

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 1 (2018)

Павлодар

МАЗМҰНЫ**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан**Тематическая направленность**публикация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Боровиков Ю. С., *к.т.н., профессор (Россия)*
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Захаров И. В., *д.т.н., профессор*
 Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
 Тастенов А. Д., *к.т.н., доцент*
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

Азаматова Д. А., Төлебаева Ж. А.

ЖЭС-ның және өнеркәсіптік кәсіпорынның жылуэнергетикалық шаруашылығында үнемділік резервін талдау мүмкіндігі12

Байниязов Б. А., Ауельбек М. А., Ансабекова Г. Н.,**Темірханов М. С., Құсайын Н. Б.**

Таратушы тораптарда электрэнергияның максималды шығынын анықтау19

Байниязов Б. А., Ниязбаева Х. К., Динаев М., Кашаева М. Е.,**Утешбаева А. К., Қарсыбай Ғ. Б.**

Қауіпті қималарды зерттеу және оны анықтаудағы әдістерге шолу30

Байниязов Б., Туркебаева З. Т., Садуов С. С.,**Кәдіржан Ә. Н., Муханбедина А. Н.**

Өлшеуіш трансформаторлардың қателіктеріне қоршаған ауа

температурасының әсері38

Байниязов Б. А., Досанкулов Ж., Ансабекова Г. Н.,**Амренов М. А., Жораяев Ж. М.**

Электр тораптарындағы оперативтік қызмет көрсету

жүйесі және электрэнергия сапасы46

Бекшенов Ж. Н., Айтқалиева Г. С., Амитова А. А.

Химия өндірісі өнімдерінің негізіндегі полимерлі-битумды

байланыстырушыларды қолдану тиімділігі54

Бисақаев С. Ғ., Джумагулова Н. Г., Меденова М. Қ.

Қауіпсіз еңбек жағдайларын жасау – әйелдердің еңбек

құқықтарын жүзеге асырудың кілті61

Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю.

Жылу электр станцияларының элементтерінің капиллярлы-кеуекті

салқындату жүйесіндегі жылу тасымалдау дағдарысын зерттеу69

Гурушкин А. В., Сивякова Г. А.

Желді энергетикалық қондырғыларға арналған

энергия жинақтағыш талдауы76

Гурушкин А. В., Сивякова Г. А.

Қуаты төмен жүйесінде желден қуат өндіруші

инерциялық жинақтауышты қолдану85

Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б.

Мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау

әдістерінің дәлділігін талдау93

Жапаргазинова К. Х., Калиев Т. А.

«ПМХЗ» ЖШС-нің терең мұнай өңдеу кешені жағдайында

жылу энергиясын рекуперациялау процесін зерттеу100

Ибатов М. К., Кадыров А. С., Балабаев О. Т., Аскарлов Б. Ш.

Тепловоз қозғалтқышының пайдаланылған газдарын

оқшаулауға арналған құрылғыны жетілдіру 111

Исенов С. С., Мендыбаев С. А., Рахымов А. Ә. Жүктеме тогының вентильді түрлендіргішін реттеу тәсілдері	120
Исенов С. С., Әлімханов Н. Н. Өндірістік кәсіпорынның бас ғимаратының кітапханасында жылу энергиясын үнемдеуге арналған ұсыныстарды өзірлеу	126
Исенов С. С., Төлеу А. Н. Өндірістік кәсіпорынның электр энергиясын сақтау және тиімділігін арттыруға арналған ұсыныстарды дайындау	134
Исенова Г. Ж., Несмеянова Р. М. Каталитикалық катализаторлардың белсенділігін анықтауға арналған лабораторлы әдіс бойынша	143
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П. Энергияның жартылай өткізгіштері бар үлкен ағымды түзеткіштер	149
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Марковская В. Қалалық электр көлігін тұрақты ток желілері үшін электрмен жабдықтауда тартымдық қосалқы станциялардың модернизациясы	159
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Марковская В. Қалалық электр көлігінің тартымдық қосалқы станцияларын автоматтандыру	173
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кулумбенов С. Ж., Файзулла Д. Ф., Марковская А. А. Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы кешенді энергия жүйелерінің тиімділігі	187
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П. IGBT транзисторларын тиристор түзеткіштерімен салыстыру	200
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Макенов Э. Р. Қазақстандық электролиз зауытының электролизерлердегі автоматтандырылған глиноземді беру жүйесі жұмысының тиімділігін зерттеу	211
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кулумбенов С. Ж., Файзулла Д. Ф., Марковская А. А. Жел электр станцияларын практикалық қолдану	220
Куничанская Т., Масакбаева С. Күйдірілген кокстың сапасына шикізаттың әсері	232
Мануковский А. В., Қайдар А. Б. Автоматикалық басқару жарысы	242
Молдашова Г. А., Крекешева Т. И. Алтын кен өндіру саласының кәсіпорнында еңбек шарттарының жағдайы	253

Мужкенов И. М., Кинжибекова А. К. Екібастұз және Шұбаркөл көмірлерінің қоспасын «ЕЭК» АҚ электр станцияларындағы қазандықтарда жағу мүмкіндігін талдау	260
Мұқанов Б. Қ., Өмірбекова Ж. Ж., Орақбаев Е. Ж., Сарбасова Р. Б., Әділова Ш. К. Жерасты шаймалау ұңғымаларының гидродинамикалық үлгілерін зерттеу және құру	268
Султангузин И. А., Абильдинова С. К., Мусабеков Р. А., Расмухаметова А. С. Жоғары температурадағы жылу сорғыларының жұмысында экологиялық хладагенттердің жаңа буынын қолдану тиімділігін талдау ...	279
Төлебаева Ж. А., Азаматова Д. А. Сораптық қондырғыларды басқару үшін жиілікті реттелетін жетекті пайдалану	290
Уразалимова Д. С., Бежежан Г. Н., Оразова Г. О. Тік-өсьтік және горизонациялық жабдықтарының тиімділігін бағалау	297
Уразалимова Д. С., Дробинский А. В., Оразова Г. О. Сымсыз энергия беру технологиясы	306
Чичерин С. В. ТМД елдеріндегі ППС жылу оқшаулағышымен құбырларды пайдалану перспективалары	312
Шупеева Ш. М. Ауа құрғатудың адсорбциялық технологиясы – «Астана» мұз сарайы жабық хоккей кортының салқындату жүйесінің модернизациялаудың бірден бір жолы	320
Авторларға арналған ережелер.....	328

СОДЕРЖАНИЕ

Азаматова Д. А., Тулебаева Ж. А. Анализ возможности резерва экономии в теплоэнергетическом хозяйстве ТЭС и промышленных предприятий	12
Байниязов Б. А., Ауельбек М. А., Ансабекова Г. Н., Темірханов М. С., Құсайын Б. С. Определение максимальных потерь электроэнергии в распределительных сетях	19
Байниязов Б. А., Ниязбаева Х. К., Динаев М., Утешбаева А. К., Кашаева М. Е., Карсыбай Г. Б. Исследование опасных сечений и обзор методов их обследования	30
Байниязов Б., Туркебаева З., Садуов С. С., Кәдіржан Ә. Н., Муханбекина А. Н. Влияние температуры окружающего воздуха на погрешности измерительных трансформаторов	38
Байниязов Б. А., Досанкулов Ж., Ансабекова Г. Н., Амренов М. А., Жораев Ж. М. Система оперативного обслуживания электрических сетей и качество электроэнергии	46
Бекшенов Ж. Н., Айткалиева Г. С., Амитова А. А. Эффективность применения полимерно-битумных вяжущих на основе продуктов химической промышленности	54
Бисакаев С. Г., Джумагулова Н. Г., Меденова М. К. Создание безопасных условий труда – ключ к реализации прав женщин на труд	61
Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю. Исследование кризиса теплообмена в капиллярно-пористой системе охлаждения элементов теплоэнергоустановок	69
Гурушкин А. В., Сивякова Г. А. Анализ накопителей энергии для ветроэлектроустановок	76
Гурушкин А. В., Сивякова Г. А. Применение инерционных накопителей в ветрогенерирующих системах малой мощности	85
Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б. Анализ точности методов определения общей серы в нефтяном коксе	93
Жапаргазинова К. Х., Калиев Т. А. Исследование процесса рекуперации тепловой энергии в условиях Комплекса глубокой переработки нефти ТОО «ПНХЗ»	100
Ибатов М. К., Кадыров А. С., Балабаев О. Т., Аскарлов Б. Ш. Совершенствование устройства для изоляции отработавших газов теплового двигателя	111

Исенов С. С., Мендыбаев С. А., Рахымов А. Ә. Способы регулирования тока нагрузки вентильного преобразователя	120
Исенов С. С., Алимханов Н. Н. Разработка рекомендаций по энергосбережению тепловой энергии в библиотеке главного корпуса производственного предприятия	126
Исенов С. С., Төлеу А. Н. Разработка рекомендаций по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в производственном помещении предприятия	134
Исенова Г. Ж., Несмеянова Р. М. О лабораторном методе определения активности катализаторов каталитического крекинга	143
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П. Большие токовые выпрямители с силовыми полупроводниками	149
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Марковская В. Модернизация тяговых подстанций постоянного тока для электроснабжения сети электротранспорта города	159
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Марковская А. В. Автоматизация тяговых подстанций городского электротранспорта	173
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кулумбенов С. Ж., Файзулла Д. Ф., Марковская А. А. Эффективность комплексных энергосистем с применением возобновляемых источников	187
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П. Сравнение между IGBT-транзисторными и тиристорными выпрямителями	200
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Макенов Е. Р. Исследование эффективности работы системы автоматической подачи глинозема на электролизерах казахстанского электролизного завода	211
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кулумбенов С. Ж., Файзулла Д. Ф., Марковская А. А. Практическое применение ветроэлектрических установок	220
Куничанская Т., Масакбаева С. Влияние характеристик сырья на качество прокаленного кокса	232
Мануковский А. В., Кайдар А. Б. Автомат управления освещением	242
Молдашова Г. А., Крекешева Т. И. Состояние условий труда на предприятии золоторудной отрасли	253

Мужкенов И. М., Кинжибекова А. К. Анализ возможности сжигания смеси экибастузского и шубаркольского углей на котлах ЭС АО «ЕЭК»	260
Муханов Б. К., Оракбаев Е. Ж., Омирбекова Ж. Ж., Сарбасова Р. Б., Адилова Ш. К. Исследование и построение гидродинамических моделей скважин подземного выщелачивания	268
Султангузин И. А., Абильдинова С. К., Мусабеков Р. А., Расмухаметова А. С. Анализ эффективности использования хладагентов нового поколения в работе высокотемпературных тепловых насосов	279
Тулбаева Ж. А., Азаматова Д. А. Применение частотно-регулируемого привода для управления насосными агрегатами	290
Уразалимова Д. С., Бежежан Г. Н., Оразова Г. О. Оценка эффективности вертикально-осевого и горизонтального оборудования	297
Уразалимова Д. С., Дробинский А. В., Оразова Г. О. Технологии беспроводной передачи энергии	306
Чичерин С. В. Перспективы применения трубопроводов с ППУ теплоизоляцией в странах СНГ	312
Шупеева Ш. М. Адсорбционная технология осушения воздуха как один из путей модернизации системы кондиционирования крытого хоккейного корта ледового дворца «АСТАНА»	320
Правила для авторов	328

CONTENT

Azamatova D. A., Tulebaeva Zh. A. Analysis of possibility of the reserve of economy in the heat-power engineering of TPP and industrial enterprises	12
Bayniyazov B. A., Auelbek M. A., Ansabekova G. N., Temirhanov M. S., Kusaiyn N. B. Determination of the maximum power losses in distribution networks	19
Bainiyazov B. A., Niyazbaeva Kh. K., Dinayev M., Uteshbayeva A. K., Kashaeva M. E., Karsybai G. B. The study of dangerous cross-sections and research methods of it's survey	30
Bainiyazov B., Turkebaeva Z., Saduov S. S., Kadirzhan A. N., Mukhanbedina A. N. The influence of ambient temperature on the errors of measuring transformers	38
Bayniyazov B. A., Dosankulov Sh., Ansabekova G. N., Amrenov M. A., Shoraev Zh. M. System of operative maintenance of electric networks and quality of electric power	46
Bekshenov Zh. N., Aitkaliyeva G. S., Amitova A. A. Efficiency of the application of polymer-bitumen binders based on the products of chemical industry	54
Bisakaev S. G., Jumagulova N. G., Medenova M. K. Creating a safe work environment is the key to the realization of the rights of women to work	61
Genbach A. A., Bondartsev D. Yu. Study heat transfer crisis in the capillary-porous cooling system of elements of heat and power installations	69
Gurushkin A. V., Sivyakova G. A. Analysis of energy drivers for wind-electrical installations	76
Gurushkin A. V., Sivyakova G. A. Application of inertial damages in wind power systems	85
Zhapargazinova K. Kh., Zhaukenova B. B. Analysis of the accuracy of sulfur determination methods efficiency in petroleum coke	93
Zhapargazinova K. Kh., Kaliev T. A. Investigation of heat energy recovery process in the conditions of the deep oil refining complex of LLP «PNHZ»	100
Ibatov M. K., Kadyrov A. S., Balabaev O. T., Askarov B. S. Improvement of the device for separation of exhaust gases of a locomotive diesel engine	111
Issenov S. S., Mendybaev S. A., Rakhymov A. Ways of regulation of the load current valve of a converter	120

Issenov S. S., Alimkhanov N. N. Development of recommendations for thermal energy saving in the library of the production enterprise main building	126
Issenov S. S., Toleu A. N. Development of recommendations on energy saving and increase of energy efficiency in manufacturing enterprise	134
Issenova G. Z., Nesmeyanova R. M. On the laboratory method for determining the activity of catalytic craking catalysts	143
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kislov A. P. Large current rectifiers with power semi-conductors	149
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Markovskaya A. V. Modernization of DC drive substations of electrical supply of electric transportation networks of the city	159
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Markovskaya A. V. Automation of traction substations of city electric transport	173
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kulumbenov S. Zh., Faizulla D. F., Markovskaya A. A. Efficiency of complex energy systems with application of renewable sources	187
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kislov A. P. The comparisons between IGBT chopper–rectifiers and thyristor rectifiers	200
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Makenov E. R. Study of aluminum electrolyzers automatic feeding system efficiency at Kazakhstan Electrolysis Plant	211
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kulumbenov S. Zh., Faizulla D. F., Markovskaya A. A. Practical application of wind-electrical installations	220
Kunichanskaya T., Masakbaeva S. Influence of raw materials characteristics on the quality of calcined coke	232
Manukovsky A. V., Kaidar A. B. Automatic lighting control	242
Moldashova G. A., Krekesheva T. I. Working conditions at the enterprise of the gold industry	253
Muzhkenov I. M., Kinzhibekova A. K. Analysis of the possibility of burning a mixture of Ekibastuz and Shubarkol coals at the boilers of the electric power station of JSC «EEC»	260

Mukhanov B. K., Omirbekova Zh. Zh., Orakbayev Y. Zh., Sarbasova R. B., Adilova Sh. K. Research and build of hydrodynamic models of in-situ leaching wells	268
Sultanguzin I. A., Abildinova S. K., Musabekov R. A., Rasmukhametova A. S. Analysis of the efficiency of a new generation refrigerants in the operation of high temperature heat pumps	279
Tulebaeva Zh. A., Azamatova D. A. Application of frequency-regulated drive for management of pump units	290
Urazalimova D. S., Begezhan G. N., Orazova G. O. Evaluation of the efficiency of vertical-axial and horizontal equipment	297
Urazalimova D. S., Drobinsky A. V., Orazova G. O. Wireless technology of energy transfer	306
Chicherin S. V. Potential for PUR-insulated pipes in CIS countries	312
Shupeyeva Sh. M. The adsorptive technology of air dehumidification as one of ways of modernization of air conditioning system of the covered hockey court of the ice arena «Astana»	320
Rules for authors	328

Д. А. Азаматова¹, Ж. А. Тулебаева²

¹магистр теплоэнергетики, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр техники и технологии, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹student_azamatova@mail.ru; ²tulebaeva.zhanar@mail.ru

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕЗЕРВА ЭКОНОМИИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с имеющимися наработками, опытом реконструкции градирен ТЭС и промышленных предприятий, а также наличие большой гаммы современных материалов, комплектующих и оборудования, которые используются для восстановительной реконструкции или модернизации градирен, позволяющие реализовывать проекты разной сложности и модификаций. При этом решаются вопросы экономии воды и снижения выбросов за счет уменьшения выноса воды, снижения эксплуатационных затрат на счет применения долговечных комплектующих. В статье отмечено, что в условиях экономического кризиса на многих предприятиях СНГ градирням, как сооружениям оборотного водоснабжения, не уделяется нужного внимания. По ошибке считается, что градирня – это второстепенное сооружение, при этом на протяжении многих лет может находиться в аварийном состоянии или эксплуатироваться без основных технологических элементов – водоуловителя, оросителя, форсунок и вентиляторов. Конечно, об эффективной работе и экологической безопасности в таком состоянии не может быть и речи.

Ключевые слова: градирни, ресурсосбережение.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день отведение низкопотенциального тепла от технологического оборудования при помощи градирен – наиболее дешевый способ, который разрешает сэкономить не менее 95 % свежей воды. Только

эффективная работа градирен и их правильная эксплуатация разрешает значительно уменьшить использование природных ресурсов производствами, энергопотребление и ощутимо ограничить отрицательное влияние на окружающую среду. Это подтверждается не только теоретическими расчетами, но и работой предприятий Западной Европы, где аналогичные технологии и оборудование используются больше 20 лет. Так, в Чешской республике за последние 5 лет реконструированы градирни практически всех ТЭЦ [1].

Влияние атмосферных охладителей (градирен) на окружающую среду в настоящее время является предметом пристального внимания широкого круга специалистов. Объясняется это тем, что тепловые выбросы ТЭС и АЭС становятся равноценными по количеству энергии некоторым атмосферным процессам.

Например, в местах сосредоточения больших ТЭС и АЭС наблюдается повышение температуры окружающей среды, изменяется ветровой режим, повышается влажность воздуха и т.д. Особой проблемой являются вынесения в атмосферу с влагой химических и биологических примесей, в том числе болезнеобразующих бактерий, на расстояние до нескольких сотен метров. Непосредственная близость расположения некоторых предприятий к жилым домам приводит к повышению влажности воздуха, а зимой к обледенению окон.

Из большого количества вопросов, связанных с этой проблемой, особое внимание следует уделить капельному выносу из вентиляторных и башенных градирен, что более всего влияет на окружающую среду.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Капельная влага, которая выносится из градирни в результате ее повреждения, влияет на окружающую среду, в результате чего наблюдается туман, выпадение сконденсированных капель в направлении ветра, увлажнение территории, реже – образование туч. В холодную пору года усложняется движение на транспортных магистралях, могут выйти из строя прилегающие линии электропередачи и подстанции, а что главное, из оборотных систем ТЭС и АЭС бесповоротно теряются значительные объемы воды, что отрицательно сказывается на воспроизводящих возможностях водных ресурсов.

Кроме этого, даже при незначительном боковом ветре будет наблюдаться значительный вынос влаги через входные окна. При этом затраты воды на подпитку составят $5 \pm 0,5\%$ при максимально допустимой норме – 2%, что приведет к увеличению расхода воды на подпитку и ухудшению экологического состояния вокруг градирни.

Для успешной эксплуатации оборотных циклов в населенных районах и промышленных центрах для сохранности окружающей естественной среды, особое внимание следует уделить эффективной работе вентиляторных и башенных градирен. За последние несколько лет технология проектирования и изготовления комплектующих для вентиляторных и башенных градирен усовершенствовались настолько, что даже разработки сравнительно недавних времен, которые сохранились в неплохом состоянии, значительно им проигрывают. Поэтому даже в случаях, когда градирня «успешно» работает и удовлетворяет все потребности в охлаждении, существует смысл провести реконструкцию и обновить комплектующие. Не говоря уже о тех нередких случаях, когда состояние градирни не разрешает нормально эксплуатировать водооборотный цикл. Выбор конкретной схемы реконструкции должен разрабатываться непосредственно в каждом конкретном случае на основании технико-экономических расчетов. Один из наиболее распространенных вариантов реконструкции предусматривает неполный демонтаж старых конструкций и комплектующих, и использование бассейна и другой инфраструктуры для установки новых блочных градирен.

Но учитывая тот факт, что в абсолютном большинстве градирни построены 30÷60 лет тому назад и к настоящему времени существенным образом изношены, то во многих случаях экономически целесообразно осуществлять восстановление строительных конструкций. В таком случае рационально демонтировать разрушенную градирню и на ее месте установить блочные вентиляторные градирни серии БВГ в соответствующем количестве исходя из производительности всего оборотного цикла. Градирни данной марки, используются как для строительства новых водооборотных циклов, так и замены типовых градирен во время реконструкции существующих, комплектуются экономичными вентиляторами, специальными форсунками, высокоэффективным оросителем, водоуловителем, что способствует повышению эффективности работы и снижению потребления электроэнергии при уменьшении габаритов. Данные градирни обеспечивают эффективное охлаждение оборотной воды при довольно высокой плотности орошения.

В процессе разработки технических решений по реконструкции оборотного цикла водоснабжения на одном из предприятий г. Кишинев была предложена оптимальная схема расположения градирен БВГ-600 на железобетонном бассейне с привязкой к существующим опорам, балкам и колоннам. Для эффективной работы вышеуказанных градирен достаточно было задействовать 50 % существующего бассейна башенной градирни. Но в данном случае при эксплуатации градирен используется полностью весь объем бассейна.

Это позволяет обеспечить более низкие температуры охлажденной воды за счет развитой поверхности бассейна для теплообмена воды

с воздухом и дополнительного охлаждения воды перед градирнями путем перемешивания с охлажденной водой.

Максимальное использование имеющихся коммуникаций, сетей и насосного оборудования, а также проведение работ по восстановлению бассейна, опорных конструкций, а не строительство и приобретение нового оборудования повлияло на уменьшение стоимости внедряемого проекта реконструкции оборотного цикла водоснабжения с параллельным достижением максимально низких температур охлажденной воды.

Вопрос о снижении себестоимости продукции, в том числе за счет уменьшения затрат электроэнергии, стоит очень остро перед каждым руководителем предприятия. Почти каждое предприятие собственную электростанцию для изготовления электроэнергии на собственное производство.

Рассмотрим экономию электроэнергии на примере одного из металлургических предприятий [2]. При осуществлении реконструкции оборотного цикла водоснабжения выполнено частичная модернизация многосекционных вентиляторных градирен типа ВГ-70. Предприятием осуществлена поставка отдельных технологических комплектующих (водоуловителя, оросителя, оросительных форсунок, вентиляторных установок в комплекте с рабочим колесом, диффузором и электродвигателем), а также multifunctionальных систем управления и контроля работы вентиляторных установок и градирен вообще (далее по тексту СУиК). Вентиляторные установки были укомплектованы 2-х скоростными тихоходными асинхронными электродвигателями нового поколения. СУиК разрешает автоматически переключать число оборотов в соотношении 1:2, т.е. переходить с первой скорости на вторую и наоборот в зависимости от атмосферных параметров, в частности температуры воздуха по «влажному» термометру, и тем самым регулировать электропотребление не только на протяжении конкретной поры года, но и на протяжении отдельных суток. Температура воздуха по «влажному» термометру является фактической границей охлаждения оборотной воды на градирнях и может достигать своих критических значений для работы градирен несколько раз на протяжении одних суток. СУиК выполняет мониторинг и диагностирование основных параметров работы электродвигателя – температуры подшипников, обмоток статора, входной воды на градирню, величину вибрации, и осуществляет автоматическое выключение/включение соответственно при превышении и стабилизации данных параметров. Своевременное выключение электродвигателя вентиляторной установки, в частности при температуре входной воды меньше 15 °С, разрешает избежать обледенения, разрушения и соответственно обвал под влиянием увеличения собственного веса почти

вдвое отдельных технологических элементов, таких как лопасти рабочего колеса, ороситель и непосредственно сам двигатель. Для осуществления плавного пуска/остановки, переключение скоростей электродвигателя и соответственно предотвращения возникновения значительных нагрузок пусковых токов, комплектуется устройством задержки времени. При этом количество пусков/остановок электродвигателя на протяжении одного часа также строго ограничивается (не больше трех раз), что наиболее актуально в период пусконаладочных работ вентиляторной установки. СУиК разрешает осуществлять диспетчеризацию, т.е. передачу данных на центральный компьютер.

ВЫВОДЫ

Анализ возможных путей энерго- и ресурсосбережения без значительных при этом капитальных затрат на ТЭС и компрессорных станциях показал, что резервом оперативного и малорасходного решения этой проблемы является реконструкция действующих градирен [3].

От эффективности работы градирен зависит степень реализации преимуществ систем оборотного водоснабжения в техническом и экологическом аспектах по сравнению с прямоточными системами, а также производительность технологического оборудования, качество и себестоимость выпускаемой продукции, удельный расход сырья, топлива и электроэнергии. Кроме того, эффективная работа градирен, их правильная эксплуатация разрешает значительно уменьшить использование производством природных ресурсов, энергопотребление и существенным образом ограничить отрицательное влияние на окружающую среду.

Согласно исследованиям проводимым в странах СНГ, можно сделать выводы, что переход от метода аварийного обслуживания (от аварии до аварии) к методу диагностирования фактического технического состояния машинного оборудования разрешит обеспечить экономию затрат на обслуживание около 47 %. Аналогично, переход от метода планово-предупредительного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию разрешит обеспечить экономию затрат на обслуживание около 32 %. Исходя из выше приведенного, создание и внедрение системы мониторинга и диагностирования электродвигателей быстро окупается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Борисов, В. Н.** Надежность и аварийные ситуации в энергетике: конспект лекций. – Алматы : Энерго, 2002. – 67 с.

2 **Борисова, Н. Г.** Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике. : учебное пособие. – Алматы : Энерго, 2006. – 119с.

3 <http://www.intechco.ru>

4 **Ключников, А. Р.** Энергетика теплотехнологии и вопросы энергосбережения. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 81 с.

5 Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане. Серия публикаций ПРООН Казахстан. – Алматы : UNDPKAZ 06, 2004. : ил.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Д. А. Азаматова¹, Ж. А. Төлебаева²

ЖЭС-ның және өнеркәсіптік кәсіпорынның жылуэнергетикалық шаруашылығында үнемділік резервін талдау мүмкіндігі

^{1,2}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

D. A. Azamatova¹, Zh. A. Tulebaeva²

Analysis of possibility of the reserve of economy in the heat-power engineering of TPP and industrial enterprises

^{1,2}Power Engineering Faculty,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада жылу электр станцияларының және өнеркәсіптік кәсіпорындардың салқындатқыш мұнараларын қалпына келтіру тәжірибесі, сондай-ақ, салқындатқыш мұнараларды қалпына келтіруге немесе модернизациялауға арналған қазіргі заманғы материалдардың, компоненттер мен жабдықтардың кең ауқымы бар, түрлі күрделі және модификациядағы жобаларды іске асыруға мүмкіндік беретін мәселелер бар. Сонымен қатар, суды үнемдеу және суды шығаруды азайту жолы арқылы, лақтырымдарды азайту мәселесі, ұзақ уақыт бойы қолданылатын жабдықтарды пайдалану арқылы шығындарды төмендету жолымен шешіледі. Мақалада экономикалық дағдарыс жағдайында ТМД-дағы көптеген салқындатқыш қондырғылар сумен қамтамасыз етудің негізгі нысандары ретінде салқындатқыштарға қажетті назар аудармайды. Салқындатқыш мұнара кішігірім құрылым болып

саналады және көптеген жылдар бойы ол апаттық жағдайда болуы мүмкін немесе басты технологиялық элементтерсіз қолданылады – суаулағыш, бүркігіш, желдеткішсіз. Әрине, бұл жағдайда тиімді жұмыс және экологиялық қауіпсіздік жөнінде сөз болмайды.

The article deals with the issues related to the existing developments, experience in the reconstruction of the cooling towers of thermal power plants and industrial enterprises, as well as the availability of a large range of modern materials, components and equipment that are used for reconstruction or modernization of cooling towers, allow the implementation of projects of varying complexity and modifications. At the same time, the issues of saving water and reducing emissions are solved by reducing water removal, reducing operating costs by using long-lasting components. In the article it is noted that in the conditions of the economic crisis many cooling plants in the CIS do not receive the necessary attention to cooling towers as turn-key water supply facilities. It is mistakenly thought that the cooling tower is a minor structure, and for many years it can be in an emergency condition or operated without the main technological elements – a water trap, a sprinkler, nozzles and fans. Of course, there can be no question of effective work and environmental safety in this state.

FTAMP 44.29.37

**Б. А. Байниязов¹, М. А. Ауельбек², Г. Н. Ансабекова³,
М. С. Темірханов⁴, Н. Б. Құсайын⁵**

¹т.ғ.к., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²т.ғ.к., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³магистр, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁵магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы

e-mail: ¹bainiyazov69@mail.ru

ТАРАТУШЫ ТОРАПТАРДА ЭЛЕКТРЭНЕРГИЯНЫҢ МАКСИМАЛДЫ ШЫҒЫНЫН АНЫҚТАУ

Қазіргі таңда, тіпті негізгі, кернеуі 110 кВ және одан жоғары кернеулі тораптардың барлығы ТӨ (телеөлішеуіш) құрылғыларымен жабдықталмаған. Оның үстіне, жақын арада кернеуі 35 кВ және одан төмен радиалды тораптар мұндай құрылғылармен жабдықталады деп күтуге негіз жоқ. Сондықтан, осы периодқа кіретін режимдердің шектеулі санында қуат шығынын есептеу негізінде (ай, жыл) есептік период үшін электрэнергия шығынын есептеу сауалы туындайды.

Әртүрлі кернеу класындағы тораптардың жүктемелері мен схемалары туралы бастапқы берілгендер көлемі мен сипаты айтарлықтай ерекшеленеді. Сондықтан, оларда электрэнергия шығынын есептеу үшін әртүрлі әдістер қолданылады.

Мақалада электрмен жабдықтау жүйесінің 6(10) 0,38 кВ тарату тораптарындағы электроэнергияның мүмкін максимал шығындарын анықтау әдістері келтірілген. Қарастырылып отырған төрт әдістің артықшылықтары мен кемшіліктері айқын ашылған.

Кілтті сөздер: электрмен жабдықтау сенімділігі, тарату тораптары, қуат және электр энергия шығындары.

КІРІСПЕ

Аймақтық электртораптық компанияларда энергетикалық аудит жүргізу барысында электртораптағы есептік электрэнергия шығынының берілген электрэнергияның нақты көлеміне және электрменжабдықтаушы компанияның тораптағы шығынды азайту потенциалын анықтау сәйкестігіне бағалау қазіргі таңдағы негізгі сауалдың бірі болып тұр.

Аймақтық электр тораптарындағы электрэнергия шығыны келесі құраушыларға жіктеледі [1]: электрберіліс желілеріндегі және күштік трансформаторлардағы жүктемелік шығындар, күштік трансформаторлардың бос жүріс шығындары, қосалқы станцияның өзіндік мұқтажына кететін электрэнергия шығыны, электрэнергияны өлшеу қателіктерімен негізделетін шығындар, электрэнергияның коммерциялық шығындары.

Электр тораптарындағы электрэнергия шығынын анықтау және бағалауға қатысты жұмыстардың басым көпшілігінде (мәселен [2]), негізінен, электрэнергияның минимал шығындары анықталады. Энергоаудит жүргізу барысында туындайтын сауалдарды шешу үшін берілген электрэнергияның белгілі көлемі үшін электр тораптағы электрэнергия шығынының максималды мүмкін деңгейін білу қажет. Есептелген максималды шығын деңгейі есептік шығындармен салыстырылады және электртораптық компанияның энергияны үнемдеу потенциалын бағалау үшін қолданылады.

Қазіргі таңда Қазақстанның көптеген аймақтық электртораптық компанияларында жеке трансформаторлар мен желілердегі электрэнергия (қуат) ағындары бойынша берілгендер жоқ. Дегенмен, жалпы компания бойынша берілген электрэнергияның айлық көлемдері туралы берілгендер (ақпарат) бар. Осыған байланысты, торап бойынша берілген электрэнергияның жалпылама көлемі арқылы трансформаторлардағы электрэнергияның мүмкін максималды шығындарын есептеу өзекті сауал болып тұр.

Трансформаторлардағы шығынды есептеу үшін кесте түрінде барлық күштік трансформаторлардың тізімі жасалуы керек. Кестеде олардың паспорттық берілгендері (типi, қуаты, бос жүріс шығындары, қысқа тұйықталу шығындары) көрсетілуі қажет.

Бос жүрістің максималды шығындарын трансформаторлардың бір жылда жұмыс жасау сағаттары бойынша өте қарапайым түрде анықтауға болады.

Негізгі қиындықты тудыратын – трансформаторлардағы жалпылама жүктемелік шығындардың мүмкін максимал мәнін анықтау. Трансформаторлардағы жүктемелік шығындарының максимал мүмкін мәнін есептеу «трансформатордың қуаты аз болған сайын, оның орамаларының актив кедергісі соғұрлым үлкен болады» деген тұжырымға негізделген.

Ұсынылып отырған есептеу әдісі жалпы компания бойынша берілген электрэнергияның тек көлемін біле отырып, аймақтық электртораптық

компанияның трансформаторларындағы жалпылама шығынның максимал мүмкін деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Кернеуі 0,38 кВ электр тораптары электр станциясынан тұтынушыға дейін берілетін және үлестірілетін электрэнергия тізбегінің соңғы байланыс элементі. Жалпы алғанда, барлық электр тораптарының жалпылама ұзындығының 40 %-н кернеуі 0,38 кВ электр тораптары құрайды. Тұтынушылардың сенімді, сапалы, үнемді электрмен жабдықталуы кернеуі 0,38 кВ тораптарының жұмыс жасау сенімділігіне және олардың жүктелуіне тікелей қатысты. Ал кернеуі 0,38 кВ тораптардағы техникалық шығындарды есептеу дәлдігінен жалпы электр тораптарындағы коммерциялық шығындарды анықтау дәлдігі тікелей байланысты. Осы тораптардағы электрэнергия шығынын есептеу ең күрделі, әрі ауқымды шаруа. Бұл – таратушы тораптардың келесі ерекшеліктерімен байланысты:

- дәлдігі төмен ақпараттың үлкен көлемінен;
- үлкен ұзындығы және тармақталуына;
- схемалық және режимдік параметрлерінің өзгеру динамикасына;
- учаскенің әртүрлі орындалуынан: бессымды (үш фаза, ноль және фонарлы сым), төртсымды (үш фаза және ноль), үшсымды (екі фаза және ноль), екісымды (бір фаза және ноль);
- фазалардың біркелкі жүктелмеуінен;
- қоректендіруші ТҚ (трансформаторлы қосалқы станция) шиналарындағы фазалық кернеулердің бірдей болмауынан.

Электр тораптарының режимдерін, түйіндердегі кернеулер деңгейін, қуат және электрэнергия шығындарын есептеу әдістері пайдаланудағы тораптардың схемалық және режимдік параметрлерінің шарттарына максималды деңгейде бейімделген болуы қажет.

Берілген мақалада бастапқы ақпараттың әртүрлі болуына байланысты кернеуі 0,38 кВ электр тораптарындағы электрэнергияның техникалық шығындарын есептеу әдістері келтірілген. Әдістер олардың дәлдігі, сәйкесінше, есептеуге қажет бастапқы берілгендер көлемінің ұлғаюы ретімен келтірілген.

Өте қарапайым, бірақ дәлдік деңгейі төмен әдіс – кернеуі 0,38 кВ электр тораптарының жалпылама ұзындығы, тораптардың орташа жүктелуі үшін 1 км ұзындыққа кететін электрэнергияның орташа меншікті шығыны бойынша электрэнергия шығынын есептеудің бағалау әдісі:

$$\Delta W_{H0,38} = \Delta P_{H0,38} \cdot L_{\Sigma 0,38} \cdot \tau_{0,38}, \quad (1)$$

мұндағы $L_{\Sigma 0,38}$ – электр тораптық филиалдың есептік берілгендері бойынша 0,38 кВ электр тораптардың жалпылама ұзындығы;

$\tau_{0,38}$ – 0,38 кВ электр тораптар үшін шығындар уақыты;

$\Delta P_{\text{ну}0,38}$ – энергожүйенің максимум жүктелуі сағаттарындағы 0,38 кВ желінің 1 км-не шаққандағы филиал бойынша орташа меншікті жүктемелік шығындар:

$$\Delta P_{\text{ну}0,38} = 3 \cdot \left(\frac{S_{\text{НОМ(ср)}} \cdot k_{\text{ЗГ(ср)}} \cdot k_{\text{Р}}}{\sqrt{3} \cdot U} \right)^2 \cdot R_0 \quad (2)$$

мұндағы $S_{\text{НОМ(ср)}}$ – электр тораптық филиалдың таратушы тораптарына сипатты трансформатордың орташа қуаты;

$k_{\text{ЗГ(ср)}}$ – өлшеу берілгендері бойынша максимум жүктеме кезінде трансформатордың орташа жүктелуі;

$k_{\text{Р}}$ – жүктеменің торап ұзындығы бойынша үлестірілу коэффициенті ;

R_0 – электр тораптық филиал үшін есептеулерде қолданылатын 0,38 кВ желінің сым маркасының меншікті кедергісі.

Қуат және электрэнергия шығынын есептеудің пайдалану тәжірибесінде ең кең тараған әдісінің бірі – тораптың ТҚ-нан электрлік ең алшақ орналасқан нүктесіне дейінгі кернеу шығыны бойынша есептеу [1]. Бұл әдіс, 0,38 кВ желі фазаларының біркелкі жүктелмеуін ескере отырып, желілердегі электрэнергия шығынын анықтауға мүмкіндік береді.

Бастапқы берілгендер (ақпарат) ретінде ТҚ шиналарындағы 0,38 кВ тораптың ең электрлік алшақ орналасқан нүктесіндегі кернеулер деңгейінің, максимум жүктеме кезінде басты учаскедегі фазалық токтардың бақылау өлшеулерінің нәтижелері қолданылады:

$$\Delta W_{\%} = K_{\text{м/н}} \cdot K_{\text{дп}} \cdot \Delta U_{\text{ср}\%} \cdot \tau_{0,38} \quad (3)$$

мұндағы $\Delta U_{\text{ср}\%}$ – торап үшін кернеу шығынының орташа салыстырмалы шамасы;

$K_{\text{дп}}$ – 0,38 кВ торап фазаларының біркелкі жүктелмеуін ескеретін қосымша шығындар коэффициенті, ол мына өрнекпен есептелінеді:

$$K_{\text{дп}} = 3 \cdot \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{(I_A + I_B + I_C)^2} \left(1 + 1,5 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}} \right) - 1,5 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}} \quad (4)$$

мұндағы I_A, I_B, I_C – фазалардың өлшенген тоқтық жүктемелері;

$R_{\text{н}}$ және $R_{\text{ф}}$ – нольдік және фазалық сымдардың кедергілері;

$K_{\text{м/н}}$ – кернеудің салыстырмалы шығындары мен қуаттың салыстырмалы шығындары арасындағы байланыс коэффициенті, жалпы жағдайда ол торап

конфигурациясынан, жүктеме тығыздығынан және басқа да факторлардан тәуелді. Байланыс коэффициенті келесі өрнек бойынша анықталады:

$$K_{\text{м/н}} = K_{\text{разв}} \cdot 2\gamma / (2\gamma \cdot \cos^2 \varphi + x \cdot \sin 2\varphi), \quad (5)$$

мұндағы γ және x – 0,38 кВ желінің басты учаскесінің актив және реактив кедергілері,

$K_{\text{разв}}$ – схеманың тармақталу коэффициенті [2].

Кернеуі 0,38 кВ барлық таратушы желілерде энергожүйе ауқымында салыстырмалы $K_{\text{м/н}}$ қарапайым әдісінің көмегімен электрэнергия шығынын есептеу жиі жағдайда қиынға соғады, сондықтан 0,38 кВ тораптар жиынтығында шығындарды бағалау үшін кездейсоқ таңдау әдісін қолданған жөн [3]. Әдістің негізі – барлық тораптағы электрэнергияның салыстырмалы шығынын есептеу емес, кездейсоқ таңдау әдістерінің бірімен анықталған тораптың бөлігіндегі шығынды есептеу. Электр тораптарын таңдау кезінде әртүрлі таратушы тораптардың таңдауға түсу ықтималдығын теңдей етіп қамтамасыз ету қажет.

Кейбір жағдайларда тораптағы қуат шығынын ТҚ шиналарындағы кернеулер деңгейінің, максимум жүктеме кезінде басты учаскенің фазалық токтарының бақылау өлшеулері, 0,38 кВ тораптың тұтынушылар сипаты және олардың жүктемесі бойынша есептеу дәлірек нәтиже береді. Бастапқы ақпараттың мұндай көлемінде 0,38 кВ электр тораптың қалыптасқан режимін, түйіндердегі кернеулер деңгейін, таратушы желінің әрқайсысы үшін учаскелердегі кернеу және қуат шығындарын есептеуге мүмкіндік туады. Нәтижесінде ТҚ (трансформаторлық қосалқы станция), ТЭТ (таратушы электр тораптары) және ӨЭТ (өндірістік электр тораптары) бойынша таратушы желілер жиынтығындағы шығындарды анықтауға болады.

Тұтынушылардың сипатына және жүктеме түріне, сондай-ақ 0,38 кВ желінің басты учаскесіндегі бастапқы ақпаратқа байланысты есептеулер әртүрлі әдіспен орындалады.

Жүктемесі тораптың барлық ұзындығы бойымен біркелкі үлестірілген коммуналды-тұрмыстық жүктемесі бар электр тораптарын есептеу кезінде 0,38 кВ желі үшін электрэнергия шығындары келесі өрнекпен анықталады:

$$\Delta W_{\text{н}0,38} = \tau_{0,38} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta P_{\text{н}0,38i} \quad (6)$$

мұндағы $\Delta P_{\text{н}0,38i}$ – 0,38 кВ желінің әр учаскесі үшін есептелген қуат шығындары [4]:

$$\Delta P_{\text{н}0,38i} = 3 \cdot K_{\text{дп}} \cdot R_i \cdot \left(\frac{1}{3} I_{\text{Pi}}^2 + I_{\text{Pi}} \cdot I_{\text{Ci}} + I_{\text{Ci}}^2 \right), \quad (7)$$

мұндағы I_p – тораптың әр учаскесінің бір фазасына келетін, торап ұзындығы бойына біркелкі үлестірілген тоқтық жүктеме:

$$I_{Pi} = I_{\Gamma} \frac{L_i}{L_{\Sigma}}, \quad (8)$$

мұндағы L_i – тораптың i -ші учаскесінің ұзындығы, L_{Σ} – жалпы ұзындығы;

I_{Σ} – тораптың әр учаскесі үшін бір фазаға келетін орталықтандырылған тоқтық жүктемелер:

$$I_{\Sigma} = \frac{I_{\Gamma}}{L_{\Sigma}} \sum_{i=k}^m L_i, \quad (9)$$

мұндағы k – орталықтандырылған ток анықталып отырған учаске нөмірі.

Торап түйіндерінде орталықтандырылған мәнге тең деп қабылданатын өндірістік жүктемесі бар электр тораптарды есептеу кезінде жүктеменің келесі түрлерінің ескерілуін қарастыру қажет: қосылған жүктеме қуаты, жылына тұтынылатын электрэнергия, қысқы максимум кезінде жүктеме өлшеулерінің нәтижелері.

Егер жүктеме қосылған қуатпен берілсе, онда қуат және кернеу шығындарын есептеу итерациялық жолмен жүргізіледі. Итерацияның бірінші қадамында басты учаскенің қуаты тұтынушылар түйінінде бекітілген жүктеме қуаттарына пропорционал үлестіріледі. Басты учаскенің берілгендері бойынша фазалардың біркелкісіз жүктелуінен туындайтын қосымша шығындар коэффициенті анықталады және әр учаске үшін тең деп қабылданады. (6) өрнек көмегімен электрэнергия шығындары анықталады. Егер жүктеме жылына тұтынылатын электрэнергиямен берілсе, есептеу электрэнергияның қуатқа қайта есептелуіне ұқсас орындалады.

0,38 кВ электр тораптағы есептелген жылдық электрэнергия шығындарын айларға үлестіру үшін 6 (10) кВ торапқа электрэнергияның берілуінің айлық графигін қолдануға болады.

Қорек көзін 6 (10) кВ фидерден алатын 0,38 кВ барлық желілер үшін есептеу реті төменде келтірілген.

1 0,38 кВ желілерде (t-1) жылдың желтоқсан айындағы электрэнергия шығындарын анықтайды:

$$\Delta W_{0,38\text{д}}^{(t-1)} = \frac{\Delta W_{0,38\text{год}}^{(t)}}{\sum_{i=1}^{12} K_i^2}, \quad (10)$$

мұндағы $\Delta W_{\text{год}}^{(t)}$ - 0,38 кВ желілердегі жылдық электрэнергия шығындары;

K_i – (t-1) жылдың i -ші айында 6 (10) кВ фидеріне берілген электрэнергияның осы жылдың желтоқсан айында берілген электрэнергиясына қатынасы:

$$K_i = \frac{W_{\text{OC6(10)и}}^{(t-1)}}{W_{\text{OC6(10)д}}^{(t-1)}}. \quad (11)$$

2 0,38 кВ желілерде t жылдың i -ші айындағы электрэнергия шығындары есептеледі:

$$\Delta W_{0,38\text{и}}^{(t)} = \Delta W_{0,38\text{д}}^{(t-1)} \left(\frac{W_{\text{OC6(10)и}}^{(t)}}{W_{\text{OC6(10)д}}^{(t-1)}} \right)^2. \quad (12)$$

Егер жүктеме ретінде бір айда тұтынылған (немесе төленген) электрэнергия қолданса, және қарастырылып отырған 0,38 кВ желісіне берілген электрэнергия (W_A) белгілі болса, онда электрэнергия шығындары былай есептеледі:

$$\Delta W_{\text{H0,38}} = \frac{W_A^2 \cdot (1 + \text{tg}^2 \varphi)}{U_{\text{ш}}^2 \cdot T} \cdot R_{\Sigma} \cdot k_{\text{фг}}^2 \cdot K_{\text{ш}}, \quad (13)$$

мұндағы $U_{\text{ш}} - T$ периодындағы ТҚ шиналарындағы орта кернеу;

R_{Σ} – есептелініп отырған 0,38 кВ желінің эквивалентті кедергісі;

$k_{\text{фг}}$ – таратушы желінің басты учаскесі жүктеме графигінің пішін коэффициенті.

Дәлірек нәтиже беретін, бірақ өте ауқымды, бастапқы ақпараттың максимал көлемін талап ететін есептеу әдісі – ТҚ шиналарындағы кернеу деңгейлерінің, максимум жүктеме кезінде басты учаскенің фазалық токтарының бақылау өлшеулеріне, орнатылған қуаттың, тұтынушылар жүктемесінің сипатына және типтік графиктеріне, 0,38 кВ торапқа берілген электрэнергияға немесе торапқа қосылған тұтынушылардың жалпы тұтынған электрэнергиясына негізделеді.

0,38 кВ тораптары бойынша жүктеменің және электр тұтынушының бақылау өлшеулерін бірауақытта білу оларды белгілі бір сәйкестікке келтіруге мүмкіндік береді. Бұл сәйкестік түйіндердегі жүктеменің өзгеруі кезінде қалыптасқан режимдер сериясын және қуат шығындарын есептеу арқылы жүргізіледі.

Басты учаскелерде бастапқы берілгендер ретінде мыналар қолданылуы мүмкін: тәулік, ай, квартал, бір жылда берілген электрэнергиясының активті мөлшері.

Жүктеменің типтік графигінің статистикалық көрсеткіштері жүктеменің шамасынан тәуелді. Әрбір типтік график үшін активті жүктемелердің математикалық күтуінің максимал мәнінің стандартты шамасы келтірілген. Басқа кез-келген жүктеме үшін типтік графикті қайта есептеу үшін ұқсастық коэффициентін анықтау қажет [5]:

– P_M максималды активті жүктеменің белгілі шамасында:

$$x = \frac{\sqrt{\left(\frac{\beta C_{PM} \bar{P}_{CT}}{200}\right)^2 + \bar{P}_{CT} \cdot P_M - \frac{\beta C_{PM} \bar{P}_{CT}}{200}}}{\bar{P}_{CT}}, \quad (14)$$

мұндағы \bar{P}_{CT} – максималды жүктеменің математикалық күтуі;

β – есептеудің сенімділік коэффициенті (0,975 ықтималдық кезінде $\beta=2$);

C_{PM} – максимум активті жүктемедегі вариация.

– максималды активті жүктеменің математикалық \bar{P}_M күтуінің белгілі шамасында:

$$x = \sqrt{\frac{\bar{P}_M}{\bar{P}_{CT}}}; \quad (15)$$

– бір жылдағы тұтынылған электрэнергияның белгілі шамасында:

$$x = \sqrt{\frac{W_{год}}{W_{CT}}}, \quad (16)$$

мұндағы W_{CT} – берілген типтік графикке сәйкес келетін электрэнергияның жылдық тұтынылуы:

$$W_{CT} = \frac{\sum_{k=1}^{12} m_k \cdot \bar{P}_{CT} \cdot \sum_{j=1}^{12} K_{Pj} \cdot \sum_{i=1}^{24} P_{ik}}{1200}, \quad (17)$$

мұндағы K_{Pj} – мезгілдік коэффициент;

P_{ik} – k мезгілдің i -ші сағаты үшін активті жүктеменің математикалық күтуі;

m_k – бір айдағы күндер саны.

Кез-келген i -ші сағат және айдағы (P_{ij}) жүктемені есептеу үшін қайта есептелінетін көрсеткіштер және олардың ортақвадраттық (σ_{ij}) ауытқулары былай анықталады:

$$\bar{P}_{ij} = \frac{\bar{P}_{CT} \cdot \bar{P}_{ik} \cdot x^2 \cdot K_{Pj}}{100}, \quad (18)$$

$$\sigma_{Pij} = \frac{\bar{P}_{CT} \cdot C_{Pik} \cdot x \cdot K_{Pj}}{100}. \quad (19)$$

Сонда i -ші сағаттағы жүктеменің максимал мәні:

$$P_{ij} = \bar{P}_{ij} + \beta \cdot \sigma_{Pij}. \quad (20)$$

Тораптағы ток, қуат ағыны үлестрілуі және ондағы кернеу шығындары белгілі әдістермен іске асырылады.

Соңғы әдістің электрэнергияның коммерциялық шығындарын анықтауда және бағалауда қойылатын талаптарға сәйкестік деңгейі басқа әдістерге қарағанда жоғары. Оны шешу үшін қажет ақпарат 0,38–10 кВ таратушы тораптардың қоректендіру орталықтарында реттеу заңдарын таңдауда кернеудің максимал және минимал ауытқулары бар тораптардың сипатты нүктелерін анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

Егер 6–10 кВ электрлік тораптың және одан қоректенетін барлық 0,38 кВ тораптардың есептеулері бірге жүргізілсе, мынадай мүмкіндіктерге қол жеткізуге болады:

– 6–10 кВ торапта қосылған ТҚ жүктемелерін дәл білу есебінен тораптағы қуат ағындарын, кернеу, қуат және электрэнергия шығындарын нақтылау;

– қуат және электрэнергияның техникалық шығындарын ескере отырып, 6 (10) 0,38 кВ тораптарда жүктеме және электрэнергия балансын есептеу;

– электрэнергияның рұқсат етілмейтін бейбалансы бар торап учаскелерін анықтау.

ҚОРЫТЫНДЫ

Келтірілген бірінші үш әдіс кернеуі 0,38 кВ тораптарындағы режимдерді және шығындарды есептеуде ақпараттық қамтамасыз етудің жеткіліксіз жүйесінде бағалау әдістері ретінде қарастырылуы мүмкін.

Төртінші әдіс – қазіргі таңда дәлірек нәтиже беретін және ең перспективті әдіс болып тұр. Төртінші әдісті қолданысқа енгізу үшін электр тораптары аймақтарының (жүктеме, кернеу өлшеулері), таратушы торап қызметтерінің және диспетчерлік қызметтерінің (электр тораптарының схемалары және олардың параметрлері), энергияны сату бөлімшелерінің (электрэнергиясын тұтыну және жүктеме графиктері) өзара тығыз байланысы қажет.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Железко, Ю. С.** Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. – М. : ЭНАС, 2009. – 456 с.

2 **E. Romero-Ramos, J. Riquelme-Santos, J. Reyes.** A simpler and exact mathematical model for the computation of the minimal power losses tree // Electric Power Systems Research. – 2010, May. – Vol. 80. – Issue 5 – P. 562-571.

3 Инструкция по расчету и анализу технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений. И 34-70-030-87. – М. : СПО «Союзтехэнерго», 1987.

4 **Воротницкий, В. Э., Калинин, М. А.** Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. / Учебно-методическое пособие. – М. : ИПК госслужбы, 2000.

5 Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В. Э. Воротницкий, Ю. С. Железко, В. Н. Казанцев и др.; Под ред. В. Н. Казанцева. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

*Б. А. Байниязов¹, М. А. Ауельбек², Г. Н. Ансобекова³, М. С. Темірханов⁴,
Б. С. Құсайын⁵*

Определение максимальных потерь электроэнергии в распределительных сетях

^{1,2,3,4,5}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Астана, 010000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 16.02.18.

*Б. А. Байниязов¹, М. А. Ауельбек², Г. Н. Ансобекова³, М. С. Темірханов⁴,
Н. В. Құсайын⁵*

Determination of the maximum power losses in distribution networks

^{1,2,3,4,5}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

В настоящее время средствами ТИ оснащены далеко не все, даже основные, сети напряжением 110 кВ и выше. Тем более нет оснований ожидать, что в ближайшем будущем ими будут оснащены все радиальные сети 35 кВ и ниже. Поэтому возникает задача расчета потерь электроэнергии за расчетный период (месяц, год) на основе расчета потерь мощности в ограниченном числе входящих в этот период режимов.

Объем и характер исходных данных о схемах и нагрузках сетей различных классов напряжения существенно различаются, поэтому для расчета потерь электроэнергии в них применяются разные методы.

В статье рассматривается вопрос определения возможных максимальных потерь электроэнергии в распределительных сетях. Приведены методы расчета максимальных мощностей и потерь электроэнергии в распределительных сетях 6 (10) 0,38 кВ.

At present, not all, even basic, 110 kV and higher networks are equipped with TI. Moreover, there is no reason to expect that all radial networks of 35 kV and below will be equipped in the near future. Therefore, the problem arises of calculating the energy losses for the billing period (month, year) based on the calculation of power losses in a limited number of regimes entering this period.

The volume and nature of the initial data on the schemes and loads of networks of different voltage classes vary considerably, therefore, different methods are used to calculate the energy losses in them.

The article considers the issue of determining the possible maximum losses of electricity in distribution networks. Methods for calculating the maximum power and losses of electric power in distribution networks 6 (10) 0.38 kV are given.

**Б. А. Байниязов¹, Х. К. Ниязбаева², М. Динаев³,
М. Е. Кашаева⁴, А. К. Утешбаева⁵, Ф. Б. Қарсыбай⁶**

¹т.ғ.к., С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³магистрант, С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴магистрант, С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁵магистрант, С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁶магистрант, С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы

e-mail: ¹bainiyazov69@mail.ru

ҚАУІПТІ ҚИМАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОНЫ АНЫҚТАУДАҒЫ ӘДІСТЕРГЕ ШОЛУ

Мақалада электр энергетика жүйелерін сатысында қауіпті қиманы іздеу мәселесінің жалпы сипаттамасы және оның электрлік желісінің бір текті еместігіне өту көзқарасы бойынша тәжірибиелік маңызы көрсетілген. Энергожүйенің статикалық орнықтылық түсінігі және матрицаны талдау негізінде оны анықтау әдістері зерттелінген болатын. Сонымен бірге, қауіпті қиманы анықтау үшін Якоби матрицасын талдау негізіндегі әдіс қолданылған.

Электр энергетика жүйелерін басқарудың үнемділігін, сапасын және сенімділігін қамтамасыз ету үшін, біріншіден, оның режимінің параметрлерінің сыртқы әсерлерге сезімділігін білу өте маңызды болып табылады. Екіншіден, ауытқуларға ұқсас, когерентті әсерлердің параметрлер тобын ерекшелу және үшіншіден, электр энергетика жүйелерін жобалау және пайдалану барысында осы факторлардың өзгерісін анықтау үшін электр энергетика жүйелерін тәуелді факторларды білу маңызды болып табылады.

Кілтті сөздер: қауіпті қима, электр энергетика жүйе, статикалық орнықтылық.

КІРІСПЕ

Электр энергетика мемлекет экономикасының қарқынды дамуына әсер ететін негізгі салалардың бірі болып табылады. Бәсекелес нарығының қалыптасу шарттарында энергожүйелердің дамуы және сенімділіктің жұмыс жасауын қамтамасыз ету электр энергияның басты міндеттердің бірі болып табылады.

Функционалдау үрдісінде электр энергетика жүйелеріндегі (ЭЭЖ) жүктеменің өзгеруі, сұлба элементтерінің коммутациясы, активті және реактивті қуаттардың генерациясының өзгеруі, автоматиканың әсері (қалыпты кіші ауытқулар), сонымен қатар қысқа тұйықталулар, қондырғылардың санкционалды емес сөнуі, аварияға қарсы автоматиканың және қорғаныстардың жұмысы (үлкен ауытқулар) сияқты үлкен және кіші әсерлерге толы болады.

ЭЭЖ режим параметрлерінің сыртқы өзгерісі сияқты – кернеудің фазалары мен модульдеріне, оның элементтеріндегі қуаттар мен токтардың асқын токтарына, синхронды және асинхронды машиналардың айналу жылдамдығы сияқты сыртқы өзгерістерге әсер етеді [1]. Осы өзгерістердің құрамы мен өлшемі сыртқы ауытқулардың күші мен жиынынан, сонымен қатар ЭЭЖ өзінің сұлба топологиясы және оның параметрлері, реттеу заңдары, реттеуіштердің мінездемелері, элементтердің динамикалық мінездемелері және басқа да автоматикалар қасиеттерінен де тәуелді.

ЭЭЖ басқарудың үнемділігін, сапасын және сенімділігін қамтамасыз ету үшін , біріншіден, оның режимінің параметрлерінің сыртқы әсерлерге сезімділігін білу өте маңызды болып табылады. Екіншіден, ауытқуларға ұқсас, когерентті әсерлердің параметрлер тобын ерекшелу және үшіншіден, ЭЭЖ жобалау және пайдалану барысында осы факторлардың өзгерісін анықтау үшін ЭЭЖ тәуелді факторларды білу маңызды болып табылады.

ЭЭЖ-ні есептеу тәжірибиесі басқа да күрделі жүйелер сияқты ЭЭЖ біртекті және берік емес екенін көрсетеді. Көбінесе, бұл ЭЭЖ-нің кейбір элементтерінің режим параметрлері (түйіндердің, байланыстардың) орта есеппен ауытқуларға көбірек әрекет ететінінде көрінеді [2].

Желі элементтері, жүктемелерде немесе желінің сұлба топологиясында кездейсоқ өзгерістер кезінде өзгертін режим параметрлері сенсорлы деп аталынады. Сенсорлардың пайда болуларына әкеліп соғатын ЭЭЖ біртекті еместігі көбінесе ЭЭЖ сұлбалары мен және оның параметрлерімен анықталады. Осы параметрлердің көмегімен ЭЭЖ қасиеттерін жақсартуға (немесе төмендетуге) болады. Осындай элементтер әлсіз жерлер немесе қауіпті қима деп аталынады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Энергожүйедегі қауіпті қималарды анықтаудағы негізгі белгісі болып оның статикалық тұрақтылығының бұзылуы немесе авариялық режим кезінде статикалық тұрақтылық облысы шегінен шығу болып табылады. Тұрақтылықты талап ету техникалық жүйеге (сонымен қатар электр энергетикалық) ұсынылатын негізгі талап етулердің бірі болып табылады және осы жүйенің жұмысқа қабілеттігін анықтайды.

Электр энергетикалық жүйе құрылымында қауіпті қималарды анықтаудың негізгі мақсаты болып:

1 ЭЭЖ дамыту және жобалау сатысында бір мағынадағы бірыңғай берік желінің синтезі. Сонымен қатар, бірыңғай беріктік қималардың, байланыстардың, түйіндердің параметрлерінің бірдейлігін білдірмейді, бірақ бүкіл схема бойынша ауытқуларға жақын әсерлерді білдіреді.

2 Реттеу жүйесінің синтезі, яғни қондырғыны таңдау және сұлбаларды жобалау сатысында жойылмаған белгілі бір шамада ЭЭЖ біртекті еместігін қарымталайтын реттеуіштерді күйге келтіруді және реттелетін қондырғыларды орналастыру жиынын таңдау болып табылады. Онда бақыланатын реакторларды, энергия сақтау құрылғыларын және басқа да құрылғыларды орнату орындарын таңдау жөніндегі шешімді қабылдау мәселесін ерекше атап өткен жөн.

3 ЭЭЖ функционалдауы жөнінде ақпараттық жүйе жиынын құру, көбінесе әлсіз жерлердің параметрлері болып табылатын ақпараттық параметрлерді ерекшелеу. Бұл өлшеуіш ақпараттың сенімділігін және сапалығын жақсартуға, қосымша телеөлшеуіш қондырғыны қолдану тәртібін және тиімдірек әдістерді анықтауға және, сонында осы ақпаратты қолданатын АСДУ жұмысының сенімділігін және сапалығын жоғарлату мүмкіндік береді.

4 ЭЭЖ зерттеу кезіндегі есептеу жұмысының көлемін азайту. Өйткені, сұлбаның бір текті және бір текті емес фрагменттері үшін еңбек шығыны және дәлдігі бойынша әр түрлі модельдерді қолдануға, модельдерді құрастыруға, бастапқы берілгендердің қателіктерін және осы фрагменттердің сезімталдығын және т.б. қолдануға болады.

5 Барлық мүмкін салдарды бағалау үшін ауытқулардың есептік сценарийлер санын қысқарту: тұрақтылықтың бұзылуы, рұқсат етілген ауданнан шығып кетуі, үнемділіктің төмендеуі, яғни жалпы жағдайда болжамалы жағдайлардың толық құрамының есебі үшін эксперименттерді жоспарлау есебін шешу және қауіпті және қажетсіз жағдайларды жою.

Сыртқы ауытқуларға қандай ЭЭЖ режим параметрлері әсер етеді және қандай ЭЭЖ сұлба элементтері әлсіз орындар болып табылады, яғни ЭЭЖ –нің сыртқы ауытқуларға жоғары сезімталдық себебі болып

табылатыны оның дамуы кезінде ЭЭЖ қасиетін мақсатты түрде жақсартуға, пайдалану барысында осы қасиеттерді ескеруге, зерттелінетін ЭЭЖ анализін және модельдеуді жеңілдетуге мүмкіндік береді [3].

Қазіргі кезде мәселенің шешімі ретінде ЭЖ ҚҚ анықтау үшін қолданылатын әдістердің 3 негізгі тобын ерекшелейді:

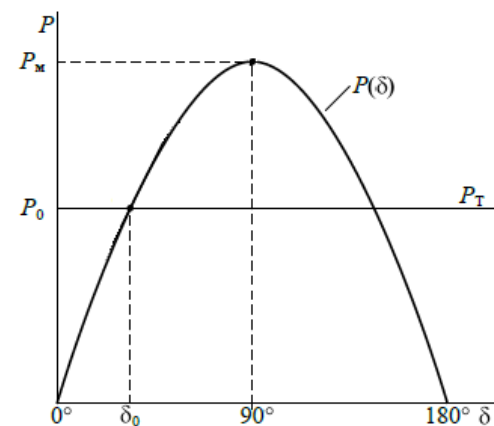
- Режим параметрлерінің талдауына негізделген әдістер;
- Якоби матрицасының талдауының қауіпті қималарды табудағы есептерді шығару үшін қолданылатын әдістер;
- ЭЦҚ (дәстүрлі инженерлі әдіс) бар болуымен сипатталатын және әлсіз байланыстар бойынша қауіпті қиманы тудыратын әдістер, сонымен қатар электр беріліс желілеріндегі минималды нүкте кернеуі түсінігімен байланысты әдістер.

Бірақ ҚҚ іздеу әдістерін қарастыру алдында жүйенің статикалық орнықтылығына және оны анықтау әдістеріне түсініктеме беру керек.

Статикалық орнықтылық деп – кішігірім ауытқу кезінде электрлік күй параметрлерінің көрсетілген параметрлердің бастапқы мағыналар режиміне қайтып оралу қабілеттігін айтады.

Статикалық орнықтылық түсінігін қарастыру үшін $P(\delta)$ функциясының кесіндісінің графикалық көрінісі қажет, 1–сурет.

Бұрыштық сипаттама генератордан берілетін қуаттардың барлық шамаларына сәйкес келетін нүктелердің геометриялық орны болып табылады.



Сурет 1 – Генератордың бұрыштық сипаттамасы

Тәжірибиелік есептеу кезінде энергожүйенің статикалық орнықтылығы сақталатын критерийлер кең қолданылады. Қаралатын энергожүйенің

орнықтырылған режимдеріне ұлғаймалы тармақтарында орналасқан бұрыштық сипаттаманың барлық нүктелері сәйкес келеді. Экстрималды нүкте ұлғаймалы және бәсеңдеген тармақтардың сипаттамаларын шектейді, яғни шекаралық болып табылады. Жалпы осы нүктені орнатылған режимдердің аймағына жатқызу шешілген болатын.

1 – суреттен желі бойынша P_{max} максималды шамасынан асатын қуат жіберілмейтіні көрінеді. 1 – суреттен желіден P_{max} максималды мәнінен асатын қуат жіберілмейтіні көрінеді. Берілген сұлбада берілетін қуат шегі қуаттың максималды бұрыштық сипаттамасына сәйкес келетін нүктеде $\delta = 90^\circ$ дейін жетеді, сәйкесінше ондағы $\frac{dP}{d\delta}$ туындысы нөлге айналады. Осыдан, бұрыш бойынша қуат сипаттамасынан туындының нөлге тең болуы осы қарапайым жағдайда шекті режимнің басталуының критерийі болуы мүмкін [2].

Шекті режим үшін ұқсас жағдайды алу үшін күрделі ЭЖ болған жағдайда, тәуелсіз Y және тәуелді X векторларының параметрлері арасындағы кейбір функционалды байланыстардың бар екені болжанады [4].

$$Y = F(X), \tag{1}$$

Түйіндегі кернеу модульдері және қуат шамасы - вектор компоненттері $Y = [y_1 \dots y_N]^T$ болып табылады, ал $X = [x_1 \dots x_N]^T$ векторлары декартовалар немесе түйіндік кернеулердің полярлық құрамдас бөлігі болып табылады, сонымен қатар энергожүйедегі жиілік болып, егер режимдерді есептеу кезінде оның өзгерістері ескерілсе.

Тейлор қатарына $F(X) = [f_1(X) \dots f_N(X)]^T$ вектор компоненттерін x_0 нүктесіне қатысты жазып қояйық [4]:

$$f_i(X) = f_i(X_0) + \frac{\partial f_i}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 + \dots + \frac{\partial f_i}{\partial x_N} \cdot \Delta x_N + \frac{1}{2!} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{\partial^2 f_i}{\partial x_k \partial x_l} \cdot \Delta x_k \Delta x_l + \dots, \tag{2}$$

мұндағы $i = \overline{1, N}$;

$N=2n$, n – ЭЖ түйіндер саны (балансты түйін бар болған жағдайда $N = 2n - 2$).

Егер сызықты емес мүшелерді алым тастасақ, онда ΔX кішігірім өзгерістері үшін келесі ара-қатынас туындайды. Ол матрицалық формада келесі түрге ие болады:

$$\Delta Y = \frac{\partial F}{\partial X}(X_0) \cdot \Delta X, \tag{3}$$

мұндағы $\Delta Y = F(X) - F(X_0)$;

$$\frac{\partial F}{\partial X} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_N} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_N}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial f_N}{\partial x_N} \end{bmatrix}, \tag{4}$$

мұндағы $\frac{\partial F}{\partial X}(X_0) - F(X)$ вектор-функциясынан x_0 нүктесінде анықталған Якоби матрицасы.

Егер Якоби матрицасы құлдыраған болса, яғни якобиан деп аталынатын

$\det \frac{\partial F}{\partial X}(X_0)$ анықтауышы нөлден айырылса, онда ΔY векторының ерікті

кішігірім өзгерісіне ΔX векторының кейбір өзгерістері жауап береді. Осыдан режим x_0 нүктесінде шекті бола алмайтыны шығады, яғни кішігірім болса да, тәуелсіз айнымалылар векторының ерікті өзгерісіне тәуелді айнымалылардың

кейбір мәндері жауа береді. Сондықтан шекті режимдерге $\det \frac{\partial F}{\partial X}$ якобианы

нөлге тең және сәйкесінше Якоби матрицасы құлдыраған болатын тек X_{np} нүктелері ғана жауап береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Электр энергетика жүйелерінің статикалық орнықтылық түсінігі және матрицаны талдау негізінде оны анықтау әдістері зерттелінген болатын. Электр энергетика жүйелерінің құрылымында қауіпті қима идентификациясы мен статикалық орнықтылық арасында байланыс құрылған болатын. Соның негізінде электр энергетика жүйелерінің қауіпті қималарды анықтау критерийі – статикалық орнықтылықтың бұзылуы немесе қауіпті режимде статикалық орнықтылық ауданы шегінен режимнің шығуы құрылған болатын. Сонымен қатар электр энергетика жүйелерінің қауіпті қималарды анықтаудың амалдары мен әдістері қаралған болатын. Әдістердің электр энергетика жүйелерінің электр энергетика жүйелерінде қауіпті қималарды анықтау үшін қолданылатын үш негізгі топтары ерекшеленген. Жоғарыда айтылғандар негізінде берілген әдіс көмегімен қауіпті қималарды анықтау үшін таңдалған болатын.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Хрущев, Ю. В.** Методы расчета устойчивости энергосистем. Учебное пособие. – Томск : СГТУ, 2005. – 176 с.

2 **Курмак, В. В.** Совершенствование метода выявления и мониторинга опасных сечений электроэнергетической системы. – Автореферат, 2012. – 20 с.

3 Анализ неоднородностей электроэнергетических систем / О. Н. Войтов, Н. И. Воропай, А. З. Гамм и др. – Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – 256 с.

4 **Идельчик, В. И.** Расчеты установившихся режимов электрических систем. – М. : Энергия, 1997. – 187 с.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

Б. А. Байниязов¹, Х. К. Ниязбаева², М. Динаев³, А. К. Утешбаева⁴, М. Е. Кашаева⁵, Г. Б. Карсыбай⁶

Исследование опасных сечений и обзор методов их обследования

^{1,2,3,4,5,6}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Астана, 010000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Б. А. Bainiyazov¹, Kh. K. Niyazbaeva², M. Dinayev³, A. K. Uteshbayeva⁴, M. E. Kashaeva⁵, G. B. Karsybai⁶

The study of dangerous cross-sections and research methods of it's survey

^{1,2,3,4,5,6}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

В статье рассматривается общая характеристика проблемы поиска опасных сечений в электроэнергетической системе и практическое значение по неоднородности электрической сети. Исследована статическая устойчивость энергосистемы и методы её определения на основе анализа матрицы.

Для обеспечения эффективности, качества и надежности систем электроснабжения, прежде всего, важно знать чувствительность его параметров к внешним воздействиям. Во-вторых, важно различать группу параметров когерентных эффектов, подобных отклонениям, и, в-третьих, важно знать зависимые факторы энергосистемы при определении этих изменений в проектировании и эксплуатации энергетических систем.

В структуре электроэнергетических систем была установлена связь между идентификацией опасных участков и статической стабильностью. Исходя из этого, был создан критерий для обнаружения опасных участков энергосистемы.

The article describes the general characteristics of the problem of searching for dangerous cross-sections in the power system and the practical significance of the heterogeneity of the electrical network. Static stability of the power system and methods for its determination based on matrix analysis are investigated.

Due to the effectiveness and reliability of the system, it is important to be aware of the sensitivity of its parameters to external influence. It is important to distinguish between groups of coherent effects, similar exits, and, in other words, the most important factor in the energy system under the definition of energy systems in the design and operation of energy systems.

In the structure of the electric power system there was established a connection between detection sites and static stabilization. From the source, this is the criterion for disclosing the power systems of districts.

**Б. Байниязов¹, З. Т. Туркебаева², С. С. Садуов³,
Ә. Н. Кәдіржан⁴, А. Н. Муханбедина⁵**

¹т.ғ.к., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁵магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы

e-mail: ¹bainiyazov69@mail.ru

ӨЛШЕУІШ ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫҢ ҚАТЕЛІКТЕРІНЕ ҚОРШАҒАН АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ӘСЕРІ

Мақалада өлшеуіш трансформаторлардың қателіктеріне қоршаған ауа температурасының әсері зерттелген.

Өлшеуіш трансформатордың метрологиялық сипаттамалары трансформатордың конструктивтік ерекшеліктеріненде, сондай-ақ сыртқы әсер етуші шамалардан тәуелді.

Комплектілік тарату құрылғыларында қолданылатын трансформаторларға ұяшықтың ішіндегі қызу температурасын ескеріп қоршаған орта температурасы қабылданады.

Трансформаторды пайдалану кезінде жүктеме тоғы болған кезде, бірінші және екінші орамдардың қызуы байқалады.

Қазіргі уақытта электр энергиясын коммерциялық есеп жүргізу үшін оқишауламасы құйылған ток трансформаторлары шығарылады. Бұл трансформаторларды магниттік өткізгіштері аморфтық немесе нанокристалдық қорытпалардан жасалынған. Осы қорытпалардың ерекшелігі магниттік өткізгіштің температурадан тәуелділігі.

Қоршаған ортаның температурасының әсері үшінші топтағы сыртқы әсері ток трансформаторымен кернеу трансформаторының метрологиялық сипаттамаларына іс жүзінде әсер етпейтінін байқауға болады.

Кілтті сөздер: өлшеуіш трансформатор, кернеу трансформаторы, ток трансформаторы, температура, коэффициент.

КІРІСПЕ

Өлшеуіш трансформатордың метрологиялық сипаттамалары трансформатордың конструктивтік ерекшеліктеріненде, сондай-ақ сыртқы әсер етуші шамалардан тәуелді. Ең көп трансформаторлардың қателіктеріне әсер ететін ток трансформаторлардың бірінші реттік ток, кернеу трансформаторлардың бірінші реттік кернеуі, екінші жүктеменің cosφ және шамасы өлшеуіш трансформаторларының метрологиялық сипаттамаларына қоршаған ортаның ауа температурасыда әсер етеді [1].

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Қазақстанда қолданылуға шығарылған өлшеуіш ток және кернеу трансформаторлары, төмендегідей климаттық орындалуы бойынша: «У», «ХЛ», «УХЛ» және «О» белгіленеді.

Кесте 1 – Ауа температурасының пайдалану кезіндегі шектік мәні

Өнімнің климаттық орындалуы	Ауа температурасының пайдалану кезіндегі шектік мәні, °С	
	Жоғарғы мәні	Төменгі мәні
У	+45	-50
ХЛ	+45	-60
УХЛ	+45	-60
О	+55	-60

Күннің қызуына ұшырайтын жоғарғы бетіне, жоғарғы температура мәні қабылдануы тиіс, ақ немесе күміс түс үшін 15 °С, ал өзге ақ немесе күміс түстен басқа түстерге 30 °С.

Комплектілік тарату құрылғыларында қолданылатын трансформаторларға ұяшықтың ішіндегі қызу температурасын + 55 °С ескеріп қоршаған орта температурасы қабылданады.

Трансформаторды пайдалану кезінде жүктеме тоғы болған кезде, бірінші және екінші орамдардың қызуы байқалады.

Климаттық сынақтан тексеру кезінде бірінші кестеге сәйкес төменгі температура мәні қабылданады, ал жоғарғы мәні жоғарыдағы келтірілген факторларды ескеріп + 90 °С немесе 100 °С қабылданады.

Температура орамалардың омдық кедергісіне әсер етеді, ол температураға сәйкес өзгереді.

Құйылған оқшауламалы өлшеуіш трансформаторлардың қателіктеріне қоршаған ауа температурасының әсері әрқелкі сипаттамада болады [2]:

– температура көрсеткішінің төмендеуі кезінде, бір жағынан ораманың омдық кедергісі азайады, ал екінші жағына, оқшауланған компаундпен магниттік өткізгіш материалдың сығылуы, осының салдарынан магниттік өткізгіштің магниттік қасиеті төмендейді

– температура жоғарлағанда ораманың омдық кедергісі жоғарлайды, компаундтың кеңейуі магниттік өткізгіштің магниттік қасиетін жақсартады.

Осылайша, температура өзгергенде, трансформатордың қателіктері төмендеу жағынада және жоғарлау жағынада өзгереді.

