

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 (2017)

Павлодар

МАЗМҰНЫ**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОо постановке на учет средства массовой информации
№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан**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.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Боровиков Ю. С.,	<i>к.т.н., профессор (Россия)</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Горюнов В. Н.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Говорун В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Захаров И. В.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Тастенов А. Д.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Хацевский В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Нургожина Б. В.	<i>технический редактор</i>

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

Айтуаров А. Ш., Сержанов Р. И., Богомолов А. В. Жылуоқшаулағыш материалдарын өндіру статистикалық деректерді талдау	12
Айтуаров А. Ш., Сержанов Р. И. Жылуоқшаулағыш материал өндірісін талдау	16
Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н. «ЕХРО-2017» халықаралық көрмеде «Энергияны зерттеу орталығы» энергияны қамтамасыз ету объектісі үшін «Жасыл жылыту» технологиясын қолдану	21
Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н., Расмухаметова А. С. Қазақстан Республикасы жылу және суықпен жабдықтау үшін энергия кездерін альтернативті қолдануда энергияны үнемдейтін жылу сорғыш технологиясын қолдану	29
Андреева О. А., Исаяев А. К. Электр энергиясының қазіргі мәселелері	37
Арынгазин К. Ш., Роев С. Л., Дюсенғалиев А. Б. ЖЭО күл үйіндісіне күл және қожды сыртқы тасымалдау (құбыр-таспалы конвейер) жүйесін әзірлеу	45
Бостанбеков К. А. Жоғарыөнімділікті есептеулерді пайдаланып мұнайдың апатты шығарылуы кезінде қауіп-қатерін бағалау жүйесін құру	52
Бостанбеков К. А., Балакай Л. А. MIKE 21 бағдарламасында модельдеу және ГАЗ визуализация үшін қажетті форматтарға GRIB форматындағы метеорологиялық деректерді түрлендіру	62
Булатбаев Ф. Н., Бейсенби М. А., Булатбаева Ю. Ф., Закарина А. Ж. Электр желілерін бақылау және мониторингтеудің автоматтандырылған жүйесі	71
Булатбаев Ф. Н., Бейсенби М. А., Булатбаева Ю. Ф., Закарина А. Ж. Электр беру сымдарындағы ақауларына диагностика жасау	81
Говорун О. В., Говорун В. Ф., Падруль Н. М., Искра Г. М., Мусаев Ж. Б. Ширектолқынды жиілінің жұмыс тартыбы	92
Говорун О. В., Говорун В. Ф., Падруль Н. М., Искра Г. М., Мусаев Ж. Б. Жартытолқынды жиілінің жұмыс тартыбы	103
Елубай М. А., Төлегенов Д. Т., Кульбеков А. М. Қоспаны қолдану арқылы сұйытылған көмірсутекті газдың қасиеттерін жақсарту	113
Жанайдаров Н. Б. Су жылытатын режимдегі бу қазандықтарын аудару	117

Жасандықызы М., Ташев А. А., Вуйцик Вальдемар, Калижанова А. У. Автожуу орнындағы ауыстырмалы адсорбциялы кассеталары бар тартазартқыш каналдарының технологиялық үрдістерін анимациялық модельдеу	127
Ибраев А. Т., Сағындық Ә. Б. Қорапты катодты линзаның параксиалды параметрлерін сандық зерттеу	139
Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Бердиханов А. Е., Кайдар М. Б. Күштік электрониканың құрылғыларын жобалаудағы тенденциялар	146
Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Бодрухин Ф. Ф., Кайдар М. Б., Тюлегенова Л. Б. Қалалық электркөліктің кернеу көзінің тербелістері	152
Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Бодрухина Н. А., Кайдар М. Б., Тюлегенова Л. Б. Тартымды желілерін басқару үшін SauTP бағдарламасын қолдану	158
Кайдар А.Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Булегенов Н. М., Кайдар М. Б., Тюлегенова Л. Б. Тартымды желілеріндегі кернеудің сапасы	166
Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кушкулов Р. К., Кот Е. Н., Кайдар М. Б., Амренова Д. Т. «Каустик» АҚ энергетикалық шығынын төмендету	174
Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Масакбаев Т. Б., Амренова Д. Т. Газ көлікті жүйелеріндегі синхронды жетектерін жаңартуының негізгі бағыттары	181
Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кушкулов Р. К., Кот Е. Н., Кайдар М. Б., Прайс С. Э. «Каустик» АҚ жарғақты электролиздегіш жұмысының мониторинг нәтижелері	190
Каменов Е. А. Жоғарғы қысымды сервомотор орналасуының датчигінің жұмыстан шығу кезіндегі, турбоагрегаттың реттеу жүйесінің жұмыс істеуінің талдауы	201
Каракаев А. К., Бейсенова Х. З., Зарипов Р. Ю. Темір жол вагондарына көмірді тиеу процесін автоматтандыру	209
Кислов А. П., Бойко Г. Ф., Птицына Е. В. Қызметкерлердің еңбек мотивацияларының технологияларын жетілдіру құралы ретінде грейдтер мен KPI	218
Кислов А. П., Бойко Г. Ф., Птицына Е. В. Еңбек ақы төлеуді ынталандыруды ұйымдастырудың ресейлік және халықаралық тежірибесі	226
Кокин С. Б., Тоқтағанов Т. Т. Павлодар қаласының жолаушылар тасымалдау желісін зерттеу және қаланың көлік жүйесін оңтайландыру жолдары	234

Новожилов А. Н., Демидова И. М., Новожилов Т. А. Асинхронды қозғалтқыштардың орамдық тұйықталулардан қорғаныстың сезімталдығын арттыру	240
Новожилов А. Н., Асаинов Г. Ж., Новожилов Т. А., Антонцев А. В. Бекітілген өлшемдік түрлендіргіштермен айналымы ток электр машинасын зақымдануы туралы ақпарат тарату әдістері.....	245
Нургазин Н. Б. Автоматтандырылған басқару жүйелерінің бұзылуға тұрақтылығының арттыруының негізгі аспектітері	254
Ракишева З. Б., Мухамедгали А., Досжан Н. С., Лязат Ж. Т. Жердің магнит өрісінің имитатор жасау	262
Садуақасов Р. Р. Автоматтық басқару жүйесін таспалы конвейермен жаңартуы	267
Тулегенова А., Мирғалиқызы Т. Геофизикалық зерттеулер жүргізуге арналған 3D есептеу торын автоматты тұрғызу алгоритмі	272
Якубова М. З., Сериков Т. Г. IP PBX asterisk now негізінде әзірленген телекоммуникация желілерінің тиімділігін талдау және модельдеу	280
Якубова М. З., Сериков Т. Г. Asterisk қорында IP-телефония желілерін деректерді ұстап қалудан қорғау	289
Авторларға арналған ережелер.....	297

СОДЕРЖАНИЕ

Айтуаров А. Ш., Сержанов Р. И., Богомолов А. В.
Статистический анализ данных производства теплоизоляционных материалов12

Айтуаров А. Ш., Сержанов Р. И.
Анализ производства теплоизоляционного материала16

Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н.
Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» международной выставки «ЕХРО-2017»21

Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н., Расмухаметова А. С.
Применение энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии для тепло- и хладоснабжения объектов Республики Казахстан29

Андреева О. А., Исаев А. К.
Современные проблемы электроэнергетики37

Арынгазин К. Ш., Роев С. Л., Дюсенгалиев А. Б.
Разработка систем внешней транспортировки (труболенточный конвейер) золы и шлака до золоотвала на ТЭЦ45

Бостанбеков К. А.
Разработка системы оценки риска при аварийном разливе нефти с использованием высокопроизводительных вычислений52

Бостанбеков К. А., Балакай Л. А.
Преобразование метеопараметров из формата GRIB в форматы, требуемые для моделирования в ПО MIKE 21 и визуализации в ГИС62

Булатбаев Ф. Н., Бейсенби М. А., Булатбаева Ю. Ф., Закарина А. Ж.
Автоматизированная система контроля и мониторинга электрических сетей71

Булатбаев Ф. Н., Бейсенби М. А., Булатбаева Ю. Ф., Закарина А. Ж.
Электр беру сымдарындағы ақауларына диагностика жасау81

Говорун О. В., Говорун В. Ф., Падруль Н. М., Искара Г. М., Мусаев Ж. Б.
Режимы работы четвертьволновой линии92

Говорун О. В., Говорун В. Ф., Падруль Н. М., Искара Г. М., Мусаев Ж. Б.
Режимы работы полуволновой линии103

Елубай М. А., Толегенов Д. Т., Кульбеков А. М.
Улучшение свойств сжиженного углеводородного газа путем применения присадок113

Жанайдаров Н. Б.
Перевод паровых котлов в водогрейный режим117

Жасандықызы М., Ташев А. А., Вуйцик Вальдемар, Калижанова А. У.
Анимационное моделирование технологических процессов очистного канала со сменными адсорбционными кассетами автомойки127

Ибраев А. Т., Сагындык А. Б.
Численное исследование параксиальных параметров коробчатой катодной линзы139

Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Бердыханов А. Е., Кайдар М. Б.
Тенденции в проектировании устройств силовой электроники146

Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Бодрухин Ф. Ф., Кайдар М. Б., Тюлеженова Л. Б.
Колебания напряжения питания городского электротранспорта152

Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Бодрухина Н. А., Кайдар М. Б., Тюлеженова Л. Б.
Применение программы SauTP для управления тяговыми сетями158

Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Булеженов Н. М., Кайдар М. Б., Тюлеженова Л. Б.
Качество напряжения в тяговой сети166

Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кушкуллов Р. К., Кот Е. Н., Кайдар М. Б., Амренова Д. Т.
Снижение энергетических затрат на АО «Каустик»174

Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кайдар М. Б., Масакбаев Т. Б., Амренова Д. Т.
Основные направления модернизации синхронных приводов газотранспортных систем181

Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кушкуллов Р. К., Кот Е. Н., Кайдар М. Б., Прайс С. Э.
Результаты мониторинга работы мембранного электролизера на АО «Каустик»190

Каменов Е. А.
Анализ функционирования электро-гидравлической системы регулирования турбоагрегата при неисправностях датчиков положения сервомотора высокого давления201

Каракаев А. К., Бейсенова Х. З., Зарипов Р. Ю.
Автоматизация процесса погрузки угля в железнодорожные вагоны209

Кислов, А. П., Бойко Г. Ф., Птицына Е. В.
Грейды и КРІ как инструменты совершенствования технологии мотивации труда персонала218

Кислов А. П., Бойко Г. Ф., Птицына Е. В.
Российский и международный опыт организации материального стимулирования труда226

Коккин С. Б., Токтаганов Т. Т.
Результаты исследования пассажирского транспорта Павлодара и рекомендации по оптимизации транспортной системы города234

Новожилов А. Н., Демидова И. М., Новожилов Т. А.	
Способ повышения чувствительности защиты асинхронного двигателя от витковых замыканий	240
Новожилов А. Н., Асаинов Г. Ж., Новожилов Т. А., Антонцев А. В.	
Методы передачи информации о повреждении электрической машины переменного тока с встроенными измерительными преобразователями ...	245
Нургазин Н. Б.	
Основные аспекты повышения отказоустойчивости автоматизированных систем управления	254
Ракишева З. Б., Мухамедгали А., Досжан Н. С., Лязат Ж. Т.	
Разработка имитатора магнитного поля земли	262
Садуакасов Р. Р.	
Модернизация автоматической системы управления ленточным конвейером	267
Тулегенова А., Миргаликызы Т.	
Алгоритм автоматического построения трехметной расчетной сетки для задач геофизических исследований	272
Якубова М. З., Сериков Т. Г.	
Анализ и моделирование эффективности разработанных телекоммуникационных сетей на базе IP PBX Asterisk NOW	280
Якубова М. З., Сериков Т. Г.	
Защита сетей IP-телефонии на базе Asterisk от перехвата данных	289
Правила для авторов	297

CONTENT

Aituarov A. Sh., Serzhanov R. I., Bogomolov A. V.	
Statistical analysis of the data of thermal insulation materials production	12
Aituarov A. Sh., Serzhanov R. I.	
Analysis of thermal insulating material	16
Alimgazin A. Sh., Berguzinov A. N.	
Application of «Green heating» technology for power supply of the «Energy Research Centre» facility of the international exhibition «Expo-2017»	21
Alimgazin A. S., Berguzinov A. N., Rasmukhametova A. S.	
Application of energy-saving heat pump technologies with the use of alternative energy sources for heat and cold supply of the RK facilities	29
Andreeva O. A., Isaev A. K.	
Modern problems of electric power industry	37
Arynghazin K. Sh., Royev S. L., Dyssenghaliyev A. B.	
Development of the system for external transporting (pipe-belt conveyer) of ash and slag to the ash dump in the thermal power station	45
Bostanbekov K. A.	
The development of risk assessment system for accidental oil spill using high performance computing	52
Bostanbekov K. A., Balakay L. A.	
Conversion of meteorological parameters from GRIB format to formats required for modeling in MIKE 21 software and visualization in GIS	62
Bulatbayev F. N., Beisenbi M. A., Bulatbayeva Y. F., Zakarina A. Zh.	
Automated control and monitoring of electric networks	71
Bulatbayev F. N., Beisenbi M. A., Bulatbayeva Y. F., Zakarina A. Zh.	
Diagnostics of damages on lines of electricity transmissions	81
Govorun V. F., Govorun O. V., Padrul N. M., Iskara G. M., Mussayev Zh. B.	
The operation mode of the quarter-wave line	92
Govorun V. F., Govorun O. V., Padrul N. M., Iskara G. M., Mussayev Zh. B.	
The operation mode of the half-wave line	103
Elubai M. A., Tolegenov D. T., Kylbekov A. M.	
Improvement of liquefied hydrocarbon gas properties by application of additives	113
Zhanaidarov N. B.	
Transfer of steam boilers to water – heating mode	117
Zhassandykyzy M., Tashev A. A., Wojcik Waldemar, Kalizhanova A. U.	
Animated modeling of technological processes of purification of the channel with replaceable desiccant cartridges of carwash	127
Ibraev A. T., Sagyndyk A. B.	
Numerical investigation into the paraxial parameters of box-shaped cathode lens	139

Kaidar A. B., Markovski V. P., Shapkenov B. K., Berdikhanov A. E., Kaidar M. B.
Trends in the design of power electronic devices146

Kaidar A. B., Markovski V. P., Shapkenov B. K., Bodrukhin F. F., Kaidar M. B., Tyulegenova L. B.
Supply voltage fluctuations in the city electrical transport152

Kaidar A. B., Markovski V. P., Shapkenov B. K., Bodrukhina N. A., Kaidar M. B., Tyulegenova L. B.
Application of the SauTP program for traction network control158

Kaidar A. B., Markovski V. P., Shapkenov B. K., Bulegenov N. M., Kaidar M. B., Tyulegenova L. B.
Power quality in traction networks166

Kaidar A. B., Markovski V. P., Shapkenov B. K., Kushkulov R. K., Kot E. N., Kaidar M. B., Amrenova D. T.
Descension of energy losses in the JSC «Caustic»174

Kaidar A. B., Markovski V. P., Shapkenov B. K., Kaidar M. B., Masakbayev T. B., Amrenova D. T.
Basic directions of modernization of synchronous drives in gas transmission systems181

Kaidar A. B., Markovski V. P., Shapkenov B. K., Kushkulov R. K., Kot E. N., Kaidar M. B., Prais S. E.
Results of operation monitoring of the membrane electrolyser in the JSC «Caustic»190

Kamenov Y. A.
The analysis of functioning of electrohydraulic system of a turbine unit regulation at malfunctions of high pressure servomotors' position sensors.....201

Karakayev A. K., Beisenova H. Z., Zaripov R.
Automating the process of loading coal into railroad cars209

Kislov A. P., Boyko G. F., Ptitsyna E. V.
Grades and KPI as instruments of staff motivation technology enhancement218

Kislov A. P., Boyko G. F., Ptitsyna E. V.
The Russian and international experience of material incentives system organisation226

Kokin S. B., Toktaganov T. T.
Results of investigation of passenger transport of Pavlodar and recommendations for optimization of transport system of the city234

Novozhilov A. N., Demidova I. M., Novozhilov T. A.
Increasing the sensitivity of the induction motors protection from short-circuits240

Novozhilov A. N., Assainov G. J., Novozhilov T. A., Antoncev A. B.
Methods of transmission of information on damage of the electrical AC machines with built-in measuring transducer245

Nurgazin N. B.
Basic aspects of fault tolerance increasing in automated control systems254

Rakishva Z. B., Mukhamedgali A., Doszhan N. S., Lyazat Z. T.
Development of simulator of the Earth magnetic field262

Saduakassov R. R.
Modernization of automatic control system for a belt conveyor267

Tulegenova A., Mirgalikyzy T.
Algorithm of automatic construction of the 3D computational grid for geophysical research problems272

Yakubova M. Z., Serikov T. G.
The analysis and modeling of efficiency of the developed telecommunication networks on the basis of IP PBX Asterisk NOW280

Yakubova M. Z., Serikov T. G.
Protection of IP-Telephony networks on the basis of Asterisk from interception of data289

Rules for authors297

А. Ш. Айтуаров¹, Р. И. Сержанов², А. В. Богомолов³

¹магистрант, ²к.т.н., профессор, ³асоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹ayatl2@mail.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье представлены данные производства теплоизоляционных материалов, а также их статистическая обработка. Были проанализированы теплофизические свойства различных материалов и их производство в Республике Казахстан и за границей. Нами были сделаны выводы о перспективности производства данной продукции.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, статистика, производство, строительство.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленность строительных материалов является одной из базовых отраслей экономики Республики Казахстан. С одной стороны, ее доли в общем объеме ВВП промышленности, численности занятых, основных производственных фондов и других показателях относительно невелики, с другой стороны, ее влияние, принимая во внимание мультипликативные эффекты, на развитие экономики в целом достаточно значительно [1].

Велико отставание Казахстана по энергосбережению в коммунальном хозяйстве, где расходуется до 20 % всех энергоресурсов страны и на единицу жилой площади расходуется в 2-3 раза больше энергии, чем в странах Европы. Так, жилые многоэтажные здания у нас потребляют от 350 до 550 кВт ч (м² год), индивидуальные дома коттеджного типа – от 600 до 800 кВт ч (м² год). Вместе с тем за рубежом, например, в Германии, дома усадебного типа потребляют в среднем по стране около 250 кВт ч (м² год), в Швеции – 135 кВт ч (м² год). Лучшие зарубежные образцы жилых зданий потребляют от 90 до 120 кВт ч (м² год) [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Производство теплоизоляционных материалов возросло по сравнению с годом обретения Независимости. Это связано в первую очередь с ростом

объемов строительства жилых и общественных зданий. Данные по статистике производства неметаллической минеральной продукции, в том числе теплоизоляционных материалов приведено на рисунке 1.

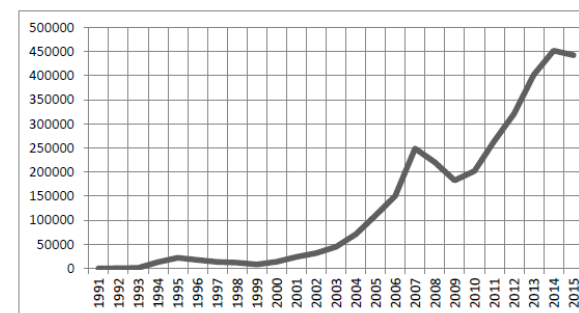


Рисунок 1 – Производство прочей неметаллической минеральной продукции, млн. тенге

Согласно данным, приведенным на рисунке 1, производство неметаллической минеральной продукции возросло с 8 млн. тенге в 1991 году до 452 081 млн. тенге в 2014 году. В 2016 году наблюдался маленький спад производства до 442 989 млн. тенге. Спад производства также наблюдался во время кризиса в 2008-2009 гг. Источником данных является Агентство Республики Казахстан по статистике.

Анализ опыта различных стран в решении проблемы энергосбережения показывает, что одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования, тепловых сетей. В этой связи обращает на себя внимание интенсивное развитие в рассматриваемых странах промышленности теплоизоляционных материалов. В некоторых странах, таких, например как Швеция, Финляндия, Германия, США и других, объем выпуска теплоизоляционных материалов на душу населения более чем в 7 раз превышает этот показатель для Казахстана. По некоторым данным, основным видом применяемых в Казахстане утеплителей являются минераловатные изделия, доля которых в общем объеме производства и потребления составляет более 65 %. Около 8 % приходится на стекловатные материалы, 20 % – на пенополистирол и другие пенопласты [3].

В тоже время структура объемов выпуска утеплителей в соседней к нам России близка к структуре, сложившейся в передовых странах мира, где волокнистые утеплители также занимают 60-80 % от общего выпуска теплоизоляционных материалов.

Следует признать, что качество и ограниченная номенклатура отечественных утеплителей, не в полной мере отвечает нуждам жилищного строительства. Это позволяет ведущим фирмам западных стран успешно продавать свою продукцию на рынках Казахстана. Помимо дешевой и некачественной китайской продукции, на нашем рынке доминирует продукция фирмы «ROCKWOOL» (Дания), ISOVER, Пеноплекс [1].

В настоящее время в республике 11 предприятий по производству минераловатных изделий. Анализ мирового опыта показывает, что ведущие мировые фирмы-производители минераловатной продукции в качестве сырья используют базальтовые породы и современные энергосберегающие плавильные агрегаты. Это позволяет получить высококачественную минеральную вату. В республике в последнее 2-3 года интенсивно внедряются передовые европейские технологии. Построены и введены в эксплуатацию высокопроизводительные предприятия, оснащенные оборудованием из Италии, Словении: товарищество ограниченной ответственности «Изотерм» в Усть-Каменогорске, товарищество ограниченной ответственности «Базальт-А» в Актюбинске.

Потребление тепла в Казахстане составляет около 172 млн. ГКал в год, на теплоснабжение тратится более 30 млн. тонн условного топлива. Для городов Казахстана, как и других республик бывшего Советского Союза, типичным является централизованное теплоснабжение, значительная доля которого в настоящее время находится в неудовлетворительном состоянии. Проведенный анализ показывает, что общие потери тепла в тепловых сетях достигают 30-40%, что в 3-4 раза выше, чем в аналогичных системах стран Европы. Современные требования по энергосбережению ограждающих конструкций диктуют использование высокотехнологичных материалов и систем, позволяющих решить проблему эффективной теплозащиты зданий [2, 4].

Статистические данные об объеме строительных работ приведены на рисунке 2.

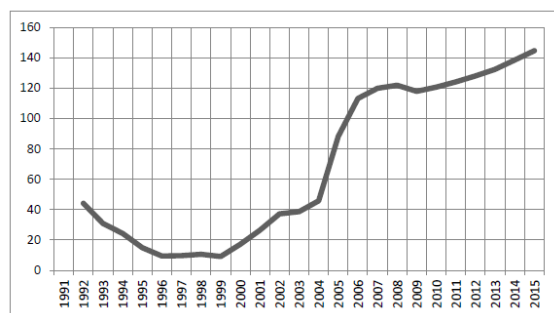


Рисунок 2 – Индекс физического объема строительных работ в процентах к 1991 г.

Данные, приведенные на рисунке 2, показывают, что объем строительных работ значительно вырос по сравнению с 90-ми годами двадцатого века. Это означает появление значительного спроса на строительные материалы, в том числе теплоизоляционных материалов.

ВЫВОДЫ

Из всех приведенных данных можно сделать вывод о перспективности производства теплоизоляционных материалов на территории Республики Казахстан, так как

- растет число строящихся многоэтажных зданий, нуждающихся в утеплении;
- растет число частных домов и строений, которые требуют качественных и доступных строительных материалов;
- реализуются программы по строительству социального жилья;
- государственные программы по поддержке предпринимателей дают возможность создать бизнес, приносящий доход и пользу обществу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Пармухина, Е. Л.** Обзор рынка эковаты. // Журнал «Лучшие фасады». – № 1 (35). – 2013. – С. 24-25.
- 2 **Исаков, О. А., Бекмагамбетов, С. С.** Проблемы создания отечественных энергосберегающих материалов. // Вестник КазНТУ. – № 4. – 2015. – С. 227-231.
- 3 **Гнип, И. Я., Кершулис, В. И.** Теплофизические свойства эковаты. Строительные материалы. – № 11. – 2000. – С. 25-27.
- 4 **Ермолина, А. В., Миронов, П. В.** Теплоизоляционный материал на основе древесноволокнистых продуктов // Хим. раст. сырья. – 2011, № 3. – С. 197-200.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Ш. Айтуаров, Р. И. Сержанов, А. В. Богомолов

Жылуоқшаулағыш материалдарын өндіру статистикалық деректерді талдау

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

Statistical analysis of the data of thermal insulation materials production

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 13.02.17.

Мақалада жылуоқшаулағыш материалдар өндіру және олардың статистикалық өңдеуді ұсынады. Әр түрлі материалдардың жылу физикалық қасиеттері мен оларды Қазақстан Республикасында және шетелде өндіруге талданады. Біз осы өнімдерді өндіру болашағы туралы тұжырымдар жасадық.

The article presents the data of the production of thermal insulation and their statistical processing. The thermal properties of various materials and their production in the Republic of Kazakhstan and abroad were analyzed. Conclusions have been made about the prospects of these products production.

УДК 691.12

А. Ш. Айтұаров¹, Р. И. Сержанов²

¹магистрант, ²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹ayat12@mail.ru

**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

В данной статье приведены данные о производстве теплоизоляционных материалов, получаемых переработкой вторичного сырья. Был проведен анализ теплофизических свойств современных изоляционных материалов и перспективы их производства.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, производство, теплоизоляция, требования.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной проблемой является рациональное использование природных ресурсов и вторичного сырья для производства

полезной продукции. В нашей стране проводится много программ по строительству доступного жилья и поддержке малого и среднего бизнеса, а также науки. Результатом данных программ становится разработка безопасных для человека и окружающей среды теплоизоляционных материалов на основе природных волокнистых продуктов.

Особый интерес представляют те из них, которые обладают низкой теплопроводностью и в то же время оптимальными величинами механической прочности, гигроскопичности и паропроницаемости. Большой интерес представляют большеформатные плиты, или маты, определенной толщины, которые способны удерживать форму, позволяют избежать слеживания и оседания и в связи с этим будут удобны в строительстве [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Теплоизоляционные материалы предназначены для защиты от проникновения тепла или холода. Это обычно очень пористые материалы, имеющие плотность не более 600 кг/м³ и низкую теплопроводность не более 0,18 Вт/(м · К).

Теплопроводность – свойство материала передавать теплоту от одной поверхности другой. $\lambda_{\text{возд.}} = 0,023 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ меньше твердого вещества.

Строительство домов часто ассоциируется с получением уютного, теплого и надежного жилья. Вид применяемого утеплителя оказывает решающее влияние на удовлетворение данных требований.

Требования к теплоизоляционным материалам.

1 Механическая прочность, обеспечивающая надежность материалов при монтаже и эксплуатации.

2 Высокая биостойкость, исключая гниение и порчу грызунами.

3 Химическая стойкость.

4 Материал в сухом состоянии должен быть негигроскопичен.

Увеличение пористости материала является основным способом уменьшения теплопроводности. В материале стремятся создавать мелкие закрытые поры, чтобы снизить количество теплоты, передаваемой конвекцией и излучением. На практике удобно судить о теплопроводности материала по его плотности [2, 3].

На основании результатов исследований [2] предложены регрессионные уравнения для вычислений:

– равновесного удельного влагосодержания эковаты в зависимости от относительной влажности воздуха при температуре $T=(20\pm 2)^\circ\text{C}$;

– коэффициента теплопроводности сухой эковаты в зависимости от плотности засыпки;

– количественной оценки влияния влажности эковаты на ее коэффициент теплопроводности.

В настоящее время на основе волокон древесины изготавливаются широко известные теплоизоляционные материалы, такие как «Эковата», мягкие ДВП «Софтборд», «Древовата», материалы на основе натуральной шерсти «Klimalan» (Клималан) и льна «ISOLINA». Все они имеют свои особенности.

«Эковата» изготавливается на основе макулатурного сырья, к которому предъявляются достаточно высокие требования. При сухом способе укладки «Эковата» сильно пылит, при утеплении сложных поверхностей необходимо дополнительное оборудование и увлажнение. Мягкие ДВП «Софтборд» и «Древовата» могут быть произведены только в условиях многотоннажного индустриального производства. Теплоизоляционные материалы на основе шерсти и льна имеют достаточно высокую стоимость и подвержены биодеструкции [1, 4].

В работе анализировались данные получения теплоизоляционного материала из льна. Был проведен анализ образцов теплоизоляционного материала с различным содержанием костры льна, молодой путаницы после мочки льна и волокнистой фильтр-массой.

В картонно-бумажной промышленности волокнистая фильтр-масса является одним из отходов. В ее состав входит от 60 до 90 % воды (влажности), до 70 % волокна целлюлозы и до 30 % каолина.

Костра льна и путаница после мочки льна являются основными отходами первичной переработки льна. Они состоят из органических соединений: целлюлозы и гемицеллюлоз до 68 %, лигнин до 30 %, растворимых веществ до 3 %. Путаницу после мочки льна составляют некондиционные стебли, волокна, корни, корочки семян льна.

Все указанные компоненты в заявляемой массе являются необходимыми в совокупности и только в заявляемых количествах служат достижению положительного эффекта (табл. 1)

Таблица 1 – Примеры предлагаемых составов масс, мас. %

Опыт	Состав массы, мас. %		
	Костра льна	Молотая путаница после мочки льна	Волокнистая фильтр-масса
1	46	16	38
2	60	14	26
3	74	12	14
4	80	10	10

5	40	20	40
Известное	20	80	-
	39	71	-

Масса для получения теплоизоляционного материала, включающая костру льна и молотый отход первичной переработки льна, отличающаяся тем, что, с целью снижения плотности теплоизоляционного материала и коэффициента теплопроводности, она в качестве молотого отхода первичной переработки льна содержит молотую путаницу после мочки льна и дополнительно фильтр-массу от вакуумных сетей очистных сооружений картонно-бумажной промышленности (скоп) влажностью 60-90 % при следующем соотношении компонентов, мас. : костра льна 46-74 %, молотая путаница после мочки льна 12-16 %, указанный скоп 14-38 %.

Результаты испытаний образцов теплоизоляционного материала представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Физические свойства образцов теплоизоляционного материала, полученных из предлагаемой массы

Опыт	Средняя плотность, кг/м ³	Объемная усадка, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К/	Прочность при сжатии при 10% деформации, %	Предел прочности при изгибе, МПа
1	200	2,3	0,058	0,72	0,45
2	228	1,8	0,060	0,79	0,52
3	250	1,6	0,062	0,90	0,73
4	302	1,5	0,065	0,91	0,64
5	218	4,2	0,059	0,87	0,46
Известное	495	4,0	0,078	1,05	0,51
	385	2,8	0,067	0,65	0,32

Как видно из табл. 2, плотность, коэффициент теплопроводности, объемная усадка образцов из предлагаемой массы для теплоизоляционного материала значительно меньше, чем в те же показатели образцов из известной массы.

ВЫВОДЫ

Материал из предлагаемой массы обладает хорошими теплоизоляционными свойствами. применение его в сельскохозяйственном строительстве позволяет не только экономить энергию отопления, уменьшить

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ермолина, А. В., Мионов, П. В.** Теплоизоляционный материал на основе древесноволокнистых продуктов // Хим. раст. сырья. – 2011, № 3. – С. 197-200.

2 **Гнип, И. Я., Кершулис, В. И.** Теплофизические свойства эковаты // Строительные материалы. – 2000. – № 11. – С. 25-27.

3 **Корчагина, О. А., Однолько, В. Г.** Теплоизоляционные материалы: Метод. указ. // Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. – 2004. – 32 с.

4 **Пармухина, Е. Л.** Обзор рынка эковаты // Журнал «Лучшие фасады». – 2013. – № 1 (35). – С. 24-25.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

A. Sh. Aituarov, R. I. Serzhanov

Жылуоқшаулағыш материал өндірісін талдауы

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. Sh. Aituarov, R. I. Serzhanov

Analysis of thermal insulating material

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.02.17.

Осы мақалада қайталама шикізатты қайта өңдеумен өндірілген оқшаулағыш материалдар шығаратын туралы деректер ұсынады. Қазіргі заманғы оқшаулағыш материалдардың жылуфизикалық қасиеттерін және олардың өндіру перспективаларын талдауы жүргізілді. Табиғи шикізаттан осындай материалдарды өндіру үлгісі берілді.

This article presents data on the production of insulation materials produced in processing of secondary raw materials. Thermal properties of modern insulating materials and the prospects for their output was analyzed. An example of the production of insulation materials from natural raw material was given.

А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов²

¹д.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; ²доктор PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар
e-mail: 'alimgazin_altai@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ЗЕЛЕНое ОТОПЛЕНИЕ» ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТА «ЦЕНТР ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГИИ» МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ «EXPO-2017»

В данной работе предлагаются к применению технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» международной выставки «EXPO-2017»

Ключевые слова: тепловой насос, энергосбережение, отопление.

Ученые НИИ «Энергосбережение и энерго-эффективные технологии» (далее - ЭиЭТ) ЕНУ им. Л. Н. Гумилева совместно с ТОО «Научно-технический центр КазЭкоТерм» рамках реализации основных положений Закона «О коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической деятельности», Государственной Программы «Энергосбережение-2020» на протяжении ряда лет занимаются НИР по внедрению в Республике Казахстан энергоэффективных теплонасосных технологий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) [1-14].

Проект «Применение технологии «зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» Международной выставки «EXPO-2017», представленный от Университета (научный руководитель – д.т.н., профессор Алимгазин А. Ш.), прошел конкурсный отбор и будет представлен в числе 11 лучших проектов от Республики Казахстан в национальном павильоне «Казахстан» (Сфера) [6, 13].

В основу энергосбережения на объекте «Центр исследования энергии» заложена концепция снижения затрат за счет рекуперации (возврата) тепловой энергии в вентилируемом воздухе, а также использование сбросного тепла из помещения ЦОД.

Объект ЦОД (здание Центра обработки данных EXPO-2017)

Исходные данные по расчету тепловых нагрузок объекта представлены генподрядчиком ТОО «Транстелеком».

Краткая характеристика ЦОД

Общая площадь, $S_{от., м_2} - 800$;

Количество IT серверов в здании ЦОД – 30

Тепловая нагрузка одного IT серверов, кВт – 10

Суммарная тепловая энергия на сброс ч/з градирни, $Q_{общ., кВт/Гкал/час} - 300 / 0,258$

В соответствии с представленными исходными данными по расчету тепловых нагрузок на отопление, ГВС и вентиляцию объекта, проведены предварительные расчеты и предлагается следующий вариант теплоснабжения здания Центра исследования энергии ЭКСПО-2017:

- применение технологии «зеленое отопление» для теплоснабжения объекта (скважины «вода-вода»+ использование сбросного тепла системы охлаждения IT-серверов здания и утилизируемой теплоты вентиляционных выбросов здания с применением тепловых насосов)

Соответственно, суммарные затраты по рассматриваемой комбинированной схеме теплоснабжения объекта «Центр исследования энергии» составляют:

$$K_{сумм.} = K_{тну-отоп.} + K_{тну-вент.+гвс} = 71,5 + 50,0 = 121,5 \text{ млн.тенге}$$

Ниже приведены некоторые данные по подбору основного теплонасосного оборудования с использованием альтернативных источников энергии (теплоты грунтовых вод и сбросной теплоты здания).

Предлагаемые технические решения для тепло- и хладоснабжения объектов

Исходя из анализа вышеприведенных исходных данных по объектам, предлагаются *различные варианты применения* энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием в них нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) для энергообеспечения объектов ЭКСПО-2017.

Применение технологий «Зеленое отопление» для объекта ЦОД

При работе IT серверов выделяется большое количество тепла, которое с помощью систем кондиционирования выводится за пределы ЦОД и безвозвратно теряется в окружающей среде. При этом эффективность возврата тепловой энергии – практически нулевая.

Применение тепловых насосов (ТН) является одним из самых **энергосберегающих решений**, позволяющих повысить *энергоэффективность ЦОД путем утилизации (рекуперации) сбросной теплоты выбрасываемого воздуха и эффективного охлаждения оборудования*, установленного на ЦОД. На сегодняшний день такая система является наиболее эффективной с точки зрения эксплуатационных затрат. Вместе с производством холода тепловой насос может производить *высокопотенциальное тепло*.

Предлагаемая система «зеленое отопление» включает в себя нетрадиционные системы отопления с использованием энергосберегающих теплонасосных технологий тепло- и хладоснабжения объектов инфраструктуры ЕХРО-2017.

Система «зеленое отопление» рассчитана как на работу в ЦОД, которая будет не только *охлаждать оборудование ЦОД, но и обеспечит отопление здания Центра исследования энергии, нагрев воды для технических нужд зданий (горячее водоснабжение)*.

Суммарное количество теплоты ($Q_{общ., кВт/ч / Гкал/ч}$) составляет:

$$Q_{общ.} = 2\,284,48 \text{ кВт/ч (1,964 Гкал/час);}$$

– потенциал сбросного тепла от IT-серверов ЦОД составляют 0,3 МВт (0,258 Гкал/час)

Рассчитано расчетное количество теплоты, которое снимается охлаждающей жидкостью (этиленгликоль) системы охлаждения IT-серверов со следующими параметрами:

– объем охлаждающей жидкости – 13 м³/час;

– средняя начальная температура нагретой жидкости после IT- серверов равна 45 °С;

– конечная температура, до которой необходимо охладить жидкость с использованием тепловых насосов, равна 15 °С;

– коэффициент преобразования КОП для фреона R-134 равен 5

Таким образом, количество низкопотенциального тепла составляет:

$$Q_{нит.} = (45-15) * 13 * 10^{-3} * 106 * 5 = 0,39 * 5 = 1,95 \text{ Гкал/час}$$

Использование в качестве ВИЭ теплоты грунтовых вод на объекте ЦОД

В данном варианте проекта в качестве низкопотенциального источника теплоты (НИТ) предлагается использование теплоты подземной грунтовой воды температурой порядка +8-10 °С.

Из анализа предоставленных Заказчиком данных по проведенным ТОО «Караганда ГИИЗ» (2014 г.) гидрогеологическим изысканиям и консультаций с организациями, осуществляющими аналогичные работы на левом берегу г. Астаны, следует, что примерный дебет каждой будущей скважины (глубиной до 50 м) в районе проведения работ составляет примерно 8-15 м³/час.

Согласно предварительных расчетов (см. Приложение 1), для обеспечения работы теплонасосной системы отопления объекта тепловой мощностью $Q_{от.}$ кВт/час/Гкал/час – 391,986 кВт/час (или 0,3356 Гкал/час) необходимо осуществить бурение порядка 6 подъемных скважин с обустройством погружных насосов и 6 сбросных скважин, т.е. всего – 12 скважин.

Точное количество и глубина скважин будут уточнены после проведения первого этапа работ по бурению разведочно-эксплуатационных скважин.

По результатам проведенных работ проведено сравнение эксплуатационных затрат здания «Центр исследования энергии» от различных систем теплоснабжения.

Сравнение эксплуатационных затрат здания «Центра исследования энергии» от различных теплоисточников

С целью оценки эффективности применения теплонасосных технологий с использованием ВИЭ (теплоты грунтовых вод) проведем сравнение годовых эксплуатационных затрат от различных теплоисточников: центрального теплоснабжения (от ТЭЦ-2 г. Астаны) и теплонасосной котельной с использованием альтернативных источников энергии.

Таблица 1 – Объект «Центр исследования энергии» (ЦИЭ)

Наименование здания	Периоды года при t(н),0С	Q от., кВт/ч / Гкал/ч	Qвент., кВт/ч / Гкал/ч	Qгвс., кВт/ч / Гкал/ч	Qобщее кВт/ч / Гкал/ч	Расход холод, кВт
Центр исследования энергии	Холодный	391,986/ 0,3356	1 652,0/ 1,4204	240,5/ 0,2068	2 284,48/ 1,964	-
	Теплый	-	-	-	-	533,533

Суммарная тепловая нагрузка объекта, Qобщ., Гкал/час – 1,964

Годовое производство теплоты на теплоснабжение здания ЦИЭ составляют:

$$Q_{год} = Q_{от.} * T_{отоп.} + Q_{вент.} * T_{гвс} + Q_{гвс} * T_{гвс} = 0,3356 * 5160 + 1,4204 * 8760 + 0,2068 * 8760 = (1 731,696 + 12 442,704 + 1 811,568) = 15 895,968 \text{ Гкал/год}$$

– центральное отопление

Исходными данными для проведения расчетов являются тарифы на тепловую и электрическую энергию по г. Астане (данные АО «Астанаэнергосбыт» от 30.06.2015 г.)

Стоимость 1 Гкал/час тепловой энергии равна Ц_{гкал} = 2 892,29 тенге/Гкал (с НДС), стоимость 1 кВт*ч электрической энергии равна Ц_{квтч} = 15,41 тенге/кВт*ч (с НДС).

Суммарные годовые эксплуатационные затраты на теплоснабжение объекта определяются как:

$$\text{Э}_{экс.тэц} = (\text{Э}_{экс.отоп.} + \text{Э}_{экс.вент.} + \text{Э}_{экс.гвс.}) * \text{Ц}_{гкал} = (Q_{от.} * T_{отоп.} + Q_{вент.} * T_{гвс} + Q_{гвс} * T_{гвс}) * \text{Ц}_{гкал} = (0,3356 * 5160 + 1,4204 * 8760 + 0,2068 * 8760) * 2892,29 = (1 731,696 + 12 442,704 + 1 811,568) * 2892,29 = 15 895,968 * 2892,29 =$$

$$= 46 236,055 \text{ тыс.тенге/год}$$

Итого – Э экс.тэц = 46 236,055 тыс.тенге/год

– *теплонасосная котельная*

Суммарные затраты электроэнергии на привод оборудования составляют 250 кВт.

Стоимость израсходованной на электропривод тепловых насосов электроэнергии при средневзвешенной стоимости (с учетом льготного ночного тарифа) одного кВт·ч электроэнергии Ц_{квтч}, равна, С_{ээ}:

$$C_{экс.тнв} = \text{Ц}_{квтч} * 1,163 * Q_{год} * K_{тнф}, \text{ тыс.тенге/год,}$$

где – K_{тн} – коэффициент неравномерности использования тепла в тепловом насосе, принимаем K_{тн} = 0,3.

– φ – коэффициент преобразования, = 4 (паспорт завода-изготовителя)

$$C_{экс.тнв} = 15,41 * 1,163 * 15 895,968 / 4 * 0,3 = 15,41 * 1,163 * 3 973,99 * 0,3 = 21 366,362 \text{ тыс.тенге}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнение годовых эксплуатационных затрат здания «Центра исследования энергии» от различных теплоисточников

№	Название теплоисточника	Стоимость годовых эксплуатационных затрат, Эгод.экс, тыс.тенге	Стоимость 1 Гкал/час, тенге/Гкал (с НДС)
1	Центральное отопление (от ТЭЦ-2 г.Астаны)	46 236,055	2 892
3	Теплонасосная котельная	21 366,362	1 344

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина (Бахтиярова), С. Г.** Разработка технологий и внедрение теплонасосных систем теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в Республике Казахстан с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии // – Астана : Изд-во «Арт-принт», 2010. – 171 с.

2 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г.** Теплонасосные технологии для теплоснабжения различных объектов. Опыт Республики Казахстан // АВОК. – Энергосбережение. – 2013. – № 8. – С. 68-73.

3 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Кислов, А. П., Амренова, Д. Т.** Разработка технологий утилизации низкопотенциального тепла оборотных циклов водоснабжения промышленных предприятий Республики Казахстан с использованием тепловых насосов нового

поколения. // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2015. – № 2. – С. 21-25.

4 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Petin, Y. M.** Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy at the heat power plants-2 (Astana city). // «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus, 2015, September 07-10. – P. 230-235.

5 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Zhalmagambetov, B. N.** Analysis of prospects of technology heat pump to produce extra heat energy for JSC «TPP-2» Astana. // Proc.: Proceedings of the 3 International Forum «Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015). – Yalta, 2015, November 17-19.

6 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Алимгазина, С. Г.** Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» Международной специализированной выставки ЕХРО-2017 // В кн.: Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения» – г. Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2016, 17 марта. – С. 28-35.

7 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Калиев, Б. А.** Оценка перспектив применения тепло-насосных технологий с использованием возобновляемых источников энергии при рекон-струкции АО «Международный аэропорт г. Астана» // В кн.: Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения» – г. Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2016, 17 марта. – С. 38-41.

8 **Бижигитов, С. Е., Алимгазин, А. Ш.** Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального сбросного ТОО «ПНХЗ» для подогрева химводы на питание котлов предприятия // В кн.: Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения» – г. Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2016, 17 марта. – С. 99-101.

9 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Постников, В. А., Тлеубаев, А. С.** Перспективы внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий с утилизацией сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения на ПФ ТОО «KSP STEEL» // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016 г., – С. 27-33.

10 **Алимгазин, А. Ш., Бахтияров, А. Е., Бектурганов, С. О.** Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального тепла циркуляционной воды конденсаторов турбин АО «Станция ГРЭС-2» для теплоснабжения здания береговой насосной станции // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, 2016, октябрь. – С. 39-46.

11 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Бахтияров, А. Е.** Анализ перспектив применения теплонасосных технологий на металлургических предприятиях Республики Казахстан. // В сбор. трудов «VIII Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования металлургических печей», МИСиС, М., 2016, октябрь. – С. 238-250.

12 Патент РК № 1843 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А. Ш., Петин Ю. М., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е. // Бюл. № 16 от 30.11.20.

13 Патент РК на полезную модель «Теплонасосная установка для тепло- и хладоснабжения» – авт. Алимгазин А. Ш., Омаров К. С., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е. /Регистр. номер 2016/0304.2 от 01.06.2016 г.

14 Положительное решение от 05.12.2016 г. № 36344 по заявке на получение патента РК на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авт. Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г., Омаров К. С., Бахтияров А. Е., Калиев Б. А. // Бюл. №4 от 28.02.2017 г.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов²

«ЕХРО-2017» халықаралық көрмеде «энергияны зерттеу орталығы» энергияны қамтамасыз ету объектісі үшін «жасыл жылыту» технологиясын қолдану

¹Л. Н. Гумилев атындағы
Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.;

²С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

Application of «Green heating» technology for power supply of the «Energy Research Centre» facility of the international exhibition «Expo-2017»¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana;²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 13.02.17.

Берілген мақалада «EXPO-2017» халықаралық көрмеде «энергияны зерттеу орталығы» энергияны қамтамасыз ету объектісі үшін «жасыл жылыту» технологиясын қолдану қарастырылған.

In this article we propose to use the «Green heating» technology for power supply of the «Energy Research Centre» facility of the international exhibition «Expo-2017».

УДК 621.577

**A. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов²,
А. С. Расмухаметова³**

¹д.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, ²доктор PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, ³докторант PhD, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы
e-mail: ¹alimgazin_altai@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕПЛОАСОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛО-
И ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

В статье рассмотрены возможности применения энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии для тепло- и хладообеспечения объектов.

Ключевые слова: теплонасосные технологии, энергосбережение, низкопотенциальная теплота.

Одним из перспективных нетрадиционных методов теплоснабжения в условиях Республики Казахстан с ее продолжительными и достаточно суровыми зимами является полезное использование рассеянного низкотемпературного (5-45 °С) природного тепла или сбросного промышленного тепла для теплоснабжения объектов с помощью энергосберегающих теплонасосных технологий [1-14].

Теплонасосные установки (ТН) преобразуют альтернативные источники энергии (теплота грунтов, грунтовых вод, теплота промышленных стоков предприятий и т.д.) в высокопотенциальную тепловую энергию, применяемую для обогрева жилищ и получения горячей воды, а также выработки холода для кондиционирования.

Развитие и усовершенствование теплонасосных установок, постоянно возрастающий спрос на них, привели к тому, что многие высокоразвитые страны (США, Япония, КНР, Швеция, Германия, Финляндия и т.д.) используют их как основной источник в системах отопления и горячего

водоснабжения жилых, общественных и производственных помещений, при утилизации низкопотенциальной теплоты в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, сельском хозяйстве [1-4].

Ученые НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» (Э и ЭТ) ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, в рамках реализации основных положений Законов «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», «О коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической деятельности», Государственной Программы «Энергосбережение-2020», на протяжении ряда лет занимаются НИР по внедрению в Республике Казахстан энергоэффективных теплонасосных технологий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) [4-14].

В Республике Казахстан авторским коллективом (под руководством д.т.н., проф. Алимгазина А. Ш.) на протяжении 1999-2016 гг. [4-14]:

- разработаны научные и практические основы применения теплонасосных технологий для теплоснабжения объектов бюджетной сферы и ЖКХ, промышленности, сельском хозяйстве и т.п. в ряде климатических регионов Республики Казахстан;

- исследованы экономические и экологические аспекты применения ТН с различными источниками низкопотенциальной теплоты с температурой от +5 °С до +45 °С (теплота грунтов, грунтовых вод, теплота сточных вод канализационно-очистных сооружений городов, теплота воды циклов оборотного водоснабжения, теплота обратной линии тепловых сетей);

- применительно к суровым климатическим условиям Республики Казахстан разработана уникальная, запатентованная технология и на конкретных объектах реализованы различные схемы применения ТН с использованием НВИЭ [13, 14];

- подготовлена нормативно-техническая документация, утвержденная Постановлением НТС Комитета по делам строительства и ЖКХ Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан от 4.11.2009 г. № 11-1 [5].

- запущена первая отечественная сборочная линия тепловых насосов единичной мощностью до 500 кВт (2010 г.).

Практическая реализация инновационных проектов с применением ТН в Республике Казахстан дает:

- значительную, в 2-4 раза, экономию бюджетных средств страны, расходуемых на автономное теплоснабжение различных объектов (административные здания, детские сады, школы, больницы, учебные заведения, исправительные учреждения и др.);

- возможность существенного снижения выбросов парниковых газов в окружающую среду и одновременным получением теплоты более высоких параметров для теплоснабжения как административно-производственных

зданий и сооружений предприятий, так и различных объектов городской инфраструктуры.

В настоящее время в Республике Казахстан [4, 6-12] успешно работают ряд ТН различной мощности (от 4 кВт до 3 МВт) в промышленном секторе (АО «Казцинк», 1999 г.), АО «НАК КазАтомпром», канализационно-очистные сооружения (г. Астана, г. Шымкент, г. Петропавловск), объектах бюджетной сферы (г. Астана, Усть-Каменогорск, Павлодар, Караганда и др.), сельском хозяйстве, на объектах малого и среднего бизнеса (коттеджи, магазины, кафе, гостиницы, станции технического обслуживания и т.д.).

В г. Астане ТН установлены на ряде объектов – «Мега-центр», спортивные сооружения, Центр энергосбережения, бизнес-Центры («Санкт-Петербург» и др.), на новом железнодорожном вокзале столицы, десятках коттеджей и т.д.

Перспективы широкомасштабного использования данной технологии в Республике Казахстан – внедрение новых технологий возобновляемой энергетики на базе ТНУ позволит, в дальнейшем, во многих случаях отказаться от существующих систем традиционного теплоснабжения объектов (автономные котельные на твердом, жидком и газообразном топливах, электрокотельные), что даст возможность получить значительную экономию бюджетных средств, выделяемых ежегодно на закупку различных видов топлив, ремонты существующего котельного оборудования и тепловых сетей [4, 6 -12].

Основными потенциальными потребителями ТН являются, в первую очередь, организации бюджетной сферы (учреждения образования, здравоохранения, культуры и спорта, Министерства обороны, административные здания), которые выделяют значительные средства за надежную и бесперебойную подачу тепловой энергии в виде тепла и горячей воды к этим объектам; жилые массивы в районах городов и коттеджи в сельской местности, удаленные от магистралей централизованного теплоснабжения.

Проект «Применение технологии «зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» Международной выставки «ЕХРО-2017», представленный от Университета (научный руководитель – д.т.н., профессор Алимгазин А. Ш.), прошел конкурсный отбор и будет представлен в числе 11 лучших проектов от Республики Казахстан в национальном павильоне «Казахстан» (Сфера) [14].

В основу энергосбережения на объекте «Центр исследования энергии» заложена концепция снижения затрат за счет рекуперации (возврата) тепловой энергии в вентилируемом воздухе, а также использование сбросного тепла из помещения Центра обработки данных (ЦОД) [14].

Исходя из анализа вышеприведенных исходных данных по объектам, предлагаются различные варианты применения энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием в них нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) для энергообеспечения объектов ЭКСПО-2017.

Применение технологий «Зеленое отопление» для объекта ЦОД

При работе IT серверов выделяется большое количество тепла, которое с помощью систем кондиционирования выводится за пределы ЦОД и безвозвратно теряется в окружающей среде. При этом эффективность возврата тепловой энергии – практически нулевая.

Применение тепловых насосов (ТН) является одним из самых энергосберегающих решений, позволяющих повысить *энергоэффективность ЦОД путем утилизации (рекуперации) сбросной теплоты выбрасываемого воздуха и эффективного охлаждения оборудования*, установленного на ЦОД. На сегодняшний день такая система является наиболее эффективной с точки зрения эксплуатационных затрат. Вместе с производством холода тепловой насос может производить *высокопотенциальное тепло*.

Система «зеленое отопление» включает в себя нетрадиционные системы отопления с использованием энергосберегающих теплонасосных технологий тепло- и хладоснабжения объектов инфраструктуры EXPO-2017.

Система «зеленое отопление» рассчитана как на работу в ЦОД, которая будет не только *охлаждать оборудование ЦОД, но и обеспечит отопление здания Центра исследования энергии, нагрев воды для технических нужд зданий (горячее водоснабжение)*.

Проведена оценка эффективности применения теплонасосных технологий с использованием НВИЭ (теплоты грунтовых вод, сбросная теплота воздуха) путем сравнения годовых эксплуатационных затрат от различных теплоисточников: центрального теплоснабжения (от ТЭЦ-2 г. Астаны) и теплонасосной котельной с использованием альтернативных источников энергии.

Как показывает мировой опыт, одним из перспективных направлений повышения энергоэффективности производственных процессов, существенного снижения его энергоемкости, является применение тепловых насосов (ТН) для *утилизации низкотемпературных тепловых отходов технологических процессов предприятий* (сбросные воды предприятий, вода из системы оборотного водоснабжения (СОВ) и т.п.) с целью уменьшения вредных выбросов в атмосферу и одновременным получением теплоты более высоких параметров [4, 6-14].

В Республике Казахстан действует 37 ТЭЦ, несколько ГРЭС, на которых в существующих системах оборотного водоснабжения сбрасывают с

охлаждающей водой 45-55 % энергии топлива. Иногда решающим фактором в выборе площадки для строительства ТЭС оказывается наличие естественных водоемов, способных без особого ущерба воспринять значительный объем бросовой теплоты (например, Усть-Каменогорская ТЭЦ, Согринская ТЭЦ и др.), тем самым осуществляя тепловое загрязнение этих водоемов [4, 6-12].

Промышленные предприятия (металлургия, нефтехимия, машиностроение и др.) потребляют в градирнях огромное количество воды для охлаждения машин и рабочих тел в различных технологических процессах. Эти «тепловые реки» имеют круглый год температуру 20-45 °С, практически не позволяющую использовать теплоту непосредственно, и охлаждаются в градирнях, прудах-охладителях, реках, отдавая в атмосферу вместе с теплотой часть воды.