Қазіргі уақытта электр энергиясын коммерциялық есеп жүргізу үшін қолданылатын дәлдік классы 0,2 S және 0,5 S, оқшауламасы құйылған ток трансформаторлары шығарылады [3]. Бұл трансформаторларды магниттік өткізгіштері аморфтық немесе нанокристалдық қорытпалардан жасалынған. Осы қорытпалардың ерекшелігі магниттік өткізгіштің температурадан тәуелділігі. Температура төмендегенде қорытпаның магнит өтімділігі азайады [2], ал меншікті магниттік шығыны өседі, ол қателіктерді көбейтеді.

Эксперимент жүргізу үшін кернеу классы 10 кВ дәлдік классы 0,5: ТОЛ 10-1-300/5 және ТПОЛ 10-300/5, магниттік өткізгіші электротехникалық болаттан жасалған ток трансформаторлар таңдалып алынды.

Зерттеу температура әсерінен магниттік өткізгіштігі нанокристалдық қорытпалардан тұратын ТОП 0,66 дәлдік классы 0,2 S, трансформациялау коэффициенті 100/5 типті трансформаторлар алынды.

Кернеу трансформаторына зерттеу жүргізу үшін кернеу классы 10 кВ, ЗНОЛ.06 сериялы трансформаторлар сынақтан өткізілді. Кернеу және ток трансформаторларының метрологиялық сипаттамалары температура әсерінен төмендегі әдістер бойынша анықталды:

1 Трансформаторлардың қателіктері қалыпты температура (20 ± 5) °С бойынша анықталды.

2 Трансформаторлар климаттық камераға орналастырылып пайдалану кезіндегі қоршаған ортаның жұмыс температурасына төменгі мәніне дейін төмендетілді. Камерада ұсталғаннан кейін белгілі қалыпты температуралық мәнінде қателіктер анықталды.

3 Камерадағы температура пайдалану кезіндегі жоғарғы жұмыстық температурамен және трансформатордың орамасының қызған мәніне жоғары температурасының соммасымен, осы типті трансформатордың техникалық шарты бойынша жүргізілді. Камерада ұсталғаннан кейін белгілі қалыпты температуралық мәнінде қателіктер анықталды.

Дәлдік классы 0,5 ток трансформатордың қателіктері номиналдық бірінші реттік тобы диапазоны 5 тен 120 % дейінгі, екінші жүктеменің номиналдық қуаты, қуат коэффициенті $\cos\varphi = 0,8$ болғанда жүргізілді. Дәлдік классы 0,2 S ток трансформатордың қателіктері бірінші реттік тоғының 1 % номиналдық мәнінен анықталды. Кернеу трансформаторының қателіктері екі режимде анықталды: 80 % номиналды бірінші кернеуі және 25 % екінші жүктеменің номиналды қуатынан, 120 % бірінші реттік номиналды кернеудің және екінші реттік жүктеменің $\cos\varphi = 0,8$ номиналды қуатынан анықталды.

Метрологиялық сипаттамалардың зерттеулері сұлба бойынша тексерілді. Ток трансформаторының қателіктерін анықтаған кезде, үлгі ретінде И–512 дәлдік классы 0,05 ток трансформаторы, ал кернеу трансформаторының қателіктерін анықтаған кезде үлгі ретінде НЛЛ– 15 дәлдік классы 0,05 кернеу трансформаторы және К–507 салыстыру аспабы қолданылды.

Қателіктер температураның үш мәні бойынша: минималды, максималды, 20 °С қалыпты температурада анықталды.

Температуралық коэффициент төмендегі формуламен анықталынады:

$$K_f = \frac{f_t - f_o}{\Delta T}; \quad K_\delta = \frac{\delta_t - \delta_o}{\Delta T}; \quad (1)$$

мұнда K_f – тоқтық қателіктің температуралық коэффициенті, %/°С;

K_δ – бұрыштық қателіктің температуралық коэффициенті, мин/°С;

f_t – өлшеу кезіндегі температураның тоқтық қателігі, %

f_o – қалыпты температурадағы тоқтық қателігі, %

δ_t – өлшеу кезіндегі температураның бұрыштық қателігі, мин.

δ_o – қалыпты температура кезіндегі бұрыштық қателік, мин.

ΔT – өлшеу кезіндегі температурамен қалыпты температураның айырмашылығы, °С

Кестелерде: T – температура төмендеуі, ал T+ температураның жоғарлауы. Температура коэффициентінің алдындағы минус таңбасы қателіктер анағұрлым теріс, ал плюс таңбасы қателігі анағұрлым оң.

2-ші және 3-ші кестелерде, рұқсат етілген шектік қателіктен, температураның әсерінен қателіктің ауытқуы анағұрлым аз. Температураның әсерінен дәлдік классы 0,2 S ТОП 0,66 ток трансформаторының қателігінің ауытқуы, дәлдік классы 0,5 трансформаторынан бірнеше есе аз, әсіресе бірінші реттік тоғы аз болғанда.

Кесте 2 – Стандарттық (орташа квадраттық) тоқтық қателіктердің ауытқуы

Трансформатор түрі	Токтық қателіктің стандарттық ауытқуы, % Бірінші реттік токта, % номиналды			
	5	20	100	120
ТОЛ 10-1	0,069	0,062	0,049	0,021
ТПОЛ 10	0,030	0,029	0,016	0,0061
ТОП 0,66	0,018	0,0081	0,0018	0,0081
Дәлдік классы 0,5,% рұқсат етілген шектік	± 1,5	± 0,75	± 0,5	± 0,5

Кесте 3 – Әртүрлі типті трансформатор үшін бұрыштық ауытқулар

Трансформатор түрі	Стандарттық бұрыштық қателіктердің ауытқуы, мин Бірінші реттік токта, % номиналды			
	5	20	100	120
	ТОЛ 10-1	2,10	0,95	0,36
ТПОЛ 10	2,96	1,52	0,38	0,52
ТОП 0,66	0,52	0,25	0,21	0,26
Дәлдік классы 0,5,мин рұқсат етілген шектік	± 90	± 45	± 30	± 30

Кесте 4 – температуралық коэффициенттің тоқтық қателіктен тәуелділігі туралы деректер

Трансформатор түрі	Температураның өзгеру сипаты	Токтық қателіктің температуралық коэффициенті, %/°C, бірінші реттік токта, % номиналдыдан			
		5	20	100	120
ТОЛ 10-1	T-	-0,0013	-0,00089	-0,00092	-0,0005
	T+	0,00075	0,0010	0,00056	0,00013
ТПОЛ 10	T-	-0,00046	0,00043	-0,00011	0,00011
	T+	-0,0010	-0,00004	0,00043	0,00021
ТОП 0,66	T-	-0,00031	-0,00023	0,00015	0,00023
	T+	0,0005	0,00033	0,00005	0,00005

Кестелерде көрінгендей, температура өзгерген кезде қателіктер артатын болады. Сондай-ақ азайады, бұл бірінші реттік токтын әртүрлі

болуына байланысты. Мысалы, ТПОЛ 10 номиналды токтан 5 және 20 % температура жоғарлағанда тоқтық қателік анағұрлым теріс, ал 100 және 120 % тоқтық қателік анағұрлым оң болады.

Бірінші кернеу жоғарлағанда орамадағы кернеудің төмендеуінің әсерінен қателіктер көбейеді.

Кесте 5 – температуралық коэффициенттің бұрыштық қателіктен тәуелділігі

Трансформатор түрі	Температураның өзгеру сипаты	Бұрыштық қателіктің температуралық коэффициенті, %/°C, бірінші реттік токта, % номиналдыдан			
		5	20	100	120
ТОЛ 10-1	T-	0,0078	0,0078	0,0063	0,0042
	T+	-0,051	-0,020	-0,0047	-0,0016
ТПОЛ 10	T-	-0,0036	-0,039	-0,011	-0,014
	T+	-0,075	-0,0036	-0,0071	-0,0036
ТОП 0,66	T-	0,010	0,0057	0,0077	-0,0029
	T+	-0,0018	0,0089	0,0054	0,0063

Кесте 6 – кернеу қателігінің температуралық коэффициенті және бұрыштық қателігі

Қателіктің түрі	Температураның өзгеру сипаты	Кернеулік қателіктің температуралық коэффициенті, %/°C, бірінші реттік кернеудің, % номиналдыдан	
		80	120
Кернеу қателігі, %/°	T-	-0,00022	0,00069
	T+	-0,00046	-0,00006
Бұрыштық қателік, мин./°C	T-	-0,0014	-0,018
	T+	0,0063	0,014

4–6 кестелерден қарастыра отырып, қателік температурасы бірнеше есе аз деген қортынды жасауға болады.

Осылайша болжам расталды, қоршаған ортаның температурасының әсері үшінші топтағы сыртқы әсері ток трансформаторымен кернеу трансформаторының метрологиялық сипаттамаларына іс жүзінде әсер етпейтінін байқауға болады [4].

ҚОРЫТЫНДЫ

1 Ток трансформаторының қателіктері температура өзгерген жағдайда өсуіде және азайуыда мүмкін.

2 Дәлдік классы 0,2 S және 0,5 S ток трансформаторларының қателіктері, дәлдік классы 0,5 S ток трансформаторымен салыстырғанда, температура өзгеруіне кем ықпалды.

3 Индуктивтік кернеулік трансформаторлардың кернеулік қателіктері және бұрыштық қателіктері температура төмендегенде азайады.

4 Индуктивтік ток трансформаторы мен кернеу трансформаторының қателігіне қоршаған ауа температурасы аз мөлшерде әсер етеді және трансформаторды пайдалану кезінде температураның әсерін іс жүзінде елемуге болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Лихачев, Ф. А.** Повышение надежности распределительных сетей 6–10 кВ. – Электрические станции 1981. – № 11.

2 **Лихачев, Ф. А.** Замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М. : Энергия, 1971.

3 **Овчаренко, Н. И.** Особенности работы продольной дифференциальной защиты линий ДЗЛ–2 в сети с малым током замыкания на землю. – Электрические станции. – 1989. – № 10.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

Б. Байниязов¹, З. Туркебаева², С. С. Садуов³, Ә. Н. Кәдіржан⁴, А. Н. Муханбедин⁵

Влияние температуры окружающего воздуха на погрешности измерительных трансформаторов

^{1,2,3,4,5}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан. Материал поступил в редакцию 16.02.18.

B. Bainiyazov¹, Z. Turkebaeva², S. S. Saduov³, A. N. Kadirzhan⁴, A. N. Mukhanbedina⁵

The influence of ambient temperature on the errors of measuring transformers

^{1,2,3,4,5}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan. Material received on 16.02.18.

В статье рассмотрены вопросы о том, что изменение температуры окружающего воздуха оказывает незначительное влияние на погрешности индуктивных трансформаторов тока и напряжения, и при эксплуатации трансформаторов влиянием температуры практически можно пренебречь.

Метрологические характеристики измерительных трансформаторов зависят как от конструктивных особенностей трансформаторов, так и от внешних влияющих величин. Наибольшее влияние на погрешности трансформаторов оказывает первичный ток для трансформаторов тока, первичное напряжение для трансформаторов напряжения, значение и cosφ вторичной нагрузки. На метрологические характеристики измерительных трансформаторов оказывает влияние также температура окружающего воздуха.

Температура влияет на омическое сопротивление проводов обмоток, которое изменяется в зависимости от температуры. При увеличении сопротивления проводов обмоток, погрешности трансформаторов возрастают.

Подтверждается предположение, о том, что влияние температуры окружающего воздуха может быть отнесено к третьей группе внешних влияющих величин, практически не оказывающих влияние на метрологические характеристики трансформаторов тока и напряжения.

The article considers the questions that the change in ambient temperature has a minor effect on the error of inductive current transformers and voltage, and the effect of temperature at the operation of transformers can essentially be neglected.

The metrological characteristics of the measuring transformers depend both on the design features of the transformers and on the external influencing variables. The primary influence for transformers is primary current for current transformers, primary voltage for voltage transformers, value and cosφ of secondary load. The metrological characteristics of the measuring transformers are also influenced by the ambient temperature.

The temperature affects the ohmic resistance of the winding wires, which varies with temperature. When the resistance of the wires of the windings increases, the errors of the transformers increase.

The assumption is confirmed that the influence of the ambient air temperature can be attributed to the third group of external influencing quantities, which practically do not affect the metrological characteristics of the current and voltage transformers.

**Б. А. Байниязов¹, Ж. Досанкулов², Г. Н. Ансабекова³,
М. А. Амренов⁴, Ж. М. Жораяев⁵**

¹т.ғ.к., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²т.ғ.к., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³магистр, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁵магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы

e-mail: ¹bainiyazov69@mail.ru

ЭЛЕКТР ТОРАПТАРЫНДАҒЫ ОПЕРАТИВТІК ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЭНЕРГИЯ САПАСЫ

Электрэнергетикалық жүйелер жұмысының сенімділігін жоғарылату қазіргі электрэнергетиканың басты міндеттерінің бірі болып келеді. Бұл міндетті шешудің бір жолы – электржабдыққа оперативтік қызмет көрсету (ОҚК) жүйесін тиімді ұйымдастыру және оны жетілдіру. Осыған орай электрэнергетикалық жүйелер жұмысының қалыпты және апатты режимдерін жан-жақты зерттеу және олардың сенімді жұмыс жасауын қамтамасыз ететін шараларды қабылдау қажет.

Электржабдықтардың ескіруі және тозуы, сапаның және электрмен жабдықтау сенімділігіне қойылатын талаптарын толық қанағаттандырмай, сәйкесінше ОҚК көлемдерінің төмендеуіне жол береді. Осыған байланысты Қазақстан электрэнергетикасының жұмыс жасау жүйесін жетілдіру мәселері туындайды.

Мақалада электрмен жабдықтау жүйесінің электр тораптарындағы оперативтік қызмет көрсету жүйесін оптимизациялау және электрэнергия сапасын арттыру сауалдары қарастырылған. Электр тораптарын оперативті басқару жүйесін жетілдіру мақсатында қолдануға ұсынылып отырған блок-схемалар және олардың мүмкіндіктері келтірілген.

Кілтті сөздер: тараптар, басқару жүйесі, электр энергия сапасы, оперативтік қызмет көрсету жүйесі.

КІРІСПЕ

Электрэнергетиканың дамуы электрстанция қуаттарының өсуіне тікелей байланысты және сонымен бірге дәстүрлі түрде дамуда. Алайда, «ахиллестік бесінші» саланың генерациясының қарқынды өсуі нәтижесінде оның басқа екі компоненті туындады – электр тораптары және басқару жүйелері [1]. 1965 жылы тораптардың және оларды басқару жүйесінің жетіспеушілігінен Англия мен Нью-Йоркте 25 млн. адам қорек көзінен ажыратылды. Бұдан да басқа блэкауттар да болды. 2003 жылдың тамызында болған апат салдарынан АҚШ пен Канадада жалпы қуаты 164 ГВт болатын энергожүйеде 62 ГВт қуат сөндірілді, 50 млн. адам қорек көзінен ажыратылды. 2006 жылдың қарашасында Германия, Франция, Италия, Бельгия мен Испанияда бірнеше миллиондаған адам жарықсыз қалды. Апаттың негізгі себебі – жел электр станция қуаттарының күрт секіруінен Рейнадағы екі электрберіліс желісінің (ЭБЖ) сөнуі. 2005 жылдың мамырында Ресейде кернеуі 500 кВ «Чагино» ҚС-да болған апат салдарынан Мәскеу аумағында 3,5 ГВт тоқтатылды. 2010 жылдың 20 тамызында Санкт-Петербургте бірнеше сағат бойына қала территориясының 40 % жарықсыз қалды. Блэкаута себебі – «Восточная» қосалқы станциясындағы апат. 2012 жылы Алматы қаласы және Алматы облысы бірнеше сағатқа жарықсыз қалды. Осындай жағдай 2015 жылы қайталанған. Электрэнергетика саласындағы ТМД елдері мен АҚШ-тың жүйелік резерв шамаларын салыстырғанда, АҚШ-та оның көлемі 3–5 есеге артық екенін көрсетті. Алайда, ТМД елдері БЭЭЖ (біріккен электрэнергетикалық жүйесінің) жүйелік эффектісі арқасында сенімділік көрсеткіштері жоғары болды. Нәтижесінде, ТМД елдерінің БЭЭЖ-де 1965, 1977, 1996 жылдары АҚШ-та, 1982, 1988, 1989 жылдары Канадада және 1978 жылы Францияда болған апаттар сияқты апаттар болмады. Келтірілген мысалдар, электрэнергетикада тек нарықтық қарым-қатынастағы механизмнің іске асуы электрэнергетиканың тұрақты даму шарттарының бұзылуына әкелетінін көрсетеді [2].

Осы жағдайдан шығудың негізгі жолдарының бірі – электрэнергетиканың Smart Grid деп аталатын жаңа концепция базасында инновациялық түрленуі.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Электрқондырғыларына оперативтік қызмет көрсету дегеніміз – электрқондырғы жұмысының талап етілетін режимін енгізу, қондырғыларды қарау, қосып-сөндірулерді жасау, жөнделу жұмыстарын жүргізуге дайындық (жұмыс орнын дайындау, жұмысқа жіберу рұқсаттары), оперативті

персоналмен қондырғыға техникалық қызмет көрсету бойынша жүргізілетін жұмыстар комплексі [3].

Қазіргі уақытта Қазақстанның бүкіл әлемде соңғы онжылдықта қарқынды дамып келе жатқан Smart Grid жаңа концепция базасындағы электрэнергетиканың ғылыми-технологиялық тұрғыдан инновациялық түрленуге деген қызығушылығы артып келеді.

Еуропалық технологиялық платформаға сәйкес Smart Grid – бұл электрлік станциялар, аккумуляциялық қорек көздері мен тұтынушылар, ЭТ (электрлік торап) элементтері арасында заманауи екіжақты коммуникация көмегімен координацияланған басқару есебінен энергожүйенің энергоэффективті және экономикалық жұмыс жасау талаптарын қанағаттандыратын электрлік торап [3]. Бұл концепцияның жалпы функционалды-технологиялық идеологиясын IEEE (электротехника және электроника инженерлер институты) неғұрлым толығырақ берді: Smart Grid – толық интеграцияланған, өздігінен реттелетін және қалпына келетін электрэнергетикалық жүйе. Оның тораптық топологиясы бар және құрамына барлық генерациялаушы қорек көздері, магистралды және таратушы тораптар, электрэнергия тұтынушыларының барлық түрлері кіреді. Олар нақты уақыт режимінде автоматтандырылған құрылғыларының біріккен торабымен басқарылады. Еуропалық ұйым және АҚШ оны энергетикалық және инновациялық дамудың ұлттық саясаты ретінде қабылдады. Кейіннен Smart Grid концепциясы барлық ірі мемлекеттерде қолдау тауып, қабылданды [4]. Қазіргі энергожүйенің және Smart Grid концепциясы базасындағы энергожүйенің салыстырмалы сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

Дамып келе жатқан Smart Grid концепциясы аясында жаңа электроэнергетиканың негізгі талаптар (құндылықтар) тобы құрылды. Олар: қол жетімділік, сенімділік, үнемділік, тиімділік, қоршаған ортамен әрекетін шектеу, қауіпсіздік.

Қол жетімділік – тұтынушыларды қандай-да бір шектеусіз энергиямен қамтамасыз ету; сенімділік – физикалық және ақпараттық кері әсерлерге ешбір тоталды сөнусіз төтеп беру, максималды тез қалпына келу (өздігінен қалпына келу); үнемділік – тұтынушылар үшін электрэнергия тарифтерін оптимизациялау және жалпы жүйелік шығындарды төмендету; тиімділік – электрэнергиясын өндіру, жеткізу, үлестіру, тұтыну кезінде ресурстың, технологияның және қондырғының барлық түрін қолдану тиімділігін максимизациялау; қоршаған ортамен әрекетін шектеу – негативті экологиялық әсерлерді барынша максималды азайту; қауіпсіздік – электрэнергетикада адамға және қоршаған ортаға қауіпті жағдайларға жол бермеу.

Кесте 1 – Қазіргі энергожүйенің және Smart Grid концепциясы базасындағы энергожүйенің салыстырмалы сипаттамалары

Бүгінгі энергетикалық жүйе	Smart Grid концепциясы базасындағы энергетикалық жүйе
Элементтер арасындағы бір жақты байланыс немесе байланыс жоқ	Екі жақты байланыс
Орталықтандырылған генерация. Үлестірілген генерацияны интеграциялау қиындығы	Үлестірілген генерация
Топология – барынша радиалды	Барынша тораптық
Апат салдарына әрекет ету	Апат алдын жоюға әрекет ету
Қондырғының істен шыққанға дейінгі жұмысы	Қондырғының мерзімін ұзартатын өзіндік мониторинг және өзіндік диагностика
Қолмен қайта қалпына келтіру	Автоматты қалпына келтіру – «өздігінен емделетін тораптар»
Жүйелік апаттарға бейімді	Жүйелік апаттардың дамуына жол бермеу
Торапты қолмен және фиксацияланған бөлу	Адаптивті бөлу
Қондырғыны орнында тексеру	Қондырғыны қашықтықтан мониторингтен өткізу
Асқын токтардың бақылауы шектелген	Асқын токтармен басқару
Электрэнергия бағасы туралы тұтынушыға мүмкін емес немесе тым кешігіп жеткен ақпарат	Нақты уақыттағы баға

Smart Grid дамудың концепциясына сәйкес ЭТ сенімділігімен басқару жүйесін жасау өзекті тапсырма болып табылады. 35–110 кВ ЭТ ЖҚК (жаппай қызмет көрсету) жүйесінің жетілдірілген құрылымы және өзгеретін шарттарға оның бейімделу механизмі ұсынылды, ол 1-суретте көрсетілген.

Жүйелік талдау көзқарасынан құрылымы бойынша басқарудың тәсілі қолданылған. ЖҚК жүйесі құрылымының реттеуіші ақпаратты жинау және талдау блогынан ЖҚК жүйесінің жұмысы туралы ақпаратты алады. Реттеуіш ЖҚК жүйесіне шығындар мен жұмысының тиімділігін бағалайды және қажет болған жағдайда ЖҚК жүйесі құрылымының өзгертулерін жүзеге асырады.

Реттеуіштің жұмысы үшін 35–110 кВ ЭТ ЖҚК жүйесінің оңтайлы құрылымын талдау және синтездеудің әзірленген әдістері пайдаланылады.



Сурет 1 – ЭТ ЖҚК жүйесінің тиімділігімен адаптивті басқару сұлбасы

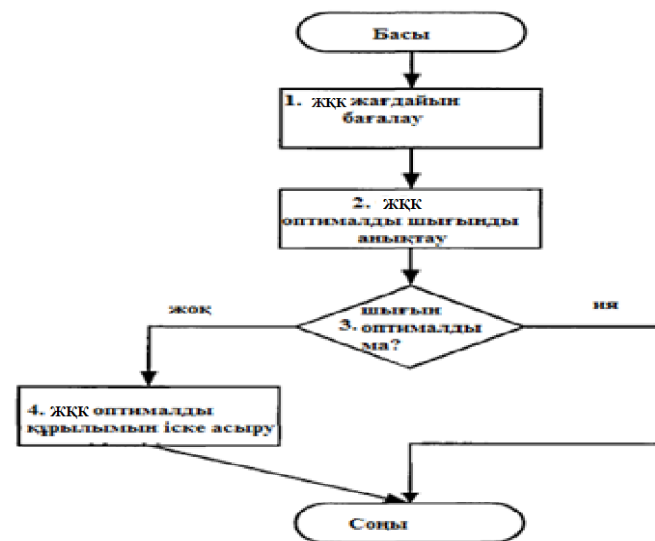
35–110 кВ ЭТ ЖҚК жүйесі құрылымымен адаптивті басқарылуын іске асыру үшін MS Excel 2007 ортасында компьютерлік бағдарламалары әзірленген:

- 1) «Бірнеше қосалқы станцияларға жедел қызмет көрсетудің оңтайлы жүйесін анықтау»;
- 2) «Бір қосалқы станцияға жедел қызмет көрсетудің оңтайлы жүйесін анықтау».

ЖҚК құрылымымен басқару алгоритмі 2 суретте келтірілген.

«Электрлік қосалқы станцияларға қызмет көрсетудің қолайлы түрін анықтау» бағдарламасы. Бірінші бағдарлама 35–110 кВ ЭТ ЖҚК жүйесіне минималды шығын критерийі бойынша 10 және одан кем ҚС (қосалқы станция) үшін төмендегілерді таңдауға мүмкіндік береді:

- 1) қызмет көрсету базалары орналасуының қолайлы орындарын;
- 2) жедел қызметкерлердің қолайлы түрі мен орналастыру орындарын.



Сурет 2 – ЭТ ЖҚК жүйесі құрылымын басқару алгоритмінің блок сұлбасы

Екінші бағдарлама талапқа қызмет көрсетудің максималды рұқсат уақыты бойынша шектеулер және оны орындау ықтималдығы есебінен минималды шығын критерийі бойынша төмендегілерді таңдауға мүмкіндік береді:

- 1) АЖТМ (автоматика және телемеханика) құрылғыларының қолайлы түрін, сондай-ақ олардың көмегімен қызмет көрсетілетін талаптардың қолайлы санын;
- 2) жедел қызметкерлермен қызмет көрсетілетін талаптар санын және қолайлы түрін (КЭ – кезекші электромонтер, «ҚС үйіндегі КЭ»).

Екі бағдарлама да өзінің жұмысы үшін тармақтар мен шекаралар әдісін пайдаланғандықтан, олардың алгоритмдері принципіалды ерекшеленбейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Мақалада қолдануға ұсынылып отырған оперативті басқару жүйесінің блок-схемалары мен бағдарламалардың мүмкіндіктері электртораптарының оперативті қызмет көрсету жүйесін жетілдіруге және электрэнергия сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Анализ и управление установившимися состояниями электроэнергетических систем / Н. А. Мурашко, Ю. А. Охорзин, Л. А. Крумм и др. – Новосибирск : Наука, 1987. – 240 с.

2 **Бандурин, И. И.** Оптимизация структуры оперативного обслуживания электрических сетей / И. И. Бандурин, А. П. Васильев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование – 2010. – № 10 – С. 71–75.

3 **Бандурин, И. И.** Управление структурой оперативного обслуживания электрических сетей / Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении»: сб. ст. – М. : ИПУ РАН, 2010. – С. 252–273.

4 **Бойцов, Ю. А.** Решение задачи рациональной организации системы оперативного обслуживания электрических сетей / Ю. А. Бойцов, А. П. Васильев // Проблемы энергетики – 2008. – № 1–2-Г. 40–45.

5 **Васильев, А. П.** Оптимизация структуры и оценка эффективности системы эксплуатации оборудования электрической сети / А. П. Васильев, Б. В. Папков, А. А. Карabanов // Задачи надежности систем энергетики для субъектов отношений в энергетических рынках: сб. ст. – Киев, 2007. – Вып. 57. – С. 204–211.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

Б. А. Байниязов¹, Ж. Досанкулов², Г. Н. Ансабекова³, М. А. Амренов⁴, Ж. М. Жораев⁵

Система оперативного обслуживания электрических сетей и качество электроэнергетики

^{1,2,3,4,5}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 16.02.18.

B. A. Bayniyazov¹, Sh. Dosankulov², G. N. Ansabekova³, M. A. Amrenov⁴, Zh. M. Shoraev⁵

System of operative maintenance of electric networks and quality of electric power

^{1,2,3,4,5}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Повышение надежности работы электроэнергетических систем является одной из главных задач современной электроэнергетики. Решение этой задачи зависит от правильного подхода к организации оперативного обслуживания (ОО) электрооборудования, от совершенства методов обоснованного принятия решений по ОО. Для этого необходимо всестороннее исследование нормальных и аварийных режимов работы электроэнергетической системы и принятие мер по обеспечению их надежного функционирования.

Износ и старение электрооборудования, не полностью отвечают требованиям, предъявляемым к качеству и надежности электроснабжения. Что приводит к снижению качества и объемов ОО при сохранившихся требованиях к надежности электроснабжения. В связи с этим возникает вопрос о совершенствовании системы работы и ОО сетей электроэнергетики Казахстана.

В статье рассматривается вопрос оптимизации системы оперативного обслуживания электрических сетей и повышения качества электроэнергии. В целях совершенствования системы оперативного обслуживания приведены блок-схемы управления и их возможности.

Increasing the reliability of electric power systems is one of the main tasks of modern electric power industry. The solution of this task depends on the correct approach to organization of operational maintenance (OO) of electrical equipment, from the perfection of methods of informed decision making on the TOE. This requires a comprehensive study of normal and emergency operation of the power system and taking measures to ensure their reliable operation.

Wear and aging of electrical equipment do not fully meet the requirements for quality and reliability of electricity supply. Which leads to a decrease in the quality and volume of the TOE under the remaining requirements for reliability of power supply. In this connection, the question arises of improving the system of work and NGO networks of the electric power industry in Kazakhstan.

The article considers the question of optimizing the system of operative maintenance of electric networks and improving the quality of electric power. In order to improve the system of operational maintenance, the control flow charts and their possibilities are presented.

Ж. Н. Бекшенов¹, Г. С. Айткалиева², А. А. Амитова³

¹магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²доктор PhD, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³доктор PhD, Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан

e-mail: ¹jandos_94-11@mail.ru; ²gulzat_slyashevna@mail.ru;

³aikkash@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В данной работе приведены перспективные направления в улучшении физико-механических характеристик и эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий на основе нефтяного дорожного битума. Известно, что для улучшения свойств битума применяются методы компаундирования, каталитического окисления, а также введение в битум различных модификаторов. Анализом существующих методов модификации битумов различными материалами выявлен высокий интерес к применению продуктов химической и нефтехимической промышленности, таких как резинотехнические отходы, серы в составе вяжущих, позволяющие повысить их качество и долговечность. Широкое применение нашла модификация битума синтетическими полимерными материалами, к числу которых относятся атактический полипропилен (АПП) и стирол-бутадиен-стирол (СБС). В работе изложены выводы о достоинствах и недостатках синтетических материалов, применяемых для модификации нефтяного битума.

Ключевые слова: Битум, полимерные модификаторы, полимерно-битумные вяжущие, продукты нефтехимической промышленности, автомобильные дороги, физико-механические свойства.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Казахстане наиболее распространенными материалами покрытий автомобильных дорог является асфальтобетон. Обусловлено это рядом положительных качеств: высокой механической прочностью, хорошими пластическими свойствами асфальтобетона, достаточной простотой ремонта, возможностью полной механизации при устройстве покрытий, повторного использования снятого с покрытия асфальтобетона, открытия движения сразу после окончания строительства, а также достаточной экономической эффективностью. Асфальтобетонные покрытия на основе нефтяного дорожного битума не всегда способны обеспечить в условиях современного грузонапряженного и интенсивного движения требуемые физико-механические свойства покрытий и их долговечность на весь срок службы. Низкая эластичность органических вяжущих веществ, недостаточные показатели трещиностойкости и температурного интервала работоспособности ограничивают срок службы асфальтобетонных покрытий в жаркий летний период и при отрицательных температурах. Однако, асфальтобетон, приготовленный с применением модифицированных битумов, обладает улучшенными свойствами: повышенной тепло- и морозоустойчивостью, водостойкостью, прочностью, сдвигоустойчивостью.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Известно, что битумы представляют собой твердые или жидкие водонерастворимые сложные смеси углеводородов нефти и имеют примерно следующий элементный состав (в вес. %): углерода 80–85; водорода 8–11.5; кислорода 0.2–4; серы 0.5–7; азота 0.2–0.5.

Химический состав битумов очень сложен, их основными компонентами являются смолы, масла, асфальтены, и др.

Смолы – это наиболее важная часть битума (15–20 %), в зависимости от их количества изменяются его технологические и эксплуатационные свойства: смолы ответственны за пластичность и растяжимость битумов.

Масла представляют собой смесь высокомолекулярных парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов. С повышением содержания масел в битуме снижается его твердость и температура размягчения, увеличивается текучесть и испаряемость. В битумах в среднем содержится от 45 до 65 % масел.

Асфальтены являются смесью гетероорганических соединений, характеризующихся высокой молекулярной массой, большей полициклическостью и низким содержанием водорода, присутствие их и их производных стабилизируют коллоидную структуру битума.

Битумы не растворимы в воде, полностью или частично растворимы в бензоле, хлороформе, сероуглероде и органических растворителях, аморфные, не имеют температуру плавления, обладают низкой тепло- и электропроводностью, газонепроницаемы, устойчивы к действию химических реагентов, радиации и длительному тепловому воздействию. Именно такие ценные качества битумов в сочетании с низкой стоимостью и массовым производством сделали их незаменимыми во многих областях хозяйства.

Неуклонно повышающиеся требования к качеству и эксплуатационным характеристикам материалов на основе битумов часто не могут быть удовлетворены только за счет выбора сырья и технологии производства битумов. Повысить качество битумных вяжущих – значит увеличить температуру размягчения, снизить температуру хрупкости, снизить пенетрацию и улучшить адгезию с минеральным наполнителем, увеличить долговечность, водостойкость.

Одним из основных радикальных способов повышения качества и долговечности асфальтобетонных покрытий является модификация битумов синтетическими материалами. Экономические соображения требуют, чтобы модифицирующий эффект полимеров был значительным при малых их добавках.

Для улучшения свойств битума предложены методы компаундирования [1]; каталитического окисления [2]; введение в битум различных модификаторов.

Наиболее перспективным представляется модификация битумов различными добавками. В качестве модифицирующих добавок могут использоваться различные продукты химической и нефтехимической промышленности.

Учеными [3] отмечается, использования олигомеров для получения композиционно-органических вяжущих. Олигомеры имеют относительно невысокую молекулярную массу, жидкую консистенцию, что без предварительного растворения хорошо совмещаются с битумами, а полученные битум-олигомерные вяжущие обладают высокой стабильностью.

Авторами работы [4] установлено, асфальтобетон с применением олигомерно-битумных вяжущих характеризуется высокой прочностью на сжатие, лучшей укладываемостью и уплотняемостью. Основным недостатком олигомер-битумных вяжущих является длительность процесса полимеризации (5–8 час) при температуре от 150 °С, во время которого может происходить старение битума, что в свою очередь, снижает качество вяжущего.

Особенно привлекательным с экономической точки зрения модификатором битумных связующих являются резинотехнические

отходы [5], резина отработанных автомобильных шин, которая является ценным источником высококачественных синтетических каучуков с низкой стоимостью.

Недостатком применения резиновой крошки является большие энергозатраты в ходе ее пластификации, а также сложная технология измельчения.

Одним из возможных путей повышения качества вяжущих для строительства и ремонта дорожных покрытий является применение серы в составе вяжущих. В органическом вяжущем сера может растворяться в количестве 20–30 %. Кроме растворения масляными компонентами вяжущего происходит пластификация нерастворенной серы, т.е. образуется полимерная сера, резиноподобное состояние которой сохраняется длительное время. В асфальтовые смеси серу можно вводить в виде серобитумной эмульсии или непосредственно в виде добавки в битум. Исследования свойств дорожных битумов с применением серы выявили, что добавка серы повышает прочность, теплоустойчивость, увеличивает коэффициент сцепления поверхности, устойчивость к воздействию солей, кислот и других химических веществ.

Автором [6] отмечено, что использование серы в качестве добавки к битуму позволяет сократить расход битума, снизить толщину асфальтобетонного покрытия. Кроме того, сера может служить антисептиком, вместо применяемого для этих целей кремнефтористого натрия. Серу можно добавлять в больших количествах до 20 %, причем избыточная ее часть может служить в качестве наполнителя.

Перспективным направлением в улучшении качества битума и получения дорожных покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками является модификация битума синтетическими полимерными материалами.

Полимерно-битумные вяжущие рассматриваются как трехкомпонентные системы, содержащую в качестве растворителя мальтены битума, в котором распределены асфальтены и полимер.

Битумы, модифицированные полимерами, общепринято считать растворами или дисперсиями компонентной системы, отличительной характеристикой которых их высокая эксплуатационная долговечность [7].

В качестве полимерных модификаторов битума [8] используют полиизобутилен, атактический полипропилен (АПП), а также стирол-бутадиен-стирол (СБС) и др.

При применении АПП материалы отличаются высокой стойкостью к ультрафиолетовому излучению, а также химической стойкостью к щелочам и кислотам, более высокой тепловой стойкостью на фоне СБС материалов, а также прекрасной адгезией к стеклу и металлам. В композиции с ними битумно- полимерные материалы становятся более эластичными, появляется

высокая гибкость при низких температурах (СБС), повышается температура размягчения и теплостойкость (АПП) [9].

ВЫВОДЫ

Полимерная промышленность – наиболее развивающийся сектор мировой экономики. Потребление полимеров ежегодно возрастает на 5–6%. В 90-х годах уже прошлого века его доля в мировой торговле повысилась до 2,1%. По денежному обороту мировая торговля полимерами постепенно приближается к объемам торговли продукцией черной металлургией. Более 38% общего потребления полимеров приходится на Европу, около 29% – на США.

Анализ изложенного материала подтверждает высокий интерес и необходимость разработки технологически простых и экономически выгодных новых модифицированных битумов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Руденский, А. В. Пути улучшения качества битума. // Автомобильные дороги. – 1993. – № 4. – С. 15–16.
- 2 Розенталь, Д. А. Битумы. Получение и способы модификации. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1979. – 79 с.
- 3 Руднеская, И. М., Руднеский, А. В. Органические вяжущие для дорожного строительства. – М.: Транспорт, 1984. – 225 с.
- 4 Заявка 2739863 (1997). Франция. Получение композиций битум-полимер с частицами битума разного размера и использование этих композиций в качестве связующего для дорожных покрытий. // РЗ Химия. – 1999. 1 Т263 П.
- 5 Пат. № 2078692 (1997). Россия. Беляев А. А., Макаренко Л. П., Суханова З. Н. Многослойный материал и способ его нанесения. // РХ Химия, – 1998. 8Т 168 П.
- 6 Абросимов, А. А. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. – М.: Барс, 1999. – 731 с.
- 7 Бикер, П., Порт, К., Роберт, В. Модификация битума высоковязкими полимерами // Строительные материалы. – 1997. – № 12. – С. 22-23.
- 8 Широкий, Г. Т., Юхневский, П. И., Бортницкая, М. Г. Материаловедение для монтажников технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций / Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 301 с.
- 9 Нехорошева, А. В., Нехорошев, В. П., Дахновская, Е. В. Полимерный модификатор для комплексного решения проблемы качества дорожного покрытия округа // Вестник Югорского государственного университета. – 2011. – 4 (23). – С. 87–91.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Ж. Н. Бекшенов¹, Г. С. Айтқалиева², А. А. Амито³

Химия өндірісі өнімдерінің негізіндегі полимерлі-битумды байланыстырушыларды қолдану тиімділігі

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғырова атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³Қазақ бас сәулет-құрылыс академиясы,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

Zh. N. Bekshenov¹, G. S. Aitkaliyeva², A. A. Amitova³

Efficiency of the application of polymer-bitumen binders based on the products of chemical industry

^{1,2}Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³Kazakh Leading Academy of Architecture and Civil Engineering,
Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Қарастырылып отырған мақалада мұнайлы жол битумы негізінде алынған асфальтбетон жабындыларының физика-химиялық қасиеттері мен эксплуатациялық қасиеттерін жақсартудың перспективті бағыттары көрсетілген. Битумның қасиеттерін жақсарту мақсатында компаундирлеу, каталикалық тотықтыру, сонымен қатар битум құрамына түрлі модификаторларды енгізу қолданылатыны белгілі. Битумды түрлі материалдармен модифицирлеудің қолданыстағы әдістерінің талдауы олардың сапасы мен қызмет көрсету уақытын арттыратын химия және мұнайхимия өндірісі өнімдерін, атап айтса резинотехникалық қалдықтар, күкірт, пайдалануға жоғары қызығушылықты анықтады. Битумды модификациялауда кең өріс синтетикалық полимерлі материалдар, оның ішінде атактикалық полипропилен мен стирол-бутадиен-стирол алды. Берілген мақалада мұнайлы битумды модификациялауда қолданылатын синтетикалық материалдардың мықты және осал тұстары жайлы нәтижелер баяндалған.

This paper covers the promising directions in the improvement of the physical and mechanical characteristics and operational properties of asphalt-concrete coatings based on road petroleum bitumen. It is known that in order to improve the properties of bitumen the methods of compounding, catalytic oxidation are used, as well as the introduction of various modifiers in bitumen. Analysis of existing methods for modifying bitumen with various materials has revealed a high interest in the application of products of the chemical and petrochemical industry, such as rubber technical waste, sulfur in binding agents, which improve their quality and durability. The modification of bitumen by synthetic polymeric materials has found wide application, including atactic polypropylene (APP) and styrene-butadiene-styrene (SBS). The current work outlines the conclusions about the advantages and disadvantages of synthetic materials used to modify petroleum bitumen.

ГРНТИ 86.19.00

С. Г. Бисакаев¹, Н. Г. Джумагулова², М. К. Меденова³

¹генеральный директор, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан; ²руководитель, Лаборатория аналитических исследований и организационного обеспечения НИР, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан; ³ст. науч. сотр., Лаборатория аналитических исследований и организационного обеспечения НИР, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан e-mail: ¹rniiot@rniiot.kz; ²nauka@rniiot.kz; ³mkmedenova@mail.ru

СОЗДАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА – КЛЮЧ К РЕАЛИЗАЦИИ ПРАВ ЖЕНЩИН НА ТРУД

В настоящей статье представлены результаты аналитических исследований, направленных на реализацию стратегических задач гендерной политики Республики Казахстан.

Освещены результаты анализа правовых и административных барьеров для занятости женщин и ограничений, связанных с трудоустройством женщин в различных отраслях экономики, посредством применения списков и перечней.

Авторами предложен комплекс мероприятий, направленных на максимальное достижение основных положений Конвенций МОТ, ратифицированных Казахстаном и Концепции семейной и гендерной политики до 2030 года, в части уменьшения разницы в оплате труда мужчин и женщин, одной из причин которой является законодательное закрепленные ограничения трудоустройства женщин на отдельные профессии и виды работ.

Ожидаемый результат от реализации рекомендуемых мер поможет ускорить переход от списочного подхода в вопросах безопасности и охраны труда, что является приоритетным в современных условиях.

Ключевые слова: труд женщин, условия труда, список, запрет, ограничение

ВВЕДЕНИЕ

Республика Казахстан позиционирует себя как государство, права женщин в котором, являются неотъемлемой частью общих прав человека.

Создание условий для полного и равноправного участия женщин в политической, экономической, социальной и культурной сферах жизни общества является приоритетным направлением государственной политики.

Вместе с тем, по оценкам международных экспертов наличие ограничений для женщин на работы с тяжелыми и опасными условиями труда негативно влияет на доступ женщин к высокооплачиваемым профессиям, а действующий Список работ, на которых запрещается применение труда женщин (далее – Список), по сравнению со странами СНГ является одним из самых обширных.

Применяемые ограничения при трудоустройстве женщин, отражаются на их потенциальных заработках. Кроме того, могут негативно сказываться на компаниях и общей конкурентоспособности экономики страны, поскольку резерв квалифицированных кандидатов на вакантные должности искусственно сокращается вдвое, что снижает вероятность найма наиболее компетентных специалистов.

По поручению Н. Назарбаева была разработана и утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 6 декабря 2016 года № 384 «Концепция по гендерной и семейной политике в Республике Казахстан до 2030 года» [1].

Запланированные в Концепции реформы планируется осуществлять в соответствии с принципами, заложенными в Венской Конвенции ООН от 18 декабря 1979 года «О ликвидации всех форм дискриминации в отношении женщин» и Конвенции Международной организации труда № 111 «О дискриминации в области труда и занятий» [2].

В рамках реализации стратегического направления Концепции - «Гендерное равенство в экономике», было запланировано проведение исследований, направленных на реформирование законодательства по регулированию труда женщин во вредных условиях труда и внедрении новых подходов в реализации трудовых прав женщин на достойный труд в безопасных условиях.

В связи с чем, встала необходимость пересмотра Списка и обеспечение женщинам доступа к видам работ, не представляющим опасности для женского здоровья в силу их автоматизации, технологизации и информатизации.

С учетом изменений технологического процесса, на сегодняшний день существует довольно малое число профессий, где при соблюдении необходимых мер защиты, производственная среда более опасна или вредна для женщин, чем для мужчин.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В целях создания условий для обеспечения равной занятости мужчин и женщин, направленной на сокращение разрыва в заработных платах мужчин и женщин, в Плане мероприятий по реализации Концепции предусмотрены работы по пересмотру и актуализации Списка работ, запрещающих применение женского труда с целью обеспечения женщинам доступа к видам работ, не представляющим опасности для женского репродуктивного здоровья в силу их автоматизации, усовершенствования технологических процессов и информатизации.

Данная работа была осуществлена Республиканским научно-исследовательским институтом по охране труда в 2017 году, в рамках государственного заказа на проведение аналитических исследований по теме: «Совершенствование механизма регулирования труда женщин во вредных условиях труда в Республике Казахстан».

По результатам данных исследований были даны предложения по сокращению Списка на 96 наименований профессий (что составило 33 % от действующего Списка), в том числе, на 3 подраздела из 25 и 5 видов работ из 41.

Однако, опираясь на исследование международного опыта, авторы исследования, считают, что основная идея совершенствования механизма регулирования труда женщин во вредных условиях труда в Республике Казахстан, должна состоять не столько в сокращении Списка, сколько в переходе от запрещающего характера государственного регулирования данного вопроса, к ограничивающему [3].

Международные эксперты, рассматривают запрет (в данном случае на применение труда женщин) как действие в отношении самих женщин, не учитывая при этом тот факт, что данная норма применяется для регулирования действий работодателя.

Главное отличие запретов от ограничений заключается в том, что первые принципиально не могут быть сняты по воле субъекта, вступающего в правоотношения (только законодательно), а вторые – могут при условии, что данный субъект приобретет нужный статус, обеспечит определенные условия или осуществит требуемые действия.

На сегодняшний день, применение труда женщин на рабочих местах, указанных в Списке, – запрещено без условно, то есть безоговорочно. При этом, в целях недопущения дискриминации трудовых прав женщин, необходимо предусмотреть возможность их трудоустройства при соблюдении определенных условий.

Несомненно, что женщины имеют равные с мужчинами права на труд, но требования к условиям и видам труда женщин должны корректироваться

с учетом анатомо-физиологических особенностей их организма и с учетом их социально-значимых функций по воспроизводству здорового потомства.

Предотвращение негативных последствий применения труда женщин в условиях производства, создание гигиенически безопасные условия труда с учетом особенностей их организма, сохранение здоровье работающих женщин на основе комплексной гигиенической оценки вредных факторов производственной среды и трудового процесса, является одной из задач демографической политики государства.

При этом ограничения применения труда женщин необходимо сохранить лишь на тех производствах, где имеется прямая угроза репродуктивной функции. Это в полной мере соответствует международным стандартам и тенденциям, которые отнюдь не отрицают как таковую патерналистскую политику государства по отношению к слоям населения, нуждающимся в особой защите.

Анализ правовых и административных барьеров для занятости женщин показал наличие ограничений, связанных с трудоустройством женщин в различных отраслях экономики, путем применения списков и перечней в Российской Федерации, Республике Беларусь, Украине, Азербайджане, Армении, Таджикистане, Кыргызстане, Республике Молдова и др. [4–6].

Однако, отличительной чертой, к примеру, законодательства Российской Федерации является то, что работодатель может принимать решение о применении труда женщин на работах, включенных в перечень, при создании безопасных условий труда, подтвержденных результатами специальной оценки условия труда, а также при положительном заключении государственной экспертизы условий труда и службы госсанэпиднадзора субъекта Российской Федерации.

Допустим, работодатель в нашей стране, путем модернизации технологического оборудования, средств коллективной защиты, изменения технологии производства, либо используемого сырья, приведет условия труда на определенном рабочем месте, включенном в Список, к оптимальным или допустимым (условно относят к безопасным), доказать он это сможет, на сегодняшний день, только путем проведения аттестации производственных объектов по условиям труда.

При этом, результаты аттестации, даже положительные, на сегодняшний день, не будут являться основанием допуска женщин на данное рабочее место.

С чем это связано:

– во первых, действующим трудовым законодательством не предусмотрено право работодателя на допуск женщин на рабочие места, содержащиеся в Списке, при улучшении условий труда.

– во вторых, в Казахстане, с 2010 года утратили силу Санитарно-эпидемиологические правила и нормы «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда женщин» утвержденные приказом МЗ РК от 18 августа 2004 года № 632, на основании которых должна была проводится аттестация рабочих мест, на которых заняты женщины, учитывающая особенности женского организма.

– в третьих, нет законодательно закрепленной процедуры подтверждения, либо разрешения применения труда женщин на рабочих местах с улучшенными условиями труда, но содержащимися в Списке.

Данное положение дел снижает предпринимательские прерогативы при найме, т.е. лишает работодателя возможности принять на работу любое подходящее лицо независимо от пола, в особенности, если им были вложены средства в модернизацию производства и улучшение условий труда.

В связи с вышеизложенным, в целях учета исключения вредных производственных факторов, влияющих на репродуктивное здоровье женщин, подтвержденное результатами аттестации производственных объектов по условиям труда на конкретных рабочих местах, предлагается следующее.

В связи с тем, что, на сегодняшний день, в Казахстане нет действующего нормативно-технического документа, содержащего требования к условиям труда женщин, предлагается в качестве условия, позволяющего допуск к рабочим местам, содержащимся в Списке, предусмотреть создание оптимальных (1 класса), допустимых (2 класса) и вредных (3 класса) 1-й и 2-й степени условий труда, подтвержденных результатами аттестации производственных объектов по условиям труда.

При этом, потребуются внесение соответствующих изменений в Список, в части включения вышеупомянутого условия и права работодателя, а также изменения наименования Списка на «Список работ, на которых ограничивается применение труда женщин».

Кроме того, будет необходимо дополнить пункт Правил обязательной периодической аттестации производственных объектов по условиям труда, регламентирующий использование результатов аттестации, информацией о том, что они будут служить основанием для применения труда женщин на работах (профессиях, должностях), включенных в Список работ, на которых ограничивается применение труда женщин.

ВЫВОДЫ

Предоставление возможности женщинам, при соблюдении определенных условий, трудоустроиваться на рабочие места, указанные в Списке, позволит повысить уровень привлечения женского труда в инновационные, инфраструктурные и высокотехнологичные проекты и программы.

Вместе с тем, ограничения применения труда женщин необходимо сохранить, но лишь на тех производствах, где имеется прямая угроза репродуктивному здоровью работающей женщины.

Реализация комплекса указанных мероприятий необходима в целях максимального достижения основных направлений положений Конвенций МОТ, ратифицированных Казахстаном и Казахстанского законодательства, в части уменьшения разницы в оплате труда мужчин и женщин, одной из причин которой является законодательное закрепленные ограничения трудоустройства женщин на отдельные профессии и виды работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Об утверждении Концепции семейной и гендерной политики в Республике Казахстан до 2030 года. Указ Президента Республики Казахстан от 6 декабря 2016 года № 384//Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан/ [Электронный ресурс]. – <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1600000384>.

2 Конвенция о ликвидации всех форм дискриминации в отношении женщин от 18 декабря 1979г. [Текст]: Сборник Министерства иностранных дел СССР, «СССР и международное сотрудничество в области прав человека». – М., 1989. – с. 365.

3 Совершенствование механизма регулирования труда женщин во вредных условиях труда в Республике Казахстан: отчет об аналитических исследованиях (заключит.): / РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК»: рук. Бисакаев С.; исполн.: Джумагулова Н. Г. и др. – Астана, 2017. – 144 с.

4 **Миронова, А. В.** Международно-правовое регулирование труда женщин: диссертация ... кандидата юридических наук : 12.00.10 / Миронова Анна Валерьевна; [Место защиты: Рос. ун-т дружбы народов]. – М., 2008. – 220 с.

5 **Мезенцева, Е.** Трудовые права в современном российском контексте (гендерный аспект). В Права женщин в России: исследование реальной практики их соблюдения и массового сознания. Т. 1. М. : МФФ, 1998, с. 167–216. – с. 173.

6 **Кайтмазова, А. В.** Правовое регулирование труда лиц, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, и проблемы его совершенствования : диссертация ... кандидата юридических наук : 12.00.05 / Кайтмазова Алина Владимировна; [Место защиты: Моск. гос. юрид. акад.]. – М., 2008. – 198 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

С. Ф. Бисақаев¹, Н. Г. Джумагулова², М. Қ. Меденова³

Қауіпсіз еңбек жағдайларын жасау – әйелдердің еңбек құқықтарын жүзеге асырудың кілті

^{1,2,3}Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты РМҚК, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы. Материал 16.02.18 баспаға түсті.

S. G. Bisakaev¹, N. G. Jumagulova², M. K. Medenova³

Creating a safe work environment is the key to the realization of the rights of women to work

^{1,2,3}Republican Scientific Research Institute on Labor Security of the Ministry of Labor and Social Protection of Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan. Material received on 16.02.18.

Осы мақалада Қазақстан Республикасы стратегиялық міндеттерімен гендерлік саясатты іске асыруға бағытталған талдамалық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Әйелдерді тізімдер мен тізбелерді қолдану арқылы экономиканың түрлі салаларында жұмыспен қамту мен жұмысқа орналасуындағы шектеулерге құқықтық және әкімшілік кедергілерді талдау нәтижелері айтылады.

Қазақстан ратификациялаған ХЕҰ конвенцияларының және 2030 жылға дейінгі отбасылық және гендерлік саясат тұжырымдамасының негізгі ережелерін барынша қол жеткізуге бағытталған шаралар кешенін ұсынды, ерлер мен әйелдердің арасындағы еңбекақының төмендеуін төмендетуде, оның себептерінің бірі белгілі бір мамандықтар мен жұмыс түрлерінде әйелдерді жұмысқа орналастыру бойынша белгіленген шектеулер болып табылады

Авторлар ерлер мен әйелдерге еңбекақы төлеудегі айырмашылықты азайту бойынша, оның негізгі себептерінің бірі белгілі бір мамандықтар мен жұмыс түрлерінде әйелдерді жұмысқа орналастыру заңнамалық бекітілген шектеулері болып табылатын, Қазақстанда ратификациялаған ХЕҰ Конвенциялары ережелерінің

негізгі бағыттарына барынша қол жеткізуге бағытталған іс-шаралар кешені ұсынылды.

Ұсынылған шараларды жүзеге асырудан күтілетін нәтиже қауіпсіздік техникасы мен еңбекті қорғауға тізімге негізделген тәсілінен қошуді жеделдетуге көмектеседі, бұл қазіргі жағдайда басымдық болып табылады.

This article presents the results of analytical studies aimed at the implementation of the strategic objectives of the gender policy of the Republic of Kazakhstan.

The results of the analysis of legal and administrative barriers to women's employment and restrictions related to women's employment in various sectors of the economy, through the use of lists.

The authors propose a set of measures aimed at maximizing the main provisions of ILO Conventions ratified by Kazakhstan and the Concept of family and gender policy until 2030, in terms of reducing the wage gap between men and women, one of the reasons for which is the legislative restrictions on women's employment in certain professions and types of work.

The expected result of the implementation of the recommended measures will help to accelerate the transition from the payroll approach in matters of safety and health, which is a priority in modern conditions.

SRSTI 44.31.31

A. A. Genbach¹, D. Yu. Bondartsev²

¹doctor of technical sciences, professor, Department of «Thermal power plants», Almaty University of Power Engineering and Telecommunications (AUPET), Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

²graduate student, doctoral PhD, Department of «Thermal power plants», Almaty University of Power Engineering and Telecommunications (AUPET), lead engineer, Production Planning and Control Department, JSC «Trest Sredazenergomontazh», Almaty, 050004, Republic of Kazakhstan
e-mail: ²d.bondartsev@saem.kz

STUDY HEAT TRANSFER CRISIS IN THE CAPILLARY-POROUS COOLING SYSTEM OF ELEMENTS OF HEAT AND POWER INSTALLATIONS

Ultimate thermal flows in metallic and poorly heat-conducting porous structures based on granite coatings which operate when gravitational and capillary forces act jointly are studied. The mathematical model is based on the thermoelastic problem. The mechanism of destruction based on the heat transfer analogy of poorly heat-conducting coatings of small porosity and a metal substrate is described. The revealed values of thermal flow and thermal stresses allow to expand the crisis phenomena in the porous cooling system and provide an optimal selection of porous coatings of small porosity and thermal conductivity.

Keywords: heat-transfer crisis; capillary-porous system; thermal power plants.

INTRODUCTION

Equipment and technological processes in the energy sector should be introduced from the ecological and economic positions primarily. The proposed development of capillary-porous systems will facilitate the implementation of processes, significantly improving and preserving the natural environment.

Capillary-porous systems allow to achieve the conservation of fuel, raw materials, air, water, heat; to increase the cooling reliability and equipment fire and explosion safety; to promote high-efficiency destruction of rocks, concretes and metals; to reduce low-temperature corrosion of surfaces; to reduce the biosphere pollution with toxic gases and dust; to accelerate the process of solution of food program problems; and to obtain great economic and social effects in the field of ecology and labor protection.

The main advantages of capillary-porous systems include high intensity, high heat transport ability, reliability, compactness, simplicity in manufacture and operation. These systems improve operational and technological performance and have low capital and operating costs.

MAIN PART

Experimental units allowing to investigate the following integral characteristics of heat transfer have been developed: ultimate thermal flows (q), up to critical ones; liquid (ml) and vapor (mv) flow rates; distribution of the temperature field along the height and the length of the heat exchange surface.

Studies are carried out in a capillary-porous cooling system which can operate on the principle of a closed evaporative-condensation design, or to be open. Various heat exchange conditions are studied, including: method of the coolant supply; the extent of tightness of the capillary-porous structure; ability to feed up the microarterial structure along the height of the heat exchange surface; orientation of the surface relative to gravitational forces; geometry: flat, tubular and curved cooling surfaces; influence of pressure up to manifestations of crisis with wall burning.

To study the mechanism of heat transfer, holography methods and the generalization of similar and analogous phenomena are used [1, 2]. The heat exchange is controlled using the elliptical systems, by the combined action of capillary and mass forces [3, 4].

The study of heat transfer is of a practical nature. It is intended for the creation of various thermal power plants: steam attemperators of steam boilers, porous coatings of poorly heat-conducting material, seals in steam turbines and a number of other power plants [2, 3].

Figure 1 shows a cross section of a flat experimental unit with a perforated pressure plate 3, tubular arteries 4 and a capillary-porous structure 2.

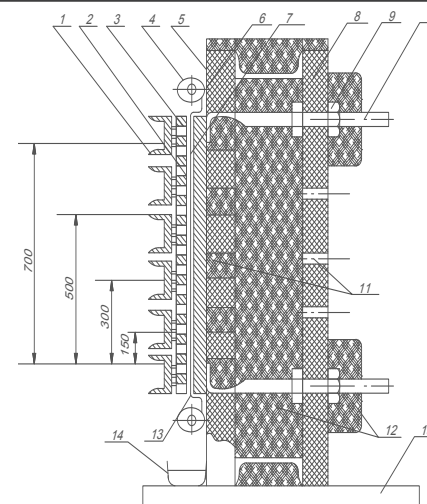


Figure 1 – Cross section of a flat experimental unit:
 1 – pressing bar, 2 – capillary-porous structure, 3 – perforated pressure plate, 4 – tubular artery, 5 – asbestos cement plate, 6 – heater, 7 – insulation, 8 – plate, 9 – clamping nut, 10 – electrode, 11 – windows, 12 – heat insulation, 13 – coolable wall, 14 – collector, 15 – stand

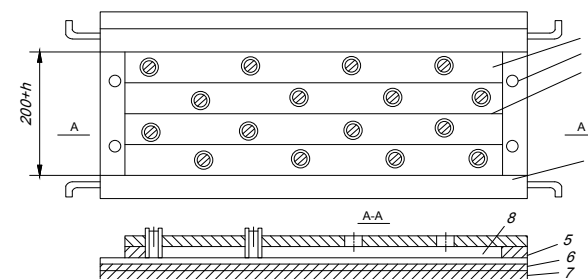


Figure 2 – Pressure scheme for the capillary-porous structure:
 1 – plates, 2 – pressure screws, 3 – steam slots, 4 – fluid supply, 5 – pressure perforated plate, 6 – capillary-porous structure, 7 – heated wall, 8 – microartery

The maximum possible error:
 A) $\pm 0,6\%$, when measuring current; $\pm 1\%$, when voltage is dropped; power is $\pm 1,6\%$,
 B) $\pm 3\%$, when determining the liquid flow rate, using a rate-of-flow meter.

The imbalance of the current-supplied heat and the heat led to circulation and excess water, taking into account heat losses through the insulation, did not exceed ± 12 %, and ± 11 % through circulating water. The discrepancy between the material balance between the flow rate of the cooling liquid and drainage and condensate flow is no more than ± 10%.

The measurement procedure and the processing of experimental data were published in [2, 4].

To study the boiling crisis, we also assembled the units made in the form of a rocket-type flame-jet burner. The scheme of the experimental unit and the experimental conditions are presented in [3]. Ignition chambers and supersonic nozzles were cooled using a capillary-porous and water system. The thermo reactive burner was also used to study the critical state of capillary-porous coatings made of natural mineral media (granite, quartz and teschenite coatings). The thermal effect was realized by a supersonic (up to 2000 m/s) high-temperature (up to 2500 °C) pulsating torch.

MODEL OF A CAPILLARY-POROUS

To determine the critical thermal flows and stresses, the thermoelasticity problem [5] is solved under the secondary limiting conditions for the one-dimensional equation of nonstationary heat conductivity.

Let's consider a plate with the thickness of 2h. The constant ultimate thermal flow q is supplied to the surface z = +h, starting from the timepoint t = 0. The bottom surface z = -h and the plate side edges are thermally insulated.

Thermal conductivity equation with limiting and initial conditions can be written in the form:

$$\begin{aligned} \alpha_w \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} &= \frac{\partial T}{\partial t}, \quad T = 0, \quad t < 0; \\ \lambda_w \frac{\partial T}{\partial z} &= q, \quad z = +h; \\ \lambda_w \frac{\partial T}{\partial z} &= 0, \quad z = -h. \end{aligned} \quad (1)$$

The temperature distribution along the thickness depends on the thermophysical properties of the material, the thermal flow value and the feeding time:

$$T\left(\frac{z}{h}; \phi\right) = q \left\{ \frac{M}{2(c\lambda g)_w} \phi + \frac{3z^2 + 6z}{12M} - \frac{4}{p^2 M} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp\left[-n^2 \frac{p^2 M^2}{4(c\lambda g)_w} \phi\right] \cos \frac{n\pi}{2} \left(\frac{z}{h} + 1\right) \right\}, \quad (2)$$

where $M = \frac{\lambda_w c t}{h}$; n – positive numbers.

Using the known temperature distribution in the plate, we can find the thermal tension and compression stresses arising at a certain time t at various depths from the surface $\delta_i = (h = z_i)$ for a given value of the thermal flow q, since the plate with a variable temperature is in the plain stress condition.

$$y_{xx} = y_{yy} = - \frac{6E}{(1-\mu)} T\left(\frac{z}{h}; \phi\right) + \frac{1}{(1-\mu)2h} \int_{-h}^{+h} 2'ET\left(\frac{z}{h}; \phi\right) dz, \quad (3)$$

where the first term is the component of the compression stress, and the second term is the tension stress.

Solution to the equation (1).

If we are given the limiting values of tension and compression stresses for the rock (porous coatings from the natural mineral medium) and the metal, we obtain the dependence of the thermal flow required for destruction on the time of delivery and the depth of penetration. In addition, equating the temperatures on the plate surface to the rock and metal melting temperature, we find the values of the ultimate thermal flows necessary for melting the surface layer for a different period of their action:

surface melting:

$$q_1 = \frac{T_m}{\left\{ \frac{M}{2(c\lambda g)_w} \phi + \frac{2}{3M} - \frac{4}{p^2 M} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp\left[-n^2 \frac{p^2 M^2}{4(c\lambda g)_w} \phi\right] \cos n\pi \right\}}; \quad (4)$$

development of limiting compression stresses:

$$q_2 = \frac{\frac{(1-\mu)y_{Lz}}{6E}}{\frac{M}{2c\lambda g_w} \phi + \frac{3z^2 + 6z}{12M} - \frac{4}{p^2 M} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp\left[-n^2 \frac{p^2 M^2}{4c\lambda g_w} \phi\right] \cos \frac{n\pi}{2} \left(\frac{z}{h} + 1\right)} \quad (5)$$

creating ultimate tension stresses:

$$q_3 = \frac{\frac{(1-\mu)y_{Lz}}{6E}}{\frac{M}{2(c\lambda g)_w} \phi} \quad (6)$$

where $M = \lambda_s/h$ – a parameter, n – positive numbers.

The dependences of q_1, q_2, q_3 on time δ for fixed particle size δ values for the coating, or the penetration depth of temperature perturbations for the metal, were calculated on a PC with respect to a plate made of quartz, granite and metal (copper and stainless steel).

CONCLUSION

Based on the conducted studies in case of exposure with a torch of a kerosene-oxygen burner of porous coating within working area, we have up to 4×10^7 W/m²

corresponded to q of coatings of $0,4 \times 10^7 \text{ W/m}^2$. The metals destruction mechanism is fundamentally different from the rocks coatings destruction mechanism. Despite this, thermal flow dependences on time of their action and depth of penetration of temperature perturbations were identified on the basis of analogy, which help to avoid the boiling crisis in the cooling system and ensure an optimal selection of porous coatings of low porosity and thermal conductivity. In the future, the studies of other porous natural materials are required.

A scientific method for studying and creating of capillary-porous cooling systems and coatings for various heat and mass transfer conditions in power equipment elements has been developed.

REFERENCES

1 **Genbach, A. A., Bondartsev, D. Iu., Iliev, I. K.** Equipment for study of various heat exchange conditions in capillary-porous structures of power equipment // 6-th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development TE-RE-RD 2017, 8–10 June 2017. – P. 37–42

2 **Genbach, A. A., Bondartsev, D. Yu.** Development of power plants turbine equipment and the scientific methodology for its design // Bulletin of the National RK Engineering Academy. – № 5. – 2017. – P. 45–54.

3 **Polyaev, V. M. et al.,** Methods of Monitoring Energy Processes, Experimental Thermal and Fluid Science, International of Thermodynamics. Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics // Avenue of the Americas. – New York, USA, 1995. – Vol. 10. – P. 273–286

4 **Polyaev, V. M., Genbach, A. A.** Heat Transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces // Thermal Engineering. – 40 (1993). – 7. – P. 551–554.

5 **Genbach, A. A., Jamankylova, N. O., Bakic Vukman V.** The processes of Vaporization in the Porous Structures Working With The Excess of Liquid // Thermal Science. – 2017. – Vol. 21. – № 1A, – P. 363–373.

Material received on 16.02.18.

A. A. Genbach¹, D. Yu. Bondartsev²

Жылу электр станцияларының элементтерінің капиллярлы-кеуекті салқындату жүйесіндегі жылу тасымалдау дағдарысын зерттеу

^{1,2}Алматы энергетика және байланыс университеті,

Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

A. A. Genbach¹, D. Yu. Bondartsev²

Исследование кризиса теплообмена в капиллярно-пористой системе охлаждения элементов теплоэнергоустановок

^{1,2}Алматинский университет энергетики и связи,

г. Алматы, 050013, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Гравитациялық және капиллярлық күштердің бірлескен әрекетінде жұмыс істейтін гранит жабындарының негізіндегі металл және нашар жылу өткізетін кеуекті құрылымдардағы жылу ағындарын шектеу қарастырылған. Математикалық модель термостикаға байланысты. Кішкене кеуектілігі және металл субстратымен нашар жылу өткізетін жабындармен жылу берудің ұқсастығына негізделген ақаулар механизмі сипатталған. Жылу ағынының және жылу кернеулерінің анықталған мәндері кеуекті салқындату жүйесіндегі дағдарыстық құбылыстарды кеңейтуге мүмкіндік береді және төмен кеуектілігі мен жылу өткізгіштігінің кеуекті жабындарын оңтайлы таңдауды қамтамасыз етеді.

Изучаются предельные тепловые потоки в металлических и плохо теплопроводящих пористых структурах на основе гранитных покрытий, которые действуют при совместном действии гравитационных и капиллярных сил. Математическая модель основана на термоупругостной проблеме. Описан механизм разрушения, основанный на аналогии теплопередачи с плохо теплопроводящими покрытиями с небольшой пористостью и металлической подложкой. Выявленные значения теплового потока и термических напряжений позволяют расширить кризисные явления в пористой системе охлаждения и обеспечить оптимальный выбор пористых покрытий малой пористости и теплопроводности.

А. В. Гурушкин¹, Г. А. Сивякова²

¹к.т.н., доцент, Факультет энергетики, транспорта и систем управления, Карагандинский государственный индустриальный университет,

г. Темиртау, 101400, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Факультет энергетики, транспорта и систем управления, Карагандинский государственный индустриальный университет,

г. Темиртау, 101400, Республика Казахстан

e-mail: ¹kgiu_energysave@mail.ru; ²galina-siv@mail.ru

**АНАЛИЗ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

В статье рассмотрены различные виды накопителей энергии для ветроэлектростанций: гравитационный, жидкостный, газовый, химический аккумулятор, конденсатор, суперконденсатор, инерционный (маховичный). Показан принцип работы, особенности, достоинства и недостатки накопителей, основные технические характеристики. На основе описанных данных проведен сравнительный анализ характеристик рассмотренных накопителей энергии. Одним из главных параметров сравнения является удельная плотность запасенной энергии, как следствие, этот же параметр показывает экономическую применимость рассмотренных устройств. Оптимальным устройством накопления и хранения энергии для ветровых электростанций, а также интеграции нестабильных генерирующих источников в существующие энергетические системы, является инерционный накопитель энергии на основе современных синтетических волокон и углепластиков. Данное устройство способно принять и отдать энергию практически мгновенно. Другим важным фактором является длительный срок службы без деградации свойств накопления энергии.

Ключевые слова: накопители энергии, ветроэнергетика, нестабильные источники энергии, электроэнергетические системы, баланс активной мощности, удельная плотность запасенной энергии, супермаховик.

ВВЕДЕНИЕ

Основной принцип использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) заключается в извлечении энергии из постоянно происходящих

в окружающей среде природных процессов (солнечный свет, водные потоки, ветер, приливы и геотермальная теплота и т.д.) с последующим ее использованием в промышленном и народном хозяйстве. Характерной особенностью большинства ВИЭ является их зависимость от непостоянства и нестабильности происходящих природных явлений, что в свою очередь затрудняет не только процесс извлечения энергии, но и дальнейшее ее распределение и использование. Характерным примером такой зависимости и сложностей, связанных с освоением вырабатываемых энергетических ресурсов, является ветроэнергетика (ВЭ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Широкому развитию ВЭ в настоящее время способствуют такие факторы, как:

- неисчерпаемость и доступность получаемой энергии;
- отсутствие парниковых и вредных выбросов в атмосферу;
- риски энергетической безопасности для стран, не имеющих собственных запасов углеводородов;
- планомерный рост конкурентоспособности ВЭ и снижение издержек по выработке электроэнергии и производству генерирующих установок.

С другой стороны, «минусами», сдерживающими широкое внедрение данного способа генерации являются:

- все еще высокие капитальные затраты на единицу мощности по сравнению с традиционными тепловыми электростанциями;
- непостоянство генерирования энергии, и, как следствие, сложность интеграции данного источника в существующие электроэнергетические системы (ЭЭС).

Если первый пункт планомерно и успешно решается благодаря внедрению новых технологий, то устранить непредсказуемость режимов работы ветроэлектростанций (ВЭУ) невозможно, т.к. это напрямую связано с непостоянством движения атмосферных воздушных потоков. Поэтому, в случае значительных генерируемых мощностей, использование ВЭУ как элемента общей ЭЭС является сомнительным решением, т.к. баланс между вырабатываемой и потребляемой активной мощностью в ЭЭС будет однозначно нарушаться. Выход – запастись избыток получаемой энергии с целью демпфирования колебаний генерируемой мощности [1].

Для решения данной задачи проведем анализ существующих технологий, способов и методов накопления энергии.

Наиболее известным и применяемым с древних времен аккумулятором энергии является гравитационный накопитель. Принцип его работы заключается в накоплении потенциальной энергии, полученной с помощью

перемещения груза (жидкого, твердого или сыпучего) на определенную высоту, с последующим ее высвобождением за счет спуска в исходную точку (например, копровые механизмы, гидроаккумулирующие бассейны на гидростанциях (ГАЭС) и т.д.).

Данные конструкции имеют высокую надежность и длительный срок службы. Срок хранения запасенной энергии зависит от долговечности используемых материалов и может достигать нескольких веков. Энергия данного типа накопителей может высвободиться практически мгновенно, а мощность ограничивается только габаритами и величиной ускорения свободного падения. В случае использования больших рабочих объемов (масс), как на ГАЭС, возможно получить гигаватты мощности накопленной энергии.

В качестве примера успешного использования данного способа аккумулирования энергии в наши дни, можно привести США и Китай. На сегодняшний день в США имеются мощности для хранения 24,6 ГВт электроэнергии (по данным отчета Минэнерго США Grid Energy Storage за 2013 год), что составляет примерно 2,3 % от общей энергогенерирующей мощности этого государства. При этом 95 % от этой цифры приходится на традиционные гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС). Кстати, именно в США расположена самая большая в мире ГАЭС мощностью более 3 ГВт, а второе и третье место в этом рейтинге принадлежат Китаю [2].

Но, данный тип накопителя имеет существенные недостатки – низкая плотность запасаемой энергии – 0,1кДж/кг, огромные массогабаритные размеры конструкции (бассейны, шахты или помещения для движения рабочего тела).

Высоким значением удельной накопленной энергии обладает газовый (пневматический накопитель) – 80 кДж/кг. Достоинствами данного устройства являются - практически неограниченное время хранения энергии (месяцы, годы, а при высоком качестве ресивера и запорной арматуры – десятки лет), возможность непосредственно приводить в действие насос компрессора, т.к. имеется достаточно большое количество устройств, напрямую использующих энергию сжатого воздуха.

В качестве недостатков можно назвать значительную массу устройства и невысокий КПД в целом, опасное высокое давление (в десятки и сотни атмосфер), проблема быстрого высвобождения энергии (расширение охлажденного газа вплоть до перехода в стадию «сухого льда», минуя жидкую фазу). Входящие в состав установки компрессор с турбиной или поршневой двигатель устройства достаточно сложные, капризные и имеют весьма ограниченный ресурс.

В настоящее время также в качестве накопителей энергии для ЭЭС широко используются аккумуляторные батареи, как правило, в большинстве

случаев – кислотно-свинцовые. Удельная плотность энергии данного типа аккумуляторов при средней массе в 70 кг составляет 56 кДж/кг. Перспективные образцы литиевых накопителей способны обеспечить удельную плотность энергии 320–490 кДж/кг.

В качестве примера эксплуатации химических накопителей можно назвать крупнейшую в Европе установку энергокомпании BEWAG, использовавшуюся с 1987 по 1992 год в Западном Берлине, мощностью 17 МВт с запасаемой энергией 14,4 МВт·ч. Другая аккумуляторная установка, компании California Edison Co (США), работающая с 1986 г., имеет мощность 10 МВт в сети 220 кВ, запас накопленной энергии составляет 40 МВт·ч. Она используется для выравнивания графика нагрузки и регулирования частоты в системе [3].

Несмотря на такие достоинства, как отдача энергии без дополнительных преобразований, с величинами тока порядка тысячи ампер или возможности получения переменного тока необходимого значения с помощью преобразователей с большим КПД, имеются серьезные недостатки, ограничивающие его преимущество над другими накопителями. Это малое число циклов заряда-разряда (от 250 до 2000 циклов), температурная чувствительность (в случае нарушения условий эксплуатации ощутимое снижение данного ресурса), длительное время заряда, иногда в десятки раз превышающее время разряда, недопущение глубокого разряда для свинцовых аккумуляторов и, наоборот, соблюдение полного цикла заряда-разряда для металлгидридных и многих других типов аккумуляторов. Время хранения заряда ограничено. Деградация в течение нескольких лет и утрата рабочих свойств при отсутствии активной эксплуатации. Срок службы составляет в среднем 3–5 лет.

Другое аккумулирующее устройство, которое можно отнести к рассмотренному выше типу накопителей – конденсатор. Плотность энергии электролитического конденсатора зависит от конструктивного исполнения. Максимальная плотность достигается у больших конденсаторов, где масса корпуса невелика по сравнению с массой обкладок и электролита. Например, у конденсатора EPCOS B4345 с емкостью 12000 мкФ, максимально допустимым напряжением 450 В и массой 1,9 кг плотность энергии составляет 639 Дж/кг [4].

Дальнейшим развитием данной технологии стали – ионисторы или «суперконденсаторы». Плотность энергии ионисторов пока ещё в несколько раз меньше возможностей аккумуляторов. Например, плотность энергии ионистора BCAP3000 3000 Ф x 2,7 В и массой 0,51 кг составляет 21,4 кДж/кг, что почти в 8 раз меньше плотности энергии свинцовых электролитических аккумуляторов и в 25 раз меньше литий-полимерных аккумуляторов, но в десятки раз больше плотности энергии электролитического конденсатора [5].

Достоинствами рассмотренных накопителей можно назвать быстрое накопление и отдача энергии потребителю, длительная работа в широком диапазоне температур, значительный срок службы (для электролитических конденсаторов может достигать 20 лет), малый вес и большие токи разряда – заряда у ионисторов.

Недостатки – небольшая относительно других видов накопителей емкость. Малое время хранения (от долей секунды до нескольких часов в экспериментальных образцах) и высокая стоимость.

Часто в качестве «буферного» накопителя для ВЭУ предлагаются термодинамические схемы, принцип действия которых заключается в нагреве жидкого или твердого рабочего тела, заключенного в емкость – «термос». Рассмотрим применимость такого варианта.

Аккумулирующая способность воды, как наиболее дешевого и доступного теплоносителя для данного устройства, составляет 4,187 кДж кг/°С. При использовании в качестве «горячего» теплоносителя смеси 60 % NaNO_3 и 40 % KNO_3 , а в качестве холодного – водно-спиртовой смеси удельная энергоемкость системы (массовая) будет примерно равна 37 Вт·ч/кг, а КПД аккумуляции 62–66 %. Например, при реализации по «экстремальному варианту» в качестве «горячего» теплоносителя можно применить металлический натрий, или калий, или их сплав, а в качестве «холодного» – пропан, бутан или пентан. Таким образом, можно довести разницу температур до 850 °С, удельную энергоемкость – до 100 Вт·ч/кг, а КПД аккумуляции – до 70 %.

Главными недостатками данного решения являются - большие габариты и низкая плотность запасаемой энергии (для воды), «экстремальный вариант» будет чрезмерно дорог и опасен [6].

Еще один вариант «перспективного» накопления энергии - технология power-to-gas (P2G). Идея, заложенная в технологию P2G, заключается в преобразовании избыточной энергии в водород с помощью установок электролиза. Таким образом, рабочим телом для аккумуляирования энергии становится газ – водород.

Анализ возможностей данной технологии выявляют очевидные издержки, а именно: ВЭУ при всех их недостатках имеют один большой «плюс» – «чистое электричество» на выходе. В случае его преобразования в водород, нужно учитывать, что КПД реакции электролиза на промышленных электролизерах будет составлять ~50 %. Дальнейшие преобразование/сжигание полученного водорода будет также иметь КПД ~50–60 %. Итого КПД всей цепочки –30 %.

Таким образом, энергорентабельность ветряков (energy return on investment – соотношение полученной энергии к затраченной)

$\text{EROEI}=20$ нужно умножить на 0,3. Получим $\text{EROEI}=6$, что показывает на неэффективность данного метода накопления энергии и это без учёта всех сопутствующих капитальных расходов [7].

Другим аккумулирующим устройством, пришедшим к нам из древности, является маховик. Маховичные, или инерционные накопители, аккумулируют кинетическую энергию быстро вращающегося тела, при этом запасаемая удельная энергия значительно превышает энергию, запасаемую гравитационным накопителем, даже если поднять рабочий вес (равный весу маховика) на значительную высоту. Для стального цилиндрического маховика максимальная удельная энергия составляет приблизительно 10 кДж/кг. Для маховика массой 100 кг ($R = 0,2$ м; $h = 0,1$ м; $\rho = 8000$ кг/м³) и предельной линейной скорости $V=200$ м/с, максимальная накопленная энергия будет составлять 1 МДж.

Достоинства данного типа: длительный срок службы ~20 лет, компактность по сравнению с большинством перечисленных аккумуляторов, быстрая отдача и приём больших мощностей, ограничиваемых только пределом прочности материалов [8].

Недостатки – инерционные накопители чувствительны к ударным и вибрационным нагрузкам, а также к поворотам в плоскостях, отличных от плоскости вращения, т.к. при этом возникают огромные гироскопические нагрузки, стремящиеся погнуть ось. В традиционных конструкциях время хранения накопленной маховиком энергии невелико и составляет от нескольких секунд до нескольких часов.

Значительно улучшить характеристики данного накопителя можно за счет применения в конструкции современных вакуумных камер вращения и магнитных подвесов, а также материалов из кевларового или карбонового волокна, что дает возможность достичь плотности запасаемой энергии от 5 МДж/кг до 3 ГДж/кг, причём срок хранения кинетической энергии будет исчисляться месяцами и даже годами.

В таблице 1 приведены сравнительные параметры рассмотренных накопителей энергии. Одним из главных параметров сравнения является удельная плотность запасенной энергии, как следствие, этот же параметр показывает экономическую применимость рассмотренных устройств.

Таблица 1 – Сравнительная таблица различных типов накопителей энергии

Накопитель	Характеристики	Накапливаемая энергия, кДж	Удельная плотность запасенной энергии, кДж/кг	Срок службы, лет
Гравитационный жидкостный	Масса воды 10 т, высота перекачки 10 м	1000	0,1	20 и выше
Газовый	Стальной резервуар объем 1 м ³ , масса 250 кг. Сжатый воздух 50 атм.	20000	80	20 и выше
Химический аккумулятор	Емкость 190 А·час, U _{вых} = 12 В, масса аккумулятора 100 кг	5600	56	3-5
Конденсатор	Батарея емкостью 12000 мкФ, напряжение 450 В, масса 100 кг	64	0,64	до 20
Суперконденсатор	В С А Р 3 0 0 0 3 0 0 0 Ф напряжение 2,7 В масса 100 кг	2140	21,4	при 0,6 Уном. около 40000 ч
Инерционный (маховичный)	Стальной маховик масса 100 кг, диаметр 0,4 м, толщина 0,1 м	1000	10	20 и выше
Супермаховик	Стекловолокно 100 кг	25000	250	20 и выше

ВЫВОДЫ

Исходя из результатов анализа таблицы 1, наибольшую плотность удельной энергии имеет инерционный (маховичный) накопитель из стекловолокна, при этом применение более дорогих материалов (кевлара, карбона, хрусталя и т.д.) позволяет поднять плотность запасенной энергии до недостижимой для других накопителей величин при меньших массогабаритных размерах и минимальных утечках накопленной энергии. Как отмечалось выше, данное устройство способно принять и отдать энергию практически мгновенно (данный параметр сдерживает только прочностные характеристики материалов конструкции накопителя). Другим важным фактором является длительный срок службы без деградации свойств накопления энергии. Безопасность хранения накопленной энергии (ее аварийное высвобождение) гарантирует витая конструкция современных супермаховиков [8].

Таким образом, оптимальным устройством накопления и хранения энергии для ВЭУ, а также интеграции нестабильных генерирующих

источников в существующие энергетические системы является инерционный накопитель энергии на основе современных синтетических волокон и углепластиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- <http://ac.gov.ru/files/publication/a/897.pdf>
- <https://www.hse.ru/mirror/pubs/lib/data/access/ram/ticket/38/15153408462877467a84b2eb35ba0f9c55b2197739/REENCON-XXI%20Moscow%202016%20.pdf>
- Алексеев, Б.** Применение накопителей энергии в электроэнергетике [Текст] / Б. Алексеев // Электро. – 2005. – № 1. – С. 42–46.
- <https://en.tdk.eu/>
- <http://ru.mouser.com/ProductDetail/Maxwell-Technologies/BCAP3000P270K05/?qs=TVYXSR6pz%2f1WUj0IwfQPeA==>
- <http://www.popmech.ru/technologies/13816-nelishnyaya-energiya/>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/EROEI>
- Гулия, Н.** Инерция [Текст]: научное издание / Н. В. Гулия. // Серия «Наука и технический прогресс». – М. : Наука, 1982. – 152 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. В. Гурушкин¹, Г. А. Сивякова²

Желді энергетикалық қондырғыларға арналған энергия жинақтағыш талдауы

^{1,2}Энергетика, көлік және басқару жүйелері факультеті, Қарағанды мемлекеттік индустриялық университеті, Теміртау қ, 101400, Қазақстан Республикасы. Материал 16.02.18 баспаға түсті.

A. V. Gurushkin¹, G. A. Sivyakova²

Analysis of energy drivers for wind-electrical installations

^{1,2}Faculty of Energy, Transport and Management Systems, Karaganda State Industrial University, Temirtau, 101400, Republic of Kazakhstan. Material received on 16.02.18.

Мақалада желді энергетикалық қондырғыларына арналған энергия жинақтағыш құрылғыларының әртүрлі түрлері қарастырылған: гравитациялық, сұйық, газ, химиялық аккумулятор,

конденсатор, суперконденсатор, инерциальлық (маховикті). Жұмыс қағидасы, жинақтағыштың артықшылықтары мен кемшіліктері, негізгі техникалық сипаттамалары көрсетілген. Сипатталған деректер негізінде, энергия жинақтағыш құрылғыларының сипаттамаларына салыстырмалы талдау жүргізілді. Салыстырудың негізгі параметрлерінің бірі сақталатын энергияның нақты тығыздығы болып табылады, соның салдарынан, параметр қаралған құрылғылардың экономикалық қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Желді қондырғыларына арналған энергияны сақтау және жинақтау үшін оңтайлы құрал, сондай-ақ тұрақсыз генераторларды қолданыстағы энергия жүйелеріне біріктіру қазіргі синтетикалық талшықтар мен көміртекті пластиктерге негізделген инерциальлық энергия жинақтауыш болып табылады. Бұл құрылғы дереу энергияны алып, дереу бере алады. Тағы бір маңызды фактор – энергияны жинақтау қасиеттерін төмендетпестен ұзақ қызмет ету.

Different types of energy storage devices for wind power plants are considered in the article: gravitational, liquid, gas, chemical accumulator, condenser, supercapacitor, inertial (flywheel). The principle of operation, features, advantages and disadvantages of drives, basic technical characteristics are shown. Based on the described data, a comparative analysis of the characteristics of the energy storage devices was carried out. One of the main parameters of the comparison is the specific density of the stored energy, as a consequence, the same parameter shows the economic applicability of the devices considered. An optimal energy storage and storage device for wind power installations, as well as the integration of unstable generating sources into existing energy systems, is an inertial energy store based on modern synthetic fibers and carbon plastics. This device is able to take and give energy almost instantly. Another important factor is a long service life without degrading the properties of energy storage.

ГРНТИ 44.09.03

А. В. Гурушкин¹, Г. А. Сивякова²

¹к.т.н., доцент, Факультет энергетики, транспорта и систем управления, Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау, 101400, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Факультет энергетики, транспорта и систем управления, Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау, 101400, Республика Казахстан

e-mail: ¹kgiu_energysave@mail.ru; ²galina-siv@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРЦИОННЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ В ВЕТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В статье рассмотрены вопросы применения инерционных накопителей в ветрогенерирующих системах малой мощности. Показано решение задачи по выбору накопителя для установки ветроэлектрогенератора в частном доме в Карагандинской области. В соответствии с представленной в статье методикой были проведены расчеты для инерционных накопителей на основе различных материалов с учетом эталонной емкости накопителя. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что наиболее перспективным инерционным накопителем является супермаховик на основе стекловолокна. Данный материал является широкодоступным, а весовые, габаритные и энергетические характеристики являются оптимальными. Инерционный накопитель при равных значениях накопленной энергии имеет преимущество, как по массогабаритным показателям, так и по срокам хранения энергии и эксплуатации самого устройства.

Ключевые слова: ветроэнергетика, ветровая нагрузка, инерционные накопители энергии, удельная плотность запасенной энергии, супермаховик, борное волокно, карбон.

ВВЕДЕНИЕ

Энергия ветра, не смотря на привлекательность этого вида энергии, также имеет и серьезный недостаток, во многом нивелирующий его главное достоинство – неиссякаемость. Это нестабильность генерируемых мощностей из-за непредсказуемости формирования атмосферных воздушных потоков,

что в свою очередь затрудняет не только процесс извлечения энергии, но и дальнейшее ее использование.

Таким образом, непостоянство ветрового потока имеет следствием необходимость запасать избыток получаемой энергии с целью демпфирования колебаний генерируемой мощности, когда ветроэлектростанция (ВЭУ) не работает по причине отсутствия ветра.

Для накопления и сохранения энергии в настоящее время, как правило, используют классические типы химических аккумуляторных устройств на основе технологий Absorbent Glass Mat и Gel [1]. Но, как и все химические накопители, данные устройства имеют ряд серьезных недостатков, влияющих на широкое внедрение ВЭУ, например, ограниченное количество циклов заряда – разряда, чувствительность к температуре, значительный вес, габариты, особые условия хранения, вредность компонентов для человека и т.д.

Анализ перспективных способов хранения энергии, показал, что технология инерционного накопления энергии на основе супермаховичных аккумуляторов лишена недостатков химических аналогов и является оптимальной для использования в системах ветроэнергетики (ВЭ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим технические возможности классического и перспективного типа накопительных устройств. Для этого возьмем пример технического задания (ТЗ) на установку ветроэлектростанции (ВЭГ) для частного дома в Карагандинской области [2].

Дом находится на возвышенности, и есть открытое пространство вокруг будущего места установки ветрогенератора. Ветрогенератор необходим для полного обеспечения бытовых приборов электроэнергией, для отопления и нагрева воды предусмотрен автономный твердотопливный котел. Схема подключения ВЭГ с блоком аккумуляторов и коммутацией с сетью представлены на рисунке 1.

По условию ТЗ жильцы дома будут потреблять не более 400 кВт электроэнергии ежемесячно. Пик потребления электроэнергии попадает на утренние и вечерние часы суммарной мощностью до 4 кВт, между этими основными пиками существует интервал в 8–9 часов, в будние дни и ночью энергопотребление дома сведено к минимуму.

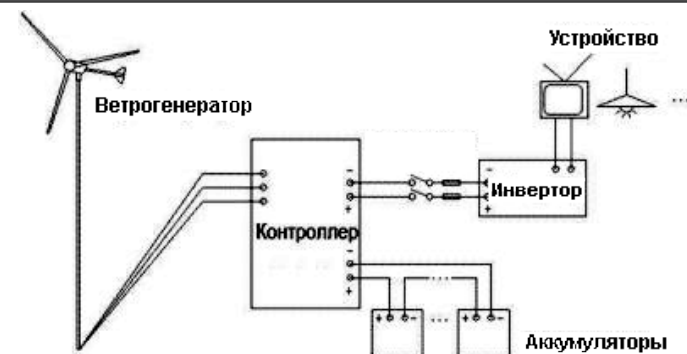


Рисунок 1 – Автономная схема подключения накопителя

Скорость заряда накопителей при расходе электроэнергии 400 кВт в месяц:

$$P_{\text{потр}} = W_M / 30 / 24 \tag{1}$$

где $P_{\text{потр}}$ – потребляемая часовая мощность, кВт·ч;
 W_M – расход электроэнергии в месяц, Вт;
 30 – дней в месяце;
 24 – часа в сутки.

$$P_{\text{потр}} = 400 / 30 / 24 = 0,56 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Согласно (1) среднее часовое потребление 0,56 кВт·ч, т.е. скорость заряда аккумуляторных батарей ВЭГ должна составить ~560 Вт·ч.

В соответствии с ветровым атласом РК в Карагандинской области среднегодовая скорость ветра 6,3 м/с на высоте 80 метров над уровнем земли (на высоте 15–20 м около 3–4 м/с) [3]. С учетом того, что большинство классических моделей (горизонтального типа с трехлопастным ротором) ВЭГ выдает номинальную мощность на 9–12 м/с, среднегодовая скорость ветра явно недостаточна для полноценной работы ВЭГ. Поэтому нужна ВЭГ с номинальной мощностью, как минимум в 3–4 раза больше необходимой, т.к. генератор будет работать всего на 30–35% от номинальной мощности. Таким образом, требуется ВЭГ с номинальной мощностью ~1700–2000 Ватт.

Далее, при среднем уровне заряда аккумуляторных батарей 560 Вт·ч, за интервал времени в 9 часов ветровой генератор сможет выработать около

5040 Ватт. В ветреные дни этот показатель нужно увеличить как минимум в два раза, поэтому за тот же период времени может быть получено ~10000 Ватт электроэнергии.

Для полного энергообеспечения объекта выбираем ВЭГ EuroWind2 производительностью от 200 до 3000 Вт [4]. Рекомендуемые производителем накопители – восемь аккумуляторных батарей AGM 12В 150 А/ч, общей емкостью 10,08 кВт·ч с учетом глубины разряда 30 % [5]. В таблице 3 приведены параметры данного типа накопителя. Полученный результат берем за отправную величину, и далее проведем расчет параметров уже для перспективного накопителя на инерционном принципе работы для предложенного ВЭГ. Для расчета принимает, что маховик имеет однородную цилиндрическую форму.

Энергия, запасаемая в маховике, может быть найдена по формуле:

$$E = 0,5J\omega^2 \tag{2}$$

где E – удельная энергия, Дж;

J – момент инерции вращающегося тела, кг·м²;

ω – максимальная угловая скорость вращения супермаховика, рад/с.

Для цилиндра радиуса R и высотой H:

$$J = 0,5\pi\rho R^4 H \tag{3}$$

где ρ – плотность материала, из которого изготовлен цилиндр, кг·м³,

R – радиус цилиндра, мм;

H – высота цилиндра, мм

Предельная линейная скорость на периферии маховика V_{max} (составляет примерно 200 м/с для стали):

$$V_{\max} = \omega_{\max} R \tag{4}$$

или

$$\omega_{\max} = V_{\max} / R \tag{5}$$

Тогда:

$$E_{\max} = 0,5J\omega_{\max}^2 = 0,25\pi\rho R^2 H V_{\max}^2 \tag{6}$$

Удельная плотность энергии составит:

$$E_{\max} / M = 0,25V_{\max}^2, \text{ кДж/кг} \tag{7}$$

где M – масса маховика, кг.

В соответствии с представленной методикой и данными из таблицы 1 были проведены расчеты для инерционных накопителей на основе различных материалов с учетом эталонной емкости накопителя 10,8 кВт·ч. Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 1 – Характеристики материалов для инерционного накопителя [6]

Материал	Предел прочности, 10 ⁹ , Н/м ²	Плотность, 10 ³ , кг/м ³	Предельная линейная скорость на периферии маховика, V _{max} , м/с
Сталь (углеродистая)	3,14	7,9	200,0
Стальная проволока	3,10	7,8	632,0
Стекловолокно	2,10	2,1	1000,0
Угольное волокно (карбон)	1,22	1,1	1049,0
Борное волокно	5,90	2,0	1673,0

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что наиболее перспективным инерционным накопителем является супермаховик на основе стекловолокна. Данный материал является широкодоступным, а весовые, габаритные и энергетические характеристики являются оптимальными для решения нашей задачи.

В таблице 3 приведены сравнительные характеристики аккумулятора HZB 12–150 (AGM), рекомендуемого поставщиком ВЭГ EuroWind 2, и расчетные параметры инерционного накопителя из стекловолокна. Как видно, инерционный накопитель при равных значениях накопленной энергии имеет преимущество, как по массогабаритным показателям, так и по срокам хранения энергии и эксплуатации самого устройства.

Таблица 2 – Энергетические характеристики маховиков

Материал	Масса маховика, кг	Размеры RхН, м	Частота вращения, об/мин	Удельная плотность энергии, кДж/кг	Запасенная энергия, кВт·час
Сталь (углеродистая)	976,51	0,54x0,54	3539,0	10,00	10,86
Стальная проволока	95,67	0,25x0,25	24153,0	99,89	10,62
Стекловолокно	38,56	0,286x0,286	33406,0	250,0	10,72
Угльное волокно	35,46	0,35x0,35	29050,0	275,0	10,85
Борное волокно	13,85	0,21x0,20	76115,0	670,0	10,80

Таблица 3 – Параметры аккумулятора HZB 12–150 и инерционного накопителя из стекловолокна

Тип аккумулятора:	HZB 12-150 (AGM)	Инерционный накопитель (стекловолокно)
U _{ном} , В	12	12
Q ₂ , кВт·ч	10,08 (для 8 АКБ)	10,72
Количество циклов при разряде до 30%:	900	не ограничено
Срок службы, лет	12	>20
Саморазряд (при 20°C):	3 % в месяц	Не зависит от температуры 0,5 % в месяц
Размеры (Д x Ш x В), мм:	482 x 170 x 242 (для 1 АКБ)	~350x350x600 (для всего модуля)
Занимаемый объем, м ³	0,159	0,0735
Вес, кг:	44,2	38,56 (ядро накопителя)
Вес суммарный, кг	354 (для 8 АКБ)	~240 (для всего модуля)

ВЫВОДЫ

Современные супермаховичные накопители изготавливаются с помощью навивки волокна или ленты из материалов, представленных в таблице 1, что позволяет сделать инерционный накопитель устойчивым к разрыву и безопасным по сравнению с монолитной конструкцией. Кроме этого, капсулу с накопителем рекомендуется размещать в земле, что экономит площадь на жилом

участке и дает дополнительные гарантии безопасности. Также, современные технологии позволяют эффективно бороться с основными потерями инерционных накопителей (трение и вентиляция), ощутимо снижающими срок аккумуляции энергии. Например, применение герметичного корпуса – капсулы с уровнем вакуума 0,1 Па (данная величина разряжения незначительна и практически не влияет на массу и габариты защитного корпуса), магнитных подвесов и муфт на неодимовых магнитах из редкоземельного сплава NdFeB (неодим-железо-бор) позволяют минимизировать механические потери [7].

Таким образом, современные технологии позволяют изготовить маховичный накопитель энергоэффективным, емким и безопасным в эксплуатации со сроком службы двадцать лет и более.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [https://ru.wikipedia.org/wiki/AGM_\(технология\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/AGM_(технология))
- <http://www.creed.net/wp-content/uploads/2013/06/Gusev%20wind.pdf>
- <http://www.atlas.windenergy.kz>
- <http://wind.ae.net.ua/index.php/main/index/0/288>
- <http://sdscompany.kz/p2439347-akkumulyator-hzb12-150.html>
- <http://sersalaev.narod.ru/index.files/flyweel12.htm>
- Ушаков, В.** Современные проблемы электроэнергетики [Текст]: учебное пособие / В. Я. Ушаков. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 448 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. В. Гурушкин¹, Г. А. Сивякова²

Қуаты төмен жүйесінде желден қуат өндіруші инерциялық жинақтауышты қолдану

^{1,2}Энергетика, көлік және басқару жүйелері факультеті,
Қарағанды мемлекеттік индустриялық университеті,
Теміртау қ., 101400, Қазақстан Республикасы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

A. V. Gurushkin¹, G. A. Sivyakova²

Application of inertial damages in wind power systems

^{1,2}Faculty of Energy, Transport and Management Systems,
Karaganda State Industrial University,
Temirtau, 101400, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Мақалада қуаты төмен желден қуат өндіруші жүйесінде инерциялық жинақтауышты қолдану қарастырылады. Қарағанды облысындағы жеке үйде желді электр генераторын орнатуға арналған жинақтау құрылысын таңдау бойынша мәселе шешімі көрсетілген. Мақалада ұсынылған әдіске сәйкес, жинақтауыштың эталондық сыйымдылығын ескере отырып, әр түрлі материалдар негізінде инерциалды жинақтауыштар үшін есептеулер жүргізілді. Алынған нәтижелер талдауы, ең перспективалы инерциялық жинақтауыш құрылысы шыны талшықты жетілдірілген маховик болып табылады деп қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұл материал кеңінен қол жетімді, ал салмақ, мөлшерлік және энергия сипаттамалары оңтайлы болып табылады. Инерциялық жинақтауыш жинақталған энергияның бірдей мөндері, өлшемдер бойынша, сондай-ақ, энергияны сақтау және пайдалану кезінде артықшылығы бар құрылысы.

The article deals with the application of inertial storage devices in wind power generating systems of low power. The solution of the problem on the choice of a drive for the installation of a wind generator in a private house in the Karaganda region is shown. In accordance with the method presented in the article, calculations were made for inertial storage devices based on various materials, taking into account the reference capacity of the drive. The analysis of the obtained results allows to draw a conclusion that the most promising inertial storage device is a super-flywheel based on fiberglass. This material is widely available, and weight, dimensional and energy characteristics are optimal. An inertial drive with equal values of accumulated energy has the advantage, both in terms of mass dimensions, and in terms of energy storage and operation of the device itself.

ГРНТИ 61.31.29

К. Х. Жапаргазинова¹, Б. Б. Жаукенова²

¹к.х.н., профессор, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ²bibigul_zhaukenova@gmail.com

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ СЕРЫ В НЕФТЯНОМ КОКСЕ

Настоящая статья посвящена анализу трех методов определения общей серы в нефтяном коксе, используемых на базе производственной лаборатории ТОО «УПНК-ПВ». Приведены экспериментальные данные по определению основного параметра качества анодных коксов – содержание серы и осуществлен анализ результатов, полученных разными методами, за 2017 год. Поскольку каждый метод имеет свои преимущества и недостатки перед другими, полученные результаты анализов не во всех случаях абсолютно коррелируют между собой. Учитывая производственную значимость определения массовой доли серы, выявление наиболее эффективного метода является одной из важных задач стоящих перед производственной лабораторией. В статье отображены данные, полученные во время анализа реальных образцов нефтяного кокса. Приведены сравнительные графики сырого нефтяного кокса, производимого Павлодарским нефтехимическим заводом и прокаленного нефтяного кокса ТОО «УПНК-ПВ».

Ключевые слова: прокаленный нефтяной кокс, сырой нефтяной кокс, методы определения серы, гравиметрический метод, титриметрический метод, абсорбционная кулонометрия, достоверность.

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в нефтяном коксе как более дешевом и высококачественном материале, чем кокс, получаемый на основе угля (так называемый пековый), весьма значительно и непрерывно возрастает. Основной потребитель нефтяного кокса – алюминиевая промышленность: кокс служит восстановителем (анодная масса) при выплавке алюминия из алюминиевых

руд. Удельный расход кокса на производство алюминия весьма значителен и составляет 550–600 кг на 1 т алюминия [1].

Производимые в СНГ коксы отличаются от импортных более чем полуторным превышением норм по массовой доле серы. Изменение содержания серы в небольших пределах может регулироваться подбором сырья коксования. Традиционно как за рубежом, так и в СНГ основным сырьем установок замедленного коксования являются тяжелые нефтяные остатки от переработки нефтей: гудроны, асфальты деасфальтизации, остаточные экстракты очистки масел и т.д. Основные физико-химические и эксплуатационные свойства получаемого кокса определяются свойствами поступающего на установку остатка, качество которого, в свою очередь, полностью определяется качеством исходной нефти [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Сера – вредная смесь в анодах, используемых в электролитическом производстве алюминия. Содержащаяся в нефтяных остатках сера способствует ускорению внутри и межмолекулярной конденсации, оказывает «сшивающее» действие, затрудняя взаимную ориентацию молекул и упорядочение структуры. В процессе электролиза она переходит в газовую фазу в основном в виде окислов. Некоторые зарубежные исследователи обнаружили в отходящих анодных газах довольно вредные серосодержащие соединения, такие как сероводород, сероуглерод. Следовательно, требуется тщательное улавливание анодных газов и очистка их. Кроме того, наличие серы в составе анода приводит к снижению выхода по току, а также к повышенной коррозии стальных деталей анодного узла электролизера, а значит и к увеличению содержания железа в катодном алюминии.

Содержание серы в аноде в основном определяется ее количеством в коксе-наполнителе. В связи с тем, что для производства анодов в основном используются нефтяные коксы, полученные из тяжелых остатков нефти, содержание серы в анодах может достигать до 3 %. Как правило, малосернистые нефти дефицитны; сернистые же коксы весьма дешевы [3].

Основным сырьем прокалки ТОО «УПНК-ПВ» служит сырой нефтяной кокс, производимый на Павлодарском нефтехимическом заводе. Так как содержание серы в СНК достигает 3 %, сырье считается высокосернистым. На базе производственной лаборатории завода «УПНК-ПВ» для определения массовой доли серы в прокаленном нефтяном коксе используются следующие методы: метод гравиметрии (Эшка), кулонометрический метод, метод объемного титрования. Серу определяют как при входном контроле сырья, так и при отгрузке готовой товарной продукции.

При прокалке сырого нефтяного кокса потеря серы незначительна, эффективность десульфуризации зависит не только от конечной температуры, но и от продолжительности выдержки при максимальной температуре и исходной концентрации серы.

Ниже приведены графические данные анализа сырого и прокаленного нефтяного кокса за первый, второй и третий кварталы 2017 года (рис. 1). Анализ проводился методом кулонометрической абсорбции на приборе Sundy SDS-IVa (производитель КНР) по СТ ТОО 111240008552-02.07-019-2016 (ASTM D6920-03).

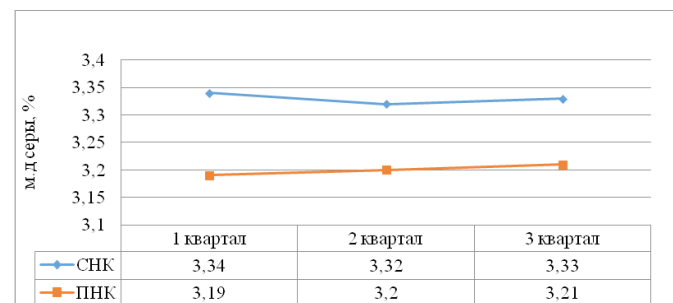


Рисунок 1 – Анализ сырого и прокаленного нефтяного кокса за 2017 год кулонометрическим методом

Термическая десульфуризация сырого нефтяного кокса проходит при 1250–1300 °С, время термической выдержки 1–1,5 часа. Снижение серы в прокаленном нефтяном коксе достигло около 0,12–0,15 единиц, что в процентном соотношении не превышает 4 %.

Производственной лабораторией завода был проведен анализ определения серы в сыром и прокаленном нефтяном коксе ускоренным титриметрическим методом за аналогичный период времени на аппарате ПОСТ-2Мк по ГОСТ 1437-75. Результаты исследований приведены ниже (рис. 2).

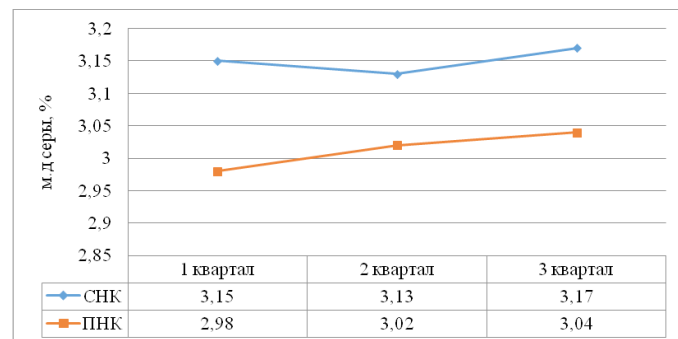


Рисунок 2 – Анализ сырого и прокаленного нефтяного кокса за 2017 год методом титриметрии

Согласно данным полученным ускоренным титриметрическим методом снижение серы в прокаленном нефтяном коксе произошло в среднем на 4,3%. Однако сами результаты оказались заниженными по сравнению с данными, полученными при кулонометрическом методе анализа на 5,0–5,5%.

В СНГ в качестве арбитражного метода определения серы в нефти и в темных нефтепродуктах принят так называемый ускоренный титриметрический метод сжигания в трубке по ГОСТ 1437-75, в основе которого лежит сжигание образца при температуре 900-950°C с последующим газожидкостным поглощением образующихся оксидов серы, содержание последних определяется кислотно-основным титрованием. Однако литературные данные свидетельствуют о том, что сгорание сероорганических соединений при температуре 950 °C не происходит полностью, что приводит к заниженным результатам ее определения [4].

Стоит отметить, что используемый производственной лабораторией прибор для определения серы Sundy SDS – IVa является экспресс методом. Время затрачиваемое на один анализ не превышает 7 минут. Такие приборы-анализаторы градуируют по государственным стандартным образцам (ГСО), содержание общей серы в которых определяют методом Эшка. При разработке и оценке инструментальных методов их прецизионность сравнивают с прецизионностью результатов определения общей серы методом Эшка.

Производственная лаборатория имеет в наличии стандартный образец нефтяного кокса с содержанием серы 3,30%. Результаты исследования стандартного образца тремя методами приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Данные по трем методам определения общей серы в ГСО

№	Метод определения	Массовая доля серы, %					Среднее значение
		3,32	3,26	3,25	3,28	3,33	
1	Эшка	3,32	3,26	3,25	3,28	3,33	3,29
2	Кулонометрический	3,32	3,35	3,30	3,31	3,34	3,32
3	Титриметрический	3,16	3,15	3,18	3,19	3,14	3,16

Самый приближенный результатом из трех методов показал гравиметрический метод Эшка, его показатель всего на 0,01% ниже ГСО и составил 3,29%. Прибор Sundy SDS – IVa дал незначительно завышенный результат 3,32%, что входит в предел воспроизводимости метода. Но, так называемый, арбитражный метод титриметрии по ГОСТ 1437-75 выдал явный заниженный результат – 3,16%.

Сравнительный график результатов анализа по трем методам определения серы в ГСО представлен ниже (рис. 3).

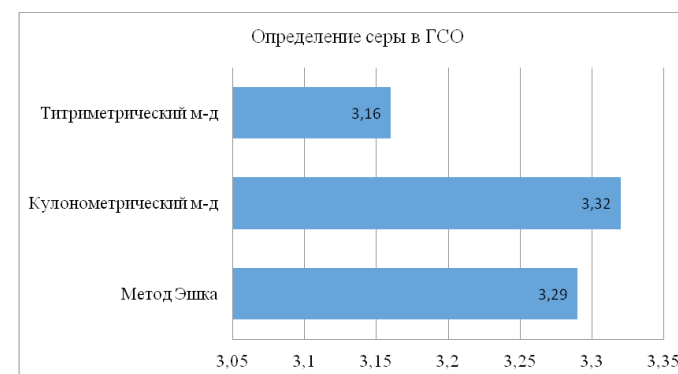


Рисунок 3 – Сравнительный график результатов определения общей серы в ГСО

ВЫВОДЫ

Резюмируя статью, на основе наработанных данных можно с уверенностью сказать, что ускоренный метод определения общей серы в темных нефтепродуктах согласно ГОСТ 1437 выдает недостоверный результат, что не дает возможности использовать его в качестве арбитражного метода. Учитывая то, что результат полученный методом Эшка выдается как значение государственного стандартного образца, то расхождение между результатами 3,32% и 3,29% считаются незначительными, поэтому метод кулонометрической абсорбции можно считать достоверным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Вержичинская, С. В.**, «Химия и технология нефти и газа: учебное пособие». / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин – М. : ФОРУМ. – 2009. – 400 с.

2 **Валявин, Г. Г.** «Процесс замедленного коксования и производство нефтяных коксов, специализированных по применению». / Г. Г. Валявин, В. П. Запорин, Р. Г. Габбасов, Т. И. Калимуллин // Территория Нефтегаз. – 2011. – № 8. – С. 25.

3 **Колодин, Э. А.** «Производство обожженных анодов в алюминиевых электролизерах». / Э. А. Колодин, В. А. Свердлин, Р. В. Свобода // М. : Издательство «Металлургия» – 1980. – 84 с.

4 **Мстибовская, Л. Е.** Диагностика материалов / Л. Е. Мстибовская. и др. // Заводская лаборатория. – 2003. – Т. 69. – №8. – С. 22–24.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

К. Х. Жапаргазина¹, Б. Б. Жаукенова²

Мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау әдістерінің дәлділігін талдау

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

K. Kh. Zhapargazina¹, B. B. Zhaukenova²

Analysis of the accuracy of sulfur determination methods efficiency in petroleum coke

^{1,2}Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Берілген мақалада ЖШС «УПНК-ПВ» зауытының өндірістік зертханасы қолданатын мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтайтын үш әдістерінің сипаттамасы келтірілген. 2017 жыл аралығында өткізілген зерттеулер талданып, анодтардың сапасын айқындайтын негізгі параметр – күкірттің массалық үлесін әртүрлі әдістермен алынған нәтижелер келтірілді. Дәлірек айтқанда, гравиметрия, титриметрия, рентгенфлуоресценттік талдау және

абсорбциялық кулонометрия әдістерінің негізгі көрсеткіштері салыстырылып, талданды. Әрбір әдістің артықшылықтары мен кемшіліктері бар болғандықтан, алынған нәтижелерді көп жағдайда бір-біріне сәйкес болмай шығады. Өндірістік маңыздылықты ескере отырып, күкірттің массалық үлесін анықтаудың ең тиімді әдісін табу өндірістік зертхананың алдында тұрған маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Мақалада мұнай коксының нақты үлгілерін, атап айтқанда, Павлодар мұнайхимия зауытының шикі мұнай коксы мен «УПНК-ПВ» зауытының қыздырылған мұнай коксын талдау кезінде алынған нәтижелер салыстырылған.

The present article is devoted to the analysis of three methods for determination of total sulfur in petroleum coke used on the basis of the production laboratory of «UPNK-PV» LLP. The experimental data on the determination of the main quality parameter of anode cokes are presented. The sulfur content and the analysis of the results obtained by different methods for 2017 are analyzed. Given that each method has its advantages and disadvantages over others, the results of the analyzes obtained do not in all cases absolutely correlate with each other. Given the production significance of determining the mass fraction of sulfur, identifying the most effective method is one of the important tasks facing the production laboratory. The article shows the data obtained during the analysis of real samples of petroleum coke. There are presented comparative graphs of crude petroleum coke produced by the Pavlodar Oil Chemistry refinery and calcined petroleum coke of «UPNK-PV» LLP.

К. Х. Жапаргазинова¹, Т. А. Калиев²

¹к.х.н., профессор, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ²Kaliev.t.a.76@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСА ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ТОО «ПНХЗ»

Статья посвящена изучению возможностей снижения количества парогазовой смеси до технологически требуемого минимума, улучшению технологии отвода, экономии воды, снижения количества теплоты и тепла отводимого пароводяного конденсата, для обеспечения эффективности процесса деаэрации. Использование энергетических ресурсов позволит повысить эффективность существующего технологического оборудования, и в свою очередь обеспечить сокращение расходов на собственные нужды завода. При этом особое внимание уделено уменьшению вредного воздействия на окружающую среду за счет возврата отходящего тепла, ранее выбрасываемого в атмосферу. В статье также проведена работа по повышению энергоэффективности рекуперации тепловой энергии, оптимизации режимов работы деаэрационно-питательной установки в соответствии с тепловыми нагрузками, сокращения потребления объема химочищенной воды подаваемой на установку.

Ключевые слова: деаэрация, вода, пар, рекуперация, выпар.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение эффективного, надежного и экологически безопасного энергоснабжения и стремительный рост цен являются отличительной чертой энергетической отрасли во всем мире. Увеличение выбросов парогазовой смеси в атмосферу ведет к повышению температуры атмосферы и, как следствие, к неблагоприятному изменению климата, что в свою очередь делает вопрос бережливого использования энергетических ресурсов,

повышая эффективности оборудования и активного применения рекуперации тепловой энергии как никогда актуальным.

Основными задачами природоохранной деятельности ТОО «Павлодарский нефтехимический завод» являются: соблюдение экологического законодательства, сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу, минимизация отходов производства, охрана почв и грунтовых вод от загрязнения.

Ежегодно на предприятии разрабатываются и выполняются планы мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов.

Все природоохранные мероприятия направлены на:

- уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- охрану подземных вод от загрязнения;
- предотвращение сверхнормативных сбросов сточных вод;
- охрану окружающей среды при складировании отходов производства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На нефтехимическом производстве в технологических процессах образуется низкопотенциальная пароводяная смесь, которая зачастую сбрасывается в атмосферу или сливается в канализацию. Содержащиеся в паре тепло и химически очищенная вода при этом безвозвратно теряются, что ведет к несомненным финансовым потерям. Конструкции сооружений в зоне сброса выпаров разрушаются, в зимний период обрастают наледью и сосульками.

Выброс низкопотенциального водяного пара в атмосферу снижает эффективность производства, ухудшает экологическую обстановку, усиливая парниковый эффект [1].

Отходящее тепло выбрасывается из процесса при температуре превышающей температуру окружающей среды, поэтому оно обладает дополнительным тепловым потенциалом. По ценности отходящая энергия может классифицироваться по трем температурным диапазонам: высокотемпературный – выше 650 °С; среднетемпературный – 230–650 °С; низкотемпературный – менее 230 °С. Высокотемпературное и среднее – температурное отходящее тепло используется для производства технологического пара, выработки электроэнергии, сушки, подогрева воздуха. Низкотемпературное тепло может быть использовано для отопления зданий, подогрева воды и воздуха, а также возврата в технологический процесс.

Имеются четыре основные причины необходимости утилизации тепловой энергии:

1 Экономическая. Затраты на энергию становятся все более высокими, и утилизация отходящего тепла может значительно сократить общие издержки производства.

2 Обеспеченность тепловой энергией. Легко доступное отходящее тепло позволяет существенно снизить потребности предприятия в тепловой энергии.

3 Сбережение природных ресурсов страны. Путем утилизации тепла уменьшается потребность предприятий в дефицитных видах топлива, тем самым продлевается срок их обеспеченности.

4 Экологическая. Утилизация сбросной теплоты снижает ее воздействие на экологию [2].

Основной потенциал экономии энергоносителей (до 90 %) скрывается в самих технологических процессах, а особенно в схеме рекуперации.

Рекуперация тепла – наиболее эффективный метод энергосбережения.

Рекуперация (от лат. recuperatio – обратное получение, возвращение), возвращение части материала или энергии, расходуемых при проведении того или иного технологического процесса, для повторного использования в том же процессе.

Огромную пользу рекуперация способна приносить в промышленности, где расходы сырья и электроэнергии измеряются тоннами.

Во всех случаях следует стремиться к увеличению возврата тепла, что ведет к сокращению расхода химочищенной воды на установку и к интенсификации и улучшению технологического процесса.

Эффективное производство и распределение пароводяной смеси, а также надлежащая эксплуатация и техническое обслуживание процесса способны внести значительный вклад в сокращение потерь тепловой энергии.

Снижение потерь тепла может быть наиболее значимым энергосберегающим мероприятием на энергоисточниках и внедрение системы возврата пароводяного конденсата из охладителя выпара рабочего деаэратора в резервный является одним из этих методов.

Сложность процессов деаэрации обуславливается совместным протеканием в многофазной среде (вода, пар, газ) процессов тепло – и массообмена при струйном или пленочном течении теплоносителей с изменяющейся геометрией и скоростью потока теплоносителей, то есть с изменяющимися площадью поверхности раздела фаз и коэффициентами тепло- и массопереноса. Существует достаточно много методов расчета процессов в тепло-массообменных аппаратах. Каждая частная зависимость разрабатывается для определенного типа аппаратов, схемы взаимного движения сред в нем, направленности процесса, диапазона физических и режимных параметров. Объясняется это не только сложностью процессов,

отсутствием фиксированной поверхности контакта, но и недостаточной разработанностью теории теплообмена применительно к расчету процессов в контактных аппаратах. Кроме того, большинство методов позволяют рассчитать значения параметров только для стационарных режимов работы.

Большая потребность промышленности в химочищенной воде приводит к необходимости создания для деаэрации воды энергоемких установок большой производительности. С учетом неравномерной суточной, недельной и годовой потребности в химочищенной воде, деаэрационным установкам приходится часто изменять нагрузку и работать в переменных режимах. Такая работа часто приводит к перерасходу материальных и тепловых ресурсов и к выходу технологических параметров из допустимого диапазона значений. Введение возврата пароводяной смеси из резервного деаэратора, обеспечит минимальные потери пара и энергии при обеспечении заданного качества деаэрированной воды.

С точки зрения экономии ресурсов деаэрационные установки вызывают особый интерес в силу сложности протекающих в них процессов, большой энергоемкости потребности их в химочищенной воде.

Известны несколько способов деаэрации воды: химическая деаэрация; десорбционное обескислороживание; термическая деаэрация. Химические методы дегазации характеризуются избирательностью связи с удаляемыми газами и практически применимы только для удаления кислорода. Для химической деаэрации, например, применяется гидразин – дорогостоящий, дефицитный и токсичный кислородопоглотитель. В связи с этим на промышленных объектах он используется не взамен термической деаэрации, а как дополнение к ней для удаления микроколичеств остаточного кислорода. Применение кислородопоглотителей связано, как правило, с загрязнением воды продуктами взаимодействия этих поглотителей с кислородом, например, окислами железа; иные химические методы деаэрации, кроме дозировки гидрозингидрата, не применяются. Термический метод деаэрации позволяет удалять из воды любые растворенные газы, не внося в воду никаких дополнительных примесей. Одновременно с этим в термическом деаэраторе происходит подогрев рабочего тела [3–5].

Деаэратор – это одно из важнейших устройств на установках Утилизации тепла нефтехимического производства, которое удаляет газообразные примеси из теплоносителя.

Эффективность работы деаэратора (качество деаэрации воды) зависит от ряда параметров, в том числе от температуры и расхода деаэрируемой воды, давления пара в деаэраторе, гидродинамических характеристик деаэратора. Следовательно, регулирование процесса деаэрации поддержанием

постоянным только одного из этих параметров, в частности давления, не может быть оптимальным.

Деаэрационная установка состоит из деаэрационной колонки, гидрозатвора, охладителя выпара и деаэрационного бака, куда стекает продеаэрированная вода.

Благодаря своей конструкции деаэрационная колонка улучшает процесс деаэрации воды.

Процесс деаэрации – это совокупность физических и химических процессов, благодаря которым достигается основная цель работы деаэратора – удаление из воды коррозионно-агрессивных газов.

Деаэрация (обескислороживание) питательной воды.

Коррозийное разрушение металла котлов утилизаторов, испарителей и вспомогательного оборудования происходит, как правило, в результате электрохимических процессов, вызываемых растворенными в воде коррозийно агрессивными газами (кислородом и другими).

Основным методом предупреждения коррозии металла является удаление из питательной воды растворенных в ней газов.

На установке Утилизации тепла Комплекса глубокой переработки нефти, процесс осуществляется в деаэраторах атмосферного типа Е – 401/1,2 и основан на том, что при повышении температуры воды растворимость газов в ней уменьшается (при кипении воды, т.е., когда ее температура доведена до температуры насыщения при данном давлении, растворимость газов снижается практически до нуля).

В действительности при деаэрации питательной воды ее не только нагревают до температуры насыщения, но и обеспечивают постоянный отвод из деаэратора выделившихся из воды газов.

Нагрев воды в деаэраторах Е – 401/1,2 осуществляется паром, подаваемом из линии 45/1 (ПЗ) через клапаны регуляторов давления поз.4–35, 4–36.

Для повышения эффективности деаэрации, деаэрационные колонки (Е – 402/1,2) деаэраторов оборудованы барботажными тарелками (барботаж, являющийся второй ступенью деаэрации, способствует более полному удалению из деаэрируемой воды свободной и связанной углекислоты).

Выпар из деаэрационных колонок (Е – 402/1,2) направляется в охладитель выпара Е – 404/1,2, где происходит теплообмен и затем сливается в канализацию.

Отмечено, что данные в ГОСТ значения не имеют достаточного экспериментального или какого-либо теоретического обоснования. Наблюдения, сделанные на установке Утилизации тепла Комплекса глубокой

переработки нефти, показывают, что действительный расход выпара, как правило, в несколько раз превышает нормативный. Исследования показали что, регулирование расхода пароводяного конденсата из охладителя выпара, поз: Е – 404/1,2 не производится регулятором расхода, а напрямую сливается в канализацию с температурой 80–85 °С.

Измерение температуры производилось Инфракрасным термометром (пирометр) testo 845.

Запорная арматура на трубопроводе охладителя выпара, поз: Е – 404/1,2 постоянно поддерживается в полностью открытом состоянии, то есть расход выпара соответствует пропускной способности трубопровода.

В целях обеспечения энергетических соображений целесообразно использовать этот неиспользованный источник теплоты внутри действующей установки. Для этого направляем пароводяной конденсат с охладителя выпара, поз: Е – 404/1,2 в резервный деаэратор, поз: Е – 401/1,2 из которого забирается насосом, поз: Н – 405/1,2, и направляется в теплообменник, поз: Т – 406 для подогрева химочищенной воды поступающей на установку с температурой н.м. 35 °С.

В настоящее время наблюдения показали, что теплообменник, поз: Т – 406 работает по байпасу и не до нагревает химочищенную воду до положенных регламентных температурных значений.

Пароводяной конденсат из межтрубного пространства, поз: Т – 406 возвращается в деаэрационную колонку, поз: Е – 403/1,2 рабочего деаэратора, поз: Е – 401/1,2.

Технологическая схема:

1) Е-401/1 → Е-403/1 → Е-404/1 → Е-401/2 → Н-405/1,2 →
→ Т-406 (м/тр) → Е-403/1 → Е-401/1.

2) Е-401/2 → Е-403/2 → Е-404/2 → Е-401/1 → Н-405/1,2 →
→ Т-406 (м/тр) → Е-403/2 → Е-401/2.

Данный процесс рекуперации будет контролироваться на щите управления в операторной секции С – 400, по уровню, температуре, давлению, расходом. С переводом на ручное управление и в автоматическом режиме.

Для увеличения экономических и экологических показателей, предлагается внедрить рекуперацию тепловой энергии в условиях установки Утилизации тепла Комплекса глубокой переработки нефти, с целью использования тепла паровоздушной смеси ТОО «ПНХЗ».

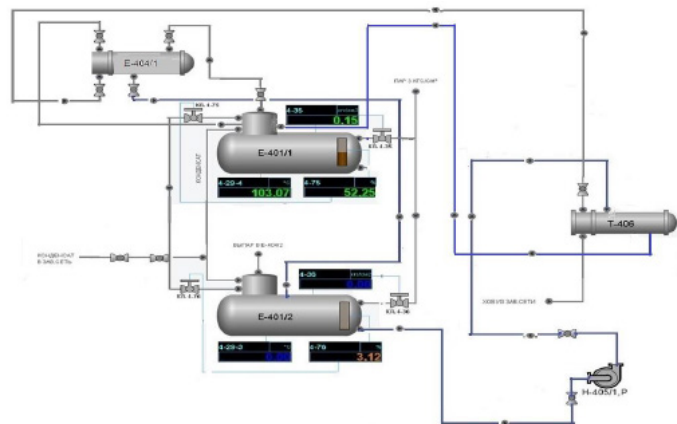


Рисунок 1 – Схема узла деаэрационно – питательной установки

Таблица 1 – Характеристика насосного оборудования

Питательный центробежный насос ЦНСГ– 60 – 264: Н–405/1; Н–405/р	Производительность–60 м³/ч, Напор–26,4 кгс/см² Эл.двигатель: Мощность–75кВт, Число оборотов–3000 об/мин
--	---

Таблица 2 – Характеристика технологического оборудования

Деаэрационный бак: Е–401/1, Е–401/2	Н–10575 мм Д–3000 мм V–65 м³ P _{раб} –0,2 кгс/см², T _{раб} –100-104 °С
Деаэрационная колонка атмосферного типа ДА–100: Е–402/1; Е–402/2	Д–1000 мм Н–2448 мм V–19 м³ P _{раб} –0,25 кгс/см², T _{раб} –100-104 °С
Гидрозатор типа ДА–50: Е–403/1; Е–403/2	Д–600 мм Н–6000 мм V–0,17 м³ P _{раб} –0,25 кгс/см²

Теплообменник для нагрева химически очищенной воды конденсатом водяного пара типа: Т–406 600ТП–40–М1–С 25–6–К–4–гр1	Д–600 мм L–7000 мм F–86 м² V _{корп} –0,57 м³ Трубное пространство: P _{раб} –6 кгс/см² T _{раб} –50 °С Межтрубное пространство: P _{раб} –3,2 кгс/см², T _{раб} –130 °С
Охладитель выпара ОВА–2: Е–404/1; Е–404/2	Д–325 мм L–1200 мм V–0,1 м³ F–8 м² Трубное пространство: P _{раб} –4 кгс/см², T _{раб} –80 °С Межтрубное пространство: P _{раб} –0,25 кгс/см², T _{раб} –104 °С

Режимная карта работы деаэрата Е – 401/1, 2:

Давление в аппарате, атм – 0,2–0,3.

Производительность, т/час – 75.

Уровень в баке – аккумуляторе (по приборам поз.4–75,4–76), % – 75–80.

Температура воды в баке – аккумуляторе, °С – 102–104.

Расход выпара (на 1тн обрабатываемой воды), кг – 2–4.

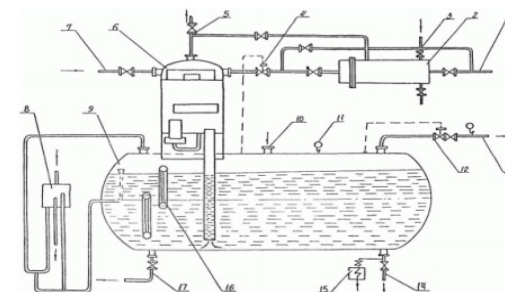


Рисунок 2 – Деаэратор атмосферного типа

Принципиальная схема включения деаэрационной установки атмосферного давления: 1 – подвод химочищенной воды; 2 – охладитель выпара; 3, 5 – выхлоп в атмосферу; 4 – клапан регулировки уровня; 6 – деаэрационная колонка; 7 – подвод основного конденсата; 8 – предохранительное устройство; 9 – деаэрационный бак; 10 – подвод деаэрированной воды; 11 – манометр; 12 – клапан регулятор давления поз. 13 – подвод горячего пара; 14 – отвод деаэрированной воды; 15 – охладитель проб воды; 16 – указатель уровня; 17 – дренаж.

ВЫВОДЫ

Повышение энергоэффективности процесса рекуперации тепловой энергии на Комплексе глубокой переработки нефти установке Утилизации тепла дымовых газов позволит осуществить:

- 1 Сокращение потребления объема химочищенной воды на установку.
- 2 Оптимизацию режимов работы деаэрационно-питательной установки в соответствии с тепловыми нагрузками.
- 3 Повысить эффективность использования существующего оборудования, а также сокращение расходов ресурсов на собственные нужды.
- 4 Уменьшение вредного воздействия на окружающую среду за счет возврата пароводяного конденсата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Елсуков, В. К.**, Оценка эффективности технологий утилизации энергии уходящих газов котлов, включающей теплоту конденсации водяных паров Системы. Методы. Технологии. – № 1 (24). – 2014. – 83–85 с.
- 2 Экономия энергоресурсов в промышленных технологиях. Справочно – методическое пособие. Авторы – составители; Г. Я. Вагин, Л. В. Дудникова, Е. А. Зенютич, А. Б. Лоскутов, Е. Б. Солнцев; под ред. С. Р. Солнцев; – Н. Новгород : НГТУ, НИЦЭ, – 2001. – 296 с.
- 3 **Ольховский, Г. Г., Тумановский, А. Г., Трёмбовля, В. И.**, Резервы энерго- и ресурсосбережения в крупных котельных промышленной и коммунальной энергетики // Промышленная энергетика. – 2004. – № 1. – 2–16 с.
- 4 **Малинина, О. В., Шарапов, В.И.**, Охладители выпара термических деаэраторов // Вестник Ул ГТУ. – 2002. – № 3. – 96–100 с.
- 5 **Васильев, А. В., Антропов, Г.В., Сизоненко, А. А.**, Сравнительный анализ паровых и водогрейных котлов для промышленных и отопительных котельных // Промышленная энергетика. – 2003. – № 9. – 18–23 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

К. Х. Жапаргазинова¹, Т. А. Калиев²

«ПМХЗ» ЖШС-нің терең мұнай өңдеу кешені жағдайында жылу энергиясын рекуперациялау процесін зерттеу

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

K. Kh. Zhapargazinova¹, T. A. Kaliev²

Investigation of heat energy recovery process in the conditions of the deep oil refining complex of LLP «PNHZ»

^{1,2}Faculty of Chemical Technologies and Natural Sciences,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Мақала деаэрация процесінің тиімділігін қамтамасыз ету үшін, жылу мөлшерін азайту, бөлу технологиясын жетілдіру, суды үнемдеу, бу-газ қоспасын жақсартуға арналған. Қоршаған ортаға зиянды әсерді азайту. Энергия ресурстарын пайдалана отырып, қолданыстағы технологиялық жабдықтардың тиімділігін арттырып, зауыттың өз қажеттіліктеріне жұмсалатын шығындарды азайту. Сонымен бірге, атмосфераға шығарылған қалдықтардың жылуын қайтару арқылы қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға ерекше назар аударылады. Мақалада сондай-ақ, жылуды қалтына келтірудің энергиялық тиімділігін арттыру, десациарлық қондырғының жұмыс жағдайын оңтайландыру, химиялық тазартылған суды қондырғыда тұтынуды азайту бойынша жұмыстар жүргізілді.

The article is devoted to studying the opportunities of decrease in the amount of steam-gas mix to technologically required minimum, improvement of technology of branch, economy of water, decrease in amount of heat and heat of the taken-away steam-and-water condensate, for ensuring efficiency of deaeration process. Use of energy resources will allow to increase efficiency of the existing processing equipment, and in turn to provide cut in expenditure for the needs of the plant. At the same time special attention is paid to reduction of harmful effects on the environment due to return of the departing heat which is earlier released

into the atmosphere. In the article the work on increasing the energy efficiency of thermal energy recovery, optimization of operating modes deaerate- nutritious installation according to thermal loadings, reductions of consumption of the chemical purified water, pumped on installation is carried out.

ГРНТИ 73.41.17

**М. К. Ибатов¹, А. С. Кадыров²,
О. Т. Балабаев³, Б. Ш. Аскарров⁴**

¹д.т.н., профессор, Кафедра «Промышленный транспорт имени профессора А. Н. Даниярова», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, Кафедра «Промышленный транспорт имени профессора А. Н. Даниярова», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

³к.т.н., ст. преподаватель, Кафедра «Промышленный транспорт имени профессора А. Н. Даниярова», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

⁴докторант, Кафедра «Транспортная техника и логистические системы», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан

e-mail: ¹bahtiyar_askarov@mail.ru; ²ludmila77025@mail.ru;

³balabaev.ot@mail.ru; ⁴bahtiyar_askarov@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ТЕПЛОВОЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В данной статье представлены результаты научно-исследовательских работ, выполненных авторами в области совершенствования устройства для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя. Предлагаемая разработка относится к областям машиностроения и эксплуатации карьерных тепловозов и предназначено для снижения вредного воздействия отработавших газов тепловозного двигателя на окружающую природную среду карьеров. На разработанное устройство подана заявка на патент на полезную модель Республики Казахстан.

Ключевые слова: изоляция, карьер, карьерный транспорт, окружающая среда, отработавшие газы, тепловоз, тепловозный двигатель

ВВЕДЕНИЕ

Рост глубины карьеров вызывает значительное увеличение объемов перевозки, расстояний транспортирования, что приводит к росту числа

транспортных единиц и концентрации их и другого технологического оборудования на ограниченных пространствах открытых разработок [1]. Это предопределяет увеличение экологической нагрузки на окружающую среду и негативное снижение экологического состояния в карьерах [2].

Оценка негативного воздействия различных видов транспорта на окружающую среду представляет собой сложную и далеко не решенную задачу, поскольку работа карьерного транспорта (железнодорожного, автомобильного и конвейерного) имеет ряд особенностей, отличающих его от работы транспорта общего назначения:

1 Пункты погрузки и разгрузки постоянно меняют свое местоположение, следуя за фронтом горных работ, что требует периодического перемещения транспортных коммуникаций, оборудования (железнодорожных путей, автодорог, конвейеров) и, следовательно, затрудняет поддержание путей в хорошем состоянии, создает значительную запыленность. Кроме того, транспортные пути в карьере имеют большое количество спусков, подъемов, поворотов, что обуславливает нестандартные режимы работы двигателей и, следовательно, повышенное выделение вредных веществ.

2 Карьерный транспорт эксплуатируется в условиях затяжных подъемов, двигатели работают с максимальной мощностью, при этом в атмосферу выбрасывается значительное количество вредных веществ.

3 На карьерных дорогах высокая интенсивность движения, а следовательно запыленность и загазованность.

Проблемы защиты окружающей среды от вредного воздействия различных видов транспорта с каждым годом приобретают все большее значение, их решение должно носить комплексный характер и ни одни из источников выделения вредных веществ, негативно воздействующий на окружающую среду, не должен оставаться без внимания.

Каждый вид транспорта по своему взаимодействует с окружающей средой и оказывает негативное воздействие на атмосферу, воду и землю. В таблице 1 приведены основные виды вредного воздействия карьерного транспорта на окружающую среду [3].

Таблица 1 – Основные виды вредного воздействия карьерного транспорта на окружающую среду карьеров

№	Вид вредного воздействия	Виды карьерного транспорта						
		Железнодорожный			Автомобильный		Конвейерный	Конвейерные поезда
		тепловозы	электровозы	тяговые агрегаты	автосамосвалы	дизель-тралей-возы		
1	Выброс вредного вещества при сжигании топлива	+	-	+	+	+	-	-
2	Выброс вредного вещества из емкостей хранения и топливных баков	+	-	+	+	+	-	-
3	Выделение пыли в атмосферу:	+	+	+	+	+	+	+
	- с поверхности груза	+	+	+	+	+	+	+
	- на дорогах	-	-	-	+	+	-	-
	- на перегрузочных пунктах	+	+	+	+	+	+	+
	- на отвалах	+	+	+	+	+	+	+
4	Выброс вредных веществ из гаражно-ремонтного хозяйства (депо)	+	+	+	+	+	+	+
5	Выбросы вредных веществ при вулканизации лент	-	-	-	-	-	+	-
6	Изыятие сельскохозяйственных земель	+	+	+	+	+	+	+
7	Загрязнение поверхностных вод	+	+	+	+	+	+	+

Общими видами негативного воздействия на окружающую среду карьерным транспортом, являются:

- отчуждение территорий при сооружении транспортных коммуникаций;
- потребление воды подвижным составом и обслуживающим хозяйством;
- загрязнение атмосферы пылью в результате сдувания ее с поверхности транспортируемого материала;
- потребление топливных ресурсов и энергии.

Железнодорожный транспорт (тепловозы), помимо перечисленных негативных воздействий на окружающую среду, загрязняет атмосферу карьеров за счет валового выброса вредных веществ при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания. При этом в атмосферу с отработавшими газами поступают аэрозольные и газообразные компоненты. Наиболее опасными из газообразных выбросов дизельных двигателей являются

окислы азота (до 50 % общей токсичности выброса), окись углерода (до 25 %) и альдегиды (до 20 %). Из аэрозольных компонентов наиболее опасна тонкодисперсная сажа, сорбирующая канцерогенные и другие токсичные вещества [3, 4].

Общая масса вредных веществ, выделяющихся при сжигании топлива карьерным транспортом, зависит от режима работы двигателя тепловоза в продолжение рейса. Удельный выброс вредного вещества при работе двигателей тепловозов представлены в таблице 2 [5]. Процентное распределение времени работы двигателя тепловозов при различных нагрузочных режимах в таблице 3 [5].

Таблица 2 – Удельный выброс вредного вещества при работе двигателей тепловозов

Марка тепловоза (двигателя)	Вредные вещества	Значения удельных выбросов вредных веществ с ОГ дизельных двигателей тепловозов, кг/ч, с различными режимами работы		
		Холостой ход	50 % мощности	Максимальная мощность
ТЭМ-7, ТЭМ-7А (12-26 ДГ)	СО	0,424	1,508	2,574
	NOX	0,313	6,139	10,666
	СН	0,034	0,603	1,070
	С	0,011	0,193	0,347

Таблица 3 – Распределение времени работы двигателя тепловозов при различных нагрузочных режимах

Марка тепловоза	Процентное распределение времени работы двигателя тепловозов при различных нагрузочных режимах		
	Холостой ход	50 % мощности	Максимальная мощность
ТЭМ-7, ТЭМ-7А	45-50	45-42	8-12

Рассматривая работу тепловоза на карьере, можно выделить с некоторой условностью три характерных режима работы двигателя:

- 1) холостой ход – для тепловоза (тягового агрегата) – при погрузке, разгрузке, на спуске;
- 2) полное использование мощности двигателя – для тепловоза – при движении груженого локомотиво-состава по горизонтальным участкам трассы и на подъем;

3) частичное (приблизительно 50-процентное) использование мощности двигателя – при движении груженого локомотиво-состава по горизонтальным участкам трассы и на подъем.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из путей улучшения экологических характеристик тепловозов является совершенствование устройства для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя.

В настоящее время известно устройство для отделения сажи от отработавших газов двигателя внутреннего сгорания, содержащее двигатель, компрессоры, нагнетатель, патрубки, глушитель, улавливающая емкость, сепаратор [6]. Недостатками такой конструкции является не обеспечение очистки отработавших газов от оксида углерода и невозможность применить в карьерных тепловозах.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению по решаемой задаче и достигаемому техническому результату является устройство для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя, содержащее тепловозный двигатель, турбокомпрессоры, центробежный нагнетатель, воздухоохладитель, соединительный патрубок, глушитель, выхлопной патрубок, вытяжной конус, конфузор [7]. Недостатками такой конструкции является то, что данное устройство применяется при проведении испытаний и горячем отстое тепловозов в депо, и его невозможно применить в условиях карьера.

Таким образом, указанное несовершенство известных конструкций приводит к снижению экологической безопасности карьерных тепловозов при работе тепловозного двигателя.

В 2017 году объединенным коллективом кафедр Карагандинского государственного технического университета, выполнена работа по разработке устройства для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя. Разработанное устройство изоляции отработавших газов тепловозного двигателя содержит следующее оборудование (рисунок 1): предлагаемое устройство 1, карьерный тепловоз 2, соединительный патрубок 3, глушитель 4, выхлопной патрубок 5; тепловозный двигатель 6, центробежный нагнетатель 7, турбокомпрессор 8, компрессор 9, патрубок 10, накопительная емкость 11, холодильный агрегат 12, патрубок 10, обратный клапан 13, манометр 14, перепускной клапан 15, выпускной шланг 16, насадка с вентилем 17, сливной шланг 18, сливную трубу с вентилем 19.

Работа устройства для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя осуществляется следующим образом (рисунок 1):

– предлагаемое устройство 1 устанавливается в карьерный тепловоз 2, путем монтажа в соединительный патрубок 3 между глушителем 4 и выхлопным патрубком 5;

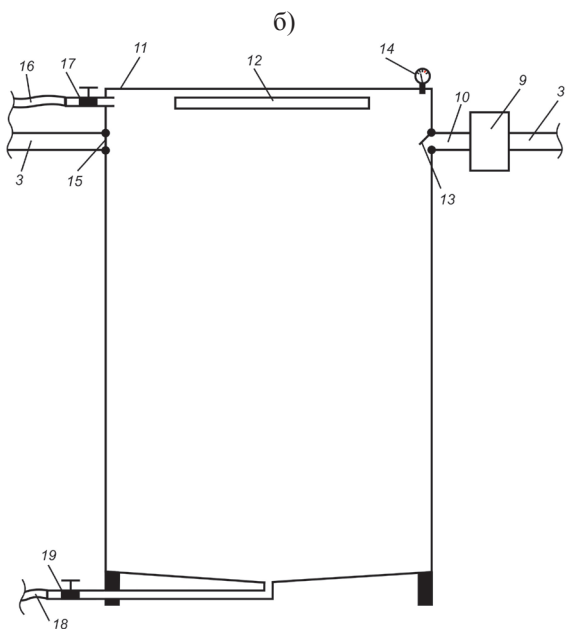
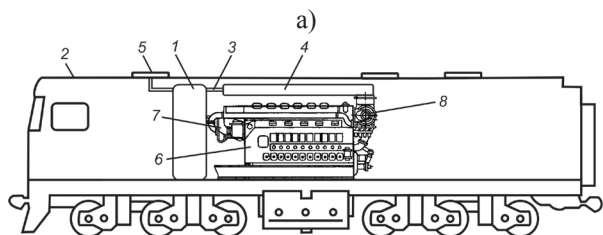


Рисунок 1 – Устройство для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя:

а) карьерный тепловоз с предлагаемым устройством;

б) устройство для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя

– при работе карьерного тепловоза воздух для тепловозного двигателя 6 засасывается из атмосферы через воздухоочистители, расположенные в боковых стенках кузова с обеих сторон тепловоза, центробежным

нагнетателем 7 через воздухоохладитель нагнетается в цилиндры тепловозного двигателя;

– продукты сгорания (выхлопные газы) из цилиндра отводятся через турбины турбокомпрессоров 8 в глушитель;

– из глушителя выхлопные газы через соединительный патрубок нагнетаются компрессором 9 через патрубок 10 в накопительную емкость 11 с холодильным агрегатом 12;

– в процессе работы тепловозного двигателя отработавшие газы собираются в накопительной емкости;

– для исключения возврата выхлопных газов в патрубок 10 накопительная емкость снабжена обратным клапаном 13;

– для контроля давления в накопительной емкости установлен манометр 14, показатели которого отражаются и на панели приборов в кабине водителя (на рисунке не показано);

– при достижении предельного давления в накопительной емкости выхлопные газы выпускаются через перепускной клапан 15 в соединительный патрубок;

– по окончании работы в карьере или заполнении накопительной емкости, тепловоз отправляется к месту специально оборудованном стандартными очистными установками для высвобождения и обезвреживания выхлопных газов;

– высвобождение накопительной емкости происходит путем выпуска отработавших газов по выпускному шлангу 16 через насадку с вентилем 17, и слив конденсированных газов по сливному шлангу 18 через сливную трубу с вентилем 19.

ВЫВОДЫ

Таким образом, предлагаемое устройство повышает экологическую безопасность карьерных тепловозов при работе тепловозного двигателя. В результате совершенствования устройства для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя, подана заявка на патент на полезную модель Республики Казахстан [8]. Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение экологической безопасности карьерных тепловозов при работе тепловозного двигателя. Этот технический результат достигается тем, что в устройство для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя внесены следующие изменения: в соединительный патрубок установлена накопительная емкость для выхлопных газов снабженная накопительной емкостью, компрессором, патрубком, холодильным агрегатом, манометром, насадкой с вентилем, сливной трубой с вентилем, сливным и выпускным шлангами, перепускным и обратным

клапанами. Для более высокой точности определения рациональных конструктивных параметров, необходимы детальные исследования с разработкой математических моделей и проведением экспериментов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Малыбаев, С. К., Рожков, А. В., Балабаев, О. Т.** Перспективы применения циклично-поточной и поточной технологий на открытых горных работах // Республиканский журнал «Труды университета». – 2006. – № 1.

2 www.erg.kz/tu/content/deyatel-nost/predpriyatiya-v-sostave-erg#6.

3 Методика расчета вредных выбросов (сбросов) и оценки экологического ущерба при эксплуатации различных видов карьерного транспорта // Министерство ООСиПР РФ. – М. : ИГД им. А. А. Скочинского, 1994. – 30 с.

4 **Булаев, В. Г.** Экологическая безопасность тягового подвижного состава. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2010. – 164 с.

5 Методические указания по определению влияния вредных выбросов от тепловозов на состояние атмосферного воздуха в районах железнодорожных станций и узлов // МПС СССР. – М. : МПС, 1987. – 41 с.

6 Авторское свидетельство, SU 1740714 A1 от 15.06.1992, F01N3/00.

7 Патент Российской Федерации, RU 2189462 C2 от 20.04.2000, F01N3/00.

8 **Ибатов, М. К., Кадыров, А. С., Балабаев, О. Т., Аскараров, Б. Ш.** Заявка о выдаче патента на полезную модель РК. МПК F01N3/00 «Устройство для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя».

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

М. К. Ибатов¹, А. С. Кадыров², О. Т. Балабаев³, Б. Ш. Аскараров⁴

Тепловоз қозғалтқышының пайдаланылған газдарын оқшаулауға арналған құрылғыны жетілдіру

^{1,2,3,4}Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

M. K. Ibatov¹, A. S. Kadyrov², O. T. Balabaev³, B. S. Askarov⁴

Improvement of the device for separation of exhaust gases of a locomotive diesel engine

^{1,2,3,4}Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада тепловоз қозғалтқышының пайдаланылған газдарын оқшаулауға арналған құрылғыны жетілдіру саласындағы авторлардың ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижесі көрсетілген. Ұсынылып отырған өнертабыс машина жасау және карьер тепловоздарын пайдалану саласына жатады және карьерлердің табиғи қоршаған ортасына тепловоз қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарының зиянды әсерін төмендетуге арналған. Бұл құрылғыға Қазақстан Республикасының пайдалы моделіне патент беру туралы өтініші жазылды.

This article presents the results of scientific research carried out by the authors in the field of improving the device for separating exhaust gases of a locomotive's diesel engine. The proposed development relates to the fields of mechanical engineering and operation of open-cut diesel locomotives and it is intended to reduce the harmful effect of exhaust gases of a diesel engine on the surrounding environment of pits. An application for a patent of the Republic of Kazakhstan for a utility model has been submitted for the developed device.

С. С. Исенов¹, С. А. Мендыбаев², А. Ә. Рахымов³

¹к.т.н., ассоц. профессор, декан, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³магистрант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: aidyn_grek.rim.93@mail.ru

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА НАГРУЗКИ ВЕНТИЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В статье рассмотрен тиристорный преобразователь, имеющий естественную токовую внешнюю характеристику. Выполнен анализ способов регулирования тока нагрузки преобразователя. Приведены временные диаграммы выходного тока, при структурном и широтном регулировании. Даны рекомендации при практическом использовании рассмотренных способов регулирования.

Ключевые слова: токопараметрический преобразователь, электротехнологические установки, широтное регулирование, энергетический показатель.

Одной из существующих на сегодняшний день проблем современного промышленного производства, является разработка новейших технологий и надежных преобразовательных устройств, обеспечивающих преобразование электрической энергии с высокими энергетическими показателями (КПД, коэффициент мощности, коэффициент нелинейных искажений и др.) [1].

Современное состояние промышленного производства характеризуется постоянным совершенствованием технологических процессов, что предъявляет все возрастающие требования к источникам питания постоянного тока, имеющими требуемые показатели энергосбережения.

Целый ряд потребителей требует регулирования выпрямленного тока, с возможностью его реверса. К таким потребителям относятся потребители электротехнологии (электролиз цветных металлов, дуговые печи, печи сопротивления и др.). Электротехнологические установки являются наиболее энергоемкими потребителями. В качестве источников питания таких установок широко используются полупроводниковые преобразователи с

характеристиками источников тока, позволяющие обеспечить высокую стабилизацию рабочего тока и возможность его реверса, в соответствии требованиями технологического процесса [2].

Среди существующих в настоящее время токовых вентильных преобразователей наиболее целесообразны для питания энергоемких потребителей токопараметрические преобразователи (ТПП). ТПП имеют естественную токовую характеристику и улучшенные энергетические показатели, за счет резонансной схемы параметрического источника.

Токопараметрический преобразователь (рисунок 1) состоит из параметрического источника тока (ПИТ), построенного на базе индуктивно-емкостного преобразователя и управляемых вентильных комплектов (ВК), включенных встречно-параллельно, что позволяет осуществлять реверс тока нагрузки. Вентильные комплекты собраны по схеме Ларионова, которая нашла наибольшее практическое применение благодаря своим достоинствам (отсутствие тока подмагничивания во вторичной обмотке трансформатора, улучшенная токовая загрузка вентилей, надежность и т.д.) [3].

Регулирование тока нагрузки токопараметрических преобразователей осуществляется:

- амплитудными методами;
- фазовыми способами;
- широтными способами.

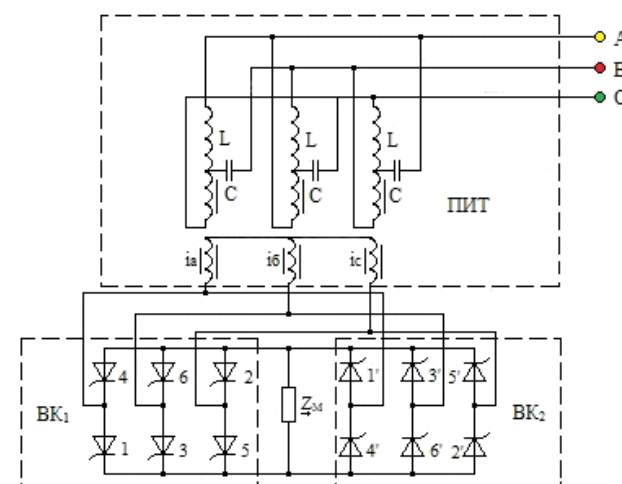


Рисунок 1 – Силовая схема токопараметрического преобразователя

Амплитудный метод реализуется:

- 1) изменением напряжения сети, путем использования дополнительного оборудования (автотрансформатора, потенциал – регулятора и др.);
- 2) одновременным изменением параметров резонансного контура параметрического источника;
- 3) изменением магнитной связи между индуктивными элементами параметрического источника;
- 4) изменением коэффициента трансформации, при неизменном токе первичной обмотки, в случае трансформаторного подключения нагрузки;
- 5) пересоединением элементов, входящих в схему токопараметрического преобразователя (структурный способ);
- 6) выполнением преобразователя в виде нескольких несвязанных блоков и подключением их к нагрузке в определенном сочетании (блочное регулирование).

Фазовый способ регулирования тока нагрузки осуществляется:

- 1) путем изменения угла проводимости, регулирующего элементатиристора, подключенного параллельно нагрузке в каждый полупериод тока сети (фазо-импульсный метод);
- 2) изменением соотношения участков передачи мощности в нагрузку и рекуперации, путем использования ключей,обладающих двусторонней проводимостью,собранных по мостовой схеме.
- 3) угол включения тиристоров α при этом может меняться в широких пределах,тем самым обеспечивая плавное регулирование тока нагрузки.