При мировых тенденциях экономии топливных ресурсов, сбросное тепло в градирнях (прудах-охладителях, реках) необходимо полезно использовать.

Уже существует определенный зарубежный опыт в этом направлении (Финляндия, Швеция, Япония, КНР, Россия и др.), который продемонстрировал, что применение ТН на ТЭЦ выгодно не только технологически (улучшается вакуум в конденсаторе и повышается выработка электроэнергии), но и экономически (реальная экономия топлива или повышение тепловой мощности ТЭЦ без дополнительных расходов на топливо и излишних капитальных затрат) [1-4, 6-8].

Применение теплонасосных технологий на предприятиях энергетики, металлургии, нефтехимии, машиностроения и т.п. дает возможность вернуть в систему энергообеспечения предприятий большие объемы теряемого тепла без дополнительного сжигания различных видов топлива, что позволит получить значительный экономический эффект, при этом существенно уменьшая выбросы парниковых газов в атмосферу [1-14].

При применении ТН в результате *использования сбросной теплоты оборотной воды предприятий (десятки тысяч м³/час)*, идущей на охлаждение в системы оборотного водоснабжения СОВ (градирни, пруды-охладители, водоемы) в качестве низкопотенциального источника теплоты, все утилизируемое тепло может быть направлено в тепловые схемы предприятий на отопление и ГВС производственных, административных и бытовых зданий, что, в конечном итоге, даст возможность значительной экономии тепловой энергии.

Внедрение ТН на вышеуказанных объектах повысит эффективность работы теплоэнергетического оборудования станций, промышленных предприятий и даст государству значительную экономию бюджетных средств [4, 6-13].

Рассмотрим перспективы использования ТН (2017-2020 гг.) на одном из крупных металлургических заводов страны – ТОО«KSP Steel»

(г. Павлодар). Круглогодичное применение данной технологии планируется для повышения энергетической и экономической эффективности работы данного предприятия при утилизации низкопотенциального сбросного тепла СОВ предприятия [10, 12, 13].

Существующая схема теплоснабжения предприятия осуществляется за счет покупной тепловой и электрической энергии с ТЭЦ -3 г.Павлодара, на что ежегодно затрачивает значительные средства (порядка 3,5-4 млрд.тенге).

В то же время существующие вентиляторные градирни СОВ предприятия выбрасывают в атмосферу значительные объемы тепловой энергии (по нашим оценкам, в зависимости от сезона порядка 280-450 Гкал/час), при этом существенны затраты предприятия на покупку электрической энергии для работы градирен.

Охлаждение оборотной воды в объеме 28 000 м³/час от температуры +45 °С (зимой) и +35 °С (летом) до температуры +25 °С осуществляется от вентиляторных градирен, на что затрачивается в течение года *значительное количество покупной электроэнергии* от ТЭЦ.

При этом физическое тепло водооборотных систем, которое через градирни выводится в атмосферу, безвозвратно теряется, что также экономически нецелесообразно.

Ожидаемые результаты

Применение теплонасосных технологий на ПФ ТОО «KSP Steel» и других промышленных предприятиях, агропромышленном комплексе страны позволит вернуть в систему теплоснабжения предприятия значительные объемы безвозвратно теряемого тепла без дополнительного сжигания традиционных видов топлива, что позволит получить существенный экономический эффект, отказаться от покупок тепловой и электрической энергии извне, при этом уменьшая тепловое загрязнение окружающей среды [4-13].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Рей, Д., Макмайкл, Д.** Тепловые насосы: пер.с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с.

2 **Петин, Ю. М., Накоряков, В. Е.** Тепловые насосы // Росс: химич. журнал. – 1997, № 6. – С. 107-111.

3 **Петин, Ю. М.** Опыт десятилетия производства тепловых насосов в ЗАО «Энергия» // Энергетическая политика, 2001, Вып. 3, – с. 28-33.

4 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина (Бахтиярова), С. Г.** Разработка технологий и внедрение теплонасосных систем теплоснабжения жилых,

общественных и производственных зданий в РК с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Издательство «Артпринт», монография, – Астана, 2010. – 171 с.

5 **Алимгазин, А. Ш., Бахтиярова, С. Г., Тяп, Р. Н., Алимгазинов, Д. Ш.** Руководство по применению тепловых насосных установок с использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов. Государственные нормативы в области строительства, градостроительства и строительства. // Изд-во «Проектная академия KAZGOR», г. Астана, 2010. – 45 с.

6 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г.** Теплонасосные технологии для теплоснабжения различных объектов. Опыт Республики Казахстан // АВОК. – Энергосбережение. – 2013. – №8. – С. 68-73.

7 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Petin, Y. M.** Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy at the heat power plants-2 (Astana city). // «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus, 07-10 September 2015, – S. 230-235.

8 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Zhalmagambetov, B. N.** Analysis of prospects of technology heat pump to produce extra heat energy for JSC «TRP-2» Astana. // Proc.: Proceedings of the 3 International Forum “Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015), Yalta, 17-19 November, 2015.

9 **Бижигитов, С. Е., Алимгазин, А. Ш.** Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального сбросного ТОО «ПНХЗ» для подогрева химводы на питание котлов предприятия // В кн.: Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения». – г. Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 17 марта 2016. – С.99-101.

10 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Постников, В. А., Тлеубаев, А. С.** Перспективы внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий с утилизацией сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения на ПФ ТОО «KSP STEEL» // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С.Торайгырова, октябрь 2016 г., – С. 27-33.

11 **Алимгазин, А. Ш., Бахтияров, А. Е., Бектурганов, С. О.** Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального тепла циркуляционной воды конденсаторов турбин АО «Станция ГРЭС-2» для теплоснабжения здания береговой насосной станции // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка

промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016 г., – С. 39-46.

12 Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Бахтияров, А. Е. Анализ перспектив применения теплонасосных технологий на металлургических предприятиях Республики Казахстан. // В сбор. трудов «VIII Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования металлургических печей», МИСиС, г. Москва, октябрь 2016. – С. 238-250.

13 Патент РК № 1843 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А. Ш., Петин Ю. М., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е. // Бюл. №16 от 30.11.2016 г.

14 Патент РК № 2048 на полезную модель «Теплонасосная установка для тепло- и хладоснабжения» – авт. Алимгазин А. Ш., Омаров К. С., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е. // Бюл. № 4 от 28.02.2017 г.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Ш. Алимгазин¹, А. Н. Бергузинов², А. С. Расмухаметова³

Қазақстан Республикасы жылу және суықпен жабдықтау үшін энергия көздерін альтернативті қолдануда энергияны үнемдейтін жылу сорғыш технологиясын қолдану

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.;

²С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. S. Alimgazin¹, A. N. Berguzinov², A. S. Rasmukhametova³

Application of energy-saving heat pump technologies with the use of alternative energy sources for heat and cold supply of the RK facilities

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty.

Material received on 13.02.17.

Мақалада Қазақстан Республикасы жылу және суықпен жабдықтау үшін энергия көздерін альтернативті қолдануда энергияны үнемдейтін жылу сорғыш технологиясын қолдану қарастырылған.

The article discusses the possibility of the use of energy-efficient heat pump technologies using alternative energy sources for heat and cold supply of the RK facilities.

УДК 621.3

О. А. Андреева¹, А. К. Исаев²

¹к.т.н., доцент; ²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

e-mail: ¹andreeva.oa@mail.ru; ²isaevargyn@gmail.com

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В статье представлены проблемы гидроэнергетики, а также пути их решения, альтернативные способы использования. Были выделены основные направления по решению проблем. Осуществлено исследование наиболее значимых и актуальных проблем на данное время. Приведены результаты исследования и выводы.

Ключевые слова: экологические проблемы ГЭС, гидроэнергетика, водохранилище, гидростроительство, воздействие на окружающую среду, гидроаккумулирующие электростанции.

ВВЕДЕНИЕ

Гидроэнергетика является важнейшей структурой в энергетической отрасли. Более 20 % промышленно-производственных фондов сосредоточено на ГЭС. ГЭС выполняют различные функции в общей системе энергообеспечения. Гидроэлектростанции благодаря своим высоким маневренным возможностям все больше используются для перекрывания неравномерного режима мощности в электросетях. Значительным преимуществом гидроэнергетики является восстанавливаемость гидроэнергетических ресурсов. Многолетний опыт использование энергии воды нашел и недостатки гидроэнергетике. В этой работе эти проблемы предлагается решать следующим образом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Важнейшая особенность гидроэнергетических ресурсов по сравнению с топливно-энергетическими ресурсами – их непрерывная возобновляемость. Отсутствие потребности в топливе для ГЭС определяет низкую себестоимость вырабатываемой на ГЭС электроэнергии. Поэтому

сооружению ГЭС, несмотря на значительные удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности и продолжительные сроки строительства, придавалось и придаётся большое значение, особенно когда это связано с размещением электроёмких производств.

Гидроэлектростанция – это комплекс сооружений и оборудования, посредством которых энергия потока воды преобразуется в электрическую энергию. ГЭС состоит из последовательной цепи гидротехнических сооружений, обеспечивающих необходимую концентрацию потока воды и создание напора, и энергетического оборудования, преобразующего энергию движущейся под напором воды в механическую энергию вращения, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

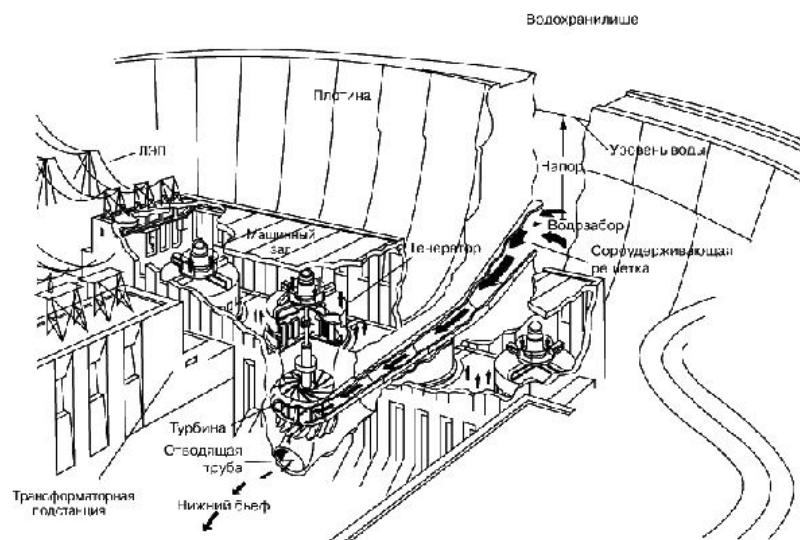


Рисунок 1 – Схема ГЭС

Несмотря на относительную дешевизну энергии, получаемой за счет гидроресурсов, доля их в энергетическом балансе постепенно уменьшается. Это связано как с исчерпанием наиболее дешевых ресурсов, так и с большой территориальной емкостью равнинных водохранилищ. Считается, что в перспективе мировое производство энергии ГЭС не будет превышать 5 % от общей.

Одной из важнейших причин уменьшения доли энергии, получаемой на ГЭС, является мощное воздействие всех этапов строительства и эксплуатации гидросооружений на окружающую среду (табл. 1).

По данным исследований целого ряда авторов, одним из важнейших воздействий гидроэнергетики на окружающую среду является отчуждение значительных площадей плодородных (пойменных) земель под водохранилища.

Значительные площади земель вблизи водохранилищ испытывают подтопление в результате повышения уровня грунтовых вод. Эти земли, как правило, переходят в категорию заболоченных. В равнинных условиях подтопленные земли могут составлять 10 % и более от затопленных. Уничтожение земель и свойственных им экосистем происходит также в результате их разрушения водой (абразии) при формировании береговой линии. Абразионные процессы обычно продолжаются десятилетиями, имеют следствием переработку больших масс почвогрунтов, загрязнение вод, заиление водохранилищ. Таким образом, со строительством водохранилищ связано резкое нарушение гидрологического режима рек, свойственных им экосистем и видового состава гидробионтов.

В водохранилищах резко усиливается прогревание вод, что интенсифицирует потерю ими кислорода и другие процессы, обуславливаемые тепловым загрязнением. Последнее, совместно с накоплением биогенных веществ, создает условия для зарастания водоемов и интенсивного развития водорослей, в том числе и ядовитых сине-зеленых. По этим причинам, а также вследствие медленной обновляемости вод резко снижается их способность к самоочищению.

Ухудшение качества воды ведет к гибели многих ее обитателей. Возрастает заболеваемость рыбного стада, особенно поражаемость гельминтами. Снижаются вкусовые качества обитателей водной среды.

Нарушаются пути миграции рыб, идет разрушение кормовых угодий, нерестилищ и т. п. Волга во многом потеряла свое значение как нерестилище для осетровых Каспия после строительства на ней каскада ГЭС.

В конечном счете, перекрытые водохранилищами речные системы из транзитных превращаются в транзитноаккумулятивные. Кроме биогенных веществ здесь аккумулируются тяжелые металлы, радиоактивные элементы и многие ядохимикаты с длительным периодом жизни. Продукты аккумуляции делают проблематичной возможность использования территорий, занимаемых водохранилищами, после их ликвидации.

Водоохранилища оказывают заметное влияние на атмосферные процессы. Например, в засушливых (аридных) районах испарение с поверхности водохранилищ превышает испарение с равновеликой поверхности суши в десятки раз.

С повышенным испарением связано понижение температуры воздуха, увеличение туманных явлений. Различия тепловых балансов водохранилищ и прилегающей суши обуславливают формирование местных ветров типа

бризов. Эти, а также другие явления имеют следствием смену экосистем (не всегда положительную), изменение погоды. В ряде случаев в зоне водохранилищ приходится менять направление сельского хозяйства. Например, в южных районах нашей страны некоторые теплолюбивые культуры (бахчевые) не успевают вызреть, повышается заболеваемость растений, ухудшается качество продукции.

Таблица 1 – Комплексное воздействие предприятий гидроэнергетики на окружающую среду

Технологический процесс	Влияние на элементы среды и биоту	Примеры цепных реакций			
Воздух	Почвы и грунты	Воды	Экосистемы и человека		Текущая вода (река) -> водохранилище -> накопление химических веществ (эвтрофикация) плостепловое загрязнение -> зарастание водоема (цветение) -> обогащение органикой -> обескислороживание -> превращение экосистемы транзитного типа в аккумулятивнозастойную -> порча воды -> болезни рыб -> потеря пищевых или вкусовых свойств воды и продуктов промысла
Строительство ГЭС	Разрушение почв и грунтов на стройплощадках, подземных путях, хозяйственных объектах и т.п.; перемещение больших масс грунтов, особенно при строительстве плотин и обвалования водохранилищ	Аэрозольное загрязнение продуктами разрушения почв, строительными материалами (особенно цементом); химическое - в небольших объемах в основном от работы техники, предприятий, строительных материалов	Некоторое нарушение режима и загрязнение в местах строительства (обводные каналы и т.п.)	Частичное разрушение экосистем и их элементов (растительности, почв), фактор беспокойства для животных, интенсивный промысел и т.п. Влияние на человека в основном через изменение среды и социальные факторы	

Заполнение водохранилищ	Уход под воду плодородных пойменных земель (затопление), подъем грунтовых вод в прибрежной зоне (подтопление, заболачивание). В горных условиях такие явления выражены в меньшей степени	Дополнительное испарение с чаши водохранилищ	Смена текущих вод на застойные, неизбежное загрязнение водохранилищ быстрорастворимыми или взмучиваемыми веществами при заполнении чаши водохранилищ и формировании берегов	Полное уничтожение сухопутных экосистем (сведение лесов или их гибель от подтопления, часто оставление всей биомассы в зоне затопления), смена прибрежных экосистем. Неизбежное переселение людей из зоны затопления, социальные издержки	Давление водных масс на ложе водохранилищ -> интенсификация сейсмических явлений
Работа ГЭС	То же, что и при затоплении, а также многолетнее разрушение береговой линии (абразия), формирование новых типов почв в прибрежной зоне	Повышение влажности, понижение температур туманы, местные ветры, часто неприятный запах от гниения органических остатков	Загрязнение в результате стоков с водосборов и разложения больших масс органики почв, растительных остатков, древесины и т.п., образование фенолов, накопление биогенов и других веществ; усиленное прогревание, особенно мелководий (тепловое загрязнение), эвтрофикация, цветение, потеря кислорода, накопление тяжелых металлов, ила, радиоактивных и других веществ, порча воды	Формирование новых экосистем (в основном луговых и болотных) в зоне подтопления, зарастание вод. цветение; нарушение миграций рыб и других гидробионтов, смена более ценных видов менее ценными; заболевания рыб (гельминты и другие паразиты), забивание жабр рыб водорослями, разрушение нерестилищ.	Потеря вкусовых качеств рыб. Увеличение вероятности заболеваний людей при контакте с водными массами (купание и т.п.) и продуктами промысла

Один из основных недостатков – это неравномерность естественного стока рек. Решение этой проблемы – создание водохранилищ, регулирующих сток. Но создание водохранилищ влечет за собой ряд негативных для окружающей среды последствий. Водоемы влияют на природный режим рек, поскольку изменяют их гидрологический и температурный режим, затопляют большие территории, вызывают оползневые процессы, перестройку сельского хозяйства и природных экологических систем. Влияние водохранилища проявляется не только у самого водоема, но также выше и ниже по течению, в дельтовых участках, а иногда и в прибрежной

морской зоне. Так, многие из специалистов убеждены, что высотная плотина известной Асуанской ГЭС, которая почти полностью обеспечивает Египет электроэнергией, «ответственна» за отмирание рыболовства на Ниле и сокращение на 80 % популяции сардин в Средиземном море.

Эффективным способом уменьшения затопления территорий является увеличение количества ГЭС в каскаде с уменьшением на каждой ступени напора и, следовательно, зеркала водохранилищ. Несмотря на снижение энергетических показателей и уменьшение регулирующих возможностей возрастания стоимости, низконапорные гидроузлы, обеспечивающие минимальные затопления земель, лежат в основе всех современных разработок.

Одним из возможных направлений применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для экономии топливно-энергетических ресурсов является использование гидроэнергетического потенциала малых рек.

Очевидно, что стоимость электроэнергии, выработанной на малых и микро ГЭС, уже сейчас ниже стоимости электроэнергии, выработанной на традиционных типах электростанций, в том числе на газотурбинных, ветровых, АЭС и ТЭС. К тому же из-за постоянно растущих цен на энергоносители стоимость электроэнергии на традиционных электростанциях постоянно повышается. Использование энергии воды, а в данном случае гидроэнергетического потенциала малых рек будет способствовать децентрализации объединенной энергетической системы и улучшению энергоснабжения отдаленных и труднодоступных районов сельской местности. И именно таким путем пошли страны Евросоюза.

Интерес к альтернативным источникам энергии в последнее время стал особенно высоким в мире. Это обусловлено возрастающей потребностью глобальной экономики в энергии, ограниченностью запасов углеводородных ресурсов и все более осознаваемая необходимость поиска других новых источников.

Главными причинами, обусловивших развитие альтернативной энергии, выступают обеспечение энергетической безопасности, сохранение окружающей среды и обеспечение экологической безопасности, завоевание мировых рынков возобновляемых источников энергии, сохранение запасов собственных энергоресурсов для будущих поколений, а также увеличение потребления сырья для неэнергетического использования топлива.

Основная задача альтернативной энергетики - увеличение доли возобновляемых источников энергии (малые гидроэлектростанции, солнечные установки) в энергобалансе страны.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) в течение последних лет позиционируются Казахстаном в качестве одного из векторов развития

энергетического комплекса. Об этом свидетельствуют и усиление внимания к процессу их внедрения со стороны государства и ряда бизнес структур. Однако формирование устойчивого комплекса ВИЭ в Казахстане обуславливает значительные финансовые и технологические вливания при непосредственном участии государства, без которых возобновляемая энергетика останется на фактически нулевом уровне.

Современная гидроэнергетика по сравнению с другими традиционными видами электроэнергетики является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии. Малая гидроэнергетика идет в этом направлении еще дальше.

Небольшие электростанции позволяют сохранять природный ландшафт, окружающую среду не только на этапе эксплуатации, но и в процессе строительства. При последующей эксплуатации отсутствует отрицательное влияние на качество воды: она полностью сохраняет первоначальные природные свойства. В реках сохраняется рыба, вода может использоваться для водоснабжения населения. В отличие от других экологически безопасных возобновляемых источников электроэнергии, таких как солнце, ветер, малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю. Еще одно преимущество малой энергетики – экономичность. В условиях, когда природные источники энергии – нефть, уголь, газ – истощаются, постоянно дорожают, использование дешевой, доступной, возобновляемой энергии рек, особенно малых, позволяет вырабатывать дешевую электроэнергию. К тому же сооружение объектов малой гидроэнергетики низкочувствительно и быстро окупается.

ВЫВОДЫ

1 Установлено, что несмотря на дешевизну гидроэлектроэнергии, следует переходить на альтернативные источники энергии и атомные электростанции.

2 Одним из эффективных способов решения экологической проблемы ГЭС является создание водохранилищ, регулирующих сток.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Гальперин, М. В. Общая экология.
- 2 Николайкин, Н. И., Николайкина, Н. Е., Мелехова, О. П. Экология, 2003. – 624 с.
- 3 Другов, Ю. С., Беликов, А. Б., Дьякова, Г. А., Тульчинский, В. М. Методы анализа загрязнений воздуха, 1984. – 384 с.

- 4 **Гольцман, В. Х.** Расчет зданий ГЭС и водосливных плотин. – 1968.
 5 **Ильиных, И. И.** Гидроэлектростанции. – 1988.
 6 **Кажинский, Б. Б.** Гидроэлектрические и ветроэлектрические станции малой мощности. – 1946. – 135 с.
 7 **Михайлова, Л. П.** «Малая гидроэнергетика». – 1989.
 8 **Соколов, Д. А.** Использование водной энергии. – 1979.
 9 **Комаров, Д. Т.** Повышение надежности электроснабжения средствами автоматизации. Обзор. – М. : Информэнерго, 1979.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

О. А. Андреева, А. К. Исаев

Электр энергиясының қазіргі мәселелері

С. Торайғыров атындағы
 Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
 Материал 13.02.17 баспаға түсті.

O. A. Andreeva, A. K. Isaev

Modern problems of electric power industry

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
 Material received on 13.02.17.

Мақала гидроэнергетикалық проблемаларын және оларды шешу, баламалы пайдалану ұсынады. Бұл мәселелерді шешу үшін негізгі бағыттарын анықтады. Ол қазіргі уақытта ең маңызды және өзекті мәселелерін зерттеу жүргізген. Зерттеу және қорытынды нәтижелері көрсетілген.

The article presents the problems of hydropower engineering, as well as the ways of their solution, alternative methods of using them. The main directions for solving the problems were identified. The research of the most significant and actual problems at the given time has been carried out. The results of the study and conclusions are presented.

УДК 621.3

К. Ш. Арынгазин¹, С. Л. Роев², А. Б. Дюсенгалиев²

¹к.т.н., профессор; ²магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ВНЕШНЕЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ (ТРУБОЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР) ЗОЛЫ И ШЛАКА ДО ЗОЛОТВАЛА НА ТЭЦ

В данной статье разрабатывается система внешней транспортировки золы и шлака до золоотвала ТЭЦ на базе труболенточного конвейера.

Ключевые слова: ТЭС, ТЭЦ, золоотвал, труболенточный конвейер, золошлакоудаление.

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане на сегодняшний день 72 % электроэнергии вырабатывают 37 тепловых электростанций, работающих на углях Экибастузского, Майкубинского, Тургайского и Карагандинского бассейнов. Вся зола на этих электростанциях транспортируется гидротранспортом на золоотвал, где происходит ее захоронение.

В Европе захоронению подвергаются только 15 % золы, в то время как в Казахстане на золоотвалы отправляется 98 % золы. Основная причина невозможность использования золы в Казахстане заключается в системе ее удаления и транспортировки, а также отсутствие стимула со стороны государственного регулирования. На 95 % угольных тепловых станций эксплуатируются системы гидрозолоудаления, пройдя которую зола становится непригодной для дальнейшего использования в строительной промышленности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одной из злободневных проблем, связанных с угольными ТЭС являются золоотвалы. Мало того что для их обустройства требуются значительные территории, они ещё и являются очагами скопления тяжёлых металлов и обладают повышенной радиоактивностью. Тяжёлые металлы и радиация попадают в окружающую среду, либо воздушным путём, либо с грунтовой водой. Кроме того, ТЭС загрязняют водоёмы, сбрасывая в них тёплую воду,

в результате чего происходит цепная реакция, водоём зарастает водорослями, в нём нарушается кислородный баланс.

В настоящее время, возникла острая необходимость в переработке золошлаковых отходов ТЭС и металлургических отходов. Этот факт обусловлен возросшими экологическими требованиями, международными обязательствами государства, прогнозируемым увеличением доли выработки электроэнергии тепловых электростанций, работающих на угле и доли металлургического производства.

На сегодняшний день в мире широко эксплуатируется оборудование и технологии сухого золошлакоудаления с применением экологически приемлемых, технологически надежных и экономически целесообразных технологий, что приводит к существенному повышению экологической эффективности пылеугольных станций. Применение технологии сухого золошлакоудаления и складирования золошлакоматериалов позволяет сохранить исходные свойства данного сырья техногенного происхождения.

Внедрение сухого золошлакоудаления снижает стоимость строительства и эксплуатационные издержки пылеугольных ТЭС по системам золошлакоудаления. Применение высоконагружаемой многоярусной схемы формирования сухих отвалов ЗШМ позволяет обеспечить ТЭС емкостями хранения материалов техногенного происхождения с отложенным спросом, станции на длительный период эксплуатации позволяет отказаться от дополнительного отвода новых земельных участков. Кроме этого, при переходе на сухое золошлакоудаление станция получит следующие преимущества;

- Исключается строительство ограждающих дамб;
- Снижается металло- и энергоёмкость систем золошлакоудаления;
- Исключается расход воды на удаление золошлаков;
- Исключается сооружение противофильтрационных систем;
- Существенно снижается негативное воздействие золоотвалов на окружающую среду, в связи с практически полным исключением фильтрации воды из золоотвала;
- Сокращаются площади земли отводимой под золоотвалы, за счет более плотной укладки материалов, и увеличения емкости «сухой» секции золоотвала по высоте;
- Снижается пылевыделение с отвала, вследствие отсутствия сепарации легкоэродируемых частиц с поверхности свежееуложенных золошлаков;
- Исключается строительство багерных насосных, станций перехвата и перекачки фильтра;
- Исключается сооружение и трубопроводов осветленной воды;
- Увеличивается степень надежности;
- Обеспечивается бессточный режим эксплуатации золоотвалов;

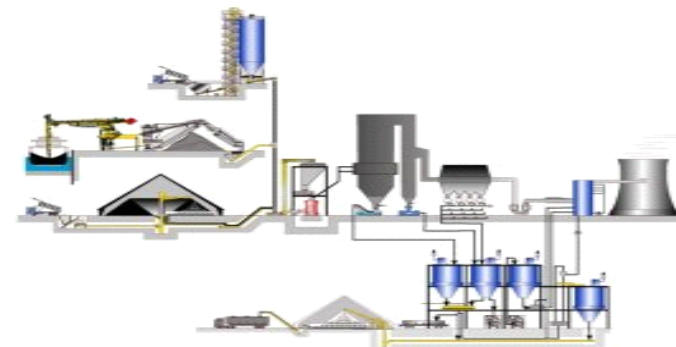


Рисунок 1 – Технологическая схема сухого золошлакоудаления

Сбор, транспортировка, система выгрузки, складирование с сохранением исходных свойств золы создаст предпосылки для развития нового бизнес-сегмента генератора – реализации ЗШМ потребителям в других отраслях промышленности.

Технологическая схема сухого золошлакоудаления включает в себя следующие подсистемы:

- Система отбора шлака из котла с бункером приема и выгрузки в автотранспорт или на конвейер;
- Система сбора золы от конвективной шахты и возврата на дожигание;
- Система сбора и транспортировки золы от бункеров электрофильтров до промежуточного бункера;
- Система приема и транспортировки золы уноса от промбункера;
- Силосный склад;
- Система выгрузки золы из силосного склада в железнодорожный или автотранспорт;
- Система кондиционирования неостребованной части золы и выгрузки в систему внешнего золошлакоудаления;
- Узел смешения золы с водой и сброса пульпы в существующую систему гидрозолоудаления;
- Система внешней транспортировки (труболенточный конвейер) золы и шлака до золоотвала;
- Система складирования золы и шлака на золоотвале.

В качестве установок внешнего транспорта золошлаков используются:

- пневмотранспортные установки (вакуумные, низко- и высоконапорные установки со струйными насосами; высоконапорные установки с пневмовинтовыми и пневмокамерными насосами);

- установки гидротранспорта;
- автотранспорт;
- конвейерный транспорт.

Значительное влияние на природно-территориальные комплексы (ПТК) оказывают угольные золоотвалы. Их воздействие осуществляется через рассеивание золы ветром, фильтрацию вод сквозь стенки и дно золоотвалов, а также в результате предусмотренных сбросов осветленных вод, частичный сброс которых происходит при мокром золоудалении. Кроме влияния на ПТК, пылящие золоотвалы ухудшают гигиеническую обстановку на прилегающих территориях, уменьшают производственный ресурс машин, механизмов, а иногда – и сельскохозяйственных угодий [1, 2]. При сжигании угля в котельных агрегатах ТЭЦ и ГРЭС при повышенных температурах из несгорающей неорганической части образуется зола и шлаки, которые затем транспортируются по трубопроводам на золоотвал (шлакоотвал). Золоотвал, шлакоотвал - гидротехническое сооружение, намываемое из золошлаковых материалов в процессе их складирования.

Особенно это характерно для районов с засушливым климатом и с сильными ветрами частой повторяемости. К таким районам относятся Казахстан, Нижнее Поволжье, Западная Сибирь. Таким образом, золоотвалы оказывают существенное отрицательное влияние на лито-, гидро-, атмо- и биосферу путем нарушения саморегуляции биосферы и естественного баланса взаимодействия составляющих природы.

Анализ научно-технической и патентной литературы выявил основные направления применения зол и шлаков в производстве строительных изделий, в частности, в технологии вяжущих материалов:

- в качестве сырьевого компонента для производства портландцементного клинкера;
- как минеральная добавка к цементу;
- самостоятельное вяжущее для бетонов и растворов нормального и автоклавного твердения.

Одним из перспективных способов утилизации золошлаковых отходов является их применение в качестве крупного и мелкого заполнителей, как для тяжелых, так и для легких бетонов.

Действующие нормативно-технические документы разрешают применение золы-уноса в качестве активной минеральной добавки в производстве бетонов сборных и монолитных конструкций зданий и сооружений, кроме конструкций, эксплуатируемых в средах со средней и сильной агрессивностью.

Зола-унос в бетоне позволяет частично заменить как песок, так и цемент. При изготовлении бетонных и растворных смесей в качестве активных минеральных добавок и мелких наполнителей также рекомендуется введение золы-уноса.

Дорожное строительство является одним из потребителей топливных зол и шлаков, где они используются для устройства верхних и нижних слоев оснований, замены частичной замены вяжущих при стабилизации грунтов цементом и известью, как минеральный порошок в асфальтовых бетонах и растворах, в качестве добавки в дорожных цементных бетонах.

Непрерывный рост объемов металлургического производства влечет увеличение техногенного воздействия на окружающую среду в виде накапливающихся отходов производства. Это делает актуальной проблему утилизации отходов путем их переработки с доизвлечением содержащихся полезных компонентов.

Одним из основных путей утилизации красного шлама в области строительного производства является использование его в качестве железо-глиноземистого компонента сырьевой смеси при изготовлении портландцементного клинкера.

Пневматическое золошлакоудаление имеет 3 вида преимуществ в сравнении с гидрозолошлакоудалением.

Технические преимущества:

- достигнутый уровень надежности современных систем ПЗУ не ниже, а в случае транспортирования высококальциевых зол и выше надежности систем ГЗУ;
- возможность регулирования в широких пределах производительности установок внешнего пневмотранспорта золы;
- технологическая гибкость и адаптируемость в короткие сроки к изменяющимся техническим условиям на поставку золы потребителям без значительных инвестиций;
- неизменность потребительских свойств золы при ее сборе, транспортировании, временном хранении и отгрузке;
- возможность отгрузки сухой золы по группам фракций в зависимости от потребительского спроса.

Экономические преимущества:

- шлак охлаждается и транспортируется без использования воды. Затраты на использование воды равны нулю;
- низкое энергопотребление по сравнению с традиционной системой гидрозолоудаления (снижение энергозатрат на 30-70 %) позволяет экономить затраты на эксплуатацию;
- увеличение объемов комплексного использования шлака, уменьшение загрязнения окружающей среды.

Экологические преимущества:

- отсутствие сбросных вод и других сбросов;
- при использовании систем сухого шлакоудаления на многих электростанциях уже не отчуждаются земли для строительства шлакоотвалов:

– сухой шлак можно использовать при производстве различных строительных материалов.

ВЫВОДЫ

Анализ научно-технической литературы показывает что применение сухого золошлакоудаления дает возможность улучшить экологическую обстановку в регионе, позволит использовать золошлаковые отходы как сырье для производства строительных материалов. Что приводит к существенному повышению экологической и экономической эффективности пылеугольных станций Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Назарбаев, Н. А.** Казахстан-2030: процветание, безопасность и улучшение благосостояния всех казахстанцев. – Алматы : Юрист, 2001, – С. 63-97.

2 Указ Президента РК. Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 годы. – Астана, 03.12.2003- №1241. – 16 с.

3 **Арынгазин, К. Ш., Кудерин, М. К., Саканов, К. Т., Станевич, В. Т., Булыга, Л. Л., Ларичкин, В. В., Тлеулесов, А. К., Садвакасов, К. С.** Использование твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики Павлодарской области в производстве строительных материалов. // Материалы Международной научной конференции «VII Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвященной 55-летию Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2015. – Т. 3. – С. 32-39.

4 **Арынгазин, К. Ш., Тлеулесов, А. К., Айтказина, С. М., Ларичкин, В. В.** Исследование свойств тяжёлого бетона, содержащего золошлаковые отходы от сжигания Экибастузского каменного угля. // Труды XVI Всероссийской научно-технической конференции посвященной 70-летию победы в Великой Отечественной войне. – Новосибирск, 22-24 апреля, 2015. – С. 772-776.

5 **Арынгазин, К. Ш., Тлеулесов, А. К., Жакиянова, А. Х., Трушев, Ж. А., Токтарбеков, Е. Ч.** Перспективы комплексного использования твердых техногенных отходов предприятий Павлодарской области в производстве строительных материалов. // Материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XV Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2015. – С. 55-62.

6 **Арынгазин, К. Ш., Ларичкин, В. В., Садвакасов, К. С. и др.** Инновационные технологии использования твёрдых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии павлодарской области в производстве строительных материалов. // Международная научно-техническая конференция, проведённая 14-17 февраля 2017 года в рамках работы Международной выставки «СТРОЙСИБ-2016». – Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2016. – С. 302-307.

7 **Арынгазин, К. Ш., Ларичкин, В. В., Садвакасов, К. С. и др.** Инновационные технологии использования твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов. Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении. // Международный сборник научных трудов. – Новосибирск, 2017. – С. 302-307.

8 **Пантелеев, В. Т., Мелентьев, В. А., Долбин, Э. Л. и др.** Золошлаковые материалы и золоотвалы. – М. : Энергия, 1988. – 200 с.

9 Руководство по проектированию золоотвалов тепловых электрических станций // под ред. В. А. Мелентьева. – Л. : Энергия, 1974. – 135 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

К. Ш. Арингазин, С. Л. Роев, А. Б. Дюсенгалиев

ЖЭО күл үйіндісіне күл және қожды сыртқы тасымалдау (құбыр-таспалы конвейер) жүйесін әзірлеу

С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 13.02.17 баспаға түсті.

K. Sh. Arynghazin, S. L. Royev, A. B. Dyssenghaliyev

Development of the system for external transporting (pipe-belt conveyor) of ash and slag to the ash dump in the thermal power station

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar. Material received on 13.02.17.

Осы мақалада құбыр-таспалы конвейер базасында ЖЭО күл үйіндісіне күл және қожды сыртқы тасымалдау жүйесі әзірленеді.

In this paper, the system for external transporting of ash and slag to the ash dump in the thermal power station is developed, based on the pipe-belt conveyor.

К. А. Бостанбеков

Международный университет информационных технологий, г. Алматы
e-mail: k.bostanbekov@norlist.kz

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ АВАРИЙНОМ РАЗЛИВЕ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

В данной статье описывается разработка многофункциональной геоинформационной системы RANDOM (Risk Assessment of Nature Detriment due to Oil spill Migration), реализующая многопроцессорный расчет вероятностных моделей риска для оценки негативного воздействия нефтяного пятна на биоту Северного Каспия. В этой статье описывается процесс разработки от проектирования до реализации и тестирования. Система разработана на основе сервис-ориентированной архитектуры (COA), что позволяет обеспечить легкую, гибкую интеграцию сервисов и иметь к ним доступ через Интернет. Подробное описание процесса параллельной обработки большого набора данных показывает сравнительные тесты по высокопроизводительным вычислениям. Эта система ориентирована на профессиональных пользователей в области экологии, обустройства и эксплуатации нефтяных месторождений на континентальном шельфе морей и океанов.

Ключевые слова: риск, аварийный разлив, ГИС, COA, RANDOM.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивный рост активности нефтегазовых операций на Казахстанском секторе Каспийского моря за последние годы повышает актуальность экологической безопасности Каспия. Наиболее опасным для прибрежных зон техногенным воздействием является аварийный разлив нефти, особенно высок риск такого происшествия в районах, где ведется промысел нефти или ее транспортировка. Многократные разливы нефтепродуктов могут привести к ухудшению экологической ситуации не только в месте разлива, но и близлежащих районах. При этом тип берега и местные климатические условия определяют поведение нефтяного пятна и степень его воздействия на окружающую территорию. Поэтому карты рисков зон нефтяного

загрязнения представляют собой информационную систему, позволяющую оперативно определять приоритеты при ликвидации разливов, моделировать и прогнозировать процесс, связанный с разливами нефти, а также оценивать предварительный ущерб, возможная в результате выбросов нефти на побережье. Аварийный разлив нефти на акватории Северного Каспия может нанести катастрофический ущерб растительному и животному миру моря. Как следствие, интенсификация нефтяных операций на шельфе Северного Каспия выдвигает на первый план задачу оценки риска поражения биоты при аварийных разливах нефти [1-4].

Для автоматизации процессов расчета разливов и последующей оценке экологических рисков была спроектирована и реализована 4-х уровневая сервис-ориентированная система автоматизированного расчета рисков картографирования с элементами ГИС. Моделирование большого количества разливов нефти с различными параметрами производится с помощью высокопроизводительного кластера. Разработанная система используется в качестве инструмента управления для оценки ресурсов, ликвидации аварийных разливов нефти, планирования и оценки ущерба.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основные функции системы заключаются в процедурах взаимодействия пользователя с системой оценки риска и получения презентабельных результатов в виде пространственно-временных карт по нижеследующим сервисом.

Система RANDOM в соответствии с запросом предоставляет пользователю один из следующих сервисов:

1 Сервис **Meteo**. Предоставляет пользователю обработанные данные метеопрогноза ECMWF в виде прогнозных карт метеоэлементов в векторном формате на 120 часов.

2 Сервис **Hydro**. Позволяет выполнить расчет прогноза морских течений Каспия, формирующихся под влиянием ветра, температуры и других данных метеопрогноза на 120 часов.

3 Сервис **Oil Migration**. Позволяет провести расчет прогноза на ближайшие 120 часов распространения обнаруженного нефтяного разлива с учетом физико-химических трансформаций нефти.

4 Сервис **Risk Oil**. Пользователю предоставляется возможность построения карт риска нефтяного загрязнения моря выше предельно допустимой концентрации (ПДК) при заданных параметрах аварии (места, длительности, мощности, свойств нефти и др.)

5 Сервис **Risk Biota**. Пользователю предоставляется возможность построения карт риска ущерба, наносимого животному и растительному

миру моря при аварийном разливе нефти. Параметры аварии задаются пользователем, в том числе он может выбрать вариант по умолчанию.

Для реализации данной системы выбор сервис-ориентированной архитектуры (СОА) связан с тем, что данная технология в построении корпоративных автоматизированных и информационных систем специально предназначена для интеграции разно-платформенных приложений, обеспечивающих бизнес-процессы, что и требовалось, в связи с включением в систему множества независимого программного обеспечения.

Выбор данного подхода основывается на необходимости интеграции разно-платформенных приложений, а также необходимостью их многократного использования. Модульный подход к разработке программного обеспечения предусматривает разложение программных процессов на отдельные услуги, где каждая услуга обладает функциональными возможностями. Тем самым достигается гибкость системы.

Рисунок 1 представляет сервис-ориентированную архитектуру системы. На данном рисунке представлены 4 уровня системы: клиентский, интерфейсный, уровень приложений и уровень хранения данных.

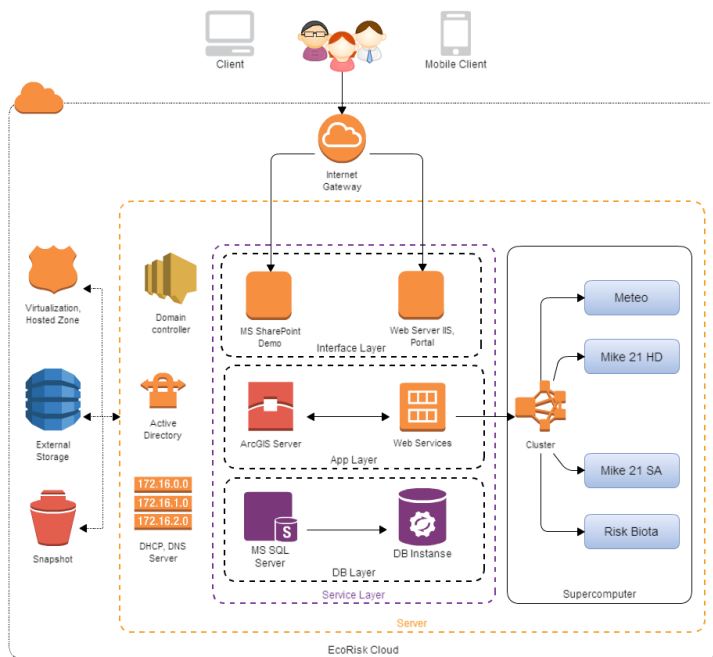


Рисунок 1 – Общая схема архитектуры системы RANDOM

Клиентский уровень обеспечивает доступ к системе. Обращение к системе может быть произведено как с персонального компьютера, так и с мобильного устройства.

Презентационный уровень состоит из веб-сервера, на котором развернута платформа Microsoft SharePoint Server 2013 для Демо версии портала и рабочий портал RANDOM на Microsoft ASP.NET, опубликованный на веб сервере IIS. Выбор платформы Microsoft ASP.NET обусловлен тем, что она предоставляет инструменты для автоматизации бизнес процессов, а также поддерживает принцип сервис-ориентированной архитектуры.

Уровень приложений составляет набор веб-сервисов, которые представляют собой управляющие службы над программным обеспечением, установленным на вычислительном кластере и выполняющих расчеты разливов и анализ риска. Этот уровень представляет собой функциональное ядро системы. На данном уровне будет задействован вычислительный кластер, который обеспечит быструю параллельную обработку данных. На вычислительном кластере устанавливаются следующие программные продукты: Mike 21 SA, Mike 21 HD, Risk Biota, Meteo. Данный уровень является закрытым для пользователя, а взаимодействие с системой и управление программными пакетами осуществляется через веб-сервисы: Task Controller, Preprocessing, HPCRiskModel и MapConverter.

Уровень хранения данных составляют базы данных для хранения информации [5].

В системе RANDOM реализованы две расчетные ветви: одна связана с выработкой краткосрочного прогноза, вторая – со статистикой и рисками. Первая ветвь реализуется через цепочку этапов: метеопрогноз, прогноз гидродинамики моря и прогноз загрязнения моря при нефтяном разливе. Т.е. последний прогноз является конечным результатом первой ветви, поэтому прогнозы по ней одновременно тестируют расчеты всех видов краткосрочного прогноза, основанных на данных Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Конечным результатом расчетов по второй ветви являются карты риска, при этом используется статистика в виде полей ветра, давления, температуру воды и воздуха за 36 лет из базы данных ERA Interim (Рисунок 2).

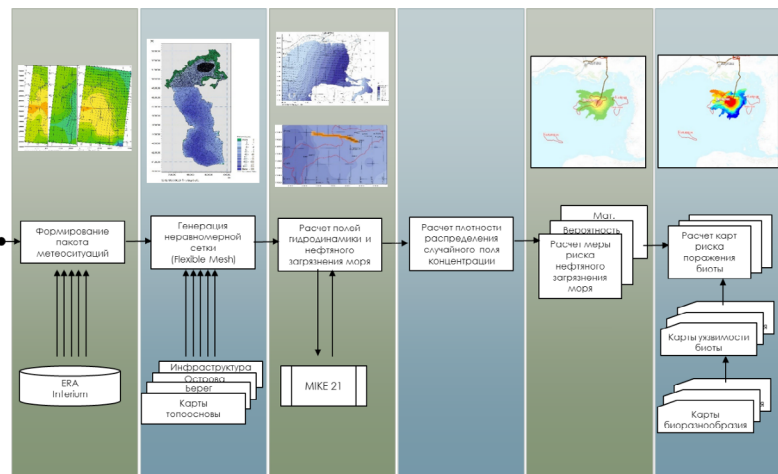


Рисунок 2 – Схема расчета рисков карт

Для реализации системы расчета риска потребовалась разработка программного обеспечения по автоматизированному расчету гидродинамики и разлива нефти чтобы получить репрезентативную выборку при различных метеоситуациях. Была реализована автоматизированная система по многократному расчету гидродинамики и разлива нефти без промежуточного участия специалиста. Для данных операций затрачивается значительное время, поэтому стояла задача автоматизации и распараллеливания этих процессов.

Ниже приводим сравнительный анализ затрачиваемой времени для вычисления рисков карт с использованием суперкомпьютера и без него. На рисунке 3 мы можем увидеть, что для одного расчета разлива нефти понадобилось около 7 минут с учетом использования вычислительного сервера Fujitsu VX920S1 с 2-мя процессорами Intel Xeon 5550 и 16 Гигабайтами оперативной памяти.

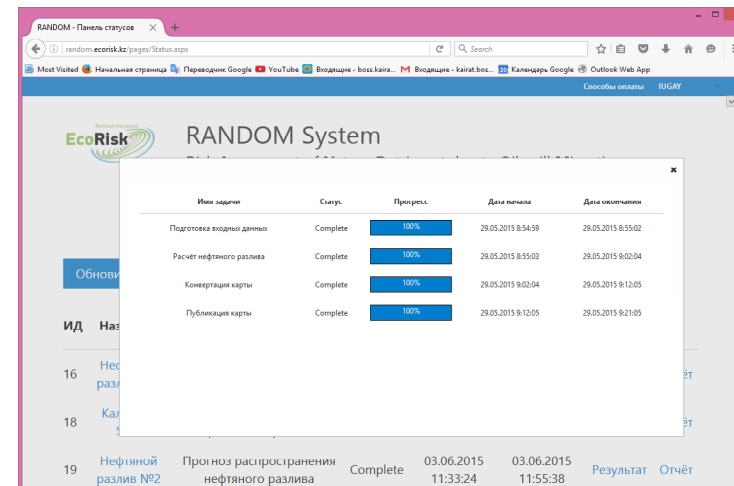


Рисунок 3 – Время затрачиваемая для расчета при единичном случае нефтяного разлива

Для получения необходимой выборки различных метеоситуации были скачены метеопараметры для периода с 1979 по 2014. Для расчета карты риска для выбранного месяца необходимо рассчитать разливы нефти для каждого дня месяца на 36 лет. Таким образом необходимо посчитать $36 \text{ лет} \times 30 \text{ дней} = 1080$ различных случаев разлива нефти. Итого оценочное количество необходимых для получения результата $T = 1080 \times 7 \text{ мин} = 7560 \text{ мин} = 126 \text{ часов} = 5 \text{ суток} 6 \text{ часов}$. Поэтому мы решили использовать мощности суперкомпьютера и распараллелить расчет на 4 вычислительных узла. Как мы видим на рисунке 4 для расчета нефтяного разлива понадобилось 27 часа 6 мин или 1686 мин. Это 4.48 раз быстрее чем расчет был бы на одном узле. Можно было бы использовать еще больше узлов, но мы ограничены условиями лицензии ПО MIKE 21, которая предоставляет возможность параллельного запуска только на 32 ядрах.

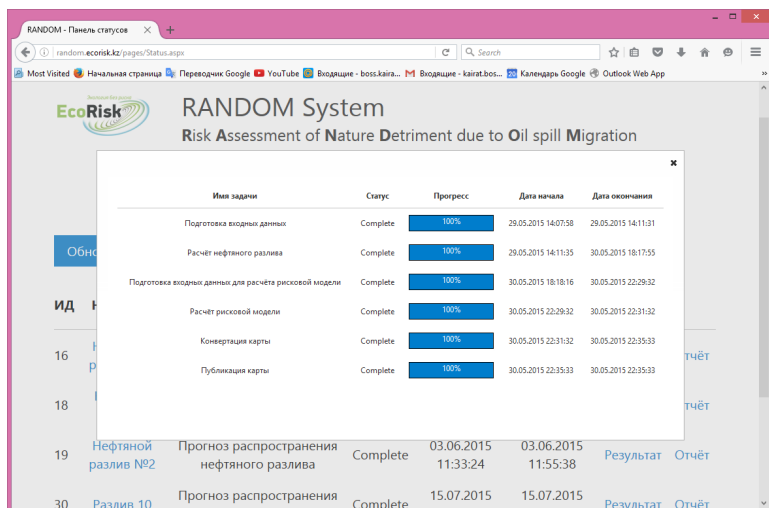


Рисунок 4 – Время затрачиваемое для расчета карты риска загрязнения моря

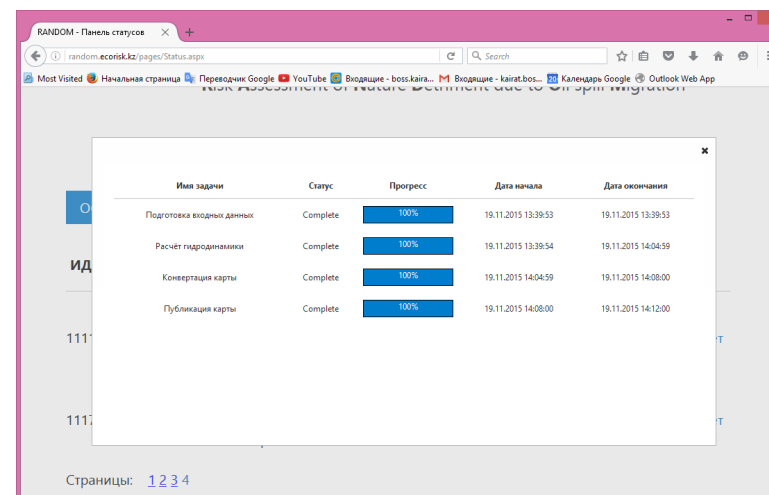


Рисунок 6 – Время затрачиваемое для расчета гидродинамики



Рисунок 5 – График затрат времени до и после распараллеливания

Для расчета разлива нефти необходим рассчитанный ранее файл гидродинамики, время получения которого составляет как мы видим на рисунке 6 около 25 мин. Гидродинамика используется для расчетов разлива нефти, поэтому мы решили заранее рассчитать его для всего набора метеоситуации, которая у нас имеются. Итого получится чтобы посчитать всю гидродинамику потребуется $T = 25 \text{ мин} \times 365 \text{ дней} \times 36 \text{ лет} = 328500 \text{ мин} = 5475 \text{ ч} = 228 \text{ суток} \times 3 \text{ часа} = \text{более } 7 \text{ месяцев непрерывного расчета.}$

Используя 4 узла мы посчитали его за 2 месяца. Всего это заняла 14.5 Тбайт памяти дискового пространства.

ВЫВОДЫ

Была спроектирована и реализована система RANDOM, основанная на самых современных методах разработки информационных систем, включающих сервис-ориентированные и геоинформационные технологии. Кроме того, в основу разработки положены научно-обоснованные методы анализа рисков поражения морской биоты при аварийном разливе нефти. Система автоматизирована и интегрирована с высокопроизводительным вычислительным кластером для расчета наукоемких задач исследования. Полностью реализованы и интегрированы в единую систему все блоки проекта RANDOM, включая портал, интерфейсы, базы геоданных, расчетные модели и др. Выполнено тестирование логической структуры системы RANDOM по двум основным ветвям, одна из которых связана с выработкой краткосрочного прогноза, вторая – со статистикой и рисками. При этом выявлены и исправлены ошибки программирования и неточности интерфейсов. Проведен сравнительный анализ времени выполнения расчетов при использовании вычислительного кластера, что подтверждает необходимость его использования для данного вида исследования.

1 **Панин, Г. Н., Мамедов, Р. М., Митрофанов, И. В.** Современное состояние Каспийского моря / Наука, 2005. – С. 356.

2 **Ogar, N. P., Geldyev, B. V., Maksimov, M. A.** Environmental conditions of the North-Eastern Caspian Sea Monitoring of the natural environment of the North-Eastern part of the Caspian Sea during the development of oil fields / Almaty, 2014. – P. 263.

3 **Шиварева, С. П., Ивкина, Н. И.** Каспийское море у берегов Казахстана / Алматы, 2000. – С. 25.

4 **Файзов, К. Ш., Асанбаев, И. К., Абдукаймова, А. М.** Современные проблемы загрязнения почвы нефтепромыслов прикаспия / Нефть и газ. – Алматы, 2005. – С. 62-68.

5 **Bostanbekov, K. A., Jamalov, J. K., Kim, D. K., Nurseitov, D. B., Tursunov, I. E., Zakarin, E. A., Zaurbekov, D. L.** Integrated workflow-based system for risk mapping of oil spills with using high performance cluster / International Journal of New Computer Architectures and their Applications: Vol. 3, Issue 4. – 2013. – P. 115–131.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

К. А. Бостанбеков

Жоғары өнімділікті есептеулерді пайдаланып мұнайдың апатты шығарылуы кезінде қауіп-қатерін бағалау жүйесін құру

Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

К. А. Bostanbekov

The development of risk assessment system for accidental oil spill using high performance computing

International IT University, Almaty.
Material received on 13.02.17.

Бұл мақалада мұнаймен ластанудың Солтүстік Каспийдегі биоденеге кері әсерін бағалауға арналған қауіп-қатердің ықтималдық моделін көп процессорлық есептеуін жүзеге асыратын RANDOM (Risk Assessment of Nature Detriment due to Oil spill Migration) көп қызметті геоақпараттық жүйесін құру сипатталады. Мақалада жобалаудан бастап іске асыру мен тестілеуге дейінгі құру үрдісі сипатталады. Жүйе қызметтердің жеңіл, икемді байланысын және Интернет

арқылы қатынас құруға мүмкіндік беретін қызметке бағытталған архитектура (ҚБА) негізінде құрылған. Үлкен мәліметтер жиынын параллелді өндеу үрдісінің айқын сипаттамасын жоғарыөнімділікті есептеулердің салыстырмалы тестілері көрсетеді. Бұл жүйе экология, теңіз бен мұхит қайраңдарындағы мұнай өндіріс саласындағы кәсіби мамандарға бағытталған.