Регулирование тока нагрузки широтными средствами (ШИР) осуществляется, путем изменения длительности паузы в выходном токе нагрузки токопараметрического преобразователя [4, 5].

Широтное регулирование, при постоянном периоде регулирования может быть реализовано:

- 1) со стороны параметрического источника путем подключения тиристорных ключей параллельно первичной обмотке трансформатора;
- 2) внутренними средствами путем использования управляемых вентильных комплектов, тиристоры которых включаются в соответствии с алгоритмом работы.

Временные диаграммы, одного из вариантов амплитудного регулирования (структурный способ) и широтного регулирования (внутренними средствами), приведены на рисунках 2 и 3.

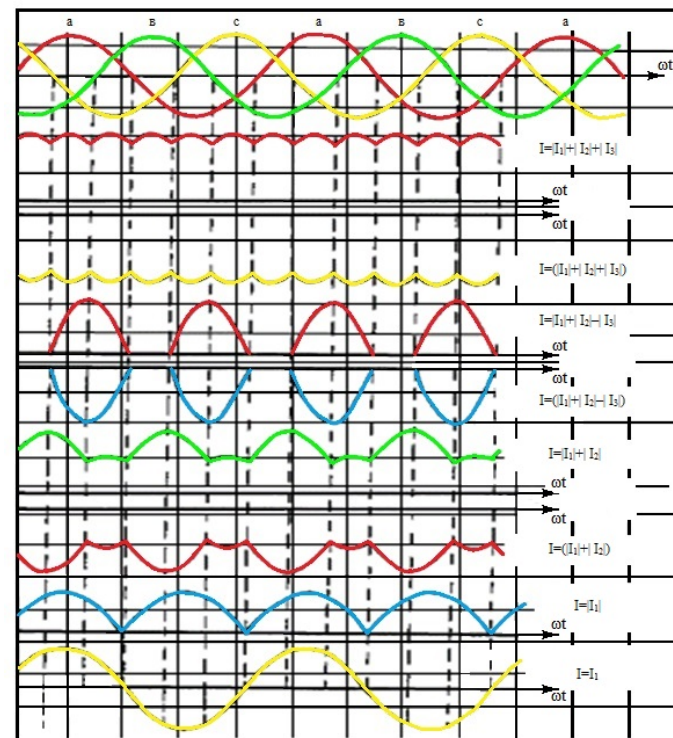


Рисунок 2 – Временные диаграммы тока нагрузки ТПП при структурном регулировании

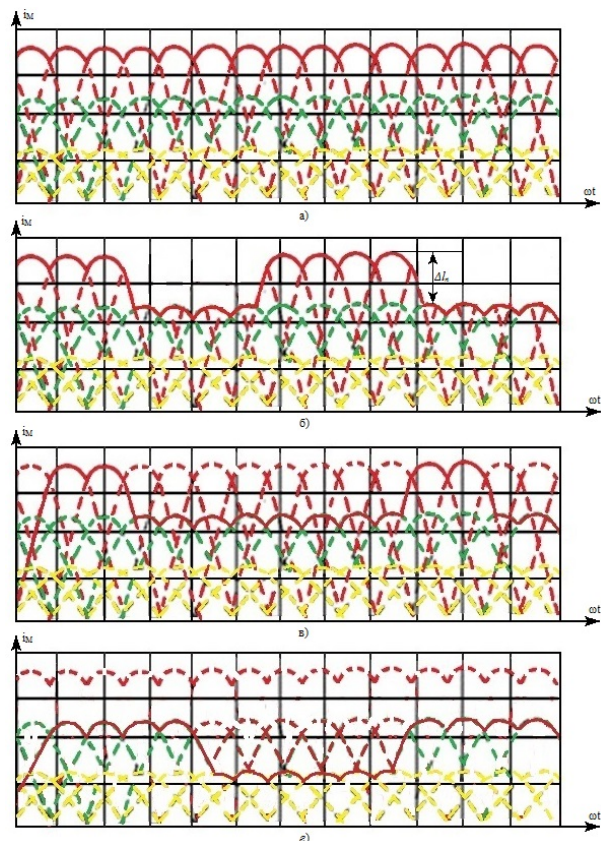


Рисунок 3 – Временные диаграммы тока нагрузки ТПП при широтном регулировании

Применение конкретного способа регулирования определяется видом потребителя, характером нагрузки, требуемыми энергетическими показателями и показателями энергосбережения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Семенов, Б. Ю. Силовая электроника. – М. : 2009.
- 2 Сукер, К. Силовая электроника. – М. : 2011.
- 3 Сальников, В. Г. и др. Тиристорная преобразовательная техника цветной металлургии. – М. : 1995.

4 Бидеев, А. Г. Анализ токопараметрических выпрямителей и разработка управляемых преобразователей с рекуперацией. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – М. : 1983.

5 Волков, И. А. Основы теории и расчета индуктивно-емкостных преобразователей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. – К. : Академия наук, 1983.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

С. С. Исенов¹, С. А. Мендыбаев², А. Рахымов³

Жүктеме тогынын вентильді түрлендіргішін реттеу тәсілдері

^{1,2,3}Энергетика факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

S. S. Issenov¹, S. A. Mendybaev², A. Rakhymov³

Ways of regulation of the load current valve of a converter

^{1,2,3}Energy Faculty,

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Мақалада табиғи ток сыртқы сипаттамасы бар тиристор түрлендіргіші қарастырылған. Конвертердің жүктеме тогын реттеу әдістерін талдау жүргізілген. Шығу тогының уақытша диаграммалары құрылымдық және ендік бақылаумен берілген. Берілген ұсынымдар тәжірибелік қолдану кезінде қаралған реттеу әдістері үшін.

In the article there is considered a thyristor converter with natural current external characteristics. The analysis of regulating methods of the load current of the converter is given. Shows time diagrams of the output current, at the structural and latitudinal regulation. Gives recommendations on the practical use of the considered control methods.

С. С. Исенов¹, Н. Н. Әлімханов²

¹т.ғ.к., қауымд. профессор, декан, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²магистрант, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы
e-mail: ²Nur_nurika@bk.ru

**ӨНДІРІСТІК КӘСІПОРЫННЫҢ БАС ҒИМАРАТЫНЫҢ
КІТАПХАНАСЫНДА ЖЫЛУ ЭНЕРГИЯСЫН
ҮНЕМДЕУГЕ АРНАЛҒАН ҰСЫНЫСТАРДЫ ӨЗІРЛЕУ**

Осы мақалада өндірістік кәсіпорынның бас ғимаратының кітапханасында жылу энергиясын азайту бойынша ұсыныстар берілді.

Жұмыстың алғашқы кезеңінде энергияны үнемдеу потенциалдарының ішінен ең үлкенін анықтап алу қажет, сонымен қатар, орнатылған потенциалдарды жүзеге асыру мақсатында энергияны үнемдеу эффектісі мен бір уақытта микроклиматтың нормативтік өлшемдерін қамтамасыз етіп тұруда қолданылатын әдістер мен құрылғылар, жабдықтар жиынтығынан тұратын энергияны үнемдеу жүйесінің жеткілікті құрамын да анықтау керек. Осыдан кейін баға мен алынатын нәтиженің үйлесімділігі критеріі бойынша энергияны үнемдеу жүйесін оңтайландыру процесі жүргізілуі тиіс.

Жобаның міндетін жалпылама түрде жылу энергиясын аз шығындай отырып өндірістік кәсіпорынның бас ғимараты кітапханасындағы микроклиматты қамтамасыз ету және жылу жүйесінің сапалы көрсеткіштері мен берілген энергетикалық мәндерін қамтамасыз етуде оңтайлы шешім іздеу деп алуға болады.

Ғимараттың энергия тиімділігі класы анықталды, бұл үшін ғимараттардың конструктивті, жылуэнергетикалық және энергетикалық параметрлерін анықтау үшін техникалық есептер жиынтығы жасалды. Энергия тиімділігі класы Е төменге сәйкес келеді. Ғимаратты оқшаулау ұсынылады.

Кілтті сөздер: кәсіпорын, энергия, ғимарат, техника, критерий, эффект, жүйе.

КІРІСПЕ

Аталған жұмыстың тақырыбы Қазақ агротехникалық университетінің бас ғимараты кітапханасындағы жылу энергиясын үнемдеу бойынша ұсыныстарды әзірлеу болып табылады. Жалпы оқу орнына бұрын жүргізілген энергетикалық зерттеулер барысында ғимараттың энергетикалық ұтымдылығының жеткіліксіздігінің жалпы және негізгі себептері айқындалған болатын. Оқу орнына ұсынылған энергияны үнемдеуге байланысты іс-шаралардың құны жоғары болғандықтан оларды жүзеге асыру тоқтап тұр. Соңғы жылдары оқу ғимараттарындағы энергетикалық шығындарды төмендету қарқынының жеткіліксіз болуына байланысты, ғимараттағы жеке бөлмелер мен олардың топтарындағы энергияны үнемдеуге байланысты егжей-тегжейлі іс-шаралар жоспарын жасау қажеттілігі туындап отыр. Бұл белгіленген қаражат мөлшерінде энергияны үнемдеу шараларын біртіндеп жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Осыған байланысты, аталған жұмыста бас ғимараттың кітапханасындағы микроклиматты қамтамасыз ету жүйесіне арналған жылу жүйесінің энергиясын үнемдеу бойынша орталықтандырылмаған іс-шаралар қарастырылды.

Жобаның міндетін жалпылама түрде жылу энергиясын аз шығындай отырып кәсіпорынның бас ғимараты кітапханасындағы микроклиматты қамтамасыз ету және жылу жүйесінің сапалы көрсеткіштері мен берілген энергетикалық мәндерін қамтамасыз етуде оңтайлы шешім іздеу деп алуға болады.

Энергияны тұтынуды төмендету – қазіргі таңда мемлекеттің алдына қойып отырған міндеттерінің бірі. Оған жету үшін Қазақстанда «Энергияны үнемдеу мен энергиялық ұтымдылықты арттыру туралы» және «Энергияны үнемдеу және энергиялық ұтымдылықты арттырудың мәселелері бойынша Қазақстан Республикасының кейбір заңнамалық актілеріне өзгерістер мен толықтырулар енгізу туралы» заңдар әрекет етеді. Елбасының тапсырысына сәйкес, энергияны үнемдеу саласында үкімет «Энергияны үнемдеу – 2020» бағдарламасын жасап жатыр. Сонымен қатар, «Энергия теңгерімі – 2020» бағдарламасы жасалуда.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Энергияны үнемдеу мен энергетикалық ұтымдылығын арттыру бойынша ұсыныстарды жасау аталған жұмыста жылу жүйесі мен бөлмелердегі микроклиматты қамтамасыз етуге арналған жалпы жоспар шеңберінде жүзеге асты. Энергияны үнемдеу шараларының жобасы техникалық-экономикалық талдау негізінде, концепция түрінде құқықтық, экономикалық, технологиялық аспектілер мен олардың өзара байланысын ескере отырып жасалды. Осы талдау негізінде жобаның техникалық шешімдерін тандаудың

мақсаттылығы критерийлері жасалды. Одан әрі, ғимараттың жекелеген бөлмелері үшін тәжірибе жүзінде аталған концепцияның жүзеге асуын қамтамасыз етуде пайдаланылатын құрылғылар мен технологияларға техникалық-экономикалық талаптар кешені жасалды.

Аталған жұмыстың мақсаты кітапханадағы микроклиматты ұйымдастыру шараларының өзара байланысты нұсқасын анықтау және энергиялық ұтымды құрылғыларды, және оны қолдануда энергияны үнемдеу режимдерін пайдалана отырып, өмір сүру қауіпсіздігін қамтамасыз ету талаптарын ескеріп, энергия және басқа да ресурстарды (қаржылық) неғұрлым аз шығындай отырып микроклиматтың нормативтік өлшемдерін ұстану болып табылады.

Нысан бойынша жалпы мәліметтер

Кесте 1 – Негізгі мәліметтер

Жобаның / ғимараттың / нысанның атауы		Өндірістік кәсіпорын			
Қала:	Астана	Көше:	Жеңіс даңғылы	Үй №:	
Ғимарат иесі:	Өндірістік кәсіпорын				
Ғимарат түрі (тұрғын үй, аурухана және т.б.):		Кәсіпорын ғимараты			
Тұрғызылған жылы:	1974	Тұрақты жұмыс үстінде (жылдан бастап):		1974	
Соңғы негізгі жөндеу жұмыстары/реконструкция мерзімі (ай, жыл):					

Кесте 2 – Климаттық мәліметтер

Климаттық мәліметтер					
Нысан:	Бас ғимарат Кітапхана бөлмесі				
Солтүстік ендік:	51,18	Шығыс бойлық:	71,4278	Теңіз деңгейінен биіктігі	347
Жылыту кезеңі (ЖК); басталуы	15.10	Аяқталуы: [күні/айы]	15.05	Градустәулік	6500
Суық кезеңнің ET (°C)	-30	Жылы кезеңнің ET : (°C)	25		
ЖК-гі желдің орташа жылдамдығы	4,5	ЖК-гі желдің басым бағыты			ОБ

Кесте 3 – Ғимарат эксплуатациясы

Эксплуатация және қызмет бойынша жауапты тұлға				
Тел.		Факс		E-mail

ЭжҚК бойынша жасалған келісім шарттар	Жауапты компания/ тұлға	ЭжҚК бойынша қолжетімді нұсқаулықтар
<input type="checkbox"/> Жылу жүйесі	«Теплотранзит» АҚ	<input type="checkbox"/> Жылу жүйесі
<input type="checkbox"/> Желдету жүйесі	-	<input type="checkbox"/> Желдету жүйесі
<input type="checkbox"/> Тұрмыстық жытқысмен жабдықтау жүйесі	-	<input type="checkbox"/> Тұрмыстық жытқысмен жабдықтау жүйесі
<input type="checkbox"/> Жарықтандыру жүйесі	Энергосбыт	<input type="checkbox"/> Жарықтандыру жүйесі
<input type="checkbox"/> Суыту жүйесі		<input type="checkbox"/> Суыту жүйесі
<input type="checkbox"/> Басқа		<input type="checkbox"/> Басқа

Кесте 4 – Санағыштар

Орнатылған есептегіштер	Орналасуы	Қызмет етеді (жылдан бастап)	Атауы / Түрі	Сериялық нөмірі	Есептеу коэф.
Электр	Қалқан		СА4 У	№250259	
			СА4 У	№175076	
			СА4 У	№948113	
			СА4 У	№559878	
Орталық жылумен жабдықтау (теплосчетч.)	Жертөле		ИМ 2300 микро	№5732 ТА 225	

Кесте 5 – Ішкі орта, адамдардың ғимаратта болу графигі мен жылыту

Ішкі ортаның қазіргі шарттары (нашар, қолайлы, жақсы) (poor, good, acceptable)		қолайлы		
Ішкі ауа температурасы	Өлшенген	Сыртқы ауа температурасында	Нормалар	
Ішкі ауа температурасы (°C)	24	-1		
Төмендетілген температура (°C)				

Графиктер	Жұмыс күндері	Сенбі	Жексенбі
Болу графигі (сағ/тәул)	12	6	-
Жылыту графигі (сағ/тәул)	24	24	24
Тұрақты мекендеушілер/ жұмысшылар	1539	Адам	
Уақытша мекендеушілер/ жұмысшылар/келушілер	100	Адам	
Мекендеушілердің орташа саны	1500	Болу графигі уақытындағы адамдар саны	

Кесте 6 – Ғимараттың қоршау конструкциялары

Еденнің жалпы ауданы (м²)	877,2	Кондицияланатын аймақ, (м²)	859,8
Жалпы көлемі (м³)	3070,2	Кондицияланатын көлем, (м³)	3009,3
Жобаланған аудан (м²)		Қабаттар саны	1
Еден периметрі (м)	150	Ғимараттың таза биіктігі (м)	3,5

Кітапхана, бөлмелер атауы мен олардың ауданы:

Оқу залы – 196,8 м²

Шет ел әдебиеті залы – 58 м²

Электронды ресурстар залы – 194 м²

Оқу залының қоры – 127 м²

Ғылыми әдебиет абонементінің қоры – 129 м²

Директордың кабинеті – 15 м²

Директордың орынбасарының кабинеті – 17 м²

Ғылыми-библиографиялық бөлім - 34 м²

Жасақтау бөлімі – 27 м²

Жасақтау бөлімі – 19 м²

Автоматтандыру бөлімі – 13 м²

Автоматтандыру бөлімі – 30 м².

Кесте 7 – Жылыту жүйесі

Жылуменқамтамасызтету жылууды өндіру	Әрекетте, (жылдан) бастап	1974
Жүйе түрі	Оргалықтандырылған жылумен қамтамасыз ету	
Автоматты реттеу	Жоқ	
Автоматты реттеу жағдайы	-	
Автоматты реттеу түрі	-	

Сброс температуры	жоқ
Кеңейту бағының түрі	ашық
Шығып кету	жоқ
Тарату жүйесі	Бір құбырлы
Толық қуаты, тарату жүйесі (кВт)	
П.э.к. /Тарату жүйесінің жағдайы	70%
Құбарлар материалы	болат 20
Теңгерімді тарату жүйесі	ия
Теңгерімдік қрандар	жоқ
Жылу тасымалдауыш	Су
T1/T2(°C)	70/45
Жылу окшаулау шарты	жоқ
Жылу окшаулау материалы	

Кітапханаға жылу беру жүйесі шойын радиаторлар. Барлық радиаторлар декоративті қаптаудың астына тығылып тұр. Радиаторларда теңгерімдік қрандар жоқ. Бөлмеде ауа температурасы жоғары 25 °С, бұл артық мөлшерегі жылытуды білдіреді. Кітапханаға жылу беру жүйесі реконструкцияны қажет етеді.

Энергия тиімділігін және энергияны үнемдеудің тиімділігін анықтау үшін энергия тиімділігі әлеуеті энергия тиімділігін арттырудың ең тиімді шарасы термостатикалық клапандарды орнату және радиаторларды осы қызметтің таза ағымдағы коэффициенті нөлден жоғары екенін көрсету болып табылады, бұл іс-шараның рентабельділігінің белгісі болып табылады. Жоспарланған шаралардан CO₂ шығарындыларын қысқарту жылына 322 тоннаны құрайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Есептелген көрсеткіштер нормативтік асып отыр (бюджет нақты шығындар тиісінше, асады), СН 2.04-21-2004 ҚР (2006) сәйкес жылыту энергетикалық құны 0,414 Вт аспауы тиіс / ғимараттар көп дегенде үш қабаттан (°С · м³). 862,3 кВтс / м² * жыл-жылу шығындары туралы есеп айырысу (ENSI және энергия тиімділігін есептеу) айтуынша ENSI сәйкес келеді 0,743 Вт / (°С м³ ·), болады. Яғни 79% стандартты мәні және төмен класс Е. Осылайша, мүмкін жылу шығындарын азайту үшін энерготіімді іс-шараларды әзірлеу қажет.

Жылу тұтынуды қажетті деңгейге дейін төмендету еденнің, қабырғалардың жылу окшаулауына, жылу жүйесін автоматтандыруға, энергия мониторингіне және жоғары сапалы жұмысқа (жүйелердің тиімділігін арттыру) байланысты мүмкін. Жеңіл тесіктердің (терезелер мен есіктер) жылу беру коэффициенті (U) 1.82–1.85 аралығында болады.

Келтірілген ұсынылатын ЭЭ іс-шаралар. Жалпы жинақ көлемі жылына 267,3 кВт / м³ немесе 230075 кВт / сағ құрайды. Кейіннен ұсынылған бюджет көлемі 1 ш.м. 639,3 кВт / сағ құрады. М, 17 % дейін. Энергия тиімділігінің В класының жарамдылығы жоғары (-10–30 % -дан).

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 [Электронный ресурс]. – <http://sk.kz/topblog/view/243>.
- 2 [Электронный ресурс]. – <http://www.zakon.kz/4479046-k-2015-godu-investicii-v.html>.
- 3 [Электронный ресурс]. – <http://www.trend.az/capital/business/1090327>
- 4 Жумабаев А. Предложения к расширению нормативно-правовой базы энергосбережения и энергоэффективности в экономике РК. [Электронный ресурс]. – <http://www.pandia.ru/text/77/12/52527.php>.
- 5 Комплексный план повышения энергоэффективности Республики Казахстан на 2012-2015 годы. [Электронный ресурс]. – <http://www.kazee.kz/userfiles/ufiles/kp.pdf>.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

С. С. Исенов¹, Н. Н. Алимханов²

Разработка рекомендаций по энергосбережению тепловой энергии в библиотеке главного корпуса производственного предприятия

^{1,2}Энергетический факультет,
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Астана, 010000, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 16.02.18.

S. S. Issenov¹, N. N. Alimkhanov²

Development of recommendations for thermal energy saving in the library of the production enterprise main building

^{1,2}Energy Faculty,
S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

В данной работе представлены рекомендации по снижению использования тепловой энергии в библиотеке главного корпуса производственного предприятия.

На начальном этапе работы необходимо определить наибольшие из имеющихся потенциалов энергосбережения, а также достаточный состав энергосберегающей системы, как совокупности устройств, оборудования и методик, применяемых в целях реализации установленных потенциалов и достижения энергосберегающего эффекта с одновременным обеспечением нормативных параметров микроклимата. Далее должен быть произведен процесс оптимизации энергосберегающей системы по критериям наилучшего сочетания стоимости и получаемого эффекта.

В общем виде задачу проекта можно сформулировать как поиск целесообразного варианта обеспечения заданных значений энергетических и качественных показателей систем отопления и обеспечения микроклимата помещения библиотеки главного корпуса предприятия при минимальном расходе тепловой энергии.

Определен класс энергетической эффективности здания, для этого выполнен комплекс технических расчетов по определению конструктивных, теплотехнических и энергетических показателей зданий. Класс энергоэффективности соответствует Е низкий. Рекомендуется утепление здания.

This paper presents recommendations for reducing the use of thermal energy in the library of the main building of the production enterprise.

At the initial stage of the work, it is necessary to determine the largest available energy conservation potential, as well as a sufficient composition of the energy saving system, as a set of devices, equipment and techniques used to realize the identified potentials and achieve an energy saving effect while ensuring the regulatory parameters of the microclimate. Next, the process of optimizing the energy-saving system should be made according to the criteria for the best combination of cost and the effect obtained.

In general, the task of the project can be formulated as the search for an expedient option to provide specified values of energy and quality indicators of heating systems and to ensure the microclimate of the library premises of the main building of the enterprise with a minimum consumption of thermal energy.

A class of energy efficiency of the building was defined, for this purpose, a set of technical calculations was performed to determine the constructive, heat engineering and energy parameters of buildings. Energy efficiency class corresponds to E low. It is recommended to insulate the building.

С. С. Исенов¹, А. Н. Төлеу²

¹к.т.н., ассоц. профессор, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²магистрант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ayan_toleu@mail.ru

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В
ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В научной статье рассмотрены проведенные в производственном помещении предприятия энергосберегающие мероприятия. Энергосберегающие мероприятия, рекомендованные в целом для производственного помещения предприятия, имеют большую стоимость, и их реализация сдерживается. В связи с недостаточностью темпов снижения энергетических затрат в производственных помещениях в последние годы, существует необходимость в разработке детализированных планов мероприятий по энергосбережению применительно к отдельным помещениям в здании и их группам. Это позволит реализовывать энергосберегающие мероприятия по частям в рамках имеющихся средств. В связи с этим, в работе рассматриваются децентрализованные мероприятия по энергосбережению системы электроснабжения в производственных помещениях предприятия. На основе полученных данных были разработаны рекомендации по экономии электрической энергии и мероприятия по замене осветительных приборов.

Ключевые слова: энергосбережение, энергетическая эффективность, анализ, энергоэффективное освещение, экономия электроэнергии

ВВЕДЕНИЕ

Развитие экономики Казахстана в 2000-х годах привело к устойчивому росту спроса на электроэнергию с 2001 г. в среднем на 4,9 % в год (за исключением 2008–2009 гг.). За 2001–2011 гг. производство

электроэнергии увеличилось на 49,2 %, а его потребление на 53,9 %. По итогам 2012 года потребление электроэнергии в республике составило 91,44 млрд кВт/ч, а производство – 90,24 млрд кВт/ч [1].

По данным Министерства Индустрии и новых технологий, увеличение спроса и предложения до 2020 г. составит 49 % и 53 %, соответственно. По прогнозам национального энергетического доклада KazEnergy к 2030 году ожидается рост этих показателей до 144,7 и 150,2 млрд кВт/ч соответственно, то есть на 58 % и 66 % [2].

Растущие потребности экономики Казахстана и населения в электроэнергии диктуют необходимость ввода новых электрических мощностей, что может быть достигнуто модернизацией и реконструкцией существующего оборудования электростанций, вводом новых энергоисточников. Но также развитие систем энергоснабжения может осуществляться одновременно с введением новых мощностей и путем энергосбережения.

По данным союза инженеров-энергетиков, в Казахстане энергозатраты более трех раз выше, чем в других развитых странах. К числу самых энергоемких сфер в Казахстане относятся металлургия, обрабатывающая промышленность и сама электроэнергетика. Так, в себестоимости одного барреля казахстанской нефти «сидят» 15 долларов только за электроэнергию, в других же странах – всего лишь 5–6 долларов. В списке Международного энергетического агентства в «лидерах» по энергозатратам значатся Казахстан, Россия, Украина [3].

Принятый в 13.01.2012 г. в РК Закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» дал определенный толчок движению в этом направлении. Документ разработан в соответствии с указом президента Казахстана «О дальнейших мерах по реализации Стратегии развития Казахстана до 2030 года». Законом предусматривается развитие правовой базы по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности, осуществлению финансирования мероприятий за счет бюджетов всех уровней [4].

По статистике, до 75 % используемых в Казахстане систем освещения малоэффективны, так как созданы по технологиям 70-х годов прошлого века. В настоящее время в Казахстане замене подвергается небольшое количество световых точек в разных сегментах, причем, только на уровне ламп, а не в полной системе. Между тем, полная замена устаревших осветительных приборов в домах, офисах, на торговых площадях и улицах может привести к экономии электроэнергии 57–80 %, при этом окупаемость инвестиций составляет от 2 до 5 лет. Возможности современной светотехники позволяют многократно снизить издержки

в потреблении электроэнергии. Итоговая экономия достигается за счет применения современных энергосберегающих ламп, автоматических систем включения и выключения осветительного оборудования. Также учитывается использование новой оптики в светильниках и использование электронных пускорегулирующих аппаратов [5].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Задачей данной научной статьи является определение таких вариантов организации освещения и микроклимата в производственном помещении предприятия, которые позволяют с использованием энергоэффективных источников и потребителей энергии, а также энергосберегающих режимов их применения, с учетом требований по обеспечению безопасности жизнедеятельности, соблюдать нормативные параметры с наименьшими затратами энергии и других ресурсов, включая финансовые. Комплекс инженерных решений, разработанных в данной работе, должен обеспечить реализацию общей концепции климатической системы и технические условия по ее воплощению на практике для конкретного объекта, в рамках возможного вида бизнес-плана.

На начальном этапе работы был определен достаточный состав энергосберегающей системы, как совокупности устройств, оборудования и методик, применяемых в целях достижения энергосберегающего эффекта с одновременным обеспечением нормативных параметров микроклимата. Далее был произведен процесс оптимизации системы по критериям наилучшего сочетания стоимости и получаемого эффекта.

Сведения по объекту сведены в таблицы 1, 2, 3.

Таблица 1 – Осветительные приборы

Осветительные приборы	Мощность ламп (Вт)	Кол-во ламп на светил. (шт)	Мощность светил. (Вт)	Кол-во светил. (шт)	Итого (кВт)	Тип управления/коммент./в действии с (год)/состояние
1	2	3	4	5	6	7
Лампы накаливания	100	5	500	1	0,5	Ручное
Люминисцентные лампы	40	2	80	58	4,64	Ручное
Люминисцентные лампы	20	4	80	109	8,72	Ручное
Итого				168	8,725	

Таблица 2 – Удельная мощность освещения

Освещение			
1	2	3	4
Всего, средняя удельная мощность (Вт/м²)	10,147	Период работы (ч/неделя)	40
Максимальная удельная мощность (Вт/м²)	10,147	Период работы (неделя/год)	54

Таблица 3 – Оргтехника

Прочее используемое	Кол-во (шт.)	Мощность единицы (Вт)	Общая мощность (кВт)	Удельная мощность (Вт/м²)	Период работы (ч/нед)	В действии с (год)
1	2	3	4	5	6	7
Компьютеры	60	190	11400	13,25	45	2009
Копировальные машины	5	35	175	0,203	30	2009
М/м проектор	2	230	460	0,535	15	2009
Принтер лазерный	5	439	2195	2,55	20	2009
Модем	1	2	2	0,0023	45	2009
Сканер	4	25	100	0,116	20	2009
СерверОКТА-Express DU422 Xeon E5-2600	2	800	1600	1.86	45	2015
Кондицио-нер	4	500	2000	2,326	В летнее время 6	
Итого			17 932	20,856		

Анализ потребления электрической энергии в натуральном и денежном выражении в помещении предприятия.

Динамика потребления электроэнергии приведена на рисунках 1, 2, 3.

Потребление электроэнергии в денежном и натуральном выражении представлено на рисунках 1, 2. Изменение средневзвешенной цены на потребление представлено на рисунке 3.



Рисунок 1 – Потребление электроэнергии в натуральном выражении по годам



Рисунок 2 – Потребление электроэнергии в денежном выражении по годам

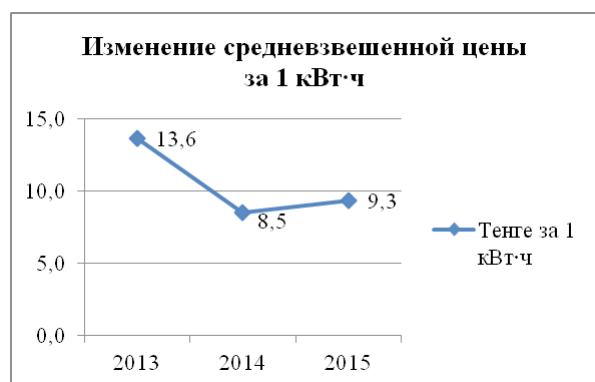


Рисунок 3 – Изменение средневзвешенной цены за потребление электроэнергии по годам

Анализ представленной информации на рисунках 1, 2, 3 показывает, что потребление электрической энергии за рассматриваемый период, то увеличивается, то уменьшается. В 2014 году зафиксировано увеличение потребления до отметки 416240 кВт·ч. В 2015 году снижение электропотребления до отметки 403463 кВт·ч. За отчетный год отклонение от среднего показателя потребления составляет – 28,9%. Наблюдается снижение, а затем небольшой рост средневзвешенной цены за потребление. За отчетный год в сравнении с показателями 2013 года цена снизилась на 31,6%.

Энергоэффективное освещение. Экономия электроэнергии может быть достигнута совершенствованием следующих средств освещения [4, 5]:

- расширением производства эффективных источников света и области их применения возможно получить экономию электроэнергии минимум 14 %;
- увеличением световой отдачи источников света – 6 %;
- повышением стабильности характеристик источников света – 3 %;
- повышением КПД осветительных приборов – 6 %;
- улучшением эксплуатационных свойств осветительных приборов – 3,5 %;
- снижением энергопотребления осветительных приборов, в частности благодаря использованию электронной пускорегулирующей арматуры (ЭПРА) – 1,5–2 %.

Совершенствованием способов освещения тоже можно достичь экономии электроэнергии:

- расширением области применения системы общего локализованного освещения – 6,5 %;
- при применении систем регулирования общего освещения в зависимости от уровня естественной освещенности – 4,5–7,5 %;
- расширением применения системы комбинированного освещения – 4 %.

Таблица 4 – Потенциал сохранения энергии.

Расчетный потенциал сохранения энергии					
Производственное помещение предприятия			Кондиционируемая площадь: 859,8 м²		
	1	2	3	4	5
ЭЭ мероприятия	Инвестиции [тг]	Чистая экономия		Окупаемость [лет]	КЧПС*
		[кВтч/год]	[тг/год]		
1 Установка датчиков движения в коридоре отдела комплектования	18360	13335	226703	0,1	49,13

2	Замена люми- несцентных ламп	180792	8060	137030	1,3	2,08
3	Монтаж приточной вентиляции	552516	4299	73083	7,6	-0,46
Итого по всем мероприятиям		751668	25694	436816	3	16,91

* При 7,4 % реальной ставке дисконтирования

* КЧПС – Коэффициент чистой приведенной стоимости, указывает на самое прибыльное мероприятие.

ВЫВОДЫ

Потенциал энергоэффективности для выявленных мероприятий по повышению энергоэффективности и реновации показал, что наиболее рентабельное энергоэффективное мероприятие является установка датчиков движения в коридоре отдела комплектования, замена люминесцентных ламп на энергосберегающие, так как коэффициент чистой приведенной стоимости у этих мероприятий выше нуля, что является признаком рентабельности мероприятия.

На основе проведенного анализа, для более эффективного применения энергосберегающих мероприятий, возможно использование датчиков движения, при использовании люминесцентных ламп T5, что позволит получить экономию электроэнергии на 82 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 [Электронный ресурс]. – <http://group-global.org/ru/publication/17558-gazvitiie-energoberegayushchey-deyatelnosti-v-kazahstane>.

2 [Электронный ресурс]. – <http://www.zakon.kz/4479046-k-2015-godu-investicii-v.html>.

3 [Электронный ресурс]. – <https://online.zakon.kz>, 2017.

4 [Электронный ресурс]. – <http://www.trend.az/capital/business/1090327.html>.

5 Проблемы энергосбережения в Казахстане, 2016.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

С. С. Исенов¹, А. Н. Төлеу²

Өндірістік кәсіпорынның электр энергиясын сақтау және тиімділігін арттыруға арналған ұсыныстарды дайындау

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақагротехникалық университеті,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

S. S. Issenov¹, A. N. Toleu²

Development of recommendations on energy saving and increase of energy efficiency in manufacturing enterprise

^{1,2}Energy Faculty,

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру жөніндегі ұсыныстарды әзірлеу, өндірістік кәсіпорын электрмен жабдықтау жүйелерінің бас жоспары аясында жүзеге асырылады. Өндірістік кәсіпорындарға ұсынылған энергия үнемдейтін іс-шаралар, тұтастай алғанда, құны барынша үлкен және оларды іске асырылуы тоқтатылып отыр. Соңғы жылдары өндірістік үй-жайлардың энергетикалық шығындарының қарқынды төмендетудің жеткіліксіздігіне байланысты, жеке үй-жайларға және олардың топтарына арналған энергия үнемдеу іс-шараларының егжей-тегжейлі жоспарын әзірлеу қажеттілігі бар. Бұл энергия үнемдеу іс-шараларын бөліп, бар қаражат шеңберінде, іске асыруға мүмкіндік береді. Осыған байланысты, жұмыста өндірістік үй-жайлардың электрмен қамтамасыз ету жүйесіндегі орталықтандырылмаған энергия үнемдеу шаралары қаралады. Жүргізілген талдау негізінде, егер энергия үнемдеу іс-шараларын толық қолданғанда, қозғалыс датчиктер қоса алғанда, онда люминисцентті T5 шамдарын пайдаланған кезде электр қуатын 82 % үнемдеуге болады.

The article gives the development of recommendations on energy saving and energy efficiency improvement implemented within the framework of the general plan for the power supply systems of the manufacturing enterprise. Energy-saving measures, recommended in

general for the production premises of the enterprise, have a high cost, and their implementation is constrained. Due to the inadequate rate of energy costs reduction in production facilities in recent years, there is a need to develop detailed plans for energy saving measures for individual premises in the building and their groups. This will allow implementing energy-saving measures in parts within the available means. In this connection, the work considers decentralized measures for energy saving of the power supply system in the production premises of the enterprise. Based on the analysis, if you use a full arsenal of energy-saving measures, including motion sensors, then using T5 fluorescent lamps, you can get an energy saving of 82 %.

ГРНТИ 61.01

Г. Ж. Исенова¹, Р. М. Несмеянова²

¹магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.х.н., ассоц. профессор (доцент), Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹issenova_g@mail.ru; ²nesm_r@mail.ru

О ЛАБОРАТОРНОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

В настоящей статье рассмотрен лабораторный метод определения активности катализатора каталитического крекинга. На основании поисковой и экспериментальной работы предложен способ загрузки микросферического катализатора крекинга в реактор для определения активности катализатора в лабораторных условиях на установке МАК-10 в соответствии с АСТМ 3907-03. В ходе проведения экспериментов по определению активности микросферического катализатора было подтверждено, что катализатор необходимо загружать в реактор вперемешку с кварцевой крошкой с размерами частиц 1 мм в соотношении катализатор:крошка 1:2. При таком способе загрузки была определена активность катализаторов Grace Nadius-222 (Германия) и КМЦР (Россия). Активность катализатора определяется по выходу бензина с концом кипения 200 °С, полученного при крекинге. Предложенный лабораторный метод определения активности катализатора позволяет получать результаты, аналогичные результатам при эксплуатации катализаторов на промышленной установке.

Ключевые слова: каталитический крекинг; микросферический катализатор; активность катализатора; метод определения.

ВВЕДЕНИЕ

Каталитический крекинг – термочаталитическая переработка нефтяных фракций с целью получения компонента высокооктанового бензина, легкого

газойля и непредельных жирных газов. Каталитический крекинг – один из важнейших процессов, обеспечивающих глубокую переработку нефти [1]. Это процесс, позволяющий из малоценного тяжёлого сырья получать высококачественный компонент автобензина с октановым числом 93-95 (ИМ) и ДТ – с ЦЧ 40–45 единиц.

За длительный период своего развития, начиная с тридцатых годов двадцатого столетия, каталитический крекинг значительно совершенствовался как в отношении способа контакта сырья и катализатора (в стационарном слое, в движущемся слое шарикового катализатора, в «кипящем» слое микросферического катализатора в аппаратах с лифт-реактором), так и в отношении применяемых катализаторов (таблетированные на основе природных глин, шариковые синтетические алюмосиликаты, микросферические алюмосиликаты, в том числе цеолитсодержащие [2].

Каталитический крекинг проводят в прямоточных реакторах с восходящим потоком микросферического катализатора (лифт-реакторах) или в реакторах с нисходящим компактным слоем шарикового катализатора.

Используется цеолитсодержащий микросферический катализатор (размер частиц 35–150 мкм). Площадь поверхности 300–400 м²/г. Он представляет собой крекирующий цеолитный компонент, нанесенный на аморфную алюмосиликатную матрицу. Содержание цеолита не превышает 30 %. В качестве цеолитного компонента используется ультрастабильный цеолит Y, иногда с добавками цеолита ZSM-5 для увеличения выхода и октанового числа бензина. Ряд компаний при приготовлении катализатора также вводят в цеолит редкоземельные металлы. В катализаторе крекинга также содержатся добавки, уменьшающие истирание катализатора, а также промотеры дожига CO, образующегося в регенераторе при выжиге кокса, до CO₂ [1].

Для определения каталитической активности катализаторов крекинга используются различные традиционные методы в реакторах с неподвижным слоем катализатора.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Используемые стандартизированные методы определения каталитической активности катализаторов не всегда являются точными. Использование данных методов не является точным, поскольку с его помощью оценивают поведение катализаторов на установках каталитического крекинга с движущимся или кипящим слоем катализатора. При этом принципиальное значение имеет определение объемной скорости через объем катализатора, который используют на установке с неподвижным слоем, зависимость выхода бензина от степени превращения сырья и соотношение катализатор/сырье

[3]. Методы определения активности катализаторов ASTM 3907 и ОСТ 38-01161-78 охватывают свойства катализатора, которые можно использовать в качестве индикаторов, чтобы показать близость к свойствам равновесного катализатора. Эта методика особенно полезна, когда проверяют, как различные типы катализаторов могут работать в конкретных установках при условии отсутствия возникновения изменений других параметров (скорости добавки катализатора, температуры регенератора, уровня загрязнения металлами и т.д.).

Согласно методу определения активности по ASTM 3907 «Стандартный метод испытаний катализаторов флюид-каталитического крекинга (ФКК) посредством теста на микроактивность» [4]. Активность катализатора определяется по выходу бензина с концом кипения 200 °С, полученного при крекинге. Загрузку катализатора в реактор осуществляют следующим образом. Взвешивают три равные порции при загрузке в реактор 15 г катализатора. На дно реактора помещают стеклянную вату, поверх которой засыпают кварцевую крошку. Катализатор загружают слоями, между которыми засыпают кварцевую крошку в таком количестве, чтобы расстояние между слоями было 15-20 мм. Свободное пространство реактора заполняют кварцевой крошкой и закрывают небольшим количеством стеклянной ваты. Недостатком данного метода является небольшой объем реакционной зоны (15 г), малое время подачи сырья (10 мин), а также способ загрузки катализатора. Оценка проводится на основании преобразования массовой доли газойля в единицы микроактивности. При загрузке катализатора слоями наблюдается неравномерное распределение слоя катализатора, вследствие чего возникают большие погрешности при определении активности. На основании этого было высказано мнение [3], что имеет смысл изменение способа загрузки катализаторов и инертных материалов в объем реактора.

Опираясь на данные исследований [3] для определения активности катализаторов каталитического крекинга установки типа Г-43-107 с прямоточным лифт-реактором с псевдосжиженным слоем микросферического катализатора были приняты следующие решения.

При выполнении эксперимента используются микросферические катализаторы Grace Nadius-222 и КМЦР. Проба катализатора крекинга в ректоре с неподвижным слоем контактирует с газойлем. Крекированные жидкие продукты проходят анализ на предмет наличия непреобразованного материала, после чего рассчитывается степень преобразования [4]. Исследование проводится в вертикальном проточном реакторе, изготовленном из легированной стали и имеющем цилиндрическую форму постоянного сечения (объем реактора 700 см³). Нижний и верхний слой реактора (по 250 см³) загружается инертной насадкой (керамические шарики и кварцевая

крошка с размерами частиц 3 мм). Катализатор, объемом 30 см³, загружается вперемешку с кварцевой крошкой с размерами частиц 1 мм (60 см³).

В качестве сырья используется вакуумный газойль ($\rho_c = 0,886$ г/см³). Объемная скорость подачи сырья $\omega = 4$ ч⁻¹. Температура в реакторе $t = 500$ °С. Время проведения процесса каталитического крекинга составляет $\tau = 50$ мин. В течение 75 с газойль из шприца подается под напором на 4 г катализатора в реакторе с неподвижным слоем. Используют печь с тремя зонами: средней зоной длиной 150 мм, а также верхней и нижней зонами длиной 75 мм. Слой катализатора с инертной насадкой помещают в средней зоне. Жидкие продукты собираются в приемнике и хранятся при температуре водного льда. Для анализа жидкого продукта рекомендуется использовать оборудование газовой хроматографии [5].

Активность катализатора определяется по выходу бензина с концом кипения 200 °С, полученного при крекинге. Активность катализатора Grace Nadius-222 составила 72,1 %, КМЦР – 67,3 %.

ВЫВОДЫ

В ходе проведения экспериментов по определению активности микросферического катализатора была определена активность катализаторов Grace Nadius-222 и КМЦР на лабораторной установке, включающей предложенные изменения. Было подтверждено, что катализатор целесообразно загружать в реактор вперемешку с кварцевой крошкой с размерами частиц 1 мм в соотношении катализатор:крошка 1:2. Действительно, при данном способе загрузки реактора наблюдается более равномерное распределение объема катализатора по длине реактора, что повлечёт за собой меньшую погрешность при определении активности, кроме того в процессе наблюдается более высокая объемная скорость подачи сырья. При таком способе загрузки лабораторный метод определения активности катализатора действительно позволяет получать результаты, аналогичные результатам активности катализаторов, эксплуатирующимся на промышленной установке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Технологии. Каталитический крекинг [Электронный ресурс]. – https://neftegaz.ru/tech_library/view/4268-Kataliticheskiy-kreking

2 Борзаев, Х. Х. Каталитическая переработка тяжелого углеводородного сырья с предварительным электромагнитным воздействием. 02.00.13 – Нефтехимия. ФГБОУВПО «Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина». – М. : 2015.

3 Ганеев, Г. Г., Амирханов, К. Ш. Оптимизация лабораторного метода определения активности катализаторов каталитического крекинга. Башкирский химический журнал. – 2012. – Т. 19. – № 1. – С. 128–129.

4 ASTM 3907 «Стандартный метод испытаний катализаторов флюид-каталитического крекинга (ФКК) посредством теста на микроактивность». Методы испытаний.

5 Елшин, А. И. Разработка и внедрение современной технологии каталитического крекинга на установке ГК-3 // Нефтепереработка и нефтехимия / А. И. Елшин, Б. З. Соляр, Л. Ш. Глазов. – 2005. – № 6.

6 Хаджиев, С. Н. Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах / С. Н. Хаджиев, Ю. П. Суворов, В. Р. Зиновьев. – М. : Химия, 1982.

7 Елшин, А. И. Разработка и внедрение современной технологии каталитического крекинга на установке ГК-3 // Нефтепереработка и нефтехимия / А. И. Елшин, Б. З. Соляр, Л. Ш. Глазов. – 2005. – № 6.

8 New FCC Catalyst // Hydrocarbon Processing. – 2006. – № 3.

9 Стандарт ОСТ 38-01161-78 «Катализаторы крекинга микросферические и молотые. Методы испытаний».

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Г. Ж. Исенова¹, Р. М. Несмеянова²

Каталитикалық катализаторлардың белсенділігін анықтауға арналған лабораторлы әдіс бойынша

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

G. Z. Issenova¹, R. M. Nesmeyanova²

On the laboratory method for determining the activity of catalytic craking catalysts

^{1,2}Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Осы мақалада каталитикалық крекинг катализаторының қызметін анықтау үшін зертханалық әдіс қарастырылған. Зерттеу және эксперименталды жұмыс негізінде, ASTM 3907-03 сәйкес

МАК-10 қондырғысында зертханада катализаторлық қызметті анықтау үшін реакторға микроскопидальды крекинг катализаторын зарядтау әдісі ұсынылған. Микросфера катализаторының жұмысын анықтау үшін эксперименттер барысында катализатор катализатордың қатынасында 1 мм мөлшеріндегі кварц чиптерімен араласқан реакторға жүктелуі тиіс екендігі расталды: 1:2. Осы жүктеме әдісімен Grace Nadius-222 (Германия) және KMCR (Ресей) катализаторларының белсенділігі анықталды. Катализатордың қызметі крекинг нәтижесінде алынған 200 °С қайнау температурасы бар бензиннің шығуымен анықталады. Катализатордың қызметін анықтаудың ұсынылатын зертханалық әдісі өнеркәсіптік зауытта катализаторлардың жұмысымен алынған нәтижелерге ұқсас нәтижелер алуға мүмкіндік береді.

In this paper, a laboratory method for determining the activity of a catalytic cracking catalyst is considered. Based on the exploratory and experimental work, a method of charging a microspheroidal cracking catalyst to a reactor for determining the catalyst activity in a laboratory at an MAK-10 facility in accordance with ASTM 3907-03 is proposed. During the experiments to determine the activity of the microsphere catalyst, it was confirmed that the catalyst must be loaded into the reactor mixed with quartz chips with particle sizes of 1 mm in a ratio of catalyst: crumb 1:2. With this loading method, the activity of the catalysts Grace Nadius-222 (Germany) and KMCR (Russia) was determined. The activity of the catalyst is determined by the yield of gasoline with a boiling point of 200 °C obtained by cracking. The proposed laboratory method for determining the activity of the catalyst allows one to obtain results similar to those obtained with the operation of catalysts in an industrial plant.

SRSTI 44.29.01

**A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³,
V. P. Markovsky⁴, A. P. Kislov⁵**

¹general manager, JSC «MC SEZ HimPark Taraz», Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²manager, JSC «KazTransGaz», Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Candidate of technical sciences, Pro-fessor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴candidate of technical sciences, professor, head of the department of «Power Engineering», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan;

⁵candidate of technical sciences, professor, dean of the Faculty of Energy, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan
e-mail.ru: argin_intel@mail.ru

LARGE CURRENT RECTIFIERS WITH POWER SEMI-CONDUCTORS

In the article there are reviewed, large current rectifiers with power semiconductors for electrolyzers, applications requiring large DC currents, main requirements and specifications thyristor phase-controlled rectifiers, 12-pulse rectifier, chopper-rectifiers etc. There is also considered the history of thyristor rectifiers development, detailed description circuits of power cell, rectifier schemes, tables of typical DC ratings for industrial applications requiring large current rectifiers, list of advantages and disadvantages of thyristor rectifiers, important aspects in the operation of rectifiers, all the features of chopper-rectifiers, its basic waveforms, technologies in the industrial application of large currents, all made conclusions about rectifiers as consumers of electrical energy and important role of harmonics.

Keywords: large current rectifiers, kiloamper, power semi-conductors, electro- chemical, electrowinning, dc arc furnaces, plasma torches, rectifier systems, aluminum plants.

INTRODUCTION

Large current rectifiers (kiloamperes) with power semi- conductors have approximately 50 years of development, with applications in several important processes like electro- chemical, electrowinning, dc arc furnaces, plasma torches, etc [1–3].

Today, rectifier systems with more than 300 kA and a power in the range of hundreds of megawatts are used in aluminum plants. Such units impose critical demands on the operation of the utility delivering the electrical energy to such large rectifiers. In addition, economic reasons are increasing the power of rectifier units to even higher levels.

The limit in these rectifiers, as in all electrical equipment, is established by the capability to dissipate the losses appearing, in this case, in the power semiconductors. In fact, a single thyristor used in a large current rectifier can have more than 1000 W of losses, which are dissipated with water cooling. The losses are so important that they usually are considered in the economic evaluation of large current rectifiers.

Reliability is also a critical issue to be considered in the operation of these large units due to their important impact on the production of the plant.

For several years, thyristor rectifiers have been the dominant technology in large current rectifiers. However, the advent of high-current insulated gate bipolar transistors (IGBTs) has permitted the introduction of a new alternative called a chopper-rectifier, which uses a combination of diode rectifiers and power transistors to generate large controlled currents [4–7].

This paper summarizes the working principles and main characteristics of the most important thyristor and chopper-rectifiers. The requirements and specifications necessary to work with these units are clearly established. The following sections also include a system comparison of both technologies considering harmonics, reliability issues, and efficiency. In addition, the analysis of the pulsewidth-modulated current-source rectifier (PWM-CSR) as a future alternative for large current rectification is presented.

Several companies consider that there is not enough field experience with chopper-rectifiers to be used in applications requiring high levels of reliability. A review of chopper-rectifiers currently in operation has been included, to show the present level of field experience with this technology.

APPLICATIONS REQUIRING LARGE DC CURRENTS

There are a variety of industrial processes that require large dc currents and, hence, make use of large current rectifiers. Among other considerations, the choice of rectification technology is driven by the application requirements. Therefore, it is useful to review the main applications and their characteristics.

Table 1 – Typical dc ratings for industrial applications requiring large current rectifiers

Rectifier application	Current, kA	Voltage (DC, V)
Chemical electrolysis	5-150	40-100
Aluminium potline	10-300	<1300

Graphitizing Furnace	50-130	600-1150
DC Arc Furnace	20-120	50-250
Zinc Lead, etc electrolysis	5-100	100-1000
Copper refining	10-50	40-350
Plasma Torch	1-10	500-1200

Among the most common applications for large current rectifiers are those in the electrochemical industry such as chlorine processes and in the metallurgical industry such as electro winning/refining of copper and other nonferrous metals and pot lines in aluminum smelting plants. Another common group of applications is where a rectifier is used to generate and maintain an electric arc, examples of this are dc arc furnaces and plasma torches. These applications are characterized by a high initial voltage requirement to establish the arc and a much lower voltage in normal operation. This results in oversized rectifier transformers and demanding current controllers. Typical ratings for the dc current and voltage for the above-mentioned applications [5] are summarized in Table 1.

MAIN REQUIREMENTS AND SPECIFICATIONS

The main requirement for a rectifier from the load side is that it must have the capability to deliver a controlled dc current in a range of 0%–100% of rated value. In general, no additional requirements are applied to the quality of current ripple, which is acceptable for most processes.

On the other hand, the main requirements and specifications regarding the interaction with the power supply are the following.

- The first is high power factor (PF), usually $PF > 0,95$. This originates the need to use compensation of reactive power in rectifiers with thyristors.
- The input current harmonics must comply with national standards or recommendations, for example, IEEE 519–1992.

Additional requirements related to the inner operation of the rectifier are as follows.

- One requirement is high efficiency (usually $>97\%$) due to the large power and need to dissipate out the losses.
- High reliability is required to avoid unexpected downtimes. This is one of the most important specifications which is satisfied by oversizing the power semiconductors in current and voltage. Usual engineering practice is the requirement of n-1 redundancy for thyristors. This means that the rectifier must continue its normal operation at rated current even when one thyristor fails.

- The refrigeration of transformers and semiconductors is a key issue in the operation of large rectifiers and for this reason, the use of redundant cooling systems is mandatory.

THYRISTOR PHASE-CONTROLLED RECTIFIERS

Thyristor rectifiers with phase control are the most used technology in the industrial application of large currents. Fig. 1 presents the single-way 12-pulse topology with interphase reactors, known as ANSI 45-46. This topology is widely used for low-voltage applications [6]. Fig. 2 presents the 12-pulse bridge rectifier, known as ANSI 25-26, which is used for high-voltage applications. It is important to note that these rectifiers have, in general, high efficiency (approximately 97%). The working principles of these rectifiers are clearly explained in classical textbooks and will not be included here [1].

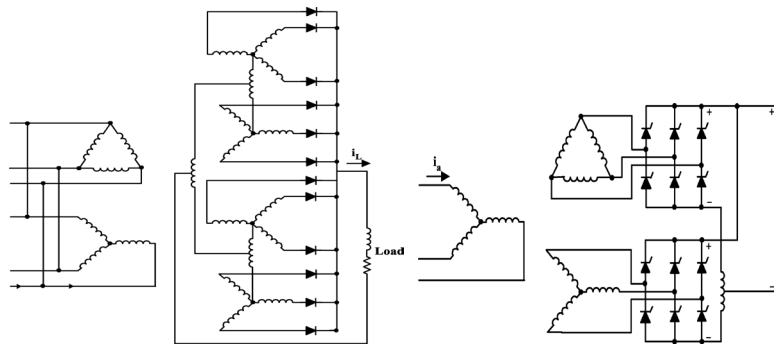


Figure 1 – 12-pulse rectifier single-way (ANSI 45–46)

Figure 2 – 12-pulse rectifier bridge (ANSI 25–26)

A very important aspect in the operation of these 12-pulse rectifiers is the generation of harmonics in the input current. Another important issue is the generation of reactive power due to operation with variable firing angle α . A compensation of this reactive power is mandatory today. To reduce the angle in thyristors rectifiers, hence, reactive power, on-load tap changers in the transformer primary are normally used. However, this adds mechanical mobile parts and increases maintenance requirements.

Fig. 3 presents the input current i_o of a 12-pulse rectifier, which contains harmonics of orders $12k \pm 1$ (11, 13, 23, 25, ...). It is usual to use passive power filters to reduce the current harmonics introduced by the rectifier to the power system. Fig. 4 shows a typical filter configuration for 12-pulse rectifiers with two branches tuned to harmonics 11 and 13, and an additional high-pass filter.

In general, the main advantages of thyristor rectifiers are as follows:

- high efficiency;
- high reliability;
- good control of load current;

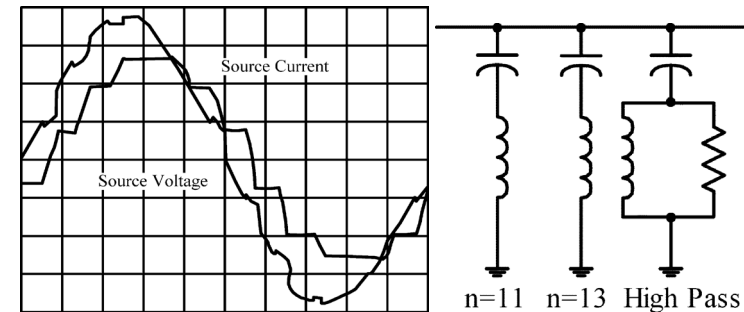


Figure 3 – Input current of a 12-pulse thyristor rectifier

Figure 4 – Harmonics filter for a 12-pulse rectifier

- reduced costs;
 - mature technology.
- Their disadvantages are the following:
- generation of reactive power;
 - generation of current harmonics;
 - use of power filters;
 - current ripple.

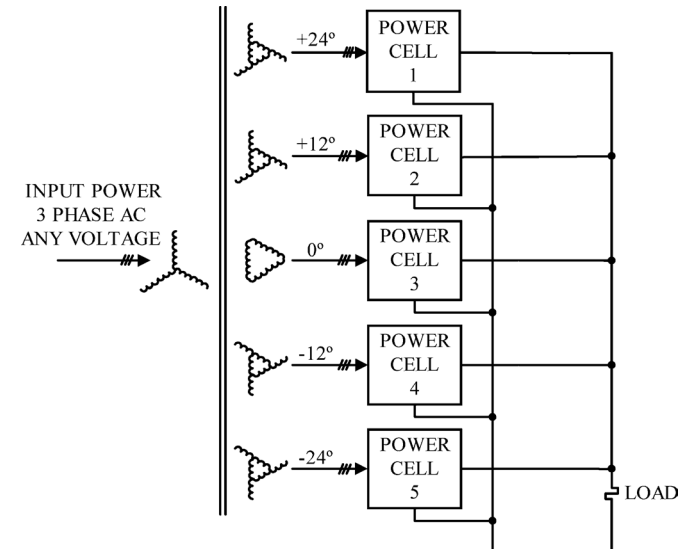


Figure 5 – Chopper-rectifier to 30 pulses

CHOPPER-RECTIFIERS

The development of large current IGBTs led to the creation of a circuit called a chopper-rectifier, shown in Fig. 5. This circuit uses several cells connected in parallel to generate high currents in the load. Each cell, shown in Fig. 6, has a three-phase diode rectifier at the input side and three transistor choppers operating in parallel through small reactors at the output side. Each of these single choppers corresponds to the basic topology shown in Fig. 7. The waveforms of Fig. 8 explain very clearly the working principle of a single chopper. The switching frequency choice is a tradeoff between reduction of dc current ripple and reduction of the switching losses. Typically, the switching frequencies range between 1–2 kHz, which is an improvement compared to a six-pulse rectifier with an equivalent ripple frequency of 300 Hz [4, 7]. Through distributed commutation of the different choppers, an increase in the effective switching commutation as see by the load is achieved, obtaining a load current with a much reduced ripple, while still operating at the same relatively low switching frequency. The control of this new converter is extremely simple, even simpler than the control of a line-commutated controlled rectifier with thyristors.

The input transformer has several secondary windings to supply isolated voltages to the different cells. An important cancellation of harmonics can be obtained by shifting these secondary voltages appropriately, as shown in Fig. 5. With this technique, the input current of the chopper-rectifier can be highly sinusoidal with a total harmonic distortion (THD) of 2–5 % (see Fig. 9; note that it is referring to a 30-pulse rectifier). This is a major advantage, because high-current rectifiers are usually the biggest consumers of electrical energy in the plant and, for this reason, special attention has to be paid to harmonics. It is an usual engineering practice in thyristor rectifiers to do a complete harmonic study with computer analysis, filter design, and measurements with costly equipment. All this could be avoided with chopper-rectifiers of an adequate number of pulses.

Other attractive features of chopper-rectifiers are as follows:

- operation with high and almost constant PF (0,95) for all load currents;
- operation with n-1 redundancy;
- fast current dynamic response;
- flexibility and cost savings when processes require large changes in load;
- peak currents inhibit and trip operation, increasing reliability; this is originated by the rapid response of the IGBT's, which can turn off short circuit currents in a few microseconds;
- less downtime because of elimination of mechanical parts (input transformer taps);
- transformer design to maximum power while thyristors need design for maxim voltage and maximum current;

Some disadvantages are as follows:

- higher losses than thyristor rectifiers in low-voltage operation;
- higher number of semiconductor components.

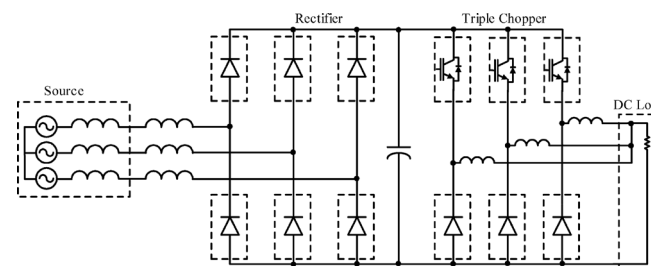


Figure 6 – Circuit of a power cell

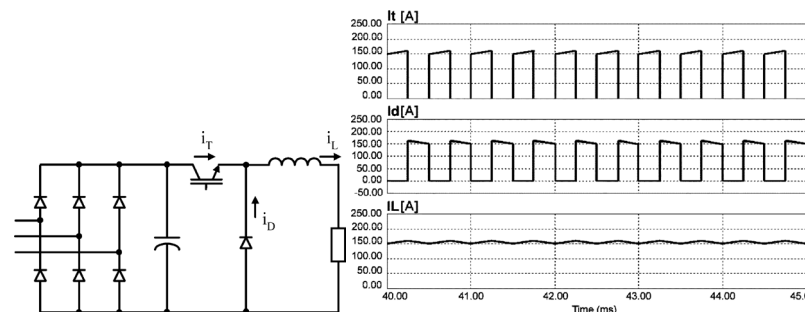


Figure 7 – Basic chopper circuit

Figure 8 – Basic chopper waveforms

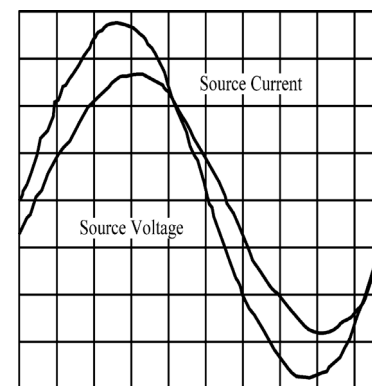


Figure 9 – Input current of a 30-pulse chopper-rectifier

CONCLUSION

Through distributed commutation of the different choppers, an increase in the effective switching commutation as see by the load is achieved, obtaining a load current with a much reduced ripple, while still operating at the same relatively low switching frequency. The control of this new converter is extremely simple, even simpler than the control of a line-commutated controlled rectifier with thyristors.

High-current rectifiers are usually the biggest consumers of electrical energy in the plant and, for this reason, special attention has to be paid to harmonics.

REFERENCES

1 **Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А.** Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. – Saarbrücken, Germany : Изд. Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 461 с.

2 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Govorun, V. F., Shapkenov, B. K., Volgin, M. E., Padrul', N. M., Zhumadirova, A. K.** Fault reconfiguration paradigm for the cascaded H-bridge multilevel inverter drive // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сб. докл. 4-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках выстав. «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение» (Екатеринбург, 26–28 мая 2015 г.) / науч. ред. Ф.Н. Сарапулов. – Екатеринбург : Издательство УМЦ УПИ, 2015. – 238 с., – С. 125–128.

2 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K.** Symmetrical and unsymmetrical regimes of cascaded H-bridge M-level inverter // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сб. докл. 4-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках выстав. «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение» (Екатеринбург, 26–28 мая 2015 г.). – Екатеринбург : Издательство УМЦ УПИ, 2015. – 238 с. – С. 118–120.

3 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P.** Multilevel inverter using variable switching frequency cascaded carrier based on PWM techniques // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – № 4. – 2015. – С. 44–60.

4 **Markovski, V. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter // Zürich, Schweiz : Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials». – 2015, 15–18 Juni. – P. 251–258.

5 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults. Zürich, Schweiz : Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials», 2015, 15–18 Juni. – P. 258–271,

6 **Kislov, P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter // VII Международная научная конференция молодых ученых «Электротехника. Электротехнология. Энергетика», Новосибирск, Россия : – 9–12 июня. 2015, – С. 67–74,

7 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults // VII «Applied Mechanics and Materials» – Новосибирск, Россия : 2015, 9–12 июня, с. 75–88,

Material received on 16.02.18.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵

Энергияның жартылай өткізгіштері бар үлкен ағымды түзеткіштер

¹«ХимПарк Тараз» АЭА БК» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5}Энергетикалық факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵

Большие токовые выпрямители с силовыми полупроводниками

¹АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз»,

г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²АО «КазТрансГаз»,

г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

^{3,4,5}Энергетический факультет,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова,

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Мақалада жартылай өткізгіштер күш беретін электролизерлер үшін тоқтың қуатты түзеткіштері, қолдану облысы, тұрақты кернеуді талап ететін үлкен тогы, түзеткіштің басқарылатын тиристорлы техникалық сипаттамалары мен негізгі талаптары, 12-импульстік түзеткіштер және т. б. қарастырылады. Сондай-ақ, қарастырылды; тиристорлы түзеткіштердің дамуы, қоректендіру

элементтерінің схемаларына егжей-тегжейлі сипаттау берілді, түзету схемалары, өнеркәсіп үшін тұрақты тоқты қолдану түзеткіштердің сипаттамалар кестелері, үлкен тоқ түзеткіштері, тиристорлы түзеткіштердің артықшылықтары мен кемшіліктері жұмыста түзеткіштердің, маңызды аспектілері, түзеткіштердің барлық функциялары, олардың негізгі сигналдары, үлкен токтарды өнеркәсіптік технологиясында қолдану, электр энергиясының тұтынушылары ретінде түзеткіштерге қорытындылар жасалды және гармониктің атқаратын маңызды ролі атап өтілді.

В статье рассмотрены мощные выпрямители тока с силовыми полупроводниками для электролизеров, область применения, требующие больших токов постоянного напряжения, основные требования и технические характеристики тиристорных управляемых выпрямителей, 12-импульсные выпрямители и др. Также рассмотрено развитие тиристорных выпрямителей, дано подробное описание схемы элементов питания, выпрямительные схемы, таблицы характеристик выпрямителей постоянного тока для применения в промышленности, выпрямители с большими токами, преимущества и недостатки тиристорных выпрямителей, важные аспекты в работе выпрямителей, все функции выпрямителей, их основные сигналы, технологии промышленного применения больших токов, сделаны выводы о выпрямителях в качестве потребителей электрической энергии и отмечена важная роль гармоник.

ГРНТИ 44.29.01

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, А. В. Марковская⁵**

¹главный менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵студент, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, 644010, Российская Федерация

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕТИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ГОРОДА

Двигатели и переменного тока не пригодны для работы на электрическом транспорте. Для этих целей применяют двигатели постоянного тока, они способны быстро и плавно менять скорость движение, что особенно важно в городских условиях. Напряжение, применяемое в трамваях и троллейбусах – 600 вольт. Оно понижается и выпрямляется на специальных подстанциях, которые называют тяговыми. Такие объекты принято размещать вдоль линий электротранспорта и электрифицированных железных дорог, а также в местах пересечения основных линий, где нагрузка особенно высока.

Рассмотрена силовая схема тяговой подстанции, оборудование распределительного устройства тяговой подстанции, приведены диаграммы токов и напряжений преобразователя, рассмотрены перспективы дальнейшего развития тяговых подстанций в плане применения тиристоров в силовой схеме преобразования, микропроцессорной систему управления, мониторинга и диагностики.

Ключевые слова. Силовая схема, тяговая подстанция, диаграммы токов и напряжений преобразователя, тиристоры, микропроцессорная система управления, мониторинг и диагностика.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие городской инфраструктуры в части электротранспорта предполагает строительство новых тяговых подстанций и реконструкцию существующих, морально и физически устаревших. Современная тяговая подстанция должна отличаться высокой надежностью и низкими эксплуатационными расходами на содержание устройств электроснабжения.

С увеличением мощности электропривода трамваев, скоростей движения вагонов существенно обостряются вопросы надежной защиты контактной сети от токов короткого замыкания. Проблема обеспечения защиты контактных сетей и тягового оборудования трамваев обусловлена тем, что пусковые токи соизмеримы с токами удаленных коротких замыканий и отличить их друг от друга не всегда возможно. Поэтому при модернизации тяговых подстанций необходимо максимально учесть факторы, обеспечивающие надежность и энергоэффективность системы электроснабжения городского тягового электротранспорта.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В Павлодаре разработан проект по модернизации всего трамвайного парка стоимостью 4,23 млрд. тенге [1]. Ранее при обсуждении проекта рассматривались вопросы как модернизации тяговых подстанций, обновления трамвайного парка, модернизации и развития трамвайных линий, в том числе в район Второго Павлодара, г. Аксу, поселок Ленинский, село Кенжеколь. В настоящее время в Павлодаре выполняется обновление трамвайного парка. К 113 имеющимся трамваям Павлодарский парк закупил еще 20 современных трамваев. Низкопольные энергосберегающие вагоны, оснащенные удобным комфортным салоном и специальным подъемником для людей с ограниченными возможностями, произведены на Усть-Катавском вагоностроительном заводе им. С. Кирова. Трамваи давно стали своеобразной достопримечательностью Павлодара. Этот вид транспорта обеспечивает около 40 % пассажироперевозок. Отметим, что в Павлодаре самая разветвленная трамвайная сеть среди всех городов Казахстана и к беспроводному интернету подключено более 20 трамваев. Вагоны ежедневно выходят на линию по 13 маршрутам, охватывая почти весь город.

Однако обновления требует не только трамвайный парк, но и тяговые подстанции.

Современная тяговая подстанция – сложное электротехническое сооружение, оснащенное силовым, преобразовательным (рисунок 1) [2], коммутационным и релейным оборудованием, большая часть которого работает в режиме автотелеуправления и постоянно совершенствуется.

Силовой трансформатор данной схемы имеет на каждом стержне две одинаковые вторичные обмотки, которые соединяются в две звезды – прямую $a-b-c$ и обратную $x-y-z$ (рисунок 1).

К свободным началам вторичных обмоток одной звезды присоединяются аноды нечетной группы вентилей $B_1 - B_3 - B_5$, к концам обмоток другой звезды – аноды вентилей четной группы $B_2 - B_4 - B_6$. Нагрузка R_d включается между средней точкой O уравнительного реактора $УР$, связывающего нулевые точки звезд θ_1 и θ_2 , и общей точкой катодов вентилей, которая является положительным полюсом выпрямителя.

Эту схему можно рассматривать как параллельное соединение двух трехфазных выпрямителей с нулевой точкой, фазные напряжения питания которых $u_{2a} - u_{2b} - u_{2c}$ и $u_{2x} - u_{2y} - u_{2z}$ (на рисунке 2, а эти напряжения показаны соответственно сплошными и пунктирными линиями) сдвинуты по фазе относительно друг друга на 60° . Уравнительный реактор выравнивает мгновенные значения напряжений двух вторичных обмоток. Это происходит под действием уравнительного напряжения u_k (на рисунке 2, а показано заштрихованными криволинейными треугольниками), которое наводится в полуобмотках реактора УР. По контуру: дроссель, фаза и работающий вентиль – проходит намагничивающий ток дросселя, имеющий тройную частоту по отношению к частоте сети (рисунок 1, г). При выполнении УР с замкнутым стальным сердечником намагничивающий ток $I_{yp} = I_{dcpum}$ составляет не более 1 % номинального тока нагрузки $I_{дн}$. В любой момент времени через две вторичные обмотки разных звезд проходят одновременно в противоположных направлениях токи, что исключает явление вынужденного намагничивания сердечника трансформатора, характерное для трехфазной нулевой схемы выпрямления.

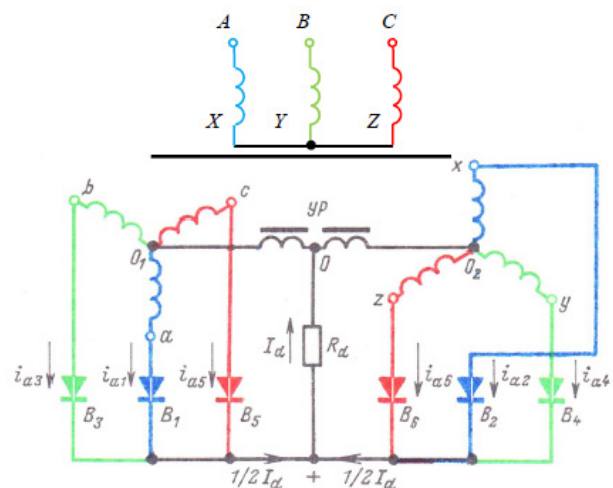


Рисунок 1 – Схема тягового преобразователя типа ВАКЛЕ 1000–600 Н для городского рельсового транспорта (две обратные звезды с уравнивающим реактором)

Кривая выпрямленного напряжения u_d расположена посередине между вторичными напряжениями отдельных систем и изображена на рисунке 2, а утолщенной черной линией. Частота пульсаций кривой u_d равна $6f_1$, коэффициент пульсаций напряжения на выходе выпрямителя $q=0,057$ [3]. Среднее значение выпрямленного напряжения (при работе схемы в режиме двойной трехфазной звезды) равно:

$$U_{d0} = 1.17U_{2\phi}$$

Токи в вентильях имеют форму прямоугольников длительностью $1/3T$ и высотой $I_d/2$, ограниченных сверху кривой линии. Среднее значение тока вентилья $I_{a,ср} = 1/6 I_d$. Соотношения между другими величинами для данной схемы приведены в

Двойная трехфазная схема с уравнивающим реактором при незначительном (критическом) токе нагрузки $I_{d,крит}$ начинает работать как шестифазная схема с нулевым выводом, так как уравнивающий реактор в этом случае не создает добавочного напряжения u_k , а его полуобмотки играют роль анодной индуктивности [4]. Напряжение холостого хода выпрямителя возрастает до значения $U_{d0} = 1,35 U_{2\phi}$, так как выпрямленное напряжение формируется верхушками синусоид переменных напряжений шириной 60° , и превосходит примерно на 15 % напряжение U_{d0} при трехфазном режиме работы схемы.

Перспективы дальнейшего развития тяговых подстанций характеризуются тем, что на подстанциях будут полностью устранены аппараты с механическим принципом действия, повышена надёжность работы всего оборудования, периодичность технического обслуживания и капитальных ремонтов увеличена. Это может быть обеспечено, в частности, на основе применения тиристоров и симисторов, а также обязательного устранения с подстанций маслонаполненного оборудования.

Применение микропроцессоров позволит обеспечить быстрое и чёткое выполнение логических операций, требующих анализа состояния оборудования. Электронно-вычислительные машины дают возможность непрерывного контроля общего состояния автоматизированных систем электроснабжения и управления городским транспортом.

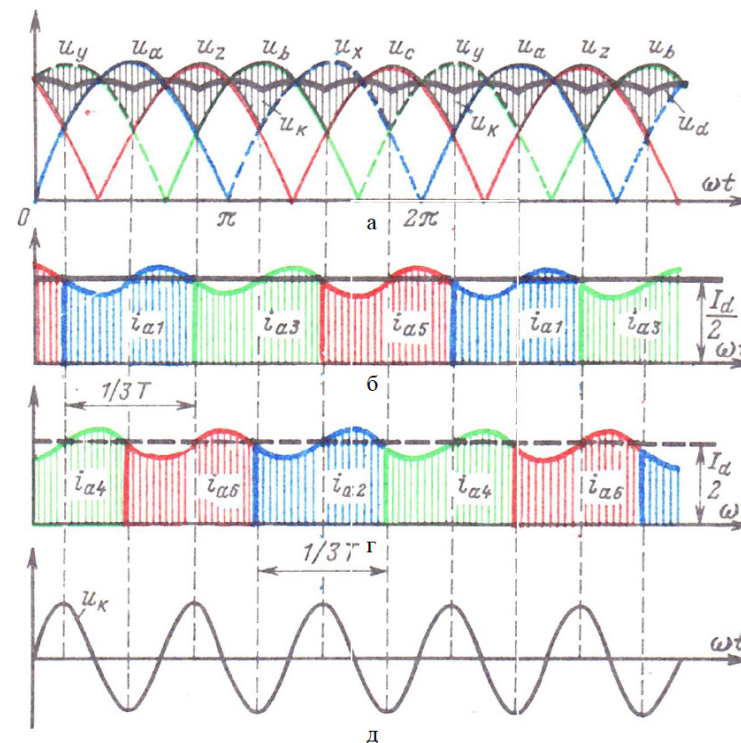


Рисунок 2 – Диаграммы токов и напряжений преобразователя типа ВАКЛЕ 1000–600 Н

Повышение цен на нефтепродукты, с одной стороны, и ужесточение требований по защите окружающей среды, с другой стороны, приводит к развитию и расширению сети электротранспорта во многих городах самых разных стран мира. Применение микропроцессорной системы в условиях повышения цен на электроэнергию и приведение электротранспорта к международным стандартам имеет огромный социальный и экономический эффект.

Распределительные устройства серии РУ-600 (рисунок 3) снабжены микропроцессорной системой управления, защиты и мониторинга.

В состав системы входят промышленные контроллеры, промышленный компьютер с TFT монитором и система мониторинга тяговой сети SMTN2.

Ячейки серии РУ-600 оборудованы промышленными контроллерами фирмы Bernecker & Rainer (Австрия). Все алгоритмы реализуются на программном уровне, а управление сервоприводами, исполнительными механизмами, быстродействующим выключателем осуществляется с помощью электронных коммутирующих элементов.

Промышленный компьютер с TFT монитором встраивается в одну из ячеек линейки РУ-600, как правило в ячейку РУ-6003. Промышленный компьютер обеспечивает визуализацию и управление с функцией управления путем прикосновения и позволяет в простой и удобной форме отображать состояние элементов подстанции, представлять информацию в доступном для анализа виде.

Система мониторинга тяговой сети SMTN2 в течение всего времени работы распределительных устройств ведет постоянное осциллографирование параметров тяговой сети: тока и напряжения. Ведется запись «медленного» и «быстрого» следа. Система способна различить реальный переходной процесс (перегрузка, к. з.) от всплесков, создаваемых подвижным составом.

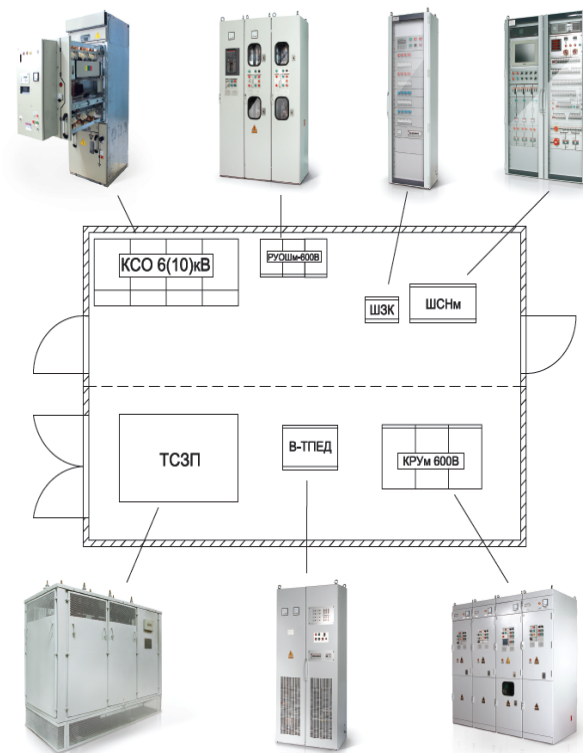


Рисунок 3 – Оборудование распределительного устройства тяговой подстанции

Система управления, защиты и мониторинга ведет протокол событий, происходящих на тяговой подстанции, запись аварийных процессов, мониторинг тяговой сети (нагрузок фидерных линий, напряжения тяговой сети).

Энергонезависимый протокол, который сохраняется в памяти компьютера, служит для фиксирования и регистрации всех процессов, происходящих на тяговой подстанции, выявления ошибок персонала, предшествующих аварийным режимам.

Основными направлениями реконструкции РУ +600 В тяговых подстанций городского электротранспорта являются:

– Замена системы и станций управления, сигнализации и автоматики с применением современной элементной базы;

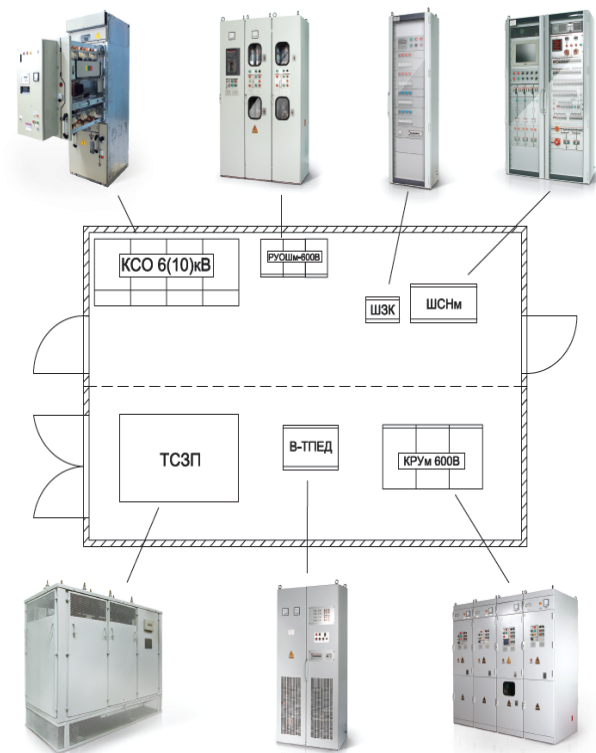


Рисунок 3 – Оборудование распределительного устройства тяговой подстанции

– Модернизация системы управления ячейкой с применением микропроцессорной автоматики (рисунок 4), позволяющей осуществлять целый ряд функций, таких как ведение протокола событий, варьирование количества и длительности автоматических повторных включений, осуществление контроля энергопотребления и т.д.;

– Замена выключателей типа ВАБ (ВАТ) на современные выключатели постоянного тока серии UR 26 (40), производства компании Secheron (Швейцария);

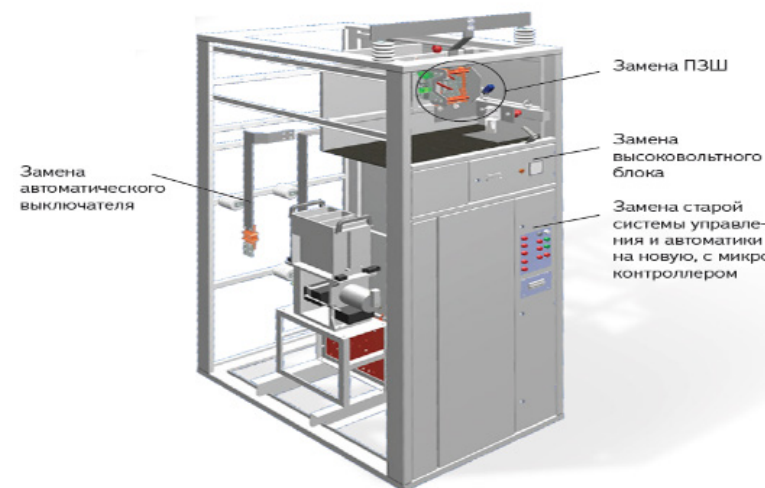


Рисунок 4 – Ячейка фидерного автомата

– Внедрение испытателя коротких замыканий (рисунок 5), позволяющего с высокой точностью определить сопротивление участка контактной сети и выдать разрешение/запрет на автоматическое повторное включение выключателя;

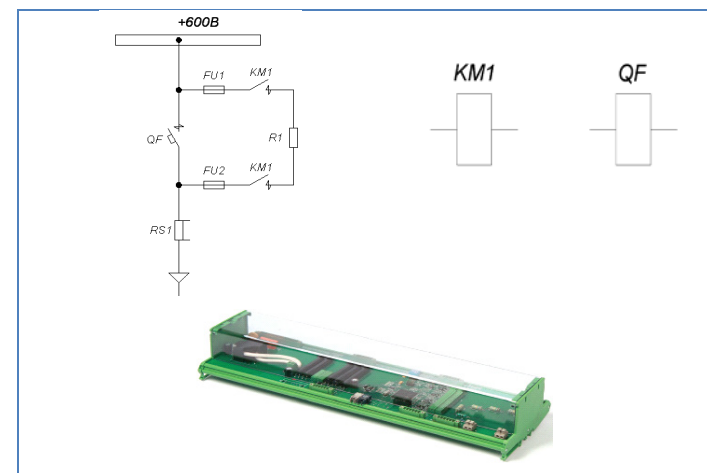


Рисунок 5 – Испытатель коротких замыканий

– Замена ненадежных двигателей с магнитофугальными приводами на разъединители с приводом постоянного тока;

– Установка системы СДТС-1, осуществляющей комплексную защиту тяговой сети от аварийных режимов и имеющей возможность передачи информации об измеренных значениях напряжении и тока в системы высокого уровня.

– Современный испытатель коротких замыканий на базе СДТС – предназначен для определения состояния отключенной контактной сети постоянного тока, т.е. определения наличия или отсутствия короткого замыкания (к. з.) в зоне питаемой фидером.

Устройство применяется в аппаратах автоматики включения и автоматического повторного включения (АПВ) фидерных автоматов тяговых подстанций, пунктов группировки станции стыкования и распределительных пунктов контактной сети, обеспечивая блокировку и управления АПВ выключателей при коротких замыканиях на контактной сети.

Основными функциями системы диагностики и защиты СДТС-1 являются:

– Измерение величины и формы напряжения и тока в тяговой сети в различных режимах, в том числе при коротком замыкании в тяговой сети;

– Передача измеренных значений тока и напряжения в систему высокого уровня (систему телеизмерения, сигнализации, центральный пульт дистанционного управления и т.д.);

– Защиту тяговой сети от токов короткого замыкания, в том числе от малых токов КЗ, посредством измерения скорости нарастания и спада тока и напряжения в тяговой сети (di/dt , $\Delta I/\Delta t$, ΔU и т.д.);

– Осуществление интегральной токовременной защиты ИТВЗ (построение кривой нагрева и остывания контактного провода в зависимости от тока линии);

– Обеспечение точного ($0.5 \div 1$ % от необходимой величины уставки) контроля и дублирование выставленной уставки быстродействующего выключателя постоянного тока с выдачей сигнала о ее несоответствии;

– Осциллографирование и запись формы и величины токов и напряжений при коротких замыканиях с возможностью последующей их передачи в систему высокого уровня для статистического анализа с целью корректировки токовой уставки линейного выключателя;

– Обеспечение гальванической развязки цепей, находящихся под потенциалом до 1000 В от низковольтных элементов схемы;

Отличительные особенности СДТС-1:

– Осуществление интегральной токовременной защиты (ИТВЗ) с возможностью учета влияния температуры окружающего воздуха;

– Высокая скорость считывания контролируемых параметров напряжения и тока ($f_{счит}=51,2$ кГц);

– Широкий диапазон измеряемых значений тока (± 65 кА);

– Модульная система элементов, позволяющая располагать блоки как в одну линейку, так и в различных отсеках распределительного устройства (эта особенность позволила оснастить КРУМ-600 с габаритными размерами 600x2200x1000 мм (ШxВxГ) системой СДТС-1);

– Развязка СДТС-1 от цепей вторичной коммутации посредством оптических кабелей, полностью исключает возможность попадания напряжения 600 В на низковольтную аппаратуру.

При модернизации тяговых подстанций возможна замена устаревших агрегатов на выпрямители серии В-ТПЕД-2000 (SD 2500), что при минимальных затратах на переоборудование подстанции (строительная часть остается без изменения) значительно увеличивает её энергетическую эффективность. В случае полной замены выпрямительного агрегата (силовой трансформатор и выпрямительная секция), в большинстве случаев целесообразно применять «мостовую» схему выпрямления (В-ТПЕД-2000 М) вместо «нулевой» (В-ТПЕД-2000 Н). Энергетические показатели этих выпрямителей практически одинаковы притом, что «мостовая» схема выпрямления обладает следующими преимуществами: Типовая мощность «мостового» трансформатора на 21 % меньше чем «нулевого» при той же мощности на выходе преобразователя, что позволяет увеличивать выходную мощность тяговой подстанции при той же разрешенной мощности, получаемой от центра питания; Стоимость «мостового» агрегата ниже за счет того, что в трансформаторе отсутствует уравнивающий реактор (несмотря на то, что количество полупроводниковых приборов в «мостовой» схеме больше); В преобразователе, выполненном по «мостовой» схеме отсутствует пик напряжения на «холостом ходу», что благотворно влияет на изоляцию системы электроснабжения; Как при нагрузке, так и в режиме «холостого хода» энергоэффективность «мостового» агрегате выше, чем у «нулевого». Зависимость потерь в агрегатах от коэффициента загрузки выпрямителя и схемы выпрямления наглядно представлены на графике (состав агрегата, выполненного по «мостовой» схеме: трансформатор ТСЗП-1600/10 ГТУЗ, выпрямитель В- ТПЕД-2000 М, состав агрегата, выполненного по «нулевой» схеме: трансформатор ТСЗПУ- 2000/10 ГТУЗ, выпрямитель В-ТПЕД-2000 Н). Эффект от внедрения новых преобразовательных секций составляет в зависимости от типа заменяемых выпрямителей от 180 до 600 тыс. тенге в год.

ВЫВОДЫ

Необходимость модернизации была вызвана тем, что оборудование на существующих подстанциях является устаревшим, и для его ремонта отсутствуют даже запасные части.

Новое оборудование позволит повысить надежность энергоснабжения подвижного состава, значительно продлить срок эксплуатации модернизируемого оборудования, уменьшить затраты предприятия на обслуживание электрохозяйства, уменьшить потери электроэнергии, а также повысить безопасность эксплуатации оборудования.

По предварительным расчетам АО «Трамвайное управление города Павлодара» модернизация всех тяговых подстанций позволит предприятию сократить свои расходы ориентировочно на 20 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 <http://khabar.kz/archive/ru/obshchestvo/item/21203-v-pavlodare-na-liniyu-vyshli-supersovremennye-tramvai>

2 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар: Кереку, 2016. – 153 с.

3 **Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А.** Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. – Saarbrücken, Germany: Изд. LapLambertAcademicPublishing, 2014. – 461 с.

4 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б.** Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: / Б. К. Шапкенов., А. Б. Кайдар А. Б., М. Б. Кайдар. – Алматы: Эверо, 2016. – 176 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, В. Марковская⁵

Қалалық электр көлігін тұрақты ток желілері үшін электрмен жабдықтауда тартымдық қосалқы станциялардың модернизациясы

¹«ХимПарк Тараз» АЭА БК» АҚ,

Шу к., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁵Омбы мемлекеттік қатынас жолдары университеті,
Омбы қ., 644010, Ресей Федерациясы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

*А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴,
А. В. Марковская⁵*

Modernization of DC drive substations of electrical supply of electric transportation networks of the city

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Omsk State Transport University,
Omsk, 644010, Russian Federation.

Material received on 16.02.18.

Ауыспалы ток қозғалтқыштары электр көлігінде жұмыс істеу үшін жарамсыз. Осы мақсаттар үшін тұрақты ток үшін қозғалтқыштар қолданады, олар қабілетті тез және бірқалыпты жылдамдық қозғалысын өзгертуге, әсіресе қала жағдайында маңызды. Трамвайлар мен троллейбустарда – 600 вольт кернеуі қолданылады. Тартымдық деп атайтын арнайы қосалқы станцияларда ол төмендетеді және түзетеді. Мұндай объектілер электр көлігін және электрленген теміржолдардың желілері бойымен орналастыруға, сондай-ақ, өте жоғары жүктеме негізгі желілердің қиылысатын жерлерде қабылдауға арналған.

Тартымдық қосалқы станциялардың күштік сызбасы мен жабдықтар, тартымдық қосалқы станциялардың таратушы құрылғылары қаралды, кернеулер және токтар түрлендіргіш диаграммалары келтірілді, тартымдық қосалқы станциялардың келешекте әрі қарай даму жоспары бойынша микропроцессорлық басқару жүйесін, мониторинг және диагностикада күштік схемасын тиристорларды қолдану арқылы түрлендіру.

AC motors are not suitable without frequency converters for operation on electric vehicles. For this purpose, DC motors are used, they are able to quickly and smoothly change the speed of traffic, which is especially important in urban conditions. The voltage used in trams and trolleybuses

is 600 volts. It is lowered and straightened at special traction substations, whose equipment is now obsolete. Therefore, repair of traction substations should be combined with modernization.

The power circuit of the traction substation, the equipment of the traction substation switchgear, the diagrams of the currents and voltages of the converter are considered, the prospects of further development of traction substations in terms of using thyristors in the power conversion scheme, microprocessor control system, monitoring and diagnostics are considered.

ГРНТИ 44.29.01

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, А. В. Марковская⁵**

¹главный менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵студент, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, 644010, Российская Федерация

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Одним из основных ключей успешной реализации концепции модернизации тяговых подстанций является полная автоматизация и управление тяговой подстанцией, диагностика, анализ, мониторинг и защита оборудования подстанции. Комплект оборудования объединяет рассредоточенные тяговые подстанции в единый телемеханический комплекс, который осуществляет телеуправление и телеконтроль с помощью программно-технических средств энергодиспетчерского пункта. Также телемеханический комплекс позволяет контролировать текущий режим и состояние главной схемы подстанции с автоматизированного рабочего места эксплуатационного персонала (на каждой подстанции), управлять коммутационными аппаратами в нормальных и аварийных режимах, регистрировать аварийные сообщения, вести архивы событий, отображать на мнемосхемах монитора текущее состояние оборудования тяговой подстанции, работы аппаратных и программных средств и т.д. Система телемеханики позволяет осуществлять управление ТП и обеспечивает контроль (мониторинг) за работой электрооборудования подстанции.

Рассмотрены структурная схема автоматизированной системы диспетчерского управления тяговыми подстанциями городского электротранспорта, функциональная схема релейной защиты на микропроцессорах, структурная схема микропроцессорной защиты,

обобщённая структурная схема микропроцессорной системы, характеристики входной величины (тока или напряжения) с объекта мониторинга на вход аналого-цифрового преобразователя.

Ключевые слова. Тяговая подстанция, автоматизированная система диспетчерского управления, структурная и функциональная схема релейной защиты на микропроцессорах, аналого-цифровой преобразователь

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью крупных систем распределения электроэнергии является неравномерность распределения нагрузки на элементы системы в зависимости от их местоположения, времени и режима эксплуатации. Учитывая данную специфику, практически невозможно определить степень износа того или иного компонента системы, не имея реальных данных о том, в каких режимах он эксплуатировался. Коммутационные устройства распределительных подстанций городского электротранспорта, в частности, линейные выключатели, выполняют функцию отключения потребителей при наличии короткого замыкания на линии. Нередко величины токов короткого замыкания, особенно удаленных к.з., сравнимы с пусковыми токами электропривода трамвая. Несвоевременное обслуживание такого класса оборудования увеличивает вероятность выхода из строя силовых элементов подстанции. Сваривание контактов вследствие их износа может приводить к несрабатыванию электрического аппарата при отключении, и может быть опасным для жизни людей или резко повышает затраты на восстановление функций системы.

В силу того, что на действующих тяговых подстанциях продолжают в большом количестве эксплуатироваться электрические аппараты старого образца, не оснащенные встроенными диагностическими средствами, имеется необходимость во внедрении телекоммуникационных систем, что позволит работать без постоянного дежурного персонала.

Использование диагностических устройств, устанавливаемых на эксплуатируемое оборудование, позволяет дистанционно контролировать его работоспособность без выезда на объект, обеспечивает величину достоверности и полноты оперативной информации.

Поэтому вопросы автоматизации тяговых подстанций являются актуальной задачей, поскольку позволяет повысить безопасность и надежность системы в целом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В соответствии с проектом модернизации трамвайного парка, стоимостью в 4,23 млрд. тенге [1] в Павлодаре планируется внедрение

автоматизированной система диспетчерского управления тяговой подстанцией (АСДУ ТП). АСДУ ТП (рисунок 1) предназначена для централизованного телеуправления и телеконтроля всего оборудования тяговой подстанции. Телеуправление и телеконтроль осуществляется с помощью программно-технических средств, расположенных как на тяговой подстанции, так и на диспетчерском пункте.

АСДУ контролирует следующее оборудование:

- распределительные устройства среднего напряжения 6 (10) кВ;
- выпрямители (преобразовательные трансформаторы и секции преобразовательные);
- распределительные устройства РУ»+»600В серии РУ-600;
- распределительные устройства РУ»-»600В серии РУОШ-600;
- собственные нужды тяговой подстанции (ВУ, ШСН, ШОТ);
- сигналы различных систем (пожарные, охранные и др.).

АСДУ ТП, со стороны тяговой подстанции, состоит из шкафа телемеханики (ШТМ). В шкафу установлен промышленный контроллер, блок бесперебойного питания, коммуникационное оборудование (модемы, HUB, конвертор), коммутирующее оборудование (блоки питания, выключатели, реле, клеммы и т.д.).

АСДУ ТП, на стороне диспетчера, состоит из современного автоматизированного рабочего места энергодиспетчера (АРМ ЭД). АРМ ЭД выполнен на базе промышленного компьютера.

В АСДУ ТП предусмотрена передача информации по двум каналам связи: основному и дополнительному. Любой канал может быть настроен на следующие типы каналов связи:

- канал мобильного оператора (GPRS) – ($V =$ от 9600 б/с);
- волоконно-оптический (ВОЛС) – ($V =$ от 10 Мб/с, интерфейс Ethernet);
- медный телефонный кабель – ($V =$ от 1200 б/с, сопротивление медной линии связи – до 3 кОм);
- радиоканал.

Телемеханика обеспечивает:

- сбор информации со всех объектов тяговой подстанции внутри тяговой подстанции;
- передачу информации с тяговой подстанции в аппаратуру верхнего уровня;
- прием информации с тяговой подстанции аппаратурой верхнего уровня;
- отображение на мнемосхемах монитора текущего состояния оборудования ТП, работы аппаратных и программных средств;

- управление устройствами с анализом допустимости выдачи команд и контроля их исполнения;
- сигнализацию о самопроизвольном изменении состояний объектов и нарушении работы устройств;
- ретроспективную информацию (команды управления, изменения состояния, тренды и т.д.);
- справочную информацию.

Функциональная схема релейной защиты на микропроцессорах

Релейная защита предназначена для автоматического отключения с помощью выключателей повреждённого элемента от остальной, неповреждённой установки [2].

Упрощенная функциональная блочная схема РЗ, построенная на МПС, приведена на рисунок 2. Входным элементом, как и у всех полупроводниковых РЗ, являются промежуточные трансформаторы напряжения и тока, ПТН и ПТТ.

Выходной сигнал с промежуточных трансформаторов поступает на частотные фильтры ЧФ, которые пропускают составляющие тока и напряжения 50 Гц и не пропускают высокочастотные гармоники, являющиеся помехами, искажающими синусоиду тока и напряжения.

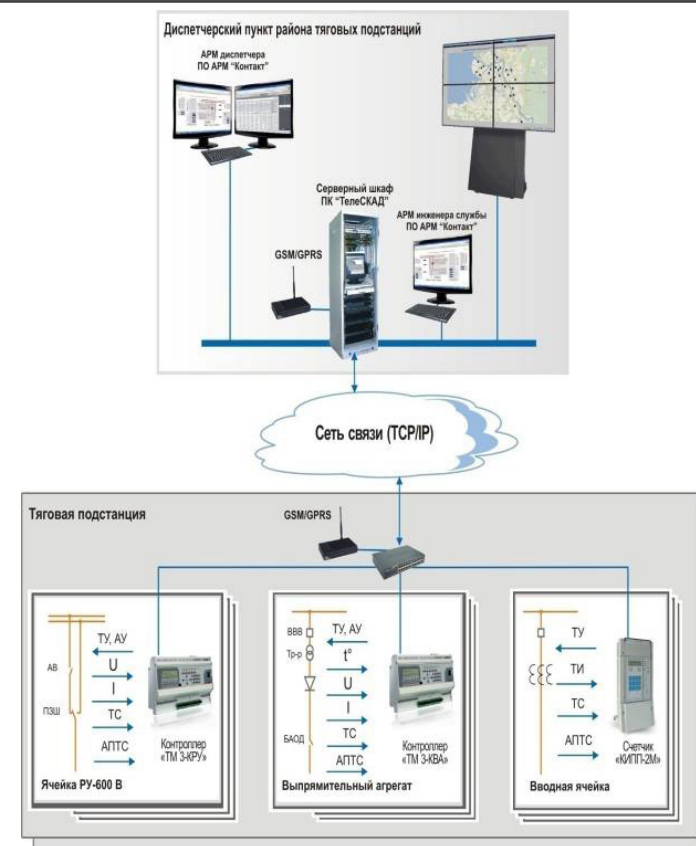


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы диспетчерского управления тяговыми подстанциями городского электротранспорта (АСДУ)

Аналоговые сигналы, полученные от измерительных трансформаторов в виде синусоидальных токов и напряжений, после преобразования в промежуточных трансформаторах ПТН и ПТТ и частотных фильтрах ЧФ необходимо превратить в дискретные, поскольку их обработка производится в МПС, построенных на цифровых микросхемах. Поэтому аналоговый выходной сигнал частотных фильтров ЧФ подается в устройство АЦП, предусмотренное для изменения формы сигнала на дискретную (цифровую).

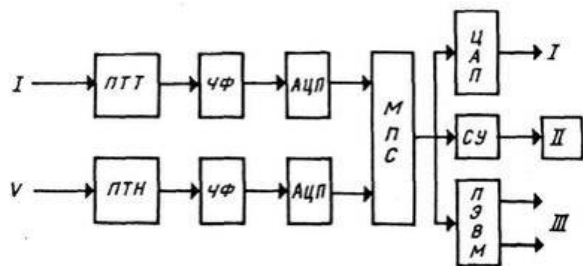


Рисунок 2 – Структурная схема микропроцессорной защиты:
 ПТТ, ПТН – промежуточные трансформаторы тока и напряжения;
 АЦП – аналогово-цифровые преобразователи; ЧФ – частотный фильтр;
 МПС – микропроцессорная система; ЦАП – цифроаналоговый преобразователь; СУ – сигнальное устройство;
 РАС – регистрация аварийных событий;
 ПЭВМ - персональная ЭВМ;
 I – на отключение выключателей;
 II – к оперативному персоналу;
 III – к релейному персоналу

В АЦП измерение значения синусоидального тока (напряжения) происходит в определенные моменты времени t_1, t_2, t_n с интервалом времени T (рисунок 3, а). В эти моменты времени фиксируются соответствующие им мгновенные значения, которые используются как дискретные значения синусоидального тока. Полученные таким образом дискретные сигналы через интервалы времени T передаются последовательно в моменты времени t_1, t_2, t_n на вход МПС в виде двоичного цифрового кода (1, когда есть импульс тока и 0, когда сигнал отсутствует). Эта операция часто называется выборкой.

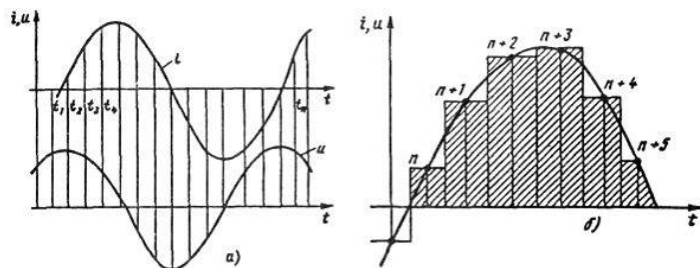


Рисунок 3 – Характеристика входной величины (тока или напряжения):
 а – дискретизация по времени; б – дискретизация по параметру

Очень важно, чтобы значения измеряемых дискретных значений тока и напряжения точно соответствовали действительным значениям синусоидам этих величин. Кроме дискретизации по времени предусмотрена дискретизация по значению входной величины (тока или напряжения), как показано на рис. 3, б. Момент выборки сигналов определяется мультивибратором, непрерывно с интервалом T генерирующим тактовые импульсы.

Для получения с помощью дискретных сигналов, возможно большей точности представления действительной синусоиды интервал T нужно выбирать, возможно, меньше. Однако следует иметь в виду, что при последовательной передаче сигналов это замедляет процесс обработки и ухудшает быстродействие РЗ.

Сигнал с выхода АЦП поступает в устройство обработки информации, каким является МПС. Основным элементом цифровой РЗ является МП, схема которого позволяет использовать его в качестве вычислительного устройства, производящего арифметические и логические операции, необходимые для выполнения им функций РЗ, представленных в виде алгоритмов действия ее измерительных и логических органов.

Микропроцессор (рис. 4) состоит из трех основных частей:

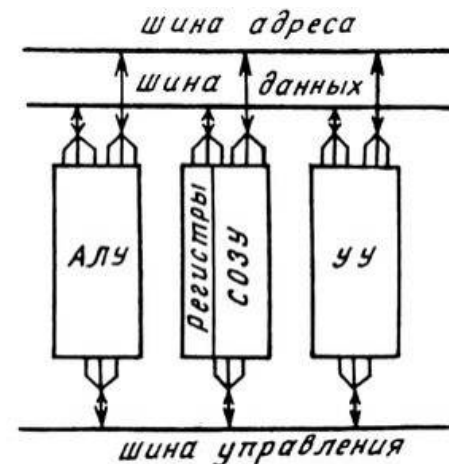


Рисунок 4 – Упрощенная структурная схема микропроцессора

1) арифметико-логического устройства АЛУ, реализующего арифметические операции (сложение, вычитание и др.), логические операции (И, ИЛИ, НЕ);

2) сверхоперативного запоминающего устройства СОЗУ, состоящего из набора регистров, обеспечивающих промежуточное хранение данных до завершения операций, проводимых в МП;

3) устройства управления УУ, осуществляющего управление работой МП (АЛУ и СОЗУ) по заданной программе.

Элементы МП связаны между собой информационными шинами, представляющими из себя группу линий передачи информации, объединенных общим функциональным признаком (шины данных, адресов и управления). Для выполнения функций какой-либо РЗ, МП дополняется внешними устройствами памяти, образуя микропроцессорную систему (МПС).

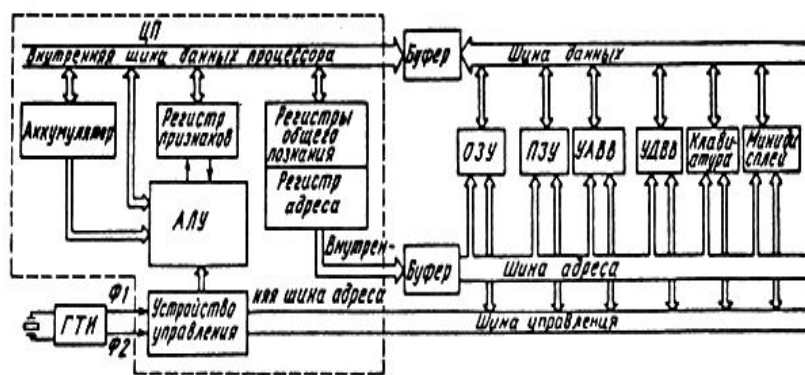


Рисунок 5 – Обобщенная структурная схема микропроцессорной системы выполняющей функции релейной защиты

С выхода МПС (рис. 5) цифровой сигнал поступает на цифроаналоговый преобразователь ПАП, который преобразует цифровой сигнал в аналоговый, поступающий на выходное промежуточное реле, действующее на отключение выключателя. Одновременно приводится в действие устройство сигнализации СУ, фиксирующее срабатывание РЗ, и передается соответствующая аварийная информация для записи в регистраторе аварийных событий (РАС).

Одновременно поступает информация на персональную ЭВМ (ПЭВМ), посредством которой осуществляется связь человек – машина [3].

Система мониторинга тяговой сети городского электрического транспорта серии SMTN2.

Система мониторинга тяговой сети серии SMTN2 предназначена для защиты тяговых сетей городского электрического транспорта от токов короткого замыкания и недопустимых перегрузок, анализа произошедших аварийных процессов, мониторинга параметров тяговой сети.

Защита тяговых сетей обеспечивается путем непрерывного контроля динамики изменения тока и напряжения в тяговой сети с выдачей команд на отключение быстродействующего выключателя (далее БВ) распределительного устройства серии РУ-600 в случае превышения параметров сети заданных уставок.

SMTN2 выполняет следующие функции:

- измерение величины и формы тока и напряжения в тяговой сети в различных режимах, в том числе и при коротком замыкании в линии;
- защита тяговой сети от токов короткого замыкания, в том числе от малых токов удаленных коротких замыканий;
- осциллографирование и запись в долговременную память формы и величины токов и напряжений при коротких замыканиях (обнаружение одной из защит аварийного процесса в тяговой сети);
- передача в систему верхнего уровня (либо в персональный компьютер) данных для статистического анализа с целью корректировки уставок защит;
- изменение коэффициентов преобразования, уставок защит, выбор интервалов усреднения при помощи системы верхнего уровня;
- анализ распределения токов между катодными распределительными устройствами.



Рисунок 6 – Преобразовательный модуль в отсеке управления

SMTN2 представляет собой два отдельных модуля, крепящихся непосредственно на рейку, и соединяющихся между собой:

- измерительный модуль с делителем напряжения размещаются в зоне высокого напряжения;

- модуль преобразовательный размещается в зоне низких напряжений.

Измерительный модуль и модуль преобразователя соединяются между собой при помощи оптического кабеля, который обеспечивает надежную гальваническую развязку между высоковольтными цепями и вторичными цепями.

Измерительный модуль непосредственно подключен к первичному датчику измерения тока и напряжения. Датчиком тока является шунт, датчиком напряжения - резистивный делитель напряжения, находящийся внутри измерительного модуля, и предназначен для понижения измеряемого напряжения до уровня приемлемого для дальнейшей обработки [4].

Функции защиты по току и напряжению

SMTN2 обеспечивает выполнение следующих защитных функций (с обеспечением бесперебойной надежной работы системы и фильтрацией от ложных срабатываний):

- Токсовая отсечка без выдержки времени (максимальная импульсная отсечка);

- Максимально-токсовая защита с выдержкой времени;

- Превышение заданного предельного значения скорости нарастания тока (di/dt);

- Тепловая защита от отжига контактного провода (токовременная защита);

- Контроль снижения напряжения ниже заданного уровня.

Опционально система комплектуется модулем испытателя короткого замыкания (ИКЗ), который позволяет определить сопротивление линии перед включением быстродействующего выключателя с выдачей запрета на включение быстродействующего выключателя в случае если сопротивление линии ниже параметра уставки.

Включение или выключение видов защит, изменение уставок или уточнения значений уставок защит, калибровки (при необходимости), считывание информации возможно через протокол высокого уровня (ModBus) по каналу связи RS-232 либо при помощи ПК.

Каждый вид защиты может быть включен или отключен в зависимости от потребностей потребителя на экране ПК.

Запись аварийных процессов

После срабатывания одного из критериев защит контроллер модуля преобразовательного формирует событие, по которому в энергонезависимой

памяти SMTN2 записываются «Быстрый» и «Медленный» «следы» (рисунки 7 и 8). Вместе со следами записывается астрономическое время срабатывания защиты, вид сработавшей защиты.

В «след» записывается как значения тока и напряжения после обнаружения аварийной ситуации, так и значения тока и напряжения до возникновения аварии (так называемая предистория).

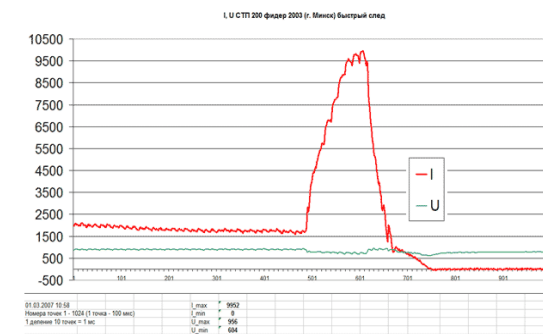


Рисунок 7 – Пример «быстрого следа» короткого замыкания

Длина «быстрого следа» составляет 1024 значения, 512 из них представляют собой предисторию и 512, которые представляют собой послеисторию.

Длина «медленного следа» составляет 1024 значения, 724 из них представляют собой предисторию и 300, которые представляют собой послеисторию. Временной интервал, который описывает «Быстрый след» составляет 100 мс.

При формировании «Медленного следа» используются средние значения тока и напряжения за интервал выборки.

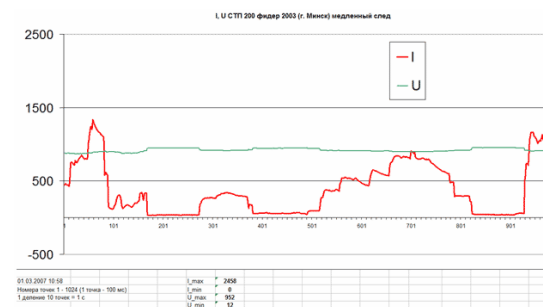


Рисунок 8 – Пример «медленного следа» короткого замыкания

Следы могут быть считаны системой верхнего уровня через интерфейс RS-232 по протоколу ModBus или быть просмотрены, а также сохранены для дальнейшей обработки при помощи ПК.

Величина максимального тока и напряжения пересчитывается каждый такт (т.е. каждые 100 мкс). При превышении новых измеренных значений тока или напряжения значений записанных в максиметр ранее, новые значения записываются на место старых. Сравнение происходит независимо для каналов тока и напряжения. Значения максиметра могут быть обнулены с помощью ПК.

ВЫВОДЫ

Внедрение автоматизированной система диспетчерского управления тяговой подстанцией обеспечит:

- надежность и непрерывность в управлении;
- достоверность информации;
- отсутствие необходимости в техническом сопровождении каналов связи;
- возможность резервирования каналов связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 <http://khabar.kz/archive/ru/obshchestvo/item/21203-v-pavlodare-na-liniyu-vyshli-supersovremennye-tramvai>

2 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с.

3 **Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А.** Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. Saarbrücken, Germany : Изд. LapLambertAcademicPublishing, 2014. – 461 с.

4 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б.** Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: / Б. К Шапкенов., А. Б. Кайдар А. Б., М. Б. Кайдар . – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, А. В. Марковская⁵

Қалалық электр көлігінің тартымдық қосалқы станцияларын автоматтандыру

¹«ХимПарк Тараз» АЭА БК» АҚ,
Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁵Омбы мемлекеттік қатынас жолдары университеті,

Омбы қ., 644010, Ресей Федерациясы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

А. В. Kaidar¹, М. В. Kaidar², В. К. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴, В. Марковская⁵

Automation of traction substations of city electric transport

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Omsk State Transport University,

Omsk, 644010, Russian Federation.

Material received on 16.02.18.

Тұжырымдаманы ойдағыдай іске асыру негізгі кілттердің бірі тартымдық қосалқы станцияларды жаңғырту толық автоматтандыру және тартымдық қосалқы станциясын басқару, диагностика, талдау, мониторинг және қосалқы станциялар жабдықтарын қорғау болып табылады. Құрал-жабдықтар жиынтығын шашыраңқы тартымдық шағын станциялар бірыңғай телемеханикалық кешенінде біріктіреді телебасқару және телеконтроль көмегімен бағдарламалық-техникалық құралдардың энергодиспетчерлігін жүзеге асырады. Сондай-ақ, телемеханикалық кешен қосалқы станциялардың негізгі схемасының ағымдағы тәртібі мен жағдайын автоматтандырылған жұмыс орнын пайдалану

персоналының (әрбір қосалқы станцияларда), қалыпты және авариялық режимде коммутациялық аппараттары басқаруға, авариялық хабарламаларды тіркеуге, мұрағат оқиғаларын жүргізуге, мнемосхема мониторында тартымдық қосалқы станциялар жабдықтарының ағымдағы жағдайын көрсетуге, аппараттық және бағдарламалық құралдар жұмысын және т. б. бақылауға мүмкіндік береді.

Телемеханика жүйесі ТП басқаруға және бақылауға (мониторинг) электр жабдықтары қосалқы станцияларын жұмыс үстінде қамтамасыз етуге жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Диспетчерлік басқарудың автоматтандырылған жүйесінің құрылымдық схемасында қалалық электр көлігінің тартқыш қосалқы станциялары, микропроцессорда релейлік қорғау функционалдық схемасы, микропроцессорлық қорғау құрылымдық сұлбасы, микропроцессорлық жүйенің жалтыланған құрылымдық сұлбасы, (ток немесе кернеу) мониторинг объектісінің кіруінің аналогты-сандық түрлендіргіш кіріс шамасының сипаттамасы қаралды.

One of the main keys to the successful implementation of the concept of traction substations modernization is full automation and control of the traction substation, diagnostics, analysis, monitoring and protection of substation equipment. The set of equipment unites dispersed traction substations into a single telemechanical complex that performs telecontrol with the help of software and hardware of the energy dispatching center. Also, the telemechanical complex allows monitoring the current mode and status of the main circuit of the substation from the workstation's automated workstation (at each substation), controlling switching devices in normal and emergency modes, registering alarms, keeping event archives, displaying the current status of traction substation equipment on the monitor's mimics, the operation of hardware and software, etc. The telecontrol system allows you to manage the TS and provides control (monitoring) of the electrical substation operation.

The block diagram of the automated system of the city electric transport, of traction substations dispatching control the functional scheme of relay protection on microprocessors, the microprocessor protection circuit, the general structural scheme of the microprocessor system, the characteristics of the input value (current or voltage) from the monitoring object to the input of the analog-to-digital converter.

ГРНТИ 44.29.01

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, С. Ж. Кулумбенов⁵,
Д. Ф. Файзулла⁶, А. А. Марковская⁷**

¹главный менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

^{5,6}магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷студент, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, 644010, Российская Федерация

e-mail: ⁵kulumbenov@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

В настоящее время одной из главных проблем для энергетики Казахстана считается острая нехватка электроэнергии в южном регионе республики. Причиной этому послужило: критически высокая степень износа основных производственных мощностей электростанций Казахстана (до 58,5 %); высокие потери электроэнергии при ее транспортировке по межрегиональным и региональным электросетям (до 60 % и более); острый дефицит инвестиционных ресурсов в отраслях энергетики Казахстана; сильно изношенное состояние почти половины электро- и тепловых сетей республики. Кроме того, южный регион Казахстана отличает ограниченное количество электростанций, а также ограниченное количество электростанций и подстанций в этом регионе. В связи с этим, одной из главных социальных задач энергетики Казахстан на сегодняшний день является надежное обеспечение электроэнергией потребителей южного Казахстана, особенно тех, которые

расположены в районах децентрализованного электроснабжения. Для таких потребителей использование ВИЭ является наиболее перспективным направлением. Альтернативная энергетика для Казахстана – это важная и разноплановая проблема. Доведение доли использования ВИЭ в целом по Казахстану до 20–30 % от общего энергобаланса, ну а в последствие увеличение этого показателя, смогло бы сыграть важную роль при полном исчерпании ископаемых ресурсов. А совместная межгосударственная деятельность специалистов в области нетрадиционных технологий, а также со специалистами России и зарубежья, повысила бы стимул к внедрению таких технологий в энергетику региона. При этом решилась бы проблема рационального и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов и сокращения вредного воздействия энергетического сектора на окружающую среду.

Рассмотрены возможности применения различных источников энергии для децентрализованных потребителей. Приведены функциональные и структурные схемы.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетическая установка, дизель генератор, микро-ГЭС, солнечные установки, накопители энергии.

ВВЕДЕНИЕ

Задача оптимизации системы электроснабжения (СЭС) использующей ВИЭ и накопители энергии является в настоящее время одной из самых актуальных. Опыт показывает, что комбинированное применение ВИЭ и накопителей энергии в СЭС является экономически эффективным способом энергообеспечения потребителей. В сравнении с дизельными электростанциями комбинированное применение ВИЭ и накопителей энергии в несколько раз уменьшает выбросы углекислого газа, значительно сокращает зависимость от привозного топлива, улучшает экологическую обстановку [1]. В ряде случаев целесообразно использование солнечно-ветродизельных установок. Объектами применения, на которых могут использоваться ВДУ или солнечно-ветродизельные установки, являются поселки и отдельные жилые дома, не подключенные к сетям централизованного электроснабжения;

- объекты нового строительства;
- метеостанции, маяки, погранзаставы;
- нефте- и газотранспортные магистрали (применение катодной защиты подземных участков трубопроводов);
- фермерские хозяйства;

- водонасосные станции и водопойные пункты;
- садово-дачные кооперативы и др.

Зарубежный опыт эксплуатации ветродизельных установок показывает, что при использовании электроэнергии для бытовых целей и производства тепла можно сократить расход дизельного топлива в два–три раза и значительно снизить себестоимость вырабатываемой энергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Комплексная энергосистема (рисунок 1) на базе возобновляемых источников энергии подразумевает, как правило, использование дизель-генератора совместно с ВИЭ (дизель-генератор, ВЭУ, солнечные модули, микроГЭС и т.п.). Возобновляемые источники энергии дополняют безрисковый источник энергии (ДЭС) с целью снижения топливной составляющей вообще и стоимости выработки 1 кВт·ч эл. энергии в частности.

Ветродизельная система состоит из ВЭУ и дизель-электрической системы (ДЭС) с оптимально подобранными мощностями. Как правило, дизель-генератор используется в сочетании с ВЭУ в случае, когда целью использования последней является экономия дизельного топлива, стоимость которого с учетом расходов на доставку может быть очень высокой. Соотношение мощности компонентов системы зависит от схемы генерирования нагрузки и ресурсов ветра. Режим одновременной параллельной работы ВЭУ и ДЭС оценивается как недостаточно эффективный способ использования ВЭУ, поскольку доля участия ветроагрегата в системе по мощности не должна превышать 15–20 % от мощности дизель-генератора. Такие режимы можно использовать для экономии топлива в гибридных установках большой мощности. При использовании раздельной работы ВЭУ и ДЭС становится возможным поднять долю участия ветроустановки до 50–60 % и более. Однако, в этом случае неизбежно усложнение системы за счет необходимости введения системы управления, инверторного оборудования и аккумуляторных батарей (АБ), которые аккумулируют энергию, вырабатываемую ветроагрегатом при рабочих скоростях ветра для питания нагрузки в безветренную погоду или при небольших скоростях ветра. Всякий раз, когда это возможно, энергия получается за счет ВЭУ, а АБ непрерывно подзаряжаются. В периоды ветрового затишья, когда заряд АБ падает ниже определенного уровня, для обеспечения потребителей энергией автоматически (или вручную) запускается дизель-генератор. Такой режим значительно снижает количество запусков дизель-генератора и, следовательно, ведет к сокращению затрат на обслуживание и топливные расходы. Анализ ВИЭ выявил необходимость разработки информационно-

измерительной и управляющей системы многоканального комплекса природных и индустриальных источников (рисунок 1).

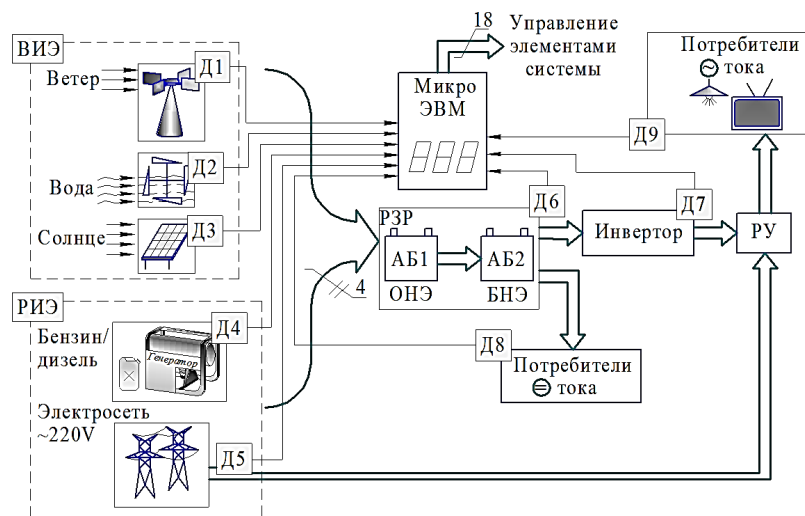


Рисунок 1 – Функциональная схема многоканального комплекса ВИЭ:

Д1÷Д3 – датчики контроля параметров ВИЭ; Д4 – датчик контроля бензинового/ дизельного генератора; Д5 – датчик тока электросети;

АБ – аккумуляторная батарея; РЗР – реле заряда разряда АБ;

ОНЭ – оперативный накопитель энергии; БНЭ – базовый накопитель энергии; Д6 – датчик уровня заряда аккумуляторной батареи; Д7 – датчик качества сигнала 220В 50Гц; Д8 – датчик тока потребителя постоянного тока; Д9 – датчик тока потребителя переменного тока; РУ – распределительное устройство; РИЭ – резервные источники электроэнергии

В качестве ВИЭ для такого комплекса выбраны наиболее эффективные и адаптированные для распределенной энергетики источники: ГЭУ погружного или рукавного типов, ВЭУ с ВО ВД и СЭУ с динамической системой отслеживания положения солнца.

Бензиновый/дизельный генератор с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и промышленная электросеть используются в многоканальном комплексе ВИЭ в качестве резервных источников электроэнергии (РИЭ) на случай пиковых нагрузок, а также для электроснабжения ответственных устройств потребителя. В состав каждого ВИЭ входят преобразующие и управляющие узлы [2], оптимизирующие с помощью центральной микро-

ЭВМ, работу источника. Необходимые сигналы для контроля и управления микроЭВМ обобщены в таблице 1 и указаны на рисунке 2.

ВЭУ включает в себя ВД, электрогенератор, вариатор и тормозное устройство. Вариатор используется для снижения Мтр при начале вращения ВД, повышения малого числа оборотов тихоходного ВД до необходимого для функционирования электрогенератора. Основным информативным параметром ВЭУ является скорость вращения вала ВД. Указанный параметр используется при: (а) управлении работой вариатора; (б) определении нештатных режимов работы ВЭУ (при превышении скорости вращения ВД выше заданного максимального значения включается тормозное устройство); (в) косвенном методе определения изменения характеристик преобразования силовых блоков комплекса путем сопоставления характеристик преобразования с заранее заданными (функция удаленного контроля состояния ВИЭ).

Таблица 1 – Управляющие и информационные сигналы микро-ЭВМ

Функциональные блоки многоканального комплекса ВИЭ		Сигналы		
		Информационные	Управляющие	
ВЭУ	ВД	От датчика скорости вращения	Вкл./выкл. тормозного устройства ВД	
		От датчика температуры		
	Генератор	От датчика тока		
		От датчика напряжения		
		Вариатор	От датчика наличия ошибок	Повышение скорости вращения выходного вала
			От датчика скорости вращения выходного вала (ПП)	Понижение скорости вращения выходного вала
		Вкл./выкл. вариатора		
СЭУ	Устройство ориентирования СП	От датчика азимутального положения светила (ПП)	Горизонтальное перемещение СП по часовой стрелке	
		От датчика горизонтального перемещения СП (ПП)	Горизонтальное перемещение СП против часовой стрелки	
		От датчика зенитального положения светила (ПП)	Вертикальное перемещение СП от Земли	
		От датчика вертикального перемещения СП (ПП)	Вертикальное перемещение СП к Земле	
	СБ	От датчика тока	Вкл./выкл. СБ	
		От датчика напряжения		

ГЭУ	Турбина ГЭУ	От датчика скорости вращения (ПП)	Вкл./выкл. тормозного устройства турбины
	Генератор	От датчика тока ГЭУ	
		От датчика напряжения ГЭУ	
ГЭУ	От датчика уровня воды		
ДВС		От датчика уровня масла	Вкл./выкл. ДВС
		От датчика уровня топлива	
		От датчика скорости вращения двигателя (ПП)	
Электросеть	От датчика тока электросети		
РЗР	От датчика уровня заряда АБ	Вкл./выкл. РЗР	
	От датчика уровня заряда АБ2		
Потребители = тока	От датчика тока потребителей постоянного тока	Вкл./выкл. КТ	
Потребители ~ тока	От датчика тока потребителей переменного тока		
Инвертор	От датчика контроля напряжения и фазы	Вкл./выкл. инвертора	
			Управление драйвером 1
			Управление драйвером 2
РУ		Вкл./выкл. потребителя ~ напряжения к инвертору	
		Вкл./выкл. потребителя ~ напряжения к электросети	

СЭУ включает устройство ориентирования СП, солнечную батарею (СБ). Динамическая система ориентирования СП [2] позволяет по показаниям датчиков азимутального и зенитального положения (ориентированным по фотодиодам) отслеживать положение солнца и ориентировать поверхность СБ ортогонально солнечному излучению. Важными информативными параметрами являются значения горизонтального и вертикального перемещения СП под действием устройства ориентирования. Указанные параметры используются для контроля работоспособности устройства ориентирования, а также для оптимизации режимов перемещения СП на основе статистических данных (угол ориентация СП в утренние часы, определение порогового значения изменения положения солнца для начала перемещения).

ГЭУ включает гидравлическую турбину и электрогенератор. В процессе работы ГЭУ контролируется уровень воды и скорость вращения турбины.

Контроль уровня воды используется для определения нештатной ситуации перегрева или затопливания силовых узлов установки. Информация о скорости вращения турбины ГЭУ позволяет анализировать режимы работы установки при изменении мощности электрической нагрузки (изменении рабочих режимов) [1].

В состав комплекса помимо самих ВИЭ также входят контролирующие и управляющие элементы (рисунки 1, 2). Управляющим блоком в комплексе является микроЭВМ. Накопитель энергии на аккумуляторных батареях (АБ) используется в комплексе с целью компенсации неравномерности поставки электроэнергии ВИЭ. В его состав входят блоки оперативных и базовых АБ. Указанное разделение необходимо для обеспечения полного и оптимального заряда батарей. Реле (коммутатор) заряд-разряд АБ (РЗР) – сложное многоканальное устройство с возможностью перераспределения энергии и оптимизации процесса заряда АБ, выполняет функции согласования параметров АБ как источника с инвертором. Инвертор реализует преобразование $=12V \rightarrow \sim 220V(\sin)$ либо $=24V \rightarrow \sim 220V(\sin)$. Распределительное устройство РУ используется в комплексе для переключения режимов работы потребителя от генерируемых ВИЭ и ДВС мощностей на электросеть. Измеритель тока потребителя постоянного тока (ИТ1) и переменного тока (ИТ2) позволяют микроЭВМ отследить требуемую мощность в нагрузку и, при необходимости, подключить источник внешнего переменного напряжения 220 В (~Uвн).

В зависимости от условий эксплуатации и требуемых для потребителя характеристик питающего напряжения, набор функциональных элементов комплекса изменяется. Пример структурной схемы автономного комплекса ВИЭ для равнинных и засушливых местностей с отсутствием эффективного источника водного потока представлен на рисунке 3, а.

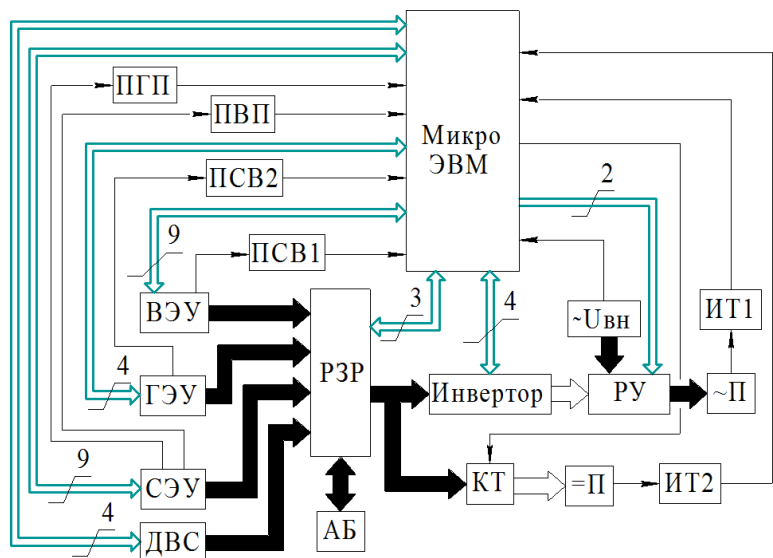


Рисунок 2 – Структурная схема многоканального комплекса ВИЭ:

ВЭУ – ветроэлектрическая установка; ГЭУ – гидравлическая энергетическая установка; СЭУ – солнечная энергетическая установка; ДВС – двигатель внутреннего сгорания; АБ – аккумуляторная батарея; РЗР – реле (коммутатор) заряд-разряд АБ; ПССВ1 – преобразователь скорости вращения ВД; ПССВ2 – преобразователь скорости вращения турбины ГЭУ; ПГП, ПВП – преобразователь горизонтального и вертикального перемещения СП; КТ – коммутатор тока; РУ – распределительное устройство; ~П, =П – потребители переменного и постоянного тока; $\sim U_{вн}$ – источник переменного внешнего напряжения 220В; ИТ1, ИТ2 – измерители тока

Особенностью схемы является независимость от водных ресурсов, автоматизированное функционирование комплекса с перераспределением генерирующих мощностей ВИЭ с целью выбора оптимального источника или одновременной работы нескольких ВИЭ параллельно.

Основными достоинствами схемы являются эффективное аккумулирование энергии ВИЭ благодаря оптимальным режимам работы, возможность использования энергии резервного источника.

Структурная схема комплекса ВИЭ для электропитания комплексов измерительной, контрольной и коммутационной аппаратуры удаленных объектов представлена на рисунке 3, б.

Особенностью схемы является возможность применения в северных районах с низкой эффективностью СЭУ и ГЭУ (наличие полярных дня и ночи, короткого летнего периода).

Малое значение токопотребления датчиков в режиме ожидания и высокое – в импульсном режиме обмена информации с базой позволяют ВЭУ эффективно обеспечивать электроэнергией нагрузку (рисунок 3, б). В ВЭУ предусмотрено применение автобалластной системы, позволяющей при резких порывах ветра использовать дополнительную нагрузку электрогенератора для обогрева блока АБ (увеличение ресурса работы) [1]. Электрогенератор ДВС применяется лишь при технической необходимости подзаряда АБ. Сигнал о критическом уровне заряда АБ и о работоспособности системы в целом возможно передавать на удаленный пункт контроля. Таким образом, применение комплекса позволяет осуществить электроснабжение удаленных датчиков контроля в любой географической местности и оповестить о необходимости сервисного обслуживания.

Анализ основных функциональных блоков различных структурных схем автономного многоканального комплекса ВИЭ показал возможность повышения его технико-эксплуатационных характеристик [1, 2, 3]:

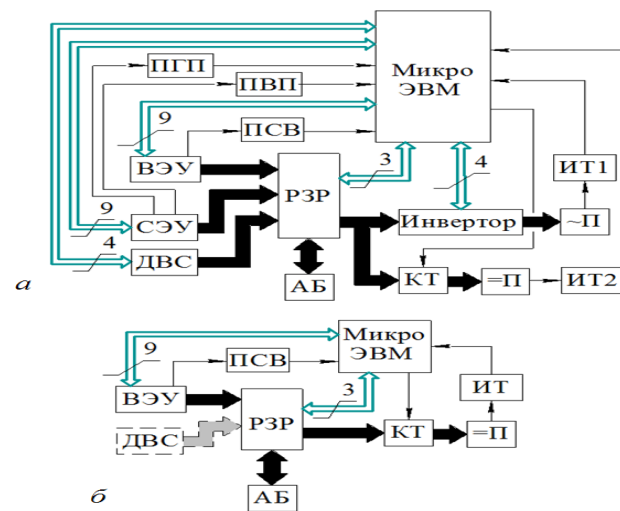


Рисунок 3 – Структурные схемы автономных многоканальных комплексов ВИЭ: а – равнинных и засушливых местностей; б – электропитания аппаратуры удаленных объектов; обозначения – по рисунку 2

1) использованием универсального для всех ВИЭ (ВЭУ, ГЭУ, СЭУ) преобразователя для бесконтактного определения линейных и угловых перемещений;

2) повышением эффективности преобразования ветрового потока ветродвигателя ВЭУ и улучшением его транспортабельных свойств.

ВЫВОДЫ

Энергоснабжение децентрализованных потребителей, в том числе с применением автономной ветроэнергетики или гибридов в составе ДГ и ВЭУ, повысит энергоэффективность. Это обусловлено тем, что наблюдения последних лет показывают, что климатические характеристики регионов меняются. Если десять лет назад среднемесячные скорости ветров колебались в районе от 3,5 до 6,5 м/с, то в настоящее время, например в Павлодарской области штормовые предупреждения идут практически через день. Существующий ветроэнергетический потенциал Казахстана в 3 раза превышает его потребности. Поэтому пора уделять должное внимание на возобновляемую энергетику.

Сочетание ветрового и дизельного режимов в отдельных случаях позволяет экономить до 70 % дизельного топлива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б.** Электроснабжение на основе возобновляемых источников энергии : учеб.пособие / Б. К Шапкенов., А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 192 с.

2 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** /Ветросолнечные электрические станции : учеб.пособие / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар. – Кереку, 2016. – 168 с.

3 **Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Шапкенов, Б. К.** Компьютерное моделирование ветроустановки // Материалы Международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии», проводимой в рамках специализированного форума «Ехро Build Russia». МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО, Екатеринбург. – 2017, 18–20 апреля – С. 95–99.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, С. Ж. Кулумбенов⁵, Д. Ф. Файзулла⁵, А. А. Марковская⁶

Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану арқылы кешенді энергия жүйелерінің тиімділігі

¹«ХимПарк Тараз» АЭА БК» АҚ,
Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁶Омбы мемлекеттік көлік университеті,

Омбы қ., 644010, Ресей Федерациясы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴, S. Zh. Kulumbenov⁵, D. F. Faizulla⁵, A. A. Markovskaya⁶

Efficiency of complex energy systems with application of renewable sources

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas»,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4,5}S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁶Omsk State Transport University,

Omsk, 644010, Russian Federation.

Material received on 16.02.18.

Қазіргі уақытта Қазақстанның энергетикалық секторының негізгі проблемаларының бірі – республиканың оңтүстік аймағында электр қуатының жетіспеушілігі. Мұның себебі: Қазақстан электр станцияларының негізгі өндірістік қуаттарының өте жоғары дәрежесі (58,5 % дейін); аймақаралық және аймақтық электр желілері арқылы тасымалдау кезінде электр энергиясының жоғалуы (60 % немесе одан жоғары); Қазақстанның энергетикалық секторларындағы инвестициялық ресурстардың жетіспеушілігі; елдің электр және жылу желілерінің жартысына жуық ескірген жағдайы. Бұдан басқа, Қазақстанның оңтүстік аймағы шектеулі электр станцияларымен, сондай-ақ осы аймақтағы электр станцияларының және қосалқы станцияларының шектеулі санымен

ерекшеленеді. Осыған байланысты, Қазақстандағы энергетикалық сектордың негізгі әлеуметтік міндеттерінің бірі – оңтүстік Қазақстанның тұтынушыларына, әсіресе орталықтандырылған электрмен жабдықтау аудандарында орналасқан электр қуатын сенімді қамтамасыз ету. Мұндай тұтынушылар үшін ЭЖЖ-ны пайдалану ең перспективалы бағыт болып табылады. Қазақстан үшін баламалы энергетика маңызды және әртүрлі мәселе. Қазақстандағы жаңартылатын энергия көздерін пайдалану үлесін тұтастай алғанда жалпы энергетикалық баланстың 20-30 %-на дейін жеткізу, содан кейін осы көрсеткіштің ұлғаюы қазба ресурстарын толығымен сарқып алуда маңызды рөл атқаруы мүмкін. Дәстүрлі емес технологиялар саласындағы мамандардың, сондай-ақ Ресейден және шетелден мамандармен бірлескен мемлекетаралық іс-шаралары аймақтың энергетикалық секторына осындай технологияларды енгізуді ынталандырады. Сонымен бірге, отын-энергетикалық ресурстарды ұтымды және тиімді пайдалану және энергетикалық сектордың қоршаған ортаға зиянды әсерін азайту проблемасы шешілетін болады. Орталықтандырылмаған тұтынушылар үшін түрлі энергия көздерін пайдалану мүмкіндіктері қарастырылады. Функционалдық және құрылымдық схемалар ұсынылған.

At present, one of the main problems for the energy sector of Kazakhstan is the acute shortage of electricity in the southern region of the republic. The reason for this was: a critically high degree of wear of the main production capacities of Kazakhstan's power plants (up to 58.5 %); high losses of electricity during its transportation through interregional and regional electric networks (up to 60 % or more); acute shortage of investment resources in Kazakhstan's energy sectors; a very worn condition of almost half of the country's electricity and heat networks. In addition, the southern region of Kazakhstan is distinguished by a limited number of power plants, as well as a limited number of power stations and substations in this region. In this regard, one of the main social tasks of the energy sector in Kazakhstan today is the reliable provision of electricity to consumers in southern Kazakhstan, especially those located in the areas of de centralized power supply. For such consumers, the use of RES is the most promising direction. Alternative energy for Kazakhstan is an important and diverse problem. Bringing the share of use of renewable energy sources in Kazakhstan as a whole to 20-30 % of the total energy balance, and, subsequently, an increase in this indicator, could play an important role with the complete exhaustion of fossil resources. And joint

interstate activities of experts in the field of non-traditional technologies, as well as with specialists from Russia and abroad, would increase the incentive for the introduction of such technologies in the energy sector of the region. At the same time, the problem of rational and effective use of fuel and energy resources and reducing the harmful impact of the energy sector on the environment would be resolved.

The possibilities of using different energy sources for decentralized consumers are considered. Functional and structural schemes are given.

**A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³,
V. P. Markovsky⁴, A. P. Kislov⁵**

¹general manager, JSC «MC SEZ HimPark Taraz», Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²manager, JSC «KazTransGaz», Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

³Candidate of technical sciences, Pro-fessor, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴candidate of technical sciences, professor, head of the department of «Power Engineering», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan;

⁵candidate of technical sciences, professor, dean of the Faculty of Energy, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

THE COMPARISONS BETWEEN IGBT CHOPPER-RECTIFIERS AND THYRISTOR RECTIFIERS

The article is fulfilled comparison between IGBT choppers-rectifiers and thyristor rectifiers, efficiency and losses, Current harmonics in the chopper-rectifier, PWM current-source rectifiers, schemes, losses with A DC voltage of 150 V, 300 V and 650 V, diagrams of Rectifier system efficiency versus dc output voltage, efficiency versus rated output voltage, major component losses in rectifiers to deliver 70 kA, 35 MW to an arc furnace, about quality of the output current, simplified power circuit of a unit used in an arc furnace application. Made conclusions about main characteristics of the most important topologies used in generation of large currents.

Keywords: chopper-rectifiers, thyristor rectifiers, power semi-conductors, current harmonics, bridge thyristor, diode bridge, IGBT choppers.

INTRODUCTION

In the following analysis, the most important variables that affect the relative efficiency of whole systems using each technology are presented and efficiency comparisons found in the literature are reviewed.

MAIN PART

I System evaluation and comparison

The comparisons between IGBT chopper-rectifiers and thyristor rectifiers have a great importance, because these are the current technologies in the market.

A. Efficiency and losses

The PWM-CSR is a solution used in medium-voltage applications to generate the DC-link current for a current-source inverter (CSI) [1]. Fig. 1, a, presents the power circuit of this rectifier, which uses a basic bridge with six gate-turn-off thyristors (GTOs), generating a controlled current I_{dc} at the output.

The operation of the GTOs generates a PWM input current i_{za} with the waveform shown in Fig. 1, b. A capacitive filter is used for smoothing, achieving near-sinusoidal line current. This topology can, in principle, be used to generate large currents, although there is no practical experience in industrial processes. This solution should be considered as an alternative in the future, because it can deliver a good controlled current to the load while consuming near-sinusoidal currents with high from the supply.

The double power conversion in chopper-rectifiers and the use of IGBTs with higher voltage drop than thyristors results in higher converter losses than in thyristor rectifiers. Nevertheless, the losses and efficiency should be evaluated for the complete rectifier system, including transformer, harmonic filter, and other elements, such as snubbers and fuses. This makes difficult a general assessment on the efficiency of each technology and the comparison should be done on a case-by-case basis. In the following analysis, the most important variables that affect the relative efficiency of whole systems using each technology are presented and efficiency comparisons found in the literature are reviewed.

Current harmonics in the chopper-rectifier are generally smaller than those in thyristor rectifiers of the same number of pulses and operating at typical firing angle [1]. This produces lower conduction and eddy-current losses in the rectifier transformer [2]. Transformer conduction losses as well as the semiconductor losses remain relatively unchanged with voltage increase. On the other hand, rectifier transformer eddy-current losses increase with higher rated ac voltage. This means that the global efficiency of chopper-rectifiers relative to that of thyristor units improves for applications that call for higher rated dc output voltages.

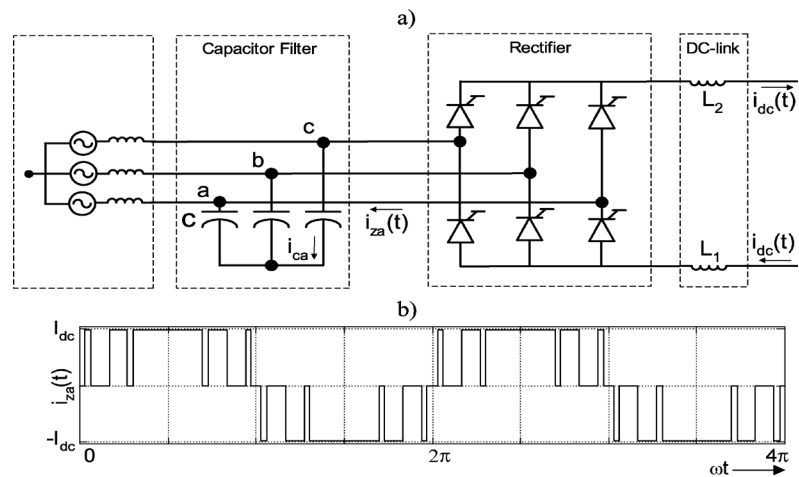


Figure 1 – PWM current-source rectifiers:
a – Power circuit; b – Rectifier input current

Furthermore, the losses in harmonic filters normally used in thyristor rectifiers makes this comparison even more favorable for chopper–rectifiers.

A detailed comparison of two different thyristor rectifier topologies and a chopper–rectifier is presented in [3]; all the units analyzed are 12-pulse and sized to deliver 30 kA dc at 150, 300, and 650 V dc. This analysis includes losses in the following elements.

For the thyristor rectifier

- thyristor conduction;
- transformer;
- ac line filter;
- thyristor snubber;
- ac and dc bus;
- thyristor fuse.

For the IGBT chopper–rectifier

- diode conduction;
- IGBT conduction and switching;
- transformer;
- ac line filter;
- diode snubber;
- dc capacitor bank input reactor;
- dc bus;
- freewheeling diode and dc output reactor.

The results of this analysis are presented in Tables 1–3 and summarized in Fig. 2.

Fig. 2 shows that the efficiency of the chopper–rectifier comes closer to that of the thyristor unit for higher voltages, as expected. One author reports that the efficiency of their design of a 30-kA chopper–rectifier exceeds even that of thyristor rectifiers for rated output voltages higher than 150 V [4]. The total efficiencies obtained in this work are shown in Fig. 3, where transformer efficiencies of 98.6 % for the chopper–rectifier and 97.1 % for the thyristor rectifier are considered.

Table 1 – Losses with A DC voltage of 150 V

150 [VDC]	Total rectifier loss, kW	Total transformer loss, kW	Total system, kW	System efficiency, %
Single Way thyristor	60,8	77,2	138,0	96,9
Bridge thyristor	117,4	76,8	194,2	95,7
Diode Bridge + IGBT choppers	202	64,4	266,4	94,0

Table 2 – Losses with A DC voltage of 300 V

300 [VDC]	Total rectifier loss, kW	Total transformer loss, kW	Total system, kW	System efficiency, %
Single Way thyristor	60,8	154,4	215,2	97,6
Bridge thyristor	117,4	153,6	217,0	97,0
Diode Bridge + IGBT choppers	202	128,8	330,8	96,3

The transformer efficiencies considered in the previous analysis have been estimated considering typical (low) operating values of firing angle α for the thyristor rectifier. Nevertheless, when operating at reduced voltage, i.e., with a dc load voltage much smaller than the maximum value determined by the transformer ac output voltage, the improvement in efficiency of the chopper–rectifier transformer relative to that of the thyristor rectifier transformer is significantly increased. This is because reduced-voltage operation in thyristor rectifiers is achieved by large firing angles and, hence, a very low PF.

Table 3 – Losses with A DC voltage of 650 V

650[VDC]	Total rectifier loss, kW	Total transformer loss, kW	Total system, kW	System efficiency, %
Bridge thyristor	117,4	332,9	450	97,7
Diode Bridge + IGBT choppers	202	279,1	481,1	97,5

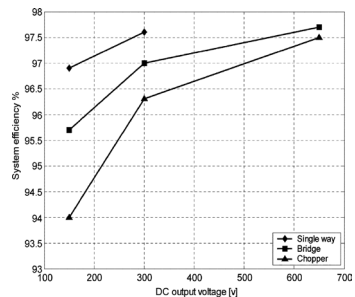


Figure 2 – Rectifier system efficiency versus dc output voltage [5]

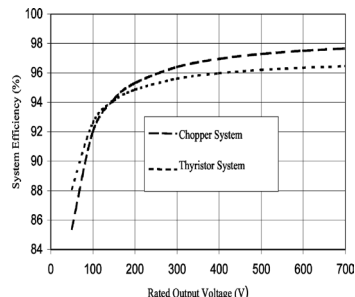


Figure 3 – Efficiency versus rated output voltage [5]

This means that large transformer currents are needed to deliver a relatively low power to the load. In fact, the transformer and rectifier current magnitude and, hence, conduction losses, do not change with the reduction of load voltage and are determined by the magnitude of the load current only. On the other hand, the double power conversion of the chopper–rectifier is characterized by a high-PF operation across the whole output dc voltage range. This means that, for reduced-voltage operation, the current through the transformer and the diode rectifier is of smaller magnitude, corresponding mainly to active power. This reduces losses in the transformer and the diode rectifier comparatively to those on the thyristor rectifier and offset the extra losses in the second power conversion stage of the chopper–rectifier.

Table 4 – Major Component Losses in rectifiers to Deliver 70 kA, 35 MW to an Arc Furnace

	Chopper system	Thyristor system
12-pulse Transformer Size	38 [MVA]	50 [MVA]
Pouer factor without correction	0,93	0,70
LOSSES (in [kW])		
Transformer (including harmonics)	550	1100
Rectifiers	140	280
Choppers	250	-
Line Filter	-	84
Total	940	1464
Difference	0	+524

Applications such as arc furnaces and plasma torches require high voltage to establish the initial arc but normal operation is characterized by low voltage and high current. These types of applications call for rectifiers to operate normally with reduced voltage. Therefore, the lower losses on the chopper–rectifier transformer in this mode of operation are an advantage when considering this rectification technology for applications involving arc generation. Furthermore, for the same reasons discussed above, the dimensioning of the chopper–rectifier transformer is done essentially for maximum power, while the thyristor rectifier transformer should be dimensioned for maximum currents and voltage, resulting in an oversized thyristor rectifier transformer.

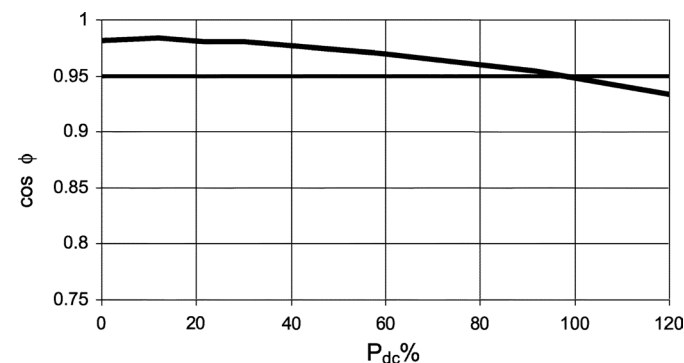


Figure 4 – Input PF of a chopper–rectifier over the full operating range

The major losses on 12-pulse rectifiers of both technologies dimensioned for a dc arc furnace rated at 35 MW, 70 kA are presented in [6]. The summarized comparison is shown in Table 4.

As shown in Table V and, indeed in most cases, the losses in semiconductors are larger in chopper–rectifiers than in thyristor rectifiers. However, depending of the particular application, the higher thyristor rectifiers transformer losses may offset the semiconductor losses difference.

B. Harmonics and Input PF

It is well known that thyristor rectifiers operate with low PF for reduced loads. It is usual to use power filters at the input of the rectifier to provide the necessary reactive power compensation and harmonics reduction. This practice requires the application of a harmonics study in the early phases of the project.

On the other hand, chopper–rectifiers operate with high and almost constant PF. Fig. 4 shows that the input PF has a value of 0.95 at rated load and a higher value for reduced loads. No external compensation of the PF is required.

C. *Quality of the Output Current*

Thyristor rectifiers produce a load current ripple, the frequency of which is 12 times the source frequency (for a 12-pulse configuration).

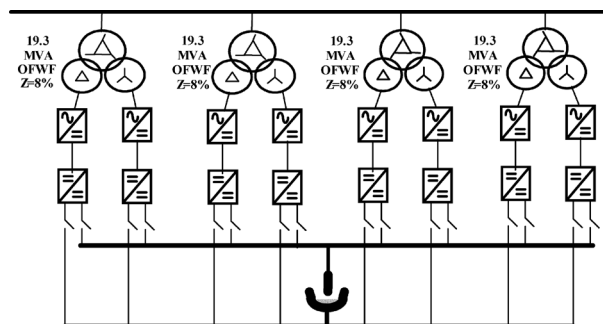


Figure 5 – Simplified power circuit of a unit used in an arc furnace application

Chopper–rectifiers work with a higher switching frequency, for example, 2 kHz (for a six-pulse configuration), allowing for a reduction in the current ripple. In addition, the use of IGBT choppers permits a fast control of the load current, which is attractive in some applications, like plasma torches.

D. *Reliability*

Thyristor rectifiers are quite reliable pieces of equipment. It is common practice to use n-1 redundancy on the thyristors to increase reliability. On the other hand, chopper–rectifiers have significantly more power semiconductors, making these units less reliable. However, their topology is also adequate for the application of n-1 redundancy. Furthermore, this redundancy can be implemented at different levels. First, n-1 redundancy can be applied to the IGBT legs of a simple cell allowing for disconnection of one of these legs by a fuse in case of failure [7]. Redundancy could also be introduced by designing a converter capable of operation at rated current with one complete cell disconnected, should it fail.