This article describes the development of a multifunctional geoinformation system RANDOM (Risk Assessment of Nature Detriment due to Oil spill Migration), executing a multiprocessor calculation of probabilistic risk models to assess the negative impact of the oil spill on the North Caspian biota. This article describes the development process from design to implementation to testing. The system is designed on the basis of service-oriented architecture (SOA), which allows for easy flexible integration of services, and access to them via the Internet. Describing the parallel processing of large data set in detail, shows the comparative tests on high performance calculations. This system is designed for professionals in the field of ecology and subsoil oil fields on the continental shelf of the seas and oceans.

К. А. Бостанбеков¹, Л. А. Балакай²

¹докторант PhD, Международный университет информационных технологий, г. Алматы; ²к.тех.н., специалист в области геоинформационного моделирования, ТОО «EcoRisk», г. Алматы
e-mail: ¹k.bostanbekov@norlist.kz; ²balakay@inbox.ru

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ ИЗ ФОРМАТА GRIB В ФОРМАТЫ, ТРЕБУЕМЫЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПО MIKE 21 И ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ГИС

В данной статье описывается разработка программного модуля для преобразования метеорологических данных, хранящихся в широко известном бинарном формате GRIB (GRIB Binary) в формат данных используемый в программном обеспечении MIKE 21, разработанная Датским гидравлическим институтом. MIKE 21 программный пакет для моделирования морских течений и прогноза растекания нефти на водной поверхности. Здесь описывается алгоритм программы начиная от скачивания необходимых метеорологических данных до получения формата DFS2 ПО MIKE 21. Метеорологические данные скачивались с базы данных реанализа ERA Interim, хранящиеся в Европейском Центре Среднесрочных Прогнозов Погоды (ECMWF). Программа была разработана используя языки программирования C#, Python и bash скрипты.

Ключевые слова: метеоданные, GRIB, MIKE 21, ГИС, ECMWF.

ВВЕДЕНИЕ

Разливы нефтепродуктов на водной поверхности могут привести к ухудшению экологической ситуации не только в месте разлива, но и близлежащих районах. При этом тип берега и местные климатические условия определяют поведение нефтяного пятна и степень его воздействия на окружающую территорию. Для моделирования морских течений и поведения нефтяного пятна в Датском гидравлическом институте был разработан программный пакет MIKE 21.

Атмосфера как наиболее основной фактор, влияющий на гидродинамику моря, необходимы для моделирования морских течений и поведения разлива нефти. Основным метеорологическим параметром, влияющий на морские течения является ветер. Но для прогноза поведения разлива нефти, помимо

гидродинамики моря, влияют и другие параметры, такие как температура воздуха и воды, осадки, испарение, давление и солнечная радиация. Но и сам химический состав нефти играет не малую роль в процессе растекания нефти на поверхности моря.

Есть множество баз данных метеорологических параметров, которые предоставляют многолетний, статистически ряд наблюдений. Такие метеорологические параметры могут быть получены из следующих открытых баз данных, как ERA-40, ERA-Interim и GFS.

На наш взгляд, наилучшей базой метеорологических данных с точки зрения полноты, временного и пространственного разрешения является ERA-Interim (<http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>) Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Эта база предоставляет данные, обработанные методом реанализа и представленные в виде полей метеоэлементов (ветра, давления, температуры и др.). Метод реанализа предусматривает восстановление поле метеопараметров по результатам измерений на метеостанциях и математического моделирования. Пространственное разрешение данных ERA-Interim составляет 0,75 градуса с 60 вертикальными поверхностными уровнями. Временной шаг составляет 6 часов. Данные ERA-Interim можно загрузить с веб-интерфейса или в автоматическом режиме, используя специальные библиотеки и скрипты. Данные хранятся в базе, широко известная в метеорологическом сообществе, бинарном формате GRIB (GRIB Binary). Исторические метеоданные реанализа ERA-Interim доступны для скачивания с сайта ECMWF с 1 января 1979 г. и обновляются каждый месяц.

ПО MIKE 21 имеет свой специфический формат файловых данных, который хранит пространственно-временные ряды входных и выходных значений. Для того чтобы можно было использовать метеорологические данные в виде входных параметров для расчета модели в MIKE 21, стоит задача преобразовать метеорологические данные из формата GRIB в требуемый формат. Кроме того, для отображения и анализа метеопараметров используя ГИС, необходимо преобразование данных в векторные слои, в частности в формат ESRI Shapefile.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Параметры метеорологических данных, используемые для моделирования в MIKE 21, иллюстрирует Таблица 1. Эти данные метеорологических параметров загружаются из базы данных реанализа ERA Interim, созданной Европейским Центром Среднесрочных Прогнозов Погоды (ECMWF) и расположенной на их сервере [1]. В период написания статьи данные реанализа ERA Interim доступны для скачивания с сайта ECMWF на период с 1 января 1979 г. по 31 января 2017 г.

Таблица 1 – Метеорологические параметры

№	Название	Краткое название	Единицы измерения
1	Скорость ветра U на высоте 10 м	10U	м/с
2	Скорость ветра V на высоте 10 м	10V	м/с
3	Атмосферное давление на поверхности	SP	Па
4	Температура воздуха на высоте 2 м	2T	К
5	Температура моря	SST	К
6	Суммарное количество осадков	TP	м
7	Суммарное количество испарения	E	м
8	Солнечная радиация	SSRD	Дж/м ²

Для проведения расчетов гидродинамики моря и расчета распространения нефтяного загрязнения по его акватории необходимо чтобы метеоданные находились в специальном формате ПО MIKE21 DFS2 [2, 3, 4]. Для осуществления перехода метеорологических параметров из формата GRIB в DFS2 была разработана программа, включающая в себя следующие процедуры:

1) Скачивание с базы данных GRIB файлов за указанную дату. Это осуществляется с помощью процедуры DownloadGrib(), запускающий скрипт `ecmwfdownload.py`. Это скрипт, написанный на языке Python, использует библиотеку `grib_api`, позволяющий скачивать данные с сайта ECMWF.

2) Конвертация файлов, находящихся в формате GRIB, в текстовый формат XYZ для каждого срока и метеопараметра в отдельности. Данная конвертация осуществляется посредством процедуры `Grib2Txt()`, запускающий скрипт `grib2txt.sh`, который включает в себя API, разработанный ECMWF под операционную систему Linux [5]. Созданный скрипт реализован в программе `Cygwin`, являющейся UNIX-подобной средой и имеющей интерфейс командной строки для Microsoft Windows. Реализация скрипта в данной среде вызвана тем, что все последующие действия по конвертации метеопараметров осуществляются в ОС Windows.

3) Конвертация файлов, находящихся в текстовом формате данных XYZ, в формат ASCII GRID, назначение картографической проекции UTM-39 и последующая конвертация в формат DFS2. Выбор формата ASCII GRID объясняется тем, что в ПО MIKE поддерживается преобразование из указанного формата в DFS2 – конечный формат использования метеорологических данных. Конвертация осуществляется выполнением процедуры `Txt2Dfs()`, которая запускает реализованный на языке Python скрипт `txt2dfsArc10.py`, использующий библиотеки ПО ArcGIS и MIKE. При конвертации метеоданные проходят следующие этапы обработки:

– С использованием инструмента `MakeXYEventLayer` файлы формата XYZ импортируются в слой точечных данных ArcGIS;

– С применением инструмента `PointToRaster` слой точечных данных конвертируются в растровые слои GRID формата, параллельно осуществляется перепроектирование слоев из географических координат в систему координат UTM-39;

– С использованием инструмента `RasterToASCII` осуществляется конвертация растровых слоев в файлы формата ASCII GRID.

– С применением инструмента `GRID2DFS` программного продукта MIKE производится импорт метеоданных в формат DFS2;

4) Формирование конечных файлов в формате DFS2. Данные преобразования осуществляются с помощью процедуры `JoinDfs()` с использованием библиотек программного продукта MIKE. При конвертации метеоданные проходят следующие этапы обработки:

– Слияние в один DFS2-файл всех метеорологических параметров и всех сроков данных, соответствующих прогнозу заблаговременностью 240 часов;

– Изменение значений метеопараметров SP, 2T, SSTK, TP, E, SSRD посредством перехода от единиц измерения ECMWF к единицам измерения, запрашиваемым ПО MIKE;

– Интерполяция DFS2-файла на прямоугольную сетку с размером ячейки 1000 на 1000 м и формирование области вычисления прямоугольной формы.

5) Формирование файла в формате DFS0, содержащего усредненные для акватории Северного Каспия значения потока солнечной радиации. Вычисление среднего значения на каждый срок осуществляется с помощью процедуры `AverageSSRD()` с использованием библиотек программного продукта MIKE.

6) Конвертация в векторный формат представления данных и дополнительные преобразования метеорологических параметров для их последующей визуализации в ГИС. Преобразование метеорологических данных, находящихся в текстовом формате XYZ, в векторный формат представления данных для отображения на карте осуществляется с помощью скрипта `txt2shpArc10.py` с использованием библиотек программного продукта ArcGIS, который запускается вызовом процедуры `Txt2Shp()`.

Перечисленные процедуры были интегрированы воедино, и теперь они имеют одну точку запуска. Интегрирующая программа была написана на языке программирования C#. В ней реализованы перечисленные процедуры, запускаемые в указанном выше порядке.

Рисунок 1 демонстрирует потоки файлов прогнозных метеопараметров при осуществлении преобразований из исходного формата GRIB в форматы: DFS2, DFS0 для метеопараметра SSRD и SHP для метеопараметров 10U, 10V, SP, 2T, SST.

Из рисунка видно, что из Европейского Центра Среднесрочных Прогнозов Погоды поступает 41 файл в формате GRIB, которые затем преобразовываются 328 текстовых файлов (XYZ формат), то есть 1 файл для каждого из восьми метеорологических параметров (10U, 10V, SP, 2T, SST, TP, E, SSRD) и каждого прогнозного срока.

После выполнения процедуры Txt2Dfs() 328 файлов XYZ формата преобразовываются в такое же количество файлов в формате GRID, затем – ASCII GRID, в конце в такое же количество файлов в формате DFS2. Слияние 328 DFS2-файлов в один осуществляется с помощью процедуры JoinDfs().

Осреднение данных по метеорологическому параметру SSRD осуществляется процедурой AverageSSRD, в результате получается 1 dfs0 файл на 41 срок.

Формирование файлов в формате SHP осуществляется в процедуре Txt2Shp(). Векторизации подвергаются следующие метеорологические параметры: 10U, 10V, SP, 2T, SST.

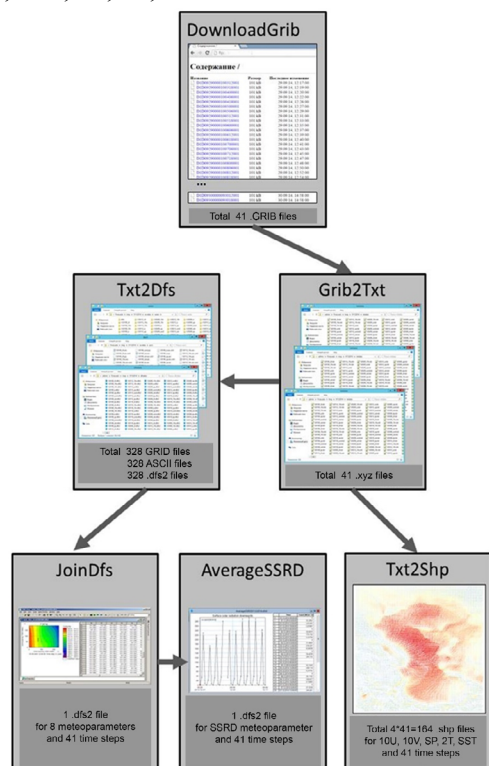


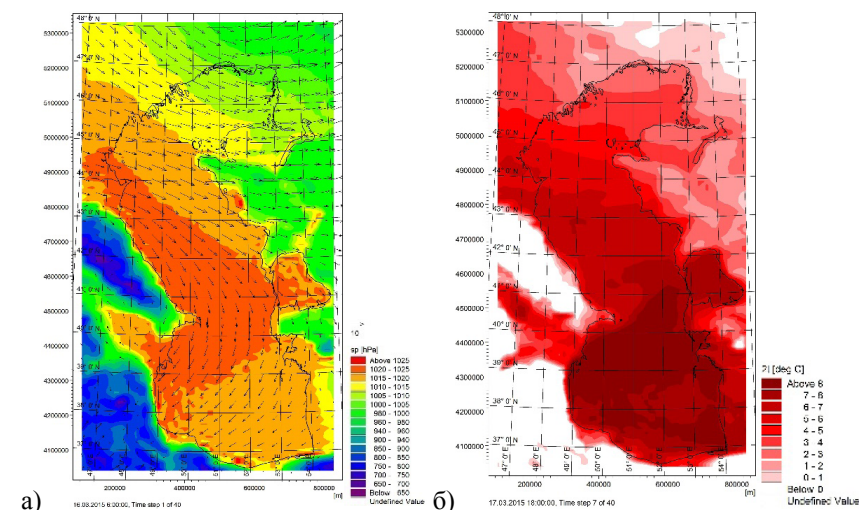
Рисунок 1 – Преобразование метеопараметров из формата GRIB в форматы, требуемые для проведения моделирования и визуализации

Для метеопараметров (10U, 10V), характеризующих скорости ветра, для каждого срока формируется точечные SHP файлы, содержащие атрибутивные поля направления и скорости ветра. Для метеопараметра SP для каждого срока формируются полигональные SHP файлы, содержащие атрибутивное поле, содержащее значение атмосферного давления. Для метеопараметров 2T, SST, содержащих значения температуры воздуха и морской поверхности, для каждого срока формируются линейные SHP файлы, включающие в себя атрибутивные поля, отображающие значение температуры для указанного срока. Количество SHP файлов указанных метеопараметров составляет 164.

Рисунок 2а иллюстрирует карты изменения скорости и направления ветра на высоте 10 м и атмосферного давление для каждой точки расчетной области Каспийского моря и прилегающей территории. Скорость и направление ветра на данных картах показаны стрелками разной величины и ориентированных в разных направлениях. Атмосферное давление представлено сплошной заливкой от темно-синего до красного цвета, изменяющихся от меньшего значения атмосферного давления к большему.

Рисунок 2б показывает карты изменения температуры воздуха на высоте 2 м. Рисунок 2в иллюстрирует карту температуры морской поверхности.

Изменение солнечной радиации представлено 2 типами данных: картой, демонстрирующей пространственно-распределенные данные по солнечной радиации для Каспийского моря и прилегающей территории (см. Рисунок 2г), и графиком изменения осредненных для акватории Северного Каспия значений солнечной радиации (см. Рисунок 3).



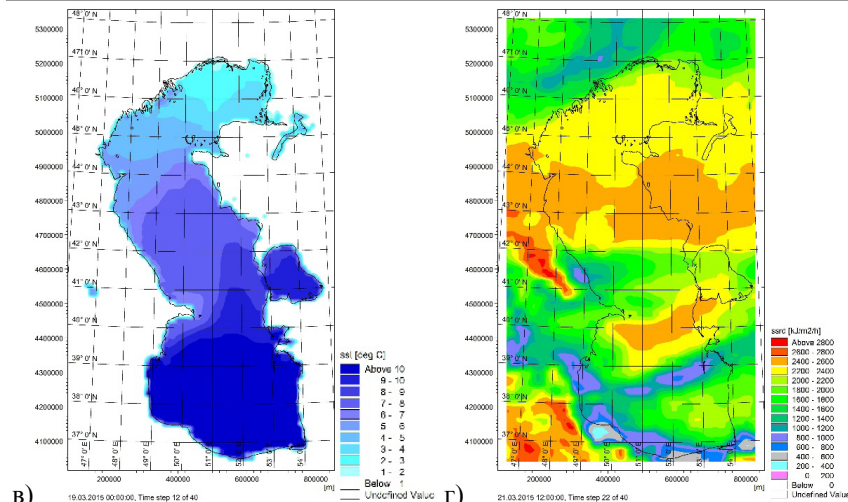


Рисунок 2 – Карты изменения скорости и направления ветра, атмосферного давления (а), температуры воздуха (б) и воды (в), солнечной радиации (г)

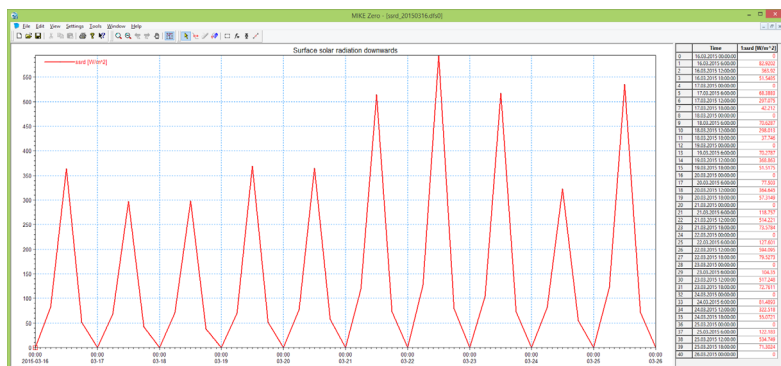


Рисунок 3 – График изменения осредненных значений солнечной радиации для акватории Северного Каспия на период с 16 по 26 марта 2015 г.

ВЫВОДЫ

Была реализована программа для преобразования метеопараметров из формата GRIB в формат программного обеспечения MIKE 21, а также были визуализированы некоторые параметры в ГИС. Сложность реализации программы была в том, что часть библиотек для работы с файлами были только под ОС Linux,

а часть на Windows. Поэтому для написания программы, которая запускается с одной точки, пришлось интегрировать две разные системы. Для этого помогла программа Cygwin, являющаяся UNIX-подобной средой и работающая под ОС Windows. В результате используя имеющиеся библиотеки под Linux и Windows, получилось преобразовать данные формата GRIB в формат MIKE 21. Эта программа была реализована в рамках диссертационной работы автора, и для этой работы требовалось набрать репрезентативный набор метеорологических данных для запуска модели расчета риска загрязнения моря. Данная программа облегчила работу набора статистики. Программа была поставлена в цикл на каждый день с 1979 года по 2014. В результате были скачены и получены в необходимом формате 52 596 файлов метеорологических параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ERA Interim, Daily fields: [Electronic resource]. – http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim_full_daily.
- 2 MIKE 21 Flow Model. Hydrodynamic Module. User Guide. – MIKE by DHI, 2014. – P. 130.
- 3 MIKE 21. Hydrodynamic Module. Step by step training guide. – MIKE by DHI, 2014. – P. 44.
- 4 MIKE 21/3 Oil Spill. Oil Spill Model. User Guide. – MIKE by DHI, 2014. – P. 52. The 5 ECMWF GRIB API: [Electronic resource]. – <https://software.ecmwf.int/wiki/display/GRIB/Home>.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

К. А. Бостанбеков¹, Л. А. Балакай²

MIKE 21 бағдарламасында модельдеу және ГАЗ визуализация үшін қажетті форматтарға GRIB форматындағы метеорологиялық деректерді түрлендіру

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы қ.;
²ЖШС «EcoRisk», Алматы қ.
 Материал 13.02.17 баспаға түсті.

К. А. Bostanbekov¹, L. A. Balakay²

Conversion of meteorological parameters from GRIB format to formats required for modeling in MIKE 21 software and visualization in GIS

¹International IT University, Almaty;
²LTD «EcoRisk», Almaty.
 Material received on 13.02.17.

Бұл мақалада кең таралған GRIB (GRIdded Binary) форматында сақталған метеорологиялық деректерді Дат гидравликалық институты шығарған MIKE 21 бағдарламалық қамтамасында пайдаланылатын деректер форматына түрлендіру үшін бағдарламалық модуль құру сипатталады. MIKE 21 теңіз агымдарын модельдеу және су бетінде мұнайдың таралуын болжауға арналған бағдарламалық кешені. Бұл мақалада қажетті метеорологиялық деректерді жүктеуден MIKE 21 бағдарламасының DFS2 форматын алуға арналған бағдарлама алгоритмі сипатталады. Метеорологиялық деректер Орта мерзімдік ауа райы болжамдарының Еуропалық орталығында (ECMWF) сақталған ERA Interim реанализ дерекқорынан жүктелген. Бағдарлама C#, Python бағдарламалау тілдерін және Bash сценарийлерін пайдалана отырып әзірленді.

This article describes the development of a software module for the conversion of meteorological data stored in the widely known GRIB binary format (GRIdded Binary) to the data format utilized in the MIKE 21 software developed by the Danish Hydraulic Institute. MIKE 21 software package for simulating sea currents and forecasting the oil spreading on the water surface. The algorithm of the program is described starting from downloading the necessary meteorological data to obtaining the DFS2 format by MIKE 21. Meteorological data were downloaded from the ERA Interim reanalysis database stored in the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). The program was developed using programming languages C#, Python and bash scripts.

УДК 621.315.1.6:554.510.42

**Ф. Н. Булатбаев¹, М. А. Бейсенби², Ю. Ф. Булатбаева³,
А. Ж. Закарина⁴**

¹к.т.н., декан Факультета энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда; ²д.т.н., профессор, ^{3,4}докторанты, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана
e-mail: ¹felix4965@mail.ru; ²beisenbi@mail.ru; ³Julia_my_angel@mail.ru; ⁴skakovaaina@yahoo.com

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В статье представлена разработка автоматизированной системы контроля и мониторинга элементов высоковольтных линий электропередач. Система контроля и мониторинга состоит из четырех уровней. Описаны задачи, которые решаются на каждом из уровней, представлена аппаратная часть системы, разработана структурная схема.

Ключевые слова: контроль, мониторинг, электрическая сеть, опоры высоковольтных линий электропередач, токи утечки.

ВВЕДЕНИЕ

Электрическая сеть это совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии. Она состоит из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, распределенных на огромных пространствах, и относится к распределенным технологическим комплексам. Аварии на высоковольтных линиях могут быть связаны с пробоями изоляции, обрывом токоведущих проводов, падением опор. Они могут привести к отсутствию электроснабжения целых регионов страны. Современный уровень развития программно-аппаратных средств автоматизации обеспечивает возможность создания дистанционных систем контроля и мониторинга элементов высоковольтных линий электропередач, с передачей информации в диспетчерский пункт для предотвращения и устранения аварийных ситуаций. Разработки в области создания распределенных систем передачи информации вдоль высоковольтных линий электропередач отсутствуют. Поэтому создание такой системы является актуальной задачей, решение

которой обеспечит снижение аварийности и повышение надежности транспортировки электроэнергии по стратегическим высоковольтным линиям электропередач.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Надёжность работы и величина активных потерь электроэнергии воздушных линий во многом зависит от состояния подвесных изоляторов. Контроль состояния подвесных изоляторов воздушных линий осуществляется путём периодических испытаний повышенным напряжением, измерения сопротивления, контроля распределения напряжения по конструкции изоляторов, а также их визуального осмотра. Недостаточная эффективность этих методов заключается в трудоёмкости, повышенной опасности и необходимости отключения оборудования от источника электроэнергии. При таких методах отсутствует возможность выявления случаев ухудшения изоляции или изоляторов на ранней стадии их эксплуатации. Главным параметром, характеризующим состояние изоляции, являются токи утечки. При разработке автоматической системы контроль состояния подвесных изоляторов должен осуществляться посредством измерений токов утечки. Информация о состоянии изоляторов всех опор высоковольтных линий должна периодически передаваться на диспетчерский пункт [1].

Гололедные аварии на воздушных линиях являются одними из самых тяжелых и трудно устранимых из-за зимнего бездорожья, мерзлого грунта и одновременно большого количества пораженных участков. В результате воздействия гололедных отложений на токоведущих проводах и грозотросе возникает обрыв проводов, механическое разрушение подвесных изоляторов и ухудшение их свойств. Своевременное устранение гололеда на проводах является важной задачей энергоснабжающих организаций [2].

Следует отметить крайне слабое развитие методов оценки механической части высоковольтных линий электропередач (ВЛЭП) – опор и фундаментов. Единственным широко распространенным способом обследования этих конструкций остаются внешние осмотры, регламентируемые правилами эксплуатации электроустановок. Известно, что результаты осмотров не могут считаться исчерпывающей диагностической информацией, так как наряду с видимыми дефектами конструкции зачастую имеют скрытые дефекты. Учитывая массовость этих элементов в составе любой электрической сети, можно утверждать, что вероятность возникновения аварий из-за повреждения механической части отдельных конструкций достаточно высока [3].

На ВЛЭП постоянно оказывают воздействие погодные условия. Температура, осадки, атмосферное давление, влажность, а также скорость и направление ветра являются важными параметрами, измерение которых

необходимо для мониторинга погодных условий для ВЛЭП. Знание текущей погодной ситуации вдоль линии электропередачи позволяет уменьшить количество отключений энергии. Датчики и системы слежения за погодными условиями должны располагаться вдоль ВЛЭП. Энергетическим компаниям требуются достоверные метеорологические данные для эффективного управления работой электросетей. Для контроля могут использоваться как полные метеорологические станции, работающие в автономном режиме, так и просто набор дистанционных датчиков, смонтированных на опорах [4].

Проанализировав факторы, которые могут вызвать аварии на ВЛЭП, представим структуру системы контроля и мониторинга, состоящую из 4-х уровней.

Самый нижний, нулевой уровень системы позволит с помощью контрольно-индикационных датчиков контролировать параметры: токи утечки изоляторов, обледенение токоведущих проводов, позиционирование опоры в пространстве, амплитуду вибраций опоры.

На первом уровне в рамках каждой опоры осуществляется передача телеметрической информации с датчиков на локальную подсистему сбора и первичной обработки и подготовки собранной информации для последующей передачи её на диспетчерский пункт.

На втором уровне системы решаются задача передачи информации с опор (с локальных подсистем сбора и первичной обработки) на диспетчерский пункт.

На верхнем, третьем, уровне работы системы реализуется решение следующих задач:

- анализ полученной информации на достоверность;
- восстановление утраченной или недостоверной информации;
- построение аппроксимирующих функций развития аварийных ситуаций;
- построение прогнозирующих моделей;
- диагностирование и локализация наступивших аварийных ситуаций;
- оповещение дежурного диспетчера о наступившей аварийной ситуации;
- формирование журнала учёта текущей информации;
- визуализация принимаемой информации.
- архивация и хранение поступающей информации;
- формирование алгоритмов и математических моделей управления информационными потоками с опор диагностируемого участка линий электропередач.

Аппаратная часть нулевого и первого уровней системы содержит следующие основные составные части [5]:

– индуктивный фильтр в цепи электропитания, обеспечивающий защиту аппаратной части локальной системы в случае попадания грозового разряда в грозотросс. Конструктивно представляет собой пыле – влаго непроницаемую сборочно – сварочную конструкцию. В корпусе фильтра установлена однослойная катушка индуктивности. С торцов корпуса фильтра установлены два гермоввода для ввода высоковольтного электропроводного кабеля;

– электронный блок – выполняет функции сбора, первичной обработки и передачи информации на диспетчерский пункт; представляет собой сборочную конструкцию щитового варианта, состоящую из кожуха пыле-влаго не пропускаемого, внутри которого смонтированы – блок питания, подсистема телеметрии, подсистема контроля токов утечки изоляторов, подсистема контроля обледенения, формирователь временных интервалов и блок согласования. На наружных поверхностях корпуса закреплены: (на верхней поверхности корпуса) антенны и датчик температуры окружающей среды; (на панели нижней части корпуса) установлены разъёмы для подачи питания и сигналов с информационных датчиков; на боковой поверхности корпуса смонтирован датчик обледенения. Разработка программно-аппаратного обеспечения электронного блока представлена в [5].

– датчик тока утечки изоляторов, выполняют функции контроля интегрального значения фонового тока и тока частичных разрядов.

Датчик обледенения – представляет собой серийно выпускаемый тензорезисторный датчик с зондом, защищённый пластмассовым защитным корпусом цилиндрической формой с пазами. По степени обледенения зонда можно косвенно судить об обледенении токоведущих проводов линий электропередач [6].

Наиболее сложными задачами в локальной системе нулевого и первого уровней являются задача передачи информации с контрольно-индикационных датчиков токов утечки штыревых изоляторов в электронный блок и задача обеспечения электропитания электронного блока от наведённой энергии в грозотроссе. Эти задачи были решены в проекте [6]. Конструктивно датчики фонового тока и тока частичных разрядов объединены в одном корпусе. Для решения первой задачи разработана структурная схема датчиков с использованием первичных преобразователей трансформаторного типа.

С целью определения времени начала обледенения проводов, на основе использования косвенного метода, разработана структура аппаратной части [6], обрабатывающей три типа информационных сигналов: линейных ускорений, измеряемых трехосным акселерометром в трех плоскостях X, Y, Z; температуры окружающей среды, измеряемой параметрическим датчиком; влажности окружающей среды.

Таким образом, на диспетчерский пункт в автоматизированную систему контроля работы от локальной системы, расположенной на каждой опоре, по телеметрическому каналу передаются следующие информационные сигналы [7]:

- влажности окружающей среды;
- температуры окружающей среды;
- вибраций опоры в трёх плоскостях;
- тока утечки изоляторов.

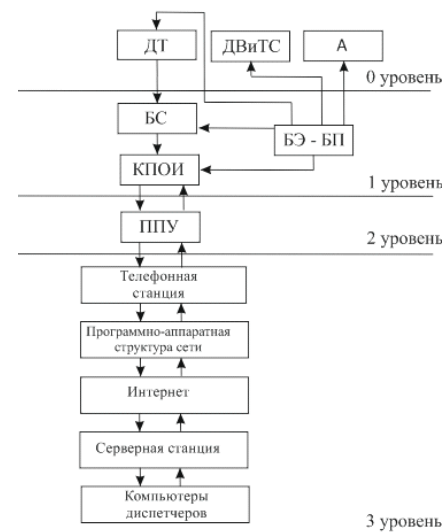


Рисунок 1 – Структурная схема аппаратной части системы

Структурная схема аппаратной части системы, взаимосвязь ее функциональных блоков и направления прохождения информационных сигналов представлены на рисунке 1.

Блок электронный (далее БЭ) размещен на каждой опоре контролируемого участка линии электропередач [5]. В состав каждого БЭ входит блок питания БП, электропитание от которого получают датчики тока утечки штыревых изоляторов (ДТ); датчик влажности и температуры окружающей среды (ДВиТС); датчик вибраций трёх-координатный (А) (акселерометр); блок согласования (БС); контроллер предварительной обработки информации (КПОИ); приёмо-передающее устройство (ППУ). Информационные сигналы с контрольно-индикационных датчиков ДТ, ДВиТС, А поступают на вход контроллера предварительной обработки информации. Выходные

сигналы ДТ преобразуются из токовой формы в напряжение с последующим масштабированием по амплитуде в блоке согласования (БС).

Основными функциями контроллера предварительной обработки информации являются [7]:

- проверка работоспособности контрольно-индикационных датчиков;
- усреднение полученной информации с контрольно-индикационных датчиков;
- проверка работоспособности приёмо-передающего устройства;
- активация режима передачи приёмо-передающего устройства;
- передача информационного пакета данных контроллеру;
- вычисление по заданному алгоритму момента времени наступления обледенения в функции выходных сигналов контрольно-индикационных датчиков ДВиТС и А.

Наиболее востребованным и актуальным на сегодняшний день вариантом передачи данных в распределённой системе контроля и мониторинга опор высоковольтных линий является организация передачи данных по сети GSM.

При использовании беспроводной технологии GSM данные могут передаваться тремя основными способами: с помощью службы коротких сообщений SMS (Short Message Service), по голосовому каналу GSM и с использованием пакетной передачи данных GPRS (General Packet Radio Service) [8].

Главной особенностью передачи данных с использованием пакетной передачи данных GPRS является возможность постоянного подключения абонента к сети. Радиоканал предоставляется абоненту только на время передачи пакета данных, в остальное же время используется для передачи пакетов других пользователей сети. При данном способе организации связи оплата происходит только за трафик, а не за все время сеанса связи. Технология GPRS оптимальна для применения в системах непрерывного мониторинга мобильных и стационарных объектов. Максимально возможная скорость обмена данными с помощью технологии GPRS теоретически может достигать 170 Кбит/с [9].

Периодичность измерения параметров обледенения и токов утечки оставляет один раз в час.

Параметры микроконтроллера должны обеспечивать малое потребление тока, иметь достаточное быстродействие и точность обработки аналоговых сигналов. Количество портов ввода/вывода должно обеспечивать подключение всех периферийных модулей без привлечения дополнительных электронных модулей. Рекомендуется использовать линейку контроллеров с технологией RISC ведущих фирм, производителей электронных компонентов: фирмы MicroChip или Atmel.

GSM-модем должен быть предназначен для передачи телеметрической информации через GSM-сети местных операторов диапазона 900/1800 МГц, со скоростью передачи не менее 9600 бит/с [10].

Вершиной системы является диспетчерский пункт, где собирается и отображается информация со всех контролируемых опор высоковольтных линий, включенных в диспетчерскую систему контроля параметров. Диспетчерский пункт представляет собой рабочее место диспетчера, шкаф управления и персональный компьютер, на котором установлено программное обеспечение «SCADA-системы». SCADA (аббревиатура от английского Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

Подсистема вывода информации в системе автоматического контроля параметров опор линий электропередач должна выполнять следующие функции:

- а) мониторинг параметров токов утечек высоковольтных изоляторов в режиме реального времени;
- в) мониторинг обледенения высоковольтных проводов в режиме реального времени;
- г) оповещение оператора об аварийных ситуациях в режиме реального времени, с последующим архивированием;
- д) представление измеряемых показаний в графической форме;
- е) генерация отчетов по измеряемым параметрам.

В функции мониторинга параметров токов утечек высоковольтных изоляторов входит обработка и вывод на экран величины протекающего тока через изолятор токоведущих проводов.

В функции мониторинга обледенения высоковольтных проводов входит отображение усиления механической нагрузки на высоковольтные провода.

В функции оповещения оператора об аварийных ситуациях с последующим архивированием входит визуальная и звуковая сигнализация о превышении любого измеряемого параметра выше предельного значения, установленного нормативными документами при эксплуатации высоковольтных линий.

В функции представления измеряемых показаний в графической форме входит отображение расположения опор с привязкой к местности, вывод на экран измеряемых параметров в виде трендов для любой опоры и фиксация аварийных ситуаций при определённых изменениях контролируемых параметров.

В функции генерации отчетов по измеряемым параметрам входит формирование отчетности по измерению параметров состояния элементов ВЛЭП за определенный период и вывод в необходимой форме в файл формата «EXEL». Также возможно составление отчетности по аварийным ситуациям за определенный период.

ВЫВОДЫ

Система контроля и мониторинга позволяет с каждой опоры на диспетчерский пункт передавать следующие информационные сигналы:

- влажности окружающей среды;
- температуры окружающей среды;
- вибраций опоры в трёх плоскостях;
- тока утечки изоляторов.

Система обеспечивает индикацию и визуализацию текущих значений токов утечки изоляторов трёх фаз, величины массы обледенения проводов.

Она обеспечивает передачу телеметрической информации, о состоянии элементов конструкции опор посредством сотовой телефонии, на диспетчерский пункт.

Система оповещает оператора об аварийных ситуациях в режиме реального времени, с последующим архивированием.

Система обеспечивает регистрацию информации, передаваемой с опор высоковольтных линий электропередач, при работе в штатном режиме - посуточно, а в аварийном режиме – почасовом.

Передача телеметрической информации на диспетчерский пункт осуществляется посредством сотовой телефонии и интернета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Брейдо, И. В., Войткевич, С. В.** Распределенные системы катодной защиты элементов высоковольтных линий электропередач // Труды международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2050» (Сагиновские чтения № 6). – Караганда, 2014. – С. 47-49.

2 **Закамский, Е. В., Минуллин, Р. Г.** Анализ экспериментальных данных, полученных при диагностике воздушных линий электропередачи // Материалы докладов VI Аспирантско-магистерского научного семинара КГЭУ. – Казань: КГЭУ, 2002. – С. 45-46.

3 **Чернев, В. Т., Белоусов, М. А., Бунин, В. В., Евстафьев, А. Н., Толкалин, Ю. Н.** Комплексная диагностика электросетевого оборудования с целью формирования плана ремонта линий электропередачи // Третья

Российская с международным участием научно практическая конференция. – Новосибирск, 2008. – С. 236-246.

4 **Самарин, А., Масалов, В.** Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП // Control Engineering // – Россия, 2013. – № 3(45). – С. 88-94.

5 **Брейдо, И. В., Каверин, В. В., Фешин, Б. Н., Сичкаренко, А. В., Кочкин, А. М., Айкеева, А. А., Войткевич, С. В., Крицкий, А. Б., Котов, Е. С., Булатбаева, Ю. Ф., Эм, Г. А., Шошымбекова, Г. Т., Тохметова, К. М., Совет, А. Н., Абибекова, Г. С., Аманова, Н. Б.** Создание распределённой помехоустойчивой «смарт-грид» системы контроля состояния опор ВЛЭП с использованием комбинированных методов передачи информации. УДК 621.316:621.396, № регистрации 0115PK00404. – Караганда : КарГТУ, 2015. – 100 с.

6 **Брейдо, И. В., Каверин, В. В., Войткевич, С. В., Сичкаренко, А. В., Иванов, В. А.** Распределенные системы защит и диагностики элементов высоковольтных линий электропередач // Международная научно-практическая конференция, посвященная 20-летию Политехнического института (филиал) Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова. – Мирный, 2014. – С. 89-90.

7 **Брейдо, И. В., Булатбаева, Ю. Ф., Войткевич, С. В., Каверин, В. В., Сичкаренко, А. В., Фешин, Б. Н.** Концептуальный подход к построению распределенной «СМАРТ-ГРИД» системы высоковольтных линий электропередач (часть1) // Журнал «Труды университета». – 2015. – № 3 (60). – С. 79-83.

8 **Урель, Ж. Л.** Универсальный широкополосный доступ: наступление беспроводных и мобильных технологий // Журнал «Технологии и средства связи». – 2005. – № 5. – С. 64-70.

9 **Брейдо, И. В., Войткевич, С. В., Каверин, В. В., Сичкаренко, А. В.** Проблемы создания распределенных систем защиты и диагностики элементов опор ВЛЭП // 4-ый Международный научный семинар. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 32-35.

10 **Рабион, Н. Д., Ермолаев, А. О., Панфилов, Д. И., Соколов, М. А.** Реализация каналов GSM/GPRS в беспроводных системах сбора и передачи информации // Журнал «Сети и системы связи». – 2006. – № 6. – С. 86-91.

Ф. Н. Булатбаев¹, М. А. Бейсенби², Ю. Ф. Булатбаева², А. Ж. Закарина⁴
Электр желілерін бақылау және мониторингтеудің автоматтандырылған жүйесі

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.;
²Л. Н. Гумилев атындағы
 Еуразиялық мемлекеттік университеті, Астана қ.
 Материал 13.02.17 баспаға түсті.

F. N. Bulatbayev¹, M. A. Beisenbi², Y. F. Bulatbayeva², A. Zh. Zakarina⁴
Automated control and monitoring of electric networks

¹Karaganda State Technical University, Karaganda;
²L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.
 Material received on 13.02.17.

Мақалада жоғарғы вольтты электр тарату желілерінің элементтерін бақылау және мониторингтеудің автоматтандырылған жүйесін зерттеп жасау сипатталады. Мониторинг және бақылау жүйесі төрт деңгейден тұрады. Әрбір деңгейде шешілетін мәселелер сипатталған, жүйенің аппаратты бөлігі келтірілген, құрылымдық схемасы зерттеліп жасалған.

This paper presents the development of remote control and monitoring elements of high-voltage power lines. Control and monitoring system consists of 4 levels. Each level solves the problem described in the article, it is also represented by the hardware of each level, the block diagram of the system's hardware and the connection of functional blocks are presented in the article.

**Ф. Н. Булатбаев¹, М. А. Бейсенби², Ю. Ф. Булатбаева³,
 А. Ж. Закарина⁴**

¹к.т.н., декан Факультета энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда;
²д.т.н., профессор, ^{3,4}докторанты, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана
 e-mail: ¹felix4965@mail.ru; ²beisenbi@mail.ru; ³Julia_my_angel@mail.ru;
⁴skakovaaina@yahoo.com

ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

В статье рассматриваются частотно-временные методы определения места повреждения на линиях электропередач. Они основаны на контроле распространения многочастотного сигнала и имеют локационный характер (основанные на измерении времени запаздывания сигнала).

Ключевые слова: линии электропередачи, диагностика, импульсный метод, волновой метод, волновые колебания, частотно-временной метод.

ВВЕДЕНИЕ

Воздушные линии (ВЛ) электропередачи подвержены коротким замыканиям (КЗ) и обрывам проводов. Эти повреждения приводят к перерывам электроснабжения и ухудшению его качества, увеличению потерь электроэнергии, а также – к нарушениям устойчивости работы энергосистемы. Причины возникновения повреждений различны – ухудшение состояния изоляции, воздействие внешних объектов, метеорологические условия.

До появления в энергосистемах приборов определения места повреждения (начало 60-х годов) поиск повреждения совершался путем обходов, объездов, иногда облетов на вертолете трассы линии. На это тратилось значительное время, поскольку линии имеют большую протяженность (до сотен километров), а трасса часто идет по труднопроходимой местности. К тому же место повреждения иногда плохо различимо даже с близкого расстояния – на гирлянде изоляторов после перекрытия часто не остается значительных следов обгорания.

Важным фактором для быстрого устранения последствий повреждений является точное дистанционное определение места повреждения (ОМП), позволяющее уменьшить зону обхода ВЛ оперативно-ремонтным персоналом электрических сетей. Точность ОМП особенно важна, если на элементах ВЛ отсутствуют видимые следы пробоя, не позволяющие достоверно определить место повреждения при осмотре ВЛ, а также – при успешных автоматических повторных включениях ВЛ, поскольку после устранения повреждения возможно ослабление уровня изоляции ВЛ, ведущее к повторным КЗ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Известно большое количество различных методов ОМП. На рисунке 1 приведена схема классификации методов ОМП.

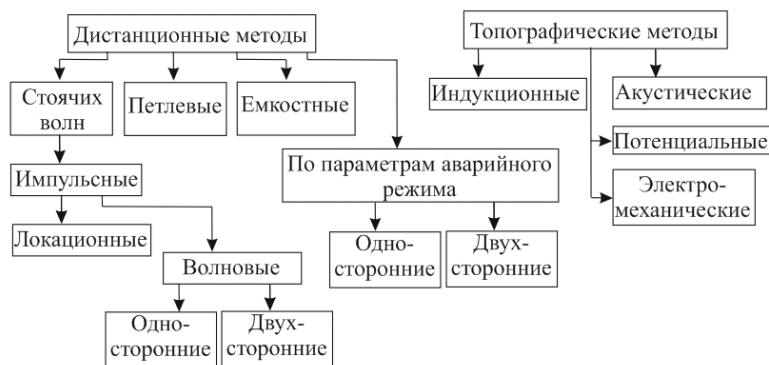


Рисунок 1 – Схема классификации методов ОМП

Прежде всего, методы делятся на дистанционные и топографические. При этом топографические методы подразумевают определение искомого места непосредственно при движении по трассе, и средства топографического отыскания места повреждения находятся в распоряжении поисковой бригады. Дистанционные методы подразумевают использование приборов и устройств, устанавливаемых на подстанциях и указывающих расстояние до повреждения.

При классификации методов ОМП на линиях электропередач (ЛЭП) за основу берутся либо базовые физические принципы ОМП (например, импульсные методы, волновые методы, метод стоячих волн, использующие параметры аварийного режима (ПАР), и др.), либо их частотные характеристики (высокочастотные, среднечастотные, низкочастотные методы) [1, 2]. Эти методы, в основном, ориентированы на ОМП кабельных

линий, передающих видео- или радиосигналы, однако могут применяться и для диагностики воздушных ЛЭП.

Основу импульсных и волновых методов составляет локационный принцип, базирующийся на измерении времени запаздывания распространяющегося импульсного сигнала. При этом сигнал может быть получен искусственным путем (активная локация) с помощью генератора зондирующих импульсов, подключенного к ЛЭП (импульсные методы), или возникать самостоятельно (пассивная локация) при наличии КЗ на ЛЭП (волновые методы).

Локационный метод основан на измерении времени между моментом посылки в линию зондирующего электрического импульса, и моментом прихода к началу линии импульса, отраженного от места повреждения. Трасса распространения импульсов в поврежденной линии и временные соотношения показаны на рисунке 2. Послав в линию импульс, замеряют интервал $t_{л}$ – время двойного пробега этого импульса до места повреждения. Искомое расстояние до места повреждения определяется как:

$$l = \frac{t_{л}}{2} v, \tag{1}$$

где v – скорость распространения импульса в линии.

Локационные измерения подразделяются на автоматические и неавтоматические. Первые используются для воздушных линий (ВЛ), включенных в находящуюся под рабочим напряжением электрическую сеть. При срабатывании релейной защиты запускается автоматический локационный искатель, который фиксирует искомое расстояние за время, меньшее одной десятой доли секунды.

Измерения в период горения дуги короткого замыкания (КЗ) – важное условие ОМП на ВЛ. После погасания дуги на поврежденной ВЛ получить необходимый отраженный импульс при неавтоматической локации в большинстве случаев не удастся.

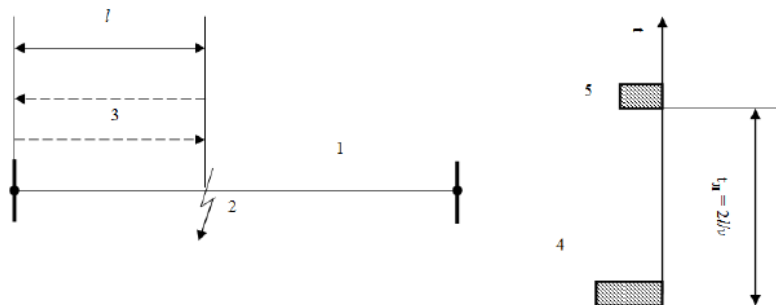


Рисунок 2 – Трасса распространения импульсов и временные соотношения при локационном методе ОМП:
 1 – линия; 2 – место повреждения; 3 – трасса распространения импульсов;
 4, 5 – зондирующий и отраженный импульсы

Основу частотных методов [3] и метода стоячих волн [1, 2] составляет измерение частоты электромагнитных колебаний. По аналогии измерение в этих методах может осуществляться активно, когда к ЛЭП подключается перестраиваемый генератор синусоидальных колебаний (метод стоячих волн), либо пассивно, когда измеряется частота свободных колебательных составляющих, возникающих в линии при коротких замыканиях. Следует заметить, что физическая основа частотного метода и волновых методов односторонних измерений практически одна и та же. Отличие составляет характер измерений: частотные либо временные (например, период колебаний свободных составляющих). Физическую основу частотно-временных методов составляют принципы, реализованные в ряде изобретений [4-7]. Типовым представителем рассматриваемой группы методов является устройство [4], реализующее частотно-временной метод ОМП. Схемное решение устройства (рисунок 3) позволяет уяснить физические принципы метода.

Источники непрерывных синусоидальных колебаний с частотой f_1 и f_2 включены в линию и передают гармонические сигналы в обозначенном направлении (здесь и далее не указываются элементы присоединения к ЛЭП). В дальней точке эти гармонические колебания селективируются, усиливаются и выпрямляются, а результирующее напряжение подается на соответствующее реле.

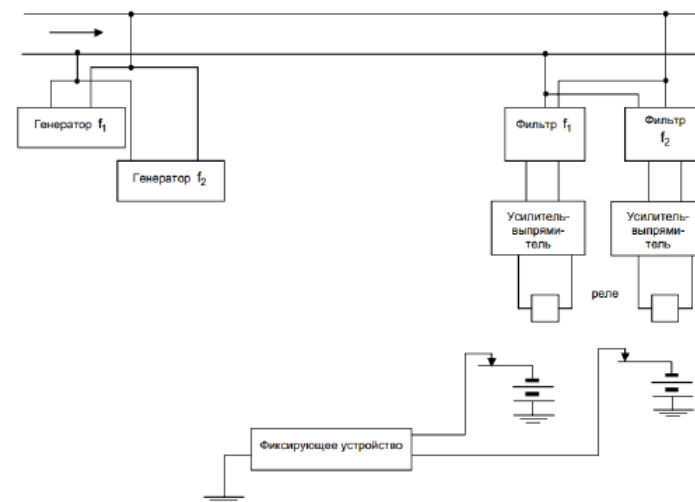


Рисунок 3 – Структурная схема устройства, реализующего частотно-временной метод ОМП

При отсутствии повреждений любой природы, являющихся причиной прерываний в передаче ЛЭП, реле находится в рабочем состоянии. Это означает, что токи от источников через контакты реле и фиксирующее устройство протекают на землю. Фиксирующее устройство находится в нерабочем состоянии.

При возникновении прерываний волновые колебания с частотой f_1 и f_2 прерываются в точке приема со временем, зависящим от условий распространения для каждой из частот. Такие прерывания приводят к срабатыванию реле в каналах частот f_1 и f_2 и регистрации разности времени распространения колебаний с частотой и фиксирующим устройством.

Временная задержка в колебаниях с частотой f_1 и f_2 может быть использована для ОМП. Известно, что скорость распространения гармонических колебаний на различных частотах зависит от состояния и параметров ЛЭП, и поэтому с помощью скорости распространения колебаний на различных частотах можно характеризовать индивидуальные особенности и состояние линии, например, зависимость задержки для разных частот (рисунок 4).

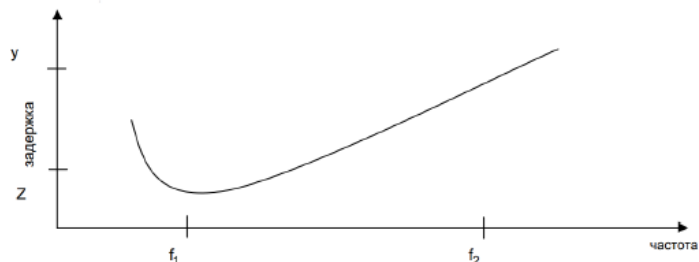


Рисунок 4 – Зависимость задержки времени распространения от частоты

Если колебания с частотой f_1 и f_2 прилагаются к начальной точке ЛЭП, имеющей длину L , то разница во времени прихода волн в дальней точке составляет:

$$y - Z = t, \tag{2}$$

где Z – время прихода волны с частотой f_1 ;
 y – время прихода волны с частотой f_2 ;
 t – разность времен.

Если колебания с частотой и прерываются в неизвестной точке X , лежащей между концами линии длиной L , то волна с частотой f_1 имеет большую скорость распространения и поэтому будет принята первой на конце линии. Волна с частотой f_2 придет второй. Соответствующая разница времен составляет:

$$y' - Z' = t', \tag{3}$$

Соответственно, длина линии пропорциональна разности времен прихода волн с частотами f_1 и f_2 , т. е. L пропорциональна t , а расстояние до точки X пропорционально t' . После деления этих соотношений получим:

$$X = \frac{L \cdot t'}{t}, \tag{4}$$

Таким образом, место повреждения, причиной которого становятся прерывания, можно определить, зная длину ЛЭП L и, соответственно, временные запаздывания t' и t .

Другая группа частотно-временных методов [6, 7] использует специфику изменения скорости распространения волн при повреждении изоляции ЛЭП и других ее особенностей, связанных с возникновением нелинейной

характеристики на одном из её участков. Возможно возникновение на этих участках кратных и межмодуляционных частот, связанных с частотами оригинальных волновых колебаний.

Так, в одной из работ [7] предлагается следующий метод и устройство ОМП (рисунок 5).

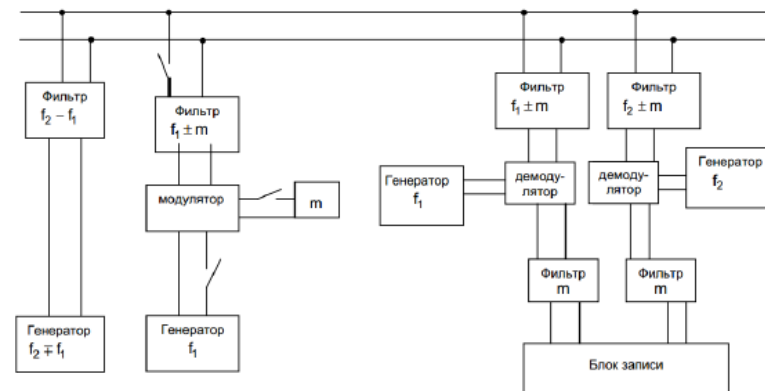


Рисунок 5 – Структурная схема устройства, реализующего частотно-временной метод ОМП

Пусть несущая частота одного из колебаний равна f_1 и соответствующая скорость распространения – V_1 , а для второго колебания f_2 и V_2 , соответственно. Пусть X – расстояние от нерегулярности ЛЭП до точки приема. Тогда время распространения колебания с частотой f_1 до точки приема:

$$t_1 = \frac{X}{V_1}, \tag{5}$$

а соответствующее время распространения для колебаний с частотой f_2 :

$$t_2 = \frac{X}{V_2}, \tag{6}$$

Скорости V_1 и V_2 принимаются неизменяющимися по всей длине L .

Расстояние до места повреждения, зависящее от регистрируемой разности времен, может быть рассчитано в соответствии с формулой:

$$X = (t_1 - t_2) \frac{V_2 \cdot V_1}{V_2 - V_1}, \tag{7}$$

Работа устройства (рисунок 5), реализующего такой способ ОМП, состоит в следующем. Источник колебаний - генератор частоты f_1 - подключается к линии через модулятор и фильтр. Он посылает в линию колебания с частотой $f_1 \pm m$, где m низкая частота. Второй генератор формирует частоты $f_1 \pm f_2$ (f_2 - частота, отличная от f_1), которые, проходя через фильтр, направляются в линию. Вспомогательный источник генерирует колебания низких частот m , которые могут быть подключены через контакты выключателя к модулятору.

Электромагнитные волны от генератора $f_1 \pm m$, прошедшие через соответствующий фильтр и ЛЭП, выделяются фильтром с другой стороны линии, демодулируются колебаниями частоты, а также регистрируются блоком записи. При возникновении нелинейностей и нерегулярностей в линии происходит образование комбинационных частот колебаний $f_2 - f_1$ и $f_1 \pm m$. Одним из продуктов интермодуляции являются колебания с частотой $f_2 - f_1 + f_1 \pm m = f_2 \pm m$. Эти частоты выделяются фильтром $f_2 \pm m$, а затем демодулируются с использованием генератора частоты f_2 и регистрируются блоком записи.

Перед началом работы (или в процессе работы) прибора производится тестирование. При этом замыкаются контакты выключателей, обеспечивая подачу колебаний в линию только частот $f_1 \pm m$. В нормальном режиме работы контакты выключателей разомкнуты.