II. Experiences with applications of large rectifiers

Thyristor rectifiers have been the most used technology during the past several decades, and their advantages in terms of performance, efficiency, reliability, and cost are well known. This is a mature and well-established technology.

The real question today is whether there is enough field experience with chopper–rectifiers to compete with the thyristor technology. Still, several engineering companies and users do not consider this alternative in their projects, because they feel that this experience is still insufficient.

As an example of application of chopper–rectifiers, Fig. 5 shows the simplified power circuit of a unit rated 65 MW, 130 kA, 650 V, used in an arc furnace. The input-side transformer has a 24-pulse configuration.

A very important indication of the acceptance of a technology is to observe the amount of units produced and installed by some manufacturers. The applications cover different areas such as electrometallurgical, electrochemical, plasma torches, and arc furnaces with currents up to 130 kA.

CONCLUSION

This paper has reviewed the main characteristics of the most important topologies used in generation of large currents. The advantages and drawbacks of these solutions have been highlighted.

The 12-pulse thyristor rectifiers in single-way (ANSI 45-46) or bridge (ANSI 25-26) connections are the dominant technologies. Poor PF and input harmonics are some of their most important disadvantages. However, these problems are solved with the use of passive filters. The maturity of this technology and its high efficiency are probably its most attractive aspects. On the other hand, chopper–rectifiers present an alternative based on the availability of high-current IGBTs. Solutions used in industry show reduced input current harmonics and high PF without need of filters. The high number of components seems to be an important drawback, negatively affecting efficiency and reliability. However, recent evaluations show that chopper–rectifiers can be competitive in terms of efficiency at high voltage levels due to lower losses at the input transformer. This may give an advantage to chopper–rectifiers in applications such as arc furnaces and plasma torches. However, for applications requiring nearly constant low voltage and large currents, thyristor rectifiers still are the most attractive alternative with higher efficiencies and a lower capital cost.

The use of PWM-CSRs, presently restricted to medium-voltage CSIs, could be used for rectification on industrial processes in the future. This technology can deliver good controlled current to the load, while keeping low harmonics currents and a high PF in the supply.

As a main conclusion of this paper, it can be stated that chopper–rectifiers have enough field experience to be considered as an alternative in the generation of controlled current in the kiloamperes range.

REFERENCES

1 Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А. Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала

электростанций. Saarbrücken, Germany : – Изд. Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 461 с.

2 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Govorun, V. F., Shapkenov, B. K.** Fault reconfiguration paradigm for the cascaded H-bridge multilevel inverter drive // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сб. докл. 4-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках выстав. «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение» (Екатеринбург, 26–28 мая 2015 г.) / науч. ред. Ф. Н. Сарапулов. – Екатеринбург : Издательство УМЦ УПИ, 2015. – 238 с., – с. 125–128.

2 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K.** Symmetrical and unsymmetrical regimes of cascaded H-bridge M-level inverter. Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сб. докл. 4-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках выстав. «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение» (Екатеринбург, 26-28 мая 2015 г.): Екатеринбург : Издательство УМЦ УПИ, 2015. – 238 с. – С. 118–120.

3 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Shapkenov, B. C., Markovsky, V. P.** Multilevel inverter using variable switching frequency cascaded carrier based on PWM techniques // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – № 4. – 2015. – С. 44–60.

4 **Markovski, V. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter. Zürich, Schweiz. Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials», 15–18 Juni 2015. – P. 251–258.

5 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults. Zürich, Schweiz. Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials», 15–18 Juni 2015. – P. 258–271.

6 **Kislov, P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter // VII Международная научная конференция молодых ученых «Электротехника. Электротехнология. Энергетика», Новосибирск, Россия. 2015, 9–12 июня. – С. 67–74.

7 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults // VII «Applied Mechanics and Materials», Новосибирск, Россия. 2015, 9–12 июня. – С. 75–88.

Material received on 16.02.18.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵

IGBT транзисторларын тиристор түзеткіштерімен салыстыру

¹«ХимПарк Тараз» АЭА БК» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5}Энергетикалық факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, А. П. Кислов⁵

Сравнение между IGBT-транзисторными и тиристорными выпрямителями

¹АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз»,

г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²АО «КазТрансГаз»,

г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

^{3,4,5}Энергетический факультет,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Мақала IGBT түзеткіштерін тиристор түзеткіштерімен салыстырады, тиімділігі мен жоғалтуын, түзеткіштің гармоникалық ток, ПВМ, тізбектер, 150 В, 300 В және 650 В тұрақты кернеумен шығатын ток түрлендіргіштерін, түзеткіш жүйенің тиімділік диаграммаларын және тікелей ток шығу кернеуін сипаттайды, номиналды шығыс кернеуімен салыстырмалы тиімділік, 70 кА, доғалық пешке 35 МВт жеткізу үшін шығатын түзеткіштердегі негізгі компоненттердің жоғалуы, шығу тогының сапасы, доғалық пеште қолданылатын блоктың оңайлатылған қуат тізбегі. Ірі токтар генерациясында қолданылатын маңызды топологиялардың негізгі сипаттамалары туралы қорытынды жасалады.

В статье проведено сравнение между выпрямителями IGBT и тиристорными выпрямителями, описаны эффективность и потери, гармоник тока в выпрямителе, преобразователи тока с ШИМ,

схемы, потери с постоянным напряжением 150 В, 300 В и 650 В, диаграммы эффективности системы выпрямителя и выходного напряжения постоянного тока, эффективность по сравнению с номинальным выходным напряжением, потери основных компонентов в выпрямителях для подачи 70 кА, 35 МВт в дуговую печь, качество выходного тока, упрощенная силовая цепь блока, используемого в дуговой печи. Сделаны выводы об основных характеристиках наиболее важных топологий, используемых в генерации больших токов.

ГРНТИ 44.29.01

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, Е. Р. Макенов⁵**

¹главный менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: argin_intel@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ ГЛИНОЗЕМА НА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАХ КАЗАХСТАНСКОГО ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ЗАВОДА

При решении задачи снижения удельного расхода электроэнергии при производстве алюминия, затраты энергии на практике остаются выше теоретических расчётов. Основной причиной при этом является повышенное напряжение на ванне, состоящее из омического падения напряжения в электролите и обратной ЭДС. Рабочее напряжение на электролизёре зависит от размеров, формы и материала электродов, интенсивности конвективных потоков в расплаве, падения напряжения в самом электролите и многих других факторов. Для уменьшения падения рабочего напряжения на электролизёре при постоянной плотности тока только одно сопротивление – сопротивление расплава, может варьироваться подбором изменения межполюсного расстояния и состава электролита, с целью уменьшения его удельного сопротивления. Экспериментально исследована эффективность работы системы автоматической подачи глинозема на электролизерах Казахстанского электролизного завода путем анализа изменения во времени показателей электролиза. При исследовании применялись методы измерения рабочего

напряжения, концентрации глинозема, температуры и перегрева электролита.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, эффективность работы, система автоматической подачи глинозема, электролизеры, Казахский электролизный завод, показатели электролиза, концентрация глинозема, температура и перегрев электролита

ВВЕДЕНИЕ

Алюминиевые заводы являются самыми крупными потребителями электроэнергии, поэтому все они расположены вблизи крупнейших ГЭС и тепловых электростанций. В настоящее время в странах СНГ работают 15 алюминиевых заводов (БрАЗ, КрАЗ, ТадАЗ, СаАЗ, НкАЗ и др.), одним из которых является Казахский электролизный завод.

На указанных заводах установлены электролизеры разной конструкции и разной мощности на силу тока от 50 кА до 255 кА. Электролизеры с обожженными анодами признаны в настоящее время наиболее перспективными с точки зрения лучших условий труда, механизации и автоматизации производственных процессов, лучшего качества продукции, они обеспечивают наименьший расход технологической электроэнергии и технологического сырья на 1 тонну алюминия. В связи с большой энергоемкостью электролизного производства вопросы исследования и контроля параметров технологических процессов являются чрезвычайно актуальными.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В связи с ужесточением требований к энерго- и ресурсосбережению, актуальными являются исследования по созданию энергосберегающей технологии получения алюминия [1]. Для повышения эффективности процесса электролиза с целью возможности уменьшения нерациональных потерь на начальном этапе были проведены экспериментальные исследования ряда электрических характеристик при электролизе алюминия.

Схемой электроснабжения предусматривается совместное питание электролизных и прочих потребителей электроэнергии от общих сборных шин ОРУ-220кВ. Для электроснабжения серии электролиза предусматривается сооружение одной выпрямительной подстанции (ВП). На ВП устанавливается 6 преобразовательных агрегатов. Каждый агрегат расчитан на силу выпрямительного тока 75 кА и напряжение 1300 В [2]. Первичное напряжение агрегатов – 220 кВ.

В состав каждого блока трансформатор- выпрямитель входят:

- один регулировочный трансформатор с устройством переключения ступеней под нагрузкой (РПН);
- два преобразовательных трансформатора для питания выпрямителя;
- два дросселя насыщения с глубиной регулирования напряжения 40 В для плавного регулирования напряжения в пределах ступени РПН регулировочного трансформатора;
- охлаждение агрегатов осуществляется по схеме «деионизированная жидкость – воздух».

Система из 6 выпрямительных блоков обеспечивает 72-импульсный режим выпрямления, что способствует уменьшению величины высших гармоник на шинах 220 кВ [3].

Каждый регулировочный трансформатор имеет третью обмотку, рассчитанную на мощность 25 МВА и напряжение 20 кВ, для подключения фильтркомпенсирующих устройств. Эти устройства обеспечивают фильтрацию высших гармоник тока и увеличение коэффициента мощности на шинах 220 кВ до величины 0,92.

Все преобразовательные агрегаты на ВП подключаются к от крытому распределительному устройству 220 кВ (ОРУ–220 кВ) при помощи разъединителей и элегазовых выключателей.

Для повышения надежности электроснабжения ОРУ–220 кВ выполняются с двумя системами сборных шин 220 кВ: с рабочей системой шин и с резервной системой шин. К каждой из рабочих систем шин подключается группа из 6-ти преобразовательных агрегатов, питающих серию электролиза.

Резервная система шин служит для резервного электроснабжения серии электролиза в аварийных ситуациях или при ремонте рабочих систем шин. ОРУ–220 кВ ВП получает питание от двух групп трансформаторов, устанавливаемых на главной понизительной подстанции (ГПП). Каждая из указанных групп рассчитана на номинальную мощность 501 МВА и сочетание напряжений 500/220/10,5 кВ. одна из групп является резервной и включается в работу в случае выхода из строя другой группы автотрансформаторов.

В системе АСУТП завода объектами управления в настоящее время являются:



Рисунок 1 — Цех электролиза алюминия на АО «Казахстанский электролизный завод» (КЭЗ)

– цех электролиза алюминия (рисунок 1) – 1 серия (2 корпуса) электролиза, оснащенных 288 электролизерами с обожженными анодами на силу тока 320 кА (действующих 144 электролизных ванн);
 – выпрямительная подстанция (ВП), оснащаемая преобразовательными агрегатами на ток 75 кА и напряжение 1300 В;

Таблица 1 – Технические параметры и технологические показатели электролиза с обожженными анодами (ОА) на силу тока 320 кА

1	Количество анодов	шт.	40
2	Количество стальных ниппелей на аноде	шт.	4
3	Плотность тока в ниппеле	А/см ²	12.995
4	Плотность тока в аноде	А/см ²	0.714
5	Расход электроэнергии	кВтч/т	13460
6	Выход по току	%	93
7	Производительность	кг/сут	2396,3
8	Среднее напряжение	В	4,2

– литейное отделение, оборудованное 60 тоннными миксерами (5 шт. в работе – 3) и разливочными машинами для получения слитков первичного алюминия (3 линии в работе – 2);

– отделение отчистки газов и электролизеров, оборудованное установками сухой газоочистки (4 модуля «реактор-рукавный фильтр», в работе – 2);
 – вибропрессовой установкой с туннелем для охлаждения анодов, (на стадии проектирования);
 – отделение обжига анодов в 34-камерных обжиговых печах (2 шт.), (на стадии проектирования);
 – отделение очистки газов от производства обожженных анодов, оборудованное реакторами-адсорберами (6 шт.), рукавными фильтрами (6 шт.), (на стадии проектирования);

Таблица 2 – Теплотери электролизера на силу тока 320 кА

Анодный массив			
Поверхность	Площадь, м ²	Ср.температура,°С	
Глиноземная засыпка	73,458	337,3	130,245
Анодные ниппели	9,408	484,5	45,795
Анодные траверсы	25,163	330,9	116,988
Итого: аноды	108,029	-	293,028
Катодный массив			
Поверхность	Площадь, м ²	Ср.температура,°С	Теплотери,кВт
Днище	253,508	26,0	49,486
Нижний пояс	48,343	56,1	20,426
Средний пояс	50,136	162,1	63,229
Верхний пояс	101,123	228,9	181,368
Блюмсы	4,946	160,5	60,165
Итого: катод	458,057	-	374,674
Итого: анод+катод	566,086	-	667,702

Таблица 3 – Энергобаланс электролизера на силу тока 320 кА

Приходные статьи	Р, кВт	Δ U, В	доля, %
Электроэнергия	1261,216	3,941	79,199
Окисление анодов	331,243	1,035	20,801
Всего приход энергии	1592,459	4,976	100,000
Расходные статьи	Р, кВт	Δ U, В	доля, %
Электрохимический процесс	869,402	2,217	54,599
Теплотери анод + катод	667,702	2,087	41,932
Теплотери с вылитым металлом	39,649	0,124	2,490

Теплопотери с уходящими газами	15,595	0,049	0,979
Всего расход энергии	1592,347	4,976	100,000
Небаланс	0,112	0,0003	0,007
Электрические параметры			
Параметры	$\Delta U, В$	I, кА	P, кВт
Рабочее напряжение	4,140	320	1324,916
Греющее напряжение	3,941	320	1261,216
Среднее напряжение	4,191	320	1341,216
Полное падение напряжения	3,276	320	1048,416
- омическое падение напряжения в МПП	1,441	320	461,130
- напряжение электрохим. реакции	1,682	320	538,159
- ΔU от выхода по току <1	0,127	320	40,507
Напряжение в МПП от ан. эффектов	0,027	320	8,620
Падение напряжения в подине	0,329	320	105,280
Падение напряжения в аноде	0,336	320	107,520
Греющее напряжение на теплопотери	2,087	320	667,813

- отделение по производству «зеленых» анодов, оборудованное дробильно-размольными установками и грохотами, смесителями и
- анодно-монтажное отделение, оборудованное поточно-транспортной линией для очистки и переработки огарков анодных блоков, установкой для плавки чугуна, заливки анодных штанг и монтажа новых анодов;
- котельная ВОТ (на стадии проектирования);
- компрессорная станция;
- обратное водоснабжение;
- мазутохранилище (на стадии проектирования) и пр.

Целью системы управления является повышение эффективности технологических процессов, в том числе за счет получения в режиме реального времени оперативной информации об основных технологических параметрах и состоянии оборудования, автоматической стабилизации основных параметров и оптимизации технологического режима, своевременного обнаружения отклонений от заданного режима, предотвращение внештатных и аварийных ситуаций за счет своевременной сигнализации и блокировки, облегчения труда обслуживающего персонала.

ВЫВОДЫ

Экспериментально исследована эффективность работы системы автоматической подачи глинозема (АПП) на электролизерах Казахстанского электролизного завода (КЭЗ) путем анализа изменения во времени показателей электролиза. При исследовании в качестве основных применялись методы измерения рабочего напряжения, концентрации глинозема, температуры и перегрева электролита.

На двух электролизерах разных серий КЭЗ проведены восьмичасовые, через 15 минут, измерения перечисленных параметров. Реализованная на заводе система АПП по скорости изменения рабочего напряжения позволяет поддерживать концентрацию глинозема в электролите, а также его перегрев в оптимальных для высокоамперных электролизеров пределах.

Для установившегося режима выявлена цикличность изменений рабочего напряжения и температуры, сопровождающиеся зеркальным изменением концентрации глинозема и перегрева электролита. Длительность цикла сокращается при уменьшении содержания глинозема в электролите, отражая снижение запаса МГД-стабильности электролиза.

Длительность цикла сокращается при уменьшении содержания глинозема в электролите и отражает снижение запаса МГД-стабильности электролизера, система АПП позволяет нивелировать отрицательные последствия операций по обслуживанию электролизеров.

Реализованная на КЭЗ система АПП по скорости изменения рабочего напряжения позволяет поддерживать концентрацию глинозема ($2 \pm 0,5\%$), рабочее напряжение ($4,10 \pm 0,05В$), температуру ($950 \pm 2,5^{\circ}C$) и перегрев электролита ($10 \pm 2,5^{\circ}C$) в оптимальных для высокоамперных электролизеров пределах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с.

2 Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А. Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. Saarbrücken, Germany, Изд. LapLambertAcademicPublishing, 2014. – 461 с.

3 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: /

Б. К. Шапкенов., А. Б. Кайдар А. Б., М. Б. Кайдар . – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, Э. Р. Макенов⁵

Қазақстандық электролиз зауытының электролизерлердегі автоматтандырылған глиноземді беру жүйесі жұмысының тиімділігін зерттеу

¹«ХимПарк Тараз» ФЭФ БК» АҚ,
Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;
²«ҚазТрансГаз» АҚ,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;
^{3,4,5}С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴, E. R. Makenov⁵

Study of aluminum electrolyzers automatic feeding system efficiency at Kazakhstan Electrolysis Plant

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;
²JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;
^{3,4,5}S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Алюминий өндірісінде электр энергиясының нақты тұтынылуын төмендету мәселесін шешу кезінде энергия шығыны практикалық тұрғыда теориялық есептеулерден жоғары болып қалады. Мұның негізгі себебі электролиттегі омическалық кернеудің төмендеуінен және кері EMF-дан тұратын ваннада кернеудің жоғарылауы. Электролиздегі жұмыс кернеуі электродтардың мөлшеріне, формасына және материалдарына, балқыманың конвективтік токтарының қарқындылығына, электролиттің кернеудің төмендеуіне және басқа да көптеген факторларға байланысты. Тұрақты токтың тығыздығындағы

электролизердегі жұмыс кернеуінің төмендеуін төмендету үшін тек бір қарсылық, балқыманың қарсылығын оның қарсылығын азайту үшін электролит құрамын және аралық полюстік қашықтықты түзету арқылы өзгертуге болады. Қазақстандық электролиз зауытының электролизерлерінде автоматтандырылған алюминий қоректендіру жүйесінің тиімділігі эксперименталды түрде электролиз параметрлерінің уақыт эволюциясын талдау арқылы талданады. Зерттеу барысында жұмыс кернеуін, алюминий шоғырлануын, температураны және электролит қызып кетуін өлшеу әдістері пайдаланылды.

When solving the problem of reducing the specific consumption of electricity in the production of aluminum, energy costs in practice remain above theoretical calculations. The main reason for this is the increased voltage on the bath, consisting of ohmic voltage drop in the electrolyte and reverse EMF. The operating voltage in the electrolyzer depends on the size, shape and material of the electrodes, the intensity of the convective currents in the melt, the voltage drop in the electrolyte itself, and many other factors. To reduce the drop in operating voltage on the electrolyzer at a constant current density, only one resistance, the resistance of the melt, can be varied by adjusting the inter-pole distance and the composition of the electrolyte, in order to reduce its resistivity.

The efficiency of the automatic alumina feed system on the electrolyzers of the Kazakhstan electrolysis plant is analyzed experimentally by analyzing the time evolution of the electrolysis parameters. During the research the methods of measuring working voltage, alumina concentration, temperature and electrolyte overheating were used.

**А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³,
В. П. Марковский⁴, С. Ж. Кулумбенов⁵,
Д. Ф. Файзулла⁶, А. А. Марковская⁷**

¹главный менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081127, Республика Казахстан;

²менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

^{5,6}магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁷студент, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, 644010, Российская Федерация

e-mail: ⁵kulumbenov@mail.ru

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В поисках альтернативных источников энергии человечество шагнуло далеко вперед. Например, все чаще используется излучение солнца, создаются ветряные электростанции. Наверное, именно ветер может рассматриваться как оптимальный способ получения электрической энергии – эффективный, и при этом достаточно экономичный. Ветряная электростанция – это группа специальных генераторов, которые объединены в систему и используют для создания энергии силу ветра. Особенность таких генераторов в их безопасности для окружающей среды. Сегодня больше всего ветряных станций построено в Германии, Дании, при этом в таких странах не только ниже затраты на энергию, они еще экспортируют установки и технологии в другие государства. Работают ветряные электростанции по следующему принципу: под воздействием ветра вращаются лопасти конструкции, а благодаря редуктору приводится в действие электрогенератор. Энергия, которая в результате получается, транспортируется по кабелю. Как правило, мачты в

установках имеют достаточную высоту, а потому используют силу природы по максимуму. При составлении проекта подобной конструкции сначала тщательно исследуется местность, изучаются сила ветра и его направление при помощи ряда приборов. Уже на основе данных решается, окупится ли установленная ветряная электростанция.

В статье рассмотрены ветроэлектрические электростанции наиболее популярных типов. Приведены практические результаты применения ветроустановок в Кызылорде.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, ветроколесо, ветрогенератор, накопители энергии.

ВВЕДЕНИЕ

Использование ветроэнергетических и солнечных установок обладает рядом преимуществ. В процессе использования ветровой и солнечной энергии нет топлива, и оно не растет в цене, нет затрат на закупку и доставку сырья. При этом стоимость ветровой энергии с каждым годом уменьшается благодаря новым технологиям, в отличие от энергии, которую вырабатывают электростанции, работающие на угле и других видах топлива. В отличие от современных электростанций, ветряная ферма может работать бесперебойно даже в случае поломки на одной из ветряных турбин – ведь остальные турбины будут продолжать работу. Ветроустановку достаточно просто смонтировать в короткие сроки, энергия ветра не связана с выбросами вредных веществ в атмосферу, загрязнением воды или отходами. На сегодняшний день не было зафиксировано ни одного несчастного случая в Кызылординской области, связанного с работой ветровых турбин.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

К настоящему времени разработано большое количество ветроэлектрических установок. В зависимости от ориентации оси вращения лопастей к направлению ветрового потока различают вертикально-осевые (ВО) и горизонтально-осевые (ГО) ветродвигатели (ВД) [1].

Горизонтально-осевые ветродвигатели

Ветроколесо (пропеллер) для таких ВД (рисунок 1) может быть выполнено с различным количеством лопастей: от однолопастных ВД с контргрузами до многолопастных (с числом лопастей 50 и более).

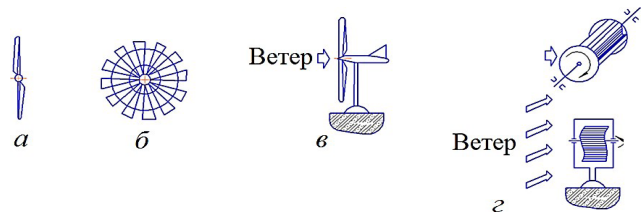


Рисунок 1 – горизонтально-осевые ветродвигатели:
 а – двухлопастной пропеллер; б – многолопастной пропеллер;
 в – пропеллерного типа – общий вид; г – барабанного типа

В большинстве случаев система, на которой укреплено ветроколесо, выполняется поворотной, ориентирующей по направлению ветра. Для ограничения частоты вращения ВД при высоких скоростях ветра используются методы, включающие флюгерную установку ОВ по ветру и применение защитных устройств для вывода ВД из-под ветра экранированием боковым планом, расположенным параллельно плоскости вращения лопастей. Ось вращения ВД с закрепленными на ней лопастями может быть непосредственно связана с валом электрогенератора, или же вращающий момент может передаваться через вторичный вал редуктора к электрогенератору, или другой рабочей машине.

ГО ВД (рисунок 1) преобразуют энергию ветра в подъемную силу или силу сопротивления. Различают двухлопастные, многолопастные и барабанные виды ГО ВД.

ГО ВД с двух лопастным пропеллером (рисунок 1, а) обладают большим пусковым моментом, что является существенным недостатком для районов, где большее количество дней скорость ветра не превышает $V \approx (3 \div 5)$ м/с. Скорость вращения существенно зависит от скорости ветрового потока: они более эффективны при сильном ветре $V > 5$ м/с.

ГО ВД с многолопастным пропеллером [1] (рисунок 1, б) имеют следующие особенности: обладают большим пусковым моментом; при резких колебаниях ветра они значительно более стабильны, чем двухлопастные (рисунок 1, а), вращаются с постоянной скоростью. Обладают высоким КПД – до 30 %. Всегда применяются с редуктором (усложнение конструкции). Преимущество: при очень простой геометрии рабочих профилей винта можно получить хорошие характеристики ВД. ГО ВД пропеллерного типа также обладают большей быстроходностью (отношением окружной скорости элемента поверхности к скорости ветра) и имеют лучшее соотношение мощность/масса при меньшей стоимости единицы установленной мощности по сравнению с ВД барабанного типа.

ГО ВД барабанного типа [1] (см. рисунок 1, г) используют подъемную силу для осуществления вращения и развивают в несколько раз больший момент вращения, чем ВЭУ с преобразованием силы сопротивления. При этом ВД барабанного типа не могут перемещаться со скоростью, превышающей скорость ветра: если все остальные ВД способны развивать в крайних точках лопастей скорость выше скорости ветра, то максимальная скорость барабанных – это скорость набегающего ветрового потока. Под действием энергии ветра образуется подъемная сила, которая разгружает опоры ВД, приводит к снижению трения в подшипниках, появляется возможность увеличения массы и поверхности лопастей, которые в свою очередь приводят к увеличению КПД ВД в целом. Однако, длина лопастей ограничена размерами рамки их подвеса. Перпендикулярное направление действия ветра на установки с ГО ВД барабанного типа является низкоэффективным (КПД < 10 %): необходимо применение систем ориентации и сложных методов отбора мощности. Таким образом, барабанный тип ВД не имеет преимуществ по сравнению с другими типами ветродвигателей с ГО и ВО осями вращения лопастей и не нашли технического и промышленного применения.

К настоящему моменту ГО ВД пропеллерного типа с 2÷4 лопастями являются наиболее распространенными конструкциями ВЭУ и декларируются фирмами-производителями как безальтернативные. В результате все современные ветровые электростанции с гигантскими пропеллерами (ГП) выглядят однотипно [1] (рисунок 2), так как некоторые технические характеристики ВЭУ с ГП нельзя считать оптимальными.

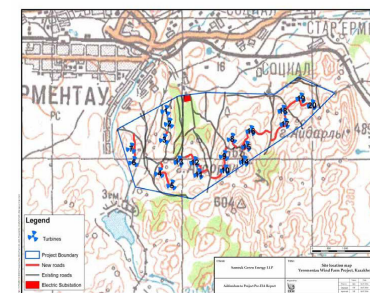


Рисунок 2 – Первая очередь Ерейментауского ветропарка (45 МВт):
 а – съемка с дрона ВЭС; б – карта расположения участка ветропарка

Например, Ерейментауская ВЭС с первой очередью в 45МВт представляет комплекс из 22 ветроэнергетических установок мощностью

2,05 МВт. Годовая выработка электричества: 172 млн. кВт ч. Согласно техническому проекту диаметр ротора - 112 м, а высота опоры - 85 метров

Статистические данные за период с 21 сентября 2016 по 23 сентября 2017 года свидетельствуют (таблица 1), что средняя скорость ветра в районе Ерейментау составляет 7,89 м/с, максимальная скорость ветра 29,8 м/с, скорость порывистого ветра 37 м/с.

Общие недостатки горизонтально-осевых ветродвигателей:

1 Размеры действующих ВЭУ мощностью 1-2 МВт достигают 100 м в высоту и 150 м в диаметре. ВД таких габаритов изготавливаются на грани технических возможностей современного производства, а также имеют высокую стоимость [3]. Гигантские ВЭУ являются источниками акустических шумов и электромагнитных помех [3].

Таблица 1 – Статистические климатические характеристики

Статистика ветра	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
Высота над уровнем земли, м	50,9	49,0	26,5
Минимальная скорость ветра, м/с	0	0	0
Максимальная скорость ветра, м/с	7,89	7,83	7,34
Скорость порывистого ветра, м/с	37	38	35
ИЕС (15 м/с) интенсивность турбулентности	7,7	7,6	9,0
Статистика окружающей среды	Минимум	Среднее	Максимум
Температура, °С	- 27,5	5,3	37,1
Давление, кПа	818,5	967,0	997,0

2 ВЭУ с ГП не имеют флюгера, способного ориентировать горизонтально-осевые ветродвигатели ортогонально ветровому потоку (рисунок 2). Ориентация обусловлена расположением ветроколеса за мачтой.

3 Для начала вращательного движения ВЭУ (рисунок 2) скорость воздушного потока должна быть не менее 4÷5 м/с [2]. Это объясняется наличием момента трогания МТР. (сопротивления моменту вращения МВР), который существует из-за эксцентриситета масс пропеллера и трения оси вращения ВД в опорах [1] (рисунок 3). Сложная форма лопастей горизонтально-осевых ветродвигателей является неизбежной причиной небаланса их роторов: любой ГП представляет собой маятниковую систему

с устойчивым состоянием покоя $M_{TP} = \text{const}$. Значение МТР повышается с увеличением габаритов и массы ВД. Производители ВЭУ для снижения МТР, иногда, применяют электродвигатели, раскручивающие лопасти. Подобные решения ведут к потерям энергии и снижению суммарной эффективности ВЭУ.

Вертикально-осевые ветродвигатели

Вертикально-осевые ветродвигатели (рисунок 4) имеют важные преимущества перед ГО ветродвигателями. Для них отсутствует необходимость во флюгерах или устройствах ориентации ВД по ветру, чем достигается упрощение конструкции; обеспечивается снижение гироскопических нагрузок, вызывающих дополнительные напряжения в лопастях, редукторах и прочих конструктивных элементах.

Вертикально-осевые ветродвигатели системы Савониуса [3] (рисунок 4, а) – это тихоходные агрегаты с КПД до 18 %.

Вертикально-осевые ветродвигатели карусельного типа [1] (рисунок 4, б) – самый простой по изготовлению и форме лопастей тип конструкции. Недостатки: малая скорость вращения, низкая удельная мощность. Достоинства: простота конструкции, вертикальная ось вращения, КПД – до 10 %.

Вертикально-осевые ветродвигатели системы Дарье [1] (рисунок 4, в) используют подъемную силу, которая появляется на выгнутых лопастях. Лопасти таких ВД имеют в поперечном сечении профиль крыла. Формы роторов (Ф-, Δ-, Y- и ромбообразные) выполняются с одной, двумя или большим числом лопастей. В сравнении с системой Савониуса [1] имеют гораздо лучшее соотношение между площадью ометаемой поверхности и материалоемкостью лопастей, однако имеют худшие динамические показатели и значение КПД.

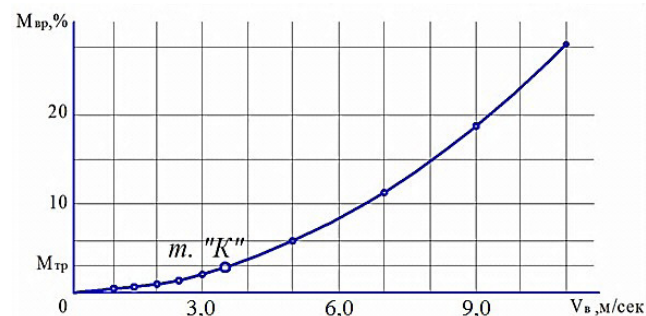


Рисунок 3 – Зависимость момента вращения ВД от скорости ветра:

V_B – скорость ветра; M_{BP} – момент вращения ветродвигателя; M_{TP} – момент трогания пропеллера; $m. \langle K \rangle$ – точка равновесия $M_{TP} = M_{BP}$

В вертикально-осевых ВД системы ротоанемометр (рисунок 4, *г*) скорость вращения ротора существенно зависит от скорости ветрового потока. Для такой конструкции характерным является неравномерность стартового момента вращения от направления ветра: существуют такие положения ротора, при которых ламинарный ветровой поток, действующий ортогонально на поверхность лопастей, не вызовет никакого влияния на момент вращения.

Возможен вариант совместного применения ротора Савониуса и Дарье в связке, в виде гирлянды (рисунок 5). Высокомомментный «савониус» служит для стартового разгона турбины, «дарье» – для оптимальной быстроходности.

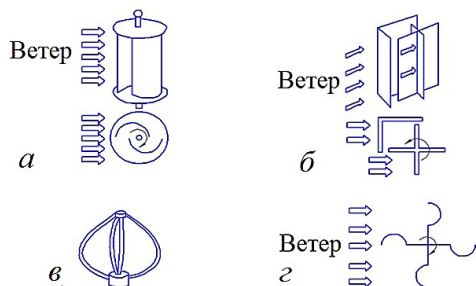


Рисунок 4 – Вертикально-осевые ветродвигатели: а – системы Савониуса; б – карусельного типа; в – системы Дарье; г – ротоанемометр

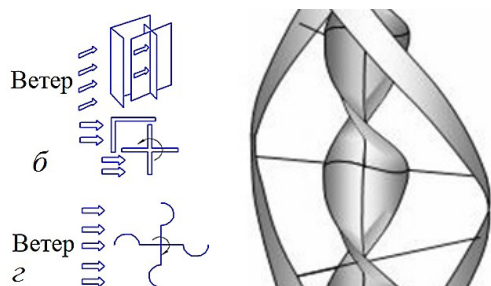


Рисунок 5 – Сочетание ротора Савониуса и Дарье в виде гирлянды

Недостатки ротора «савониус-дарье»: сложность изготовления, высокая стоимость и плохая устойчивость конструкции.

Общие достоинства вертикально-осевых ВД.

1 Основным достоинством вертикально-осевых ВД является эффективность преобразования энергии ветра во вращающий момент ротора вне зависимости от розы ветров. Это освобождает ВД от лишних деталей (в частности, ориентирующего флюгера), позволяет получать электроэнергию в регионах с различными ландшафтами, погодными условиями и, практически, на протяжении всего года.

2 Коэффициент использования энергии ветрового потока известных конструкций вертикально-осевых ветродвигателей при малых 1,5÷7 м/с скоростях ветра достигает 35 %. Согласно теоретическим расчетам Н. Е. Жуковского [1], данный коэффициент у ВО ветродвигателей может составить 59 %.

3 Эффективные вертикально-осевые ВД имеют количество лопастей ротора от 2-х до 64-х. При этом форму лопасти можно задавать любой сложности: на величине $M_{тр}$ это не отражается, так как возникающие при конструктивных вариациях вертикально-осевых ветродвигателей векторы эксцентриситетов ортогональны плоскости действия $M_{тр}$ – параллельны вертикальной оси вращения ротора.

4 При объединении в ветроэнергетические комплексы, то есть при размещении множества вертикально-осевые ВД в непосредственной близости, можно избежать экранирования соседних ВЭУ, достаточно установить их роторы на различном расстоянии от поверхности Земли.

В связи с тем, что интенсивность ветра в Кызылординской области сравнительно низкая, то в области принято использовать вертикально-осевые ветрогенераторы.

В частности, полученные в результате написания диссертационной работы данные магистранта Файзулла Д. Ф., нашли практическое применение на ветрогенераторе лесопитомнике города Аральска Кызылординской области, установленном ТОО «I.Zhel».

ТОО «I. Zhel», которая активно сотрудничает в программе ПРООН по спасению Арала [2], устанавливает ветрогенераторы мощностью в 5–10 кВт. По мере накопления опыта предполагается установка ветропарков до 1 МВт.

Руководство считает, что можно монтировать целые ветроэлектростанции, чтобы запитать небольшой поселок либо район города, при этом для потребителя киловатт/час будет стоить в среднем 5 тенге. В рамках программы ПРООН по спасению Арала был установлен ветрогенератор в лесопитомнике города Аральска Кызылординской области. В разработанном ветрогенераторе (рисунок 6) 65 % казахстанского содержания, то есть всё – ветроколеса, лопасти, генератор – изготовлено ТОО «I.Zhel». Нам приходится закупать, допустим, магниты и сами накопители в Китае, потому что у нас этого не производят. Окупается установка за год-полтора, потом, условно говоря, пользователь начинает получать электроэнергию бесплатно. Гарантия на ветрогенератор от локального производителя составляет 3 года. Стоимость местного ветрогенератора (рисунок 6–7) мощностью 3 кВт (для обычного частного дома требуется ≥ 3 кВт) составляет \$1300. Для сравнения: китайские системы стоят до 160 тыс. тенге. Традиционные ветрогенераторы – мачты высотой 80 метров, с лопастями длиной в 25 метров – дорогостоящие в установке и обслуживании.

Разработанному ветрогенератору достаточно 200–300 оборотов в минуту, чтобы вырабатывать ток мощностью от 1 до 10 кВт в зависимости от потребности пользователя. У нашего изобретения генератор находится внутри лопастей, весит он всего 30 кг.

Для разработки ветрогенератора только в первые полгода пришлось вложить \$30–35 тыс. в разработку. Разработанный ветрогенератор является универсальным, благодаря тихоходности его можно использовать в качестве гидрогенератора.



Рисунок 6 – Ветрогенератор ТОО «I.Zhel» (ранее – ТОО «Science Technology»)



Рисунок 7 – Ветрогенератор ТОО «I.Zhel» установленный в Аральском лесопитомнике

В качестве плюсов ветрогенератора можно отметить: его работа не мешает сотовым телефонам, радиотехнике и т.д., он бесшумный, в отличие от ветряков, которые уже стали киноштампом и одним из символов Нидерландов, не дает низкочастотных звуков, то есть может работать в населённом пункте, его можно установить хоть во дворе частного дома, хоть на крыше многоэтажки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б.** Электроснабжение на основе возобновляемых источников энергии : учеб.пособие / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 192 с.

2 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** : /Ветросолнечные электрические станции : учеб.пособие / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар. – Кереку, 2016. – 168 с.

3 **Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Шапкенов, Б. К.** Компьютерное моделирование ветроустановки. Международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии», проводимая в рамках специализированного форума «Ехро Build Russia» 18–20 апреля 2017 года, МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО», Екатеринбург. – С. 95–99.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, В. П. Марковский⁴, С. Ж. Кулумбенов⁵, Д. Ф. Файзулла⁵, А. А. Марковская⁶

Жел электр станцияларын практикалық қолдану

¹«ХимПарк Тараз» АЭА БК» АҚ,

Шу қ., 081127, Қазақстан Республикасы;

²«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4,5}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁶Омбы мемлекеттік көлік университеті,

Омбы қ., 644010, Ресей Федерациясы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

А. В. Kaidar¹, М. В. Kaidar², В. К. Shapkenov³, V. P. Markovsky⁴, S. Zh. Kulumbenov⁵, D. F. Faizulla⁵, A. A. Markovskaya⁶

Practical application of wind-electrical installations

¹JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,

Shu, 081127, Republic of Kazakhstan;

²JSC «KazTransGas», Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4,5}S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁶Omsk State Transport University,

Omsk, 644010, Russian Federation.

Material received on 16.02.18.

Баламалы энергия көздерін іздестіруде, адамзат өте алға жылжыды. Мысалы, күн радиациясын пайдалану жиі қолданылып, жел электр станциялары құрылуда. Мүмкін, тек желден ғана электр энергиясын алудың оңтайлы тәсілі деп санауға болады – тиімді және сонымен бірге, өте үнемді. Жел электр станциясы – жүйеге біріктірілген арнайы генераторлар тобы, энергияны құру үшін жел қуатын пайдаланады. Мұндай генераторлардың ерекшелігі олардың қоршаған ортаға қауіпсіздігі болып табылады. Бүгінгі таңда көптеген жел электр станциялары Германияда, Данияда салынды, ал осы елдерде энергия шығынын азайту ғана емес, сонымен бірге басқа мемлекеттерге зауыттар мен технологиялар экспортталады. Жел электр станциялары келесі қағидаға сәйкес жұмыс жасайды: желдің әсерінен құрылғының жүздері айналады және редуктордың көмегімен электр генераторы іске қосылады. Нәтижесінде алынатын энергия кабель арқылы тасымалданады. Әдетте, қондырғыларда доңгелектер жеткілікті биіктікке ие, сондықтан табиғаттың күшін максималды деңгейге дейін қолдануға болады. Осындай дизайнды жобалау кезінде, біріншіден, жердің мұқият зерттелуі, желдің күші және оның бағыттары бірқатар құралдарды қолдану арқылы зерттеледі. Деректер негізінде қазірдің өзінде орнатылған жел қондырғысының төленетіні туралы шешім қабылданды.

Мақалада ең танымал типті жел электр станциялары қарастырылған. Қызылордадағы жел турбиналарын қолданудың практикалық нәтижелері келтірілген.

In search of alternative energy sources, humanity has moved far ahead. For example, the use of solar radiation is increasingly used, wind power stations are being created. Probably, it is wind that can be considered as an optimal way of obtaining electric energy – effective, and at the same time quite economical. A wind farm is a group of special generators that are integrated into a system and use wind power to generate energy. The peculiarity of such generators is their safety for the environment. Today, most wind farms are built in Germany, Denmark, while in these countries not only energy costs lower, they still export plants and technologies to other states. Wind power plants operate according to the following principle: under the influence of the wind, the blades of the structure rotate, and thanks to the reducer the electric generator is activated. Energy, which as a result is obtained, is transported by cable. As a rule, masts in installations have a sufficient height, and therefore use the power of nature to the maximum. When designing a similar design, the

terrain is carefully examined first, the force of the wind and its direction are studied using a number of instruments. Already on the basis of data, it is decided whether the installed wind farm will pay off.

The article considers wind power plants of the most popular types. Practical results of using wind turbines in Kyzylorda.

Т. Куничанская¹, С. Масакбаева²

¹магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.х.н., доцент, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹tktango85@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СЫРЬЯ
НА КАЧЕСТВО ПРОКАЛЕННОГО КОКСА**

Нефтяной кокс – главный материал для производства анодов алюминиевого электролиза. Качеством кокса определяются технология, экология и экономика производства алюминия. С точки зрения производителей алюминия нефтяной кокс должен иметь следующие характеристики:

- минимальное содержание золы и отсутствие примесей;
- высокая устойчивость к кислороду и CO₂;
- низкая пористость и удельное электросопротивление;
- механическая прочность, приемлемая для обработки;
- хорошая микроструктура.

Нефтяной кокс является остатком вторичной переработки нефти. Наиважнейшее значение имеет качество подготовки сырья и технология коксования, а также природа сырья, которая определяет микроструктуру нефтяного кокса. Качество нефтяного кокса – компромисс между получением легкого топлива и сырья коксования. Не удивительно, что только очень небольшая часть кокса может удовлетворить все требования алюминиевой промышленности.

Ключевые слова: свойства сырья коксования, качество кокса.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие нефтегазоперерабатывающей и нефтехимической промышленности на современном этапе характеризуется значительным расширением ассортимента и повышением качества выпускаемой продукции, увеличением глубины переработки нефти, за счет проведения не только первичной переработки путем физического разделения газонефтяного сырья,

но и проведения вторичных процессов химической переработки, вовлечения в переработку тяжёлых остатков переработки нефти.

Различные виды тяжелых нефтяных остатков (далее ТНО) являются сырьем установок коксования – термического процесса переработки, позволяющего перерабатывать самые различные виды ТНО, одним из продуктов которых является сырой нефтяной кокс.

В настоящее время помимо применения в качестве топлива для технологических печей, наиболее массово нефтяной кокс используют, после предварительного прокаливания, для производства:

- анодной массы и обожжённых анодов для алюминиевой промышленности;
- графитированных электродов для электросталеплавления;
- оксида титана.

В связи с развитием электрометаллургии и совершенствованием технологии коксования кокс стал ценным целевым продуктом нефтепереработки.

Крупнейшим потребителем нефтяного кокса является алюминиевая промышленность, где он используется как основной компонент анодов в процессе электролиза алюминия. Однако сырье для производства анодов должно обладать определенными свойствами и далеко не каждый кокс является подходящим для этого.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Свойства анодов во многом определяются свойствами нефтяного кокса. К ним предъявляются следующие требования:

- минимальное содержание примесей, что особенно важно при электролитическом производстве алюминия. Известно, что вредные металлические примеси: железо, кремний, медь, цинк и другие – полностью переходят в электролитический алюминий, снижая его качество, катализируют реакции окисления при реакции его получения;
- высокая электропроводность для снижения энергопотребления. Анод, выполненный с применением нефтяного кокса, обладает высокой электропроводностью, без чего невозможен подвод тока к зоне электрохимической реакции;
- достаточная механическая прочность, обеспечивающая целостность анода и проведение технологических операций;
- низкая реакционная способность к углекислому газу и воздуху (определяется наличием каталитических примесей), вследствие чего уменьшается избыточный расход углерода.

Однако требования к качеству электродных коксов включают более широкий перечень показателей, отражающих их структурные, физико-химические, поверхностно-активные и другие свойства. Типовые требования к качеству прокаленного нефтяного кокса, а также степень влияния приведенных показателей на технологию представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Требования к качеству прокаленного кокса

Свойства кокса, регламентируемые в мировой практике	Единицы	Типичные значения	Влияние на технологию			
			чистота металла	расход углерода	выход по току	экология
Зеленый кокс:						
Содержание влаги	%	5-12				
Содержание летучих	%	8-12	-	+	-	+
Содержание обмасливающего агента	%	0,10-0,30	-	-	-	+
Фракционный состав:			-	+	-	-
>8мм, 8-4мм, 4-2мм, 2-1мм, <1-0.5мм	%	10-20, 15-25, 10-25, 10-20				
Прокаленный кокс:						
Вибронасыпная плотность (ВНП) фракции -1-2 мм	кг/дм ³	0,80-0,86	-	+	-	+
Действительная плотность	кг/дм ³	2,05-2,10	-	+	-	-
Удельное электросопротивление	мкОм*М	460-540	-	-	+	-
Реакционная способность в CO ₂ потери при 1000 °С	%	3-15	-	+	+	-
Реакционная способность в воздухе при 525 °С	%/мин	0,05-0,3	-	+	-	-
Размер кристаллита	А	25-32	-	+	+	-
Содержание золы	%	0,10-0,20	+	+	+	-
примеси:						
S	%	0,5-3,5	+	-	-	+

V	ppm	30-350	+	+	+	
Ni	ppm	50-220	+	+		
Si	ppm	50-250	+			
Fe	ppm	50-400	+			
Na	ppm	30-120		+		
Ca	ppm	20-100		+		
P	ppm	1-10			+	

Как видно из таблицы, очень высоки требования к содержанию в коксе металлов. Их количество напрямую зависит от сырья, применяемого при коксовании. Наиважнейшее значение имеет качество подготовки сырья и технология коксования. Природа сырья также оказывает большое влияние, так как она определяет микроструктуру кокса.

Рассмотрим более подробно характеристики сырья, которые тем или иным образом участвуют в формировании структуры и тем самым влияют на свойства кокса для производства анодов алюминиевой промышленности.

Сырьем для коксования служат тяжелые остатки вакуумной дистилляции нефти и остатки вторичной переработки, которые представляют собой комплекс полиароматических соединений с высокой молекулярной массой. В них концентрируется вся сумма примесей металлов (Fe, Si, V, Ni и др.), которые при коксовании полностью переходят в кокс. В результате прокаливания эти примеси не удаляются. Поэтому необходимо большое внимание уделять очистке нефти при поступлении ее на нефтеперерабатывающее предприятие (таблица 1).

В первую очередь производят очистку от хлоридов (в основном натрия), которые способствуют коррозии трубопроводов и ректификационных колонн, что поможет уменьшить загрязнение кокса примесью железа, а удаление натрия повысит стойкость кокса к окислению [2].

В зависимости от состава сырья формируются различные типы микроструктуры кокса. Из сырья с преобладанием парафиновых структур получается кокс преимущественно волокнистой структуры в отличие от кокса, полученного из сырья с преобладанием нафтеновых и ароматических структур [3]. Микроструктура коксов определяет их физико-механические характеристики.

Микроструктуры разных коксов отличаются степенью анизотропии, которая оценивается в баллах от 0 до 7,0 соответственно для полностью изотропных шот-коксов и анизотропных игольчатых коксов (таблица 2) [4].

Наиболее благоприятной является анизотропная структура коксов в смеси с изотропным.



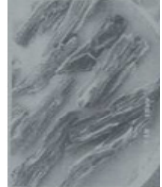

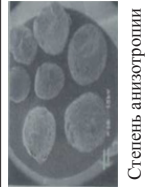
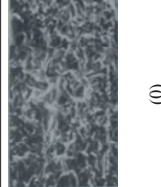
Шот-кокс образуется преимущественно в донной части камеры коксования, в случае неблагоприятного совпадения сырьевых и технологических факторов и используется в качестве топлива.

Высокоструктурированный «игольчатый» или волокнистый кокс имеет ряд положительных для производства анодов свойств. Однако он обладает и негативными свойствами: высокой пористостью зерен, слабой структурной прочностью, низкой насыпной плотностью, что требует повышенного содержания связующего в анодной массе. В результате спеченный анод имеет низкие плотность и прочность, высокую пористость, не выдерживает высоких термических напряжений при электролизе и растрескивается. Такой кокс является непригодным для использования в анодах алюминиевых электролизеров. [5]

Губчатый же кокс, являющийся смесью анизотропного и изотропного углерода, имеет физико-химические свойства в наиболее благоприятном соотношении для анодного производства алюминиевой промышленности.

Свойства различных видов кокса в зависимости от исходного состава сырья представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Типы кокса

Тип кокса	Исходный состав сырья коксования	Свойства	структура (x20)	микроструктура (x2000)	Применение
губчатый (Sponge Coke –SC)	смешанные виды сырья, смол с повышенным содержанием асфальтенов	- структура губчатая с невысокой степенью анизотропии с включением волокнистых образований - хорошая электропроводность, - приемлемая прочность, - невысокий коэффициент термического расширения, - удобны в обработке.	 Степень анизотропии	 (3-4)	- в качестве топлива; - после проковки в производстве оксида титана и анодов в производстве алюминия
игольчатый	легкие остатки каталитического крекинга дистиллятных продуктов, масла с прообладанием парафиновых структур, содержащие минимум асфальтенов, примесей металлов	- анизометричная форма частиц; - мало содержание гетеропримесей (серы и золы); - низкий коэффициент термического расширения; - хорошая графитируемость; - высокая плотность; - низкая реакционная способность после прокаливании. Хорошо графитируются.	 Степень анизотропии	 (6-7)	в производстве графитированных электродов для мощных электродуговых печей, ядерного графита и спелпродукции.
шот-кокс (Shot Coke)	смешанные виды сырья, смол с повышенным содержанием асфальтенов	- специфическая оплавленная (шот) изотропная структура, является результатом роста плотных коллоидных образований равномерно по всем направлениям - высокая прочность, низкая размольность, - трудно поддается переработке	 Степень анизотропии	 (0)	как топливо

Качество сырья во многом определяется также и технологическими параметрами процесса замедленного коксования, которые приведены в таблице 3 [7].

Таблица 3 – Влияние технологических параметров УЗК

Давление	С ростом давления снижается содержание асфальтенов и металлических примесей.
Коэффициент рециркуляции	Увеличение приводит к снижению содержания в коксе ванадия и никеля, увеличивает анизотропию кокса и уменьшает его прочность.
Температура коксования	Высокая – приводит к снижению содержания летучих веществ и повышению прочности коксового пирога. Низкая – повышается уровень летучих и увеличивается размольность кокса. При прокаливании такого кокса получается кокс с высокой пористостью и низкой насыпной плотностью.
Время коксования	Сокращение приводит к увеличению содержания летучих веществ в зеленом коксе, снижению плотности и увеличению пористости прокаленного кокса.
Охлаждение и выгрузка кокса	Вода для резки кокса загрязняет примесями кальция и натрия. Они увеличивают реакционную способность в воздухе и CO ₂ . При выгрузке, транспортировке и контакте кокса с металлическими поверхностями (коксовая камера, дробилки, грохоты, конвейеры) происходит загрязнение железом.
Хранение	Загрязнение кремнием и алюминием.

Одной из важнейших характеристик качества сырья является зольность, которая пропорциональна зольности исходной нефти, а также в значительной мере зависит от глубины обессоливания нефти перед её переработкой. Количество ее определяет суммарное содержание примесей в коксе. Наиболее вредны примеси железа, кремния, ванадия и никеля, оксиды которых составляют основу зольного остатка коксов. Напряжение разложения этих оксидов ниже, чем глинозема, и они полностью переходят в алюминий [8].

Исключительно вредно влияние примеси серы. Жесткие требования к ее содержанию в законодательстве связаны как с требованием к экологии, так и особенностями технологического процесса.

В ходе анодного процесса сера окисляется до сернистого ангидрида, который активно взаимодействует с железом металлических конструкций электролизера (газосборными секциями, стальными штырями, ниппелями анододержателей и др.). Образующаяся окалина попадает в электролит и затем переходит в электролитический алюминий в виде примеси железа.

При регенерации фтористых солей из газов, отходящих от электролизера, сера накапливается в содовых растворах мокрой газоочистки в виде сульфатов, и требуются дополнительные расходы на вывод их из процесса. Спутником серы является ванадий, который при переходе в металл снижает электропроводность алюминия и затрудняет его использование в электротехнической промышленности.

Сера служит ингибитором каталитического действия натрия и кальция, но инертна по отношению к ванадию. Высокосернистые коксы обладают большей стойкостью к окислению в CO₂, чем малосернистые [9].

Содержание серы в коксе зависит почти линейно от содержания её в сырье коксования. Малосернистые коксы получают из остатков малосернистых нефтей или подвергнутых гидрооблагораживанию. Как правило, содержание серы в коксе всегда больше её содержания в сырье коксования.

Уменьшить массовую долю серы в коксе можно путем использования малосернистого сырья, либо фракций, подвергнутых гидроочистке, а также применяется смешивание высокосернистых коксов с малосернистыми.

ВЫВОДЫ

Качество и эксплуатационная стойкость анодов алюминиевых электролизеров зависят от свойств применяемого для их производства нефтяного кокса.

Нефтяной кокс как продукт переработки тяжелых нефтяных остатков имеет различную дисперсную структуру и свойства в зависимости от природы и химического состава перерабатываемой нефти, процессов ее переработки, а также от химического состава и способа коксования нефтяных остатков. Важное значение имеет контроль показателей, характеризующих постоянство качества коксов, а также отражающих многообразие и различие их состава, дисперсной структуры, технологических свойств. На данный момент необходимо регулировать параметры технологического режима процесса получения сырого нефтяного кокса, в зависимости от вышеперечисленных параметров, с целью повышения его качества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Твердохлебов, В. П., Храменко, С. А., Бурюкин, Ф. А., Павлов, И. В., Прошкин, С. Е.** Нефтяной кокс для алюминиевой промышленности. Технология и свойства // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 4 (2010 3). – С. 369–386.

2 **Сюняев, З. И.** Производство, облагораживание и применение нефтяного кокса. – М. : Химия, 1973. – 295 с.

3 Янко, Э. А. Аноды алюминиевых электролизеров. – М. : Руда и металлы, 2001. – 670 с.

4 Варфоломеев, Д. Ф., Хайрудинов, И. Р., Ахметов, М. М. и др. О природе серы в нефтяных коксах//Химия твердого топлива. – (1984-4) – С. 128–132.

5 Сюняев, З. И. Диссертация. – Свердловск : Институт химии УфАН СССР, 1969.

6 Красюков, А. Ф. Нефтяной кокс. – М. : Химия, 1966. – 224 с.

7 Обзор рынка нефтяного кокса (сырого и прокаленного) в СНГ, Москва октябрь, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.infomine.ru/files/catalog/201/file_201, свободный.

8 Борисоглебский, Ю. В., Галевский, Г. В., Кулагин, Н. М. [и др.]. Металлургия алюминия. – Новосибирск : Наука, 1999. – 438 с.

9 Сюняев, З. И., Ахметов, М. М., Волошин, Н. Д. и др. Производство прокаленного нефтяного кокса. – М. : ЦНИИТ Энефтехим, 1980. – 53 с. (Тем. обзор).

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

T. Kunicanskaya¹, S. Masakbaeva²

Күйдірілген кокстың сапасына шикізаттың әсері

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

T. Kunicanskaya¹, S. Masakbaeva²

Influence of raw materials characteristics on the quality of calcined coke

^{1,2}S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Мұнай коксы алюминий электролизінің анодтарын өндірудің негізгі материалы болып табылады. Кокстың сапасы алюминий өндірісінің технологиясын, экологиясын және экономикасын анықтайды. Алюминий өндірушілерінің көз қарасы тұрғысынан алғанда мұнай коксы келесі сипаттамаларға ие болуы керек:

– күлдің өте аз мөлшері және қоспалардың жоқтығы;

– оттегіне және CO₂-ге жоғары тұрақтылық;

– төмен кеуектілік және меншекті электркедергі;

– өңдеуге жарамды механикалық беріктік;

– жақсы микроқұрылым.

Мұнай коксы мұнайды екіншілік өңдеудің қалдығы болып табылады. Шикізатты дайындаудың және кокстеу технологиясының сапасы, сондай-ақ мұнай коксының микроқұрылымын анықтайтын шикізаттың табиғаты өте маңызды. Мұнай коксының сапасы жеңіл отын мен кокстеу шикізатын алу арасындағы компромисс болып табылады. Кокстің аз тек гана бөлігі алюминий өнеркәсібінің барлық талаптарын қанағаттандыра алатыны таңқаларлық емес.

Petroleum coke is the main raw material for aluminum electrolysis anodes. Quality of coke determinates the technology, ecology and economics of production of aluminum. From the aluminum producers' point of view, petroleum coke should have the following characteristics:

– a minimum ash content and the absence of impurities,

– high resistance to oxygen and CO₂,

– low porosity and electrical resistivity,

– mechanical strength, acceptable for processing,

– good microstructure.

Petroleum coke is produced from petroleum residues and secondary petroleum products. Of utmost importance is the quality of raw material preparation and coking technology, as well as the nature of raw materials, which determines the microstructure of petroleum coke. The quality of petroleum coke is a compromise between the receipt of light fuel and raw coking. It is not surprising that only a very small amount of coke can satisfy all the requirements of the aluminum industry.

А. В. Мануковский¹, А. Б. Кайдар²

¹к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²м.т.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

АВТОМАТ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Расход электроэнергии на цели освещения может быть заметно снижен достижением оптимальной работы осветительной установки в каждый момент времени.

Добиться наиболее полного и точного учета наличия дневного света, равно как и учета присутствия людей в помещении, можно, применяя средства автоматического управления освещением.

Управление осветительной нагрузкой может осуществляться дискретным управлением, плавным изменением мощности светильников, по графику управления освещением.

К системам дискретного управления освещением в первую очередь относятся различные фотореле (фотоавтоматы) и таймеры. Принцип действия первых основан на включении и отключении нагрузки по сигналам датчика наружной естественной освещенности.

Вторые осуществляют коммутацию осветительной нагрузки в зависимости от времени суток по предварительно заложенной программе.

К системам дискретного управления освещением относятся также автоматы, оснащенные датчиками присутствия. Они отключают светильники в помещении спустя заданный промежуток времени после того, как из него удаляется последний человек. Это наиболее экономичный вид систем дискретного управления, однако к побочным эффектам их использования относится возможное сокращение срока службы ламп за счет частых включений и выключений.

Рассмотрены пути повышения эффективности использования электроэнергии, расходуемой на освещение. Приведены структурная и принципиальная микропроцессорная схема управления, блок-схема адаптированного алгоритма программы.

Ключевые слова: Автомат управления освещением, микропроцессорная, микроконтроллер, алгоритм программы, структурная схема, часы реального времени.

ВВЕДЕНИЕ

Если термин «управление освещением» обозначает отдельные светильники, выключаемые и выключаемые вручную, или иногда оборудованные встроенными датчиками света или движения, то понятие «система управления освещением» предполагает светильники, датчики и прочие вспомогательные устройства, объединенные в единую интеллектуальную систему, которая при необходимости может работать самостоятельно. Большинство таких систем способны автоматически регулировать освещение. Автоматизация представляет собой один из трех основных механизмов оптимизации освещения, наряду с использованием энергоэффективных ламп и грамотным расположением светильников.

Системы управления освещением используются для максимизации экономии энергии, в том числе с учетом строительных норм, стандартов зеленого строительства энергосберегающих программ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Работа посвящена поиску путей повышения эффективности использования электроэнергии, расходуемой на освещение, и актуальна для любой отрасли народного хозяйства, особенно для коммунального хозяйства.

Для автоматического управления освещением в настоящее время используются фотореле. Эти устройства при снижении интенсивности естественного освещения автоматически включают искусственное освещение, а при улучшении освещенности их фотодатчиков – выключают. Фотореле при правильной настройке обеспечивают наилучшую точность определения моментов включения и выключения освещения, но при этом отличаются крайне низкой устойчивостью к воздействиям со стороны окружающей среды и вандалов, поэтому область их применения ограничена.

Фотореле обладает пониженной надежностью из-за наличия соединительного провода между устройством и фотодатчиком. Провод может быть случайно или намеренно поврежден или даже оборван. Сам фотодатчик является прибором, требующим регулярного обслуживания. При загрязнении фотодатчика фотореле держит освещение включенным дольше, чем это необходимо, а при обрыве провода фотореле вообще перестает его выключать, что приводит к большому перерасходу электроэнергии.

При старении фотодатчика его характеристики изменяются, что требует перенастройки реле квалифицированным персоналом. Устройство может

работать неправильно также из-за световых помех от прожекторов, устройств световой рекламы, лазерных указок и других случайных источников. Фотореле и фотодатчики по соображениям техники безопасности и вандализационности находятся в труднодоступных местах, что затрудняет их обслуживание.

По этим причинам фотореле широко применяются лишь на крупных объектах: электростанциях и подстанциях, промышленных предприятиях, в системах уличного освещения – только там, где может быть обеспечено их квалифицированное регулярное обслуживание.

При этом в стороне остаётся довольно большая область потребления электроэнергии – подъезды жилых домов, магазины, обслуживающие население социально-бытовые точки и офисы, городские площади, административные здания, рекламные конструкции, не элитные частные подворья. Применение фотореле в этих местах фактически нереально, т.к. в условиях нашей действительности трудно, а чаще невозможно обеспечить их регулярное обслуживание и сохранность. Кроме того, с помощью фотореле невозможно реализовать частичное отключение освещения таких объектов с целью экономии электроэнергии глубокой ночью, когда потребность в ярком освещении минимальна.

Когда-то давно, в советские времена, в подъездах домов тоже устанавливались фотореле. Немногочисленные сохранившиеся с тех времён экземпляры, построенные на аналоговой элементной базе, давно отработали свой ресурс и пришли в негодность. Поэтому в подавляющем большинстве на вышеперечисленных объектах освещение включается и выключается вручную. Из-за т.н. «человеческого фактора» освещение в упомянутых местах не выключается вовремя, а зачастую и сутками не выключается вовсе, что приводит к большому перерасходу электроэнергии. В подъездах жилых домов, многочисленных коридорах различных учреждений и учебных заведений свет часто понапрасну горит целыми днями.

Предлагаемый автомат разработан нами в качестве альтернативы для фотореле специально для установки в подъездах жилых домов и в других вышеупомянутых местах. Необходимость разработки устройства «с нуля» возникла ввиду того, что нами была поставлена цель создать образец, пригодный для промышленного тиражирования в нашей республике, а техническая и тем более, технологическая документация на зарубежные устройства [1] такого рода засекречена производителями.

Автомат состоит из пяти блоков (рисунок 1):

- часов реального времени;
- модуля стыковки с выносным пультом установки времени;
- микроконтроллера;

- исполнительного органа;
- блока питания.

Принцип работы:

В часах реального времени при помощи выносного пульта устанавливаются реальные время и дата. Часы отсчитывают время и вычисляют текущую дату, периодически передавая их микроконтроллеру, в память которого заложены времена восхода и захода солнца на каждый день года для конкретной географической точки, в которой эксплуатируется автомат.

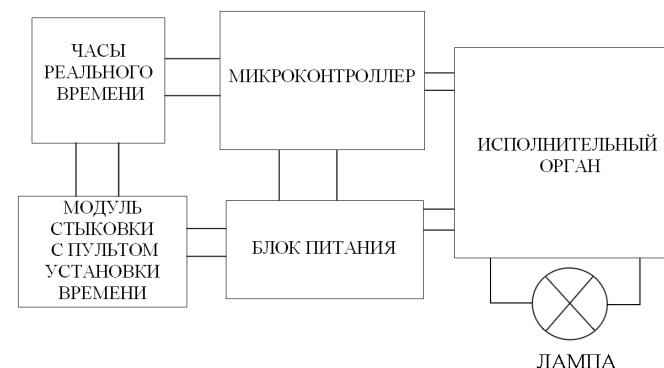


Рисунок 1 – Структурная схема автомата управления освещением, использующего принцип слежения за моментами восхода и захода Солнца по времени

Микроконтроллер ежесекундно сверяется с текущим временем, и если оно соответствует отсутствию солнца на небосводе в текущую дату, даёт команду исполнительному органу на включение света, а если соответствует светлоте времени суток – на выключение света. Пульт установки времени для удешевления конструкции не вмонтирован в автомат, а сделан выносным и подключается к нему через разъем на передней панели. Для контроля и установки времени может использоваться как специальный портативный пульт, так и любой ноутбук или персональный компьютер общего назначения.

В отличие от фотореле, данное устройство имеет ряд преимуществ [2]:

- более высокая надёжность и вандализационность из-за отсутствия подверженного загрязнению датчика и соединительного кабеля между датчиком и устройством;
- более высокий срок службы из-за отсутствия подверженных временному и температурному дрейфу аналоговых компонентов;

- возможность дополнительной экономии электроэнергии за счёт перевода освещения в дежурный режим глубокой ночью;
- не требуется подключение датчиков для работы;
- упрощённое обслуживание;
- возможность расширения функций (при необходимости введения, например, реакции на звук или на движение).

Благодаря указанным преимуществам предлагаемый автомат может быть установлен в запираемых на ключ шкафах или помещениях и потому особенно пригоден на неохраняемых (вандалоопасных) объектах. Его обслуживание сводится к периодической коррекции хода встроенных часов (примерно 1 раз в полгода-год) и к замене литиевой батарейки (примерно 1 раз в 3–5 лет) [2].

Устройство разработано в кружке электроники и робототехники детской технической школы, который в настоящее время находится в ПГУ. Под руководством к.т.н., доц. Мануковского А. В., построено и испытано несколько модификаций автомата, пригодных для серийного производства, и ведётся работа по дальнейшему упрощению его обслуживания.

Широкое внедрение таких автоматов в подъездах жилых домов, магазинах, на городских площадях, предприятиях, частных подворьях, в учреждениях, складских помещениях, административных зданиях, учебных заведениях, рекламных конструкциях и других местах, в сочетании с возможностью их программной настройки на ограничение освещения глубокой ночью, позволит достичь лучших, по сравнению с фотореле, результатов, как по области охвата, так и по степени экономии электроэнергии [4–6].

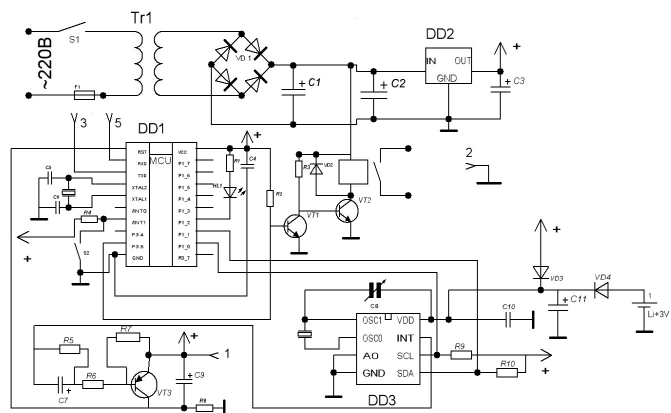


Рисунок 2 – Принципиальная схема автомата управления освещением

Расчёт экономической эффективности устройства для случая применения в 6-подъездном пятиэтажном жилом доме показал, что при стоимости устройства в 12000 тенге оно окупится примерно за 2 месяца работы (одно наше устройство может управлять освещением во всех подъездах дома). Важнейшим компонентом данной конструкции является микроконтроллер с программой. Алгоритм подпрограммы расчёта времени восхода и захода Солнца составлен на основе сведений, приведённых в [2] и адаптирован для обеспечения возможности его реализации на базе недорогой модели микроконтроллера AT89C4051 (фирмы ATMEL) с небольшим объёмом памяти (рисунок 3). Сама подпрограмма, как и вся программа, написана на языке высокого уровня в среде BASCOM-51 и после трансляции с помощью программатора записана в память микроконтроллера.

Экономический расчет

Как уже отмечалось, цель данной работы – поиск новых способов экономии электроэнергии, расходуемой на освещение, и разработка устройств, пригодных для практической реализации этих способов. Эффективность работы устройства, работающего по принципу слежения за моментами восхода и захода Солнца, подсчитана для стандартного дома, довольно типичного для Павлодара. Каждый подъезд выбранного 6-ти подъездного дома освещается 13-ю лампами, мощность каждой из них - 60 ватт. Стоимость одного киловатт-часа электроэнергии по состоянию на начало 2016 года составляет 10,95 тенге (к настоящему времени тариф на общедомовые нужды составляет 11,4 тенге за кВт). Ввиду незначительного изменения тарифа перерасчет не выполнялся.

Автоматических устройств управления освещением имеется не во всех домах, поэтому отключение освещения производится вручную, и, как правило, с запаздыванием.

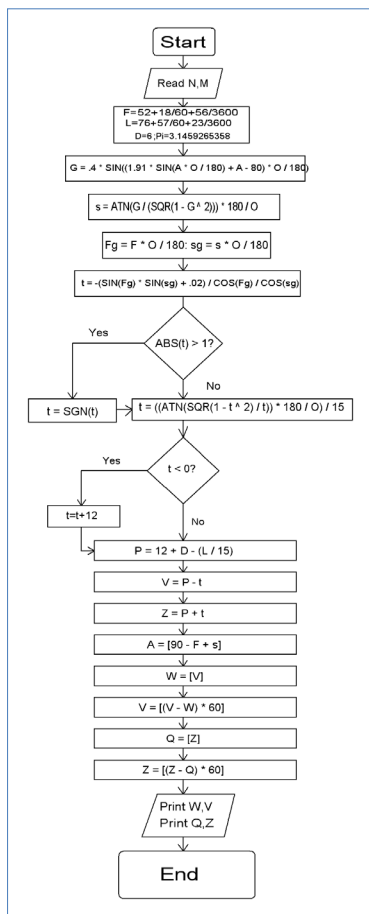


Рисунок 3 – Блок-схема адаптированного алгоритма программы

Оно происходит не только из-за людской забывчивости и недисциплинированности, но и по естественным причинам: например, летом, солнце восходит в 4–5 часов утра, а люди выходят в подъезд только в 7–8 часов, и только из-за этого свет зря горит лишних 3 часа.

В другое время года это запаздывание уменьшается, но мое устройство можно легко настроить так, чтобы свет выключался, например, с 2 до 5 часов утра, когда необходимость в освещении подъездов минимальна. Добавив к этому в среднем 1 час на забывчивость и недисциплинированность, получим, что освещение работает напрасно как минимум 4 часа в день. Напрасный

расход электроэнергии и переплата за него только в одном подъезде за сутки составит 0,06 кВт x 4 часа x 13 ламп x 10,95 тенге = 34,164 тенге.

Остальные результаты расчета сведем в таблицу 1:

Таблица 1 – Перерасход электрической энергии в тенге

Период времени	Сутки	Месяц	Год
Один подъезд	34 тенге	1020 тенге	12240 тенге
Один дом	204 тенге	6120 тенге	73440 тенге

Из приведенной таблицы видно, что при стоимости устройства примерно в 15000 тенге оно окупится примерно за два с половиной месяца (одно наше устройство может управлять освещением во всех подъездах дома).

После установки устройство сэкономит на оплате ненужного освещения каждому квартирному жителю [(73440-15000) тенге : 90 квартир] = 649 тенге в первый год работы и по (73440 тенге : 90) = 816 тенге во все последующие годы.

В масштабах всего жилищно-коммунального хозяйства города масштабы экономии будут на несколько порядков выше.

При приблизительной численности населения Павлодара 250 тыс. человек и среднем количестве жильцов в доме 250 человек количество усредненных многоквартирных домов в городе будет равно 250000 : 250 = 1000. Значит, экономия оплаты за освещение в условиях всего города составит приблизительно 73440x1000 = 73,4 миллионов тенге в год. При общей стоимости всех устройств 15000 тенге x 1000 шт. = 15 млн. тенге и затратах на их обслуживание около 1,4 млн. тенге в год чистая экономия составит около (73,4 – 15 – 1,4) = 57 млн. тенге в год.

Однако для городов основная выгода от применения предлагаемых автоматических устройств будет состоять не столько в экономии денег квартиросъемщиков, сколько в получении в распоряжение промышленности и жителей города дополнительной электроэнергии за счет уменьшения ее непроизводительных потерь. При этом следует подчеркнуть, что получение дополнительной электроэнергии таким способом не требует дополнительных затрат на ее производство, не приводит к увеличению загрязнения окружающей среды и к какому-либо ограничению удобств или снижению уровня комфорта ни одного жителя города. Экономический эффект от последних обстоятельств не поддается сколь-нибудь точной оценке.

Внедрение автомата управления освещением, работающего по принципу слежения за моментами восхода и захода Солнца, только в подъездах жилых

домов такого города, как Павлодар, позволит ежегодно экономить более 73440 тенге : $10,95 \text{ тенге/кВт-час} \times 1000 \text{ домов} = 6,7 \text{ млн. кВт-ч}$.

Вывод. Более широкое внедрение таких автоматов на предприятиях, в учреждениях, складских помещениях, институтах и других местах в сочетании с возможностью их программной настройки на работу по индивидуальному графику, исходя из требований конкретного места установки, позволит достичь еще большей экономии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Климишин, И. А.** «Календарь и хронология». – 2–е изд., перераб. и доп. – М., «Наука», главная редакция физико-математической литературы, 1985, – 320 с.

2 **Мануковский, А. В.** Автомат подачи звонков по расписанию // Журнал «Темір-қазық» – № 1. – Астана : изд. РУМЦДО РК, 2012. – С. 18–23.

3 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** Бифункциональные системы промышленной и бытовой автоматики // Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе: состояние и перспективы». Павлодар, 2009. – С. 75–78. / 4 с.

4 **Шапкенов, Б. К., Қайдар, А. Б.** Элементы автоматики для энергосбережения в системах освещения // Наука и техника Казахстана. – № 1–2 2011. – С. 77–83.

5 **Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Жакып, К. Б., Джансарин, К. Е., Оспанова, Ж. М. Шапкенов, Б. К.** Энергияны үнемдеу шамдарының жұмыс режимдерін зерттеу // Сборник Международной научно-практической конференции «ҮІІ Торайғыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвященной 55-летию Павлодарского государственного университета имени С. Торайғырова. – Павлодар : 2015. Т. 5, С. 281–285. – ISBN 978-601-238-552-6.

6 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Копырин, В. С., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Марковская, А. А., Файзулла, Д. Ф., Айтжанов, С. Е.** Диверсификация технологической базы инженерных систем жилья для минимизации энергопотребления // Материалы Международной научно-практической конференции «Научные основы машуроведения – национальная идея «Мәңгілік ел», посвященной 60-летию доктора филологических наук, профессора, машуроведа Трушева Айтмухамета Касымбаевича. – Павлодар : 2016. – С. 415–425. – ISBN 978-601-238-652-3.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

А. В. Мануковский¹, А. Б. Қайдар²

Автоматикалық басқару жарысы

^{1,2}С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

A. V. Manukovsky¹, A. B. Kaidar²

Automatic lighting control

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Электр энергиясын тұтыну мақсатына жарықтандыру болуы мүмкін айтарлықтай төмендеген жетуіне оңтайлы жұмыс жарықтандырығыш қондырғының кез келген уақытта.

Қол жеткізу үшін неғұрлым толық және дәл болуын есепке алу күндізгі жарық сияқты, мәселені шешу болуы туралы үй-жайда адамдар болады қолдана отырып, автоматтандырылған басқару құралдары жарықпен.

Жүктеме жарықтандыру басқаруға болады көмегімен дискретті басқару, біртіндеп өзгеруін қуатты шамдарды кестесіне сәйкес жарықпен басқару.

Жүйелеріне дискретті жарықтандыруды басқару, ең алдымен, әр түрлі фото реле (photoautomats) мен таймерлер. Жұмыс істеу принципі бірінші негізделген қосу және ажырату жүктеме сигналдары бойынша сыртқы табиғи жарық датчигі.

Екінші жүзеге асырады ауысу жүктеме жарықтандыру тәулік уақытына байланысты алдын-ала бағдарламаланған.

Жүйелеріне дискретті басқару жарықпен жатады, сондай-ақ автоматтар, датчиктермен жабықталған болу. Олар выключили жарық бөлмеде кейін белгілі бір уақыт кезеңі өткеннен кейін, соңғы адам шығарылады. Бұл ең үнемді Түрі дискретті басқару жүйелерін, бірақ жанама әсерлер оларды қолдану қамтиды ықтимал мерзімін қысқарту қызметінің шамдар-жсіі қосу және ажырату.

Қаралды тиімділігін арттыру жолдары электр энергиясы үшін қолданылатын жарық. Құрылымдық және принципалды сұлбасы микропроцессорлық басқару блок-схемасы бейімделген алгоритмін бағдарламасы.

The power consumption for lighting purposes can be significantly reduced by achieving optimum operation of the lighting system at each time.

We can achieve the most complete and accurate account of the availability of daylight, as well as the consideration of the presence of people in the room, by using the means of automatic lighting control.

The lighting load can be controlled by a discrete control, a smooth change in the power of the luminaires, according to the lighting control schedule.

The systems of discrete lighting control include, first of all, different photo relays (photoautomats) and timers. The principle of the first is based on switching on and off the load according to the signals of the outdoor natural light sensor.

The second carry out switching of the lighting load depending on the time of day according to the pre-programmed program.

The systems of discrete lighting control also include automatic devices equipped with presence sensors. They turn off the lights in the room after a predetermined period of time after the last person is removed from it. This is the most economical type of discrete control systems, but the side effects of their use include the possible shortening of the lamp life due to frequent switching on and off.

The ways of increasing the efficiency of electricity used for lighting are considered. The structural and principal microprocessor control scheme, the block diagram of the adapted algorithm of the program are presented.

ГРНТИ 86.21.00

Г. А. Молдашова¹, Т. И. Крекешева²

¹ст. науч. сотр., Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, РКГП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²к.б.н., ассоц. профессор, руководитель, Лаборатория регламентации в области охраны труда, РКГП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: 'rot@miiot

СОСТОЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ ЗОЛОТОРУДНОЙ ОТРАСЛИ

В настоящей статье авторы обращают внимание на социальное и экономическое значение обеспечения здоровых и безопасных условий труда на предприятиях ключевых секторов обрабатывающей промышленности Республики Казахстан.

Анализируется состояние условий труда рабочих мест основных профессий в разрезе структурных подразделений изучаемого предприятия золоторудной отрасли. Предлагается комплекс мероприятий по снижению уровня производственного шума, обеспечения соответствия освещения рабочих мест нормативным требованиям. Рекомендуются проведение профилактических работ по техническому обслуживанию вентиляционных установок с целью снижения запыленности и оптимизация микроклимата производственных помещений. Отмечается важность проведения инструментальных замеров аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, инфразвука, ультразвука воздушного, ионизирующего излучения для снижения рисков развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний и поддержания оптимального уровня работоспособности.

Ключевые слова: условия труда, золоторудная отрасль, вредные производственные факторы, мероприятия.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе индустриально-инновационного развития экономики республики активно открываются новые предприятия с современными технологическими процессами. В рамках реализации Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы на предприятиях обрабатывающей отрасли расширяют мощности действующих производств [1], проводят модернизацию с целью повышения ресурсоэффективности и производительности труда, а также освоения выпуска новой продукции для смежных секторов. Специфика современных технологических процессов определяет состояние условий рабочих мест и характер труда и обуславливают физиологическое состояние организма работников и их работоспособность. В этой связи, важное социальное и экономическое значение, высокую научную и практическую ценность имеют научные исследования, направленные на обеспечение конституционных прав граждан Республики Казахстан на здоровые и безопасные условия труда.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В рамках научно-технической программы (№ гос. регистрации: 0117PK00005) были проведены исследования состояния условий труда рабочих мест основных профессий на предприятии золоторудной отрасли, относящейся к ключевому сектору обрабатывающей промышленности республики, с целью разработки комплекса мероприятий по безопасности и охране труда.

Исследование состояния условий и характера труда работников предприятия проводили в соответствии с руководством Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» регистрационный номер АДЗ РК № 1.04.001.2000 от 30 ноября 2000 г.

Уровень шумового фактора и вибрации оценивали согласно ГОСТ 12.1.050-86. Методы измерения шума на рабочих местах, ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности, ГОСТ 31171-2003 (ИСО 11200:1995). Шум машин. Руководство по выбору метода определения уровней звукового давления излучения на рабочем месте и других контрольных точках, ГОСТ 12.1.012-2004. Вибрационная безопасность. Общие требования, ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). Часть 1 и Часть 2. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Общие требования.

Анализ результатов исследований показал, что состояние условий труда рабочих мест основных профессий в разрезе структурных подразделений золотоизвлекательной фабрики обусловлено спецификой технологического процесса переработки золотосодержащей руды.

Технологические этапы переработки руды включают рудоподготовку, гидрометаллургический и пирометаллургический переделы, складирование хвостов и внутрифабричный оборот цианистых растворов и определяют назначение основных структурных производственных подразделений изучаемого предприятия и вспомогательных служб, к которым относятся дробильное, дробильно-измельчительное и гидрометаллургическое отделения, ремонтно-механическая и ремонтно-энергетическая службы.

Анализ состояния условий труда рабочих мест основных профессий дробильного отделения, таких как машинист питателей, бункеровщик, грохотовщик, дробильщик щековой дробилки, дробильщик конусной дробилки, мастер, слесарь показал, что у машиниста питателя, грохотовщика, дробильщика щековой дробилки, дробильщика конусной дробилки класс условий труда рабочих мест по уровню шума составляет 3.1. Класс условий труда рабочих мест для этих профессий по остальным изучаемым показателям – 2.0, также как и для остальных профессий этого отделения.

К основным профессиям дробильно-измельчительного отделения относятся машинист питателей, машинист мельницы, аппаратчик классификации, аппаратчик сгустителей. У машиниста питателей класс условий труда по уровню шума оценен как 3.1. Класс условий труда рабочих мест остальных профессий данного отделения составляет 2.

Основными профессиями гидрометаллургического отделения являются растворщик реагентов, аппаратчик обогащения золотосодержащих руд на этапе сорбции, аппаратчик обогащения золотосодержащих руд на этапе десорбции. Класс условий труда рабочих мест этих профессий составляет 2.

К основным профессиям ремонтно-механической службы относятся токарь, газосварщик, слесарь, кузнец, фрезеровщик. У газосварщика класс условий труда по химическим факторам составляет 3.1, по другим изучаемым показателям и для остальных профессий этого отделения – 2.

В этой связи, положительный результат дает комплекс мероприятий, направленных на снижение воздействий вредных производственных факторов, в которую входят меры по снижению уровня производственного шума, плановые профилактические работы с производственным оборудованием, контроль за осветительными установками.

Меры по снижению уровня производственного шума могут быть направлены на уменьшение шума в самом источнике, посредством

проведения статического и динамического уравнивания и балансировки, а также за счет уменьшения зазоров в соединениях, применения смазки трущихся деталей и т.д.

В тех случаях, когда мерами и средствами коллективной защиты не удастся снизить уровни шума на рабочих местах до нормативных значений, рекомендуется применение эффективных средств индивидуальной защиты. В частности, качественных сертифицированных наушников, противошумных вкладышей, шумозаглушительных шлемов, берушей и т.д.

Кроме того, для улучшения состояния условий труда машиниста питателей, бункеровщика, грохотовщика, дробильщика щековой дробилки, дробильщика конусной дробилки, мастера и слесаря дробильного отделения, а также машиниста питателей, машиниста мельницы, аппаратчика классификации, аппаратчика сгустителей дробильно-измельчительного отделения рекомендуется провести профилактические работы по техническому обслуживанию вентиляционных установок, с целью снижения запыленности и оптимизация микроклимата производственных помещений, которые являются факторами усталости работников и способствуют развитию профессионально обусловленных заболеваний.

Следует отметить, важное значение имеет контроль над освещением производственных помещений. В частности, недостаточное и неправильно устроенное освещение вызывает утомление зрения, повышает риски производственного травматизма, способствует развитию усталости у работников. В этой связи для повышения равномерности естественного освещения в цехах рекомендуется использовать комбинированное освещение и принять меры по уменьшению уровня загрязнения светильников с целью обеспечения соответствия освещения рабочего места нормативным требованиям.

Кроме того, с целью снижения рисков развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний [2] рекомендуется проводить инструментальные замеры аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, инфразвука, ультразвука воздушного, ионизирующего излучения.

Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, попадая в организм человека через органы дыхания, вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей. При длительном вдыхании пыли возникают профессиональные заболевания – пневмокониозы и бронхиты [3,4]. Инфразвук при уровне от 110 до 150 дБ и более вызывает неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, вестибулярного анализатора и снижение слуха [5]. Длительное и систематическое воздействие на человека ультразвука, распространяющегося воздушным путем, приводит к изменениям нервной системы, сердечно-сосудистой системы, эндокринной

системы, нарушениям слухового и вестибулярного аппаратов [6]. Под влиянием ионизирующего излучения в организме нарушаются функции кроветворных органов, повышается хрупкость сосудов, нарушается деятельность желудочно-кишечного тракта, снижается сопротивляемость организма к воздействиям вредных производственных факторов [7].

ВЫВОДЫ

Таким образом, с целью поддержания оптимального уровня работоспособности и снижения рисков развития, профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний рекомендуется комплекс мероприятий, включающих плановые профилактические работы и модернизацию производственного оборудования, применение более эффективных средств индивидуальной защиты, контроль над показателями вредных производственных факторов, таких как уровень производственного шума, недостаточное освещение рабочих мест, воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, инфразвука, ультразвука воздушного, ионизирующего излучения с целью обеспечения безопасных условий труда и защиты здоровья работников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Указ Президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года № 874 «Об утверждении Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы» // «Официальный сайт Президента Республики Казахстан». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.akorda.kz>.

2 **Косарев, В. В., Бабанов, С. А.** Профессиональные заболевания от воздействия неблагоприятного микроклимата. // Медицина неотложных состояний. – 2012. – № 2 (41). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mif-ua.com

3 **Иванов, В. П., Иванова, Н. В.** – Медицинская экология (для студентов медицинских вузов). – М.: СпецЛит, 2011. – 430 с.

4 **Чекман, И. С., Сыровая, А. О., Андреева, С. В., Макаров, В. А.** Аэрозоли – дисперсные системы : монография. – Харьков : Цифровая друкарня, 2013. – 100 с.

5 **Артамонова, В. Г., Мухин, Н. А.** Профессиональные болезни: учебник. – М.: Медицина, 2004. – 480 с.

6 **Акопян, Б. В., Ершов, Ю. А.** Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: учебное пособие. – М.: МГТУ им. Баумана, 2005. – 204 с.

7 Гигиена труда: учебник / Под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова.
– М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 592 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Г. А. Молдашова¹, Т. И. Крекешева²

Алтын кен өндіру саласының кәсіпорнында еңбек шарттарының жағдайы

¹Өндірістік объектілерді аттестаттау және кәсіби стандарттарды әзірлеу зертханасы, Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау Министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²Еңбекті қорғау саласындағы регламенттеу зертханасы, Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау Министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

G. A. Moldashova¹, T. I. Krekesheva²

Working conditions at the enterprise of the gold industry

¹Laboratory for Attestation of Production Facilities and Development of Professional Standards, Republican Scientific and Research Institute of Labor Security of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Laboratory of Regulation in the Field of Labor Protection, Republican Scientific and Research Institute of Labor Security of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада авторлар Қазақстан Республикасының өңдеу өндірісіндегі негізгі секторларындағы кәсіпорындарда әлеуметтік және экономикалық маңызы бар салауатты және қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз етуді қарастырады.

Алтын өңдеу саласындағы зерделенген кәсіпорынның негізгі мамандықтарының жұмыс орнындағы еңбек жағдайлары құрылымдық бөлімшелері контекстінде талданады. Өндірістік шу деңгейін төмендету бойынша, жұмыс орнындағы жарықтандырудың нормативтік талаптарға сай болуын қамтамасыз етуге шаралар кешінін ұсынады. Шаңды азайту және өндірістік ғимараттардың микроклиматын оңтайландыру үшін желдету жүйелеріне алдын-алу жұмыстарын жүргізу ұсыныстары қарастырылады. Негізнен фиброгендік әсері бар аэрозолды, инфрадыбыс, ультрадыбыстық ауа, иондаушы сәулелерді аспаптық өлшеуді жүргізудің маңыздылығы кәсіби және кәсіптік негізделген аурулардың алдын алуға және жұмысқа қабілеттіліктің оңтайлы деңгейін қамтамасыз етуге әсері зор.

In the given article, the authors draw attention to the social and economic importance of ensuring healthy and safe working conditions at enterprises of key manufacturing sectors of the Republic of Kazakhstan.

In the paper there is analyzed the state of working conditions of the workplace of main professions in the context of the structural subdivisions of the studied gold mining enterprise. A set of measures is proposed to reduce the level of production noise, ensuring that workplaces meet regulatory requirements. There is recommended to carry out preventive maintenance work on ventilation systems in order to reduce dust and activate the microclimate of production facilities. It is also noted the importance of instrumental measurements of the aerosol mainly fibrogenic action of infrasound, ultrasound of air, ionizing radiation to reduce the risks of developing professional and professionally conditioned diseases and maintaining the optimal level of efficiency.

И. М. Мужкенов¹, А. К. Кинжибекова²

¹магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²и.о. асоц.профессор, Кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹muzhkenov@mail.ru

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СЖИГАНИЯ СМЕСИ
ЭКИБАСТУЗСКОГО И ШУБАРКОЛЬСКОГО УГЛЕЙ
НА КОТЛАХ ЭС АО «ЕЭК»**

На ЭС АО «ЕЭК» в качестве сжигаемого топлива в котлах используется уголь Восточного разреза зольностью 46 % при соединении трех пластов (1 пласт – 36–39 %, 2 пласт – 41–43 %, 3 пласт – 46–50 %).

Актуальность исследования заключается в том, что при возможном сжигании этой смеси (третий пласт Экибастузского угля и отходы (некондиция) Шубаркольского угля с зольностью 25 %), утилизируются отходы Шубаркольского угля и сохраняется первый пласт Экибастузского угля. Так как первый пласт ограничен в объеме, то в дальнейшем для вскрытия и добычи потребуются немалые затраты и ресурсы, что приведет к повышению его себестоимости. Сохраненный пласт можно реализовать внешним потребителям по более высокой цене.

Процент зольности смеси Экибастузского и Шубаркольского угля составит 40–42 %, что сыграет немаловажную роль по снижению количества вредных выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: Каменные угли Экибастузского и Шубаркольского месторождения, сжигание смеси углей, утилизация.

ВВЕДЕНИЕ

Защита окружающей среды от вредных выбросов в последнее время стала одной из острых проблем современности. Загрязнение земной атмосферы уже сейчас угрожает существованию растительной и животной жизни.

Интенсивное развитие промышленного производства требует использования все большего количества природных ресурсов, их переработки с выделением вредных выбросов, которые не успевают нейтрализоваться или вообще не способны к этому в окружающей природной среде. В атмосферу выбрасываются огромные массы пыли, кислых газов.

В результате загрязнения атмосферы в ряде городов образуется смог, создаются трудные условия для жизни людей. Состояние атмосферы значительно ухудшается под действием поступающих в нее радиоактивных, акустических излучений. Из-за загрязнения атмосферы у многих людей начинаются обострения многих заболеваний, которые в дальнейшем переходят в хронические. Основным заболеванием нашего города является аллергия, бронхит, пневмония, рак. Из этих данных следует, что наша экология не благоприятно сказывается на состоянии здоровья людей.

С этой целью во всех промышленно развитых странах мира ведутся работы по созданию малоотходных и безотходных технологий, замкнутых в технологические циклы, где исключается образование побочных продуктов.

АО «Евроазиатская энергетическая корпорация» – крупнейший поставщик электроэнергии в Казахстане. Является опорным узлом в энергосистеме республики, связывающим энергосистемы Западной Сибири, Алтая и Северо-Восточного Казахстана. На долю предприятия приходится более 17 % всей вырабатываемой электроэнергии и около 20 % добываемого угля. Численность работников ЕЭК составляет около 6000 человек.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вопросы состава минеральной части энергетических топлив, её преобразования при сжигании в топках и шлакования котлов исследуются более столетия. За это время накоплено значительное количество знаний и опыта создания, успешно работающего в этом аспекте оборудования [1].

Основным энергетическим топливом для большинства электростанций Казахстана являются каменные угли Экибастузского (разрез «Богатырь», «Восточный» и «Северный»), Борлинского и Карагандинского месторождений. Бурые угли (Шубаркольского, Майкубенского и Каражирского месторождений) используются в основном на небольших электростанциях и котельных.

В связи с тем, что одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха вредными газовыми и пылевыми выбросами являются электростанции, работающие на твердом топливе, становится актуальной разработка технологий сжигания с минимальными выбросами NOX, SOX и золовых частиц.

Каменные угли Казахстана являются хорошим малосернистым энергетическим топливом и при рациональной организации топочного процесса вред наносимый окружающей среде может быть сведен к минимуму.

Рациональная организация топочного процесса состоит из:

1 Обеспечения устойчивого горения и исключения подсветки факела мазутом в регулировочном диапазоне нагрузок.

2 Снижения содержания горючих в уносе до 1–2%.

3. Двухступенчатое сжигание топлива с подачей третичного дутья ниже основных горелок или «нестехиометрическое» сжигание по ярусам (если число ярусов в топке два и более) с целью снижения выбросов NOX до 400–500 мг/нм³ [2].

Технология сжигания с минимальным вредным воздействием на окружающую среду предполагает реконструкцию схемы сжигания и горелочных устройств.

Схема сжигания должна обеспечить повышенную полноту выгорания топлива, исключение подсветки факела и выброса CO, а также снижение выброса NOX до 400–500 мг/нм³. При этом должны обеспечиваться условия для снижения примерно на 20 % выброса SOX [3].

Горелочные устройства должны обеспечивать устойчивое (стабильное) воспламенение и горение угольной пыли в диапазоне нагрузок 0,5÷1,0 от номинальной.

Горелочные устройства и схемы сжигания такого типа разработаны и прошли более чем десятилетнюю апробацию на всех 14 корпусах котлов ПК-39-II к блокам 300 МВт ТЭС АО «ЕЭК» (бывшей Ермаковской ГРЭС).

Уровень выхода NOX на котлах ПК-39-II был снижен с 1000 мг/нм³ до 600 мг/нм³. При этом исключена подсветка факела.

На котлах ПК-39-II сейчас отрабатывается схема сжигания с подачей третичного дутья ниже основных горелок. Ожидается, что уровень выхода NOX будет снижен до 400–500 мг/нм³.

Как уже отмечалось основным энергетическим топливом Казахстана являются каменные угли Экибастузского, Шубаркольского и Карагандинского месторождений. При этом основная установленная мощность на Экибастузском угле составляет примерно 1000 МВт, на Шубаркольском угле – 905 МВт и карагандинском угле – 765 МВт. Таким образом, основным энергетическим топливом в Казахстане является каменный уголь Экибастузского месторождения.

Основные характеристики Экибастузского каменного угля следующие [4]:

- Влага общая – W P = 4–9%
- Зольность – A P = 35–53%
- Сера общая – S P = 0,4–0,7%

- Азот – N P = 0,5–0,9%
- Низшая теплота сгорания – Q P H = 2700–4250 ккал/кг
- Выход летучих – V Л = 24–28%

Тепловая мощность электростанций, работающих на Экибастузском угле составляет ориентировочно 26000 Гкал/ч. Объем дымовых газов выбрасываемых в атмосферу при $\alpha = 1,4$ и 300 рабочих днях составит примерно 355×109 нм³/год.

Следует отметить, что технология сжигания, способствующая снижению вредных выбросов в атмосферу, является самым дешевым и безопасным методом из всех известных методов их снижения [5].

Котельные агрегаты, запроектированные на сжигание определенного угля, при переходе на сжигание углей с новыми физико-химическими характеристиками могут иметь ограничения по выходным параметрам перегретого пара, по скоростным характеристикам дымовых газов по тракту котла, по условиям шлакования топочной камеры и конвективных поверхностей нагрева.

Как известно, зольность Экибастузского угля увеличивается с каждым годом. Зольность увеличивается в основном при повышении в балансе доли угля высокозольного пласта. В будущем ожидается дальнейшее ухудшение качества Экибастузского угля за счет роста зольности, так как доля высокозольного пласта только увеличивается.

Чтобы надежно сжигать угли указанного качества, требуется своевременная реконструкция отдельных узлов оборудования, высокая организация всего энергетического производства и особенно таких звеньев, как эксплуатация и ремонт. В противном случае будет иметь место дальнейшее снижение надежности оборудования ТЭС и, соответственно, энергообеспечения потребителей.

Увеличение средней зольности угля надпроектной на 1–3 % не так уж опасно, однако при этом возрастают колебания зольности угля в маршрутах в отдельных вагонах, достигая временами в маршрутах до 48 %, а в отдельных вагонах до 70 % и более, что значительно усложняет его сжигание и, соответственно, эксплуатацию котлов. Известно, что зола Экибастузского угля, состоящая до 95 % из окислов кремния и алюминия, тугоплавка, обладает слабыми шлакующими свойствами и после термической обработки в топке, высокой абразивностью.

Наличие в дымовых газах котлов большого количества высокоабразивной золы приводит к интенсивному золовому износу конвективных поверхностей нагрева. Вопросам золового износа конвективных поверхностей нагрева при сжигании высокозольных углей уделяется большое внимание, но пока что нет надежных и простых решений, позволяющих снизить износ, в том числе

и локальный, в 2–3 раза продлить срок службы поверхностей да расчетных значений.

Следует отметить, что повышенный локальный золовой износ конвективных поверхностей нагрева обусловлен, в основном, неравномерными полями скоростей газов и концентрацией золы по сечению газоходов и в пучках, а в отдельных случаях, при низком уровне эксплуатации и ремонтов оборудования – рихтовкой труб поверхностей нагрева, отсутствием местных защит, присосами холодного воздуха в газоходы и другими эксплуатационными и ремонтными условиями.

Иногда наиболее целесообразно применять косвенные методы определения мест максимального золового износа, например, установкой по сечению газоходов специальных образцов с последующим определением скоростей газов и концентраций золы в наиболее изнашиваемых местах. В эксплуатации более достоверным способом снижения абразивного износа является полный и тщательный сбор и анализ статистических данных по повреждаемости поверхностей нагрева.

Из-за периодического увеличения зольности топлива до 41–43 % на сухую массу, несвоевременного ремонта котлов в связи с напряженным графиком нагрузок возросли присосы и, соответственно, скорости в газоходах до 8–9 м/с против расчетных 5,9–6,5 м/с.

Поэтому чрезмерно увеличился износ поверхностей нагрева и, особенно, водяных экономайзеров 1 и 2 ступеней.

Следует отметить, что технология сжигания, способствующая снижению вредных выбросов в атмосферу, является самым дешевым и безопасным методом из всех известных методов их снижения.

В данной работе проведено исследование возможности сжигания смеси Экибастузского и Шубаркольского угля на установленном оборудовании ТЭС «ЕЭК» в соотношениях 80/20, 70/30, 60/40, 50/50.

При решении данного вопроса были поставлены следующие задачи:

- провести анализ физико-химического состава углей и их шлакующих свойств;
- провести анализ результатов сжигания углей месторождений Казахстана, сравнение их теплотворной способности;
- исследовать результаты опытного сжигания угля на огневом стенде и котле ПК-39-II М для разработки рекомендаций по реконструкции оборудования с повышением его экономичности;
- определить экономическую эффективность использования смеси Экибастузского и Шубаркольского угля;

В ходе исследования проанализированы результаты сжигания углей месторождений Казахстана, проведено сравнение их теплотворной

способности. Дана обзорная информация по известным процессам с участием минеральных компонентов в газовом тракте котельной установки, уделено внимание сведениям по топливам с низкой степенью углефикации, т.е. подобным Экибастузскому углю.

Проведен расчет смеси углей Экибастузского и Шубаркольского месторождений, тепловой расчет котла ПК-39-II М при сжигании смеси углей (в соотношениях 80/20, 70/30, 60/40, 50/50), аэродинамический расчет котла, расчет тяги и дутья. Проведён анализ работы котлов большой мощности ТЭС при сжигании смеси углей, в который включены анализ шлакующих свойств смеси углей и влияние температуры уходящих газов на хвостовые поверхности нагрева котла ПК-39-ПМ, влияние зольности Экибастузского угля на низкотемпературную коррозию. Представлен метод сжигания смеси углей, для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, представлен анализ исследования процесса работы поверхностей нагрева котла при сжигании смеси углей.

Представлен проект реконструкции котельной установки для сжигания смеси углей. Для этого было исследовано состояние склада топлива ТЭС и способ совместного хранения и складирования смеси Экибастузского и Шубаркольского углей.

Рассмотрена система топливоподготовки для сжигания смеси углей и проанализированы методы организации топочного процесса для сжигания смеси углей с повышенной эффективностью работы котла.

Предложены технико-экономическое моделирование необходимости замены Экибастузского угля на Аксуской ГРЭС, даны рекомендации по наиболее технически целесообразной технологии для сжигания смеси Экибастузского и Шубаркольского углей.

ВЫВОДЫ

Совместное сжигание биомассы с углем на существующих угольных электростанциях широко применяется в Европе и мире и является наименее капиталоемким способом использования биомассы для производства электрической энергии. При этом существенно улучшаются экологические показатели электростанций.

Существующего опыта экспериментального сжигания Шубаркульского угля на ряде ТЭЦ Казахстана, недостаточно для однозначного положительного ответа на вопрос о сжигании смеси Экибастузского и Шубаркульского угля на ЭС АО «ЕЭК». Однако, исходя из проведенных расчетов определено, что Шубаркульский уголь является хорошим энергетическим топливом для сжигания смеси с Экибастузским углем в соотношениях 80/20 и 70/30.

При реализации сжигания смеси Экибастузского и Шубаркульского углей на ТЭС, спроектированной для сжигания низкосортного Экибастузского угля, потребуется осуществление ряда реконструкций систем приемки, хранения и подачи угля в котельный цех, а также реконструкции системы пылеприготовления и изменения ее технологии.

Реализация данного предложения потребует значительных финансовых средств для проведения реконструкционных работ на действующей станции, которые окупятся в ближайшие 8–10 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Агроскин, А. А.** Тепловые и электрические свойства углей. – М. : Metallurgizdat, 1959.

2 **Алехнович, А. Н., Артемьева, Н. В., Богомолов, В. В.** Шлакующие свойства углей и их учет при анализе возможности использования непроектного топлива / Электрические станции. – 2006.

3 **Алехнович, А. Н.** Влияние минеральной части на показатели и характеристики энергетических углей / Энергетик. – 2008.

4 **Адмакин, Л. А.** Две важнейшие зависимости концентраций микроэлементов в ископаемых углях / Кокс и химия. – 2015. – № 3. – Библиогр.: 29 назв.

5 **Белоконь, М. А., Агапитов, Е. Б.** Пути повышения эффективности сжигания углей ухудшенного качества в энергетических котлах // Проблемы теплоэнергетики: материалы всерос. науч.-техн. конф. студ., асп. и мол. ученых, Челябинск, 3–5 мая 2006 г. – Челябинск : ЮУрГУ, 2006.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

И. М. Мужкенов¹, А. К. Кинжибекова²

Экібастұз және Шұбаркөл көмірлерінің қоспасын «ЕЭК» АҚ электр станцияларындағы қазандықтарда жағу мүмкіндігін талдау

^{1,2}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

I. M. Muzhkenov¹, A. K. Kinzhibekova²

Analysis of the possibility of burning a mixture of Ekibastuz and Shubarkol coals at the boilers of the electric power station of JSC «ЕЕС»

^{1,2}Power Engineering Faculty,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада автор «ЕЭК» АҚ электр станцияларындағы қазандықтарға Экібастұз мен Шұбаркөл көмірлерін жағу мүмкіндігін талдайды.

In this article, the author analyzes the possibility of burning Ekibastuz and Shubarkol coals on the boilers of the electric power station of JSC «ЕЕС».

**B. K. Mukhanov¹, Zh. Zh. Omirbekova², Y. Zh. Orakbayev³,
R. B. Sarbassova⁴, Sh. K. Adilova⁵**

¹c.e.s., professor, Department of «Automation and Control», Institute of Information Telecommunication Technologies, Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

²PhD, assistant professor, Department of «Automation and Control», Institute of Information Telecommunication Technologies, Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

³master, doctoral student, Department of «Automation and Control», Institute of Information Telecommunication Technologies, Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

⁴graduate student, Department of «Automation and Control», Institute of Information Telecommunication Technologies, Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

⁵senior lecturer, Department of «Automation and Control», Institute of Information Telecommunication Technologies, Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan

e-mail: ¹bmukhanov@verbulak.com; ²zhanar_omirbekov@mail.ru;

³orakbaev_erbol@mail.ru; ⁴iamrabiga@gmail.com; ⁵shinar82@mail.ru

RESEARCH AND BUILD OF HYDRODYNAMIC MODELS OF IN-SITU LEACHING WELLS

The article proves the urgency of studying the models of the uranium mining process by the method of underground leaching, which will allow to evaluate the dynamics of the technological process. More and more attention is paid to the modeling of the process of underground leaching (ISL), with the aim of solving the problems of raising the effectiveness of the process under consideration. The problems of extraction of underground leaching are described, the current state and description of the technology, connection with management problems is very actual development of new systems using the simulation results of the ISL process in the control loop. The article considers that there is an optimal pressure on the pumping wells according to the chosen criterion. Models of searching for the solution of the required flow rate for a quench well providing the maximum productivity of the solution at the outlet are constructed. In the paper, the tasks of determining the initial hydrodynamic parameters of wells and seams after

conducting special investigations of wells with the use of deep instruments and information measuring instruments are solved.

Keywords: in-situ leaching, leaching solutions, modeling, optimal control.

INTRODUCTION

More and more attention is paid to the modeling of the process of in-situ leaching, in order to solve problems is to raise the efficiency of the process under consideration.

Geotechnological method of mining is the most effective and is actively implemented in Kazakhstan. The effectiveness of this extraction method is largely determined by the operational evaluation of the main parameters of the hydrodynamic state of the wells and layers of the ore body, the creation of a mathematical model based on these estimates [1].

The existing practice and control systems of the geotechnological field (GTF) are characterized by the fact that the control of the technological process of in-situ leaching is mainly to maintain the balance consumption characteristics for leaching and grout products. Tasks for expenses are formed on the basis of geotechnological data and experience, and the skills of the mine geotechnician. In this case, the process is maintained under conditions of information uncertainty of the current characteristics of the filtering properties of the medium, such as the permeability of the ore body, which connect the filtration rate with the pressure gradient [2, 3].

The control of extraction by in-situ leaching will be difficult if one takes the following factors: the lack of operational control and monitoring, the inertia of the process, its length over time. And the price of the error can be very high. The efficiency of the method is largely determined by the timely assessment of the parameters of the hydrodynamic state of the seams and wells, in order to take technological methods in time and manage the elimination of technological violations.

In this connection, it is very important to develop new systems using the results of modeling the underground leaching process in the control loop.

MAIN PART

Description of the method of in-situ leaching. The method of in-situ leaching (ISL) develops exogenous uranium deposits that are located in well-permeable underground aquifers. The main tasks of managing a geotechnological enterprise are to increase the profitability of field development, increase the share of uranium extracted from the productive horizon, and reduce groundwater pollution. To solve this problem, one must be able to assess the geochemical and hydrogeological state of the productive horizon and groundwater [3].

In-situ leaching has a number of characteristics that also require specific and effective design and control tools. In-situ leaching occurs underground and can not be directly observed and controlled. The monitoring of in-situ leaching is limited to injecting the leaching solutions into the filling wells and productive solutions from the pumping wells, as well as a limited number of observation wells[4].

Therefore, in order to get a preliminary idea of the feasibility, select the leaching procedure and calculate the expected results, special studies and modeling of the process are necessary. Studies and modeling are carried out before and during the in-situ leaching process, as well as after its termination. They allow analyzing the dynamics of the process, estimating the volume and mass of ores and rocks to be leached, and predicting the extraction of uranium, the leaching efficiency and its effect on groundwater and rock [5-6].

In-situ leaching requires various types of modeling, both mathematical and physical. Mathematical modeling of in-situ leaching includes calculations that determine the process hydrodynamics, solubility, convective and diffusion motion of soluble components [6].

Consider the process of in-situ leaching (ISL) as an object of mathematical modeling, with a description of the structure of the mathematical model of the dynamics of the ISL process and the restrictions and assumptions adopted in it.

Elements of the technological scheme of in-situ leaching. By the in-situ leaching method, uranium deposits are developed in which the ore body is in a well-permeable geological environment, usually in an underground aquifer (5) as shown in Figure 1. The extraction of uranium from the ore body (4) takes place by means of a system of technological wells that are combined into technological cells and blocks. Through the filling (injection) wells (1), a leaching (working) solution is injected into the productive horizon, containing reagents capable of dissolving uranium minerals. As a result of physico-chemical interaction of uranium minerals and host rocks with leaching reagents, an uranium-containing production solution is formed in the underground aquifer, which is released to the surface through a system of pumping wells (3). In the processing of the productive solutions, uranium is extracted from it, and the remaining mother liquors are reinforced with the leaching reagents and are again fed to the filling wells as a working solution. At present, weak aqueous solutions of sulfuric acid are used as working agents (working solutions) in the in-situ leaching of uranium.

To ensure the necessary flow rate of the pumping wells and the possibility of transporting productive solutions to the industrial site collector, a method of lifting solutions using submersible pumps has been adopted (2). The filling (injection) of the leaching solutions into the wells is carried out by filling wells. Control of borehole pumps is carried out from the assembly of productive solutions.

In Fig. 1 is a sectional view of a filling well and pumping well in in-situ leaching of uranium.

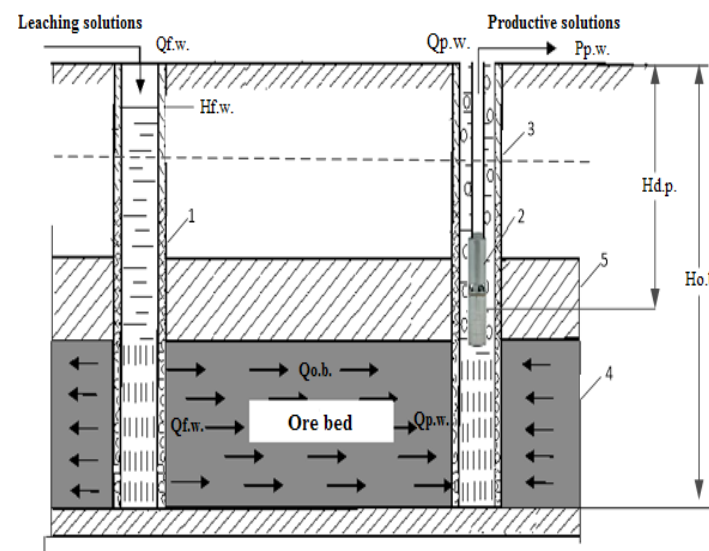


Figure 1 – Technological scheme of in-situ leaching of uranium

Construction of a mathematical model of the technological system of in-situ leaching

The filling well. The filling well is a vertical pipeline, and the liquid column is the determining factor in the formation of the pressure drop.

As you know, a column of liquid with a height of 9.8 m presses on the mouth with a force of 0.01 MPa.

Therefore, the well model can be represented as:

$$W \frac{dH_{fw}}{dt} = Q_{fw} - Q_{ob} \quad (1.1)$$

where,

H_{fw} – leaching solution level in a filling well (m);

W – capacity of the filling well (m^3);

Q_{fw} – flow rate of the leaching solutions falling into the filling well (m^3/h);

Q_{ob} – the leaching solutions flow rate from the filling well into the ore body through the well filter (m^3/h);

If the flow rate of the filling well is equal to the flow rate of the ore body $Q_{fw} = Q_{ob}$, then the level of the filling well is stable $H_{fw} = \text{const}$. The pressure that creates the filling well at steady state operation is calculated:

$$P_{fw} = H_{fw} \rho g \quad (1.2)$$

Depth Pump. The model of the depth pump is based on the pressure characteristic created by the pump and has the form:

$$\Delta P_{pw} = a_0 + a_1 Q_{pw} + a_2 Q_{pw}^2 + a_3 Q_{pw}^3 \quad (1.3)$$

где, ΔP_{pw} – pressure created by the pump (atm);

Q_{pw} – flow rate (m³/h);

a_0, a_1, a_2, a_3 – approximating coefficients.

The pressure-flow characteristic of pumps from the deep-water pump passport is shown in Figure 2.

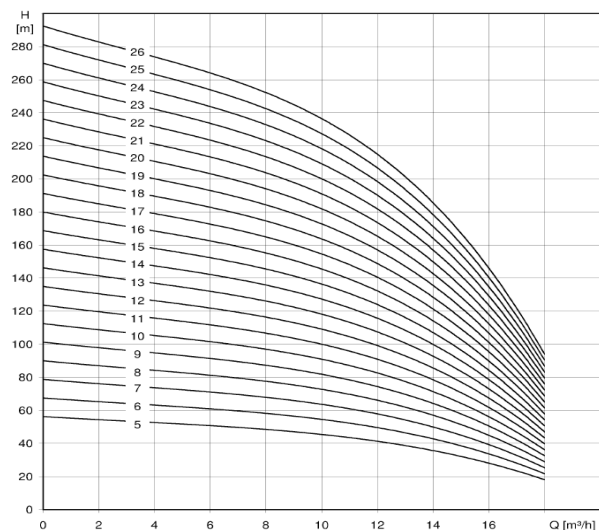


Figure 2 – Family of pressure flow characteristics of the depth pump

Ore body. Let us briefly consider the main regularities in the filtration of solutions in the case of a plane-radial motion in the potential field of the liquid head in an unbounded flat space between two impenetrable soils of the ore-bearing layer.

It is clear that the reagent fluid moves in the porous environment of the formation under the influence of the head difference created by the injection pumps in the pumping wells, the submersible suction pumps and the airlifts on the pumping wells, the background natural flows and the difference of the solution liquid between the pumping and the pumping wells and from the physics of the process it is clear that the greater the gradient of pressure on the ore body, the less leaching solution losses, the better the leaching process, that is, the filtration rate increases [5].

As a control criterion, the index reflecting the gradient of the pressure in the ore body from the pumping to the pumping well is selected, we write down the expression for the technological chain: a quench well, an ore body, a pumping well.

Calculation of the pressure drop on the ore body is carried out according to the following scheme:

$$\Delta P_{ob} = R_{ob} \cdot Q_{ob} \quad (1.4)$$

$$\Delta P_{ob} = P_{fw} - P_{ypw} \quad (1.5)$$

where, ΔP_{ypw} – pressure on the sump of the depth pump (atm);

$$P_{ypw} = (H_{ob} + H_0) \rho g \quad (1.6)$$

where, H_0 – height of equilibrium point (m);

Calculation of the equilibrium point from the ore body:

$$H_0 = |P_{msd} - P_{lc}| \quad (1.7)$$

where, P_{msd} – pressure at the mouth of the depth pump (atm); P_{lc} – pressure of the column of liquid in the pumping well (atm);

Investigations of the model of the technological scheme of in-situ leaching on Matlab.

The ISL process model represented by the expressions (1.2) - (1.7) was typed for investigation in the Matlab environment.

In our case, the technological chain was considered: a quench well, an ore body, a pumping well with a well pump with a power of 7.5 kW.

Model of the pumping well. For the pumping well, the flow-pressure characteristic of the downhole pump and the most pumped well was identified.

The flow-pressure characteristic was determined by a special technique, and has the form

$$\Delta P_{pw} = 198 - 6,08 Q_{pw} + 0,63 Q_{pw}^2 - 0,04 Q_{pw}^3, \quad (1.8)$$

The depth pump model is shown in the following figure

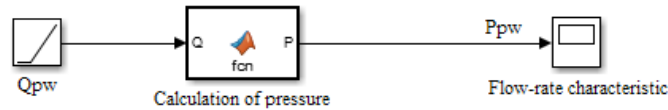


Figure 3 – Model of the depth pump on Matlab

And the pressure-flow characteristic of the pump is constructed. Figure 4.

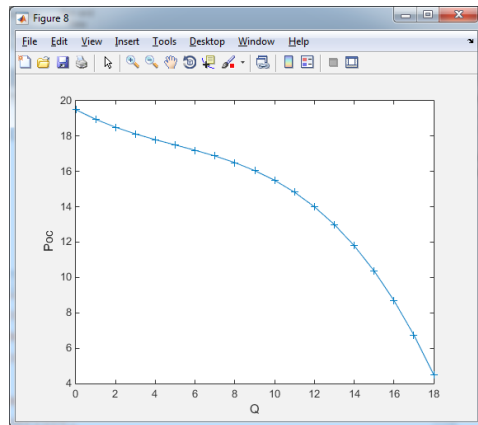


Figure 4 – Flow characteristics of the depth pump

The model of the technological scheme of the in-situ leaching process, the filling well, the ore body, the pumping well is shown in Figure 4.

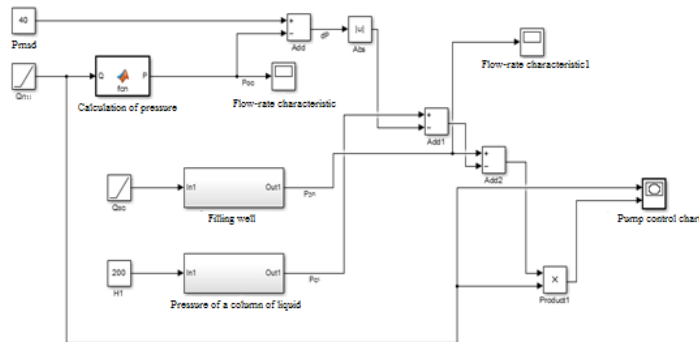


Figure 5 – Model of the technological scheme of the process of in-situ leaching

As the studies on the model have shown, for the technological scheme under consideration the dependence of the pressure drop on the ore body on the consumption of solutions has the form:

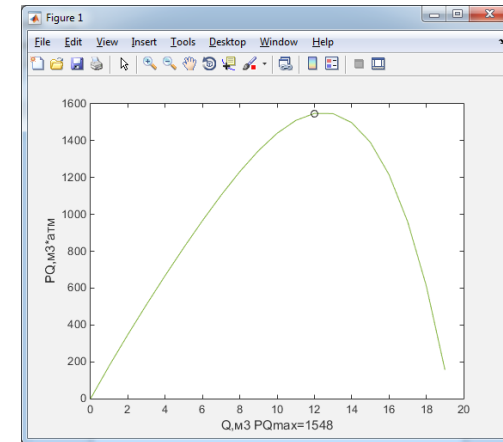


Figure 6 – The model of pressure drop on the ore body

Results. With the in-situ leaching of metals, the question of the magnitude of the pressure at the pumping wells remains unresolved. So, with its increase, the production rate of wells increases, but the productivity of the solution at the outlet decreases. And with a decrease in pressure, the proportion of wells with which the concentration of metal in the productive solution increases decreases proportionately, but the rate of filtration of the solution decreases and, consequently, the rate of leaching of the metal. In this regard, there seems to be an optimal pressure on the pumping wells according to the selected criterion. The model provides a solution for such a required flow rate for a quench well providing the maximum output of the solution.

CONCLUSIONS

At present, to determine the initial hydrodynamic parameters of wells and formations, it is necessary to conduct special investigations of wells with the use of depth instruments and information-measuring means. And the most informative parameter, characterizing the work of the ISL process, is the gradient of the pressure drop in the ore body. Obtaining measurements of other parameters, such as well production, wellhead pressure, piezoelectricity, flow characteristics of the submersible motor, improves the quality of the identification of the hydrodynamic model, hence, it increases the reliability of process control.

REFERENCES

1 Mukhanov, B. K., Omirbekova, Zh. Zh., Usenov, K. A., Wójcik, W. Simulating In-situ Leaching Process Using COMSOL Multiphysics// INTL International Journal of Electronics and Telecommunications, 2014, Vol. 60. – № 3. P. 213–217.

2 Manual of acid in situ leach uranium mining technology., IAEA, VIENNA, 2001. P. 105–122.

3 Mukhanov, B. K., Usenov, A. K., Omirbekova, Zh. Zh., Process of in-situ leaching modeling in a Comsol Multiphysics environment.// The 2nd International Virtual Conference on Advanced Scientific Results (SCIECONF-2014), 2014 (held in Zilina, Slovakia). – P. 499–503.

4 Solov'yev I.G., Vedernikova Yu.A. Razrabotka i ispol'zovanie gidrodinamicheskikh modeley skvazhinnykh sistem, oborudovannykh ustanovkami pogruzhnykh elektrosentrobezhnykh nasosov// Vestnik kibernetiki. Tyumen': Izd-vo IPOS SO RAN, 2002. – №. 1. – S. 85–91.

5 Rogov, E. I., Yazikov, V. G., Rogov, A. E., Gidrodinamicheskaya model' podzemnogo vyshchelachivaniya urana// Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal), Moskva, 2000, – № 5, – P. 40–42.

6 Mukhanov, B. K., Omirbekova, Zh. Zh., Orakbaev, E. Zh., Issledovanie i razrabotka sistemy optimal'nogo upravleniya protsessom podzemnogo vyshchelachivaniya// Vestnik Natsional'noy Akademii Nauk Respubliki Kazakhstan, 2016. – № 5. – P. 178–185.

Material received on 16.02.18.

Б. Қ. Мұханов¹, Ж. Ж. Өмірбекова², Е. Ж. Орақбаев³, Р. Б. Сарбасова⁴, Ш. К. Әділова⁵

Жерасты шаймалау ұңғымаларының гидродинамикалық үлгілерін зерттеу және құру

^{1,2,3,4,5}Қ. И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы. Материал 16.02.18 баспаға түсті.

Б. К. Муханов¹, Е. Ж. Орақбаев², Ж. Ж. Омирбекова³, Р. Б. Сарбасова⁴, Ш. К. Адилова⁵

Исследование и построение гидродинамических моделей скважин подземного выщелачивания

^{1,2,3,4,5}Институт информационных телекоммуникационных технологий, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сәтбаева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан. Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Мақала уран өндіру процесінің модельдерін жерасты сілтілеу әдісімен зерттеудің өзектілігіне арналған, бұл технологиялық процестің динамикасын бағалауға мүмкіндік береді. Қарастырылып отырған процестің тиімділігін арттыру мәселелерін шешу мақсатында жер асты шаймалау процесін модельдеуге көбірек көңіл бөлінеді. Мақалада жер асты шаймалауды өндірудің қазіргі жағдайы, технологияның қазіргі жағдайы мен сипаттамасы, басқару мәселелерімен байланысты басқару цикліндегі жерасты шаймалау процесін модельдеу нәтижелерін пайдалана отырып, жаңа жүйелерді әзірлеу өте маңыздылығы сипатталған. Мақалада таңдалған критерий бойынша сорғы ұңғымаларына оңтайлы қысымның бар екендігі қарастырылған. Сорғы ұңғымаларында ерітіндінің максималды өнімділігін қамтамасыз ететін және құю ұңғымасы үшін қажетті ағын санын шешу модельдері жасалды. Бұл жұмыста ұңғымаларды терең зерттеу құралдарын және ақпаратты өлшеу құралдарын пайдалану арқылы ұңғымаларды арнайы зерттеу жүргізгеннен кейін ұңғымалар мен төсемелердің бастапқы гидродинамикалық параметрлерін анықтау міндеттері шешілді.

В статье обосновывается актуальность исследования моделей процесса добычи урана методом подземного выщелачивания, которые позволяют оценить динамику технологического процесса. Все больше внимания уделяются вопросам моделирования процессом подземного выщелачивания (ПВ), с целью решения задач поднятия эффективности рассматриваемого процесса. Описаны проблемы добычи подземного выщелачивания, современное состояние и описание технологии, связи с проблемами управления весьма актуальна разработка новых систем использующих в контуре управления результаты моделирования процесса ПВ. В статье рассматривает что, существует оптимальный по избранному критерию напор на

закачных скважинах. Построены модели поиска решения необходимого расхода на закачную скважину обеспечивающий максимальную продуктивность раствора на выходе. В работе решается задачи определения исходных гидродинамических параметров скважин и пластов после проведения специальных исследований скважин с применением глубинных приборов и информационно-измерительных средств.

FTAMP 44.31.35

**И. А. Султангузин¹, С. К. Абильдинова²,
Р. А. Мусабеков³, А. С. Расмухаметова⁴**

¹Ph.D., профессор, Мәскеу энергетика институты, Мәскеу, 100000, Ресей Федерациясы;

²Ph.D., профессор, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;

³к.т.н., Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;

⁴докторант, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы

e-mail: aya.sss@mail.ru

ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ ЖЫЛУ СОҒҒЫЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫНДА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ХЛАДАГЕНТТЕРДІҢ ЖАҢА БУЫНЫН ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ

Жылу жүйесінің желілік суын жылыту үшін R-134a хладагентімен жұмыс жасайтын жоғары температуралы жылу сорғысының жұмысы қарастырылған. Екі сатылы ортадан тепкіші сығымдағышы бар үкен қуатты жоғары температуралы жылу сорғылары суды 85–90 °C температураға дейін қыздырады және буландырғыштағы суық агенттің температурасына байланысты агын судағы жылу трансформация коэффициенті $\mu = 2.3–2.6$ мәнге тең. Зерттеу нәтижелері әртүрлі климаттық аймақтағы орталықтандырылған жылу жүйесі үшін жоғары температуралы сорғылармен анағұрлым тиімді жылу сұлбасын анықтауға мүмкіндік береді. Жылу сорғысын жылу көзі ретінде жұмыс жасау тиімділігі жұмыс заты ретінде қолданатын хладагенттің түріне байланысты екендігі көрсетілген. Жаңа R-1234yf хладагент түрінің төртінші буынын қолдану – ауа баптау жүйесінде жоғары тиімділікті беріп, озон бұзатын потенциалы ноль шамасында және галамдық жылу потенциалы минималды болғандықтан қоршаған ортаға кері әсері аз болады. Алайда, жоғары температуралы жылу сорғысымен жұмыс жасағанда R-1234yf түрін таңдау жылу трансформация коэффициентінің мәні аз болғандықтан тиімді емес. Сондықтан, жоғары температуралы жылу сорғылары

үшін ғаламдық жылып кету мен озондық қабатқа әсер етпейтін хладагент шығару керек.

Кілтті сөздер: жылу сорғысы, хладагент, озон бұзатын потенциал, ғаламдық жылу потенциалы, жылу трансформация коэффициенті.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта жылу сорғы қондырғыларының қолдану аймағын кеңейтуге кедергі болатын бірден-бір фактор бұл, бірінші жағынан экологиялық талаптарды (Киот және Монреаль келісімдері) қанағаттандыратын, екінші жағынан, жоғары термодинамикалық қасиеттерге ие жұмыстық дененің жоқтығы.

Бусығымдағышты жылулық сорғыларының жұмыс денесі келесі заттар (немесе заттар қоспасы) түрінде кездесуі мүмкін, оларда төменде көрсетілген негізгі қасиеттер жиынтығы болу керек [1]:

– булану $t_{\text{бу}}$ мен қайнауының төмен қалыпты температурасы, төмен потенциалды жылуды әкелгенде (қоршаған ортаның белгілі бір температура кезінде) булану процесіне әкелу құбылыс қысым $P_{\text{бу}}$ (жұмыс деңсіннің контурына ауа сорғызбайтын атмосфералық қысымнан кішкене жоғары) кезінде жүзеге асты;

– керек жылыту температурасы кезінде $P_{\text{к}}$ конденсат қысымының жоғары емес мәні сығымдағыш құрылымының қарапайым болуына әсер етеді, $\frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{б}}}$

және сығылу дәрежесімен анықталады, сығымдығыштарға, конденсаттарға, конденсат суытқыштарына және қосатын құбырларға беріктілік шарттары және конденсация көрсеткіштерінің $p_{\text{кр}}$, $t_{\text{кр}}$ критикалық көрсеткіштерге жақындауына тәуелді эксергия шығынын азайтады;

– температураның жұмыс жасау аралығындағы буландыруың жоғары жылуы, ол жылу қуаты мен ЖС-тің жылу трансформация коэффициентінің жоғарғы мәнін қамтамасыз етеді;

– улы емес, тез жанғыш емес, жанғыш емес;

– жоғары химиялық тұрақтылық, жылу сорғы құрылымы материалдарына және жағу майына қатысты химиялық құрамының инерттілігі.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Ресей мен Қазақстан жылумен қамтамасыздандыру аймағында орталықтандырылған жүйе бірінші орында тұр, бұл жүйеде 3-4 буынды экологиялық хладагенті бар жоғары температуралы жылу сорғылар жұмыс жасай алады. Мысал ретінде, екі сатылы орталықтандырылған сығымдағышы бар жылу қуаты 17 МВт [2] аралық өткізгіші бар жылу сорғының жұмысын қарастырамыз.

1-суретте жылу сорғысының температурасы: буландырғышта – 3,5 °С, конденсаторда – 90 °С. Жылу сорғыда жұмыс дене ретінде ең жоғарғы нүктеде температурасы 101,08 °С және қысымы 40,603 бар R-134a (1,1,1,2-тетрафторэтан $\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$) хладагент қолданылады. R-134a үшінші буынды хладагент болып табылады, озондық қабатқа әсер етпейді ($\text{ODP}=0$), бірақ, CO_2 –мен салыстырғанда ғаламдық жылыту $\text{GWP} = 1340$ қасиетімен бу эффектісіне әсер етеді.

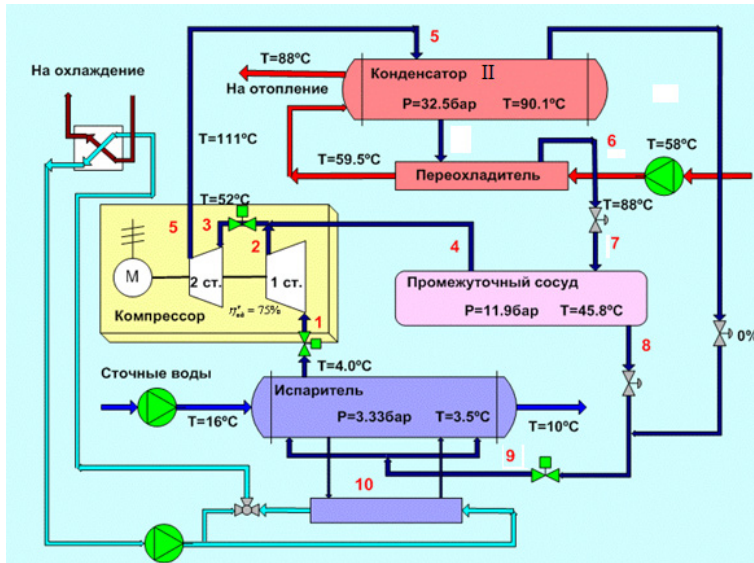
Зерттеліп отырған хладагенттің құбылыстың барлық жұмыс нүктелеріндегі термодинамикалық көрсеткіштерінің (қысым P , температура T , молярлық көлем V , жылу сыйымдылығы c_p , энтальпия H және энтропия S) жұмысы Пенга-Робинсонның нақты газдарға арналған теңдеуімен анықталады, ол теңдеу, ең жоғарғы нүктеге жақын аймақтағы жақынырақ нүктенің бірі болып табылады [3]:

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a\alpha}{V(V + b) + b(V - b)}, \quad (1)$$

мұндағы: P – (МПа) қысым, T – температура (К), V – молярлық көлем, (м³/кмоль) [кДж/(моль К)], a , b , α - хладагенттің ең жоғарғы нүктедегі термодинамикалық қасиеттері негізінде анықталатын коэффициенттер [3]. Қысу коэффициенті Z нақты газ күйіндегі теңдеуге кіреді:

$$Z = \frac{PV}{RT}. \quad (2)$$

Жұмыс құбылысының бір нүктесінен екінші нүктесіне тізбектей өту кезіндегі қысым P мен температура T үшін энтальпия $H_{p,T}$ [Дж/моль] мен энтропия $S_{p,T}$ [Дж/(моль*К)] мәндерінің өзгеруі термодинамикалық есептеулер негізінде анықталады, оның алгоритмі [3] – те көрсетілген. Көрсетілген алгоритмге сәйкес термодинамикалық көрсеткіштерді анықтау қателігі [4] – те көрсетілген кесте берілгендерімен салыстырғанда 2 % құрады.



Сурет 1 – Жоғары температуралы жылу сорғысының жылулық схемасы.
1–10 – ЖС-та жылу түрлендірудің термодинамикалық құбылысының жұмыс нүктелері
М – ортадан тепкіш сығымдағыштың муфтасы.

Аралық өткізгіші бар және екісатылы үккішті екісатылы жылу сорғысын есептеу кезінде төменгі G_L және жоғарғы G_H қысымдар жиегіндегі хладагент шығындары аралық түтікше үшін адиабатты шарттар кезіндегі энергетикалық тепе-теңдіктен анықталады:

$$G_H(h_4 - h_8) = G_L(h_4 - h_9), \quad (3)$$

Мұндағы: h_4, h_8, h_9 – 4, 8 және 9 (1-суретті қараңыз) құбылыстарының жұмыс нүктесіндегі меншікті энтальпия [кДж/кг].

Осыдан, G_H жоғарғы қысым жиегіндегі хладагент шығынының G_L төменгі қысым жиегіндегі шығысына қатынасы шығады:

$$\frac{G_H}{G_L} = \frac{(h_4 - h_9)}{(h_4 - h_8)} = \frac{1 + \delta}{1} = \frac{422,7 - 262,5}{422,5 - 340,7} = 1,954 \text{ кДж/кг}, \quad (4)$$

Мұндағы, δ – сығымдағыштың бірінші сатысынан алынған буға қатысты аралық түтікшеден алынған бу үлесі, сонда $(1+\delta)$ – сығымдағыштың екінші сатысындағы бу шығыны. $\delta = 0,954$ мәнін аламыз.

Жоғары қысымды сығымдағыштың 2-інші сатысына келетін 3-нүктедегі будың энтальпиясы будың қысылу теңдеуімен анықталады, ол бу аралық түтікшеден (4-нүкте) және төменгі қысымды сығымдағыштың бірінші сатысынан шығады (2-нүкте) [5]:

$$h_3 = \frac{h_2 + \delta h_4}{1 + \delta} = \frac{439,8 + 0,954 \cdot 422,7}{1,954} = 431,4 \text{ кДж/кг}. \quad (5)$$

Сығымдағыш сатыларында сығу құбылысын есептеуде меншікті энтальпияны h_2 және h_3 анықтау кезінде изоэнтропты ПӘК 0,75 мәніне тең [5].

Конденсатор мен суытқыштағы жылулық сорғысы $Q_{\text{конд}} = 17000$ кВт жылу қуатын береді және суды $t_{\text{тв1}} = 58^\circ\text{C} - t_{\text{тв2}} = 88^\circ\text{C}$ – ге дейін қыздырады. Жоғарғы жиектегі хладагенттің шығыны:

$$G_H = \frac{Q_{\text{конд}}}{(h_5 - h_7)} = \frac{17000}{(462,5 - 340,7)} = 139,6 \frac{\text{кВт}}{\text{с}} = 502,5 \frac{\text{м}}{\text{ч}}. \quad (5)$$

Төменгі жиектегі суық агент шығыны:

$$G_L = \frac{G_H}{1 + \delta} = \frac{139,6}{1,954} = 71,44 \frac{\text{кВт}}{\text{с}} = 257,2 \frac{\text{м}}{\text{ч}} \quad (6)$$

1 және 2 сатыға және сығымдағышқа әкелетін механикалық энергияны қолдану төмендегіге тең:

$$N_{\text{к1}} = G_L(h_2 - h_1) = 71,44(439,8 - 403,5) = 2593 \text{ кВт}; \quad (7)$$

$$N_{\text{к2}} = G_H(h_5 - h_3) = 139,6(462,5 - 431,4) = 4341 \text{ кВт}; \quad (8)$$

Сығымдағыш білігіндегі электрқозғалтқышының электромеханикалық ПӘК-і $\eta_{\text{эм}} = 0,98$ тең. Сығымдағыш әкелуіне кететін электр энергия төмендегіге тең:

$$N_s = \frac{N_{\Sigma}}{\eta_{\text{эм}}} = \frac{6934}{0,98} = 7075 \text{ кВт}. \quad (9)$$

Жылудың түрлендіру коэффициенті:

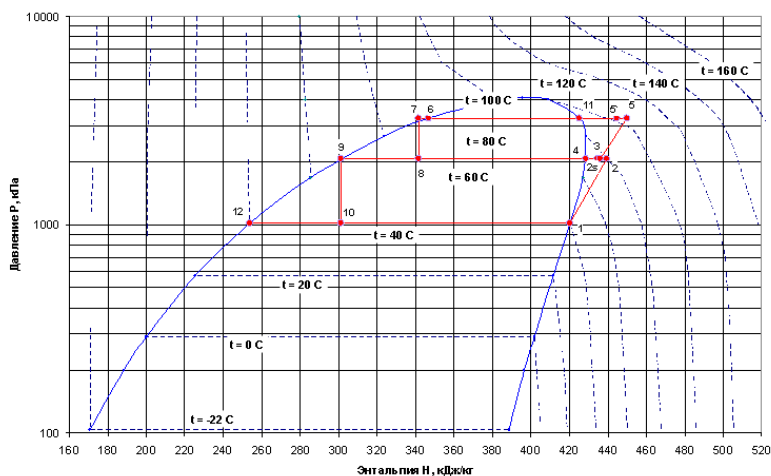
$$\mu = \frac{Q_{\text{конд}}}{N_s} = \frac{17000}{7075} = 2,4. \quad (10)$$

Жаз уақытында буландырғышқа ағын судың орнына салқындататын су берілсе, жылулық сорғы жылудан басқа желдеткіш жүйесіне суықты да өндіре алады, ол кезде суықөндіргіштік төмендегіге тең болады:

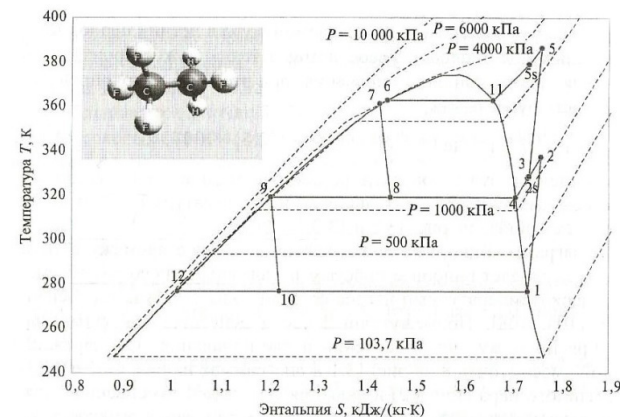
$$Q_{исп} = G_T (h_1 - h_{10}) = 71,44(403,5 - 262,5) = 10073 \text{ кВт.} \quad (11)$$

Есептеу нәтижелерінің негізінде жылулық құбылыстардың (қысым P – энтальпия H) және (температура T – энтропия S) диаграммасы сызылып, 2 және 3 суретте көрсетілген.

Жылу құбылыстарының диаграммасынан аралық түтікшелі екі сатылы схема жылумен қамтамсыздандыру жүйесінің жүйелік суын 50°C –дан 88°C-қа дейінгі жоғары температураға қыздыруды қарапайым және сапалы жолмен жүзеге асырады [2, 6]. Аралық түтікше бусұйық қоспа мен ысып кеткен бу (2-нүкте) (1-суреттегі 8-нүкте және 2 және 3 суреттегі диаграммалар) түскеннен кейінгі аралық қысым кезінде фаза сепараторы ретінде жұмыс жасайды және екісатылы жүйені құрудың ең оңай тәсілі болып табылады (3-нүктеден сығымдағыштың екінші сатысына сұйықтықтың ағып кетпеу қауіпінсіз). Тиімділікті қосымша жоғарылату суық агенттің суытқышта (6-7 құбылыс) суытылуын қамтамсыз етеді, бұл кезде суық агент шығынының көбеюінсіз конденсатордағы тұтынушыға берілетін жылулық жүктеме (5-6 құбылыс) жоғарылайды [7].



Сурет 2 – P-H – R-134a хладагентімен ағын суда жұмыс жасайтын екі сатылы жылулық сорғының жұмысының жылулық құбылыс диаграммасы.



Сурет 3 – R-134a хладагенті ағын сумен жұмыс жасайтын екісатылы жылулық сорғы жұмысының жылу құбылыстарының T-S диаграммасы

$\mu = 2,4$ жылуды трансформациялау коэффициентінің мәні аса жоғары болмады, алайда, булағыш пен конденсаторда суық агент температурасы әртүрлілігінің үлкен диапазоны бар жылулық сорғыны есептеу тәсілі арнайы алынғанын ескеру керек, жылу сорғының басқа да көптеген түрлеріне болмайтын жағдай.

$$\Delta t = t_{конд} - t_{исп} = 90,1 - 3,5 = 86,6 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (12)$$

Кезең және тәулік уақытта тұтынушы жылуының жылулық жүктемесін реттеу қиындығы жылулық сорғы жұмысын реттеу жүйесіне жоғары талап қояды. Замануи жылу сорғылары сығымдағыш сатыларының алдында реттеу аппараттарының орналасуын өзгертудің арқасында жылулық жүктемені 10-100 % аралығында өзгертуге мүмкіндік береді.

R-134a озондық қабатқа әсер етпейтін (ODP = 0) үшінші буынды суық агент, бірақ, булық әсерге CO₂ мен салыстырғанда GWP = 1340 ғаламдық жылыну потенциалымен әсер етеді.

Қазіргі уақытта, GWP < 150 мәнге тең төртінші буынды хладагенттерді шығару жұмыстары жүргізілуде. R-1234yf (CF₃-CF=CH₂) [8] суық агент алынған, ол GWP = 4 және ODP = 0 (3,3,3,2-тетрафторпропилен) мәнді фтористі пропилендердің изомері болып табылады, оларды негізінен автомобиль желдеткіштерінде қолданады.

Жаңа директивасы ойлап табылған [9], оған сәйкес, 2011 жылдан бастап шығарылған автомобильдердің барлық түрлеріне ғаламдық жылуға минималды әсері бар суық агентті қолдану керек. 2017 жылдан бастап барлық автомобильдердің осындай желдеткіштері мен хладагенттері болу керек.

Төртінші буынды автомобиль желдеткіштеріне арналған хладагенттердің соңынан желдеткіштің стационар жүйесі, жылу сорғысы мен тоңазытқыш машиналарға арналған суық агенттерге көшеді деп жорамалдауға болады.

R-1234yf хладагенті жылу түрлендіру құбылысына негізделген жүйенің барлық қажеттіліктерін қамтамасыз етпейді. Салыстырсақ, оны ең жоғарғы температурасы 96 °C, R-134a хладагентінен 5 градус төмен, яғни жылу сорғысының жоғарғы температурада жұмыс жасау шарттарына R-1234yf хладагентін қолдану тиімді емес.

Басқа жаңа суық агенттер іздеу керек және оларда GWP < 150 болатындығын дәлелдеу керек, сонымен қатар, улы және тез жанғыш еместігін дәлелдеу керек.

Төртінші буынды жаңа хладагенттер ойлап табу керек, олардың термодинамикалық қасиеттерін болжап, дәлелдеу керек, оларды өндіру технологиясын жасау, Үшінші буынды хладагенттерді алмастырғыш ретінде энергетикалық және экологиялық тиімділігін бағалау керек.

Сонымен, есептеулер екісатылы ортадан тепкіш сығымдағыштары бар үлкен қуатты жоғары температуралы жылу сорғыларының ыстық суды 85–90 °C дейін қыздыруды қамтамасыз ететіндігін көрсетеді және ағын су мен теңіз, өзен суларында жылу түрлендіргіш коэффициенті $\mu = 2,3 \div 2,6$ тең, буландырғыштағы хладагент температурасына байланысты кері қайтқан жүйелік суда $\mu = 4,0 \div 5,0$ тең болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Есептеулер екісатылы ортадан тепкіш сығымдағыштары бар үлкен қуатты жоғары температуралы жылу сорғыларының ыстық суды 85-900C дейін қыздыруды қамтамасыз ететіндігін көрсетеді және ағын су мен теңіз, өзен суларында жылу түрлендіргіш коэффициенті $\mu = 2,3 \div 2,6$ тең, буландырғыштағы хладагент температурасына байланысты кері қайтқан жүйелік суда $\mu = 4,0 \div 5,0$ тең болады.

Жоғары температуралы жылу сорғысының энергетикалық көрсеткіштерін зерттеуден алынған нәтижелері әртүрлі климаттық аймақтардағы орталықтандырылған жылумен қамтамсыздандыру жүйесіне жылу сорғы құрылғыларын қолданудың тиімді жылу схемасын анықтауға мүмкіндік береді.

Жоғары температуралы жылу сорғыларына ғаламдық жылыну мен озондақ қабатқа әсер етпейтін хладагентті ойлап шығару керек.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Fisher, S. K., Fairchild, P. P., Hughes, P. S. Global warming implications of replacing CFC // ASHRAE J. – April 1992.

2 Султангузин, И. А., Потапова, А. А. Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 10. – С. 23–27.

3 Уэйлес, С. Фазовые равновесия в химической технологии: В 2-х ч. Ч.: пер с англ. – М.: Мир, 1989. – 304 с.

4 Thermodynamic Properties of HFC-134a (1,1,1,2-tetrafluoroethane) // DuPont Suva refrigerants. Technical Information T-134a-SI. – 2004. – 30 p.

5 Peng D.-Y., Robinson D.D. A New Two-Constant Equation of State // Ind. Eng. Chem. Fundam. – 1976. V.15. – P. 59–64.

6 Султангузин, И. А., Потапова, А. А. Применение тепловых насосов в системе теплоснабжения промышленного предприятия и города // Металлург – 2010. – № 9. – С. 75–78

7 Султангузин, И. А., Албул, А. В., Потапова, А. А., Говорин, А. В. Тепловые насосы для Российских городов // Энергосбережение. – 2011. – № 1. – С. 66–70.

8 Calm, J.M. The next generation of refrigerants – Historical review, consideration, and outlook // International Journal of Refrigeration. – 2008. – Vol. 31. – P. 1123–1133.

9 Directive 2006/40/EC of The European Parliament and of the Council of 17 May 2006 relating to emissions from air-conditioning systems in motor vehicles and amending Council Directive 70/156/EC, 2006. Official Journal of the European Union. <http://tinyurl.com/lxw8nm>.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

И. А. Султангузин¹, С. К. Абильдинова², Р. А. Мусабеков³, А. С. Расмухаметова⁴

Анализ эффективности использования хладагентов нового поколения в работе высокотемпературных тепловых насосов

¹Московский энергетический институт,
г. Москва, 100000, Россия;

^{2,3,4}Алматинский университет энергетики и связи,
г. Алматы, 050000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

I. A. Sultanguzin¹, S. K. Abildinova², R. A. Musabekov³, A. S. Rasmukhmetova⁴

Analysis of the efficiency of a new generation refrigerants in the operation of high temperature heat pumps

¹Moscow Power Engineering Institute,
Moscow, 100000, Russian Federation;

^{2,3,4}Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

В данной статье рассмотрена работа высокотемпературного теплового насоса на хладагенте R-134a для нагрева сетевой воды систем теплоснабжения. Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности с двухступенчатыми центробежными компрессорами могут обеспечить нагрев горячей воды до 85–90 °С. Коэффициент трансформации составляет $\mu = 2.3–2.6$ на сточных водах в зависимости от температуры хладагента в испарителе. Результаты исследования позволяют определить наиболее эффективные тепловые схемы с высокотемпературными тепловыми насосами для систем централизованного теплоснабжения в различных климатических регионах. Показано, что эффективность работы теплового насоса как источника тепла зависит от вида используемого хладагента в качестве рабочего вещества. Применение нового хладагента четвертого поколения R-1234yf дает высокую эффективность в системах кондиционирования, обеспечивают минимальное негативное воздействие на окружающую среду, так как имеет нулевой озоноразрушающий потенциал и минимальный потенциал глобального потепления. Однако в условиях работы высокотемпературного теплового насоса выбор R-1234yf не является оптимальным из-за низкого значения коэффициента трансформации тепла. Поэтому, необходимо разработать новые хладагенты для высокотемпературных тепловых насосов, не влияющие на глобальное потепление и озоновый слой.

The article deals with high temperature heat pumps operation using refrigerant R-134a for heating DH system water. High temperature heat pumps of large capacity with two stage centrifugal compressors can provide hot water heating up to 85–90 °C. Coefficient of heat transformation have $\mu = 2.3–2.6$ running by wastewaters depending on the temperature of refrigerant in the evaporator. The results of the study allow determining the most effective thermal circuits with high temperature heat pumps for

district heating systems in various climatic regions. It was found that the efficiency of heat pump as a heat source depends on the type of refrigerant used as working fluid. The application of new refrigerant R-1234yf of a fourth generation gives high efficiency to air conditioning system. However, the preference of R-1234yf is not optimal for high temperature heat pumps due to low values of the coefficient of heat transformation. Therefore, it is necessary to develop new types of refrigerants for high temperature heat pumps that do not affect global warming and the ozone layer.

Ж. А. Тулебаева¹, Д. А. Азаматова²

¹м.т.т., Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр теплоэнергетики, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹tulebaeva.zhanar@mail.ru; ²student_azamatova@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ

В статье рассматриваются вопросы энергосбережения в водоснабжении и оптимизации работы машин и механизмов.

Для решения вопроса энергосбережения в водоснабжении наиболее часто в последнее время началось использования частотно-регулируемых приводов (ЧРП). Жизнь потребителей коммунальных услуг обуславливает циклические изменения объема потребления и стоков. Требование регулирования работы насосных агрегатов – следствие требований ресурсосбережения и логическое следствие – регулирование подводимой к насосу агрегату энергии в соответствии с режимом сети. Частотно-регулируемый привод, как правило состоит из инвертера – преобразователя постоянного тока в переменный, и трехфазного электродвигателя переменного тока. Инвертер обеспечивает плавный пуск электродвигателя без пусковых токов и ударов, его остановку, изменение скорости и направления вращения. Данная система может быть внедрена почти в любой технологический процесс. ЧРП экономит электроэнергию собственных нужд от 20 %–60 % за счет оптимального управления электродвигателем в зависимости от нагрузки, повышает надежность оборудования и удлиняет срок его эксплуатации, кроме того значительно снижает аварийность за счет уменьшения периодов использования.

Ключевые слова: насосы, энергосбережение.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы эффективной работы насосно-силового оборудования в последние годы становятся все более актуальными в связи с ростом тарифов на электрическую энергию, расходы на которую в общей структуре затрат могут быть очень значительными. В отраслях промышленности с интенсивным использованием насосного оборудования, доля электроэнергии потребляемой насосами составляет более 50 % от общего энергопотребления. Поэтому вопрос снижения затрат на электроэнергию заключается, прежде всего, в эффективном использовании насосного оборудования [1].

В среднем к.п.д. насосных станций составляет 10–40 %.

Главные причины неэффективного использования насосного оборудования следующие:

1) переразмеривание насосов, т.е. установка насосов с параметрами подачи и напора большими, чем требуется для обеспечения работы насосной системы;

2) регулирование режима работы насоса при помощи задвижек.

Классический метод управления подачей насосных установок предполагает дросселирование напорных линий и регулирование количества работающих агрегатов по какому-либо техническому параметру (например, давлению в трубопроводе). Насосные агрегаты в этом случае выбираются исходя из неких расчётных характеристик (как правило, с запасом по производительности) и постоянно функционируют с постоянной частотой вращения, без учета изменяющихся расходов, вызванных переменным водопотреблением. При минимальном расходе насосы продолжают работу с постоянной частотой вращения, создавая избыточное давление в сети (причина аварий), при этом бесполезно расходуется значительное количество электроэнергии. Так, к примеру, происходит в ночное время суток, когда потребление воды резко падает [2]. Основной эффект достигается не за счет экономии электроэнергии, а благодаря существенному уменьшению расходов на ремонт водопроводных сетей.

Появление регулируемого электропривода позволило поддерживать постоянное давление непосредственно у потребителя. Широкое применение в мировой практике получил частотно регулируемый электропривод с асинхронным электродвигателем общепромышленного назначения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В результате адаптации общепромышленных асинхронных двигателей к их условиям эксплуатации в управляемых электроприводах создаются специальные регулируемые асинхронные двигатели с более высокими энергетическими и массогабаритностоимостными показателями по сравнению

с неадаптированными. Частотное регулирование скорости вращения вала асинхронного двигателя осуществляется с помощью электронного устройства, которое принято называть частотным преобразователем. Вышеуказанный эффект достигается путём изменения частоты и амплитуды трёхфазного напряжения, поступающего на электродвигатель. Таким образом, меняя параметры питающего напряжения (частотное управление), можно делать скорость вращения двигателя как ниже, так и выше номинальной. Во второй зоне (частота выше номинальной) максимальный момент на валу обратно пропорционален скорости вращения.

Метод преобразования частоты основывается на следующем принципе. Как правило, частота промышленной сети составляет 50 Гц. Для примера возьмём насос с двухполюсным электродвигателем. С учетом скольжения скорость вращения двигателя составляет около 2800 (зависит от мощности) оборотов в минуту и даёт на выходе насосного агрегата номинальный напор и производительность (так как это его номинальные параметры, согласно паспорту). Если с помощью частотного преобразователя понизить частоту и амплитуду подаваемого на него переменного напряжения, то соответственно понизится скорость вращения двигателя, и, следовательно, изменится производительность насосного агрегата. Информация о давлении в сети поступает в блок частотного преобразователя от специального датчика давления, установленного у потребителя, на основании этих данных преобразователь соответствующим образом меняет частоту, подаваемую на двигатель [3].