Временные диаграммы (рисунок 6) отображают типовую регистрацию колебаний с несущими частотами f_1 и f_2 , а также регистрацию колебаний частоты синхронизации. Таким образом, разница между моментами регистрации $t_2 - t_1$ в этом случае определяет расстояние X до места повреждения.

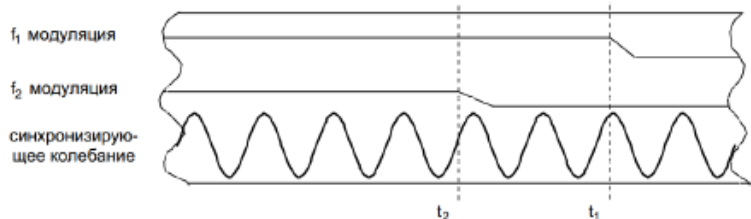


Рисунок 6 – Временные диаграммы частотно-временного метода

Рассмотренные частотно-временные методы можно применять также для решения других задач. Например, каналы дифференциально-фазной высокочастотной защиты линий (ДФЗ) и высокочастотной (ВЧ) связи входят в технологические комплексы ЛЭП. Выход их из строя или

возникновение соответствующих периодических прерываний не приводят к нарушениям передачи электрической энергии, но оказывают существенное влияние на надежность и управляемость комплексов электротехнического оборудования. Применяемые методы контроля ДФЗ и ВЧ связи направлены на диагностирование преимущественно элементов приемопередающего оборудования, но не на выявление мест повреждений ЛЭП, приводящих, например, к нарушениям каналов связи. При этом актуальной является дистанционная диагностика, имеющая целью определение расстояния до таких повреждений, как набросы на ЛЭП и нарушения в целостности грозотроса, не приводящие к отключениям, нарушения в трактах ВЧ обходов каналов связи и др. Именно рассмотренные частотно-временные методы позволяют решать указанные задачи. Они могут применяться в совокупности с получением амплитудно-частотных характеристик каналов связи, формирование которых является необходимым элементом эксплуатационных работ.

Современные комплексные частотно-временные устройства с использованием цифровой обработки сигналов [8, 11, 12] могут быть реализованы согласно схеме комплексного устройства, реализующего частотно-временные методы (рисунок 7). Цифровой генератор формирует сигнал с постоянным амплитудно-частотным спектром в некоторой полосе частот Π (рисунок 8).

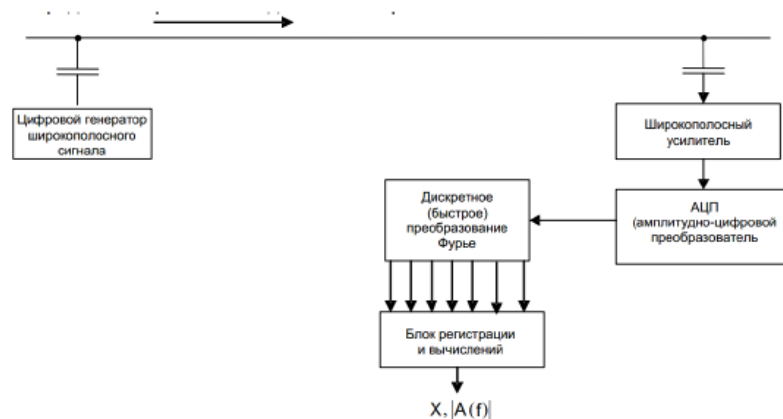


Рисунок 7 – Схема комплексного устройства, реализующего частотно-временные методы

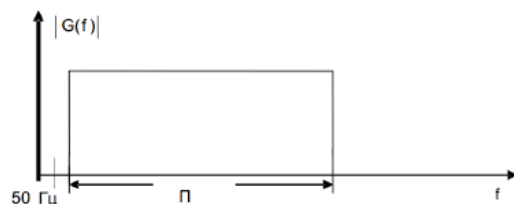


Рисунок 8 – Амплитудно-частотный спектр сигнала, излучаемого широкополосным генератором

Такой сигнал позволяет получать амплитудно-частотную характеристику канала с помощью дискретного или быстрого преобразования Фурье (ДПФ, БПФ) [8].

Помимо этого производится временная регистрация сигналов различных дискретных частот блоком регистрации и вычислений. В итоге получается множество оценок расстояния до места $\{X_i\}$, которое усредняется для обеспечения результирующей точной оценки X . Процедуры усреднения могут содержать различные статистические алгоритмы теории вероятностей [9, 10] с учетом специфики распространения и затухания генерируемого сигнала на различных частотах. Схемный вариант устройства (рисунок 7) может применяться и для реализации метода с использованием комбинационных (интермодуляционных) частот.

ВЫВОДЫ

В заключение следует заметить, что цифровые устройства формирования и обработки сигналов для диагностики ЛЭП с использованием частотно-временных методов аналогичны компонентам локационной техники, однако отличаются значительно меньшими требованиями по быстродействию. Они достаточно эффективно реализуются на широко распространенных компонентах микропроцессорной техники и не требуют значительных аппаратных и стоимостных затрат.

Таким образом, рассмотренные частотно-временные методы ОМП на ЛЭП могут применяться как самостоятельно, так и в комплексе с другими методами в устройствах диагностики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шалыт, Г. М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М. : Энергоиздат, 1982.

2 **Висящев, А. Н.** Приборы и методы определения места повреждения на линиях электропередачи: Учеб. пособие. – Иркутск : Изд-во Ир ГТУ. – 2001. – Ч. 2.

3 **Небера, В. А., Новелла, В. Н.** Частотный метод определения повреждения на линиях электропередач сверхвысоких напряжений // Электрические станции. – 1995. – № 2. – С. 36-46.

4 **Andrews, J. F.** Method and apparatus for locating transmission faults, US Pat. № 2.315.383, 30.03.1943.

5 **Nyquist, H.** Method and apparatus for locating transmission faults, US Pat. № 2.315.450, 30.03.1943.

6 **Gilbert, J. J.** Cable testing method by transmitting pulses of different rates of propagation, US Pat. № 2.522.362, 12.09.1950.

7 **Bishop, W. M.** Method and means for locating nonlinearities in inaccessible cables, US Pat. № 2.570.912, 09.10.1951.

8 **Нуссбаумер, Г.** Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток: Пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1985.

9 **Ван Трис, Г.** Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т. 1. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции. – Нью-Йорк, 1968: Пер. с англ. / Под ред. проф. В. И. Тихонова. – М. : Советское радио, 1972.

10 **Бартон, Д. и Вард, Г.** Справочник по радиолокационным измерениям: Пер. с англ. / Под ред. М. М. Вейсбейна. – М. : Советское радио, 1976.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

Ф. Н. Булатбаев¹, М. А. Бейсенби², Ю. Ф. Булатбаева², А. Ж. Закарина²
Электр беру сымдарындағы ақауларына диагностика жасау

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

²Л. Н. Гумилев атындағы

Еуразиялық мемлекеттік университеті, Астана қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

F. N. Bulatbayev¹, M. A. Beisenbi², Y. F. Bulatbayeva², A. Zh. Zakarina²
Diagnostics of damages on lines of electricity transmissions

¹Karaganda State Technical University, Karaganda;

²L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 13.02.17.

Мақалада электр беру сымдарында ақау болған орнын табудың жиілікті-уақыттық әдістері қарастырылған. Бұл әдістер көп жиіліктік дабылдар таратуын бақылауына негізделген және ол

локациялық түрімен сипатталады, яғни дабылдың кешігу уақытын өлшеуіне тірелінеді.

This paper is devoted to the time-and-frequency methods on TL (transmission lines), which are based in multiple frequency signal transmission control. These methods have location character as they are based on signal time delay measurement.

УДК 621.316.925

**О. В. Говорун¹, В. Ф. Говорун², Н. М. Падруль³,
Г. М. Искар⁴, Ж. Б. Мусаев⁴**

¹к.тех.н., ПИ «Энергопроект», ²д.тех.н., профессор, ³с. преподаватель, ⁴магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВОЙ ЛИНИИ

Изложено математическое описание для расчета и анализа длинной линии. Рассмотрен режим холостого хода четвертьволновой линии на основании теории падающих и отраженных электромагнитных волн. Показано, что отраженные волны отсутствуют.

Ключевые слова: четвертьволновая линия, электромагнитные волны, длинные линии.

В последнее время масштабное направление в современной энергетике термин «Умные сети» получил широкое распространение. Смысл термина «Умные сети» в том, чтобы сделать «интеллектуальными» генерацию, передачу и распределение электрической энергии, насытить электрические сети современными средствами мониторинга, диагностики, электронными системами управления и синхронизации глобальных сетей, алгоритмами и новыми техническими устройствами, т.е. соединить возможности информационных технологий с силовой электротехникой. Это позволит увеличить надежность энергоснабжения (способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии), оптимально перераспределять энергетические потоки и тем самым уменьшить пиковые нагрузки (а все электротехнические системы конструируются именно в расчете на пиковые нагрузки), уменьшить потери при передаче электрической

энергии от генератора к потребителю, повысить эффективность работы энергосистемы в целом. Это, в свою очередь, дает возможность появлению новых высокотехнологичных продуктов и рынков для комфортной работы потребителя в рынке электроэнергетики.

Для исследования и оценки эффективности нового поколения аппаратуры и датчиков «умных сетей» необходимо модернизировать значительную часть инструментов расчета и анализа перетоков мощности, используемых при планировании режимов и в процессе функционирования ЭЭС. Поэтому совершенствование и развитие методов и инструментов расчета режимов с учетом взаимодействия различных устройств является актуальной задачей.

В последние годы в периодических изданиях и интернете появилось большое количество публикаций, по передаче электроэнергии по одному проводу на большие расстояния с использованием высокочастотных трансформаторов Тесла. При этом в ряде источников допускаются ошибки в отображении переходных процессов и установившихся режимов, происходящих в таких электропередачах.

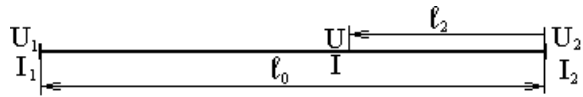
Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств для обеспечения надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем.

Линии, при анализе которых нельзя пренебречь поперечными токами, обусловленными емкостью между проводами и землей и активной проводимостью называют цепями с распределенными параметрами (длинными линиями). Чтобы учесть изменение тока и напряжения вдоль линии, можно считать, что каждый элементарный участок линии обладает продольным активным сопротивлением и индуктивностью, а между проводами и землей поперечной активной проводимостью и емкостью.

Уравнения с гиперболическими функциями, по которым можно определить напряжение, ток и мощность в любой точке линии, при отсчете длины l от начала:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 U_1 & \xrightarrow{\quad l_1 \quad} & U \\
 I_1 & \xrightarrow{\quad l_0 \quad} & I \\
 \hline
 & & U_2 \\
 & & I_2
 \end{array} \\
 U = \dot{U}_1 ch(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) - \dot{I}_1 Z_B \cdot sh(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1); \\
 \dot{I} = \dot{I}_1 ch(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) - \dot{U}_1 \cdot sh(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) / Z_B.
 \end{array}$$

Если известны комплексные значения \dot{U}_2 и \dot{I}_2 в конце линии, то \dot{U} и \dot{I} в любой точке линии на расстоянии l_2 от её конца можно записать:



$$\dot{U} = \dot{U}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) + \dot{I}_2 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2);$$

$$\dot{I} = \dot{I}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) / Z_B$$

Уравнения, связывающие параметры начала линии \dot{U}_1 и \dot{I}_1 с параметрами конца линии \dot{U}_2 и \dot{I}_2 :

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) + \dot{I}_2 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0);$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) / Z_B.$$

где l_0 – полная длина линии, $\dot{\gamma}_0 = \sqrt{\dot{Z}_0 \cdot \dot{Y}_0} = (g_0 + j\omega_0 C_0) \dot{Z}_B = \beta_0 + j\alpha_0$ – коэффициент распространения волны, $\dot{Z}_B = \sqrt{\frac{\dot{Z}_0}{\dot{Y}_0}} = \sqrt{\frac{r_0 + j\omega_0 L_0}{g_0 + j\omega_0 C_0}}$ – волновое сопротивление линии,

β_0 – коэффициент затухания, α_0 – коэффициент фазы, $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$ – круговая частота; f_0 – частота переменного тока, L_0, C_0, r_0, g_0 – погонные параметры линии.

В качестве базисных величин примем $\dot{S}_B = \dot{P}_0$ и $U_B = U_{ном}$,

где $\dot{P}_0 = U_{ном}^2 / \dot{Z}_B$ – натуральная мощность.

Тогда базисное сопротивление $\dot{Z}_B = \dot{Z}_B$ равно волновому сопротивлению, а базисный ток $\dot{I}_B = \dot{P}_0$.

В относительных единицах уравнения линии, при отсчете координаты l_1 ($\dot{\gamma}_1$) от начала примут вид:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_1 - \dot{I}_1 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_1;$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_1 - \dot{U}_1 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_1.$$

При отсчете координаты l_2 ($\dot{\gamma}_2$) от конца:

$$\dot{U}_i = \dot{U}_2 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_2 + \dot{I}_2 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_2;$$

$$\dot{I}_i = \dot{I}_2 \operatorname{ch} \dot{\gamma}_2 + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh} \dot{\gamma}_2.$$

При не учете потерь ($\beta_0 = 0$) уравнения линии в относительных единицах примут вид:

– при отсчете координаты l_1 (λ_1) от начала линии:

$$\dot{U}_i = \dot{U}_2 \cos \lambda_1 - j \dot{I}_2 \cdot \sin \lambda_1;$$

$$\dot{I}_i = \dot{I}_2 \cos \lambda_1 - j \dot{U}_2 \cdot \sin \lambda_1,$$

где $\lambda_1 = \alpha_0 \cdot l_1$ – текущее значение волновой длины между рассматриваемой точкой и началом линии.

– при отсчете координаты l_2 (λ_2) от конца линии:

$$\dot{U}_i = \dot{U}_2 \cos \lambda_2 + j \dot{I}_2 \cdot \sin \lambda_2;$$

$$\dot{I}_i = \dot{I}_2 \cos \lambda_2 + j \dot{U}_2 \cdot \sin \lambda_2,$$

где $\lambda_2 = \alpha_0 \cdot l_2$ – текущее значение волновой длины между рассматриваемой точкой и разомкнутым концом линии.

Режим холостого хода при односторонней стабилизации напряжения ($0 < l_0 \leq 1500$ км), т.е. ($0 < \lambda_0 \leq \pi / 2$).

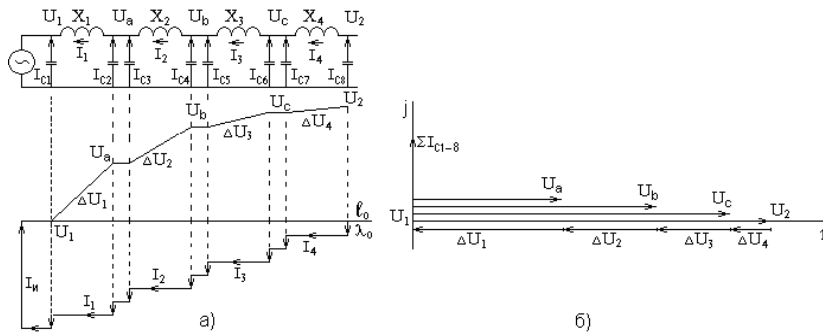
В режиме холостого хода, ток в конце линии $I_{НАГ} = I_2 = 0$.

Разбив условно всю линию на элементарные участки, можно изобразить ее эквивалентную электрическую схему в виде последовательно соединенной цепочки ячеек, состоящих из индуктивностей X_i и включенных между проводами емкостей C_i (рисунок 1, а). Эта эквивалентная схема позволяет выяснить целый ряд важных свойств и особенностей работы линий.

При не учете активных сопротивлений и проводимостей, отсчитывая от конца линии λ_2 и изменяя ее от 0 до $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0$ можно определить распределение тока, напряжения и реактивной мощности по формулам:

$$U(l) = U_2 \cos \lambda_2; I(l) = j U_2 \sin \lambda_2;$$

$$Q(l) = U(l) \cdot I(l) = j U_2^2 \cos \lambda_2 \cdot \sin \lambda_2 = j \frac{1}{2} U_2^2 \sin 2\lambda_2.$$



а) изменение тока и напряжения вдоль линии;
 б) векторная диаграмма напряжений вдоль линии.
 Рисунок 1 – Режим холостого хода линии при $\lambda_0 = 90^\circ$

В рассматриваемом режиме напряжение во всех точках линии имеет одинаковую фазу. Действительно, для мгновенного значения напряжения при холостом ходе получим $u(l, t) = U_2 \cos \lambda \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$. Согласно этому соотношению, напряжение во всей линии совпадает по фазе (рисунок 1, б), а ток, протекающий по линии, опережает напряжение на 90° , т.е. имеет чисто емкостной характер и направлен в сторону источника питания.

При построении зависимостей, $U(\lambda)$ и $I(\lambda)$ на рисунке 1 принято допущение – токи и реактивные мощности, генерируемые всеми емкостями линии одинаковые. В действительности $I_{Ci} = U_i \cdot \omega_0 \cdot C_i = U_i \cdot b_p$, $Q_i = U_i^2 \cdot b_p$ зависят от приложенного к емкости напряжения.

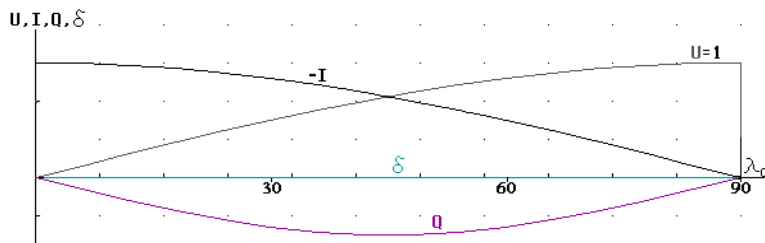


Рисунок 2 – Изменение в режиме х.х. тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии: $r_0 = g_0 = 0$; $\lambda_0 = \pi / 2$; $U_H = 500$ кВ; провод АС-330.

На рисунке 1, 2 изображено распределение действующих токов и напряжений для случая, когда $\alpha_0 \cdot l_0 = \pi / 2$, т. е. длина линии равна четверти длины волны.

Как видно из рисунков 1, 2 в режиме холостого хода, при стабилизации напряжения в конце линии, напряжение в начале линии $U_1 = 0$, а реактивный ток, стекающий в источник равен $I_1 = \sum_1^n I_{Cn} = I_5$. При этом потери напряжения в элементарных индуктивных сопротивлениях от протекания по ним емкостных токов будут иметь только продольную составляющую.

Напряжения в конце линии $U_2 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 = \sum \Delta U_i = U_{НОМ}$, т.е. по линии протекает такой емкостной ток, который создает суммарные продольные потери напряжения ΔU_Σ в индуктивностях линии равные $U_{НОМ}$. Здесь $\Delta U_i = I_i \cdot X_i$ (рисунок 1а). При этом реактивная мощность, генерируемая емкостями линии, полностью израсходуется на покрытие потерь мощности в индуктивностях линии, т.е. $\sum_1^n \Delta Q_X = \sum_1^n I_{Cn}^2 \cdot X_i$.

При учете активных сопротивлений и проводимостей напряжение в начале линии имеет небольшую конечную величину (рисунок 3).

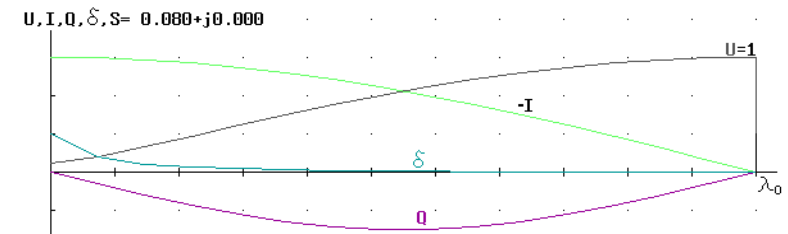


Рисунок 3 – Изменение в режиме х.х. тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии: $\lambda_0 = \pi / 2$; $U_H = 500$ кВ; провод АС-330

Как следует из рисунка 3, активная мощность, поступающая от источника в линию, идет на покрытие потерь в активных сопротивлениях и проводимостях $\Delta P_\Sigma = P_l = 0,08$ о.е. При $Z_B = 293,14$ Ом, $P_0 = 500^2 / 293,14 = 852,835$ МВт, потери в линии $\Delta P_\Sigma = P_l = 68,228$ МВт. Ток в начале линии $I_1 = 852,835$ А. Напряжение в начале линии $U_1 = U_{НОМ} \cdot U_l = 500 \cdot 0,08 = 40$ кВ.

Следует отметить, что потери напряжения в линии, при учете активных сопротивлений и проводимостей, состоят из продольной и поперечной составляющих.

При $\alpha_0 l_0 = 90^\circ$ из формулы $\dot{U}_2 = \dot{U}_1 ch \dot{\gamma}_1 - \dot{I}_1 \cdot sh \dot{\gamma}_1$ при $U_2 = 1$ и $Q_1 = 0$, $\dot{U}_1 = (1 + P_1 \cdot jsh(\beta_0 l_0)) / ch(\beta_0 l_0) = sec h(\beta_0 l_0) + jP_1 \cdot th(\beta_0 l_0)$.

Так как $sec h(\beta_0 l_0) \approx 0$ и $th(\beta_0 l_0) \approx 1$, то $\dot{U}_1 = jP_1$.

Таким образом, напряжение в точке, расположенной на расстоянии 1500 км ($\alpha_0 l_0 = 90^\circ$), отсчитанного от конца линии, в относительных единицах равно величине активной мощности, поступающей в линию, идущую на покрытие потерь, а угол между напряжениями в начале и конце такой длины линии $\delta_{л} = 90^\circ$.

По мере уменьшения длины линии на величину Δl , при условии, что напряжение в конце линии равно $U_{НОМ}$ напряжение в начале линии U_1 будет увеличиваться на величину, равную $U_{\Delta l} = I_{\Delta l} \cdot X_{\Delta l} = U_2 \cdot \cos(\alpha_0 \cdot \Delta l)$, где $X_{\Delta l}$ – реактивное сопротивление участка линии длиной $\Delta l = 1500 - l_0$; $I_{\Delta l}$ – емкостной ток, генерируемый этим участком линии; l_0 – длина линии.

На рисунке 2, 3 величины U_p , I_p , Q_1 и распределение $U(\lambda)$, $I(\lambda)$, $Q(\lambda)$ вдоль линии можно определить, переместив начало координат влево на Δl .

При поддержании напряжения в начале линии U_1 , отличающегося от расчетного, напряжение в конце линии определится $U_2 = U_1 / \cos \lambda_0$ и не будет равно $U_{НОМ}$. При этом ток в начале линии $I_1 = jU_2 \sin \lambda_0$.

Очевидно, что при $r_0 = g_0 = 0$, $\lambda_0 = \pi/2$ и $U_1 \neq 0$ напряжение в конце линии и ток в начале линии будут стремиться в бесконечность. Произойдет пробой изоляции и электропередача перейдет в устойчивый режим короткого замыкания. В коротких линиях при $U_1 \neq 0$ напряжение в конце будет больше чем в начале линии на величину ΔU_{Σ} . Причиной повышения напряжения в конце линии является протекание емкостного тока в сторону источника питания.

При стабилизации напряжения U_1 в начале линии, при не учете активных сопротивлений и проводимостей, расчет распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии выполняется при отсчете от конца линии λ_2 и изменении ее от 0 до $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0$ по формулам:

$$U(l) = U_1 \frac{\cos \lambda_2}{\cos \lambda_0}; I(l) = jU_1 \frac{\sin \lambda_2}{\cos \lambda_0}; Q(l) = U(l) \cdot I(l) = -j \frac{U_1^2}{2 \cdot \cos^2 \lambda_0} \sin 2\lambda_2.$$

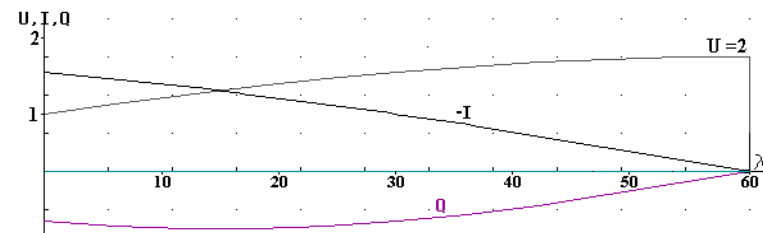


Рисунок 4 – Изменение в режиме х.х. тока, напряжения, реактивной мощности вдоль линии: $\lambda_0 = \pi/3$; $U_H = 500$ кВ; провод АС-330

На рисунке 4 приведено распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии: $\lambda_0 = \pi/3$ ($l_0 = 1000$ км); $U_H = 500$ кВ; провод АС-330 из которого видно, что стабилизация напряжения в начале линии приводит к повышению напряжения в конце и тока в начале линии.

При длинах линии близких к 1500 км напряжение в конце и ток в начале линии будут иметь очень большие величины, т.к. из-за повышения напряжения вдоль линии генерируются огромные емкостные токи и мощности. Часть реактивной мощности теряется в индуктивностях линии

$$\Delta Q_x = \sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot X_i,$$

остальная течет в сторону источника питания. Следует

отметить, что повышение напряжения вдоль линии вызовет ионизацию воздуха вокруг проводов, а это в свою очередь приведет к увеличению емкостной проводимости между проводами, проводами и землей. Такое повышение погонной емкости увеличит α_0 и соответственно уменьшит длину линии, при которой произойдет резонанс напряжения.

Избыток реактивной мощности необходимо компенсировать эквивалентной шунтирующей индуктивностью. Если это не выполнить, то избыточная реактивная мощность растечется по примыкающим электрическим сетям (продольным индуктивностям) и вызовет повышение напряжения во всей энергосистеме, а также размагничивание генераторов, трансформаторов и т.п.

В режиме холостого хода напряжение в конце линии будет в $K_U = U_2 / U_1 = 1 / \cos \lambda_0 = sec \lambda_0$ раз больше напряжения в начале линии.

Рассмотрим режим холостого хода длинной линии на основании теории падающих и отраженных электромагнитных волн.

Пусть в момент включения линии напряжение на шинах генератора имеет нулевое значение. По мере увеличения амплитуды напряжения на шинах генератора амплитуда напряжения вдоль линии также будет возрастать по мере удаления от генератора.

Через четверть периода $t = T/4 = 0,005$ с (где $T = 0,02$ с - период напряжения генератора при частоте сети 50 Гц) волна напряжения распространится на расстояние, равное четверти длины волны $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0 = 90^\circ$ ($l_0 = 1500$ км). При этом напряжение в конце линии будет равно нулю, а напряжение на зажимах генератора будет равно максимальной величине. Еще через четверть периода напряжение на зажимах генератора будет равно нулю, а в конце линии максимальным по величине.

Возрастающее между проводами линии генераторное напряжение порождает ток заряда погонной емкости линии (ток смещения). Этот ток смещения, связанный с напряжением поперёк линии, опережает напряжение на 90° . Следует подчеркнуть, что ток заряда погонной емкости не течет от источника по линии, так как в продольных индуктивностях возникла бы э.д.с. самоиндукции, которая привела бы к снижению напряжения на следующем участке линии.

По мере увеличения заряда ток в погонной емкости убывает и доходит до нуля в момент достижения максимума напряжения. При этом напряжение поперёк линии, строго следуя за напряжением генератора, направлено навстречу напряжению генератора. При заряде погонной емкости возникает магнитное поле в перпендикулярной плоскости линии, которое перемещается от начала к концу линии и по законам электромагнитной индукции порождает вихревое электрическое поле снова в плоскости линии опережающее вихрь тока. Тем самым порождается распространение напряжения вдоль линии и тока проводимости в проводах линии (Рисунок 5).

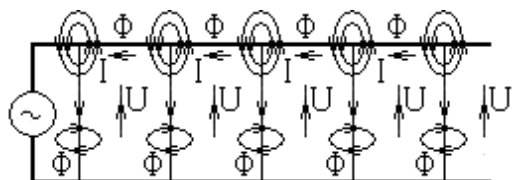


Рисунок 5 – Распространение электромагнитной волны вдоль линии

После прохождения максимума напряжения начинается разряд погонной емкости вдоль линии. Причем, разрядная волна емкостного тока движется от начала линии к концу. В результате этого движения тока, в сторону источника, возникает продольный магнитный поток $\Delta\Phi = \omega_0 L_0 \cdot I \cdot \Delta l = X_i \cdot I_i \cdot \Delta l$, который также перемещается от начала к концу линии. Изменение этого потока создаст в участке провода э.д.с. самоиндукции $\Delta U = -\Delta\Phi / \Delta t = -(\omega_0 L_0 \cdot I) \Delta l / \Delta t$ со знаком плюс по отношению напряжения линии, так как ток направлен в сторону генератора. При этом магнитный поток в начале линии компенсируется магнитным потоком генератора.

Итак, под действием переменного магнитного поля генератора дважды за период происходят заряд погонной емкости (первая и третья четверти периода) и дважды ее разряд (вторая и четвертая четверти периода). Но так как чередующиеся один за другим заряды и разряды погонной емкости сопровождаются каждый раз прохождением зарядного и разрядного токов, то мы можем заключить, что в линии возникают вихревые магнитные поля в поперечной и продольной плоскости линии.

ВЫВОДЫ

1 Воздушная линия длиной 1500 км ($\pi/2$) при $r_0 = g_0 = 0$ и стабилизации напряжения U_2 в режиме холостого хода имеет следующие свойства:

- суммарные продольные потери напряжения от протекания емкостных токов в индуктивных сопротивлениях линии ΔU_Σ равны $U_{ном}$;
- напряжения во всех точках линии совпадают по фазе;
- ток опережает напряжение на 90° и направлен в сторону источника питания;

– реактивная мощность, генерируемая емкостями линии, полностью расходуется на покрытие потерь мощности в индуктивностях линии.

– при учете r_0 и g_0 напряжение в точке, расположенной на расстоянии 1500 км ($\alpha_0 l_0 = 90^\circ$), отсчитанного от конца линии, равно величине активной мощности, поступающей в линию, идущую на покрытие потерь, а угол между напряжениями в начале и конце такой длины линии $\delta_{л} = 90^\circ$.

2 При стабилизации напряжения U_1 в начале линии и длинах линии близких к 1500 км напряжение в конце и ток в начале линии будут иметь очень большие величины, т.к. из-за повышения напряжения вдоль линии генерируются огромные емкостные токи и мощности. Часть реактивной мощности теряется в индуктивностях линии $\Delta Q_x = \sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot X_i$, остальная течет в сторону источника питания.

3 В линии длиной $\pi/2$ ток и напряжение представляют собой вихри длиной в четверть волны, меняющие каждый раз своё направление. При этом, вихрь тока отстаёт от вихря напряжения на 90° .

4 Приложенное генератором между проводами линии напряжение вызывает ток заряда погонной емкости, этот ток порождает поперечное магнитное поле, а это магнитное поле порождает снова электрическое поле, что и приводит к распространению волны вдоль линии.

5 Ток разряда погонной емкости создаёт вдоль линии продольный магнитный поток, который на продольной погонной индуктивности вызывает напряжение пропорциональное скорости изменения этого тока, опережающее ток.

6 Каждые четверть периода генераторного напряжения происходит преобразование потенциальной энергии электрического поля в кинетическую энергию тока и связанного с ним магнитным полем. В следующую четверть периода происходит обратное преобразование, со сменой полярностей и направлений, совершенно так же, как это происходит в маятнике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Воробьев, Г. В.** Дальние электропередачи. Учебное пособие. 1, 2 часть. – Караганда, 1977. – 112 с.

2 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Говорун, Д. В., Падруль, Н. М., Аяганов, А. Н., Жарасов, С. С.** Работа электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения. // Вестник ПГУ, № 2, Энергетическая серия. – Павлодар, 2014.

3 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Падруль, Н. М., Акаев, А. М., Аяганов, А. Н., Жарасов, С. С.** Эффективность применения устройств FACTS в электропередаче Экибастуз – Кокчетав – Кустанай. // Вестник ПГУ, № 1, Энергетическая серия. – Павлодар, 2014.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

О. В. Говорун¹, В. Ф. Говорун², Н. М. Падруль², Г. М. Искара², Ж. Б. Мусаев²

Ширектолқынды жиілінің жұмыс тартыбы

¹ПИ «Энергопроект»;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

V. F. Govorun¹, O. V. Govorun², N. M. Padrul², G. M. Iskara², Zh. B. Mussayev²

The operation mode of the quarter-wave line

¹PI «Energoproject»;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 13.02.17.

Ол ұзақ желісі есептеу және талдау үшін математикалық сипаттамасын белгілейді. Ширек толқын желісі теориясы оқиганың негізінде жұмыс істемейтін режимін қаралған және

электромагниттік толқындарды көрініс. Ол ешқандай көрініс толқындар бар екендігі көрсетілген.

Mathematical description for the calculation and analysis of the long line is shown. Idle mode on the basis of quarter-wave line theory incident and reflected electromagnetic waves is considered. It is shown, that there are no reflected waves.

УДК 621.316.925

О. В. Говорун¹, В. Ф. Говорун², Н. М. Падруль³, Г. М. Искара⁴, Ж. Б. Мусаев⁴

¹к.тех.н., ПИ «Энергопроект», ²д.тех.н., профессор, ³ст. преподаватель, ⁴магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПОЛУВОЛНОВОЙ ЛИНИИ

Изложено математическое описание для расчета и анализа длинной линии. Рассмотрен режим холостого хода полуволновой линии на основании теории падающих и отраженных электромагнитных волн.

Ключевые слова: полуволновые линии, математическое описание, электромагнитные волны.

Актуальной задачей развития электроэнергетики Казахстана является повышение энергетической эффективности энергосистем. Прежде всего, необходимо оптимизировать процесс передачи и распределения электрической энергии.

Применение в электрических сетях «гибких передающих систем переменного тока» на основе устройств FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems) позволит повысить эффективность и обеспечить гибкое управление режимами энергосистем, так как FACTS одновременно могут воздействовать на напряжение, сопротивление и угол сдвига фаз. Гибкие системы электропередачи должны позволить при любых возмущениях в системе с помощью устройств FACTS перевести систему в новое стабильное состояние.

Для исследования и оценки эффективности нового поколения регуляторов FACTS необходимо модернизировать значительную часть инструментов расчета и анализа перетоков мощности, используемых при планировании режимов и в процессе функционирования ЭЭС. Поэтому совершенствование и

развитие методов и инструментов расчета режимов с учетом взаимодействия различных устройств FACTS также является актуальной задачей.

В последние годы в периодических изданиях и интернете появилось большое количество публикаций по передаче электроэнергии по одному проводу на большие расстояния с использованием высокочастотных трансформаторов Тесла. При этом в ряде источников допускаются ошибки в отображении переходных и установившихся режимов, происходящих в дальних электропередачах.

Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств FACTS для обеспечения надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем.

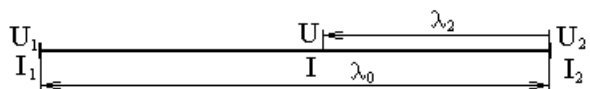
Линии, при анализе которых нельзя пренебречь поперечными токами, обусловленными ёмкостью между проводами и землей и активной проводимостью, называют цепями с распределенными параметрами (длинными линиями). Чтобы учесть изменение тока и напряжения вдоль линии, можно считать, что каждый элементарный участок линии обладает продольным активным сопротивлением и индуктивностью, а между проводами и землей поперечной активной проводимостью и ёмкостью.

Холостой ход полуволновой линии $\pi/2 < \lambda_0 \leq \pi$ ($1500 < l_0 \leq 3000$ км)

В режиме холостого хода, ток в конце линии $I_{\text{наг}} = I_2 = 0$.

Расчет распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии при не учете активных сопротивлений и проводимостей производится по формулам [1]:

при отсчете от конца линии, и известном U_2 :



$$U(l) = U_2 \cos \lambda_2; I(l) = jU_2 \sin \lambda_2;$$

$$Q(l) = U(l) \cdot \hat{I}(l) = jU_2^2 \cos \lambda_2 \cdot \sin \lambda_2 = j \frac{1}{2} U_2^2 \sin 2\lambda_2.$$

при отсчете от начала линии, и известном U_1 :

$$U(l) = U_1 \frac{\cos \lambda_2}{\cos \lambda_0}; I(l) = jU_1 \frac{\sin \lambda_2}{\cos \lambda_0};$$

$$Q(l) = U(l) \cdot \hat{I}(l) = -j \frac{U_1^2}{2 \cdot \cos^2 \lambda_0} \sin 2\lambda_2.$$

В линиях длиной $1500 < l_0 \leq 3000$ км ($90^\circ < \lambda_0 \leq 180^\circ$) напряжения по концам линии находятся в противофазе. Это подтверждается тем, что вектор Пойнтинга в линии такой длины меняет направление. Следует отметить, что изменение фазы на 180° будет происходить при длинах линии $90^\circ < \lambda_0 \leq 180^\circ$ в точке, расположенной на расстоянии $\lambda = \pi / 2$, отсчитанной от конца линии.

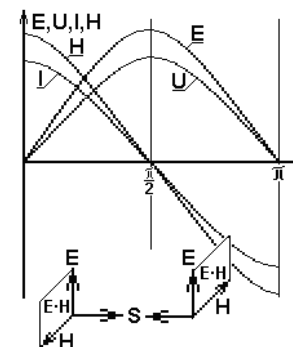


Рисунок 1 – Изменение направления вектора Пойнтинга

Вектор Пойнтинга S можно определить через векторное произведение двух векторов $S = E \cdot H$, где E и H – векторы напряжённости электрического и магнитного полей соответственно.

Модуль вектора Пойнтинга равен количеству энергии, переносимой через единичную площадь, нормальную к S , в единицу времени. Физический смысл вектора Пойнтинга состоит в том, что его модуль и направление характеризуют величину и направление потока энергии в каждой точке линии.

Разбив всю линию на элементарные участки, можно изобразить ее эквивалентную электрическую схему в виде последовательно соединенной цепочки ячеек, состоящих из индуктивностей L_i и включенных между проводами емкостей C_i (рисунок 2).

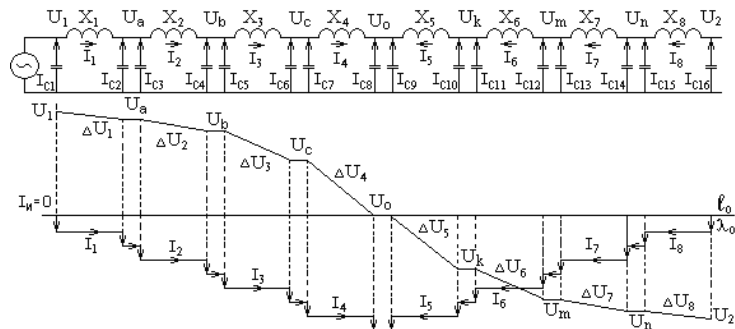


Рисунок 2 – Изменение тока и напряжения вдоль линии $\lambda_0 = 180^\circ$ с учетом фазы напряжения в режиме х.х.

Эта эквивалентная схема позволяет выяснить целый ряд важных свойств и особенностей работы линий.

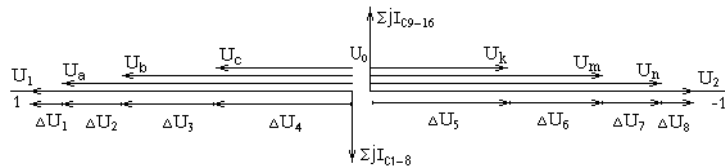


Рисунок 3 – Векторная диаграмма тока и напряжения вдоль линии $\lambda_0 = 180^\circ$ в режиме х.х.

Линию длиной $90^\circ < \lambda_0 \leq 180^\circ$ можно условно разбить на два участка, каждый из которых имеет одинаковую фазу напряжения (рисунок 2, 3, 4, 5), т.е. первый участок, при отсчете от конца линии, длиной $\lambda_1 = \lambda_0 - \pi/2$ и второй участок длиной $\lambda_2 = \pi/2$. Каждый из участков генерирует «свой» емкостной ток. Эти токи сдвинуты по фазе на 180° друг к другу (рисунок 3) и протекают в точку нулевого потенциала. Следовательно, по отношению источника питания, ток второго участка линии имеет емкостной, а первого участка индуктивный характер. На рисунке 2, показано распределение тока, напряжения и реактивной мощности при не учете активных сопротивлений и проводимостей, а на рисунке 3 изменение фазы вдоль линии. При построении зависимостей, $U(\lambda)$ и $I(\lambda)$ на рисунке 2 принято допущение – токи и реактивные мощности, генерируемые всеми емкостями линии одинаковые. В действительности $I_{C_i} = U_i \cdot \omega_0 \cdot C_i = U_i \cdot b_p$, $Q_i = U_i^2 \cdot b_p$, зависят от приложенного к емкости напряжения.

Из рисунка 2 следует, что напряжения по концам линии определяются суммарными продольными потерями напряжения от протекания емкостных токов в индуктивных сопротивлениях линии $\Delta U_{\Sigma 1} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 = U_{НОМ1}$ и $-\Delta U_{\Sigma 2} = -(\Delta U_5 + \Delta U_6 + \Delta U_7 + \Delta U_8) = -U_{НОМ2}$

На рисунке 4 проведено изменение в режиме х.х., модуля тока, напряжения, реактивной мощности в относительных единицах и угла вдоль линии напряжением $U_H = 500\text{кВ}$ с проводом АС-330, при $r_0 = g_0 = 0$; $\lambda_0 = \pi$, рассчитанных по программному комплексу «ДЭП».

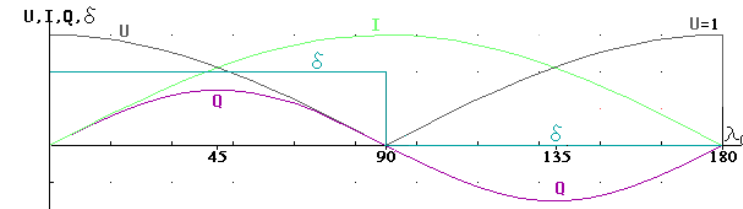


Рисунок 4 – Изменение в режиме х.х., модуля тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии при $\beta_0 = 0$; $\lambda_0 = \pi$; $U_H = 500\text{кВ}$; провод АС-330

Из приведенного рисунка видно, что в середине линии длиной $\lambda_0 = 180^\circ$ напряжение равно нулю, а ток имеет максимальную величину. Напряжения на втором участке по отношению к первому участку линии находится в противофазе. При этом токи направлены в середину линии.

Линия длиной $\lambda_0 = \pi$ симметрична относительно середины и сбалансирована по реактивной мощности, т.е. генерируемая реактивная мощность полностью уходит на покрытие потерь в индуктивностях. В линии будет постоянно присутствовать переток реактивной мощности, т.е. при увеличении напряжения будет происходить заряд емкости, а при снижении ее разряд в индуктивности участков линии. При этом ток от источника не поступает в линию.

Причем, зарядная и разрядная волны емкостных токов движутся от концов линии к середине. В результате движения разрядных токов, возникают продольные магнитные потоки $\Delta \Phi = X_i \cdot I_i \cdot \Delta l$, которые также перемещаются от концов линии к середине. Изменение этих потоков создают в участках линии э.д.с. самоиндукции $\Delta U = -\Delta \Phi / \Delta t = -(\omega L_0 \cdot I) \Delta l / \Delta t$. При этом продольные магнитные потоки первого и второго участков линии направлены на встречу друг другу.

Изменение тока и напряжения вдоль линии $\lambda_0 = 180^\circ$ с учетом фазы напряжения в режиме х.х. в течении времени, при периодическом изменении генераторного напряжения, приведено на рисунке 5.

Из рисунка 5 следует, что при периодическом изменении генераторного напряжения, в полуволновой линии соблюдается баланс токов (магнитных потоков), притекающих в точку нулевого потенциала, первого и второго участков линии. Так как напряжение второго участка длиной $\lambda_2 = \pi/2$ находится в противофазе с напряжением источника и емкостной ток опережает «свое» напряжение на 90° , то этот участок можно считать, по отношению к источнику, как индуктивность.

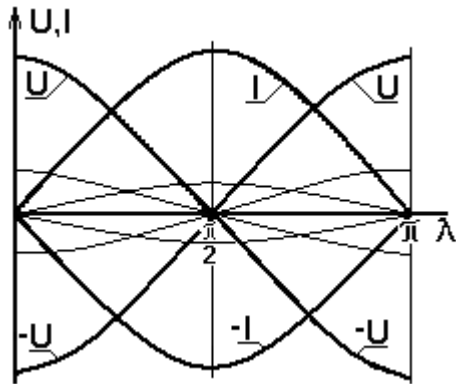


Рисунок 5 – Изменение во времени тока и напряжения вдоль линии $\lambda_0 = 180^\circ$ с учетом фазы напряжения в режиме х.х. при периодическом изменении генераторного напряжения

На рисунке 6 приведено изменение в режиме х.х., модуля тока, напряжения, реактивной мощности в относительных единицах и угла вдоль линии $\lambda_0 = \pi$ при учете активных сопротивлений и проводимостей. Сопоставление рисунков 4 и 6 показывает незначительное различие по величине параметров режима при их распределении вдоль линии.

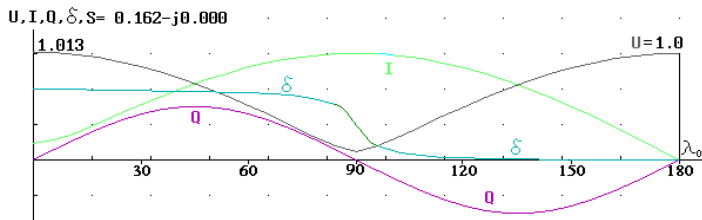


Рисунок 6 – Изменение в режиме х.х. тока, модуля напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии: $\lambda_0 = \pi$; $U_H = 500$ кВ; провод АС-330

В качестве базисных величин принято $\dot{S}_B = \dot{P}_0$ и $U_B = U_{ном}$, где $\dot{P}_0 = U_{ном}^2 / Z_B$ – натуральная мощность.

При $P_0 = 852,835$ МВт, потери в линии $\Delta P = 852,835 \cdot 0,162 = 138,159$ МВт, которые идут на покрытие потерь в активных сопротивлениях и проводимостях, вызванных потоками реактивной мощности внутри линии, в режиме холостого хода. Напряжение в середине линии определяется только поперечной составляющей потери напряжения в линии и в относительных единицах $\dot{U}_{cp} = jP_{cp}$, т.е. потерями активной мощности во втором участке линии длиной $\lambda_0 = \pi/2$. Ток в начале линии чисто активный $I_1 = \Delta P_{\Sigma} / U_1 = 276,318$ А. Повышение напряжения в начале линии, выше номинального, вызвано потоком активной мощности в линию.

При $\alpha_0 l_0 = 180^\circ$, $ch(\gamma_0 l_0) = ch(\beta_0 l_0)$, $sh(\gamma_0 l_0) = -sh(\beta_0 l_0)$. Из формулы $\dot{U}_2 = \dot{U} ch \gamma_1 - \dot{I}_1 \cdot sh \gamma_1$ и при $U_2 = 1$ и $Q_1 = 0$, $\dot{U}_1 = 1 + jP_1$, $U_1 = \sqrt{1 + P_1^2}$

При уменьшении длины линии ($\pi/2 < \lambda_0 < \pi$) для поддержания напряжения в конце линии равного $U_{ном}$, напряжение в начале линии необходимо уменьшить в K_U раз, т.е. $U_1 = U_2 / K_U$, где $K_U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\cos \lambda_0}$. При

этом источник должен выдавать в линию реактивный ток (мощность), чтоб покрыть дефицит (второй участок линии воспринимается источником как индуктивность). Причем, чем короче длина линии первого участка, тем большую величину реактивного тока (мощности) должен выдать источник в линию, чтоб обеспечить баланс токов (магнитных потоков), стекающих в точку нулевого потенциала, первого и второго участков линии. Следует отметить, что величина напряжения в начале линии определяется суммарными продольными потерями напряжения от протекания токов от источника и емкостных токов первого участка линии в индуктивных сопротивлениях этого участка линии $U_1 = \Delta U_{\Sigma 1}$

При увеличении напряжения в начале линии U_1 , выше $\Delta U_{\Sigma 1}$ напряжение в конце линии увеличится в K_U раз, т.е. $U_2 = K_U U_1$. Ток в начале линии при этом $I_1 = U_1 \tan \lambda_0$, а реактивная мощность $Q_1 = U_1 \cdot \hat{I}_1 \tan \lambda_0$.

На рисунках 4, 6 величины U, I, Q и распределение $U(\lambda), I(\lambda), Q(\lambda)$ вдоль линии приближенно можно определить, переместив начало координат влево на Δl . Например, при перемещении начала координат влево, напряжение в начале линии равно 0,5, а в конце линии 2. Для определения $U_{2нов}$ необходимо принять напряжение в начале линии равным единице, а напряжение в конце линии определит как $U_{2нов} = U_2 \cdot 1 / U_1 = 2 \cdot 1 / 0,5 = 4$. Аналогично определяются напряжения в остальных точках линии.

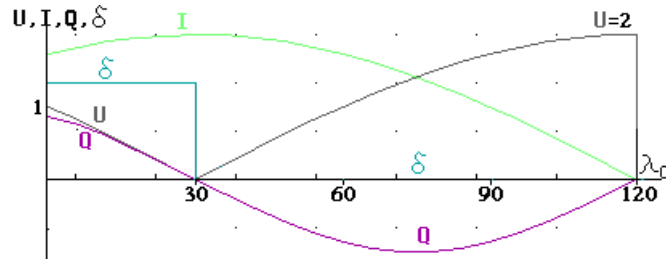


Рисунок 5 – Изменение в режиме х.х. тока, модуля напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии: $\lambda_0 = 120^{\circ}$; $U_H = 500\text{кВ}$; провод АС-330

Рассмотрим режим холостого хода длинной линии на основании теории падающих и отраженных электромагнитных волн.

Через четверть периода $t = T/4 = 0,005\text{с}$ (где $T = 0,02\text{с}$ - период напряжения генератора при частоте сети 50 Гц) волна напряжения распространится на расстояние, равное четверти длины волны $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0 = 90^{\circ}$ ($l_0 = 1500\text{км}$). При этом напряжение в конце линии будет равно нулю, а напряжение на зажимах генератора будет равно максимальной величине. Еще через четверть периода напряжение на зажимах генератора будет равно нулю, а в конце линии максимальным по величине, но противоположным по фазе.

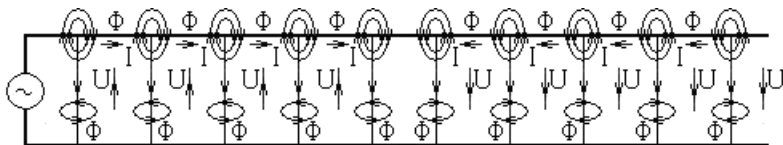


Рисунок 6 – Распространение электромагнитной волны вдоль линии

ВЫВОДЫ

1 Воздушная линия длиной 3000 км ($\lambda_0 = \pi$) при $r_0 = g_0 = 0$ в режиме холостого хода имеет следующие свойства:

- суммарные продольные потери напряжения от протекания емкостных токов в индуктивных сопротивлениях линии $\Delta U_{\Sigma 1} = U_{\text{НОМ1}}$ и $-\Delta U_{\Sigma 2} = -U_{\text{НОМ2}}$
- напряжения во всех точках линии длиной $\lambda_0 = \pi/2$ совпадают по фазе, в то же время сдвиг по фазе между напряжениями первого и второго участков линии $\delta_0 = 180^{\circ}$;
- смена фазы между напряжениями участков линии с 0 на 180° происходит в точке нулевого потенциала (середина линии);

– токи опережают «свои» напряжение на 90° и направлены в середину линии;

– реактивная мощность, генерируемая емкостями линии, полностью расходуется на покрытие потерь мощности в индуктивностях линии;

– при учете r_0 и g_0 напряжение в точке, расположенной на расстоянии 1500 км ($\alpha_0 l_0 = 90^{\circ}$), отсчитанного от конца линии (в середине линии), равно величине активной мощности, протекающей в середине линии, которая идет на покрытие потерь в активных сопротивлениях и проводимостях, а угол между напряжениями в начале и конце такой длины линии $\delta_{\text{л}} = 180^{\circ}$.

2 При стабилизации напряжения U_1 в начале линии и длинах линии близких к 1500 км напряжение в конце и индуктивный ток в начале линии будут иметь очень большие величины, т.к. из-за повышения напряжения вдоль второго участка линии генерируются огромные емкостные токи и мощности. Реактивная мощность первого и второго участка теряется в индуктивностях линии $\Delta Q_x = \sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot X_i$. При этом часть реактивной мощности на первом участке линии

3 В линии длиной больше 1500 км и меньше 3000 км точка минимального потенциала будет находиться в точке, расположенной на расстоянии 1500 км, от конца линии.

4 В каждом участке линии длиной $\pi/2$ ток и напряжение представляют собой вихри длиной в четверть волны, меняющие каждый раз своё направление. При этом, вихрь тока отстаёт от вихря напряжения на 90° .

5 Ток разряда погонной емкости первого участка линии длиной $\pi/2$ создаёт вдоль линии продольный магнитный поток, который компенсируется встречным магнитным потоком, создаваемым током разряда погонной емкости второго участка линии длиной $\pi/2$;

6 Приложенное генератором между проводами линии напряжение вызывает ток заряда погонной емкости, этот ток порождает поперечное магнитное поле, а это магнитное поле порождает снова электрическое поле, что и приводит к распространению волны вдоль линии.

7 Ток разряда погонной емкости создаёт вдоль линии продольный магнитный поток, который на продольной погонной индуктивности вызывает напряжение пропорциональное скорости изменения этого тока, опережающее ток.

8 Каждые четверть периода генераторного напряжения происходит преобразование потенциальной энергии электрического поля в кинетическую энергию тока и связанного с ним магнитным полем. В следующую четверть периода происходит обратное преобразование, со сменой полярностей и направлений.

9 Распределение мгновенных значений напряжения и тока вдоль линии подчиняется синусоидальному или косинусоидальному закону, однако с течением времени координаты точек, имеющих одинаковую фазу, остаются неизменными, т. е. волны напряжения и тока как бы «стоят на месте».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Воробьев, Г. В.** Дальние электропередачи. Учебное пособие. 1, 2 часть. – Караганда, 1977. – 112 с.

2 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Говорун, Д. В., Падруль, Н. М., Аяганов, А. Н., Жарасов, С. С.** Работа электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения. // Вестник ПГУ, № 2, Энергетическая серия. – Павлодар, 2014.

3 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Падруль, Н. М., Акаев, А. М., Аяганов, А. Н., Жарасов, С. С.** Эффективность применения устройств FACTS в электропередаче Экибастуз – Кокчетав – Кустанай. // Вестник ПГУ, № 1, Энергетическая серия. – Павлодар, 2014.

4 **Говорун, В. Ф., Говорун, О. В., Падруль, Н. М., Искара, Г. М., Мусаев, Ж. Б.** // Режимы работы четвертьволновой линии. Вестник ПГУ, № 1, Энергетическая серия. – Павлодар, 2017.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

О. В. Говорун¹, В. Ф. Говорун², Н. М. Падруль², Г. М. Искара², Ж. Б. Мусаев²

Жартытолқынды жиілінің жұмыс тартыбы

¹ПИ «Энергопроект»;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

V. F. Govorun¹, O. V. Govorun², N. M. Padrul², G. M. Iskara², Zh. B. Mussayev²

The operation mode of the half-wave line

¹PI «Energoproject»;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 13.02.17.

Ол ұзақ желісі есептеу және талдау үшін математикалық сипаттамасын белгілейді. Жартысы толқын желісі теориясы

оқиганың негізінде жұмыс істемейтін режимін қаралған және электромагниттік толқындарды көрінісі көрсетілген.

Mathematical description for the calculation and analysis of the long line is shown. Idle mode on the basis of half-wave line theory incident and reflected electromagnetic waves is considered.

УДК 662:758.3

М. А. Елубай¹, Д. Т. Толегенов², А. М. Кульбеков³

¹к.х.н., доцент; ²преподаватель; ³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

e-mail: ¹madik_chimik@mail.ru; ²www.dika-92@mail.ru; ³adlet.kam@mail.ru

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИСАДОК

В статье рассматриваются условия улучшения сгорания топлив с помощью топливных модификаторов в составе жидких углеводородных топлив. Топливные модификаторы снижают расход топлива и выбросы вредных веществ в атмосферу.

Ключевые слова: сжиженный газ, топливные модификаторы, топливо, углеводороды, инновационные продукты.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашем регионе интенсивно развивается рынок по реализации сжиженного газа для автомобилей, в связи с этим у многих компаний, которые реализуют газ, возникает вопрос: «Как увеличить продажи?». Имея один и тот же продукт как и у конкурента остается два выбора либо улучшить сервис, либо улучшать качество продукта. Качество сжиженного углеводородного газа можно улучшить путем применения топливных модификаторов (присадок).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Топливные модификаторы предназначены для применения в составе жидких углеводородных топлив с целью улучшения сгорания топлив, повышения коэффициента полезного действия, срока службы двигателей

внутреннего сгорания, снижения вредных выбросов в атмосферу. Топливные модификаторы производятся и выпускаются несколькими модификациями в зависимости от вида используемого топлива и рабочей дозировки: для автомобильных бензинов ТМБ - 10 с рабочей дозировкой 10 мл на 1000 литров бензина; для автомобильного газа (пропан-бутан газовой смеси) ТМГ – 10 с рабочей дозировкой 10 мл на 1000 литров сжиженного газа. ТМГ относится к группе топливных присадок. По внешнему виду ТМГ напоминает маловязкую жидкость голубого цвета, легко растворимую в углеводородах [1].

Состав:

– бутилацетат по ГОСТ 8981-78, CAS 123-86-4 или этилацетат по ГОСТ 8981-78, CAS 141-78-6 класс опасности IV;

– полные сложные эфиры глицерина и карбоновых кислот по ГОСТ 1129-93, CAS 91080-23-8;

– жирорастворимый краситель – CAS 128-85-8;

Топливные модификаторы представляют собой смесь веществ, каждое из которых является катализатором реакций окисления (горения топлива). Присутствие в топливе модификатора положительно меняет кинетику и динамику сгорания углеводородов. Обладая каталитическими свойствами топливный модификатор приближает процесс окисления углеводородов к условиям протекания цепной реакции, равномерно- распространяющейся во всем объеме, и исключаяющей радикальный, хаотично-взрывной характер сгорания топлива [2-4]. Изменение динамики окисления позволяет завершить процесс сгорания топлива за период равный $\frac{1}{4}$ времени, движения поршня от верхней мертвой точки к нижней. В остальной промежуток времени ускорение поршню придает тепловое расширение газа. Благодаря более полному процессу сгорания углеводородов, максимально приближенному к условиям идеальной реакции, уменьшаются химические потери от не догорания, соответственно снижается расход топлива и выбросы вредных веществ в атмосферу, повышается КПД двигателя. Соединения в составе топливного модификатора имеют органическую природу и при достижении определенной температуры подвергаются окислению до высших оксидов. Каждое соединение модификатора имеет индивидуальную температуру термического разложения, которая отличная от других компонентов состава. Набор активных составляющих модификатора подобран таким образом, что дает возможность изменять кинетику, как самой химической реакции, так и динамику сопровождающих горение диффузных процессов на протяжении всего времени пребывания топлива в зоне сгорания, однако, на выходе из камеры сгорания все составляющее модификатора переходят в высшие оксиды и свободно уходят с выхлопными газами [5].

Декларируемый эффект. Положительные изменения: увеличение моторесурса до 30 %; увеличение крутящего момента на валу на 4-12 %;

увеличение срока службы катализатора до 40 %; уменьшение удельного расхода газа на 10-30 %; уменьшение расхода масла на угар до 30 %; уменьшение концентрации вредных веществ в выхлопных газах постоянная очистка топливной системы, катализатора и системы отвода отработанных газов, антикоррозийное и смазывающее действие [4-6].

Технология модификации. Модифицированное топливо может быть получено путём простого смешивания ТМГ с газообразным топливом в определенной пропорции, из расчета: 1 литр модификатора на 100'000 литров пропан-бутановой газовой смеси.

Следует строго соблюдать пропорции модификатора в газовой смеси. В ином случае газ не приобретает улучшенных свойств. Даже при многократной передозировке негативных последствий не наступает, топливо не приобретает улучшенных свойств. Пропан-бутановая газовая смесь вырабатывается в обычном режиме до минимального остатка [7].

По данной технологии на автозаправочных станциях ТОО «Автогаз Трэйд» с 2017 года был запущен проект «EXTRA газ». Основной целью проекта является увеличение продаж компании, путем внедрение на рынок инновационного продукта - автомобильного газа марки «EXTRA». По результатам проекта было установлено, что качество сжиженного углеводородного газа действительно улучшилось, о чем свидетельствует результаты стендовых испытаний и многочисленные положительные отзывы автовладельцев. В результате компании удалось повысить свою реализацию более чем на 10 % всего за три месяца [8].

ВЫВОДЫ

Таким образом, топливные модификаторы представляют собой смесь веществ, каждое из которых является катализатором реакций окисления. Обладая каталитическими свойствами топливный модификатор приближает процесс окисления углеводородов к условиям протекания цепной реакции, равномерно-распространяющейся во всем объеме, и исключаяющей радикальный, хаотично-взрывной характер сгорания топлива. Показал положительные изменения:

- увеличение моторесурса до 30 %;
- увеличение срока службы катализатора до 40 %;
- уменьшение удельного расхода газа на 10-30 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа. – Уфа: «ГИЛЕМ», 2002. – 671 с.

2 **Ахметов, С. А.** Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред С. А. Ахметова. – СПб. : Недра, 2006. – 868 с.

3 <http://www.mayak.zp.ua>

4 **Данилов, А. М.** Применение присадок в топливах // Справочник. – ХИМИЗДАТ. – 2010.

5 **Маслова, И. П.** Химические добавки к полимерам // Справочник. – М. : Химия, 1981.

6 Краткий справочник. Автомобильные масла. Синельников А.Ф., Балабанов В. И.– изд. За рулем. 2003. – С. 12-18.

7 Журнал «Технологии», 2006 ноябрь. – С. 25.

8 Журнал «За рулем». – № 1(2). – 2007. – С. 13.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

М. А. Елубай, Д. Т. Төлегенов, А. М. Кульбеков

Қоспаны қолдану арқылы сұйытылған көмірсутекті газдың қасиеттерін жақсарту

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

М. А. Elubai, D. T. Tolegenov, A. M. Kylbekov

Improvement of liquefied hydrocarbon gas properties by application of additives

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.02.17.

Осы мақалада сұйық көмірсутекті отынның құрамындағы отынды модификатордың көмегімен отынның жануын жақсартуы қарастырылады. Отынды модификатор отынның шығының және атмосфераға зиянды заттардың шығарылуын төмендетеді.

The article examines improvements of fuels combustion by means of fuel modifiers in composition hydrocarbon of oil-fuels. Fuel modifiers reduce the consumption of fuel and emissions of harmful substances in the atmosphere.

УДК 621.181:043.3

Н. Б. Жанайдаров

магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

ПЕРЕВОД ПАРОВЫХ КОТЛОВ В ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ

В большинстве крупных отопительных котельных, введенных в эксплуатацию в 60-70-х годах, работают паровые котлы типа ДКВр. Все они проработали более 20 лет и выработали свой ресурс. По условиям надежности их работы в котлах снижено рабочее давление до 0,6-0,8 МПа, а реально при эксплуатации на многих котлах поддерживается давление 1-2 атм. Работа паровых котлов при таких низких давлениях отрицательно сказывается на устойчивости циркуляции, из-за снижения температуры насыщения и увеличения доли парообразования в экранных трубах наблюдается интенсивное накипобразование и увеличивается вероятность пережога труб. В данной статье рассмотрен перевод паровых котлов в водогрейный режим.

Ключевые слова: паровой котел, водогрейный режим, рабочее давление.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих промышленных отопительных котельных в связи с изменением структуры производства в настоящее время отсутствует паровая нагрузка и они работают исключительно на теплоснабжение, горячее водоснабжение. Как правило, в таких случаях рассматривают возможность перевода паровых котлов в водогрейный режим. При этом существенно упрощается эксплуатация:

- котельных за счет вывода из работы всего парового контура (пароводяных подогревателей, атмосферных деаэраторов, охладителей конденсата, питательных насосов, пароконденсатной арматуры);
- самих котлов (в частности, исключается необходимость контроля уровня воды в барабане и качества котловой воды).

Часто, когда у котлов уже закончился расчетный срок эксплуатации и потребителям не нужна высокая температура теплоносителя, паровые котлы переводят в водогрейный режим работы при максимальной температуре подогрева воды 115 °С. Это дает возможность сделать

работу котлов более безопасной, существенно повысить эффективность, теплопроизводительность и снять с учета в Управлении по технологическому и экологическому надзору. После перевода паровых котлов в водогрейный режим по современным схемам (как правило, с частичным использованием естественной циркуляции) они могут эффективно эксплуатироваться еще длительное время.

Наличие только отопительной нагрузки, отсутствие достаточных средств для реконструкции, а также благоприятные условия работы котлоагрегатов, к которым относятся: использование газового топлива, стационарный режим работы по основным параметрам, соблюдение норм по качеству сетевой и подпиточной воды, невысокая температура сетевой воды (до 115 °С), явились теми условиями, которые дали основание ПТС г. Набережные Челны выполнить в двух котельных перевод котлов ДКВР-10-13 и ДКВР-20-13 в водогрейный режим (всего 10 котлов) [1, 2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Несмотря на то, что первоначально мероприятия носили вынужденный характер, практические результаты подтвердили правильность выбора схемы, предложенной НПО ЦКТИ им. И. И. Ползунова в указанных котельных. Предложенная схема (рис. 1, 2) по ряду показателей выгодно отличается от схем специализированных водогрейных котлов [3]:

- универсальностью конструкции, т.е. возможностью работы в паровом и водогрейном режимах (в данном случае исключена работа котлов в паровом режиме);
- доступностью внутреннего осмотра, контроля, ремонта, механической очистки внутренних поверхностей нагрева;
- улавливанием и удалением шлама путем периодической продувки из нижнего барабана;
- более гибким регулированием теплопроизводительности (качественным – по температуре прямой воды и количественным – по изменению расхода сетевой воды в определенных допустимых пределах);
- невысокой стоимостью процесса перевода котлов в водогрейный режим.

В водогрейный режим можно перевести практически любой промышленный паровой котел. Есть примеры такой работы с котлами типа ШБ (в том числе экранированными), Е-1/9 (двухбарабанными и вертикальными), ДКВР и ДЕ всех типоразмеров. Схемы реконструкции котлов могут быть самыми разными [4]. В качестве примера на рис. 1 приведена одна из возможных схем перевода парового котла ДКВР-10-13 в водогрейный режим. При реконструкции по этой схеме котел

имеет минимальное гидравлическое сопротивление по сравнению со схемами с перегородками в барабане.

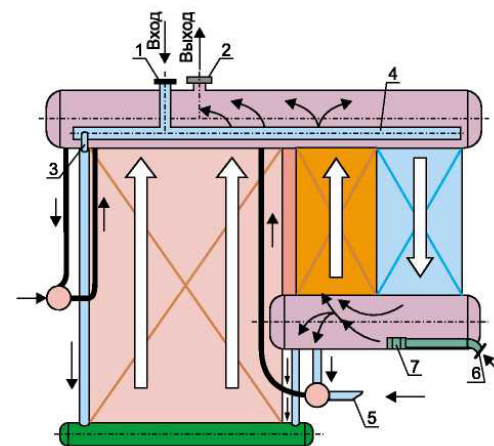


Рис. 1. Принципиальная схема перевода парового котла ДКВР-10-13 в водогрейный режим: 1 – вход сетевой воды в верхний барабан, 2 – выход сетевой воды из котла, 3 – опускные трубы боковых коллекторов, 4 – распределительный коллектор сетевой воды в верхнем барабане, 5 – подача воды в задний экран, 6 – ввод сетевой воды в нижний барабан, 7 – распределительный коллектор сетевой воды нижнего барабана.

Существующие две основные схемы перевода паровых котлов в водогрейный режим с движением воды в котле (принудительно-прямоточная и с естественной циркуляцией) были отвергнуты из-за несовершенства и наличия отрицательных отзывов Управления по технологическому и экологическому надзору. Негативность оценок связана с быстрым выходом из строя котлов ДКВР-20-13 после перевода в водогрейный режим. Поэтому в целях интенсификации процесса циркуляции вся сетевая вода в данной схеме вводится в котел только через сопла специальных побудителей – струйных насосов, располагаемых на вводе во все необогреваемые опускные трубы и частично подъемные (первые три ряда труб конвективного пучка), что позволило достичь:

- многократную принудительную циркуляцию с расходом, в 3-4 раза превышающим расход сетевой воды, и повышенными скоростями воды в наиболее теплонапряженных поверхностях нагрева;

- интенсивную естественную циркуляцию воды в остальных трубах конвективного пучка, имеющих относительно невысокие тепловые нагрузки;
- сохранение схемы с принудительно-прямоточным движением воды в экономайзере;
- уменьшение гидравлического сопротивления котлов ДКВР-20-13 до $1,0 \div 1,1$ кгс/см² при работе только в водогрейном режиме и повышение запаса надежности наиболее теплонапряженного первого топочного блока за счет реконструкции верхней части выносных циклонов путем демонтажа закручивающей улитки и «дырчатого» потолка, имеющих малые проходные сечения.

Перевод паровых котлов ДКВР-20-13, ДКВР-10-13 в водогрейный режим выполнен по одному и тому же принципу. На рис. 2 в качестве примера приведена схема циркуляции воды в котле ДКВР-20-13 котельной № 2, т.к. представляется наиболее сложной.

В рассматриваемом котле установлены четыре группы струйных насосов:

- в переднем торце верхнего барабана на входе в опускные трубы фронтального экрана (1);
- в переднем торце нижнего барабана на входе в опускные трубы боковых и заднего экранов (2);
- в том же торце нижнего барабана на входе в первые три ряда труб конвективного пучка (3);
- в верхние участки опускных труб выносных циклонов, которые специально реконструированы с увеличением диаметра (4).

Из всех труб рециркуляции, которых в котле 39 шт. (9 шт. во фронтальном экране, по 6 шт. в боковых экранах первого блока и по 9 шт. в боковых экранах второго блока), являются «струйными» только 12 труб первого блока (контур второй ступени, замкнутый на выносные циклоны).

На основании гидравлического расчета, выполненного НПО ЦКТИ им. И. И. Ползунова, значения скоростей воды во всех соплах струйных насосов выбраны в соответствии с необходимым расходом сетевой воды через котел 235 т/ч и 15 т/ч через экономайзер, где предусмотрена возможность увеличения общего расхода до 310 т/ч с сохранением температурного графика работы котла 115/70 °С.

Распределение расхода сетевой воды по контурам проверялось переносным расходомером и было отрегулировано при проведении стендовых испытаний котла за счет корректировки диаметра сопел (табл.).

Основные проблемы, выявленные после ввода котлов в эксплуатацию:

- забивание отверстий струйных насосов (№ 3) конвективного пучка взвешенными элементами в сетевой воде из-за небольшого отверстия трубок

диаметром $8 \div 10$ мм (снижение расхода сетевой воды в первых трех рядах конвективного пучка);

- недостаточный расход сетевой воды (15 т/ч) через экономайзер при увеличении производительности котла до 120 % и повышении температуры обратной сетевой воды (Т2) при температуре наружного воздуха -15 °С и ниже (повышение температуры уходящих дымовых газов, снижение КПД котла);

- снижение температуры уходящих дымовых газов ниже температуры точки росы (менее 75 °С) за экономайзером при работе котельной в летнее время на ГВС и весной-осенью на отопление при $T_2 = 32 \div 50$ °С и малых расходах сетевой воды.

- Учитывая перечисленные выше недостатки, выявленные в начале эксплуатации котлов, была проведена работа по их устранению путем внесения изменений в проект котла и котельной:

- на вводе в котел и экономайзер установлены фильтры тонкой очистки и организована ревизия фильтров один раз в месяц (в начале отопительного сезона), а также проводится ежегодная промывка тепловых сетей;

- был осуществлен перенос точки подключения трубопроводов экономайзера, а именно: ввод сетевой воды в экономайзер перенесен из точки 5 в точку 5', где подающая труба вставлена внутрь сетевого трубопровода в виде трубки Вентури, а выход воды из экономайзера – из точки 6 в точку 6' (рис. 2). В результате расход воды через экономайзер увеличился до 26 т/ч и появилась возможность регулирования температуры уходящих дымовых газов за экономайзером;

- выполнен монтаж трубопровода – перемычки от точки 1 до точки 2 и установлен регулятор температуры (рис. 3), что позволило регулировать: температуру Т2 в сторону повышения; расход и давление сетевой воды в тепловых сетях; рециркуляцию сетевой воды внутри котельной.

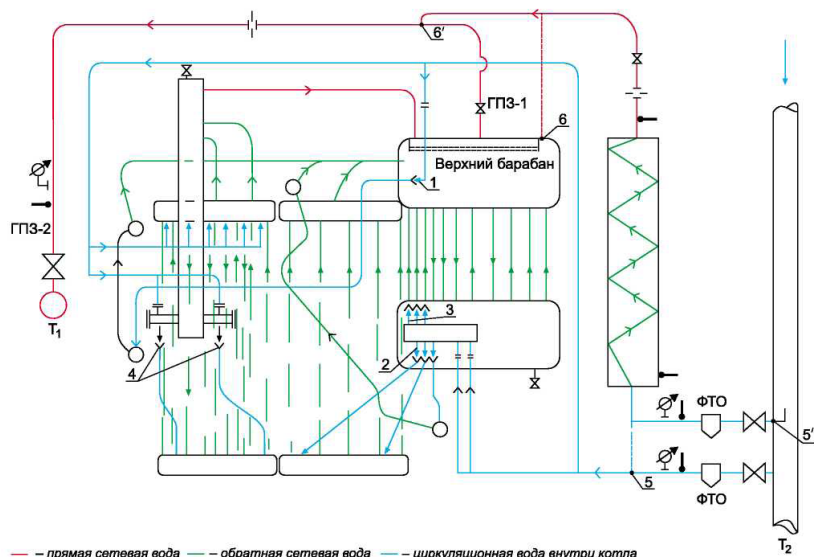


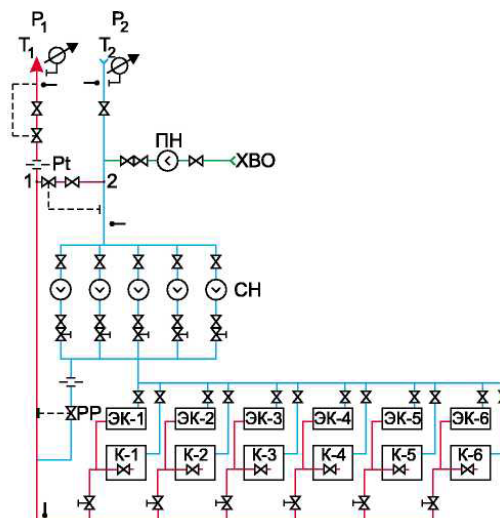
Рис. 2. Схема циркуляции и движения воды в котлах ДКВР-20-13:

↓ – точки замера температуры; \odot – точки замера давления; \downarrow – сужающие устройства для измерения расхода;
 1, 2, 3, 4 – струйные насосы; ГПЗ-1, ГПЗ-2 – главные паровые задвижки; ФТО – фильтры точной очистки;
 5, 5', 6, 6' – точки подключения водопроводов.

Таблица 1 – Распределение расхода сетевой воды по контурам циркуляции (по данным переносного расходомера): К – котел, ЭК – экономайзер.

Контур циркуляции	Расход сетевой воды					
	310 т/ч (К+ЭК)		250 т/ч (К+ЭК)		235 т/ч (К)*	
	расход, т/ч	скорость, м/с	расход, т/ч	скорость, м/с	расход, т/ч	скорость, м/с
Фронтный экран	14,4	0,25	11,2	0,2	10,41	0,15-0,2
Боковой экран первого блока	102,3	0,68	93,6	0,5	96,14	0,5-0,65
Боковой экран второго блока	74,2	0,52	63,7	0,41	64,95	0,4-0,45
Задний экран	52,1	0,8	41,1	0,71	40,31	0,45-0,9
Конвективный пучок	44	0,44	26,4	0,22	24,39	0,15-0,2
Экономайзер	23	-	15	-	15	-

* – возможно изменение расхода сетевой воды через экономайзер для регулирования температуры уходящих дымовых газов (расход воды через котел – постоянный).



— прямой (подающий) трубопровод
 — обратный трубопровод

Рис. 3. Технологическая схема котельной № 2:

РД – регулятор давления Р; Pt – регулятор температуры T₂
 PP – регулятор расхода сетевой воды (в обход котлов);
 К-1+К-6 – котлы ДКВР-20-13; ЭК-1+ЭК-6 – экономайзеры;
 СН – сетевые насосы; ПН – аварийный подпиточный насос; 1, 2 – точки подключения трубопровода – переключки;
 ↓ – точки замера температуры; \downarrow – узлы учета расхода сетевой воды и тепловой энергии.

ВЫВОДЫ

Подводя итог проделанной работы по переводу паровых котлов в водогрейный режим и учитывая опыт их эксплуатации в течение трех отопительных сезонов (ГВС – в летнее время), можно сделать следующие выводы:

1 при соблюдении технологических параметров предложенной схемы котлы ДКВР-20-13 неприхотливы в эксплуатации, не боясь многократных пусков и остановок. В короткий срок после растопки (в течение 20 мин.) котел набирает 100 % нагрузку из холодного резерва;

2 в связи с резким снижением тепловых потерь через обмуровку (максимальная температура на поверхности обшивки котлов 20÷35 °С) были установлены дополнительные приборы отопления в котельном зале;

3 несмотря на сохранение штатных горелок и тягодутьевых машин КПД котла в паровом режиме с 89,3 % был доведен в водогрейном режиме в

среднем до 94,4 %. Увеличена теплопроизводительность котла ДКВР-10-13 с 5,66 Гкал/ч до 6,8 Гкал/ч, ДКВР-20-13 с 11,2 Гкал/ч до 13,4 Гкал/ч. Режимно-наладочные испытания показали, что возможно и дальнейшее повышение производительности котла, при этом КПД котла остается неизменным в пределах регулирования тепловой нагрузки от 70 до 120 %;

4 численность эксплуатационного персонала котельной сокращена в два раза;

5 демонтирована основная часть вспомогательного технологического оборудования паровой котельной (питательные, подпиточные насосы, насосы химводоочистки, подогреватели сетевой воды (ПСВ-315 – 3 шт.), охладители конденсата и питательной воды, запорнорегулирующая арматура, деаэраторы, фильтры Na-катионирования);

6 за счет организации подпитки тепловых сетей через существующие перемычки от других источников тепла оставлен один рабочий Na-катионитный фильтр для аварийной подпитки;

7 за счет повышения КПД и теплопроизводительности котлоагрегатов уменьшено потребление топливно-энергетических ресурсов в течение отопительного сезона на 4,6 %. При выработке 158000 Гкал/год снижение потребления объемов газа по котельной № 2 составило 1232,4 тыс. т у.т./год и за счет снижения собственных нужд котельной с 3,3 до 1 % (с 5,21 тыс. Гкал до 1,6 тыс. Гкал) – 586,8 т у.т./год. Удельная норма расхода электроэнергии на выработку тепла снизилась с 25 кВт/Гкал до 19 кВт/Гкал. Улучшена экологическая обстановка в микрорайоне города за счет снижения объемов выбросов дымовых газов в окружающую среду. В связи с прекращением регенерации фильтров Na-катионирования прекращен сброс слабого 8 % раствора NaCl, солей жесткости и щелочи после прекращения непрерывной и периодической продувки паровых котлов в хозяйственно-бытовую канализацию в объеме 168 тыс. м³/год;

8 повышение эффективности источников тепла позволило снизить себестоимость 1 Гкал тепловой энергии в каждой котельной на величину до 18%;

9 экономия капитальных вложений в реконструкцию источников тепла составила 34 млн руб. (затраты на перевод в водогрейный режим - 4,5 млн руб.), котлоагрегаты сняты с учета в Управлении по технологическому и экологическому надзору, продлен срок эксплуатации.

Данная схема перевода паровых котлов ДКВР-20-13 и ДКВР-10-13 в водогрейный режим нами рекомендована для внедрения как один из удачных проектов, доведенный до совершенства и испытанный временем в течение трех отопительных сезонов в ПТС г. Набережные Челны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Гафаров, А. Х.** Анализ эффективной и надежной работы систем теплоснабжения. //Новости теплоснабжения. 2003. № 5. С. 13-17.

2 **Глазырин, А. А., Глазырин, В. А., Глазырин, А. И.** Исследование режимов работы водогрейной котельной при переводе ее из паровой. //Новости теплоснабжения. 2003. № 5. С. 23-25.

3 **Васильев, А. В., Антропов, Г. В., Акимов, Ю. И.** Новая схема перевода паровых котлов типа ДКВР в водогрейный режим работы //Новости теплоснабжения. 2002. № 11.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

Н. Б. Жанайдаров

Су жылытатын режимдегі бу қазандықтарын аудару

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

N. B. Zhanaidarov

Transfer of steam boilers to water-heating mode

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.02.17.

60-70 жылдары пайдалануға енгізілген көп ірі жылыту қазандықтардың ішінде ЕҚСж түріндегі бу қазандықтары жұмыс істейді. Олардың жұмыстарының сенімділік жағдайы бойынша қазандықтың жұмыс қысымы 0,6-0,8 МПа-ға төмендетілді, ал шындығында көптеген қазандылықтардың пайдалану қысымдылығы 1-2 амр болуы тиіс. Бу қазандығының төмен қысымда жұмыс істеуі циркуляцияның тұрақтылығына теріс әсер етеді, температураның төмендеуінен құбырдың күйіп тозуына және интенсивті қайнауы экрандық құбырдан байқалады. Берілген мақалада су жылытатын режимдегі бу қазандықтарын аудару қарастырылады.

In most large heating boilers, commissioned in the 60-70s, steam boilers of the DKVr type are operating. All of them have worked more than 20 years and have exhausted their resources. Due to the reliability of their operation in boilers, the working pressure is reduced to 0.6-0.8 MPa, and in practice many pressure boilers maintain a pressure

of 1-2 atm. The operation of steam boilers at such low pressures adversely affects the stability of the circulation, because of the lowering of the saturation temperature and the increase in the fraction of vaporization in the screen tubes, intensive scale formation is observed and the probability of pipe burns increases. In this article we consider the conversion of steam boilers into a water-heating mode.

ЭОЖ 628.35:665.6

**М. Жасандықызы¹, А. А. Ташев¹, Вальдемар Вуйцик²,
А. У. Калижанова³**

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан; ²Люблин техникалық университеті, Люблин қ., Польша; ³Ақпараттық технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: ¹maral_sj@mail.ru

АВТОЖУУ ОРНЫНДАҒЫ АУЫСТЫРМАЛЫ АДСОРБЦИЯЛЫ КАССЕТАЛАРЫ БАР ТАРТАЗАРТҚЫШ КАНАЛДАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРІН АНИМАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Мақалада автожуудың тазартқыш каналындағы технологиялық үрдістерінің үшөлшемді компьютерлік анимациясы бойынша жұмыс өзектілігі дәлелденеді. Жаңа техникалық шешіммен таныстыру үшін рельсті автоматтандырылған бұрамдықты арқалық қран (таль) мен ауыстырмалы адсорбциялы кассеталары бар каналдың үшөлшемді моделі жасалды. Таль көмегімен өңделген кассеталармен байланысты болған тиеу мен түсіру үрдістері жүзеге асырылады. Ұсынылып жатқан тазартқыш каналының бәсекеге қабілеттілігі дәлелденеді, сонымен қатар құрамында мұнай өнімдері бар ағын сулар эсер асты суларын ластайтыны да дәлелденеді. Жаңа құрылымда пайдаланылған сорбент сусымалы пеш отыны түрінде беріліп, қайта қолданылуы мүмкін екені дәлелденді. Көрнекіліктің үшөлшемді анимациясы басқару технологиясын қондырғымен түсінікті көрнекіленген, сонымен қатар SIMATICS7-300 микробақылаушы базасында SCADA-жүйесімен түйіндесуі мүмкін.

Кілтті сөздер: тазартқыш канал, адсорбциялы кассеталар, 3dsMax анимациясы, SIMATICS7-300 микробақылаушы.

Графикалық амалдарды кең қолдану арқылы технологиялық акпараттарды суреттеуді автоматтандырудың заманауи даму кезеңінде өндірістік үрдісінің үшөлшемді суретін модельдеуге мүмкіндік беретін және компьютерлік анимациялау амалдары көмегімен автоматтандырылған жұмыс орындарындағы (АЖО) операторлардың адекватты әрекетін жоғарылатуға мүмкіндік беретін программалық өнімнің рөлі күшейеді.

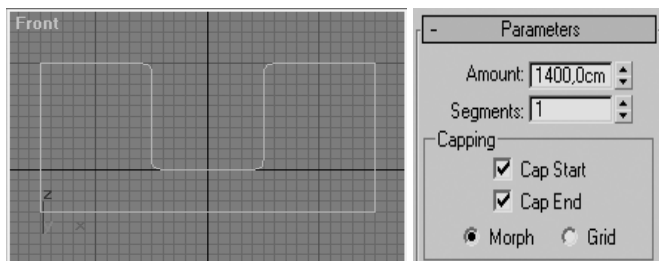
Автожууларды құрамында мұнайөнімдері бар ақпа суларды адсорбент қабатында сүзу үрдісін және өңделген сорбентті кассеталарды ауыстырудың технологиялық процесін кеңістіктік компьютерлік анимациялаумен кешенді автоматтандыру мәселесін шешу үшін мыналарды жасау қажет:

- айналымды сумен қамтамасыздандыру жүйесінде адсорбенттерді қолданудың тиімділігін техникалық-экономикалық дәлелдеу;
- автожуудың тазартқыш каналдарының бар болған құрылымын талдап шығу;
- автожуудың өндірістік алаңдары мен бөлмелерінің инфрақұрылымын тазартқыш каналға біріктіру;
- автокөліктерді алдын ала жуу үшін айналымдағы суды екінші рет қолдануға ағын суларды тазалаудың технологиялық үрдісін автоматтандыру;
- өндірісті автоматты басқарудың технологиялық үрдісін визуализациялау үшін заманауи программалық өнімдер жасау, осы программалық өнімдер автожуу орындарының автоматтандырылған жұмыс орындарындағы (АЖО) операторлардың және менеджерлердің сатылы құрылымының құрамында қызмет атқаруы керек.

Берілген мақала көлемінде үшөлшемді визуализациялаудың және автожуудың өндірістік үрдісінің анимациясының компьютерлік технологиялары мен алгоритмдерін сипаттау бөлімі беріледі. Алматы қаласының автожуу индустриясына айналымды сумен жабдықтаудың енгізілуіне бағытталған өзекті жұмыстар мегаполистің жер асты суларына, экологияға көмірсутекті ағын сулардың әсер етуін төмендетуге мүмкіндік береді, сонымен қатар өндіріс мәдениетін жоғарылатуға мүмкіндік береді [1].

Тазартқыш канал жұмысының анимациялық картинасын жасаудың тәртібі 3 DsMax ПҚ-дың арнайы үшөлшемді редакторының кітапханалық функциясын баптаудың бірізділігі түрінде көрінеді [2, 3].

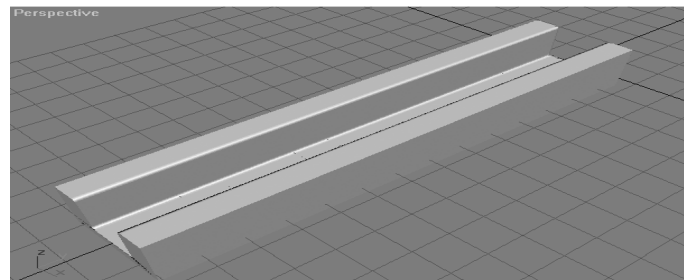
Front (Алдыңғы жағынан көрініс) проекциясының терезесінде сүзуші каналды құру үшін қажетті өлшемдер сплайнын жасаймыз (1 Сурет).



Сурет 1 – сүзуші каналдың сплайн-пішіні мен Extrude әдісінің Parameters (Параметрлер) тізімі

Сонан соң, оған түймесі Modify (Өзгерту) жетекші панелінде орналасқан Extrude (Сығып шығару) модификаторы қолданылады. Бірнеше сүзгіш кассеталардың әрекет етуін көру үшін 14 м. канал ұзындығын аламыз. Сондықтан Amountесептеуішінде 1400 см мәнін орнату қажет.

Нәтижеде канал моделін аламыз (2-суретке қарау).

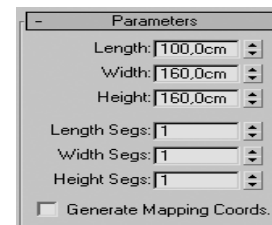


Сурет 2 – Extrude әдісін сплайн-пішінінде қолданған соңғы канал көрінісі

Алынған объекті әрі қарай қолдану ыңғайлы болу үшін оны «Науа» деп атайық.

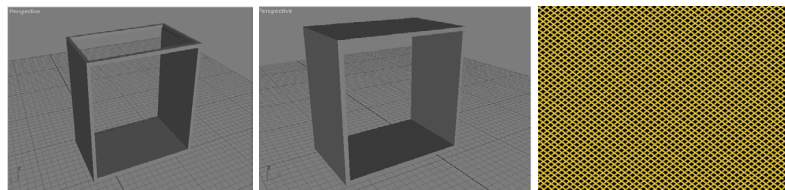
Құрылымға арналған келесі объект адсорбентті кассета болады.

Стандартқа сәйкес анайы Box жасаймыз, оның өлшемдері 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3 – Box (Параллелепипед) объектісінің Parameters тізімі

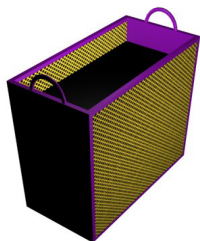
Берілген анайы сүзгіш кассетаның қаңқасын жасаудың негіздемесі болып табылады. Ол үшін, алдымен, алдыңғы box ішіне кіріп кететіндейкіші өлшемдері бар және бір box құрамыз. Оған есептеу операциясы булевоны қолданамыз да, алынған модельді EditableMesh-ке түрлендіреміз. Құрылған объект 4-суретте берілген.



Сурет 4 – оннатордың қаңқасы мен материалын, басқасын «алғаннан» соңғы параллелепипед

Бүйір қабырғалар орнына металл торлар қою қажет. оны бір бөлек шыбықтардан жасау тиімсіз, сондықтан торлар орнына қарапайым анайы box қоямыз, ал торлар имитациясын AdobePhotoshop 6 графикалық редакторында жасалған арнайы материалдармен жасауға болады

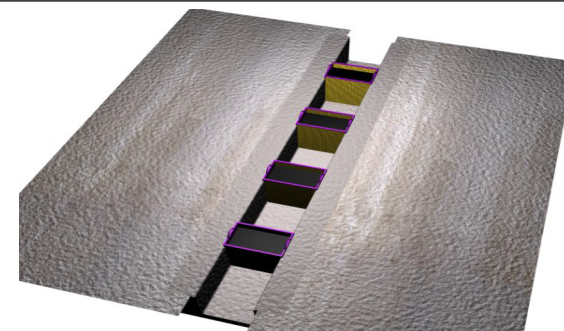
Пайдаланылған кассеталар уақыт өтуімен жаңа кассеталарға ауыстырылуы қажет болғандықтан, кассеталарды каналға алып-салуда ыңғайлылық туғызатын кассеталардың арнайы тұтқасы болғаны жөн. Ең соңғы кезеңде кассеталарды жинақтаушыны жасаймыз – біздің жағдайымызда бұл белсендендірілген көмір. Көмір текстурасын қолдану арқылы ұқсастыққа қол жеткізуге болады. Бүкіл кассета 5-суретте көрсетілген түрге ие болады.



Сурет 5 – дайын кассета көрінісі

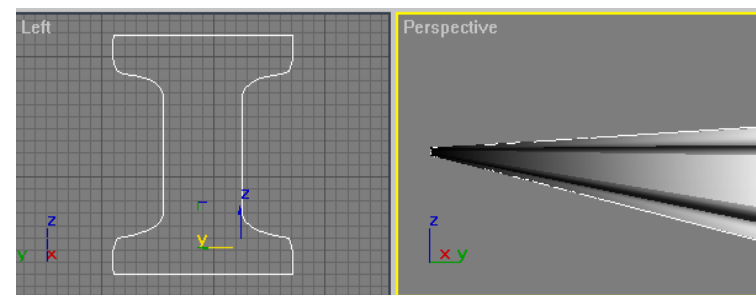
Келесі кезеңде алдында жасалған канал моделін жетілдіреміз. Ол үшін өлшемдері сүзгіш кассеталардың өлшемдеріне тең келетін төрт арнайы box жасаймыз. Осы арнайы box каналда бір-бірінен теңдей арақашықтықта орналастырамыз да, қайта булево есептеу операциясынан пайдаланамыз. Нәтижеде кассетаға арналған ойықтары бар канал аламыз. Каналдың бетондалған материалының ұқсастығына қол жеткізу үшін редактор материалында бетон текстурасын жасаймыз.

Енді екі жазықтық құрып, каналдың жоғарғы жиегінің деңгейінде оларды орналастырып, сол бір бетон материалын беру қажет. Каналға алдында жасалған кассеталарды саламыз. Соңғы нәтиже 6-суретте берілген.



Сурет 6 – салынған кассеталары бар канал көрінісі

Әрі қарай, каналға кассеталарды түсіру мен көтеруге яғни оларды ауыстыруға арналған механизм жасаймыз. Ол үшін бағыттаушы рельстердің пішіні жасалатын сплайнды қолданамыз. Бұл пішінге көлем беру үшін оған Loft модификаторын қолданамыз (7 Сурет).

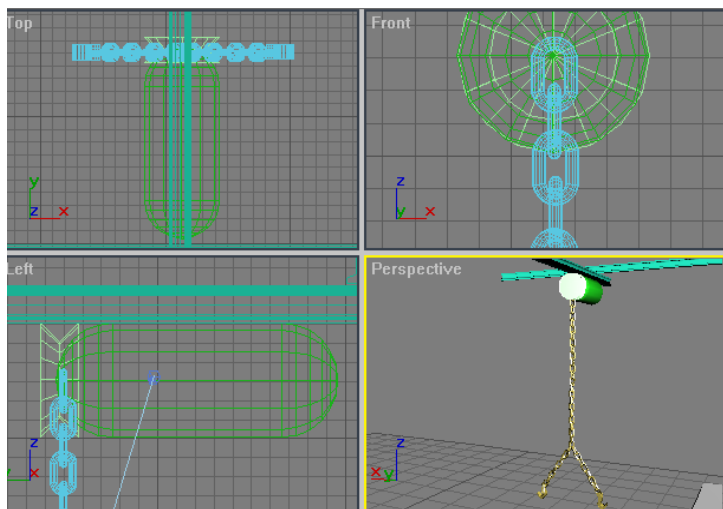


Сурет 7 – Рельс, алдыңғы жағынан қарағандағы көрінісі, іргесінен қарағандағы көрінісі

Алынған рельстің тағы да екі көшірмесін жасаймыз. Оларды канал бағытына перпендикулярлы, онан оғары орналастырамыз, ал түпнұсқасын каналға параллель түрде екі көшірмесінің астында орналастырамыз.

Объектілерді модельдеуді толық аяқтау үшін көтерме құрылғы жасау ғана қалды, ол блоктардан, қозғалтқыштан және шынжырлы ілмектерден тұрады. Бұл құрылғыны құру барысында дәлдікке қол жеткізу мүмкін еместігін айта кету керек, себебі, жұмысымыздың мақсаты сұйықтық ағынын модельдеу болып табылады. Қозғалтқыш корпусын жасау үшін Capsule объектісі қолданылды, айналу әдісімен қозғалтқыш блогы жасалды.

Шынжырлар сылдырлысын жасау үшін кішкене сәйкессіздіксіздіктермен Torus объектісі қолданылған болатын.



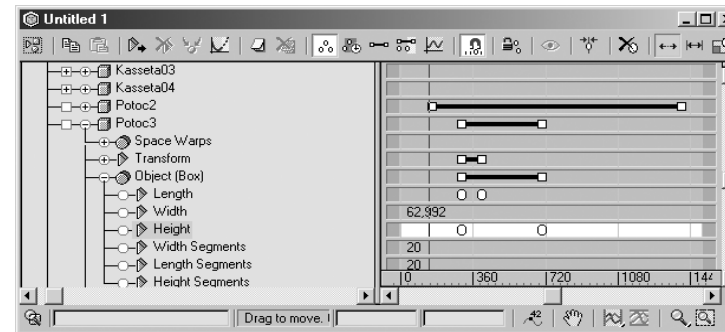
Сурет 8 – Проекциядағы және Болашақтағы көтеру қондырғысының көрінісі

Көріністі (сцена) анимациялаудың басында ең алдымен не жүз беруі керек және қандай әрекеттерді біз көрсетуіміз керек екенін анықтап алуымыз қажет.

Ең алдымен қондырғының адсорбенттермен толтырылу процесі мен оның сүзілу процесі көрсетілуі қажет, сонан соң пайдаланылған кассетаның жаңамен ауыстырылуы көрсетіледі. Кассеталар арқылы өтетін сұйықтықтардың сүзіліп жатқандығының басты белгісі – бұл оның қоңыр түсінің қоңырдың ашықтау түсіне өзгеруі болып табылады [4, 5].

Анимациялау әрекетінің уақытын қысқарту салдары соңғы бейнефайл көлемін қысқартуға алып келеді де, біз шынайы қозғалыстар жылдамдығынан бас кешуімізге тура келуін айтып кетуіміз керек.

Құрамында мұнай өнімдері бар сұйықтықты жасау үшін арнайы box-ты қолданамыз, оны канал басына орналастырамыз. Сұйықтықтың динамикалық қозғалысын жасау үшін анимациялау кілттерін орын-орнына қоямыз. Тректер Редакторының көмегімен үш кілт жасап шығарамыз (9 Сурет).



Сурет 9 – Тректер Редакторы

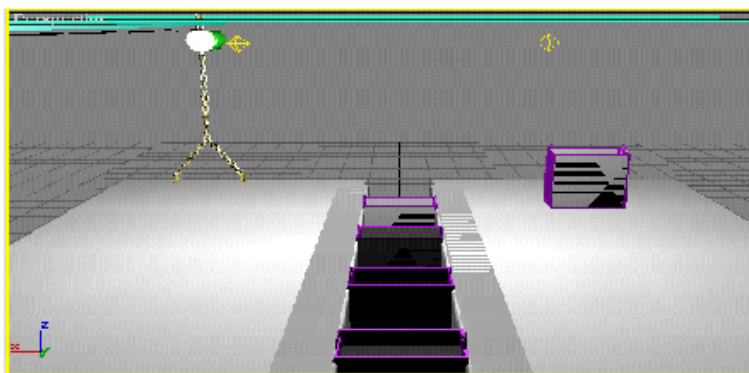
Бірінші кілтте тректер Редакторының өзіне тән қасиеттерінің көмегімен бастапқы ағындар параметрлерін орнатамыз: ұзындығы – 0, биіктігі – 0. Екінші кілтте каналдың басынан бастап бірінші кассетаға дейінгі арақашықтыққа тең ағын ұзындығы көрсетіледі, ал үшінші кілтте ағын биіктігі көрсетіледі. Енді биіктік пен ұзындық параметрлері нөлдік мәндерден кілттерде көрсетілгендерге дейін байсалды өзгеріп отырады. Сұйықтық алдымен кассетаға жетіп, кейін оның деңгейі жоғарылап баруы үшін шынайы жағдайға сәйкесінше анимациялау кілттерін орын-орнына қоямыз.

Сұйықтық моделі құрамында шынайы мұнай өнімдері бар суға ұқсауы үшін материалдар Редакторында модельденіп жатқан сұйықтықтың текстурасын баптаймыз. Ол үшін Түссіздік есептеуші жабдығында 82 % мәнін қою арқылы материалға қоңыр түс береміз де, Карталар тізімінде Шу параметрін қоямыз. Сүзгіштен өткен соң сұйықтық мүлдем басқа қасиетке ие болады. Сондықтан сұйықтықтың бөлек-бөлек модельдерін әрбір кассетаның шығуы барысында құру қажет. параметрлерді қайта-қайта баптап отырмау үшін бірінші ағынды көшіріп аламыз, көшіріп жатып алдыңғы ағын сүзгіштен өткен соң әрбір жаңа ағын пайда болатындай етіп анимациялау кілттерін жылжытып отырамыз. Сәйкесінше бірінші ағын материалын көшірме жасап, әрбірінде түсін, түссіздігін, шу деңгейін ауыстырып отыру қажет. 10-суретте осы әрекеттердің барлығынан кейінгі жалпы канал көрінісі берілген.

Шынайы ұқсауы үшін сұйықтық үстінде кішкене көлемдегі шымырлаған діріл береміз. Мұны барлық ағындар объектілерін Wave кеңістік деформациясымен байлау арқылы қол жеткізуге болады. Оның параметрлерін кіші көлемдегі толқындарды алу үшін баптаймыз. Осы жерде сүзу үрдісінің анимациялануы аяқталады.

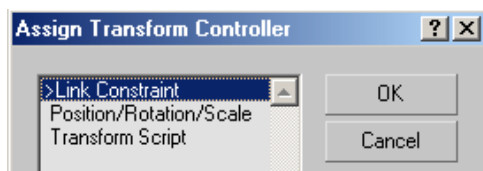
Пайдаланылған кассетаны жаңа кассетаға ауыстыру үрдісін көтеру қондырғысының көмегімен жаңадан жасайық. Кассетаның және бір

көшірмесін жасаймыз да, оны каналдың сол жағына орналастырамыз, ал көтеру қондырғыны каналдың оң жағына орналастырамыз (10 Сурет).



Сурет 10 – кассеталарды ауыстыруды анимациялаудан алдыңғы бастапқы қалып

Кассета бастапқыда каналда орналасуы, кейінірек, уақыт өтуімен көтеру қондырғысының артынан қозғалуы үшін объектің жалғастыру бақылаушыларын баптау қажет болады. Каналдағы бірінші кассетаны (ауыстырылуы қажет болған кассетаны) таңдаймыз да Motion белгісіндегі Assign Controller тізімде Transform параметріне Link Constraint бақылаушына ат береміз (11 Сурет).



Сурет 11 – Бақылаушыларды тағайындаушы терезе

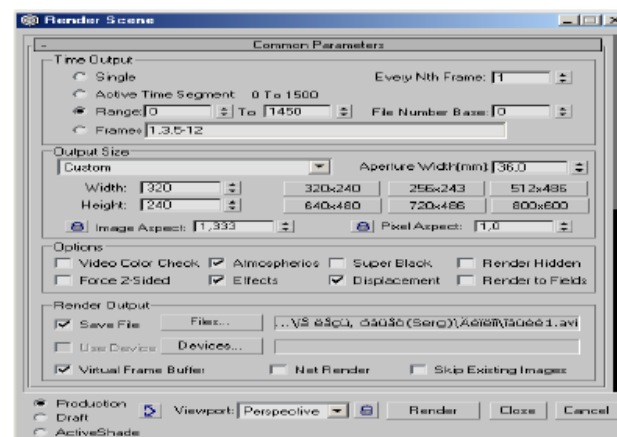
Link Params болатында байлаулардың бақылаушы нүктелері қойылады, Add Link түймесі арқылы қажетті нүктелер береміз. Бірінші нүкте кассетаны каналға байлайды, екіншісі нүкте көтеру құрылғысына, ал соңғысы жазықтыққа байланады

Каналға орналастырылуы қажет болған кассета ұқсас түрде бапталады, мұндағы бір ғана ерекшелік бірінші нүкте кассетаны жазықтыққа, ал ең соңғысы каналға байлануы болып табылады

Көрініс (сцена) кинематикасын баптауды аяқтау үшін көтерме құрылғыға арналған кілттерді орын-орнына қою қажет. Бұл бірнеше кезеңдерде жүзеге асады. Бірінші кезеңде жылжымалы арқалық (балка) анимацияланады. Оның қалпы әрбір анимация кілтінде өзгереді: біріншісінде ол жазықтық үстінде орналасады, сосын канал үстінде, ал ең соңғы кілтте қалып жазықтық үстінде болады. Шынжырлар осы кілттер бойынша бапталады, бірақ олардың қалпы тік қалыпта ғана өзгереді.

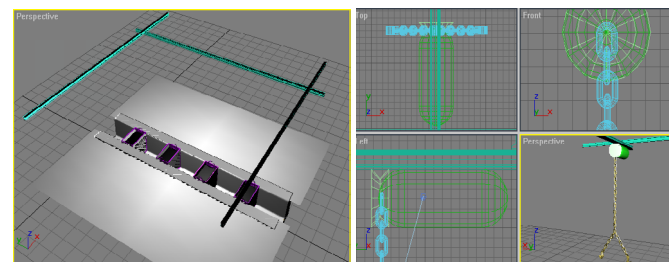
Толыққанды анимация жасаудың соңғы қадамы – оны *.avi кеңейтумен бейнефайлға сақтау мен көріністі визуализациялау.

Визуализациялау параметрлерін баптау 12-суретте берілген.



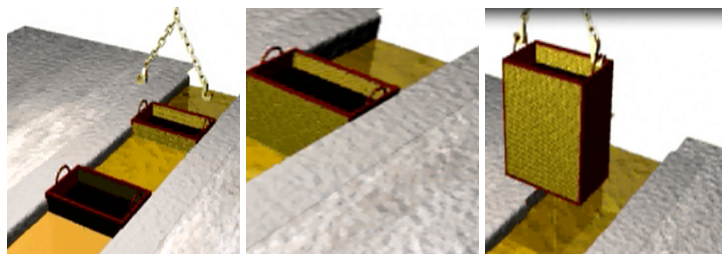
Сурет 12 – Көріністі визуализациялауды баптау терезесі

Төменде (13-суретте) автор ұсынған үшөлшемді нұсқа түрінде тазартқыш каналының құрылымы берілген.



Сурет 13 – Бұрамдықты автоматтандырылған жүк көтергіш кран (талъ) мен тазартқыш каналының жазықтықтағы суреті

Көмірсутектерінің шоғырлау толқынының бүкіл адсорбент қабатынан ету жолына қарай ауыспалы кассеталар каналдан түсіріледі. Адсорбентті пайдаланылған кассеталарды ауыстыру алгоритмінің үшөлшемді анимациялық моделінің кадрлары 3dsMax жасалып [7], 14-суретте берілген.



1 Қадам мен 2 Қадам 3 Қадам 4 Қадам
Сурет 14 – Автожуу орындарындағы тазартқыш ағын суларының сапасын басқару үрдісінің анимациялық моделі

Кассета құрамы – көмірсутектері бар пайдаланылған табиғи адсорбенттер – пеш отыны түрінде қолдануға болады, сонан соң бұл материал адсорбент түрінде қайда қолдануға жіберілуі мүмкін.

Сонымен, бұрамдықты, рельсті, автоматтандырылған жүк көтергіш кран кассеталарды ауыстыру мен көтеру мәселесін шешуге көмек береді. Бұл барлық технологиялық материалдары сұйық фазада қолдану арқылы автожуудың айналасындағы жер асты суларының экологиялық жағдайына кері әсер ететін бар болған автожуудың айналымын сумен қамтамасыз ету жүйелерімен салыстырғанда берілген құрылымның бәсекеге қабілеттілігін жоғарылатады. Көмірсутектерінің адсорбциясы осы мәселені шешуге көмек береді, бірақ кассеталарды ауыстыруға қатысты тиеу-түсіру жұмыстарын мерзімді қайталап отыруға тура келеді. Үш өлшемді анимациялау ұсынылған құрылымның бәсекеге қабілеттілігін көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік береді. Ауыспалы кассеталардың адсорбциялы ресурсының өнімділігіне қарай таль алгоритмінің жұмысы циклді. Бастапқы кезеңде каналға 3-4 жаңа кассеталардың жүктелуі жүргізіледі де, кейін өнімділікке қарай кассетаның пайдаланылған ресурсы циклді түрде ауысады да, Simatics 7-300 микробақылаушы көмегімен басқару үшін бейімделуі мүмкін.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Жасандықызы, М.** Управление обратным водоснабжением автомойки // Современные наукоёмкие технологии. – 2016 г. – № 3-2. – С. 236-240.

2 **Кондукова, Е. А.** Самоучитель 3D Studio MAX 3.0 / Е. А. Кондукова, – СПб. : БХВ – Санкт-Петербург, 2000. – 272.

3 **Стахов, Е. А.** Очистка нефтесодержащих сточных вод / Е. А. Стахов, – Л. : Недра, 1983. – 263 с.

4 **Кельцев, Н. В.** Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев, – М. : Химия, 1976. – 592 с.

5 Очистная установка системы обратного водоснабжения автомойки // Заявка на изобретение. Приоритет 2017/0080.1 от 30 января 2017 года

6 **Маров, М. М.** 3D Studio MAX 3: учебный курс / М. М. Маров, – СПб. : Питер, 2000. – 480 с.

7 Программирование с помощью STEP 7 V5.3. Руководство 6ES7810-4CA07-8BW1. Siemens AG, Нюрнберг, 2004.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

М. Жасандықызы¹, А. А. Ташев¹, Вальдемар Вуйцик², А. У. Калижанова³
Анимационное моделирование технологических процессов очистного канала со сменными адсорбционными кассетами автомойки

¹Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан;

²Люблинский технический университет, г. Люблин, Польша;

³Институт информационных технологий, г. Алматы, Казахстан.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

M. Zhassandykyzy¹, A. A. Tashev¹, Waldemar Wojcik², A. U. Kalizhanova³
Animated modeling of technological processes of purification of the channel with replaceable desiccant cartridges of carwash

¹K. I. Satpayev Kazakh National Technical University, Almaty, Kazakhstan;

²Lublin University of Technology, Lublin, Poland;

³Institute of information technology, Almaty, Kazakhstan.

Material received on 13.02.17.

В статье обосновывается актуальность работ по трехмерной компьютерной анимации технологических процессов в очистном канале автомойки. Для презентации нового технического решения создана трехмерная модель канала со сменными адсорбционными кассетами и рельсовый автоматизированный червячный балочный кран (талья). С помощью тальи осуществляются погрузочные

и разгрузочные процессы, связанные с заменой отработанных кассет. Обосновывается конкурентоспособность предлагаемого очистного канала, доказываемая, что наличие нефтесодержащих стоков загрязняет грунтовые воды. Обосновывается, что в новой конструкции отработанный сорбент представляет собой сыпучее печное топливо и может быть повторно использовано. Трехмерная анимация наглядно и понятно визуализирует технологию управления установкой и может быть сопряжена со SCADA-системой на базе микроконтроллера SIMATIC S7-300.

The article substantiates the relevance of works on three-dimensional computer animation of technological processes in a breakage channel of the car wash. For the presentation of new technical solutions, a three-dimensional channel model with replaceable desiccant cartridges and an automated worm rail girder crane (talia). Was created with the help of talia loading and unloading processes are executed, associated with the replacement of spent cartridges. There is proves the competitiveness of the proposed channel clearing, it is proved that the presence of oily waste contaminates ground water. It is proved that in the new design the spent sorbent is a granular heating oil that can be reused. Three-dimensional animation graphically and clearly visualizes the equipment control technology and can be interfaced with SCADA system based on microcontroller SIMATIC S7-300.

УДК 537.533.3

А. Т. Ибраев¹, А. Б. Сагындык²

¹д.ф.-м.н., профессор; ²докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы
e-mail: aiko_90@mail.ru

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАКСИАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОРОБЧАТОЙ КАТОДНОЙ ЛИНЗЫ

В статье выполнен расчет параксиальных параметров катодной электронной линзы с двумя плоскостями симметрии. В параксиальном приближении движение заряженных частиц удовлетворяет дифференциальному уравнению второго порядка. в работе детально рассматривается метод Рунге-Кутты четвертого порядка, который является более точным, то есть имеет меньшую относительную ошибку, вычисленную в процентах и вычисляется быстрее чем усовершенствованный метод Эйлера. На основе проведенного вычислительного эксперимента была разработана программа в среде Delphi, с помощью которой получены графики траектории заряженных частиц. Получены зависимости потенциала первого электрода u_1 от размера щели z_1 между электродами, при которых выполняется условие формирования кроссовера исследуемой линзой. Условие формирования кроссовера необходимо для дальнейшего расчета абберрационных коэффициентов.

Ключевые слова : катодная линза, параксиальные параметры, дифференциальное уравнение, метод Рунге-Кутты, электронно-оптические приборы.

ВВЕДЕНИЕ

Технические характеристики электронно-оптических и ионно-лучевых приборов и устройств в достаточной большой степени зависят от качества фокусировки катодной линзы, так как именно в ней начинается процесс формирования пучка заряженных частиц. Для улучшения параметров фокусировки эффективным способом является использование электронных линз с двумя плоскостями симметрии. В настоящей работе рассматриваются параксиальные свойства коробчатой катодной линзы, относящейся к классу двоякосимметричных линз.

Для расчета параксиального приближения заряженных частиц нужно решить однородные дифференциальное уравнение второго порядка.

Для решения однородного дифференциального уравнения второго порядка существуют несколько методов, такие как метод Эйлера, Рунге-Кутты и т. д.

Общепринято измерять вычислительную работу, необходимую для решения уравнения $y'' = f(x, y, y')$ количеством необходимых вычислений значений функции $f(x, y, y')$ и точностью. В [1] показана что метод Рунге-Кутты дает в четыре раза большую точность, требуя только 40% вычислений по сравнению с усовершенствованным методом Эйлера.

Поэтому для расчета параксиального приближения был выбран метод Рунге-Кутты.

Решение дифференциального уравнения второго порядка

$$y'' = f(x, y, y') \quad (1)$$

при начальных условиях

$$\begin{cases} y(x_0) = y_0 \\ y'(x_0) = y'_0 \end{cases} \quad (2)$$

методом Рунге-Кутты четвертого порядка имеет следующий вид

$$y_{k+1} = y_k + y'_k \cdot \Delta x + \frac{1}{6} \cdot (k_1 + k_2 + k_3) \cdot \Delta x \quad (3)$$

$$y'_{k+1} = y'_k + \frac{1}{6} \cdot (k_1 + 2 \cdot k_2 + 3 \cdot k_3 \cdot k_4) \quad (4)$$

где

$$k_1 = f(x_k, y_k, y'_k) \cdot \Delta x \quad (5)$$

$$k_2 = f\left(x_k + \frac{\Delta x}{2}, y_k + y'_k \cdot \frac{\Delta x}{2}, y'_k + \frac{k_1}{2}\right) \cdot \Delta x \quad (6)$$

$$k_3 = f\left(x_k + \frac{\Delta x}{2}, y_k + y'_k \cdot \frac{\Delta x}{2} + \frac{k_1}{4} \cdot \Delta x, y'_k + \frac{k_2}{2}\right) \cdot \Delta x \quad (7)$$

$$k_4 = f\left(x_k + \Delta x, y_k + y'_k \cdot \Delta x + \frac{k_2}{4} \cdot \Delta x, y'_k + k_3\right) \cdot \Delta x \quad (8)$$

Таким образом, данный метод Рунге-Кутты требует на каждом шаге четырехкратного вычисления правой части $f(x, y, y')$ уравнения (1).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В параксиальном приближении движение заряженных частиц в исследуемой линзе удовлетворяет уравнению

$$2 \cdot \Phi \cdot w''_y + \Phi' \cdot w'_y - 2 \cdot \varphi_{02} \cdot w_y = 0 \quad (9)$$

где Φ – осевое распределение электростатического потенциала, которая определяется в [1].

$$\Phi(z) = \sum_{n=1}^{100} A_n \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot n - 1}{2 \cdot l_z} \cdot \pi \cdot z\right) \quad (10)$$

$$\varphi_{02}(z) = \frac{1}{2} \cdot \sum_{n=1}^{100} A_n \cdot \left(\frac{k_n}{l_y}\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot n - 1}{2 \cdot l_z} \cdot \pi \cdot z\right) \quad (11)$$

Заменяя w'_y на y в (9)

$$w''_y = y$$

Получаем уравнение, соответствующее в (1)

$$y' = -\frac{1}{2 \cdot \Phi} \cdot [\Phi' \cdot y - 2 \cdot \varphi_{02} \cdot w_y] \quad (12)$$

с начальными условиями

$$\begin{cases} w_{y0} = 1 \\ w'_y = 0 \end{cases}$$

В приведенных начальных условиях отсчет времени пролета и других параметров движения заряженных частиц ведется с момента их вылета с поверхности катода, на которой выполняется условие $\varphi_k = \varphi(x_k, y_k, z_k)$. Поэтому при решении (12) сталкиваемся с неопределенностью, которая устраняется с помощью правила Лопиталья

$$w''_y = -\frac{1}{3 \cdot \Phi'} \cdot [(\Phi'' - 2 \cdot \varphi_{02}) \cdot w'_y - 2 \cdot \varphi'_{02} \cdot w_y] \quad (13)$$

При выполнении расчетов было принято $u1=0, u2=1, lx=0.06, 0.08, 0.1, ly=0.1, lz=1$ и $z1=0.05$. На рисунках красная линия соответствует значению $lx=0.06$, зеленая линия – значению $lx=0.08$, синяя линия – значению $lx=0.1$. Результат расчета параксиального уравнения w_y по формуле (9) показана на рисунке 1.

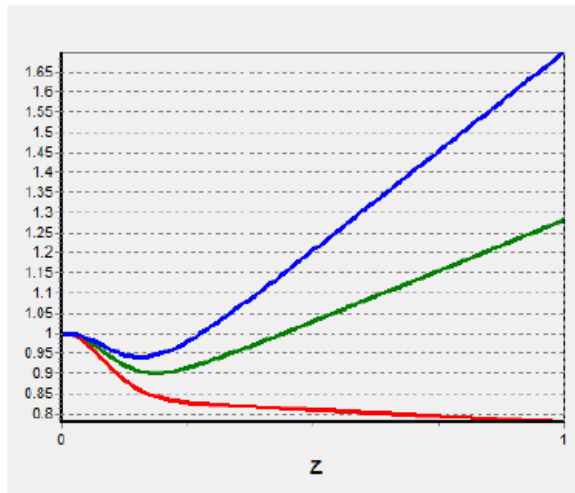


Рисунок 1 – График результатов расчета паракиального уравнения wy

Из рисунка 1 видно, что паракиальные траектории не всегда фокусируются в нулевой точке. Для фокусировки пучка заряженных частиц с формированием кроссовера необходимо решить паракиальное уравнение (9) с условием $|wy|=0$. Результаты расчетов, при которых выполняется условие формирования кроссовера пучка заряженных частиц, показаны на рисунке 2.

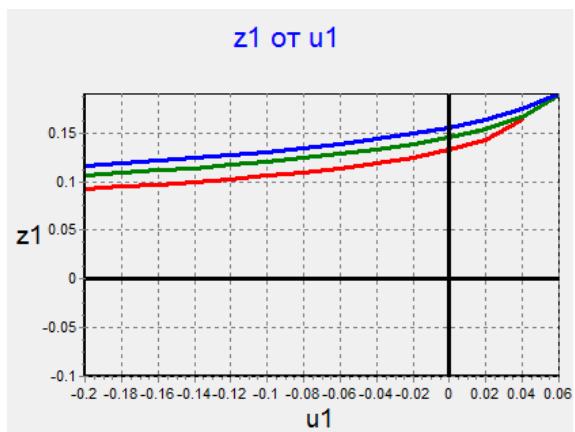


Рисунок 2 – Графики результатов расчета паракиального уравнения с условием $|wy|=0$

Таблица 1 – Результаты расчета паракиального уравнения, выполняющие условие $|wy|=0$

U1	lx=0.06	lx=0.08	lx=0.1
-0.2	0.09274	0.10646	0.11626
-0.18	0.09490	0.10878	0.1187
-0.16	0.09726	0.1113	0.12132
-0.14	0.09985	0.11403	0.12416
-0.12	0.10271	0.11703	0.12727
-0.1	0.10592	0.12035	0.13068
-0.08	0.10955	0.12405	0.13446
-0.06	0.11373	0.12825	0.13870
-0.04	0.11866	0.13307	0.14350
-0.02	0.12468	0.13875	0.14907
0	0.13241	0.14564	0.15567
0.02	0.14332	0.15446	0.16379
0.04	0.16313	0.16686	0.17441
0.06		0.18921	0.19008

Используя соответствующие значения $z1$ для $u1$ (таблица 1) получаем фокусировку с формированием кроссовера вблизи одной точки (рисунок 3).

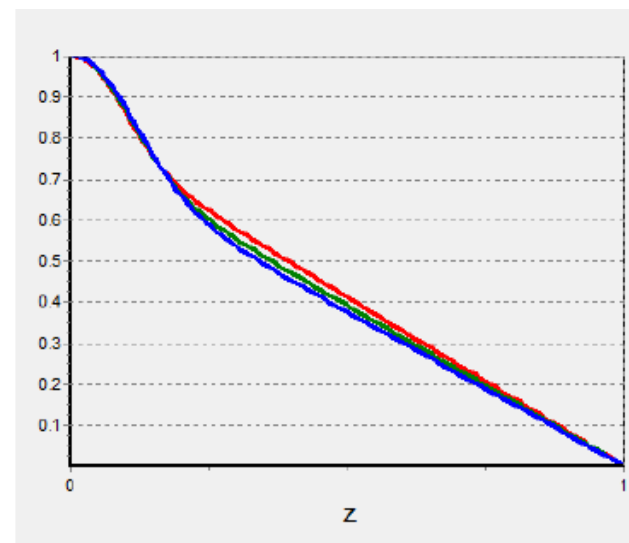


Рисунок 3 – График результатов расчета паракиального уравнения с условием $|wy|=0$

ВЫВОДЫ

В статье для расчета параксиального приближения используется метод нахождения приближенного решения $y'' = f(x, y, y')$ задачи Коши, который является значительно более точным и более широко используется на практике, чем любой из численных методов.

Метод Рунге-Кутты требует на каждом шаге четырехкратного вычисления. Поэтому для упрощения расчета на основе проведенного вычислительного эксперимента была разработана программа в среде Delphi. С помощью программы получены зависимости потенциала первого электрода u_1 от размера щели z_1 между электродами, при которых выполняется условие формирования кроссовера исследуемой линзой. Условие формирования кроссовера необходима для проектирования электронных пушек и ионных источников, которые являются основным элементом практически всех электронно-оптических приборов и ионно-лучевых установок. На основе полученных результатов были проведены также расчеты абберационных коэффициентов исследуемой линзы, которые показали перспективность применения катодных линз с двумя плоскостями симметрии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Эдвардс, Ч. Г.** Дифференциальные уравнения и краевые задачи: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB. 3-е издание. : Пер. с англ./ Ч. Г. Эдвардс, Пенни Д. Э. – М., 2008. – 1104 с.

2 **Ибраев А. Т.**, Решение задачи Дирихле для электростатических линз с двумя плоскостями симметрии / А. Т. Ибраев, А. Сагындык // Труды II Международной научно-практической конференции «Информационные и телекоммуникационные технологии: образование, наука, практика». – Алматы, Казахстан, 2015. – С. 155-159.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Т. Ибраев, Ә. Б. Сагындық

Қорапты катодты линзаның параксиалды параметрлерін сандық зерттеу

Қ. Сәтпаев атындағы
қазақ ұлттық зерттеу институты, Алматы қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

А. Т. Ибраев, А. В. Сагындық

Numerical investigation into the paraxial parameters of box-shaped cathode lens

Kazakh National Research Technical University
named after K. I. Satpayev, Almaty.
Material received on 13.02.17.

Мақалада екі симметриялы жазықтыққа ие катодты электронды линзаның параксиалды параметрлері есептелген. Параксиалды жақындауда зарядталған бөлшектердің қозғалысы екінші ретті дифференциалды теңдеумен өрнектеледі. Жұмыста жаңартылған Эйлер әдісімен салыстырғанда мәні нақты мәнге жақынырақ болатын, яғни пайызбен өлшенетін салыстырмалы қателігі төменірек және тезірек есептелінетін төртінші ретті Рунге-Кутта әдісі жетік қарастырылған. Жүргізілген есептеу тәжірибесі негізінде Delphi ортасында есептеу бағдарламасы құрастырылған. Құрастырылған бағдарламаның көмегімен зарядталған бөлшектердің қозғалыс траекториясының графиктері алынды. Зерттелуші линзамен кроссовердің құрылу шарты орындалуы үшін бірінші электродтың потенциалының электродтар арасындағы тесік өлшемінен тәуелділігі есептелді. Кроссовердің құрылу шарты болашақта абберациялық коэффициенттерді есептеу үшін қажет.

In this paper, the calculation of the paraxial parameters of cathode electron lenses with two planes of symmetry is performed. In the paraxial approximation, the motion of charged particles satisfies the differential equation of the second order. This study discusses the Runge-Kutta method of the fourth order, which is more accurate, i.e. has a smaller relative error, calculated in percentage and is computed faster than the improved Euler method. On the basis of the computational experiment the program on Delphi, with the help of which the trajectory diagrams of charged particles were obtained. The dependences of the potential of the first electrode u_1 on the size of the gap z_1 between the electrodes are found, in which the condition of the formation of a crossover of the investigated lens is satisfied. The condition for the formation of a crossover is needed for the further calculation of the aberration coefficients.

**А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³,
А. Е. Бердыханов⁴, М. Б. Кайдар⁵**

¹гл. менеджер, м.т.ит., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; ²к.т.н., профессор;
³к.т.н., профессор, ⁴магистрант, Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁵менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана

ТЕНДЕНЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТРОЙСТВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В данной статье рассмотрены последние тенденции в сфере проектирования устройств силовой электроники.

Ключевые слова: силовая электроника, тренды, проектирование, преобразователи.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое использование в современных электротехнических комплексах различного назначения регулируемых систем с полупроводниковыми преобразователями электрической энергии требует дальнейшего совершенствования их энергетических подсистем. Энергетическая подсистема (ЭП) включает в себя силовые цепи первичного источника питания, полупроводникового преобразователя (ПП), нагрузки и определяет массогабаритные и динамические показатели электротехнических комплексов и систем. Полупроводниковый преобразователь является неотъемлемой частью современных систем электропитания технологических объектов, а также систем автоматизированного электропривода, и обеспечивает их электрической энергией требуемого вида и качества. Постоянное совершенствование элементной базы полупроводниковых преобразователей за счет создания и освоения промышленностью высокоэффективных силовых приборов и вычислительных устройств на базе программируемых микроконтроллеров позволило существенно расширить функции силовых устройств и активно влиять на показатели качества потребляемой ЭП электроэнергии и их электромагнитную совместимость с питающей сетью средствами самой преобразовательной техники. За последние годы устройства силовой электроники позволили совершить серьезный технологический рывок в энергосбережении. Силовые полупроводниковые приборы, благодаря их гибкой управляемости, позволяют эффективно преобразовывать электроэнергию. Массогабаритные показатели и КПД,

достигнутые сегодня, уже вывели преобразовательные устройства на качественно новый уровень.

Во многих отраслях применяются устройства плавного пуска, регуляторы скорости, источники бесперебойного питания, работающие на современной полупроводниковой базе, и показывающие высокую эффективность. Все это силовая электроника.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Управление потоками электрической энергии в силовой электронике осуществляется при помощи полупроводниковых ключей, которые заменяют собой механические коммутаторы, и управление которыми можно осуществлять по требуемому алгоритму с целью получить нужную среднюю мощность и точное действие рабочего органа того или иного оборудования.

Так, силовая электроника применяется на транспорте, в добывающей отрасли, в сфере связи, на многих производствах, да и ни один мощный бытовой прибор не обходится сегодня без входящих в его конструкцию силовых электронных блоков.

Главными кирпичиками силовой электроники являются именно полупроводниковые ключевые компоненты, способные с разной скоростью, вплоть до мегагерц, размыкать и замыкать цепь. Во включенном состоянии сопротивление ключа составляет единицы и доли ома, а в выключенном – мегаомы.

Управление ключом не требует много мощности, а потери на ключе, возникающие в процессе коммутации, при грамотно спроектированном драйвере, не превышают одного процента. По этой причине КПД силовой электроники оказывается высоким по сравнению со сдающими свои позиции железными трансформаторами и механическими коммутаторами типа обычных реле.

Силовыми электронными приборами называются приборы, в которых действующий ток больше или равен 10 амперам. При этом в качестве ключевых полупроводниковых элементов могут быть: биполярные транзисторы, полевые транзисторы, IGBT-транзисторы, тиристоры, симисторы, запираемые тиристоры, и запираемые тиристоры с интегрированным управлением.

Малая мощность управления позволяет создавать и силовые микросхемы, в которых сочетаются сразу несколько блоков: сам ключ, схема управления и схема контроля, – это так называемые интеллектуальные схемы.

Эти электронные кирпичики применяются как в мощных промышленных установках, так и в бытовых электроприборах. Индукционная печь на пару мегаватт или домашний отпариватель на пару киловатт – и в том и в другом есть полупроводниковые силовые ключи, просто оперирующие с разной мощностью.



Рисунок 1 – Элементная база преобразователей: а – транзисторы, б – тиристоры, в и г – силовые модули

Так, силовые тиристоры работают в преобразователях мощностью более 1 МВА, в цепях электроприводов постоянного тока и высоковольтных приводов переменного тока, используются в установках компенсации реактивной мощности, в установках индукционной плавки (рис. 2).

Запираемые тиристоры управляются более гибко, они служат для управления компрессорами, вентиляторами, насосами мощностью в сотни КВА, а потенциально возможная мощность коммутации превышает 3 МВА. IGBT-транзисторы позволяют реализовывать преобразователи мощностью до единиц МВА различного назначения, как для управления двигателями, так и для обеспечения бесперебойного питания и коммутации больших токов во многих статических установках.

Полевые MOSFET-транзисторы отличаются превосходной управляемостью на частотах в сотни килогерц, что значительно расширяет сферу их применимости в сравнении с IGBT-транзисторами.

Для пуска и управления двигателями переменного тока оптимальны симисторы, они способны работать на частотах до 50 кГц, а для управления требуют меньше энергии, чем IGBT-транзисторам.

Сегодня IGBT-транзисторы по максимальному коммутируемому напряжению достигают 3500 вольт, а потенциально возможно 7000 вольт. Эти компоненты могут вытеснить биполярные транзисторы уже в ближайшие годы, и на оборудовании до единиц МВА будут применяться именно они. Для маломощных преобразователей более приемлемыми останутся MOSFET-транзисторы, а для более 3 МВА – запираемые тиристоры.

Для IGBT-транзисторов прогрессом будет увеличение токов до 2 кА при напряжении до 3,5 кВ и рост рабочих частот до 70 кГц с упрощением схем управления. В одном модуле смогут содержаться не только ключи и выпрямитель, но и драйвер, и схемы активной защиты.

Выпускаемые в последние годы транзисторы, диоды, тиристоры, уже значительно улучшили свои параметры, такие как ток, напряжение, быстродействие, и прогресс не стоит на месте.

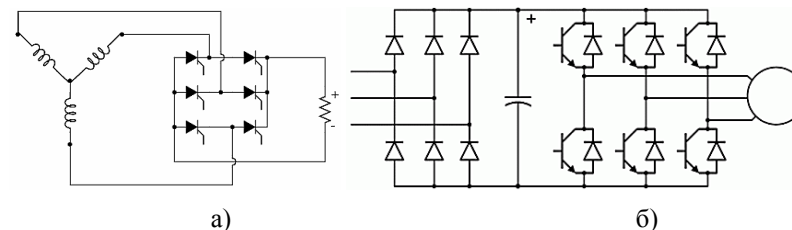


Рисунок 2 – Применение тиристоров в схемах генераторов (а) и IGBT-транзисторов в схемах инверторов (б) [http://electrical-preobrazovateli-jelektricheskoyj.html]

Для более качественного преобразования переменного тока в постоянный применяют управляемые выпрямители, позволяющие плавно изменять выпрямленное напряжение в диапазоне от нуля до номинального.

Сегодня в системах возбуждения электроприводов постоянного тока у синхронных двигателей служат главным образом тиристоры. Сдвоенные тиристоры – симисторы, имеют всего один управляющий электрод для двух соединенных встречно-параллельно тиристоров, что делает управление еще более простым.

Для осуществления обратного процесса, преобразования постоянного напряжения в переменное применяют инверторы. Независимые инверторы на полупроводниковых ключах дают на выходе частоту, форму и амплитуду, определяемую электронной схемой, а не сетью. Инверторы изготавливают на базе различных типов ключевых элементов, но для высоких мощностей, более 1МВА, опять же на первое место выходят инверторы на IGBT-транзисторах.

В отличие от тиристоров, IGBT-транзисторы дают возможность более широко и более точно формировать ток и напряжение на выходе. Маломощные автомобильные инверторы используют в своей работе полевые транзисторы, которые при мощностях до 3 кВт прекрасно справляются со своей задачей, преобразовывая постоянный ток аккумулятора с напряжением 12 вольт сначала в постоянное, посредством высокочастотного импульсного преобразователя, работающего на частоте от 50кГц до сотен килогерц, затем – в переменное 50 или 60 Гц.

Для перевода тока одной частоты в ток другой частоты применяют полупроводниковые преобразователи частоты. Раньше это делалось исключительно на базе тиристоров, которые обладали не полной управляемостью, приходилось проектировать сложные схемы принудительного запираания тиристоров.

Использование ключей типа полевых MOSFET и IGBT-транзисторов облегчает проектирование и реализацию преобразователей частоты, и можно

прогнозировать, что в перспективе от тиристорных преобразователей, особенно в приборах малой мощности, откажутся в пользу транзисторных.

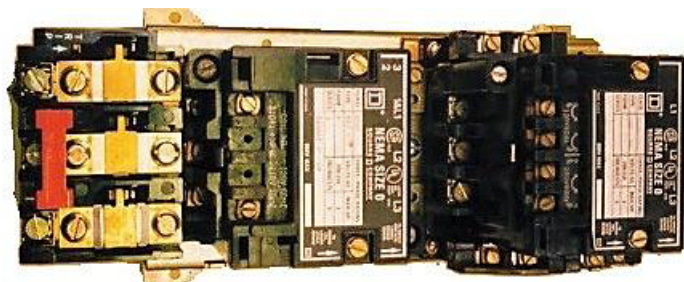


Рисунок 3 – Бесконтактные реверсивные пускатели

Для реверсирования электроприводов по-прежнему применяются тиристоры, достаточно иметь два комплекта тиристорных преобразователей для обеспечения двух разных направлений тока без необходимости переключений. Так работают современные бесконтактные реверсивные пускатели.

В последние годы в отечественной и зарубежной практике определилась тенденция к более глубокой интеграции электромеханического преобразователя (электродвигателя) с рабочим органом и некоторыми устройствами управления. Указанная тенденция прогрессивна, поскольку интегрированные электроприводы обладают меньшей материалоемкостью, имеют улучшенные энергетические показатели, компактны и удобны в эксплуатации [1].

ВЫВОДЫ

Основным ключевым элементом, занявшим лидирующее положение в мощной преобразовательной технике, стали биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) – преобразователи мощностью до единиц мегаватт-ампер для электроприводов переменного тока, АБП, статических компенсаторов реактивной мощности и активных фильтров, ключевых источников питания, и полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET) – высокочастотные преобразователи (сотни килогерц) и низковольтные преобразователи для приводов вентильных двигателей, компактных АБП, ключевых источников питания. Появление транзисторов IGBT решило существовавшую десятилетиями проблему обеспечения мощных высоковольтных силовых схем простым и надежным ключевым элементом, обладающим высоким быстродействием, малыми затратами

энергии на управление, устойчивостью к многократным токовым перегрузкам и полной управляемостью (при включении и выключении), а также открыло громадные перспективы для создания высоконадежных статических преобразователей [1].

Применение модулей позволило значительно снизить массу, габариты и стоимость преобразовательных устройств. Их применение оказывает существенное влияние не только на технико-экономические показатели оборудования, но и изменяет технологию проектирования устройств силовой электроники, сводя ее к выбору элементов высокой заводской готовности на требуемые входные и выходные параметры [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шапкенов, Б.** / Теория и практика энергетических преобразователей // Шапкенов Б., Калиев Б., Кайдар А. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. – Saarbrücken, Germany : Изд. Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 461 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. Е. Бердикханов², М. Б. Кайдар³

Күштік электрониканың құрылғыларын жобалаудағы тенденциялар

¹УК СЭЗ ХимПарк Тараз» АҚ, Шу қ.;

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³«КазТрансГаз» АҚ, Астана қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, V. P. Markovski², B. K. Shapkenov², A. E. Berdikhanov², M. B. Kaidar³

Trends in the design of power electronic devices

¹JSC «UK SEZ HimParkTaraz», Shu;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar

³JSC «KazTransGaz», Astana.

Material received on 13.02.17.

Осы мақалада күштік электрониканың құрылғыларын жобалау қарастырылады.

In this paper the last trends in the area of power electronic device design are considered.

УДК 621.3

**А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³,
Ф. Ф. Бодрухин⁴, М. Б. Кайдар⁵, Л. Б. Тюлегенова⁶**

¹гл. менеджер, м.т.ит., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; ²к.т.н., профессор;
³к.т.н., профессор; ⁴магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁵менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана;
⁶докторант PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

В данной статье рассматривается проблема колебаний напряжения питания в электрических цепях городского электротранспорта

Ключевые слова: городской электротранспорт, тяговые двигатели, электромагнитный накопитель, колебания напряжения, качество электрической энергии.

ВВЕДЕНИЕ

Тяговые двигатели (ТЭД) горэлектротранспорта эксплуатируются при сложных погодных условиях, при высокой влажности и пыли. Также, в отличие от электрических двигателей общего назначения, тяговые работают в самых различных режимах (повторно-кратковременных, кратковременных, с частыми пусками), сопровождаются широким изменением скорости вращения якоря и нагрузки по току (при трогании с места может в два раза превышать номинальное значение). В связи с тяжелыми условиями работы, жестких ограничений по габаритам, ТЭД относят к машинам с предельными режимами использования [1, с. 135-138]. Кроме основного режима, тяговые электрические двигатели постоянного тока могут работать и в реверсивном режиме, а также и в режиме генератора (при электрическом торможении и рекуперации).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существенным моментом использования ТЭД является необходимость обеспечения плавного пуска-торможения двигателя для управления скоростью транспортного средства. С целью повысить КПД стали применять широтно-импульсный ток и электронные схемы, которые обслуживаются микропроцессорами (например, MCS51). Для управления этими схемами (независимо от их устройства) используются контроллеры, управляемые человеком, определяющим нужную скорость электротранспорта.

Ввиду резкопеременной нагрузки на тяговые сети напряжение в них имеет нестабильный характер. Электрическая тяга характеризуется значительной неравномерностью потребления электроэнергии от источника электропитания, что ведет к увеличению потерь электроэнергии и к необходимости предусматривать значительный запас по мощности для тяговых подстанций и по сечению проводов тяговой сети. Для стабилизации напряжения применяют различные стабилизаторы напряжения.

В некоторых зарубежных странах стабилизация тягового напряжения осуществляется электромашинами инерционными накопителями электроэнергии – маховиками [2, с. 461].

На рисунке 1 приведена принципиальная схема системы тягового электроснабжения постоянного тока с подключенным к ней инерционным накопителем энергии: 1 – трансформатор трехфазный выпрямительного агрегата; 2 – выпрямитель; 3 – генератор и маховик накопителя э/энергии; 4 – резистор разряда; 5 – преобразователь накопителя на транзисторах IGBT; 6 – фильтр; 7 – выключатель. На тяговой подстанции установлены нерегулируемые выпрямители, получающие питание через трансформатор от трехфазной сети [2, с. 26-27].

Основой накопителя служит вертикально расположенный цилиндрический маховик, частота вращения которого не превышает 3600 об/мин. Синхронная машина, ротор которой находится на одном валу с маховиком, дает возможность принимать и отдавать энергию. Поскольку частота вращения связана с величиной накапливаемой энергии квадратической зависимостью, а масса – линейной, в данном случае масса маховика должна быть достаточно большой.

Маховик, рассчитанный на мощность 90 кВт, имеет рабочую частоту вращения 35 тыс. об/мин.

На рисунке 2 показан общий вид накопителя. Как видно из рисунка, над маховиком, расположенным внизу, находится ротор главной синхронной четырехполюсной машины. Электрическое возбуждение главной машины осуществляется от машинного возбудителя. Применение роторных аккумуляторов энергии позволяет компенсировать колебания напряжения в контактной сети и сгладить на 30 % пики колебаний нагрузки [2, с. 28].

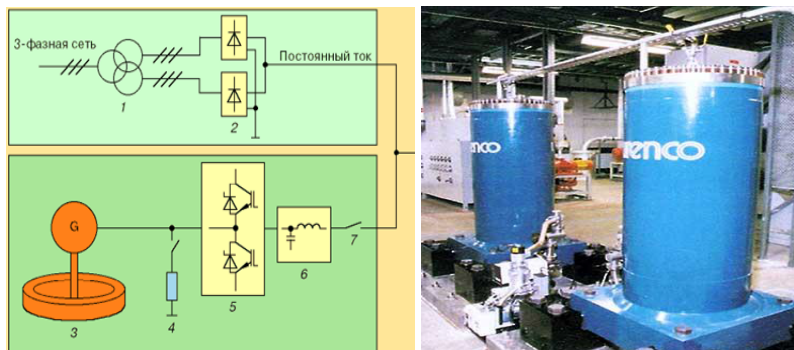


Рисунок 1 – Упрощенная схема тягового электроснабжения контактной сети с электромашинным накопителем



Рисунок 2 – Общий вид роторного электромашинного накопителя

В настоящее время в России созданы сверхвысокоемкие конденсаторы (суперконденсаторы) – источники тока нового поколения. Причём, в отечественных разработках используются экологически чистая «электрохимия» водных растворов. Оригинальная, запатентованная в РФ и США технология биполярных систем позволяет достичь достаточно высокого уровня удельной мощности (более 10 кВар/кг) [5].

На каждой питающей подстанции предлагается устанавливать комплект суперконденсаторов емкостью несколько сотен Фарад. При возникновении на линии большой пиковой нагрузки, например, разгон электропоезда, комплект суперконденсаторов берет на себя компенсацию этой нагрузки, не вызывая перегрузок в подводящей сети, а распределяя нагрузку равномерно во времени.

Проблемы применения индуктивных накопителей энергии в системах тягового электроснабжения исследовались в [2, с. 127].

Особый интерес среди них представляют – сверхпроводниковые индуктивные накопители энергии (СПИН) с возможностью длительного срока ее хранения [2, с. 127].

На рисунке 3 дана принципиальная конструкция сверхпроводникового индуктивного накопителя энергии (СПИН) [2, с. 127].

Использование СПИН в системе тягового электроснабжения (на тяговых подстанциях – ТП) даёт стабилизацию напряжения на нагрузке (в контактной сети), стабилизацию мощности (тока), потребляемой из системы внешнего электроснабжения, обеспечение рекуперации электроэнергии от электроподвижного состава через контактную сеть в СПИН.

В России решением проблем сверхпроводниковых технологий и разработкой соответствующего оборудования занимаются такие крупнейшие научные центры как Институт сверхпроводимости и физики твердого тела РНЦ «Курчатовский институт», научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. ДБ. Ефремова, ГИЦ РФ «Всероссийский электротехнический институт», Московский государственный инженерно-физический институт и другие.

За рубежом уже имеется опыт применения сверхпроводникового индуктивного накопителя энергии на железнодорожном транспорте. Так, в Германии в Мюнхене на тяговой подстанции переменного тока Пассинг, работающей при напряжении 15 кВ и частоте 16 2/3 Гц, использован СПИН для выравнивания нагрузки [4, с. 74-75].

В некоторых зарубежных странах начаты работы по оснащению тяговых линий вторичными источниками тока: комплектами аккумуляторных батарей. «Батарейное» решение нестабильности напряжения увеличивает эксплуатационные затраты [5, с. 49-59].

В 2011 г. компания Kawasaki Heavy Industries, Ltd. объявила, что это успешно закончило тест проверки железнодорожной придорожной системы аккумулирования электроэнергии, названный Battery Power System (BPS). Система использует новую разработку никель-металлгидридные аккумуляторные батареи GIGACELL большой ёмкости (рисунок 4, таблица 1).

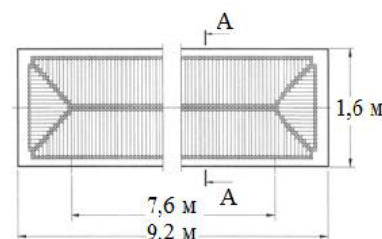


Рисунок 3 – СПИН энергоёмкостью 100 МДж: а) – план; б) – вид поперечного сечения



Рисунок 4 – Общий вид Battery Power System

Согласно оценкам, основанным на данных испытаний, система экономит примерно 1 600 МВт*ч электроэнергии и сократит выбросы приблизительно на 669 тонн ежегодно. BPS уменьшал максимальное напряжение на 62 В, увеличивал минимальное напряжение на 23 В [5, с. 49-59].

Таблица 1 – Технические характеристики Battery Power System

Батарея Gigacell	
Количество ячеек	30
Номинальное напряжение	36 В
Номинальная мощность	150 А/ч
Число модулей	39
Напряжение	1500 В
Энергетическая способность	210 кВтч
Вес	14,8 тонн
Система безопасности	Высокоскоростной выключатель DC
Размеры	4.5 м. х 2.2 м. х 3.5 м

Недостатки существующих методов стабилизации тягового напряжения

Главные недостатки существующих методов стабилизации тягового напряжения:

- 1 Значительная себестоимость и опасность для персонала при эксплуатации накопителей.
- 2 Существенные капиталовложения для размещения таких систем.
- 3 Существует угроза экологической безопасности.

ВЫВОДЫ

1 Значительные колебания напряжения питания городского электротранспорта – от 400 до 750 В (при номинальном 600 В) приводят:

- потерям электроэнергии до 20 %;
- к частым авариям электротранспортных устройств из-за выхода из строя элементов их электросистемы;
- сокращению срока службы устройств электротранспорта и токоподводящих конструкций, отсюда – проблема стабилизации напряжения тяговых систем.

2 Наиболее часто применяемые системы стабилизации тягового напряжения – накопители электроэнергии (механические, конденсаторные, индуктивные), требуют больших капитальных затрат и небезопасны в эксплуатации.

3 Целесообразно для стабилизации напряжения контактной сети использовать современные системы стабилизации на базе высокоэффективных силовых полупроводниковых элементах, например, транзисторах серии IGBT.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Система диагностики аварийных пульсаций напряжения в контактной сети тяговых преобразователей. Сб. Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. Ч. 1. – Алматы, 1996. – С. 135-138.

2 **Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А.** Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. – Germany : Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, 2014. – 461 С.

3 **Копьрин, В. С., Шапкенов, Б. К.** Диагностика аварийных режимов систем с преобразовательными установками. Тезисы докл. Всесоюзной научн.-техн. конф. Состояние и перспективы развития электротехнологии. Третьи Бенардосовские чтения. Т. 2. – Иваново, 1987. – С. 127.

4 **Шапкенов, Б. К.** Система обеспечения безопасной эксплуатации полупроводниковых преобразователей. // Материалы обл. науч.-тех. конф. Наука и новая технология в развитии Павлодар-Екибастузского региона. Ч. 1. – Алматы : Галым, 1993. – С. 75-76.

5 **Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K.** Diagnostics the fault types and fault locations in a cascaded mlid from its output voltage waveform. // Вестник ПГУ. – № 4. – 2014. – С. 49-59.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², Ф. Ф. Бодрухин², М. Б. Кайдар³, Л. Б. Тюлегенова²

Қалалық электрқоліктің кернеу көзінің тербелістері

¹«УК СЭЗ ХимПарк Тараз» АҚ, Шу;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³«КазТрансГаз» АҚ, Астана қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

Supply voltage fluctuations in the city electrical transport

¹JSC «UK SEZ HimParkTaraz», Shu;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³JSC «KazTransGaz», Astana.

Material received on 13.02.17.

*Осы мақалада қалалық электрқоліктің тізбектеріндегі кернеу
көзінің тербелістерінің проблемасы қарастырылады.*

*In this article the problem of supply voltage fluctuations in the city
electrical transport is considered.*

УДК 621.3

***A. B. Kaidar¹, V. P. Markovski², B. K. Shapkenov³,
H. A. Bodrukhin⁴, M. B. Kaidar⁵, L. B. Tyulegenova⁶***

¹гл. менеджер, м.т.ит., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; ²к.т.н., профессор;
³к.т.н., профессор; ⁴магистрант, Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁵менеджер, АО «КазТрансГаз»,
г. Астана; ⁶докторант PhD, Павлодарский государственный университет имени
С. Торайгырова, г. Павлодар

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ SAUTP ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМИ СЕТЯМИ

*В данной статье рассматривается программа SautP для
управления тяговыми сетями.*

*Ключевые слова: электротранспорт, частотно-регулируемый
привод, программа, автоматическое повторное включение, тяговые
сети.*

ВВЕДЕНИЕ

Проблема эффективного использования энергетических ресурсов в целом и электроэнергии в частности приобретает все большее значение. Данная проблема на разных уровнях (мировом, государственном, отраслевом и т.д.) и в разные периоды может иметь различные цели, приоритеты, задачи

[1, с. 74-75]. На уровне промышленных предприятий, работающих в условиях рыночной экономики, целью эффективного использования электроэнергии является сокращение платы за электроэнергию. Мощным потребителем электроэнергии является городской электротранспорт [2, с. 75-76].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время доля электроэнергетических затрат в себестоимости перевозки пассажиров трамваем и троллейбусом достигает 30-40 процентов. В этой связи рациональное проектирование и эксплуатация электротехнических установок, тяговых подстанций, различных систем стабилизации напряжения, обеспечивающих эффективное использование электроэнергии, является важнейшей научно-технической задачей [3, с. 133-138].

На рисунке 1: 1 – электрическая станция; 2 – понижающая трансформаторная подстанция 110/35; 3 – линия электропередачи; 4 – понижающая подстанция 35/6(10); 5 – кабельная линия 6 или 10 кВ; 6 – тяговая подстанция; 7 – питающие кабельные линии; 8 – контактный провод трамвая; 9 – рельсы; 10 – контактные провода троллейбуса.

Для троллейбуса и трамвая в соответствии с ГОСТ 6962-75 установлено напряжение номиналом 600 В с допустимыми отклонениями на приемнике тока электроподвижного транспорта в наибольших значениях до 750 вольт и наименьших 400 вольт. Нагрузки периодически изменяются в широких пределах по месту и времени.

Основной способ решения этой проблемы – повышение количества преобразовательных агрегатов для контактного электротранспорта. Это очень затратный способ, так как предусматривает отведение участка, капитальное строительство, работы по монтажу дорогостоящего оборудования.

Традиционные решения крайне непопулярны у эксплуатирующих организаций, т.к. увеличивают издержки, не решая проблем. Поэтому в нашей стране не применяются пока системы компенсации пиковых нагрузок на тяговых сетях.

Как правило, на городском электротранспорте используются коллекторные двигатели постоянного тока. Но, также, актуален вопрос повышения надежности эксплуатации энергосберегающих трамваев и троллейбусов с управляемыми частотно-регулируемыми приводами и асинхронными тяговыми двигателями. Известно также, что работа электродвигателей с частотно-регулируемым приводом (ЧРП), зависит от качества и стабильности электроснабжения. Так, например, провалы напряжения свыше 15-25 % приводят к отказам систем ЧРП. В настоящее время провалы напряжения составляют до 45 % от номинального значения.

Современные подходы к обслуживанию различного оборудования на транспорте с помощью цифровой и микропроцессорной техники нередко основаны на реализации математических моделей объектов [1]. Применение таких устройств позволяет своевременно выявлять различные неполадки в отдельных узлах, механизмах, системах автоматики, предупреждать их нежелательные проявления при эксплуатации оборудования или автоматизировать процессы с заданной эффективностью. Однако, реализация таких устройств при комплексной оценке состояния всего объекта осложнена значительными затратами времени для контроля параметров.

Принцип действия существующих бортовых систем диагностики и контроля оборудования на автомобилях чаще всего основан на использовании электронной памяти [2]. В аналогичных популярных адаптивных системах контроля оборудования возможные изменения в устройствах описываются математическими зависимостями [3]. Очевидно, что формальные описания процессов линейными уравнениями для получения полезной информации об объекте наиболее популярны [4, с. 102-106]. Особый интерес вызывают при этом системы уравнений, когда решение одной зависимости является решением другой и наоборот. В общем виде систему таких уравнений можно представить:

$$F(t) = 0, \tag{1}$$

где F – произвольная функция размерности n ;

$$F_i(t) = 0; i = 1, \dots, n, \tag{2}$$

$$X = (t_1, \dots, t_n), \tag{3}$$

а X – вектор переменных.

Основным критерием при выборе решения таких задач является сходимость, надежность и область применения. Скорость сходимости, применительно к устройствам автоматизации, измеряется числом обращений к вычислению функции $F(t)$.

Надежность метода определяется его сходимостью при различных видах функции $F(t)$. Следует заметить, что результат может не сходиться и даже расходиться. В последнем случае вместо приближения к корню, наоборот, удаляться от него. Во всех случаях алгоритм расчета должен сигнализировать пользователю о ходе полученных данных.

Область применения результатов определяется самой функцией $F(t)$, для которой выбранный метод дает надежную сходимость.

Учитывая сложность процессов на объектах электрического транспорта и тесную взаимосвязь многих величин, можно однозначно отметить, что наиболее удобным аппаратом для решения подобных задач являются матрицы и поиск в массивах [5, с. 87-99].

Задача поиска в массивах сводится к определению конкретного элемента, обладающего заданными свойствами. Для рассматриваемых объектов такими свойствами могут быть опасные и критические ситуации, которые и могут служить основанием для корректировки условий эксплуатации оборудования, формирования требований дополнительной проверки узлов, механизмов или объекта в целом.

Для несортированных массивов единственный способ решения вышеуказанной задачи связан с просмотром всех элементов массива.

При большом количестве элементов M , очевидно, потребуется M сравнений. Применительно к различным техническим решениям, реализующим такие вычисления, наиболее целесообразно использовать метод дихотомии [4].

Для массива A размера M , например, необходимо найти элемент $A[i]$, значение которого равно некоторой заданной величине T (рисунок 2). Если массив сортирован по $A[i]$, т.е. с ростом индекса i значения элементов не убывают, то индекс массива может изменяться в пределах от i_{min} до i_{max} . Не учитывая дискретность i , считаем, что индекс может быть любым. Если принять, что элемент со значением T имеется в массиве, можно утверждать о существовании неубывающей функции $A(i)$, для которой необходимо найти решение уравнения

$$A(i) = T, \tag{4}$$

где T – заданное значение (рис. 2).

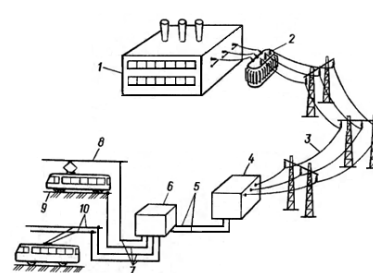


Рисунок 1 – Схема электроснабжения трамвая и троллейбуса

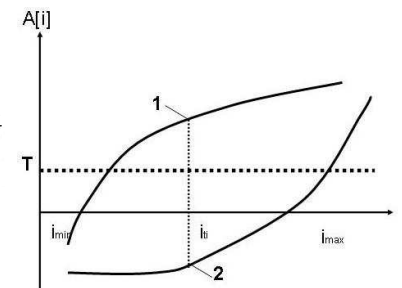


Рисунок 2 – Применение дихотомии в массивах

Такую задачу методом дихотомии решают, проверяя очередной элемент массива при значении iT , который располагается в середине всего интервала $[i_{min}, i_{max}]$, т.е.

$$i_T = (i_{min} + i_{max})/2. \tag{5}$$

Если $A(i_T)$ больше T (кривая 1), то искомый элемент расположен при меньших значениях индекса. Такой вывод следует из того, что функция $A(i)$ неубывающая. В этом случае можно утверждать, что при значениях больше i_T параметр больше T . В таком случае можно далее перейти к исследованию только интервала индексов $[i_{min}, i_T]$, т.е. в качестве верхней границы индексов i_{max} можно выбрать значение i_T .

Если поведение функции соответствует случаю, иллюстрируемого кривой 2, то можно утверждать, что искомый элемент расположен при больших значениях индекса. В этом случае для дальнейшего рассмотрения можно оставить интервал $[i_T, i_{max}]$, заменив в области исследования i_{min} на i_T . Очевидно, что в обоих случаях интервал сокращается в два раза и очередной элемент массива следует проверять в середине интервала.

Рассмотренный подход проверки элемента с сокращением интервала проверяемых индексов сдвигает величины i_{min} и i_{max} . Весь объем проверок заканчивается, когда длина интервала сократится до шага, которым определяется дискретность величины индекса.

Если учесть, что интервал в любом случае сокращается как 2^K , где K – число проверенных элементов, а длину последнего интервала принять за 1, то за 10 проверок можно найти элемент в массиве из 1024 элементов, а за 15 – в массиве из 32768 элементов. Полученный результат иллюстрирует возможность во много раз быстрее выполнять поиск в рассмотренном массиве.

Предлагаемый подход использовался при разработке оригинального программного продукта *SauTP v.1.01*, реализующего систему автоматического повторного включения (АПВ) на тяговой подстанции (рис. 3) после аварийного отключения в результате перегрузки, короткого замыкания, неполнофазного режима, недопустимого повышения или понижения напряжения.

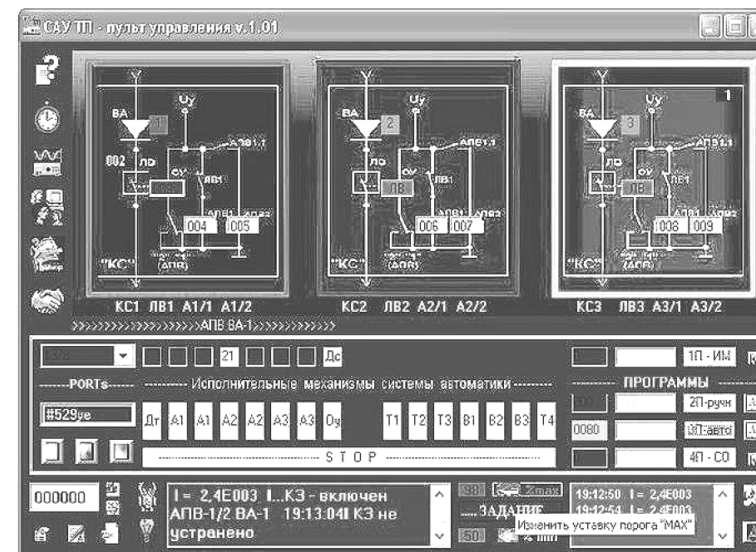


Рисунок 3 – Интерфейс программы SauTP для управления тяговыми сетями

Программная реализация алгоритма выглядит следующим образом:

- 1 Задается интервал изменения тока в контактной сети $i_{min} = -I, i_{max} = M+I$.
- 2 Определяется величина $iT = (i_{min} + i_{max}) / 2$ (результат округляется до целого значения).
- 3 Проверяется $A(i)$.
- 4 Если $A(i) = T$, выход и возвращение на шаг 1.
- 5 Если $A(i) > T, i_{max} = I$ и переход на шаг 7.
- 6 Если $A(i) < T, i_{min} = I$ и переход на шаг 7.
- 7 Если $i_{min} - i_{max} = 1$, выход и возвращение к шагу 1, иначе – переход на шаг 2.

Программой SauTP предусмотрен контроль и диагностика нескольких линий контактной сети. Интервалы значений контролируемых величин тока и временные уставки срабатывания системы АПВ выбираются оператором. Органы управления доступные с интерфейса позволяют пользователю выбирать автоматический или ручной режимы работы, селективный или кольцевой контроль объектов, проверять исправность приемных и исполнительных элементов системы и др. [6, 234-235].

Программируемая АПВ реализуется на базе любого бытового компьютера с ОС Windows 7, 8, 8.1, 10, Windows Server 2008, 2008R2, 2012, 2012R2, 2016

(theoretically) и Office 2010, 2013, 2016. Учитывая возможности программирования подобных задач для современных RISC-микроконтроллеров (Atmel, Microchip, Motorola и др.), очевидно, что вышерассмотренный подход может упростить реализацию подобных задач с их помощью. Это в свою очередь позволит создавать самые различные программируемые локальные системы контроля, диагностики и автоматизации процессов как на стационарных, так и на подвижных объектах электрического транспорта [6, с. 345-346].

Таким образом, предложенный путь иллюстрирует возможность сокращения затрат времени для анализа контролируемых технологических величин на объектах при использовании поиска результатов в массивах. Рассмотренный алгоритм реализован в экспериментальном программном продукте, реализующем систему автоматического повторного включения для многоагрегатной тяговой подстанции электроснабжения городского электротранспорта.

ВЫВОДЫ

1 Значительные колебания напряжения питания городского электротранспорта – от 400 до 750 В (при номинальном 600 В) приводят потерям электроэнергии до 20 %, к частым авариям электротранспортных устройств из-за выхода из строя элементов их электросистемы, сокращению срока службы устройств электротранспорта и токоподводящих конструкций, отсюда – проблема стабилизации напряжения тяговых систем.

2 Значительные изменения тока нагрузки в тяговых сетях затрудняют разработку защит различающих совпадения пусковых токов нескольких единиц рельсового транспорта с аварийными токами.

3 Необходимо внедрять в систему тягового городского транспорта разработанные высокоэффективные полупроводниковые устройства микроэлектроники, позволяющие создать современные системы управления режимами работы тяговых сетей и преобразователями, обеспечить защиту электрооборудования от аварийных режимов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шапкенов, Б. К.** Защита электроустановок от аварийных режимов. Материалы обл науч-тех конф Наука и новая технология в развитии Павлодар-Экибастузского региона. Ч. 1. – Алматы : Галым, 1993. – С. 74-75.

2 **Шапкенов, Б. К.** Система обеспечения безопасной эксплуатации полупроводниковых преобразователей. // Материалы обл науч-тех конф Наука и новая технология в развитии Павлодар-Экибастузского региона. Ч. 1. – Алматы : Галым, 1993. – С. 75-76.

3 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Система диагностики аварийных пульсаций напряжения в контактной сети тяговых преобразователей. // Сб. Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. Ч. 1. – Алматы, 1996. – С. 135-138.

4 **Щуцкий, В. И., Копырин, В. С., Шапкенов, Б. К.** Совершенствование бесконтактной системы защиты преобразовательных установок. – Изв. ВУЗов Электромеханика, 1989. – № 7. – С. 102-106.

5 **Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P., Kaidar, A. B.** Erfahrung mit dem gerät mikroprozessor relais chutzes. // Материалы третьей международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии». – Екатеринбург, Россия. 10-12 сентября. 2012, – С. 87-99.

6 **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 : Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 461 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³, Н. А. Бодрухина², М. В. Кайдар³, Л. В. Тюлегенова²

Тартымды желілерін басқару үшін SauTP бағдарламасын қолдану

¹«УК СЭЗ ХимПарк Тараз» АҚ, Шу қ.;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³«КазТрансГаз» АҚ, Астана қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, V. P. Markovski², B. K. Shapkenov³, N. A. Bodrukhina², M. V. Kaidar³, L. V. Tyulegenova²

Application of the SauTP program for traction network control

¹JSC «UK SEZ HimParkTaraz», Shu;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³JSC «KazTransGaz», Astana.

Material received on 13.02.17.

Осы мақалада тартымды желілерін басқару үшін SauTP бағдарламасы қарастырылады.

In this paper SauTP program is considered for traction network control.

**А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³,
Н. М. Булегенов⁴, М. Б. Кайдар⁵, Л. Б. Тюлегенова⁶**

¹гл. менеджер, м.т.ит., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; ²к.т.н., профессор;
³к.т.н., профессор; ⁴магистрант, Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁵менеджер, АО «КазТрансГаз»,
г. Астана; ⁶докторант PhD, Павлодарский государственный университет имени
С. Торайгырова, г. Павлодар

КАЧЕСТВО НАПРЯЖЕНИЯ В ТЯГОВОЙ СЕТИ

*В данной статье рассматривается вопрос качества напряжения
в тяговой сети*

*Ключевые слова: тяговые сети, качество электрической энергии,
полупроводниковые преобразователи.*

ВВЕДЕНИЕ

Система электроснабжения тяговой сети характеризуется следующей спецификой [1]:

- большой неравномерностью движения трамваев, вызванной пробками уличного движения. В связи с этим, очень часто трамваи концентрируются в одном месте. Кроме этого, и уличная система управления автотранспортом не адаптирующаяся к изменению потока городского транспорта вызывает неравномерность движения трамваев [2-4]:

- большим сопротивлением троллея рельсового транспорта по сравнению с сопротивлением рельса, тем более что в Павлодаре на всех прямых участках проложены железнодорожные рельсы большего сечения (магистральные рельсы типа Р50, Р43), чем сечение рельсов для трамваев (желобчатые типа РТ-58, Р-62, ТВ-60, Т-образные типа S49 и др.);

- сравнительно небольшое (1-3 единицы) количество вагонов находящихся одновременно на одном питающим участке. Вследствие этого появляется большая неравномерность тока нагрузки участка питания (рисунок 1, а, б).

Тяговые подстанции обычно имеют мощность 500-2000 кВт и расположены на расстоянии 5-10 км в зависимости от конфигурации трамвайной сети, особенностей городской архитектуры, интенсивности использования маршрута и др.

Резкое изменение тока нагрузки вызывает изменения в питающей сети. Напряжения контактного провода может изменяться от 750 В на шинах

подстанции до 400 В в тупиковых удаленных точках маршрута. Учитывая, что электрооборудование трамваев рассчитано на 600 В, высока вероятность его отказов и выхода из строя. Кроме того, работа двигателей постоянного тока, установленных на отечественных трамваях, в аномальных режимах ведет к перегреву, к потерям энергии, снижению КПД. Асинхронные двигатели, установленные на некоторых зарубежных моделях и оснащенные инверторами постоянного напряжения в переменное подвергаются таким же негативным воздействиям, кроме того элементы самих инверторов могут выйти из строя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ токовых диаграмм и опыт эксплуатации показывает, что для эффективной работы городского электрического транспорта необходимо более качественное напряжение.

Проблема решается обычно установкой избыточного количества преобразовательных агрегатов или не решается, откладываясь до лучших времен. Избыточное количество преобразователей существенно увеличивает капитальные затраты, увеличивает с одной стороны и эксплуатационные затраты за счет обслуживания дополнительных преобразователей, но в то же время снижает количество ремонтов.

Поэтому ряд городских транспортных предприятий ведут поиск альтернативных вариантов улучшения качества напряжения в контактной сети.

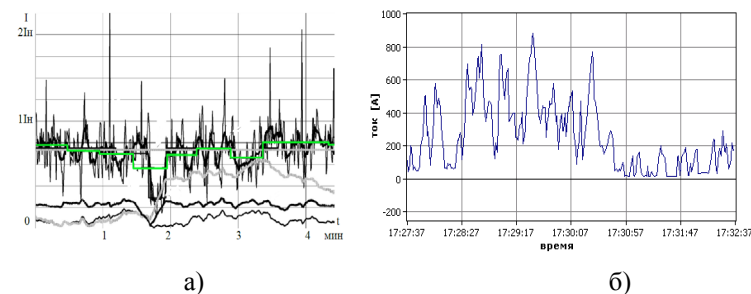


Рисунок 1 – Токи нагрузки фидера тяговой подстанции (ТП-7) во время наледи на троллее (а) в декабре 2016 г. и ток нагрузки одного трамвая (б) при чистом троллее в январе 2017 г.

Одним из альтернативных вариантов улучшения качества напряжения в контактной сети является применение различных стабилизаторов напряжения, в которых используются различные накопители энергии, управляемые преобразователи, инверторы и др.

В конструкции большинства современных мощных инверторов предусмотрена возможность плавного или ступенчатого изменения частоты выходного напряжения, что делает их практически незаменимыми в качестве источников питания различных электроустановок, предусматривающих регулирование режимов работы путем изменения частотных характеристик питания [5].

Мощные инверторы могут быть построены как на основе тиристорных ключей, так и на IGBT-транзисторах [6].

Современные мощные преобразователи на IGBT-транзисторах способны работать при напряжениях свыше 1000 В и обеспечивать выходную мощность более 5 МВт. Они применяются для управления асинхронными электродвигателями, в сварочных аппаратах и источниках бесперебойного питания большой мощности [7]. Мощные тиристорные инверторы часто строятся по мостовой схеме (рисунок 2) [7].

Постоянное напряжение подается на вход. Далее схема управления инвертором открывает сначала тиристоры VD1 и VD4. Одновременно с этим происходит заряд емкости C_k до определенного значения. Далее управляющая схема открывает тиристоры VD2 и VD3, а тиристоры VD1 и VD4 за счет разряда конденсатора закрываются. Таким образом, в результате работы управляемых тиристорных ключей, обеспечивается необходимая частота напряжения $U_{вых}$.

Мощные инверторы на IGBT-транзисторах имеют высокий коэффициент полезного действия, а также обеспечивают плавную регулировку частоты выходного напряжения, и поэтому прекрасно подходят для питания асинхронных двигателей. Однако по сравнению с тиристорными преобразователями напряжения они дороже, а максимально достижимые мощности и напряжения у них ниже [2].

Работая в условиях высоких напряжений и токов, практически все схемотехнические элементы мощных преобразователей частоты испытывают большие нагрузки. Именно поэтому требования, предъявляемые к ним с точки зрения надежности и долговечности, очень высоки, поэтому производители мощных инверторов стремятся использовать в своих новых разработках современные конденсаторы, для которых не страшны высокие нагрузки.

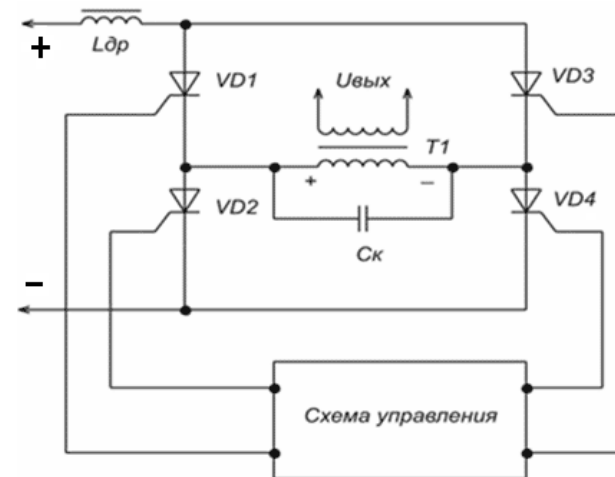


Рисунок 2 – Мостовая схема тиристорного инвертора

Для IGBT с номинальным напряжением в диапазоне 600÷1200 В, при полностью включённом состоянии, прямое падение напряжения, так же как и для биполярных транзисторов составляет 1,5÷3,5 В [3].

По быстродействию IGBT транзисторы значительно превосходят биполярные. Типичные значения времени рассасывания накопленного заряда и спада тока при выключении IGBT находятся в диапазонах 0,2-0,4 и 0,2-1,5 мкс, соответственно.

Схема широко используемого в инверторах общего назначения и приводах с встроенным интеллектуальным транзисторным модулем (Mitsubishi) представлена на рисунке 3.

IGBT-модуль по внутренней электрической схеме может представлять собой единственный IGBT, двойной модуль, где два IGBT соединены последовательно, прерыватель, в котором единственный IGBT последовательно соединён с диодом, однофазный или трёхфазный мост.

Во всех случаях, кроме прерывателя, модуль содержит параллельно каждому IGBT встроенный обратный диод [4]. Наиболее распространённые схемы соединений IGBT-модулей приведены на рисунке 4.

Мощные высоковольтные IGBT-модули на ток до 1200 А и напряжение до 3300 В японскими фирмами выпускаются около 20-40 лет, а на саранском предприятии «Электровыпрямитель» выпуск начался около 20 лет назад. Мощные IGBT транзисторы таблеточной конструкции оснащаются алюминиевыми радиаторами [5].

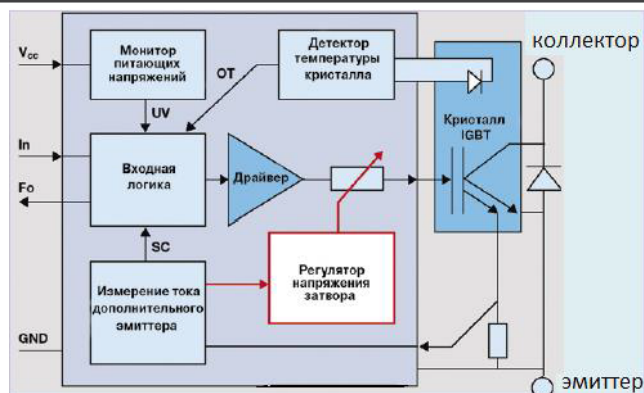


Рисунок 3 – Типовая схема интеллектуального транзисторного модуля со встроенным драйвером фирмы Mitsubishi Electric

IGBT-модули зарубежного производства на российском рынке электронных компонентов представлены в основном фирмами «Mitsubishi», «International Rectifier», «Hitachi» и др.

Известны быстродействующие транзисторные стабилизаторы с широтно-импульсным регулированием добавочного напряжения. В принципе биполярные транзисторы можно заменить на мощные IGBT или MOSFET транзисторы, тем самым увеличив коммутируемые мощности, однако такие схемы имеют ряд конструктивных недостатков.

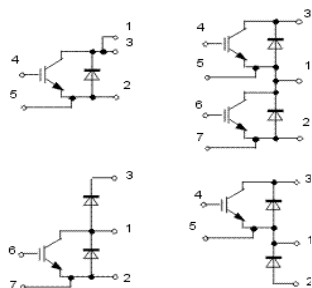


Рисунок 4 – Схемы IGBT-модулей

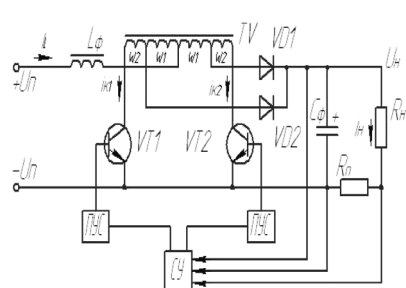


Рисунок 5 – Вольтодобавочный стабилизатор

К недостаткам таких регуляторов следует отнести: высокий уровень коммутационных потерь, наличие большого количества полностью управляемых ключей с двухсторонней проводимостью, половина из которых

включена в цепь нагрузки, что увеличивает коэффициент искажения тока сети [5]. Вариант исполнения вольтодобавочного стабилизатора с дросселем в первичной цепи представлен на рисунке 5 [6].

Дроссель L на входе вольтодобавочного регулируемого преобразователя, выполненного по двухтактной схеме на транзисторах $VT1$, $VT2$ и автотрансформаторе TV . Дроссель L на входе вольтодобавочного регулируемого преобразователя, выполненного по двухтактной схеме на транзисторах $VT1$, $VT2$ и автотрансформаторе TV . Первичная обмотка $w1$, вторичная $w2$ – повышающая. Выпрямитель собран на диодах $VD1$, $VD2$, а дроссель $LФ$ и конденсатор $CФ$ – фильтр. При практической реализации такой схемы ее стоимость и массогабаритные показатели будут сопоставимы с самым тяговым преобразователем, к тому же использование такого устройства существенно усложнит общую схему преобразователя. До настоящего времени неизвестны случаи применения такой схемы.

Силовая схема преобразователя (рисунок 6) состоит из многообмоточного трансформатора и электронных инверторных ячеек. Количество вторичных обмоток трансформаторов в известных схемах достигает 18. По существу это уже широко известный каскадный многоуровневый преобразователь с H-bridge ячейками.

Напряжения вторичных обмоток электрически сдвинуты относительно друг друга обычно на 30 или 60 градусов.

Это позволяет использовать низковольтные инверторные ячейки. Ячейка выполняется по схеме: неуправляемый трехфазный выпрямитель, емкостной фильтр, однофазный инвертор (ячейка) на IGBT транзисторах. Выходы ячеек соединяются последовательно, а напряжения суммируются. В приведенном примере каждая фаза питания электродвигателя содержит три ячейки. То есть схема реализует 3 уровня модулируемых напряжений.

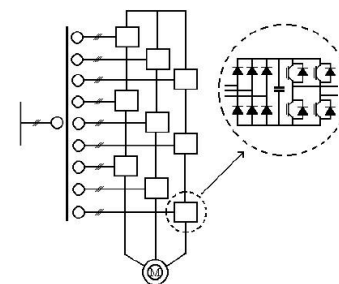


Рисунок 6 – Схема преобразователя, содержащего трехфазный многообмоточный трансформатор и управляемый выпрямитель на IGBT-модулях

ВЫВОДЫ

Таким образом, вопросы эффективной эксплуатации тяговых городских сетей и преобразователей задача сложная, многофакторная.

Значительные колебания напряжения питания городского электротранспорта – от 400 до 750 В (при номинальном 600 В) приводят потерям электроэнергии до 20 %, к частым авариям электротранспортных устройств и преобразователей, сокращению срока службы устройств электротранспорта и токоподводящих конструкций.

На наш взгляд наиболее оптимальным решением проблемы повышения эффективности системы электроснабжения тягового транспорта будет использование или дорогого многоуровневого каскадного преобразователя или использовать принцип избыточности по мощности тиристорными преобразователями или по их количеству. Причем в обоих случаях необходима интеллектуальная система управления, например микроконтроллерная система управления [7], отслеживающие изменения параметров сети и адекватно управляющие многоуровневым инвертором на H-bridge ячейках или группой диодных преобразователей, или режимом работы мощного тиристорного преобразователя.

Возможен вариант применения системы стабилизации с применением мощных суперконденсаторов или ионисторов.

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. ISBN978-601-238-674-5.

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 : Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 461 с.

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. – ISSN 1811-1858.

4 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б.** Инверторы с прямым цифровым управлением // Материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения», – Т. 26. – Павлодар : ПГУ. – С. 337-344. – ISBN 978-601-238-613-4 (Т. 26).

5 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Система диагностики аварийных пульсаций напряжения в контактной сети тяговых преобразователей. Сб. Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. – Ч.1, – Алматы, 1996. – С. 135-138.

6 **Shapkenov, B. K.** Działanie prądu elektrycznego na organizm człowieka i podstawowe kryteria skuteczności ochrony przeciwporażeniowej // IX международная конференция Наука – технике. Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych. – Лодзь, Польша, 1993. – С. 69-77.

7 **Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P., Kaidar, A. B.** Erfahrung mit dem gerät mikroprozessor relais chutzes. // Материалы третьей международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии». – Екатеринбург, Россия. 2012, 10-12 сентября – С. 68-75.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², Н. М. Булегенов², М. Б. Кайдар³, Л. В. Тюлегенова²

Тартымды желілеріндегі кернеудің сапасы

¹УК СЭЗ ХимПарк Тараз» АҚ, Шу қ.

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

³«КазТрансГаз» АҚ, Астана қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, V. P. Markovski², B. K. Shapkenov², N. M. Bulegenov², M. B. Kaidar³, L. V. Tyulegenova²

Power quality in traction networks

¹JSC «UK SEZ HimParkTaraz», Shu;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³SC «KazTransGaz», Astana.

Material received on 13.02.17.

Осы мақалада тартымды желілеріндегі кернеудің сапасы қарастырылады.

In this article the question of voltage quality in traction networks is considered.

**А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³,
Р. К. Кушкулов⁴, Е. Н. Кот⁵, М. Б. Кайдар⁶, Д. Т. Амренова⁷**

¹гл. менеджер, м.т.ит., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; ²к.т.н., профессор;
³к.т.н., профессор; ⁴магистрант, Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁵сотрудник АО «Каустик», г. Павлодар;
⁶менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана; ⁷м.т.н., ст. преподаватель, кафедра
«ЭиА», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА АО «КАУСТИК»

В данной статье рассматриваются способы снижения энергетических затрат на АО «Каустик».

Ключевые слова: демеркуризация, мембранная технология, энергосбережение.

ВВЕДЕНИЕ

До 1991 г. Павлодарский химический завод (ПХЗ), был одним из самых крупных химических заводов в СССР. После развала Союза завод практически не работал, переходя из одних рук в другие. ПХЗ занимался производством хлора (а также другой химической продукции) с применением устаревшей технологии [1], основанной на использовании ртути. В результате своей деятельности Северная промышленная зона (территория завода, пруды накопителя промышленных отходов, озеро Былкылдак и территория до русла р. Иртыш) оказалась зараженной 90 т ртути, веществом I класса опасности (по ГОСТ 17.4.1.02-83) или тиоловым ядом (чрезвычайно опасным химическим веществом). Ввиду просачивания ртути в воды Иртыша создалась экологическая угроза населению прибрежных территорий Казахстана и Омской области Российской Федерации. Министерством по чрезвычайным ситуациям РК, Правительству РК в течении 5 лет пришлось для защиты населения Казахстана и России проводить дорогостоящие мероприятия по демеркуризации зараженных территорий на сумму свыше 1,2 млрд. тенге. По тем временам эта сумма настолько большой, что практически 50-70 процентов республиканского резерва по ЧС ежегодно уходила на финансирование этих работ. В настоящее время для локализации и консервации зараженных земель была построена стена в грунте и экологическая угроза населению предотвращена.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для понимания чрезвычайной важности демеркуризации 90 т ртути отметим, что предельно допустимая концентрация ртути в атмосферном воздухе для населения составляет 0,0003 мг/м³, (в соответствии с «Санитарно-эпидемиологическими требованиями к атмосферному воздуху»). Предельно допустимая концентрация ртути в воде не должна превышать 0,005 мг/л. При температуре 18 °С начинается интенсивное испарение ртути в атмосферу, вдыхание такого воздуха способствует её накоплению в организме, откуда она уже не выводится (как и другие тяжелые металлы). Величина концентраций паров ртути, способных привести к тяжелым хроническим заболеваниям, колеблется от 0,001 до 0,005 мг/м³. В случае более высоких концентраций ртуть всасывается неповрежденной кожей. Острое отравление может возникнуть при 0,13-0,80 мг/м³. Интоксикация со смертельным исходом развивается при вдыхании 2,5 г паров ртути.

Для производства химической продукции по экологически безопасной мембранной технологии [2, 3] на базе ПХЗ в 2011 году было организовано предприятие АО «Каустик» стоимостью в 108 млн. долл. США, основным оборудованием которого являются электролизеры. Проектная мощность завода – 30 тыс. тонн каустической соды, 6,6 тыс. тонн гипохлорита натрия, 26,4 тыс. тонн хлора и 45 тыс. тонн соляной кислоты в год.

Потребителями электрической энергии на заводе являются производственные и административные помещения. Выполнение ретроспективного мониторинга по наиболее энергоемким подразделениям основывается на годовых статистических данных потребления электроэнергии каждым из объектов завода. Статистические данные потребления за рассматриваемый период с 2012 по 2016 года сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Статистика годового потребления электрической энергии подразделениями завода за период с 2010 по 2016 года

Наименование цеха (участка)	2012	2013	2014	2015	2016
	кВт ч				
Цех1	45902464	58165382	60334472	71105701	73153638
участок розлива хлора в мелкую тару цеха1	661810	618111	680446	514124	632924
Цех 2-участок ПТВиК	174378	122421	53308	48903	38868
Участок «Северный водозабор»	13081755	12615957	-	-	-
Участок «СОХПВ»	993465	844530	963840	950160	473520
Цех 3 - азотно-кислородный	1954634	1791969	1695196	1596066	1490148

Цех 4 электроснабжения	286586	146544	165376	177544	181816
другие цеха	4437577	1253393	1360756	1000608	911458
потери	1761372	1070266	2104573	1345704	1377126

Электрические нагрузки в таблице приведены в приоритетном порядке в зависимости от объемов потребления электрической энергии начиная с наибольшего, соответственно, заканчивая меньшим. Наиболее энергоемким является цех № 1 производство хлора и каустической соды. Потребление электроэнергии данным цехом составляет более 60 % в 2012 году, более 70 % в 2013, более 80 % в 2014 году, более 90 % в 2015 и 2016 годах от общего объема потребленной электроэнергии. Вторым по величине потребителем электроэнергии в 2012-2013 является насосная Северного водозабора. В связи с передачей Северного водозабора АО «Каустик» в частное владение, с 2014 года энергопотребление этого подразделения не учитывается в энергобалансе предприятия.

Для наглядного отображения изменения динамики потребления данными подразделениями построена диаграмма, изображенная на рисунке 1.

Анализируя данную диаграмму можно утверждать, что объемы потребления электроэнергии цехом № 1 с 2012 по 2016 год увеличиваются, потребление электроэнергии насосной Северного водозабора уменьшается, а в 2014 году отсутствует. Суммарное потребление электроэнергии заводом за 2010-2016 года представлено в таблице 2.

Потребление электроэнергии заводом в 2010-2011 годах находится практически на одном уровне, максимальное потребление наблюдается в зимние месяцы (декабрь-февраль) минимальное – в летние. В октябре 2011 года существенно повышается потребление электроэнергии (с 1876040 кВт ч до 3474612 кВт ч), что связано с запуском производства хлора и каустической соды. В 2012 году потребление имеет неравномерный характер минимальное значение равно 3889041 кВт ч (январь) максимальное – 6853122 кВт ч (март).

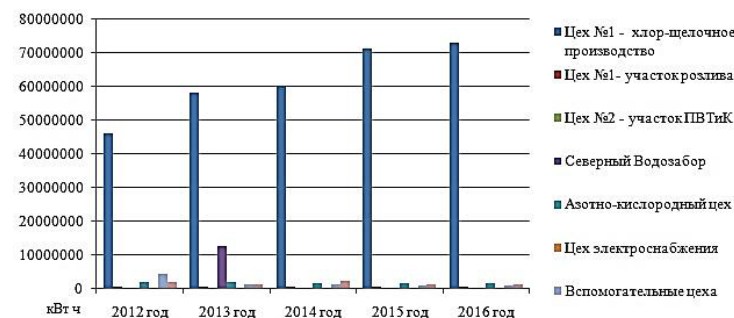


Рисунок 1 – Ретроспектива объемов потребления электроэнергии наиболее крупными подразделениями завода за период 2012-2016 года, кВт ч

Таблица 2 – Суммарное помесечное потребление электроэнергии

год	Январь-Март	Апрель- Июнь	Июль-Сентябрь	Октябрь- Декабрь
2012	16459	16157	17968	16423
2013	20928	15594	18003	22098
2014	15551	18858	14685	18257
2015	18854	15991	20059	20238
2016	18486	19590	19784	20552

В 2013 году наблюдается уменьшение потребления с 7267201 кВт ч (январь) по 2569699 кВт ч (июль), затем, происходит резкий скачок потребления электроэнергии до максимального значения – 7902299кВт ч (август). Потребление электроэнергии в 2014 году носит неравномерный характер, максимальное значение – 6856663 кВт ч (май), минимальное – 3473649 кВт ч (сентябрь).

Потребление в 2015 и 2016 годах стабильное, за исключением двух месяцев (май, июнь), что прямо пропорционально наработке продукции.

На рисунке 3 показана общая динамика потребления электроэнергии заводом за 2010-2016 гг.

Как видно из диаграммы, наименьшее потребление электроэнергии наблюдается в июле, наибольшее в октябре-декабре.

Для выполнения ретроспективного анализа наиболее энергоемких подразделений приведем таблицу затрат на электрическую энергию за рассматриваемый период времени с 2020 по 2016 года. Затраты на электрическую энергию, пар и тепловую энергию и представлены в таблице 3.

ВЫВОДЫ

Таким образом, мембранный способ производства является экологически безопасным.

Энергетическое обследование показало, что наиболее энергоемким (до 90 %) объектом является цех № 1 – хлор-щелочного производства.

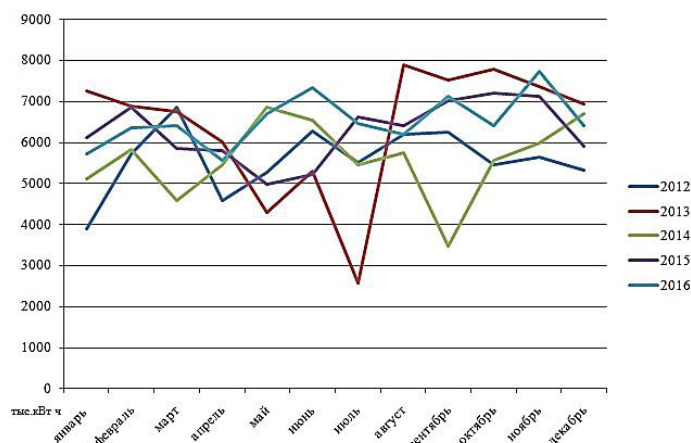


Рисунок 2 – График потребление электроэнергии заводом за 2010-2016 годы

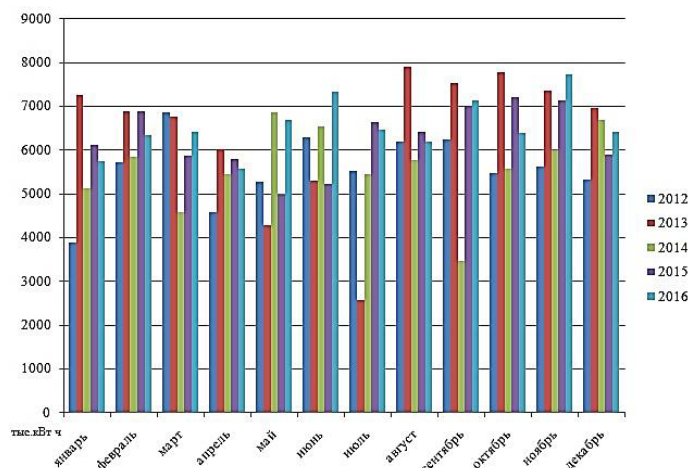


Рисунок 3 – Общая динамика потребления электроэнергии заводом за 2010-2016 гг.

Неэффективные потери составляют по данным предприятия (таблица № 3) **11567** тенге.

Таблица 3 – Данные по годовым затратам расхода электрической энергии наибольшими потребителями за период с 2012 по 2016 года

Наименование подразделения	2012	2013	2014	2015	2016
	Затраты на электрическую энергию, тыс. тенге				
Цех1 - хлор-щелочное производство	303323	416929	466264	597287	614490
Цех1- участок розлива хлора в мелкую тару	4373	4430	5258	4318	5316
Цех 2-уч-к ПТВиК	1152,29	877,5137	411,96	410,785	326,491
Участок «Северный водозабор»	86444,24	90431,18	0	0	0
Участок «СОХПВ»	6564,817	6053,591	7448,556	7981,34	3977,57
Цех 3 - азотно-кислородный	12916,22	12844,83	13100,47	13406,95	12517,2
Цех 4 электроснабжения	1893,76	1050,427	1278,026	1491,14	1527,25
другие цеха	29323,51	8984,321	10515,92	8405,1	7656,24
потери	11639,15	7671,667	16264,14	11303,91	11567,8

– оценка фактического состояния энергоиспользования электролизеров показала наличие от 4,1 % до 5 % несимметрии по высокому и по низкому напряжению, что приводит к протеканию уравнивающих токов через мосты преобразовательного агрегата электролизеров.

Учитывая, существенную мощность 12068 кВА преобразовательного агрегата текущие потери энергии составляют достигать 600 кВт [4] или при тарифе 7,17 тенге с учетом НДС при работе 8000 час. в год – **34,4 млн. тенге в год.**

Получение исходной информации по техническому состоянию оборудования электролизеров и их параметров, позволит совершенствовать технологический процесс с целью снижения энергетических затрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шапкенов, Б. К.** Обеспечение непрерывного функционирования предприятий при отключении электроэнергии // Междунар. науч.-практич. конф. «Снижение рисков и ликвидация последствий ЧС природ и техноген характера – приоритетные направления социальной безопасности и устойчивого развития в северных регионах РК. – Павлодар, 2009. – С. 68-73.

2 **Шапкенов, Б. К.** Снижение рисков в системах электро-снабжения и коммуникациях категорированных предприятий // Материалы междунар. науч.-теоретич. конф. «III Торайгыровские чтения». Т.3. – 2009. – С. 466-475.

3 Утегулов, Б. Б., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П. «Оптимизация управления энергетическими объектами». Вестник ПГУ. № 1. – 2011. – С. 106-116.

4 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 : Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 461 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

A. B. Kaidar¹, V. P. Markovskiy², B. K. Shapkenov², P.K. Kuishkulov², E. N. Kot³, M. B. Kaidar⁴, D. T. Amrenova²

«Каустик» АҚ энергетикалық шығынын төмендету

¹«УК СЭЗ ХимПарк Тараз» АҚ, Шу қ.;

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³«Каустик» АҚ, Павлодар;

⁴«КазТрансГаз» АҚ, Астана қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. B. Kaidar¹, V. P. Markovskiy², B. K. Shapkenov², R. K. Kushkulov², E. N. Kot³, M. B. Kaidar⁴, D. T. Amrenova²

Descension of energy losses in the JSC «Caustic»

¹JSC «UK SEZ HimParkTaraz», Shu;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³JSC «Caustic», Pavlodar;

⁴JSC «KazTransGaz», Astana.

Material received on 13.02.17.

Осы мақалада «Каустик» АҚ энергетикалық шығынын төмендету әдістері қарастырылады

In this paper the ways of descension of energy losses in the JSC «Caustic» are presented.

УДК 621.3

А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³, М. Б. Кайдар⁴, Т. Б. Масакбаев⁵, Д. Т. Амренова⁶

¹гл. менеджер, м.т.ит., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; ²к.т.н., профессор; ³к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар; ⁴менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана; ⁵докторант PhD; ⁶м.т.н., ст. преподаватель, кафедра «ЭиА», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИНХРОННЫХ ПРИВОДОВ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В статье рассмотрены базовые направления модернизации синхронных приводов газотранспортных систем.

Ключевые слова: газотранспортные системы, синхронный привод, газоперекачивающие агрегаты, синхронный двигатель, система автоматического регулирования.

ВВЕДЕНИЕ

В управлении АО «КазТрансГаз» находится огромная газотранспортная система, включающая более 30-ти тысяч километров газораспределительных сетей, более 15 тысяч километров магистральных газопроводов, 56 компрессорных станций, на которых установлено 316 газоперекачивающих агрегата, 3 подземных хранилища газа [1, 2]. В настоящее время группа компаний «КазТрансГаз» представлена в 10 областях Казахстана: Алматинской, Актюбинской, Атырауской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской, Западно-Казахстанской, Костанайской, Кызылординской, Мангистауской и Южно-Казахстанской областях [3]. Одним из ключевых элементов газотранспортных систем являются газоперекачивающие агрегаты, дожимные компрессоры.

Быстроходные электроприводы турбокомпрессоров позволяют наиболее экономично регулировать производительность при изменениях технологических режимов, исключают недостаточно надежные повышающие редукторы. Эти требования являются определяющими при разработке электроприводов компрессоров. Синхронный двигатель может быть использован также и как генератор реактивной мощности в системе электроснабжения. Наличие всевозможных возмущающих воздействий приводит к отклонению параметров

СД и питающей сети от их номинальных значений. Это снижает технико-экономические показатели синхронных электроприводов и вызывает колебания напряжения и частоты питающей сети. Поэтому системы автоматического управления синхронными электроприводами должны обеспечить, с одной стороны, устойчивую работу электропривода, с другой – стабилизацию параметров питающей сети системы электроснабжения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Электроприводы газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на основе синхронных двигателей (СД) мегаваттного класса в основном нерегулируемые и эксплуатируются с большим физическим и моральным износом. Они имеют свои специфические особенности и перспективы развития, обусловленные параметрами режимов и характера нагрузки, а также возможностями новой техники и технологий. На рис. 1 приведены электроприводные газоперекачивающие агрегаты конструкций MORICO (motor pipeline compressor – газоперекачивающий компрессор с электродвигателем) и HOFIM (high speed-oil free compression system – скоростной безмасляный компрессионный агрегат [1, 2]. При проектировании и модернизации (компрессорных станций) КС с электроприводными ГПА (ЭГПА) главной задачей является [1, 2] обеспечение требуемой производительности ЭГПА при изменяющихся условиях подачи и потребления газа. Это условие необходимо для поддержания оптимального давления в магистральных газопроводах (МГ) при минимальном энергопотреблении и обеспечения надёжной работы газотранспортной системы.

Данная задача требует системного подхода и включает в себя несколько аспектов [4-6]:

- технологический – обеспечение транспорта газа в оптимальных режимах в соответствии с часто изменяющимися внешними воздействиями детерминированного (графики поставки) и стохастического (природного) характера;

- экономический – окупаемость модернизации системы электроснабжения и оборудования ЭГПА за счёт эффектов строгого соблюдения графика газоподдачи, энергосбережения при регулировании и снижения аварийности [7];

- надёжность – безаварийность и долговечность работы каждого элемента ЭГПА с непрерывным мониторингом и прогнозом состояния [8];

- автоматизация – АСУ КС должна содержать полную информацию о режимах ЭГПА и других технологических установок, а также о параметрах КС для обеспечения эффективного регулирования производительности МГ. Кроме того, она должна иметь возможность обмена информацией с другими КС МГ, включая газотурбинные ГПА.

Основными направлениями модернизации ЭГПА являются [5–7]: безопасность пуска; регулирование скорости СД (газоподачи); надёжность и АСУ возбуждением СД; введение активного подвеса роторов ЭГПА; мониторинг и прогноз состояния СД; согласование характеристик ГПА и СД; координация взаимосвязанных ЭГПА; оптимизация работы приводов в рамках цеха; согласование режимов ЭГПА на плече МГ; надёжное электроснабжение ЭГПА; снижение экологических нагрузок на среду; реализация мало- и безлюдных технологий. Устройство плавного пуска ЭГПА. Процесс пуска ЭГПА сопровождается большими бросками тока статора при небольшой кратности электромагнитного момента [9], что приводит к значительным электродинамическим усилиям в роторе, перегреву и старению изоляции статорных обмоток (рисунок 2). Разработанные и прошедшие испытания на КС новые синхронные двигатели серии СДГ-12500-2 и СДГМ-12500-2 с учетом своих конструктивных доработок роторов не вносят достаточных изменений в улучшение пусковых характеристик машин и агрегатов.



Рисунок 1 – Электроприводные газоперекачивающие агрегаты конструкций MORICO и HOFIM

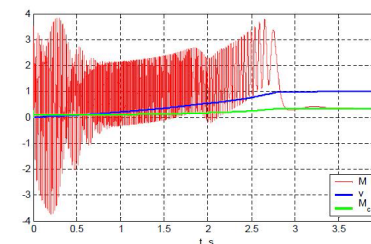


Рисунок 2 – Переходные процессы запуска СД ЭГПА

Наиболее безопасным способом пуска мощных СД является использование полупроводниковых высоковольтных мягких пускателей в режимах фазового и квазичастотного пуска [9] и преобразователей частоты (ПЧ). Результаты компьютерного моделирования и испытаний на новых компрессорных станциях (оборудование от General Electric и Rolls-Royce) № 4 и 8 нитки «С» газопровода «Казахстан-Китай» показали: при прямом пуске колебания момента – до $4 M_n$ на 50 Гц, ударный ток СД – до $12,5 I_n$, ток возбуждения – до $5 I_v$, провал напряжения – до 35 %; при мягком пуске колебания момента меньше при $\omega \leq \omega_0$, ток статора несинусоидален с амплитудой до $4 I_n$, провал напряжения остается; при частотном пуске нет пульсаций момента и тока и ограничений по пускам, ток статора практически синусоидален, провал напряжения $\leq 7 \%$.

Режимы работы ЭГПА КС являются квазиустановившимися, поскольку имеет место изменение объема перекачиваемого газа, а также его давление и температура на входе КС. Несмотря на наличие станций подземных хранилищ газа (ПХГ) и дожимных компрессорных станций (ДКС), неравномерность подачи и потребления газа, характеризующуюся определенной цикличностью в течение года, месяца и суток, компенсировать и устранить не удается. Это обусловлено главным образом непредсказуемостью и стохастичностью всех возмущающих факторов штатного режима транспортировки газа, имеющих различную физическую природу [8, 9]. Кроме того, значительное влияние на изменение режима работы КС может оказать и поэтапный ввод в эксплуатацию МГ с постепенным увеличением его мощности, а также изменение давления газа на входе ЭГПА вследствие изменения пластового давления и появления промежуточных ответвлений. Самым экономичным способом регулирования производительности ЭГПА является использование многоуровневых ПЧ на базе автономных инверторов тока (АИТ) или непосредственных преобразователей частоты (НПЧ) для регулирования скорости СД. Это позволяет обеспечить: – энергосберегающие режимы, т.к. ЭГПА потребляет из сети столько энергии, сколько нужно для энергоэффективной работы; – стабилизацию параметров давления, температуры, подачи газа и уменьшение износа технологического оборудования КС; – надежность эксплуатации агрегатов и их ресурс при снижении затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР); – совместимость, экологичность и интеграцию в рамках АСУ КС. Основным акцентом научных разработок сейчас сместился в сторону поиска оптимальных алгоритмов управления и адаптации их к реальным режимам работы КС [9]. К настоящему времени создано эффективное комплектное электрооборудование для высоковольтных регулируемых ЭГПА, причем высокая стоимость ПЧ компенсируется эффектом энергосбережения, обеспечивая быструю окупаемость затрат. На дожимной компрессорной станции «Акыртобе» в Жамбылской области установлены системы векторного управления ЭГПА $P_n=9,2$ МВт ООО «Электро-Привод-Газ» (Лысьва, Россия) с ПЧ фирмы «Converteam» (Германия) (рис. 3).

Состояние систем возбуждения СД ЭГПА характеризуется следующими особенностями: все СД оснащены физически и морально устаревшими аналоговыми возбудителями с проблемами настройки и стабильности режимов; нестабильность электроснабжения приводит к нарушениям режимов ЭГПА, потере устойчивости СД и снижению ресурса оборудования; технологическими проблемами выбора ФКУ и параметров реактивной мощности. Цифровые САР возбуждения позволяют: перейти от ручного задания тока к САР с цифровыми тиристорными возбудителями; исходить

из локальной оптимизации ЭГПА с учетом нагрузки с интеграцией в АСУ КС; при колебаниях напряжения применять бездатчиковые системы векторного управления на базе процессорных вычислителей нагрузки. В отличие от известных систем возбуждения, где в качестве сигнала обратной связи принимают или выделяют электрические сигналы СД, вызванные приложением нагрузки, в новых схемах и алгоритмах [9-10] используется сигнал самой первопричины – статической нагрузки на валу СД.

Выделение сигнала нагрузки обеспечивает некоторое упреждение системы автоматического регулирования (САР) возбуждения, а значит и быстроедействие по сравнению с классическими системами. Исследование показало, что управление возбуждением по отклонению момента снижает амплитуду качаний ротора и сокращает длительность переходного процесса. Программная реализация идентификатора угла нагрузки в векторной САР возбуждения СД позволяет получить бездатчиковый приводной ЭГПА с СД с оптимальными энергетическими параметрами и устойчивостью к колебаниям нагрузки и напряжения сети во всем диапазоне работы КС.

Активный магнитный подвес. Основными преимуществами отсутствия подшипников в мощных СД ЭГПА являются: снижение износа при отсутствии трения; отсутствие затрат на смазочные материалы; снижение механических потерь энергии; возможность работы при воздействии высоких температур, агрессивных сред и влажности; хорошая теплоизоляция статора от ротора, улучшение теплового состояния СД и ресурса; создание высокоскоростных безредукторных машин с большим ресурсом; значительное сокращение расходов на техобслуживание и ремонт (ТОиР); высокий уровень диагностики СД за счет мониторинга электромагнитного подвеса (ЭМП); – экологическая чистота. Системы электромагнитного подвеса (ЭМП), разработанные для газотурбинных ГПА, успешно работают на КС в Канаде и Англии, в последнее время применяются на новых ЭГПА в РК и РФ (рис. 4), например ЭГПА с активным ЭМП мощностью 9,2 МВт применяется на КС «Карталинская», в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», на дожимной компрессорной станции «Акыртобе» НК «Казтрансгаз» и др.



Рисунок 3 – Общий вид нового поколения регулируемых электроприводов ЭГПА-9,2/8600-56/1, 44-Р



Рисунок 4 – Комплектный модульный ЭГПА с ЭМП

В настоящее время последние модификации КС представляют собой совокупность автономных модульных техно логических агрегатов, интегрированных из нескольких новых технологических установок. Энергосберегающий эффект частотно-регулируемого привода ГПА обусловлен возможностью работы агрегата с максимальным КПД во всем диапазоне регулирования подачи газа. Дополнительный эффект получается от использования энергосберегающих алгоритмов управления, минимизирующих потери энергии в меди и стали двигателя. В состав электроприводного ГПА, предназначенного для транспортирования природного газа по магистральным газопроводам входит нагнетатель центробежного типа, асинхронный электродвигатель, мультипликатор, ПЧ с воздушным охлаждением, силовой согласующий трансформатор и система автоматического управления агрегатом.

На основании теплового расчета IGBT модулей FZ750R65KE3 по программе Iposim фирмы Infineon установлено, что допустимый ток модуля 310 А меньше требуемого тока привода $P=4$ МВт, $U=6$ кВ в 1,65 раза [9]. Поэтому инвертор напряжения выполнен в виде параллельного соединения двух четырехуровневых блоков. Для улучшения показателей качества энергии используется двухтактный режим работы ПЧ, который обеспечивается за счет фазового сдвига на 180 градусов между системами развертывающих напряжений смежных инверторов. Это позволило снизить коэффициент THD_u выходного напряжения при $f_s=600$ Гц и $m=1,0$ с 19 % до 13 %.

ВЫВОДЫ

1 В связи с чрезвычайной дороговизной практически любого нефтегазового оборудования для повышения эффективности работы газоперекачивающих агрегатов модернизацию необходимо проводить поэтапно.

2 В связи с необходимостью снижения потерь энергии, повышения точности управления агрегатами, снижения выбросов вредных веществ актуальным является переход от газотурбинных приводов ГПА к частотно-регулируемому высоковольтному (ВВ) электроприводу.

3 Реализация преимуществ частотно-регулируемых приводов (ЧРП) зависит от структуры и характеристик преобразователей частоты (ПЧ), которые определяют гармонический состав напряжения и тока в обмотках приводного двигателя, потери в меди и стали, пульсации электромагнитного момента, а также влияние привода на сеть. В связи с ограниченными значениями рабочих напряжений быстродействующих элементов силовой электроники ВВ преобразователи должны выполняться по многоуровневым схемам. Наиболее перспективной является структура на IGBT/IGCT модулях и переключаемых (плавающих) конденсаторах.

4 Для реализации энергосберегающего высоковольтного электропривода газоперекачивающих агрегатов мощностью несколько мегаватт преобразователь частоты должен строиться на базе многотактной и многоуровневой структуры. Непрерывность технологического процесса в случае провала напряжения сети достигается стабилизацией напряжения звена постоянного тока преобразователя частоты за счет кинетической энергии, запасенной в роторе газоперекачивающего агрегата.

5 Необходимо использовать современные электрические машины повышенной мощности, скорости вращения и надежности, интегрированные с ЭГПА в едином конструктиве, на основе технологий ЭМП, со встроенными системами оперативного мониторинга состояния.

6 При использовании СД в качестве привода ЭГПА требуется массовая замена устаревших систем возбуждения на цифровые возбудители с векторным управлением и микропроцессорных идентификаторов угла нагрузки машины.

7 Применять серийные высоковольтные ПЧ для всей гаммы мощностей двигателей, которые расширяют функциональные возможности и энергоэффективность ЭГПА;

8 При стабильном графике перекачки целесообразно использовать высоковольтные мягкие пускатели, обеспечивающие плавный запуск агрегатов в каскадной схеме и защиту СД.

1 Motor pipeline compressor. [Electronic resource]. – <http://reftrend.ru/825085.html>).

2 High speed-oil free compression system. [Electronic resource]. – <http://reftrend.ru/825085.html>

3 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П.** Повышение энергоэффективности удаленных буровых установок // Материалы Международной научно-практической конференции «Научные основы машхуроведения – национальная идея «Мәңгілік ел», посвященной 60-летию доктора филологических наук, профессора машхуроведа Трушева Айтмухамета Касымбаевича. – Павлодар. 2016. – С. 440-449. – ISBN 978-601-238-652-3.

4 **Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б.** «Теория и практика энергетических преобразователей». Монография – Saarbrücken, Germany : Издательство «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 с.

5 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б.** Снижение высших гармонических составляющих компенсаторами мощности // Материалы второй международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии» в рамках выставки «Энергосбережение, отопление, вентиляция, водоснабжение в промышленности и ЖКХ», 15-17 мая 2012 г., – Екатеринбург, Россия. – С. 129-134.

6 **Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Тюлюгенова, Л. Б.** Сетевые токовые гармоники и их негативное влияние // Материалы Международной научно-практической конференции «VIII Торайгыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар, 2016. – Т. 6. – С. 366-374. – ISBN 978-601-238-669-1(Т.6).

7 **Шапкенов, Б. К., Темирханов, Е. У., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Тюлюгенова, Л. Б.** Сети с нелинейными нагрузками, генерирующими гармоники в среде тока и напряжения // Материалы Международной научно-практической конференции «VIII Торайгыровские чтения», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан. – Павлодар, 2016. – Т. 6. – С. 374-380. – ISBN 978-601-238-669-1 (Т. 6).

8 **Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Антонцев, А. В.** Обеспечение контроля, защиты и управления современных производств программируемыми логическими контроллерами. // Вестник ПГУ, Серия энергетическая. – 2016. – № 3, – С. 78-87. – ISBN 1811-1858.

9 **Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кислов, А. П.** Способ коммутации ключей инвертора для управления пространственным положением вектора результирующего напряжения. // Вестник ПГУ, Серия энергетическая. – 2016. – № 3, – С. 62-70. – ISBN 1811-1858.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², М. Б. Кайдар³, Т. Б. Масакбаев², Д. Т. Амренова²

Газ көлікті жүйелеріндегі синхронды жетектерін жаңартуының негізгі бағыттары

¹«УК СЭЗ ХимПарк Тараз» АҚ, Шу қ.

²С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

³«КазТрансГаз» АҚ, Астана қ.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

А. В. Kaidar¹, V. P. Markovski², B. K. Shapkenov², M. B. Kaidar³, T. B. Masakbayev², D. T. Amrenova²

Basic directions of modernization of synchronous drives in gas transmission systems

¹JSC «UK SEZ HimParkTaraz», Shu;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³JSC «KazTransGaz», Astana.

Material received on 13.02.17.

Осы мақалада газ көлікті жүйелеріндегі синхронды жетектерін жаңартуының бастапқы бағыттары қарастырылды.

In this paper basic directions of modernization of synchronous drives in gas transmission systems are considered.

**А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов³,
Р. К. Кушкулов⁴, Е. Н. Кот⁵, М. Б. Кайдар⁶, С. Э. Прайс⁷**

¹гл. менеджер, м.т.ит., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; ²к.т.н., профессор, ³к.т.н., профессор, ⁴магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁵сотрудник, АО «Каустик», г. Павлодар; ⁶менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана; ⁷магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА НА АО «КАУСТИК»

В данной статье проводится анализ результатов мониторинга работы мембранного электролизера на АО «Каустик».

Ключевые слова: мембранный метод, электролизер, гидроксид натрия.

ВВЕДЕНИЕ

Для производства химической продукции по экологически безопасной мембранной технологии на базе Павлодарского химического завода в 2011 году было организовано предприятие АО «Каустик» стоимостью в 108 млн. долл. США, основным оборудованием которого являются электролизеры. Проектная мощность завода – 30 тыс. тонн каустической соды, 6,6 тыс. тонн гипохлорита натрия, 26,4 тыс. тонн хлора и 45 тыс. тонн соляной кислоты в год.

Мембранный метод производства гидроксида натрия наиболее энергоэффективен, однако, сложен в организации и эксплуатации. С точки зрения электрохимических процессов мембранный метод подобен диафрагменному, но анодное и катодное пространства полностью разделены непроницаемой для анионов катионообменной мембраной. Благодаря этому свойству становится возможным получение более чистых, чем в случае с диафрагменного метода, щелоков. Поэтому в мембранном электролизере, в отличие от диафрагменного, не один поток, а два. В анодное пространство поступает, как и в диафрагменном методе, поток раствора соли, а в катодное – деионизированная вода. Из катодного пространства вытекает поток обедненного анолита, содержащего примеси гипохлорита, хлорат-ионов и хлора, а из анодного – щелока и водорода, практически не содержащего примесей и близкий к товарной концентрации, что уменьшает затраты энергии на их упаривание и очистку.

Щелочь, получаемая с помощью мембранного электролиза, практически не уступает по качеству получаемой при помощи метода с использованием ртутного катода и постепенно заменяет щелочь, получаемую ртутным методом. Однако питающий раствор соли (как свежий так и оборотный) и вода предварительно максимально очищается от любых примесей. Такая тщательная очистка определяется высокой стоимостью полимерных катионообменных мембран и их уязвимостью к примесям в питающем растворе. Кроме того, ограниченная геометрическая форма, а так же низкая механическая прочность и термическая стойкость ионообменных мембран во многом определяют сравнительно сложные конструкции установок мембранного электролиза. По той же причине мембранные установки требуют наиболее сложных систем автоматического контроля и управления.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Практически все существующие мембранные электролизеры для производства хлора и каустической соды имеют конструкцию типа фильтр-пресса (рисунок 1, а).

По электрическому соединению электролизеры разделяются на моно- и биполярные. В монополярных электрический ток подводится непосредственно к аноду и катоду каждой ячейки, в биполярных – только к крайнему аноду и катоду. Монополярные электролизеры характеризуются высокой токовой нагрузкой (сотни кА) и низким напряжением (до 4 В), биполярные – токовой нагрузкой 10-20 кА и напряжением несколько сотен вольт.

В настоящее время, особенно при создании новых производств, используются биполярные электролизеры. Они позволяют получать аппараты большой единичной мощности за счет увеличения числа ячеек, в них нет необходимости подвода тока к каждому электроду через шину, что упрощает саму конструкцию и ее монтаж, уменьшает вес электролизера и расход меди, обеспечивает поддержание одинаковой токовой нагрузки во всех ячейках.

Совершенствование конструкций биполярных мембранных электролизеров осуществлялось в основном за счет разработки электрических схем заземления и изоляции, а также путем установки специальных токосъемников в местах, опасных в плане коррозии. Также серьезной проблемой в биполярных электролизерах был выбор и изготовление деталей из биметаллов. Кроме того, в процессе совершенствования конструкций мембранных электролизеров были решены проблемы, выявленные в процессе эксплуатации. Из-за колебаний перепада давления между ячейками электролизера и обезвоживания верхней части мембран за счет разделения фаз газожидкостной смеси происходило эрозия мембран в этом месте. В современных конструкциях электролизеров разделение фаз происходит в местах, несоприкасающихся с мембраной, а

мембрана не разрушается, поскольку при работе прижимается в сторону анода и не подвергается биениям за счет создаваемого избыточного давления в катодных камерах, по величине превышающего возможные колебания давления (не менее 0,4 м вод. ст.).

Ликвидация протечек электролизеров обеспечивается использованием герметизирующих прокладок, проточек и специальных замковых соединений «прокладка – уплотняющая плоскость», а также приемами сборки электролизеров, обеспечивающими равномерное распределение давления сжатия. При переходе от монополярной конструкции к биполярной значительно повышается равномерность распределения тока по поверхности мембраны. Некоторые конструкции, например «Chlorine Engineers Corp. Ltd» [1, 2], дополнительно предусматривают устройства – распределители тока, повышающие равномерность тока между отдельными ячейками электролизера. Равномерность распределения тока по высоте повышена за счет конструкции электродных пластин, имеющих элементы, которые отводят выделяющиеся газы в за электродное пространство, а также благодаря организации высокой скорости движения газожидкостной смеси в межэлектродном пространстве за счет газлифта. Последнее позволило отказаться от технически сложной и затратной принудительной циркуляции электролитов.

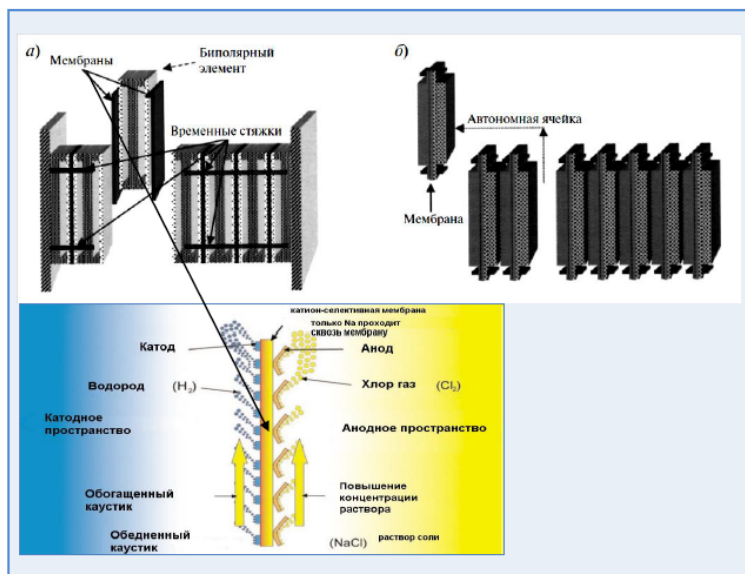


Рисунок 1 – Конструкции мембранных электролизеров фильтр-прессного типа (а) и из автономных ячеек (б)

Биполярные мембранные электролизеры представлены на международном рынке такими компаниями, как «Asahi Kasei» (Япония), «UhdeNora S.p.A» (Италия), «Chlorine Engineering Corp.Ltd» (Япония), «Eltecsystems» (США), «Ineos» [1-3]. В конструкциях перечисленных производителей биполярные электролизеры выполняются как с «нулевым зазором» (когда электроды непосредственно прижаты к ионообменной мембране), так и с фиксированным на уровне 1,5-2,0 мм расстоянием между электродами. Плотность тока на мембранах составляет 4,0–8,0 кА/м², что соответствует линейной токовой нагрузке 10–20 кА. Для электролизеров с фиксированным межэлектродным расстоянием напряжение на одной ячейке при плотности тока 4,0 кА/м² составляет 2,88-2,95 В. Для электролизеров с «нулевым зазором» напряжение при 4,0 кА/м² равно 2,8 В, при 6,0 кА/м²-3 В. На металлической раме фиксируются биполярные электродные элементы, между которыми располагают ионообменные мембраны (рис. 2). При монтаже мембрану вручную устанавливают и стягивают между двумя биполярными элементами (рис. 1). Общую стяжку электролизера осуществляют гидравлическим прессом (рис. 2).

Общими тенденциями повышения энергоэффективности, надежности и долговечности мембранных электролизеров на международном рынке являются: применение титановых диафрагм анода и катода с защитными электрокаталитическими покрытиями соответственно из оксидов титана, рутения и иридия для анода и никеля или его оксидов для катода; выполнение биполярных элементов электролизера из полученного сваркой взрывом биметаллического листа, состав которого аналогичен аноду и катоду. Это позволяет снизить стоимость и повысить производительность установки; сужение пространства между электродами, что позволяет снизить потребляемую мощность, в том числе работать с менее мощным источником питания, чем у обычного электролизера; использование тока более высокой плотности (5-6 кА/м²) по сравнению с применявшейся (3-4 кА/м²), что обеспечивает повышение производительности реактора и снижение первоначальных затрат благодаря использованию электролизных установок меньшего размера; применение лучших в своем классе сульфокатионитных мембран ведущих производителей – «Du Pont» (США), «Asahi Kasei» (Япония), «Asahi Glass» (Япония), которые позволяют получать конечные продукты электролиза очень высокого качества при максимальной стабильности ведения процесса по сравнению с более дешевыми аналогами.

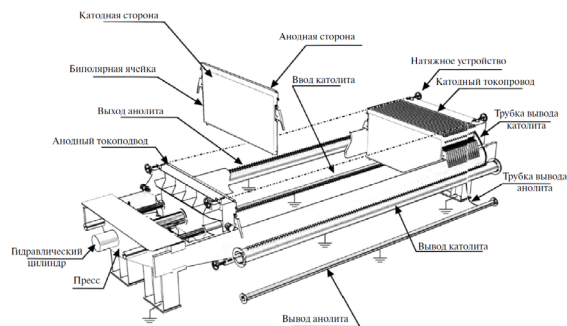


Рисунок 2 – Общий вид биполярного электролизера ML 32NCH

Мембранный электролизер, установленный на АО «Каустик», питается от управляемого тиристорного преобразователя типа 13RC001A фирмы Uhdenora (рис. 3 и 5) имеет следующие технические характеристики:

- номинальное рабочее напряжение переменного тока 35 кВ;
- номинальное напряжение постоянного тока 660 В (при нагрузке);
- номинальный постоянный ток 2 x 7,75 кА = 15,5 кА.

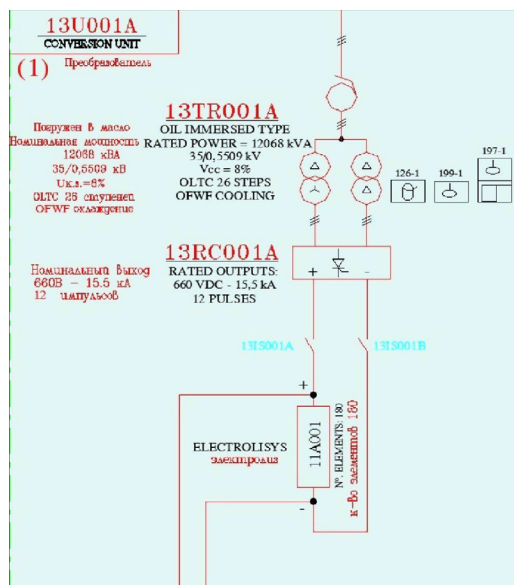


Рисунок 3 – Однолинейная схема электролизера фирмы UhdeNora S.p.A. с тиристорным преобразователем типа 13RC001A

Диапазон плавного изменения напряжения постоянного тока составляет 0-100 % от U_{dn} . От постоянного напряжения $U_{dn} = 597$ В запитаны 3 секции по 60 ячеек, напряжения на ячейках составляет 3,26-3,55 В (таблица 1). Диапазон грубого изменения напряжения постоянного тока (с помощью трансформатора с регулированием напряжения под нагрузкой) составляет 65 -100 % от номинального выходного напряжения постоянного тока. Диапазон регуляции постоянного тока – (10-100) % I_{dn} .

Общее количество импульсов по числу управляемых вентилей (рис. 4) равно 12. Преобразователь (рис. 3 и 5) представляет собой два трехфазных мостовых тиристорных выпрямителя 13RC001A (рис. 3), обеспечивающих 12-ти пульсное выпрямление со сдвигом фазовых напряжений на 30°, с уравнивающим реактором 600 Гц.



а) б)

Рисунок 4 – Тиристор фирмы POSEICO типа AT636S18 на номинальный ток 1965 А напряжение 1800 V и импульсный ток 36 кА (а) и AT636S12 на номинальный ток 1965 А напряжение 1200 V и импульсный ток 36 кА (управляющий электрод на рис 4,а не показан)

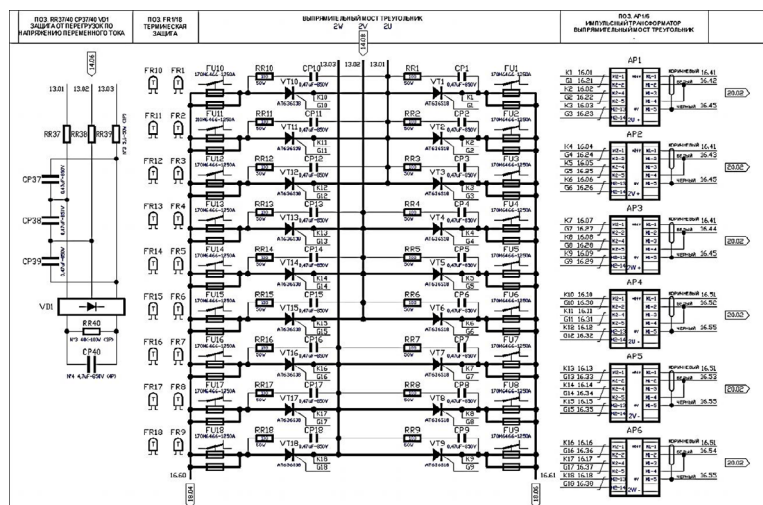


Рисунок 5 – Силовая схема преобразовательного агрегата (правая часть по рис. 1 запитана от трансформатора по схеме Δ/Δ, левая – Δ/λ)

Таблица 1– Мониторинг напряжения на ячейках электролизера и основных технологических текущих параметров

Нагрузка, I [кА]	14	Дата	19.04.2016 г.		
Напряжение, U [V]	597	Плотность анолита на входе	299,1		
Напряжение на секции №1, U1 [V]	203	Плотность анолита на выходе, гр/дм³	220,1		
Напряжение на секции №2, U2 [V]	186	Температура католита, tс [°C]	87,5		
Напряжение на секции №3, U3 [V]	203	Концентрация католита, Сс [вес.%]	31,6 % от готового продукта - NaOH		
Напряжение элемента [V]					
1	3.30	61	3.91	121	3.51
2	3.33	62	3.51	122	3.42
3	3.26	63	3.33	123	3.46
4	3.35	64	3.56	124	3.45
5	3.36	65	4.05	125	3.42
6	3.33	66	-	126	3.44
7	3.34	67	3.46	127	3.45
...*
53	3.44	113	-	173	3.38

54	3.43	114	3.55	174	3.38
55	3.47	115	3.48	175	3.35
56	3.55	116	3.55	176	3.36
57	3.47	117	3.43	177	3.36
58	3.43	118	3.44	178	3.4
59	3.55	119	-	179	3.35
60	3.48	120	-	180	3.35

* Разрыв таблицы. Таблица сокращена ввиду ограниченности объема статьи

Каждый трехфазный преобразовательный мост состоит из тиристоров (рис. 4) и специальных плавких предохранителей, последовательно соединенных и организованных в одну 6 импульсную систему, с соединением с трехфазным мостом.

Система защиты преобразователя обеспечивает оповещение при повреждении одного тиристора в одной фазе преобразовательного моста. В данной ситуации токовая нагрузка уменьшится до 60 % от номинального тока выпрямителя. При повреждении второго тиристора в той же самой фазе моста произойдет отключение выпрямителя.

Тиристоры (рис. 4) устанавливаются на алюминиевые радиаторы, охлаждаемые водой [3]: 50 кВт отводится водой; 14 кВт выделяется в атмосферу.

Изменение напряжения преобразователя 13R001A осуществляется двумя методами:

а) Точная регулировка от 0 до 100 % (0-660 В) номинального выходного напряжения DC постоянного тока регулировкой по управляющему электроду. Полный диапазон можно использовать во время запуска.

Во время нормальной работы рекомендуется использовать регулировку по управляющему электроду в цепи низкого напряжения 660 В в комбинации со ступенчатой регулированием напряжения под нагрузкой на трансформаторе 13TR001A (рис. 3).

б) С помощью 27 ступеней регулировки напряжения на трансформаторе с регулированием напряжения под нагрузкой, чтобы обеспечить 26 вторичных напряжений между 65 % и 100 % номинального выходного напряжения V_{dc}.

Электролизер состоит из 3 секций (соединение – последовательное) и имеет 180 ячеек. В одной секции 60 ячеек (180/3=60). Номинальное напряжение 660 В, фактическое – около 600 В.

Плотность тока при нагрузке 14 кА составляет 5,14 кА/м² (площадь каждой ячейки – 2,72м²). Производительность электролизера 82 т/сут (NaOH).

На предприятие ведется постоянный мониторинг параметров работы электролизеров. В таблице 1 и рисунке 5 приведены напряжение на ячейках

электролизера и основные технологические текущие параметры, измеренные 19-26 апреля 2016 г.

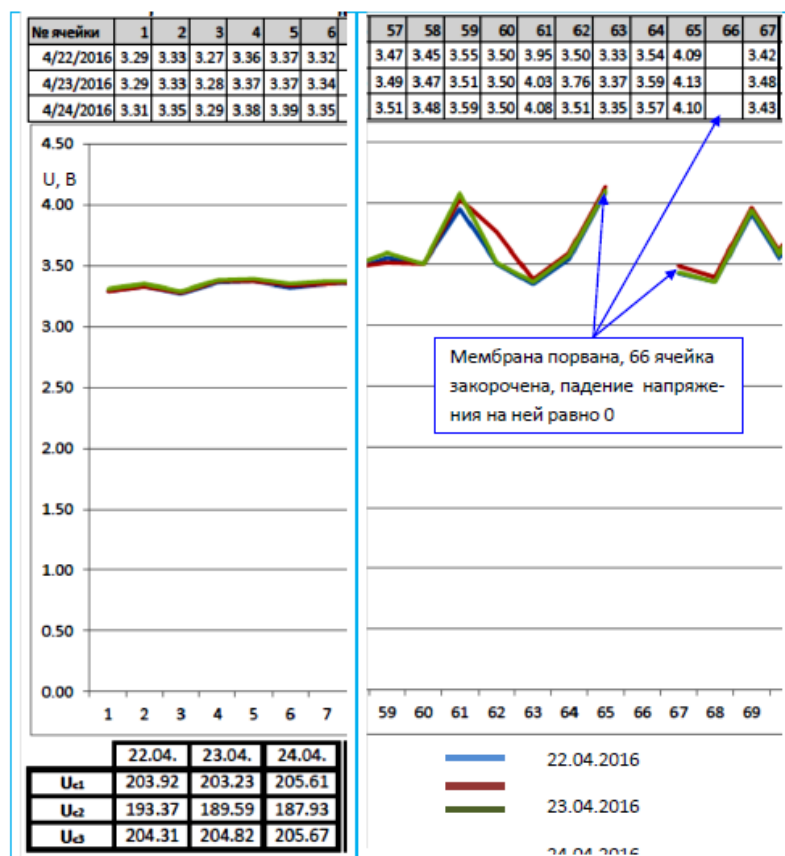


Рисунок 6 – Напряжение на ячейках при нагрузке 14 кА с 22.04.2016 г. по 24.04.2016 г. (рисунок разорван ввиду ограничения формата)

Электролизер снабжен поляризационным выпрямителем (13U002), связанным с ошиновкой электролизера. Поляризационный выпрямитель включен параллельно с электролизером и поддерживает ток 30-50 А через электролизер, что предотвращает повреждение покрытия катода в присутствии хлора (в условиях остановки электролизера). Поляризационный выпрямитель будет подавать ток на электролизер в случае отказа

или намеренного отключения основного выпрямителя, снабжающего электрическим током установку электролиза.

Диод предотвращает обратный ток в поляризационный выпрямитель, когда основной выпрямитель в работе.

Таким образом, в статье рассмотрены электрические и технологические схемы, приведены часть данных проведенного мониторинга ряда параметров электролизеров, исходя из которых можно сделать следующие выводы.

ВЫВОДЫ

Выполненная работа позволила получить объективную информацию о работе мембранного электролизера в различных режимах эксплуатации. Такой подход позволил эффективно с минимальными трудозатратами исследовать широкий спектр параметров и получать оперативный доступ к большим объемам данных. Мониторинг параметров электролизной установки в условиях эксплуатации вскрыл новые возможности по изучению и оценке реальных режимов работы и других параметров. Собранная информация может быть использована для отработки новых технических и технологических решений, повышающих эффективность работы и КПД установок мембранного электролиза.

Необходимо устранить несимметрию напряжения на входе преобразователя, что обеспечит экономию электроэнергии до 5 %.

По согласованию с технологами необходимо довести величину выпрямленного напряжения до паспортной, с 600 до 660 В.

Заменить поврежденные мембраны, что позволит повысить напряжение до 660 В и увеличит скорость прохождения раствора и технологического процесса.

Устранить все протечки на мембранах, заменить уплотнения и т.д.

Строго соблюдать температурный и реагентный состав электролитов.

Рассмотреть возможность приобретения новых прежнего типа электродов итальянского производства или альтернативных электродов японского (есть новые российские наработки) производства.

Существующая система питания 35 кВ от ТЭЦ не обеспечивает гарантированного бесперебойного электроснабжения, поэтому рекомендуем рассмотреть возможность включения резерва от сети 110 кВ в соответствии с требованиями к категорированным предприятиям химического производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Волгин, М. Е., Шапкенов, Б. К. Системное регулирование энергопотребления для оптимизации

параметров систем электроснабжения // Материалы международной научно-технической конференции «VI чтения Ш. Шокина», 2014, 10 октября. – С. 67-70. – ISBN 978-601-238-128-3.

2 **Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А.** Теория и практика энергетических преобразователей // Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. Изд. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany : 2014. – 461 с.

3 **Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Акаев, А. М.** Оптимизация параметров систем электроснабжения с применением системного регулирования энергопотребления // Вестник ПГУ, серия энергетическая. – № 3. – 2014. – С. 153-157.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Б. Кайдар¹, В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², Р. К. Кушкулов², Е. Н. Кот³, М. Б. Кайдар⁴, С. Э. Прайс²

«Каустик» АҚ жарғақты электролиздегіш жұмысының мониторинг нәтижелері

¹«УК СЭЗ ХимПарк Тараз» АҚ, Шу қ.;

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³«Каустик» АҚ, Павлодар қ.;

⁴«КазТрансГаз» АҚ, Астана.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

А. В. Kaidar¹, V. P. Markovski², B. K. Shapkenov², R. K. Kushkulov², E. N. Kot³, M. B. Kaidar⁴, S. E. Prais²

Results of operation monitoring of the membrane electrolyser in the JSC «Caustic»

¹JSC «UK SEZ HimParkTaraz», Shu;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³JSC «Caustic», Pavlodar;

⁴JSC «KazTransGaz», Astana.

Material received on 13.02.17.

Осы мақалада «Каустик» АҚ жарғақты электролиздегіш жұмысының мониторинг нәтижелерінің талдауы орындалады.

In this article the final analysis of operation monitoring of the membrane electrolyser in the JSC «Caustic» is provided.

УДК 681.51 : 621.317

Е. А. Каменев

магистрант, кафедра «Электротехника и автоматизация», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар
e-mail: ernar_93@mail.ru

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРО-ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТУРБОАГРЕГАТА ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ СЕРВОМОТОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В настоящей статье приводится анализ функционирования автоматизированной электрогидравлической системы управления турбоагрегатом. Приведен анализ внештатного поведения турбоагрегата при неисправности датчиков положения сервомоторов.

Ключевые слова: датчик положения, автоматизация, электрогидравлическая система регулирования, контроллер.

ВВЕДЕНИЕ

Основным видом деятельности Петропавловской ТЭЦ-2 является производство тепловой и электрической энергии. Установленная мощность станции на 1 января 2016 года – 479 МВт по электроэнергии, 678 Гкал/ч по тепловой энергии. Станция состоит из следующих цехов: топливно-транспортный, котельный, турбинный, электрический, химический. Вспомогательные цеха: цех тепловой автоматики и измерений, ремонтно-механический цех, кислородная станция, ремонтно-строительный участок. Станция работает параллельно с энергосистемой Республики Казахстан по ВЛ-220кВ: «2711», «2721» и ВЛ-110кВ «Сибирь», имеются открытые распределительные устройства 35/110/220кВ с шестью трансформаторами связи. Передача электрической энергии происходит через транзитные сети Северо-Казахстанской распределительной энергетической компании и АО «KEGOC».

На турбоагрегатах ст. № 2,3,6,7 установлены электрогидравлические системы регулирования (ЭГСР-11) установленные в ходе модернизации и замены гидромеханических систем регулирования турбоагрегатор Карагандинским Турбомеханическим Зааводом (ТОО КТМЗ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основной объем электрической энергии вырабатывается турбоагрегатами, управление которыми осуществляется с помощью гидравлики. Одной из систем управления турбоагрегатом является электрогидравлическая система регулирования (ЭГСР). Эти системы в основном устанавливаются при модернизации и замены гидромеханических систем регулирования турбоагрегатор Карагандинским Турбомеханическим Зааводом (ТОО КТМЗ).

Электронная часть системы регулирования турбины представляет собой программируемое микропроцессорное устройство (турбинный контроллер). Контроллер осуществляет обработку всех входных сигналов от датчиков, конечных выключателей, команд операторов от системы дистанционного управления и местного пульта. Все команды согласуются с Заказчиком на основании входов, внутренних состояний по заложенному алгоритму. Контроллер формирует выходные сигналы, которые усиливаются для управления исполнительными механизмами.

Временные характеристики программы управления. Цикл выполнения управляющей программы составляет 15 мс. В начале цикла опрашиваются все входные аналоговые и дискретные сигналы, и в этом же цикле происходит их полная обработка в алгоритмах управления. Соответственно, реакция на любой сигнал не будет превышать 15 мс. Задачи, не связанные с управлением, такие как связь с операторской станцией выполняются в фоновом режиме, обеспечивая передачу данных и восприятие команд оператора с операторской станции за время не более 0,2 с.

Характеристики надежности. Аппаратная реализация турбинного контроллера – дублированная, с двумя независимыми микропроцессорными каналами управления, любой из которых может быть как ведущим, так и резервным. Структура представлена на рисунке 1. Переключение на резервный канал происходит безударно, благодаря обмену информацией между каналами в процессе работы. Выбор ведущего канала осуществляется автоматически.

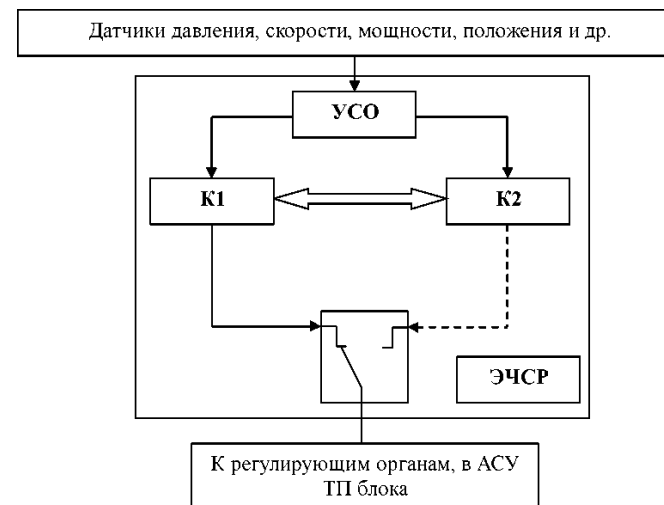


Рисунок 1 – Структурная схема ПТК ЭГСР

Выходные сигналы каналов гальванически изолированы от полевого уровня. Благодаря этим мерам каналы управления полностью развязаны по электрическим цепям от объекта регулирования и первичных цепей питания.

В процессе работы ведётся непрерывное самотестирование. При обнаружении неисправности о месте и характере неисправности выдаётся соответствующая информация. При отказах датчиков турбины алгоритмом управления предусмотрен переход на режим, не зависящий от данного датчика. Невозможность продолжения работы возникает только при отказах двух датчиков частоты вращения из трёх.

Конструктивное исполнение. Турбинный контроллер размещен в шкафу (рисунок 2), и представляет собой дублированную систему автоматического управления и регулирования.



Рисунок 2 – Шкаф управления ЭГСР

Внутри шкафа размещены два монтажных каркаса, внутри каждого каркаса расположен процессорный модуль, модули аналоговых и дискретных входов/выходов. Все входные сигналы от объекта распараллелены и поступают одновременно в оба контроллера, выходные сигналы от каждого из контроллеров переключаются при помощи реле, таким образом, резервный контроллер физически отключен от управления турбиной (рисунок 1).

Система управления сервоприводами. Для регулирования турбоагрегатом в плане набора несущей мощности управляют положением сервопривода высокого давления (СВД) посредством электрогидравлического преобразователя (ЭГП).



Рисунок 3 – Электрогидравлический преобразователь

СВД открывается (закрывается) за счет повышения (снижения) давление масла под поршнем СВД путем подачи управляющего сигнала в виде тока определенной величины на ЭГП.

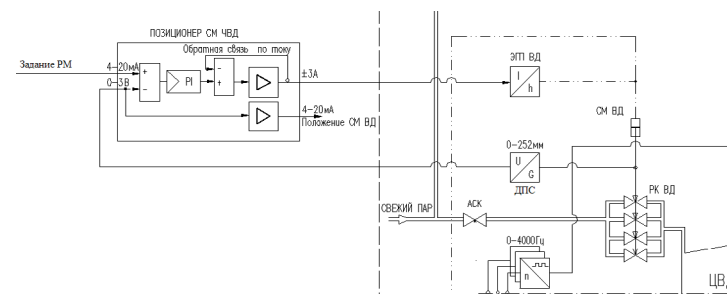


Рисунок 4 – Часть регулятора мощности для управления СВД

На рисунке 4 представлена структурная схема для управления СВД. В обратной связи регулятора управления СВД подключен датчик положения сервопривода (ДПС) для отслеживания изменения его положения. После того как СВД переместился в необходимое положение и турбоагрегат набрал необходимую мощность ток на ЭГП снижается. Управление сервоприводом низкого давления осуществляется тем же образом [2].

В качестве датчиков положения сервоприводов (ДПС) в данной системе используются индукционные потенциометры бесконтактные ИПБ-45-1 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Датчик положения СВД, вид спереди (снята крышка)

На рисунке 6 представлен ДСП (вид сзади) установленный на переднем стуле турбоагрегата. Связь с СВД выполнена с помощью двух тяг. При полном ходе СВД перемещается на 250 мм, вращающаяся часть ДПС

вращается на угол ~ 45°. В работе с датчика снимается напряжение от 0 до 3 В.



Рисунок 6 – Датчик положения СВД, вид сзади (на переднем стуле)

В ходе эксплуатации из-за наличия вибрации посадочное место вращающейся части ИПБ-45-1 разбивается и появляются люфты, что сказывается на качестве сигнала снимаемого с ДПС, что приводит к неправильной работе регулирования. На одном из турбоагрегатов происходили забросы вырабатываемой мощности. Турбоагрегат резко набирал с 70 МВт до 100 МВт. Далее в течение пары минут вырабатываемая мощность держалась на показаниях 100 МВт и резко снижалась до 30 МВт. Все действия оперативного персонала в этот период времени не давали результата. Только после резкого снижения вырабатываемой мощности турбоагрегат поддавался дальнейшему управлению. Подобное повторялось до 2-3 раз в сутки. На рисунке 7 представлены тренды одного из таких забросов. По полученным трендам определить причину происходящих событий не удалось. Так как, судя по трендам, турбина должна была резко снижать вырабатываемую мощность. Как показано на трендах происходило резкое закрытие СВД, но при этом оно сопровождалось резким набором вырабатываемой мощности, что противоречит по технологии. Так же происходит увеличение тока ЭГП, тем самым система регулирования пытается открыть СВД, но положение СВД не меняется в течение пары минут. После чего происходит снижение тока ЭГП. И мощность резко снижается до 30 МВт, и только после этого управление СВД восстанавливается.

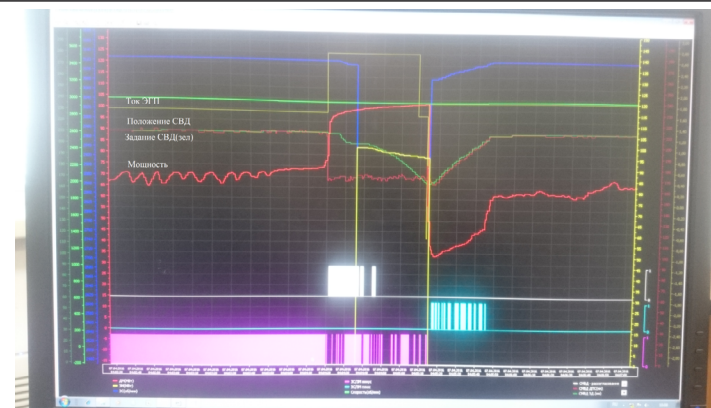


Рисунок 7 – Тренды параметров турбоагрегата

После останова турбоагрегата и проведения ТО гидравлической системы, клапанов, стопорного клапана были проведены испытания контура управления СВД. Была выявлена следующая странность поведения системы. При открывании СВД после 220 мм показания резко снижались до 180 мм, но при этом СВД полностью был открыт, в течение двух минут оставался в этом положении и не реагировал на действия оператора. Потом резко СВД закрывалось до 180 мм и продолжал в нормальном режиме управляться. Данная последовательность повторялась. Был разобран ДПС СВД и выявлен его дефект в виде люфта. Люфт датчика приводил в крайнем положении СВД к недостоверным броскам показаний, что влекло за собой забросы мощности и частичную потерю управления турбоагрегатом.

ВЫВОДЫ

В результате выхода из строя ДПС требует замены ИПБ-45-1, стоимость которого составляет ~ 2 млн. тенге. Разработка альтернативного ДПС не уступающего в точности и в тоже время менее дорогостоящего будет востребована, так как ЭГСР КТМЗ установлены более чем на 100 турбоагрегатах Казахстана, России и Белоруссии. Также это позволит предприятиям производящим электроэнергию получить экономию при покупке ДПС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ТЭ 150,01,002 ТО Техническое описание ЭГСР-11.
- 2 ТЭ 237.00.000. С2 Схема функциональная системы регулирования.

E. A. Kamenov

Жоғарғы қысымды сервомотор орналасуының датчигінің жұмыстан шығу кезіндегі, турбоагрегаттың реттеу жүйесінің жұмыс істеуінің талдауы

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

Y. A. Kamenov

The analysis of functioning of electrohydraulic system of a turbine unit regulation at malfunctions of high pressure servomotors' position sensors

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.02.17.

Осы мақалада турбоагрегаттың автоматтандырылған электро басқару жүйесінің қызметінің талдауы келтіріледі. Сервомотор орналасуының датчигінің істен шығу кезіндегі турбоагрегаттың штаттан тыс мінез-құлық ақаулығының талдауы келтірілген.

The analysis of functioning of an automated electrohydraulic operating system of a turbine unit is provided in this article. The analysis of abnormal behavior of a turbine unit in case of malfunction of servomotors' position sensors is provided.

А. К. Каракаев¹, Х. З. Бейсенова², Р. Ю. Зарипов³

¹д.т.н., профессор; ²ст. преподаватель; ³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОГРУЗКИ УГЛЯ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ВАГОНЫ

В работе проведен анализ исследуемого процесса погрузки угля в железнодорожные вагоны как объекта автоматизации, произведен критический обзор известных технических решений по автоматизации технологического процесса погрузки угля в железнодорожные вагоны, а также разработана математическая модель процесса погрузки угля, проведена оптимизация математической модели.

Ключевые слова: комплекс погрузки угля, маневровое устройство, технологический комплекс, математическая модель, загрузочный люк, формование.

На современном этапе развития народного хозяйства большое внимание уделяется проблемам повышения эффективности использования технологического и транспортного оборудования, улучшения качества технологических процессов, повышения достоверности учёта материальных ценностей, и конечно, минимизация вмешательства человека в технологические процессы.

Одной из таких проблем в угольной промышленности является совершенствование углепогрузочных работ на промышленном железнодорожном транспорте. Погрузка угля в железнодорожные вагоны является завершающим звеном в технологической схеме угольного комплекса поверхности шахт, и, очевидно, представляет собой очень важный объект для возможной автоматизации.

Технологические комплексы погрузки угля в железнодорожные вагоны отличаются разнородностью техники и технических схем, что затрудняет решение задачи автоматизации. Технологический комплекс погрузки угля включает три основные группы оборудования: загрузочные устройства, механизмы для передвижения, весы для взвешивания [1, с. 37].

На рисунке 1 показана технологическая схема автоматизированного углепогрузочного комплекса с применением электронных вагонных весов. Уголь со склада транспортируется конвейерной системой 1 на конвейерные весы 5 через направляющий бункер 3, а из шахты уголь транспортируется

конвейерной системой 2 на конвейерные весы 6 через направляющий бункер 4. С конвейерных весов 5 и 6 уголь подается в накопительный бункер 8.

Состав железнодорожных вагонов непрерывно передвигают с помощью электротягача 12, скорость которого регулируется оператором комплекса. При подаче под погрузку очередного вагона 15, выдвижной телескопический желоб 11 устанавливается на высоту, определяемую типом загружаемого вагона, после этого открывается затвор 9 накопительного бункера и уголь из накопительного бункера с подпором загружается в непрерывно перемещаемый вагон. Все затворы комплекса оборудованы гидроприводами 10, обеспечивающими сравнительную быстроту их срабатывания, что необходимо для точного и качественного заполнения вагона.

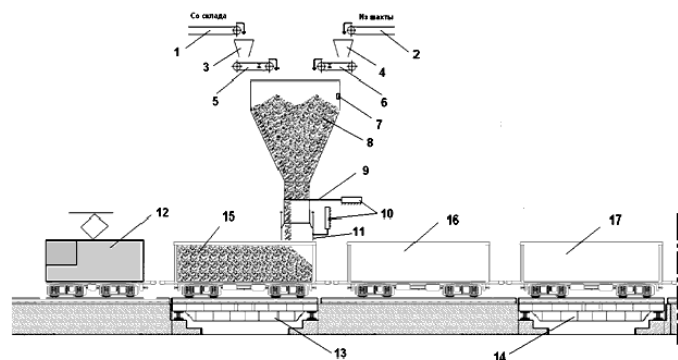


Рисунок 1 – Структурная схема технологического процесса погрузки угля в железнодорожные вагоны (анимация: 5 кадров, 5 циклов повторения)

Когда первые два вагона 15 и 16 проходят через весы 14, идет автоматическое запоминание тары этих вагонов. Система начинает сравнивать тару взвешенных вагонов с возможной тарой, которая установлена в программе. В зависимости от того, в какой диапазон попадает тара каждого вагона, программа самостоятельно задаёт вес угля, который нужно погрузить в каждый вагон.

Затем первый вагон 15 медленно заезжает на статические вагонные весы 13. Как только вес вагона достигает определённого значения, происходит автоматическое открытие шибера 9 и начинается погрузка угля в вагон. Когда вес вагона приближается к заданному весу, шибер задвигается до определённой отметки и происходит догрузка хвостовой части вагона, после чего шибер закрывается полностью. В свою очередь вагон 15 уже полностью находится на весах 13. Так как расстояние между двумя весами находится на расстоянии

ровно одного вагона, то в это время вагон 17 тоже полностью находится на весах 14, и система в автоматическом режиме снимает показания тары данного вагона. Операции продолжают до полной загрузки состава. В конце углепогрузки система выдаёт информацию о типе каждого вагона, о нетто, брутто и таре каждого вагона и о весе угля в целом, который находится в данном составе.

Принцип работы данной автоматизированной системы заключается в том, что появляется возможность свести к минимуму человеческое влияние на погрузочные работы, ускорить процесс отгрузки, увеличить точность показаний веса отгружаемого угля и облегчить его подсчёт на складе и в составе.

Основная технологическая операция комплексов погрузки угля в железнодорожные вагоны – это равномерное распределение угля в вагоне с прекращением погрузки при заполнении вагона по весу или объему. Железнодорожные вагоны, предназначенные для перевозки угля, имеют грузоподъемность 58, 62, 95, 120 т с разной высотой погрузки. Это создает определенные трудности при автоматизации. Например, при бункерной погрузке угля по объему в движущийся вагон (рисунок 2) для образования первичного и промежуточных конусов необходим телескопический желоб 4. Высота установления желоба зависит от грузоподъемности вагона. Для перемещения вагонов используется тележка 1 на стандартную железнодорожную колею с приводом постоянного тока. Подвод электроэнергии к тележке осуществляется по контактному проводу, в целях безопасности расположенному сбоку. Тележка оборудована стандартной автосцепкой. Основной вид управления – оперативно-диспетчерское с пульта оператора. При этом оператор устанавливает вагон в исходное положение для загрузки, выбирает бункер, из которого производится выгрузка, в зависимости от типа вагона выбирает высоту установления желоба 4, дает первоначальный импульс на запуск комплекса. Затем уголь из соответствующего бункера через один из качающихся питателей 2 подается на конвейер 3 и далее в вагон. Отбирание проб производится на конвейере.

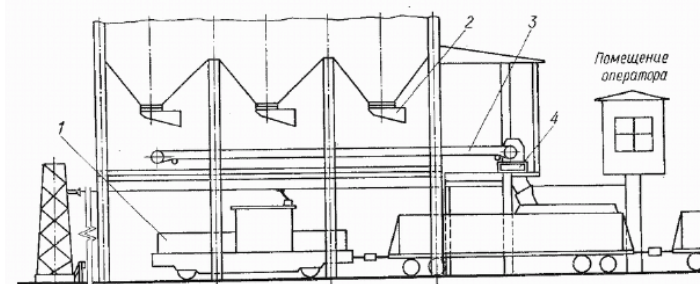


Рисунок 2 – Технологическая схема загрузки железнодорожных вагонов по объему

Для автоматизации данной технологической схемы необходимы датчики положения подвижного состава и желоба, датчики уровня угля в бункерах, комплект датчиков для конвейера 3, датчики скорости для питателя, реле времени или программные устройства.

Для автоматизации бункерной и безбункерной загрузки вагона по весу разработан типовой проект применительно к технологической схеме на рисунке 3. Погрузка производится в два этапа: основной объем угля загружается в движущийся вагон, а догрузка до паспортной грузоподъемности производится на весах 1 с помощью передвижного конвейера 4. Для передвижения вагонов используется маневровое устройство 2 типа МУ-25А. Оно перемещается вдоль железнодорожной колеи по специальной более широкой (4255 мм) колее с помощью привода переменного тока, питаемого по гибкому кабелю. Привод состоит из двух асинхронных электродвигателей с фазным ротором, соединенных по схеме «электрический вал». В средней части балки имеется замок, с помощью которого маневровое устройство соединяется с автосцепкой. Устройство имеет четыре скорости: две рабочих – 0,14 и 0,18, маневровую – 0,33 и пониженную – 0,04 м/с.

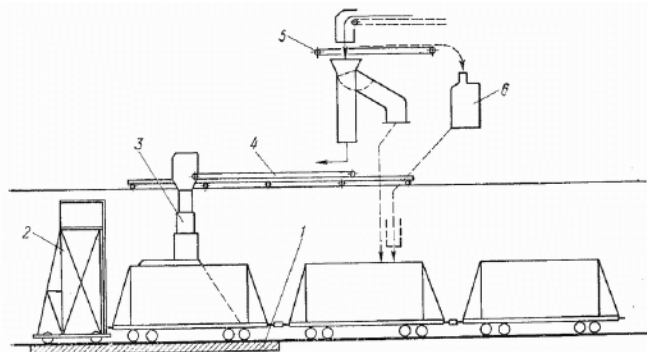


Рисунок 3 – Технологическая схема загрузки железнодорожных вагонов по весу

Автоматизации подлежат следующие операции: опускание поперечной балки маневрового устройства до захвата автосцепки и установление вагона в исходное положение для загрузки; установление телескопического желоба 3 на нужную высоту; включение привода ленты конвейера 4 и образование первоначального конуса; включение маневрового устройства на одну из рабочих скоростей; отключение маневрового устройства при выходе вагона на весы 1; включение привода перемещения конвейера 4 «вперед», после чего вагон догружается до паспортной производительности; остановка привода

ленты конвейера по сигналу от весов и подъем телескопического желоба 3; одновременно с этим происходит подъем поперечной балки маневрового устройства; включение МУ-25А на маневровую скорость и перемещение его к межвагонному пространству; спуск поперечной балки маневрового устройства и перемещение следующего вагона до исходного положения; отбирание проб пробоотборником 5 и транспортирование их к анализатору 6.

Для автоматизации данной технологической схемы требуются датчики положения подвижного состава, поперечной балки МУ-25А, телескопического желоба, передвижного конвейера, комплект датчиков для конвейера 4 [2, с. 86].

Для автоматизации технологического комплекса погрузки угля в железнодорожные вагоны разработан автоматизированный комплекс механизмов КПА (рисунок 4). В состав комплекса входят: передвижной загрузочный конвейер-бункер 17 производительностью 2000 т/ч, оснащенный транспортирующим органом скребкового типа и выдвижным желобом на головной части, который перемещается с помощью регулируемого привода по рельсовому пути – маневровое устройство с толкателем 1, взаимодействующим со сцепками загружаемого и предшествующего вагонов; устройство уплотнения 6, с катком, опускаемым с помощью лебедки на поверхность конусной вершины угля и уплотняющим его во время перемещения состава; автоматизированные вагонные платформенные весы 25 типа 699П200А, обеспечивающие управление процессом весового дозирования загружаемого угля и выдачу документов о результатах взвешивания в конце цикла погрузки; аппаратура управления.

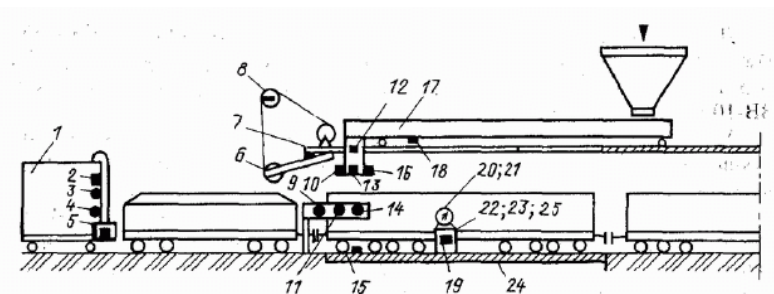


Рисунок 4 – Автоматизированный углепогрузочный комплекс КПА

Система автоматизации технологического комплекса обеспечивает автоматическое выполнение заданной последовательности технологических операций, автоматическое регулирование процесса заполнения и дозирование вагонов в целях компенсации колебаний веса и интенсивности подачи угля,

загрузку вагонов различных типоразмеров и расположенных в составе в любой последовательности.

В последнее время при исследовании различных технологических процессов в условиях шахты все чаще прибегают к использованию ЭВМ, при помощи которого возможно, в частности, провести математическое моделирование исследуемого технологического процесса. В отличие от экспериментальных исследований на реальном объекте, математическое моделирование позволит нам без дополнительных затрат смоделировать с определенной адекватностью наш технологический процесс, после чего определенным образом задавать начальные значения, получая тем самым необходимый результат.

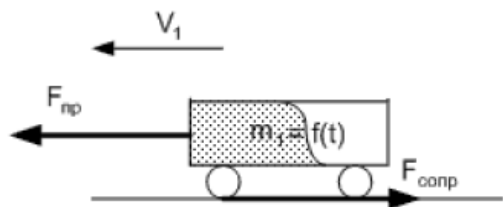


Рисунок 5 – Механическая система исследуемого технологического объекта

Для анализа процесса погрузки угля в железнодорожные вагоны создана математическая модель (рис. 5), описываемая следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dv}{dt} = \frac{\beta \cdot (if(m_1(t) < m_{11}, 0, if(S_1 < 2, V_m, if(m_1(t) < m_{12}, 0, if(S_1 < 4, V_m, 0))) - V_1)}{if(m_1(t) < m_{11}, 0, if(S_1 < 2, \mu \cdot g \cdot m(t), if(m(t) < m_{12}, 0, if(S_1 < 4, \mu \cdot g \cdot m(t), 0)))} \\ m_1(t) \end{array} \right. \quad (1)$$

где F_{np} – усилие, развиваемое тяговым приводом;

$F_{сопр}$ – сила сопротивления движению, определяется исходя из суммарной массы вагонов m_1 ;

m_n, m_k – начальное и конечное значение массы вагонов с учетом времени моделирования (t_n – t_k), веса пустых и погруженных вагонов;

μ – коэффициент сухого трения качения колес вагонов о рельсы;

β – жесткость механической характеристики привода;

V_m – максимальная приведенная линейная скорость привода;

m_{11}, m_{12} – условные массы, определяющие начало движения вагона.

Данная система представляет собой одностепенную модель, с изменяющейся во времени массой, на которую действует сила тяги привода поезда и сила трения качения, пропорциональная массе вагонов.

В результате моделирования получены следующие зависимости, показанные на рисунках 6–8.

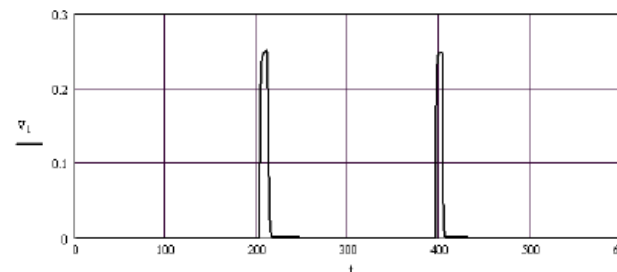


Рисунок 6 – Зависимость скорости движения вагона от времени погрузки

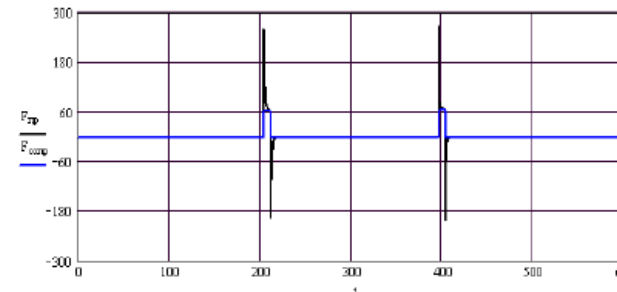


Рисунок 7 – Зависимость усилий на приводе и сопротивления от времени

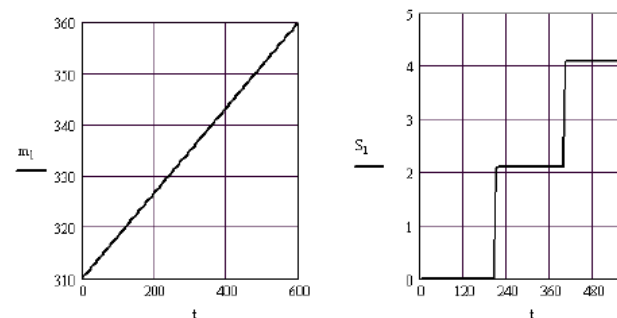


Рисунок 8 – Зависимости массы вагоны (веса угля) и перемещения вагона от времени погрузки

Таким образом, был выполнен анализ исследуемого процесса погрузки угля в железнодорожные вагоны как объекта автоматизации, произведен критический обзор известных технических решений по автоматизации технологического процесса погрузки угля в железнодорожные вагоны, а также разработана математическая модель процесса погрузки угля, проведена оптимизация математической модели.

Разработанное устройство автоматической загрузки и полученная в результате моделирования математическая модель могут быть использованы в дальнейшем при написании дипломной работы.

Основными направлениями дальнейших исследований будет разработка и совершенствование структурной, функциональной и принципиальной электрической схем разрабатываемого устройства, а также добавление новых функций к системе автоматизации технологическим процессом погрузки угля, что приведет к повышению его эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Батицкий, В. А., Куроедов, В. И., Рыжков, А. А.** – Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности. – М.: Недра, 2001. – 303 с.

2 **Попович, Н. Г., Данильчук, Г. И., Лисовский, В. С. и Янчук, Г. М.** - Автоматизация производственных процессов угольных шахт - К.: Высшая школа, 2003 - 336 с.

3 **Лукин, В. В., Шадур, Л. А., Хохлов, А. А., Анисимов, П. С.** Конструирование и расчет вагонов /; Под ред. В. В. Лукина. – М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.

4 **Шадур, Л. А., Казанский, Г. А., Спиваковский, А. Л., Девятков, В. Ф.** Вагоны: Учебник для вузов ж.-д. трансп. /; Под ред. Л. А. Шадура. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 439 с.

5 Статья: информационный портал. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.ref.by/refs/93>, 2006. – 51 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. К. Каракаев, Х. З. Бейсенова, Р. Ю. Зарипов

Темір жол вагондарына көмірді тиеу процесін автоматтандыру

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

А. К. Karakayev, H. Z. Beisenova, R. Zaripov

Automating the process of loading coal into railroad cars

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 13.02.17.

Жұмыста автоматтандыру объектісі ретінде теміржол вагондарында көмірді тиеу үрдісін зерттеу жүргізілген, теміржол вагондарында көмірді тиеу процесін техникалық автоматтандыру бойынша белгілі техникалық шешімдерін сыни шолу, сонымен қатар көмірді тиеу процесінде математикалық модельдеу өңделген және математикалық модельдеуді оңтайландыру талданған.

The work presents the analysis of the process of loading coal into railroad cars as the object of automation, there is produced a critical overview of known technical solutions for automation of technological process of loading coal into railroad cars, as well as the mathematical model of the process of loading of coal, optimization of the mathematical model.

А. П. Кислов¹, Г. Ф. Бойко², Е. В. Птицына³

¹к.т.н., профессор; ²ст. преподаватель, кафедра «Экономика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³студент, Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия
e-mail: ¹kislovpsu@mail.ru; ²boiko@mail.ru; ³elena.ptitsyna@bk.ru

**ГРЕЙДЫ И КРІ КАК ИНСТРУМЕНТЫ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
МОТИВАЦИИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА**

В статье рассматриваются сущность, принципы построения и эффективность системы грейдов и КРІ как инновационных и конкурентоспособных инструментов мотивации персонала.

Ключевые слова: стимулирование, вознаграждение персонала, организация, оценка, грейды, ключевые показатели эффективности (КРІ), SMART – задачи.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях перехода на рыночные условия хозяйствования и роста конкуренции одним из направлений повышения эффективности производства является совершенствование технологии мотивации труда персонала, внедрение инновационных и конкурентоспособных инструментов мотивации, каковыми являются грейды КРІ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Система грейдов была создана в США, где в начале 60-х годов прошлого века Эдвард Хей разработал методику оценки должностей разного профессионального профиля исходя из универсальных критериев.

Им было предложено давать оценку работам основываясь на показателях знаний и навыков (здесь дается оценка должности), решение проблем, влияние и ответственность за результаты работы.

Грейдинг (по англ. grading) – классификация, сортировка, упорядочивание.

Система грейдирования позволяет «увязать» оплату труда и логику бизнеса, а также развязать узел проблем, связанных с мотивацией персонала.

На Западе система грейдинга и сегодня считается лучшей основой для прозрачной и управляемой системы оплаты труда.

В России система пришла на смену тарифной сетке, основными «узкими местами» которой является непрозрачная внутренняя логика и жесткость иерархической структуры. Тарифная система имеет ограниченное число факторов оценки должностей и, в некоторой степени, нивелирование индивидуальных особенностей той или иной организации (уровнировка).

Тарифная система не позволяет описать отсутствующие в едином тарифно-квалификационном справочнике (ЕТКС) профессии, более полно учитывать результаты труда и связать с ним его оплату.

Проблема решается с помощью системы грейдов.

Грейдинг представляет собой ранжирование должностей и работников и их распределение по ценности и значимости для организации с точки зрения стратегии развития предприятия, составной частью которой является стимулирование персонала.

Грейдинг позволяет адекватно перевести квалификацию сотрудника в денежный эквивалент, учитывать трудовую дисциплину, квалификацию, стаж, участие в корпоративной культуре.

Грейдирование строится на ряде принципов, к которым относятся объективность, справедливость, создание условий для привлечения высококвалифицированных специалистов, исключение дублирования должностей, что экономит зарплату и обеспечивает рациональное расходование средств на оплату труда квалифицированных специалистов, исключение дублирования должностей, что экономит зарплату и обеспечивает рациональное расходование средств на оплату труда; снижение текучести кадров (это экономия средств на подбор и обучение кадров) и оптимизация кадрового потенциала.

Грейды формируют лишь базовую, постоянную часть оплаты труда работника, в которую входят должностной оклад, надбавки и доплаты по трудовому законодательству.

Стимулирующую же часть оплаты труда формирует КРІ.

КРІ (Key Performance Indicators) представляет собой ключевые показатели эффективности работы организации, которые служат измерителями достижений.

Система грейдирования и КРІ была разработана и опробована на одном из предприятий Омска.

Основными видами деятельности предприятия являются: общестроительные работы, монтаж легких ограждающих конструкций, монтаж металлических конструкций; изготовление и монтаж оконных и деревянных блоков, пространственных конструкций из алюминиевого профиля и профиля ПВХ, стеклопластика, иных полимерных и комбинированных материалов.

Покупателями продукции предприятия являются население, дилеры и корпоративные клиенты.

На рынке пластиковых окон предприятие работает уже четырнадцать лет.

Сегодня рынок пластиковых окон Омска являются высококонкурентным.

Регион, в рамках которого осуществляет свою деятельность данное предприятие, развивается недостаточными темпами. В 2015 году Омская область заняла предпоследнее место среди 85 регионов Российской Федерации по темпам роста бюджета.

При росте денежных доходов бюджета во всех Сибирских областях, в Омской области отмечается его снижение (с 13,6 млрд. руб. в 2015 году до 12,4 млрд. руб. в 2016 году). Причиной ухудшения послужил кризис в нефтяной отрасли, являющейся основным источником доходов для города, и в банковской сфере.

В регионе растет безработица. В начале 2017 года она выросла на семнадцать процентов и согласно прогнозу составит порядка 7 %.

Огромный ущерб рынку трудовых ресурсов региона нанесло банкротство в 2014 году одной из крупнейших строительных организаций РФ – ООО «НПО Мостовик», где трудилось около двадцати тысяч человек. Рынок труда Омской области не оправился от последствий этого кризиса до настоящего времени. В регионе достаточно много учебных заведений. В Омске действует только высших учебных заведений – 28 (университеты, академии, институты). Они ежегодно привлекают огромный поток молодых людей.

Отмечается низкая покупательная способность населения. По данным журнала «Forbes» Омская область находится на 29 месте из 30 обследованных российских городов по покупательной способности.

В результате ухудшения экономического положения региона, снижения покупательной способности населения снизился спрос на пластиковые окна.

Снижение спроса на анализируемом предприятии составило 24 % – в 2016 году по сравнению с 2014 годом. Численность работников уменьшила с 59 человек до 42, коэффициент текучести достиг 60 %. Половина сотрудников предприятия имеет стаж работы менее 5 лет, а значит и недостаточный профессиональный уровень квалификации.

Ко всему прочему на текучести кадров сказывается сезонный характер спроса, то есть спад нагрузки в зимний период. В результате ухудшаются экономические показатели эффективности работы предприятия, снижается уровень заработной платы работников.

Одним из направлений повышения эффективности производства является совершенствование управления персоналом и мотивации его труда.

Анализ эффективности системы управления персоналом на предприятии показал, что работники мало осведомлены о финансовой деятельности

общества и планах его развития; что существуют проблемы с делегированием полномочий и это вызывает ряд проблем в деятельности предприятия; что нет системы планирования работы с персоналом (найма, развития, сохранения, выбытия кадров).

Система управления лишь частично удовлетворяет потребностям предприятия. Что касается оценки результатов труда персонала на предприятии, то она проводится только с целью определения размера вознаграждения за труд.

Оценка деятельности персонала предприятия сводится к анализу состояния трудовой дисциплины и объема выполненных работ. Для производственного персонала учитывается наличие брака в изделиях, а для монтажников – качество монтажа.

Для разных категорий работников используются разные системы тарифной оплаты труда. (Таблица 1)

Таблица 1 – Действующие на предприятии пластиковых окон системы оплаты труда

Профессия и должность	Система оплаты труда	Размер премий полугодовых, годовых в % к окладу
1 Сборщик	прямая сдельная	постоянная часть оклада
2 Монтажник	аккордная	постоянная часть оклада
3 Замерщик	повременная	40
4 Менеджер	оклад+2 % от продаж без учета корпоративных продаж	постоянная часть оклада
5 Технолог	повременная	40
6 Начальник производства (участка)	повременная	80
7 Директор	повременная	100
8 Коммерческий директор	повременная	100
9 Главный бухгалтер	повременная	50
10 Системный администратор	повременная	40
11 Секретарь	повременная	40
12 Кладовщик	повременная	40
13 Водитель	оклад+20% надбавка	100
14 Грузчик	оклад+20% надбавка	100
15 Уборщик	повременная	100

Рабочим выплачиваются доплаты за работу в выходные, праздничные дни, сверхурочные.

При использовании личного транспорта в работе, согласно договора, работник получает компенсационные выплаты.

Выплачиваются единовременные выплаты ко дню рождения, при выходе на пенсию и другие.

Результаты работы предприятия подтверждают неэффективность действующих систем оплаты труда.

Совершенствование систем оплаты труда предлагается осуществить на основе внедрения грейдинга и КРІ.

В рамках внедрения грейдов основными факторами оценки должностей были приняты: управление сотрудниками; ответственность; самостоятельность в работе; опыт и уровень специальных знаний (квалификация); уровень контактов; сложность работы и цена ошибки.

Выделено шесть уровней факторов (А, В, С, D, E и F). Каждому уровню присвоен балл в зависимости от сложности (А=1 балл, В=2 балла, С=3 балла, D=4 балла, E=5 баллов, F=6 баллов).

Схема определения итогового и суммарного балла по должности представлена рисунком 1.

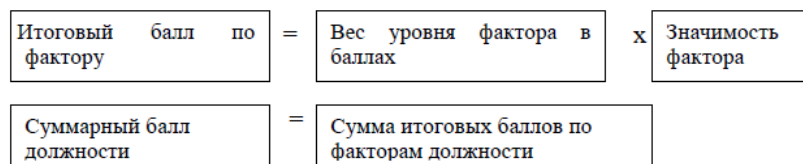


Рисунок 1 – Схема определения итогового и суммарного балла по должности

Каждому фактору был установлен коэффициент значимости.

Согласно должностной инструкции произведен расчет количества баллов по каждой должности.

В зависимости от полученного суммарного балла ранжированы все должности.

После оценки всех должностей по количеству набранных баллов и их ранжирования были сформированы 7 грейдов, на которые наложились все должности по набранным баллам.

Согласно схемы № 2 были установлены «вилки окладов» по каждому грейду (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема формирования вилки окладов по грейду

Распределение вилки оклада по должности показано в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение вилки оклада по должности «Руководитель»

Условия увеличения окладной части	Испытательный срок	Опыт работы в данной отрасли менее 3-х лет	Опыт работы более 3-х лет	Повышение квалификации	Уровень чистой прибыли более 2-х лет
размер оклада	мин-15%	мин оклад	средний оклад	средний оклад-10%	Максимальный оклад

В результате грейдинга заработная плата полнее увязывается с результатами деятельности предприятия.

Переменная часть вознаграждения принята равной 40 % заработка и выполняется при условии выполнения установленных для каждой должности ключевых показателей эффективности (КРІ).

Для первого руководителя были рекомендованы показатели прибыли от продаж, сохранение/ увеличение доли рынка, ликвидность компании и

соблюдение правил принятия решений, причем система годовых квартальных показателей отличается.

Для начальников производств – это выполнение производственного графика/графика монтажа, брак в производстве изделий/ монтажа, выполнение бюджета.

Монтажникам, сборщикам таковыми показателями будут – выполнение плана монтажа/сборки, уровень переделов, претензии клиентов на работу.

Менеджерам рекомендуется – отсутствие ошибок в расчете при передаче заказов в производство, привлечение новых клиентов, отсутствие рекламаций от клиентов.

Причем, каждый из показателей KPI должности имеет определенный вес и условия выполнения показателя.

В число обязательных показателей эффективности для должности входят SMART – задачи.

Круг SMART – задач зависит от специфики работы, важности должности для производства и клиента и