Современный преобразователь частоты имеет компактное исполнение, пыле- и влагозащищённый корпус, удобный интерфейс, что позволяет применять его в самых сложных условиях и проблемных средах. Диапазон мощности весьма широк и составляет от 0,18 до 630 кВт и более при стандартном питании 220/380 В и 50–60 Гц.

Практика показывает, что применение частотных преобразователей на насосных станциях позволяет:

- экономить электроэнергию (при существенных изменениях расхода), регулируя мощность электропривода в зависимости от реального водопотребления (эффект экономии 20–50 %);
- снизить расход воды, за счёт сокращения утечек при превышении давления в магистрали, когда расход водопотребления в действительности мал (в среднем на 5 %);
- уменьшить расходы (основной экономический эффект) на аварийные ремонты оборудования (всей инфраструктуры подачи воды за счет резкого уменьшения числа аварийных ситуаций, вызванных в частности гидравлическим ударом, который нередко случается в случае использования нерегулируемого электропривода);

- достичь определённой экономии тепла в системах горячего водоснабжения за счёт снижения потерь воды, несущей тепло;
- увеличить напор выше обычного в случае необходимости;
- комплексно автоматизировать систему водоснабжения, тем самым снижая фонд заработной платы обслуживающего и дежурного персонала, и исключить влияние «человеческого фактора» на работу системы, что тоже немаловажно.

По имеющимся данным срок окупаемости проекта по внедрению преобразователей частоты составляет от 3 месяцев до 2 лет.

Регулирование производительности насосных агрегатов имеет ряд недостатков:

- 1) сложности в применении, обслуживании, эксплуатации (большое количество насосов и коммутационной аппаратуры, дополнительные дроссели/клапаны которыми нужно управлять);
- 2) низкое качество и диапазон регулирования (давление в линии меняется не оперативно и ступенчато);
- 3) неэкономичность (содержание обслуживающего персонала, неэкономичная работа насосов «на задвижку»);
- 4) «Прямой» пуск асинхронных двигателей насосных агрегатов с многократной перегрузкой питающей сети и самих двигателей в момент пуска и возможность возникновения гидроударов в трубопроводах.

Применение частотно-регулируемого привода для управления электродвигателями насосов позволяет избежать многих вышеперечисленных недостатков [4]. В данном случае, регулирование производительности насосных агрегатов осуществляется путем изменения скорости вращения крыльчатки насоса и позволяет значительно упростить гидравлическую и механическую схемы, а так же повысить их надежность, снизить эксплуатационные расходы. Пуск двигателя при подключении через частотный преобразователь происходит плавно, без пусковых токов и ударов, что снижает нагрузку на двигатель и гидравлическую систему, увеличивает срок их службы.

Всегда актуален для любого предприятия и вопрос энергосбережения.

Применение регулируемого электропривода позволяет получить экономию энергии до 40-50 %. Сбережение энергии происходит путем устранения непроизводительных затрат в заслонах, дросселях и других регулирующих устройствах.

При замене нерегулируемого привода, работающего в режиме периодических пусков/остановов на регулируемый, исключаются потери на высокие пусковые токи за счет плавного пуска электродвигателя. Обороты электродвигателя могут плавно изменяться для обеспечения

поддержания производительности насосного агрегата, требуемой в данный момент. Регулирование производительности насосов в соответствии с графиком потребления воды в системах водоснабжения позволяет получить значительную экономию, как электроэнергии, так и воды, уменьшить количество аварий из-за разрывов трубопровода.

ВЫВОДЫ

В статье было отмечено, что при дросселировании энергия потока вещества, сдерживаемого задвижкой или клапаном, просто теряется, не совершая никакой полезной работы. Применение преобразователя частоты в составе насосных агрегатов позволяет просто задать необходимое давление или расход, завести сигнал обратной связи по параметру непосредственно в преобразователь частоты, что обеспечит не только экономию электроэнергии, но и снижение потерь транспортируемого вещества.

В результате применения описанного устройства достигаются следующие цели:

- экономия электроэнергии, особенно при сильном снижении реального водопотребления;
- экономия расхода воды, ведь значительно снижается объем утечек, когда давление в магистрали растёт;
- уменьшается расход на аварийный ремонт оборудования, поскольку эффективная отрегулированность системы предотвращает возникновение аварийных ситуаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Степанов, В. С.** Потенциал и резервы энергосбережения в промышленности. – Новосибирск : СОАН, 2001. – 245с.
- 2 **Черкасский, В. М.** Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании / А. М. Гримитин – СПб. : АВОК Северо-Запад, 2006. – 210с.
3 <http://www.intechco.ru>
- 4 **Гринштейн, Б. И.** Опыт разработки и внедрения преобразователей частоты для пуска и регулирования частоты вращения мощных синхронных машин // Электрические станции. – 2005. – № 8. – С. 45–53.
- 5 **Колесников, А. И.** Энергоресурсосбережение // М. : 2006. – 193 с. – [Электронный ресурс]. – URL : www.twirpx.com/file/357319.
- 6 **Дахин, С. В.** Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии: учебное пособие. – Воронеж : ГОУ ВПО «Воронежский государственный университет», 2010. – 182 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Ж. А. Төлебаева¹, Д. А. Азаматова²

Сораптық қондырғыларды басқару үшін жиілікті реттелетін жетекті пайдалану

^{1,2}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

Zh. A. Tulebaeva¹, D. A. Azamatova²

Application of frequency-regulated drive for management of pump units

^{1,2}Power Engineering Faculty,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада сумен жабдықтауды үнемдеу және машиналар мен механизмдерді оңтайландыру қарастырылған.

Сумен жабдықтауда энергия үнемдеу мәселесін шешу үшін соңғы кезде көбінесе жиіліктегі реттелетін жетектер (ЖРЖ) пайдаланылады. Коммуналдық қызметтер тұтынушыларының өмірі тұтыну көлемі және ағындардың циклдық өзгеруімен шартталады. Сораптық қондырғылардың жұмысын реттеу талаптары – ресурстық үнемдеу, талаптарының салдары болып табылады және логикалық салдар желі режиміне сәйкес сораптық қондырғысына жеткізілетін энергияны реттеу болып табылады. Жиіліктегі реттелетін жетектер инвертерлерден тұрады – үш фазалы айнымалы ток электр қозғалтқышына және тұрақты токтың ауыспалы токқа түрленуі. Инвертер электр қозғалтқышының үздіксіз іске қосылуын және токтарының әсерінсіз, тоқтауды, айналу жылдамдығын және бағытын өзгертуді қамтамасыз етеді.

Бұл жүйе кез-келген технологиялық процесте іске асырылуы мүмкін. ЖРЖ өз қажеттіліктерінің электр қуатын 20 % -дан 60 % -ға дейін үнемдейді, жүктемеге байланысты электр қозғалтқышын оңтайлы бақылауға, жабдықтың сенімділігін арттыруға және қызмет мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді, сонымен қатар, пайдалану мерзімін қысқарту арқылы апаттың санын айтарлықтай азайтады.

The article deals with energy saving in water supply and optimization of machinery and mechanisms.

To solve the issue of energy saving in water supply, most often recently, the use of frequency-controlled drives (VFDs) has begun. The life of consumers of communal services causes cyclical changes in the volume of consumption and sinks. The requirement to regulate the operation of pumping units is a consequence of resource-saving requirements and the logical consequence is the regulation of the energy supplied to the pumping unit in accordance with the network mode. The frequency-controlled drive, as a rule consists of an inverter – a DC-to-AC converter, and a three-phase AC motor. The inverter provides smooth start of the electric motor without starting currents and impacts, its stopping, change of speed and direction of rotation. This system can be implemented in almost any technological process. The CRS saves electric power of its own needs from 20 % to 60 % due to the optimal control of the electric motor depending on the load, improves the reliability of the equipment and lengthens its service life, and, in addition, significantly reduces the accident rate by reducing the periods of use.

ГРНТИ 44.39.29

Д. С. Уразалимова¹, Г. Н. Бежежан², Г. О. Оразова³

¹преподаватель, Энергетика факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 14008, Қазақстан Республикасы;

²Энергетика факультеті, РЭиТ-301 группа, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 14008, Қазақстан Республикасы;

³ст. преподаватель, Энергетика факультеті, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 14008, Қазақстан Республикасы;

e-mail: ¹dariya_u@mail.ru; ³orazova_gauhar@mail.ru

ТІК-ӨСТІК ЖӘНЕ ГОРИЗОНАЦИЯЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Бұл мақала тік-өстік және көлденең-пропеллер қондырғылардың ерекшеліктерін сипаттайды. Кинетикалық энергиясын желдің механикалық энергиясына түрлендіру үшін аэромеханикалық құрылғылар деп аталатын желқозғалтқыштары немесе желтурбиналары қолданылады. Олар қуат қозғалыстағы ағынының есебінен аэродинамикалық профиль қалақтарының немесе олардың әртүрлі маңдайлық кедергімен іріктеуді жүзеге асырады. Энергетикада түбегейлі әр түрлі конструктивті орындауы бар тік-осьтік және көлденең пропеллерлі желэнергетикалық қондырғы қолданылады.

Техникалық шешімдерді салыстырмалы бағалау үшін энергетикалық конструкциясы мен оның жұмыс режимін сипаттайтын, жел энергиясын пайдалану коэффициенті мен жүрдектігі тиімділігі, жел энергетикасындағы критерийлері әзірленген.

Жел энергетикалық қондырғылардың қолданыстағы құрылымдық ерекшеліктері, артықшылықтары мен кемшіліктері келтірілген, олардың пайдалы жел энергиясын пайдалану энергетикалық сипаттамалары, салыстырмалы деңгейі, аэродинамикалық шулар және тиімділігі келтірілген.

Кілтті сөздер: жел, электр станциялары, энергия, қуат, кинетикалық энергия.

КІРІСПЕ

Қазіргі заманғы жел электр станцияларында энергияны айырбастау екі кезеңде жүзеге асырылады: қозғалатын ауа массасының (жел) кинетикалық

энергиясы алдымен механикалық энергияға айналады, содан кейін механикалық энергия электр энергиясына айналады. Желдің кинетикалық энергиясын механикалық энергияға айналдыру үшін әдетте жел турбиналары деп аталатын аэромеханикалық құрылғылар қолданылады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Шетелдік басылымдарда осындай құрылғылар жел турбиналары деп жиі аталады.

Жел диірмені қозғалатын ауа массасынан оның кинетикалық энергиясының бір бөлігін ғана таңдайды. Бұл бөліктің мәні операциялық принципіне, белсенді бөліктің өлшеміне және орнатудың жұмыс режиміне байланысты болады. Қазіргі заманғы жел турбиналарының жұмысына негізделген қозғалатын ауа ағынының қуатын таңдаудың екі негізгі жолы бар. Бірінші әдісінде қанаттың лифтінің құбылысы пайдаланылады, ол тиісті аэродинамикалық бейінді және қозғалыстағы ауа ағынында орналасқан. Қарапайымдылық үшін, оларды «көтергіш желілері» деп атайық.

Екінші әдіс асимметриялық пішіннің қатаң денесінің дифференциалды (теңсіз) қозғалысына негізделеді, оның ауа ағынының бағытына қатысты әр түрлі бағыттары бар. Оларды «дифференциалды қозғалыстағы жел турбиналары» деп атайық.

Жоғарыда аталған әдістерді басқа пайызбен біріктіретін көптеген конструкциялар бар. Техникалық шешімдерді салыстырмалы бағалау үшін, жел энергетикасында: қуаттың тиімділігі мен жоғары жылдамдықты тиімділігімен құрылымның және жұмыс режимінің энергия тиімділігін сипаттау критерийлері әзірленді. Жел энергетикасын пайдалану коэффициенті жел турбинасымен әзірленген механикалық қуаттың осы жел турбинасының жұмыс беттерімен (қанаттары немесе жүздері) ауытқу арқылы өтетін ауа ағынының механикалық қуатына қатынасы деп түсініледі. Халықаралық жел энергиясымен SR жел энергиясын пайдалану коэффициентін белгілеу әдеттегідей және ол « $C_i P_i$ факторы» деп аталады. Теориялық тұрғыдан алғанда, шығындарды есепке алмайтын мінсіз жел турбинасы үшін SR-дің мәні 0,593-тен аспауы керек. Бұл нөмір Betz шегі деп аталды және анықтамасы – бұл өлшемсіз сан. Жел диірменінің жылдамдығы қанаттың сызықты жылдамдығының (ротордың радиусы мен айналу жылдамдығымен анықталатын) желдің жылдамдығына қатынасы болып табылады, ол әдетте жел диірменінің айналу осінен ең алыс болып табылатын U символымен белгіленеді. Тығыздығы - өлшемсіз өлшем. Егер $U < 2$ болса, жел генераторы баяу, ал $U > 4$ болса, жоғары жылдамдықты деп есептеледі. Тігінен-осьтік және горизонталдық-пропеллерлік жел турбиналары негізінен әртүрлі құрылғылары болып табылады, олардың көптеген техникалық

шешімдері қайталанбайды. Осылайша, желдің бағыты бойынша тік-осьтік жел диірмендерінің сезімталдықтан басқа, айқын оң сапа ретінде, кем емес маңызды бірқатар негізгі қасиеттер мен сындарлы шешімдер бар. Тік-осьтік және көлденең-пропеллерлік жел турбиналарының айрықша ерекшеліктерінің кейбір салыстырмалы бағалауы төменде келтірілген. Бұл жағдайда дәстүрлі дизайндағы көлденең пропеллерлік жел турбинасы және D-ротордың H роторымен тігінен осьтік жел турбинасы қарастырылады. Желге бағыт беру. Горизонталдық-пропеллерлік жел турбиналарының ең жоғары тиімділігі желдің дөңгелегі осінің бағыты әрдайым жел бағытымен сәйкес болған жағдайда ғана қол жеткізіледі. Желге бағдарлау қажеттілігі желтік турбиналардың құрылымында желдің жағдайын үздіксіз мониторингілеу, желдің ең жоғары әлеуеті бар бағытты іздестіру, осы бағыттағы жел айналымының айналуы және оның осы қалыпта ұсталуы үшін механизмдер мен жүйелердің болуын талап етеді. Жел турбиналық қондырғыларда жел қондырғысының болуы жел турбинасын қиындатып, оның сенімділігін төмендетеді. Шетелдік жел турбиналарын пайдалану тәжірибесіне сәйкес, 13 %-ға дейін сәтсіздік бағдарлау жүйелері арқылы есепке алынады. Бұдан басқа, жел бағыты бойынша үнемі өзгерістер болған кезде, бағдар механизмдерінің әрекетінің кешігуі салдарынан жел айналымын тиімді бағындыру іс жүзінде мүмкін емес. Жел турбиналық диаметрі 30 м-ден асатын мегаватт сыныбына орнатылатын қондырғылар үшін желдің бағдарлануының тиімділігі желдің жылдамдығымен және қанаттың диаметрі бойынша желдің жылдамдығындағы айырмашылыққа байланысты төмендейді, бұл бағдарлаудың оңтайлы бағытта жел диаметрін орнатуға мүмкіндік бермейді. Осыған орай, желдің ағыны пайдаланылатын энергияның төмендеуіне байланысты электр энергиясының генерациясы және жел энергоблогының экономикалық тиімділігі төмендейді. Құрылымдық кемшіліктер. сындарлы кемшіліктер бойынша жүйе көлденең пропеллер жел турбиналары жел дөңгелегі гондоле және тербеліс пайда болуын және құрылымын жылжымалы және тіркелген бөлшектер жиілікті сипаттамаларын айырмашылықты тудырады, сайып келгенде, сенімділігі төмендейді және операциялық шығындарды арттырады тірек мұнара арасындағы байланыс қатты бөлуге қажеттілігі болып табылады. гондоле мұнараның арасындағы орны алшақтық қатаң қосылу, сондай-ақ жер бар тұтынушыларға жету үшін бірігіп генератор айналмалы электр энергиясын беру тұрғысынан назар аударуды талап етеді. Тік-осьтік жел турбиналарының тиімділігі негізінен желдің бағдарына тәуелді емес, сондықтан желге бағдарлаудың барлық жүйелеріне және механизмдеріне қажеттілік жоқ. Роторлы тірек қондырғысының тік осьтік жел турбинасының мұнарасына қатаң байланысы автоматты ауытқулардың пайда болуын болдырмайды және құрылымның

динамикасын жеңілдетеді. Жел энергиясын пайдалану коэффициенті. Жел электр энергиясын идеалды көлденең-пропеллерлік және тік-осьтік роторлар пайдалану коэффициенті 0,539 болғаны теориялық дәлелденді. Бұл екі түрдегі роторлар көтергіш қанаттың желкені айналасындағы көтергіш күштің көтерілу әсерін пайдаланады. Қазіргі уақытта қол жетімді көлденең пропеллерлік жел қондырғылары мен тік осьтік жел турбиналары үшін жел энергиясын нақты пайдалану коэффициенттері бірдей және 0,4–0,45 диапазонында жатыр. Жүздерді айналдыру. көлденең жел турбиналары пропеллер жүздерді айналмалы үнемі тежегіш кезде артық желдің жылдамдығы шегі ретінде желдің жылдамдығы жел дөңгелегі өзгерту кезінде тұрақты жұмыс жылдамдықпен пропеллер сақтау құралы ретінде пайдаланылады. Вагондардың айналу жүйесін пайдалану жел турбиначын жобалауды әлдеқайда қиындатады. Сондай-ақ, әрбір жүзге арналған гидравликалық жетектермен және жүздердің айналу бұрыштары үшін автоматтандырылған басқару жүйесі бар үздіксіз жылдамдықты бақылау жүйесі мен айналмалы құрылғылар қажет. Біріншіден, революция бір жүзі бірнеше тербелістер жасауға тиіс, желдің бағытына бағдарланған, екіншіден, жүйелер, және лезвия құрылғыларды айналмалы үшін маңызды міндет болып табылады және жел турбиналары, және үшіншіден сенімділігін төмендетеді, жел турбиначын желдің бағытына тәуелді болады. Алайда, қанатты пышақсыз жүздерді қолданған кезде, пышақтардың айналуы сәтті қолданылған.

Пышақтарды бұрудан бас тартудың негізгі дәлелі – жүздерді айналдырусыз тік -осьтік жел турбиналарының тиімділігі көлденең пропеллер жел генераторларының деңгейінде болады.

Пышақтың дизайны мен тиімділігі. Горизонталдық пропеллер жел диірменінің пышақтың барлық бөліктері олардың айналмалы жылдамдықтарында және шабуылдар бұрыштарындағы айырмашылықтардан басқа әртүрлі энергетикалық күйлерде болады. Бұл құбылыстың жел энергетикалық пышақтарын шығарудың тиімділігіне әсерін азайту үшін пышақтың соңғы бөлігінің профильді бұрылысы және тарылуы қолданылады. Бұл шаралар пропеллердің жекелеген бөліктерінің энергиясын елеулі айырмашылықтарды тегістейді және олардың тиімділігін жоғарылатады, бірақ олар пропеллердің желдің дөңгелегінің кемшіліктерін толығымен жояды. Бұл жағдайда жүздің бұрылысы және оның соңына дейін тарылуы пышақтың пішінін және оның сұлбасын күрделендіреді, бұл оның технологиясының күрделілігіне әкеледі. Даугер Н-ротордың тік пышағы құрылымдық түрде жазықтығына қарапайым, тік бұрышты және симметриялық болып табылады. Пышақтың барлық бөлімдері бірдей жоғары жылдамдықпен, демек, бірдей тиімділікпен ерекшеленеді. Алынған энергия VAWT құны бойынша сәл жүзінің ұзындығы бойымен өзгеріп отырады, және

осы өзгеріс тек желдің жылдамдығы биіктігі айырмашылыққа байланысты. Шығындар Н-Darrieus роторлы айналу түрі жүзінің шабуыл емес оңтайлы бұрышпен байланысты және жел ағыны бойындағы жүзі жылжытылады. Осылайша, кезінде сол деңгейде екі түрлерін жел турбиналарына жүзі Darrieus Н-роторлы жел энергиясын өндіру тиімділігі қарапайым құбылыс болып табылды. Тығыздығы көлденең пропеллер жел арасында, яғни, олар жел энергиясын ең жоғары кәдеге жаратуды қамтамасыз етеді, ең кең таралған нақты 75 жылдамдығы (желдің жылдамдығы пышақ сызықтық жылдамдығын қатынасы) және қалақтардың 2 санымен зауыт, немесе 3. Турбина да ең тиімді болып есептеледі. Сонымен қатар, үлкен диаметрлі бұрандасы бар көлденең пропеллер жел турбиналары әсері желдің жылдамдығын түзету, жел дөңгелекті айналу отырып гондолу айналдырғанда жел турбиначын құрылымы мен Кориолис күші бойынша Эпизодтық сипаттағы жүктемені тудыруы және гравитациялық күштерде әсерін арттырады. Бұл әсер және ең үлкен әсері, барлық айналмалы элементтерін динамикалық тұрақтылықта талап ететін нақты жылдамдығы винттің жоғары, айналмалы бөлшектер мен агрегаттардың құрастыру және теңгерімдеу сапасын құрылымдық беріктігі мен оның өндіру дәлдігіне талаптарына өсті. Энергия сипаттамалары. Darier's Н-ротордың барлық энергетикалық сипаттамалары көлденең пропеллер желдің дөңгелегінің осы сипаттамаларының деңгейінде қалады. Сонымен қатар, жылдамдықты 2–3 есе төмендету қолдау мен берілу бөліктеріне қойылатын талаптарды жеңілдетеді және динамикалық ротордың деңгейінің төмендеуіне байланысты олардың жұмыс істеу жағдайларын жақсартады. Аэродинамикалық шу деңгейі. жел генераторын Операциялық операциялық механизмі (мысалы, генератор, көбейткіштерге, анықтамалық тораптары) әуе қозғалысы және механикалық шу қалақтардың қозғалыс кезінде жинақталатын аэродинамикалық шу көздері болып табылады. аэродинамикалық шу деңгейі Н-Darrieus Ротор қалақтарды қозғалысы төмен сызықтық жылдамдығы салдарынан ұқсас өлшемді көлденең винт жел дөңгелегі қарағанда айтарлықтай төмен болып табылады. тік-осьтік жел турбиначын жоғары және жел турбиналары айналу осі төмен, ал көлденең пропеллер жел турбиналары жылы *infrashumov* негізгі таралу векторы, барлық бағыттар бойынша пропеллер жазықтықта бағытталған. Демек, *infrashumov* көлденең пропеллер жел турбинаға таралуы ауданы VAWT қарағанда айтарлықтай көп болып табылады. Құстар үшін қауіп деңгейі. Орнитологтардың қорытындысы бойынша, тігінен реттелген цилиндр түріндегі пышақтардың айналдыру беті бар баяу жүретін Н-роторлы Дарья көлденең жазықтықтағы жақсы маневрлік қабілеті бар құстардың арқасында оңай байқалады және оңай айналады. Жылдам айналатын горизонтальді желдеткіш дөңгелек құстар үшін қауіпті; Ұшу бағыты бойынша кем емес

және перпендикуляр емес пышақтардың айналу жазықтығы құстарға арналған тосқауыл болып табылады. Салыстырудан көріп отырғандай, көлденең пропеллер жел турбиналары төмендегі сипаттамалар бойынша тік-осьтік емес:

– жел диаметрін желге бағыттау қажеттілігі желдің үнемі өзгеретін бағыты мен желдің дөңгелегі осінің нөлдік емес сызбасы мен желдің жылдамдығымен бағдарлануының кешігуіне байланысты жел диірменінің тиімділігін төмендетеді, дизайнды қиындатады және арнайы жүйелер мен механизмдерді енгізу арқылы жел диірменінің сенімділігін төмендетеді; Салыстырудан көріп отырғандай, көлденең пропеллер жел турбиналары төмендегі сипаттамалар бойынша тік-осьтік емес:

– жел диаметрін желге бағыттау қажеттілігі желдің үнемі өзгеретін бағыты мен желдің дөңгелегі осінің нөлдік емес сызбасы мен желдің жылдамдығымен бағдарлануының кешігуіне байланысты жел диірменінің тиімділігін төмендетеді, дизайнды қиындатады және арнайы жүйелер мен механизмдерді енгізу арқылы жел диірменінің сенімділігін төмендетеді; - пропеллером ғана жел турбиналары тиімділігін төмендетеді жедел желдің жылдамдығы тар ауқымды, ең энергетикалық жоюды қамтамасыз тұрақты айналу жылдамдығымен жұмыс жел турбинасы;

– жоғарғы қолдау мұнарасы генератордың және гондоле мультипликаторы орналастыру, сондай-ақ, қосымша діріл есебінен құрылымдардың жұмыс жағдайын қиындатады күйзелістерге және, сондықтан, жүктеме көтергіш мұнаралары, мультипликаторы, генератор деңгейін арттыру, орнату жағдайларын нашарлатады, олардың жалпы және бұқаралық сипаттамаларына қойылатын талаптарды қиындатады мен жабдықтарды пайдалану салдарынан тірек мұнара биіктікте орналасқан жеріне, тұрақты қолдау үшін айналмалы гондоле алынған электр энергиясын беру қиындатады мұнара;

– Жел айналымының айналу жылдамдығын реттейтін пышақтардың айналу механизмін жобалау қиындық тудырады, ал автономды жел турбиналарында қолданылатын инерциялық реттегіштер реттеудің анықсыздығымен сипатталады;

– қысқышты азайту және пышақтардың ұшына бұралу барлық позициялардың аэродинамикалық шығымдылығын теңестіру үшін пайдаланылады, бұл пышақтың энергиясын арттырады, сонымен қатар оның өндірісінің дизайны мен технологиясын қиындатады;

– жел айналымының жылдамдығы оның динамикалық тұрақтылығы, теңестіруі, беріктігі және сенімділігіне қойылатын талаптарды арттырады;

– жел диаметрінің жоғарылауы аэродинамикалық және механикалық шудың жоғары деңгейіне, мұздың үлкен радиусына және оның бұзылуы

болған кездегі шернонды фрагменттерге байланысты қоршаған ортаға әсерін арттырады. Сонымен қатар, айналмалы жел дөңгелегі құстардың жолында еңсерілмейтін кедергі жасайды.

Горизонталдық-пропеллерлік жел турбиналарының артықшылығы – жел диаметрінің неғұрлым ұтымды қуат схемасы және тірек мұнарасының динамикасы: – бұрылыс осьтерінің тікелей айналасында орналасқан пышақтардың хабка бекітілуіне байланысты жел диаметрінің қуат схемасының ұтымдылығы, ол қосымша пышақты бекіту нүктелерін қажет етпейді және оның оңтайлы жүктемесін жасайды;

– тірек мұнарасының оңтайлы материалды тұтынуы, оның табиғи осциляциясының резонанстық жиілігін жел дөңгелегінің жұмыс істейтін жиіліктерінен төмен бөлуіне байланысты.

Ротордың өздігінен іске қосылуы және жел қондырғыларын қарастыратын жел энергиясын пайдалану коэффициенті сияқты сипаттамалар бір деңгейде. Салыстырмалы талдау барысында әлемдік жел электр энергетикасы саласының көлденең пропеллерлік жел турбиналарын жасау, өндіру, салу және пайдалану саласында айтарлықтай тәжірибесі бар екенін ескерді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Талдау барысында осындай айнымалы жылдамдықпен жұмыс істеуге желдің бағдары үшін қажеттілігі, генератордың және мультипликаторының орналасуы, ротор өзін-өзі кез-келген бағытта реттеуі, тұрақтылығы ұзындығы бойынша секциялық жүздер, баяу жылдамдығы, ең аз әсері төменгі сияқты негізгі мүмкіндіктерін көрсеткендей, қоршаған ортаға, өзін-өзі қамтылған тік- осі турбина желі Dargieus H-ротордың жағымды деп шартты көлденең осьті жел турбинаға олардың өнімділігі, тиімділігі, жобалау, сенімділік, экологиялық, техникалық қызмет көрсету және жөндеу оңай қарапайымдылығы болып есептеледі,

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Әлем энергиясы: 2020 жылға дейінгі болжам / транс. Энгриа, Энгриа, 1980. – 225 с.

2 Горизонтальды ось жел генераторлары. URL : <https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/338> - горизонтальды-ветрогенераторлық. html.

3 Тік осьтік жел генераторлары. URL: <https://alternativenergy.ru/veter/vertikalno-osevye-vetrogeneratoriy.html>.

4 **Воронин, С. М., Бабина, Л. В.** Желдің бағыты өзгерген жел электр станцияларының жұмысы // Баламалы энергетика және экология, 2010. – № 1. П. 98–100.

Д. С. Уразалимова¹, Г. Н. Бежежан², Г. О. Оразова³

Оценка эффективности вертикально-осевых и горизонтальных обору́дования

^{1,2,3}Энергетический факультет,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

D. S. Urazalimova¹, G. N. Begezhan², G. O. Orazova³

Evaluation of the Efficiency of vertical-axial and horizontal equipment

^{1,2,3}Power Engineering Faculty,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

В этой статье описываются особенности вертикально-осевых и горизонтальных пропеллерных систем. Для преобразования кинетической энергии в механическую энергию ветра используются так называемые «авиационные механические двигатели» или «ветряные турбины». Они выполняют аэродинамические профильные лезвия или их различное сопротивление уплотнения за счет потока энергии. Энергетика имеет вертикально-осевую и горизонтальную ветроэнергетическую установку с радикально отличающимися конструктивными характеристиками.

Для сравнительной оценки технических решений был разработан коэффициент использования энергии ветра и поведенческая эффективность, критерии ветровой энергии, описывающие структуру энергии и ее режим работы.

Приводятся текущие структурные особенности, преимущества и недостатки ветроэнергетических установок, их энергетические характеристики, относительные уровни, аэродинамический шум и эффективность полезной энергии ветра.

This article describes the features of vertical-axial and horizontal propeller systems. To convert kinetic energy into mechanical wind energy, so-called «aircraft mechanical engines» or «wind turbines» are used. They perform aerodynamic profile blades or their different seal resistance at the expense of the flow of power. The power industry has a vertically-axial

and horizontal wind power installation with radically different design characteristics.

For a comparative evaluation of technical solutions, the wind energy use factor and behavioural efficiency, wind energy criteria describing the energy structure and its operating mode have been developed.

Current structural features, advantages and disadvantages of wind power plants, their energy characteristics, relative levels, aerodynamic noise and efficiency of useful wind energy are given.

Д. С. Уразалимова¹, А. В. Дробинский², Г. О. Оразова³

¹преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹dariya_u@mail.ru; ²avd1942@rambler.ru; ³orazova_gauhar@mail.ru

ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

В статье приведены примеры практического использования энергии лазерного излучения в науке, технике и в быту. Посредством лазерного луча можно передавать одновременно десятки тысяч телевизионных программ или десятки миллионов телефонных переговоров. Лазерная обработка материалов успешно применяется в технологии изготовления микросхем. Энергия СВЧ-излучения успешно применяется для полета летательных аппаратов и для подавления электронных устройств на значительных расстояниях от излучателя.

Развитие СВЧ-энергетики потребовало создания специальных электронных приборов СВЧ-диапазона, отвечающих ряду специфических требований, таких как сочетание высокой мощности с высоким КПД, длительный ресурс безотказной работы, низкая стоимость и др. Массовое производство и успешная эксплуатация подобных приборов существенно облегчили понимание технической возможности использования СВЧ излучения для передачи энергии на большие расстояния, в том числе и с борта СКЭС, уже на ранних стадиях обсуждения идей и проектов станций, предназначенных для энергоснабжения Земли.

Ключевые слова: лазерное излучение, лазерный луч, электромагнитные волны, сверхвысокочастотное излучение.

ВВЕДЕНИЕ

Беспроводная передача электроэнергии была предложена на ранней стадии в качестве средства для передачи энергии от космической или Лунной станции к Земле. Энергия может быть передана с помощью лазерного или СВЧ излучения на различных частотах в зависимости от конструкции системы. Верхний предел для частоты излучения установлен таким, чтобы энергия в один фотон не вызывала ионизацию организмов при прохождении через них. Ионизация биологических материалов начинается только с ультрафиолетового излучения и, как следствие, проявляется при более высоких частотах, поэтому большое количество радиочастот будет доступно для передачи энергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Судя по имеющимся публикациям, начиная с 1980-х годов, исследователи НАСА проводят работы над возможностью использования лазеров для передачи энергии между двумя точками в пространстве. В перспективе эта технология может стать альтернативным способом передачи энергии в космической энергетике. В 1991 году начался проект SELENE, который предполагал создание лазеров для космической энергетике, в том числе и для излучения энергии лазером на лунные базы. В 1988 Грант Логан предложил использовать лазер, размещенный на Земле, чтобы обеспечить энергией космические станции, предположительно это можно было осуществить в 1989. Предлагалось использование солнечных элементов из алмаза при температуре 300 °С для преобразования ультрафиолетового лазерного излучения. Проект SELENE продолжал работать над этой концепцией, пока не был официально закрыт в 1993 после двух лет исследований, так и не осуществив тестирования технологии на большие расстояния. Причина закрытия: высокая стоимость осуществления и сильные атмосферные влияния.

В настоящее время лазеры получили широкое применение в науке, технике и в быту. Возникла новая область физики – нелинейная оптика, в которой изучается взаимодействие мощного лазерного излучения с различными веществами. При лазерном излучении за счет высокой напряженности электрического поля, превышающей напряженность внутриатомных электрических полей, происходят изменения в электронной оболочке атомов, и возникает ряд новых явлений. Некоторые из них кратко излагаются ниже.

Лазерный луч может проникать через вещества, непрозрачные для обычного света. При этом возможно явление самофокусировки. Иногда наблюдается увеличение частоты лазерного излучения в два-три раза, если

оно проходит через некоторые вещества, например, инфракрасное излучение, становится зеленым, частота которого в два раза выше. Такое явление называют генерацией гармоник (второй, третьей и т.д.). Оно объясняется тем, что при взаимодействии лазерного излучения с атомами вещества возможно объединение двух, трех и более квантов в один. При удвоении частоты КПД достигает 100 %. Возможен и обратный процесс: деление кванта на два новых, причем сумма энергий и сумма частот полученных двух квантов равна энергии и частоте исходного кванта. Обе новые частоты можно изменять, но сумма их остается постоянной. Лазерное излучение способно управлять движением атомов. Взаимодействие лазерного излучения с атомами вещества вызывает появление в спектре этого вещества новых линий, по которым можно судить о некоторых, ранее неизвестных свойствах вещества (нелинейная лазерная спектроскопия).

Важная область применения лазерного излучения - связь. Для лазерной связи характерна высокая направленность и огромный диапазон частот, позволяющий разместить практически неограниченное число передач различных видов информации. Посредством лазерного луча можно передавать одновременно десятки тысяч телевизионных программ или десятки миллионов телефонных переговоров. Конечно, для наземной связи лазерным лучом различные атмосферные образования (дождь, туман, снег) создают значительные помехи. Например, в густом тумане связь возможна лишь на сотни метров. Таких препятствий нет в космосе, где возможна связь на огромные расстояния. На земле лазерная связь без помех осуществляется по световодам. Они представляют собой кабели из специального стекла или прозрачной пластмассы. Эти вещества обладают высокой прозрачностью и вызывают очень малое затухание лазерного луча. Световоды ценны тем, что позволяют экономить цветные металлы, из которых делаются обычные кабели, и имеют массу во много раз меньше, чем у металлических кабелей.

Кроме устройств связи, лазерное излучение используется в локаторах, которые имеют более высокую точность, нежели радиолокаторы. Лазерные лучи применяются для точных геодезических измерений, для сварки и резки различных материалов, в том числе сверхтвердых. Возможно пробивание лазерным лучом отверстий. Все эти операции производятся с высокой точностью. Поэтому лазерная обработка материалов успешно применяется в технологии изготовления микросхем. Лазерное излучение может также оказывать существенное влияние на химические реакции.

Еще с середины прошлого столетия ученые всего мира занимаются изучением возможности передачи электрической энергии при помощи различного лазерного излучения без проводов (так называемая Беспроводная передача электрической энергии – БПЭЭ). Сегодня слово «беспроводное»

- едва ли не главный символ прогресса в электронике. Но если задача бесконтактной передачи информации в основном решена, то с передачей энергии все оказалось не так просто. А между тем, избавившись от электрических проводов, можно поставлять на Землю из космоса экологически чистую энергию Солнца и экономить миллионы тонн меди на линиях электропередачи. Причем передача эта должна осуществляться достаточно эффективно, чтобы энергию имело смысл использовать в повседневных целях. Человечество уже сотню лет успешно передает электроэнергию на расстояние при помощи радиоволн. Передатчик их излучает, приемник снова переводит в электричество, и мы слушаем, к примеру, музыку. Но, к сожалению, КПД этой передачи ничтожно мал. Принятой по радио энергии без преобразования и усиления не хватает даже для работы наушников. Энергия радиоволн способна донести информацию с границ Солнечной системы, от летящего там зонда «Вояджер», но ей не под силу зажечь даже обыкновенную лампочку.

Сверхвысокочастотное излучение (СВЧ-излучение) – электромагнитное излучение, включающее в себя дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазон радиоволн (длина волны от 1 метра при частоте 300 МГц до 1 мм при частоте 300 ГГц).

Микроволновое излучение большой интенсивности используется для бесконтактного нагрева тел (как в бытовых, так и в промышленных микроволновых печах для термообработки металлов). Основным элементом в микроволновых печах является магнетрон. Микроволновое излучение малой интенсивности используется в средствах связи, преимущественно портативных – рациях, сотовых телефонах (кроме первых поколений), устройствах Bluetooth, Wi-Fi и WiMAX.

Энергию СВЧ излучения можно принимать с помощью выпрямляющих антенн (ректенн). Ректенна – устройство, представляющее собой нелинейную антенну, предназначенную для преобразования энергии поля падающей на неё волны в энергию постоянного тока. Простейшим вариантом конструкции может быть полуволновый вибратор, между плечами которого устанавливается устройство с односторонней проводимостью (например диод). В таком варианте конструкции антенна совмещается с детектором, на выходе которого, при наличии падающей волны, появляется ЭДС. Для повышения усиления такие устройства могут быть объединены в многоэлементные решётки.

ВЫВОДЫ

Благодаря приему электромагнитных волн в Канаде проводились испытания уникального самолета, который, не имея топлива, взлетает

и держится в воздухе. Энергия, обеспечивающая полет, доставляется с помощью расположенных на Земле микроволновых передатчиков. Микроволны улавливаются множеством приемников, смонтированных на нижней части крыльев и фюзеляжа самолета. Их энергия превращается в электрическую энергию, приводящую в действие электродвигатель, вращающий пропеллер. Первый экспериментальный самолет такого типа невелик – размах крыльев всего 5 м.

Энергия СВЧ - излучения успешно применяется армейскими структурами для подавления электронных устройств противника в конфликтных ситуациях. На Земле подавление электронных устройств успешно осуществляется на расстоянии до 4000 км от излучателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Грехилес, В. А., Орлов, П. П., Попов, Л. Б. Солнечная космическая энергетика. – М. : Наука, 1994.

2 Новый мировой рекорд – КПД солнечных батарей достиг 43 % [Электр. ресурс] / MyDiv Portal – Режим доступа : www.URL:http://news.mydiv.net/news/view-43-percent-New-solar-power-world-record.html. – 03.09.2009.

3 Диденко, А. Н. СВЧ-энергетика. Теория и практика [Текст] / А.Н. Диденко. – М. : Наука, 2003. – 448 с.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Д. С. Уразалимова¹, А. В. Дробинский², Г. О. Оразова³

Сымсыз энергия беру технологиясы

^{1,2,3}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

D. S. Urazalimova¹, A. V. Drobinsky², G. O. Orazova³

Wireless technology of energy transfer

^{1,2,3}Power Engineering Faculty,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Мақалада техникада және тұрмыста практикалық энергиясын пайдалану ғылымда лазерлік сәулелену мысалдары келтірілген.

Лазерлік сәуле арқылы бір мезгілде ондаған мың телевизиялық бағдарламаларды немесе ондаған миллион телефондық келіссөздер беруге болады. Материалдарын лазерлік өңдеуі микросхемаларды дайындау технологиясында сәтті қолданылады. ЖСЖ энергия – сәуле шығару, ұшу үшін және едәуір қашықтықтарда сәулеленуден ұшу аппараттары мен басу үшін электрондық құрылғылар сәтті қолданылады.

ЖСЖ энергия дамытуы арнайы электрондық құралдарды ЖСЖ-диапазонының жасау беретін бірқатар спецификалық талаптарын құру сияқты үйлесімі жоғары қуатты жоғары ПӘК, ұзақ ресурс жұмыс өтімі, төмен құны және т. б. қажет етті. Ұқсас құралдардың жаппай өндіруі және табысты пайдалануы айтарлықтай жеңілдетілді, КҒЭС бортының, қазірдің өзінде ерте кезеңдерінде талқылау идеялар мен жобалар станцияларында техникалық пайдалану мүмкіндігін үлкен қашықтықта ЖСЖ сәулелену энергия беру үшін, оның ішінде жерді электрмен жабдықтау үшін арналған.

The article presents examples of practical use of laser radiation energy in science, technology and in everyday life. Tens of thousands of television programs or tens of millions of telephone conversations can be transmitted simultaneously through a laser beam. Laser processing of materials is successfully used in the technology of chips manufacturing. The energy of microwave radiation is successfully used for aircraft flight and for suppression of electronic devices at considerable distances from the emitter.

The development of the microwave energy required the creation of special electronic devices of the microwave range that meets certain specific requirements, such as the combination of high capacity with high efficiency, long service life trouble-free operation, low cost and mass production. And successful operation of such devices greatly facilitated the understanding of the technical possibilities of the use of microwave radiation to transmit power over long distances, including from the Board, ESCS, already in the early stages of discussion, ideas and projects of the stations, intended for energy supply of the Earth.

С. В. Чичерин

аспирант, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, 644010, Российская Федерация

e-mail: man_csv@hotmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ППУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ В СТРАНАХ СНГ

Предизолированные трубопроводы с пенополиуретановой (ППУ) изоляцией применяются в России и странах СНГ уже более 20 лет. Основная доля дефектов – некачественная изоляция стыковых соединений. Одновременно с этим более 25 % дефектов – это разрушение элементов системы оперативно-диспетчерского контроля (СОДК). СОДК является важнейшим элементом технологии и позволяет выполнять диагностику состояния изоляции и локализацию места ее увлажнения методом локации (рефлектометрами). Для увеличения доли предизолированных трубопроводов с ППУ изоляцией и обеспечения надежности на мировом уровне автором предлагается: переходить от разрозненных систем ОДК к централизованным комплексам, передающим информацию на единый пункт диспетчерского управления; включить в стандарты норму о повсеместном применении технологии с изоляцией стыков в термоусадочных муфтах; использовать в качестве проводников СОДК коаксиальные кабели; усилиями некоммерческого партнерства путем привлечения отечественных организаций информатики и радиоэлектроники организовать разработку опытного образца многофункционального прибора.

Ключевые слова: Централизованный, теплоснабжение, тепловые сети, пенополиуретан, бесканальный, прокладка, заводской готовности, предизолированный, повреждение, повреждаемость, аварийность, соединение, стык, муфта, система оперативного дистанционного контроля.

**работа выполнена при
финансовой поддержке стипендии
Правительства Российской Федерации
(приказ Минобрнауки №860 от 29.08.2017)*

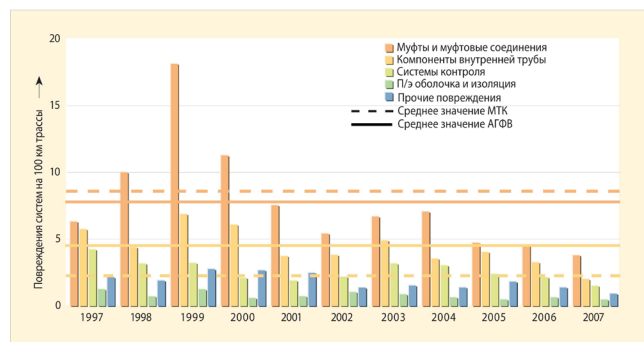
ВВЕДЕНИЕ

Предизолированные трубопроводы с пенополиуретановой (ППУ) изоляцией применяются на территории постсоветского пространства уже более 20 лет. В Европе этот способ прокладки тепловых сетей является основным, несмотря на распространенное мнение о децентрализованной схеме систем теплоснабжения европейских городов. Так, в Германии доля таких трубопроводов составляет 75 %, в Дании – до 95 % от всей протяженности сети. Достоинства данных труб неоднократно описаны в литературе и не вызывают сомнений – снижение тепловых потерь до 3–4 %, увеличение срока службы трубопроводов в 2–2,5 раза и повышение надежности эксплуатации, сокращение сроков строительства и снижение эксплуатационных расходов [1]. Указанные трубопроводы применяются в значительных объемах в Москве и Московской области, Санкт-Петербурге, многих крупных городах и сетях от ведомственных источников [2]. Однако в целом по странам СНГ доля этих эффективных труб составляет не более 10 % от общей протяженности тепловых сетей страны, оцениваемой в более чем 300 тыс. км, что мало для более чем двадцатилетнего срока внедрения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Развитие данной технологии сдерживается рядом факторов – отсутствием государственной поддержки обновления тепловых сетей и недостаточностью средств в регионах, в ряде мест – боязнью новой технологии, которая, давая вышеупомянутые преимущества, требует усиления требовательности к качеству поставляемой продукции, соблюдению норм строительно-монтажных работ, эксплуатации [3]. В ряде выступлений на тему применения трубопроводов с ППУ изоляцией проводится мысль, что использование таких трубопроводов превращает теплосеть в «бомбу замедленного действия» [4].

Имеется статистика повреждений, как для теплоснабжающих компаний, входящих в Немецкую Ассоциацию Теплоснабжения и Энергетики (AGFW) так и для трубопроводов, обслуживаемых ранее Московской теплосетевой компанией (МТК), а в настоящее время МОЭК. Все зарегистрированные повреждения подразделяются на системные, вызванные неудовлетворительным качеством компонентов системы и монтажных работ, и посторонние, которые связаны с механическими повреждениями труб и элементов системы контроля, нанесенными сторонними организациями. Абсолютный уровень системных повреждений составляет в AGFW и МТК соответственно 0,175 (среднее значение). Причины системных повреждений иллюстрируются диаграммой на рис. 1 [3].



Причины повреждений систем

Рисунок 1 – Распределение повреждений по их причинам

Как в Германии, так и в г. Москве основная доля дефектов – некачественная изоляция стыковых соединений. Одновременно с этим более 25 % дефектов — это разрушение элементов системы оперативно-дистанционного контроля (СОДК) [5]. В AGFW негерметичность муфтовых соединений приводит к величине повреждаемости 7,8 на 100 км в год (48 % от всех системных) (рис. 1).

В МТК – 8,7 дефекта или 37 % общей повреждаемости. Повреждаемость в этом случае обусловлена процессом электрохимической коррозии, когда окисление металла и восстановление окислительного компонента протекают раздельно в жидкой среде, содержащей соли, кислоты, щелочи, а также воздух, почву и частицы теплоизоляционной конструкции [6]. О важности этого фактора говорит то, что в Германии доля дефектов муфт во всех повреждениях, связанных с монтажом трубопроводов, составляет около 58%. В статистике AGFW при анализе дефектных муфт учитываются также типы муфт, которых в процессе развития этой технологии достаточно много. На основе сравнений делается вывод, что снижение повреждаемости муфт, которое наблюдается в последние годы (до 4–5 дефектов на 100 км), связано с преимущественным применением муфт, в которых заливка компонентов пены ведется после установки муфты и проверки ее на герметичность, включая сварные муфты. На рис. 2 и 3 приведен вид трубопроводов тепловой сети до и после установки такой муфты соответственно.



Рисунок 2 – Участок тепловой сети до установки муфт на стыковых соединениях



Рисунок 3 – Вид муфт после установки

СОДК является важнейшим элементом технологии и позволяет выполнять диагностику состояния изоляции и локализацию места ее увлажнения методом локации (рефлектометрами). Авторами идеи предварительно изолированных труб в ППУ изоляции изначально задумывалось, что обнаружение и локализация дефектов могут осуществляться тремя способами:

- Переносным детектором – для определения наличия и типа дефекта (периодичность проверки – один раз в две недели) и переносным локатором – для локализации места возникновения дефекта (периодичность – по факту наличия дефекта);
- Стационарным детектором (постоянный контроль) и переносным локатором;

– Стационарным локатором для определения наличия и типа дефекта с одновременной локализацией и фиксацией места его возникновения (периодичность для зондирующих импульсов - один раз в 4 мин., круглосуточно).

Однако в целях значительного удешевления стоимости конечного продукта в Республике Беларусь, как и в России, Украине и некоторых других странах, при внедрении предварительно изолированных труб в ППУ изоляции отказались от применения в качестве проводников СОДК коаксиальных кабелей с согласующими устройствами.

Было решено для соединения проводников СОДК, трубопроводов и терминалов использовать кабели типа NYM (медный силовой), что значительно снижало стоимость изготовления и строительства теплосетей. Но кабели этого типа имеют высокий коэффициент затухания зондирующего импульса [7]. К тому же, в нормативных документах установлен переменный параметр расстояния между металлической поверхностью элемента и проводниками СОДК в трубах и фасонных изделиях (от 10 до 25 мм), что приводит к разбросу импеданса (параметра комплексного сопротивления трубы в ППУ изоляции с СОДК, как электрического элемента) для различных элементов трубопровода и варьированию коэффициента укорочения для этих трубоэлементов. На смонтированном трубопроводе образуются участки с различными коэффициентами укорочения, в результате данные электрических измерений не соответствуют реальным физическим параметрам трубопровода. Причем несоответствие прямо пропорционально длине трубопровода и количеству фасонных изделий на нем (исследования показали величину несоответствия 5 м и более на 100-метровом участке трубопровода).

Таким образом, недостатки кабелей NYM исключают применение на трубопроводах стационарных специализированных локаторов повреждений и не позволяют рассматривать тепловую сеть в качестве объекта автоматизации и диспетчеризации. То есть объединение впоследствии локальных СОДК в единую сеть и отображение их состояния на центральном диспетчерском пункте с указанием конкретного места дефекта сети невозможно.

Остается единственный вариант мониторинга состояния предварительно изолированных труб средствами телемеханики – это централизованный сбор информации со стационарных детекторов. Однако на белорусском рынке присутствует только прибор российского производства ДПС-4АМ. Возможности его весьма ограничены: он не имеет функции измерения текущих величин, срабатывает лишь при достижении порогового значения сопротивления изоляции и не приспособлен для передачи информации. В г. Гомель установлено около десятка таких приборов. Развитие теплосетей

из предварительно изолированных труб в ППУ изоляции достигло такого уровня, когда разрозненные участки надо собирать в единую систему, и на предприятии «Гомельские тепловые сети» появилась насущная потребность в новых многофункциональных приборах [8].

ВЫВОДЫ

Для увеличения доли предизолированных трубопроводов с ППУ изоляцией в России и обеспечения надежности на мировом уровне автором предлагается:

– постепенно переходить от разрозненных систем ОДК для каждого отдельного участка к централизованным комплексам, передающим информацию на единый пункт диспетчерского управления;

– включить в отраслевые стандарты норму о повсеместном применении более совершенной технологии с изоляцией сварных стыков линейной части тепловой сети в термоусадочных муфтах [9];

– поставить вопрос перед производителями об использовании в качестве проводников СОДК коаксиальных кабелей. Их стоимость в условиях снижения цены на основные элементы (алюминиевый экран в виде оплетки или фольги и медный проводник) и значительного объема предложения на рынке ощутимо упала;

– усилиями некоммерческого партнерства путем привлечения отечественных организаций информатики и радиоэлектроники организовать разработку опытного образца многофункционального прибора. Его основными характеристиками должны стать: возможность с небольшим лагом передавать информацию о текущих значениях сопротивления ППУ изоляции трубопроводов на центральный диспетчерский пункт и невысокая стоимость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Майзель, И. Л.** Еще раз об экономической и технической целесообразности применения промышленных, предварительно изолированных труб с пенополиуретановой изоляцией для тепловых сетей и горячего водоснабжения // Инженерные коммуникации. – № 03. – 2008, – С. 46–49.

2 **Чичерин, С. В.** Надежность и эффективность среднетемпературного теплоснабжения // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2017. Т 23. – № 2. – С. 75–80. DOI: 10.18721/JEST.230207

3 **Поляков, В. А.** Повреждаемость тепловых сетей в ППУ изоляции в России и Европе // Полимерные трубы. – № 1 (3). 2010. – С. 57–59.

4 **Корсунский, В. Х.** Кто ответит за качество? // Коммунальный комплекс России, №7 (49), 2008, – С.14–15.

5 Система качества в теплоснабжении – путь к энергетической безопасности и повышения надежности в тепловых сетях. URL: <http://www.ozi.org/articles/182.html>. Дата обращения: 21.06.2017

6 **Чичерин, С. В.** Процесс образования и развития электрохимической коррозии трубопроводов // Энергосбережение и водоподготовка, 2017, № 2 (106). – С. 46–47

7 **Александров, А. А., Переверзев, В. Л.** Оперативный дистанционный контроль трубопроводов ППУ – эффективное средство контроля или бесполезное приложение? // Новости теплоснабжения. – № 2. – 2007. – С. 36–41.

8 **Заглубочкин, Н. З., Круталевич, Г. В.** Трубы в пенополиуретановой изоляции. Пора решать проблемы//Новости теплоснабжения. 2011 г. – № 4 – С. 39–44.

9 **Башмаков, И. А.** Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения//Энергосбережение. – 2010. – № 2.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

С. В. Чичерин

ТМД елдеріндегі ППС жылу оқшаулағышымен құбырларды пайдалану перспективалары

Омбы мемлекеттік жол хабарласу университеті,
Омбы қ., Ресей Федерациясы.
Материал 16.02.18 баспаға түсті.

S. V. Chicherin

Potential for PUR-insulated pipes in CIS countries

Omsk State Transport University, Omsk, 644010, Russia.
Material received on 16.02.18.

Алдын ала оқшауланған құбырлар 20 жылдан астам уақыт бойы Ресей мен ТМД елдерінде пайдаланылатын полиуретанды көбік оқшаулау. Ақаулардың негізгі бөлігі – түйіспелі буындардың сапасыз оқшаулануы. Сонымен қатар ақауларды 25 % -дан астам жүйесі оперативті қашықтан басқару элементтерін жою болып табылады. Оперативті қашықтан басқару элементі технологияның маңызды элементі болып табылады және оның орналасқан жері ылғалдануы әдісі орнына оқшаулау және оқшаулау диагноз мүмкіндік

береді. Жаһандық деңгейде пенополиуретанды оқшаулағыш және сенімділігі бар алдын ала оқшауланған құбырларды үлесін арттыру үшін автор ұсынады: басқару бірыңғай нүктесін диспетчерлік ақпарат таратушы, орталықтандырылған жүйелер шашыранды оперативті қашықтан басқару жүйелерін біріктіру; Оперативті қашықтан басқару технологиялық оқшауланған буын кеңінен пайдалану стандартты тариф енгізді; коаксиалды өткізгіштер коаксиалды кабельдер ретінде пайдалану; көп функциялы құрылғы прототипін әзірлеуді информатика және радиоэлектроника жергілікті ұйымдарды тарту арқылы коммерциялық емес әріптестік күшті ұйымдастыру.

In Russia and CIS-countries the common underground pipe used in district heating (DH) systems has a polyurethane (PUR) foam insulation for over 20 years. This is surrounding a steel carrier pipe all covered with a high density polyurethane (HDPE) jacket. Electronic leak detection systems similar to those used in Europe are available for all piping systems, besides it remains a troublesome issue. Electronic leak detection system consists of a bare copper wire embedded in the insulation underneath the HDPE and is still responsible for more than 25 per cent of the failures. An outlook is presented as follows, harvesting centralized facilities, heat shrinks ought to be universally applied, coaxial cables and an electronic measuring instrument developed by a non-profit organization are to find linkages of a PUR network share and DH availability.

Ш. М. Шупеева

магистр, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: sholpan_shupeeva@mail.ru

АДСОРБЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КРЫТОГО ХОККЕЙНОГО КОРТА ЛЕДОВОГО ДВОРЦА «АСТАНА»

В статье раскрывается возможность модернизация системы кондиционирования воздуха крытого хоккейного корта Ледового дворца «Астана» путем установки адсорбционного осушителя воздуха. Проводится сравнительный анализ характеристик конденсационного и адсорбционного методов осушения воздуха. Также рассматривается принцип действия предлагаемого адсорбционного осушителя как одного из перспективных вариантов решения проблем эксплуатации существующего оборудования. Применение нового оборудования позволит улучшить климатические условия ледовой арены и увеличить надежность работы системы кондиционирования воздуха.

Ключевые слова: система кондиционирования, конденсационный метод, адсорбционный осушитель воздуха,

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день существует ряд методик расчета и проектирования систем обеспечения микроклимата крытых ледовых арен. Наибольшее распространение получила методика, предложенная О. Я. Кокориным. Согласно ей, для создания требуемого микроклимата ледовой арены целесообразно использовать три системы кондиционирования воздуха, обслуживающие зоны ледовой арены, трибун и ограждающих конструкций. На хоккейном корте Ледового Дворца «Астана» установлены 3 центральных кондиционера фирмы «YORK» YCAM-800.

Как правило, расчет системы кондиционирования воздуха производится для нескольких режимов ее работы:

1 режим – зал со зрителями до 5000 человек и артистами до 100 человек при отсутствии льда. Работают все приточные и вытяжные установки;

2 режим – зал со зрителями до 3000 человек и спортсменами до 100 человек при наличии льда. Работают все приточные и вытяжные установки;

3 режим – тренировочный: зал при отсутствии зрителей, при наличии льда и тренирующихся до 200 человек;

4 режим – дежурное отопление при наличии льда.

Произведенный расчет показал, что для теплого периода года в режимах 2 и 3 приточной воздух, подаваемый непосредственно в зону льда, имеет повышенные значения влажности, что плохо сказывается в первую очередь на качестве льда, приводит к образованию тумана, выпадению росы и появлению плесени, последнее отрицательно влияет на здоровье людей, находящихся на катке, и разрушает стальные конструкции. Для борьбы с данным явлением (высокой влажностью) возможна установка одного адсорбционного осушителя для системы кондиционирования зоны ледовой арены.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На ледовой арене, как и в любом другом спортивном сооружении, есть множество источников внутренних тепловыделений: люди, осветительные приборы и т.д. Кроме того, большое количество теплоты попадает в помещение вместе с вентиляционным воздухом: для больших масс людей (на крупных соревнованиях число зрителей может составлять десятки тысяч человек) необходимо обеспечить значительный расход приточного воздуха, и температура этого воздуха гораздо выше температуры льда. Тепловыделения от людей оказывают отрицательное воздействие на состояние ледового покрытия: лед под действием достаточно высокой температуры начинает подтаивать, становится рыхлым. В ряде случаев состояние покрытия заметно ухудшается в ходе проведения спортивного мероприятия, в течение двух-трех часов. Более длительное воздействие (например, если в данном сооружении проводятся длительные многодневные соревнования) приводит к тому, что лед начинает трескаться уже по всей толщине. Требуется своего решения проблема нейтрализации воздействия тепловыделений от осветительных приборов, которая решается выбором типа осветительных приборов.

Вторая проблема, которая возникает при эксплуатации ледовых арен – отрицательное воздействие на покрытие влаговыведений. Здесь имеются в виду как влаговыведения от людей, так и влагосодержание приточного воздуха. Очевидно, что подача приточного воздуха с приемлемой для зрителей температурой и влажностью около 50 % приведет к тому, что при контакте такого воздушного потока с очень холодной (ниже температуры

точки росы для воздуха с заданными параметрами) поверхностью ледового покрытия на последнем произойдет конденсация водяных паров из воздуха с последующим их замерзанием и образованием тумана, что опять-таки ухудшает качество покрытия. Туман делает невозможным осуществлять мероприятия на ледовой арене, а конденсат наносит ущерб практически всей инфраструктуре объекта, начиная с самого искусственного льда и заканчивая металлоконструкциями, образуя ржавчину и плесень. Кроме того, сами зрители являются источниками влаговыделений. Даже если подавать очень сухой воздух, предупредить попадание влаговыделений от людей в зону ледового покрытия довольно сложно.

Для создания комфортных условий зрителям, снижения энергозатрат, а также оптимальной температуры воздуха и влажности над поверхностью ледового поля служит система кондиционирования и осушения воздуха в ледовом зале. Настроенная правильно, система способна поддерживать температуру в зоне зрительских мест на уровне требований СНиП плюс 18 °С, а в зоне льда плюс 14 °С [1]. Кроме того, она снижает влажность в помещении, что предотвращает образование тумана и выпадение конденсата на конструкциях здания, и содержит в порядке лед и здание при полной гарантии комфорта для зрителей. Если кондиционирование воздуха и холодильное оборудование хорошо сочетаются между собой, заметно снижаются затраты на их эксплуатацию.

Коммерческий успех спортивных объектов с искусственным льдом определяется, в основном, двумя факторами. Это, во-первых, состояние самой ледовой арены, и, во-вторых, комфорт людей, находящихся в здании. В этом контексте исправная работа вентиляции здания является едва ли не ключевым моментом в обеспечении надлежащего микроклимата, служащего залогом прибыльности Ледового дворца спорта. При этом речь идет не о простом воздухообмене помещений с внешней средой. Большая площадь искусственного льда требует принудительного осушения воздушной среды.

В данной ситуации существует два подхода для предотвращения образования конденсата на потолке и устранения затуманивания: охлаждение (конденсация) или адсорбционное осушение (адсорбция).

Конденсация. Этот метод основан на принципе конденсации водяных паров, содержащихся в воздухе, при охлаждении его ниже точки росы.

Метод реализуется с использованием принципа теплового удара, создаваемого при работе холодильного контура, с расположенными непосредственно друг за другом испарителем и конденсатором.

Адсорбция. Этот метод основан на сорбционных (влагопоглощающих) свойствах некоторых веществ – сорбентов. Имея пористо-капиллярную структуру, сорбенты извлекают водяной пар из воздуха. По мере насыщения сорбента влагой эффективность осушения снижается. Поэтому сорбент

нужно периодически регенерировать, т.е. выпаривать из него влагу путем продувания потоком горячего воздуха.

Несмотря на повышенное энергопотребление в связи с наличием безвозвратных потерь явного и скрытого тепла, данный метод более экономичен. В отличие от ассимиляции происходит нагрев относительно небольшого количества воздуха в регенерирующем плече (около 25–30 % от количества воздуха, циркулирующего в основном контуре) до значительно более высоких температур (порядка 150 °С). К недостаткам метода относится ограниченный срок службы сорбента, особенно в случае использования солей лития, подверженных вымыванию при отклонении от номинальных технологических режимов работы. Более практичным является использование силикагеля на стекловолоконном носителе.

Как видно из сравнительной характеристики конденсационного и адсорбционного методов осушения воздуха (рисунок 1), у конденсационных осушителей с ростом температуры воздуха увеличивается влагосъем на 1 кВт потребляемой энергии. У адсорбционных осушителей указанная зависимость является обратной и менее выраженной. Кроме того, эффективность конденсационных осушителей резко падает с уменьшением относительной влажности воздуха, в то время как у адсорбционных осушителей данная зависимость значительно слабее. В результате можно четко выделить области преимущественного использования каждого из сопоставляемых типов осушителей. С экономической точки зрения конденсационный метод более эффективен по сравнению с сорбционным при высоких значениях температуры и относительной влажности. Вместе с тем сорбционные осушители способны поддерживать чрезвычайно низкую относительную влажность, вплоть до 2 % при температурах до минус 20 °С [2].

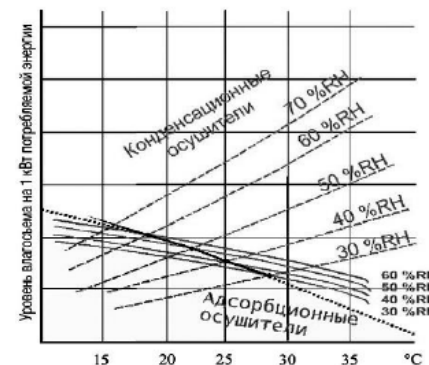


Рисунок 1 – Эффективность работы осушителей разного типа

Система кондиционирования и вентиляции современных катков должна удовлетворять специфическим условиям, которые сильно отличаются от параметров обычного здания. Например, для того чтобы исключить появление тумана в зоне льда и конденсации влаги на ограждающих катках бортах, необходимо поддерживать абсолютную влажность воздуха ниже 4 г/кг. Это соответствует температуре точки росы плюс 1 °С [3].

В прошлом, холодильные системы кондиционирования воздуха, используемые в крытых ледовых катках, имели проблемы связанные с влажностью, наряду с высоким потреблением энергии. Обычное холодильное оборудование может поддерживать температурные условия в помещении катка от 25 °С до 35 °С при относительной влажности от 60 % до 75 %. Это приводит к тому, что воздух так близок к насыщению, что над поверхностью льда образуется туман и происходит конденсация влаги внутри здания.

Любая попытка добиться более низкого уровня влажности потребует поддержания температуры испарителя ниже плюс 18 °С, что может привести к образованию инея на испарителе. Более эффективным и энергосберегающим решением является система адсорбционного осушения.

Температурно-влажностные условия преимущественного применения адсорбционных и конденсационных осушителей воздуха представлены на графике (рисунок 2).

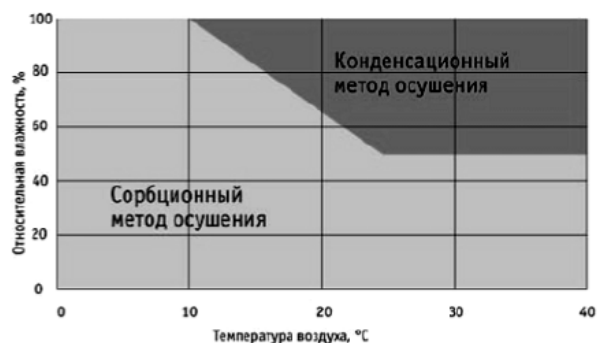


Рисунок 2 – Преимущественные области использования сорбционного и конденсационного методов осушения воздуха

Из представленного графика следует, что использование осушителей воздуха конденсационного типа является предпочтительным, например, в плавательных бассейнах, аквапарках и на других объектах, характеризующихся температурой воздуха порядка нескольких десятков градусов и относительной влажностью, превышающей 50 %. В то же время крытые ледовые стадионы

имеют температуру воздуха над поверхностью льда, приближающуюся к 0 °С, а на удалении от поверхности льда, во избежание конденсации, относительная влажность воздуха должна поддерживаться на уровнях существенно ниже 50 %. Таким образом, использование осушителей воздуха адсорбционного типа на крытых ледовых стадионах наиболее оправданно. Причина использования осушителей воздуха именно адсорбционного типа заключается в особенностях их принципа действия. Адсорбционные осушители обеспечивают повышенную эффективность при сравнительно низких температурах воздуха, а также способны поддерживать низкую относительную влажность.

Принцип работы осушителя следующий (рисунок 3): адсорбент (силикагель) поглощает воду из проходящего воздушного потока, поглощенная вода уносится из осушителя вместе с регенерирующим воздушным потоком. Адсорбция воды и ее выделение осуществляются в роторе, заполненном влагопоглощающим силикагелем. Воздушные потоки осушителя делят ротор на две части: осушающую часть и регенерирующую часть. Через ротор проходят два параллельных воздушных потока: обрабатываемый воздушный поток проходит через осушающую часть ротора, и осушенный воздух покидает осушитель.

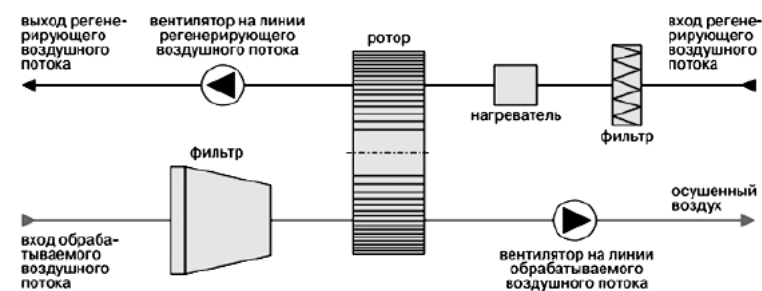


Рисунок 3 – Принципиальная схема адсорбционного осушителя

Регенерирующий воздушный поток проходит через фильтр на линии регенерирующего воздушного потока и попадает в нагреватель, где нагревается до 130 °С. Нагретый регенерирующий поток воздуха далее проходит через регенерирующую часть ротора (25 % поверхности ротора), происходит испарение адсорбированной воды и водяной пар покидает осушитель вместе с регенерирующим воздухом.

Принцип двух параллельных воздушных потоков с вращающимся ротором позволяет получить автоматизированный процесс одновременного поглощения и выделения воды [4].

ВЫВОДЫ

Адсорбционные осушители чаще всего устанавливаются автономно от приточно-вытяжной системы и подключаются по рециркуляционной схеме. Таким образом, обеспечивается отдельный и непосредственный контроль над влажностью на ледовом объекте. Осушитель работает в ручном или автоматическом режиме от встроенного контроллера, принимающего сигнал от датчика влажности. Оборудование может устанавливаться прямо на арене рядом с ледовым полем или в отдельных помещениях (венткамерах). Простота монтажа, небольшая монтажная площадь позволяют легко дооборудовать действующие катки осушителями без внесения изменений в действующую систему вентиляции, кондиционирования и воздухо-распределения.

Основным преимуществом подобных систем осушения является их способность осушать воздух до очень низкого уровня. Осушитель может легко поддерживать относительную влажность на уровне от 30% до 40% в ледовом помещении, тем самым предотвращая образование тумана и конденсации, независимо от внешних погодных условий. По данным исследования, проведенного ASHRAE, среднее потребление энергии при применении осушительных систем на 70% меньше, чем сопоставимых систем охлаждения.

Таким образом, осушители воздуха могут устранить эффект тумана и конденсации, и в то же время, снижают эксплуатационные расходы. Кроме того, уменьшается стоимость обслуживания самого здания и оборудования, так как они не подвергаются воздействию избыточной влажности и проблемам, с этим связанным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СНиП РК 3.02.02 – 2001 Общественные здания и сооружения. – Астана, 2002. – 58 с.

2 Cotes. Адсорбционные установки для осушения воздуха. Каталог. – 2013. – 40 с.

3 **Вишневецкий, Е. П.** Вентиляция и качество воздуха в крытых ледовых аренах // С. О. К. – 2008. – № 10. – С. 34–39.

4 **Вишневецкий, Е. П., Салин, М. Ю.** Достоинства адсорбционного метода глубокого осушения воздуха крытых ледовых арен // Журнал С. О. К. – 2008. – №8. – С. 22–27.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

Ш. М. Шупеева

Ауа құрғатудың адсорбциялық технологиясы – «Астана» мұз сарайы жабық хоккей кортының салқындату жүйесінің модернизациялаудың бірден бір жолы

Энергетикалық факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

Sh. M. Shupeyeva

The adsorptive technology of air dehumidification as one of ways of modernization of air conditioning system of the covered hockey court of the ice arena «Astana»

Power Engineering Faculty,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада ауа құрғатудың адсорбциялық технологиясын орналастыру арқылы «Астана» мұз сарайының салқындату жүйесінің модернизациялаудың мүмкіншіліктері қарастырылған. Ауа құрғатудың адсорбциялық және конденсациялық әдістерінің сипаттамаларының салыстырмалы талдауы жүргізілуде. Сонымен қатар, келтірілген адсорбциялық құрғатқыштың жұмыс істеу принципі – бар құрылғының пайдалану мәселесінің тиімді шешімі болуын қарастырылады. Жаңа құрылғыны іс жүзінде қолдану арқылы, аренадағы климат жағдайларын жақсартуына және ауаны салқындату жүйесінің жұмыс сенімділігін артуына әкеп соғады.

The article reveals the opportunities of modernization of the air conditioning system of the covered hockey court of the «Astana» ice arena by installation of the adsorptive air dryer. The comparative analysis of characteristics of condensation and adsorptive methods of the air dehumidification is conducted. Also, the principle of operation of the offered adsorptive dehumidifier as one of the perspective problems solutions of the existing equipment operation is considered. Using the new equipment will improve climatic conditions of the ice arena and increase reliability of operation of the air conditioning system.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», приставных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в

1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **12 страниц печатного текста**. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Статья должна содержать:

1 **ГРНТИ** (Государственный рубрикатор научной технической информации);

2 **Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, см. образец*);

3 **Ученую степень, ученое звание;**

4 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

5 **E-mail;**

6 **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, заглавными прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, на трех языках: русский, казахский, английский, см. образец*);

7 **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском языках (*рекомендуемый объем аннотации – не менее 100 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

8 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см.*). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3.

Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (*см. образец*);

9 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец*).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно сослаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (*не более 1 страницы*).

– слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (*не более 10 страниц*).

– слово ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (*не более 1 страницы*).

10 **Список использованных источников** включает в себя:

– слово СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (*Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем *не более чем из 20 наименований* (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (*см. образец*).

11 **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,

Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: kereku@psu.kz

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова
РНН 451800030073
БИН 990140004654

АО «Цеснабанк»
ИИК KZ57998FTB00 00003310
БИК TSESKZK A

Кбе 16
Код 16
КНП 861

РГП на ПХВ Павлодарский
государственный университет имени
С. Торайгырова
РНН 451800030073
БИН 990140004654

АО «Народный Банк Казахстана»
ИИК KZ156010241000003308
БИК HSBKZZKX

Кбе 16
Код 16
КНП 861

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

ГРНТИ 396.314.3

А. Б. Есимова

к.п.н., доцент, Гуманитарно-педагогический факультет, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с кодификацией норм устной речи в орфоэпических словарях, являющихся одной из отраслей ортологической лексикографии. Проводится анализ составления первых орфоэпических словарей, говорится о том, что в данных словарях большее внимание уделяется устной орфографии в традиционном применении, а языковые нормы устной речи остались вне внимания. Также отмечается, что нормы устной речи занимают особое место в языке программ средств массовой информации, таких как радио и телевидение, и это связано с тем, что диктор читает свой текст в микрофон четко по бумажке. В статье также выявлены отличия устной и письменной речи посредством применения сравнительного метода, и это оценивается как один из оптимальных способов составления орфоэпических словарей.

Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие. Постепенно среда проектирования в области мобильной ...

Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в ...

Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного робототехнического комплекса...

Продолжение текста

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 - Показатели репродуктивного поведения

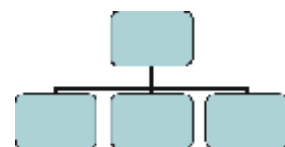
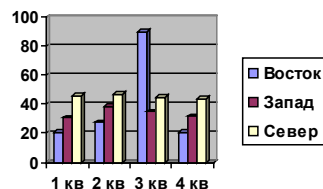


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.

4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есімова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Гуманитарлық-педагогикалық факультеті,
Қ. А. Ясави атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,
Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

А. В. Yesimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

Faculty of Humanities and Education,
K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University,
Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

Мақалада ортологиялық лексикографияның бір саласы – орфоэпиялық сөздіктердегі ауызша тіл нормаларының кодификациялануымен байланысты мәселелер қарастырылады. Орфоэпиялық сөздік құрастырудың алғашқы тәжірибелері қалай болғаны талданып, дәстүрлі қолданыстағы ауызша емлесімен, әсіресе мектеп өмірінде жазба сөзге ерекше көңіл бөлініп, ал ауызша сөздің тілдік нормалары назардан тыс қалғаны айтылады. Сонымен қатар ауызша сөз нормаларының бұқаралық ақпарат құралдары – радио, телевизия хабарлары тілінде ерекше орын алуы микрофон алдында диктордың сөзді қағаз бойынша нақпа-нақ, тақпа-тақ айтуымен байланысты екені атап көрсетіледі. Сөздікте ауызша сөзбен жазба сөздің салғастыру тәсілі арқылы олардың айырмасын айқындалғаны айтылып, орфоэпиялық сөздік құрастырудың бірден-бір оңтайлы жолы деп бағаланады.

The questions, related to the norms of the oral speech codification in pronouncing dictionary are the one of the Orthologous Lexicography field, are examined in this article. The analysis of the first pronouncing dictionary is conducted, the greater attention in these dictionaries is spared to verbal orthography in traditional application, and the language norms of the oral speech remained without any attention. It is also marked that the norms of the oral speech occupy the special place in the language of media programs, such as radio and TV and it is related to that a speaker reads the text clearly from the paper. In the article the differences of the oral and writing language are also educed by means of application of comparative method and it is estimated as one of optimal methods of the pronouncing dictionary making.

Теруге 16.02.2018 ж. жіберілді. Басуға 28.02.2018 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$, Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 19,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, К. Б. Жетписбай
Тапсырыс № 3216

Сдано в набор 16.02.2018 г. Подписано в печать 28.02.2018 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл. печ. л. 19,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, К. Б. Жетписбай
Заказ № 3216

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz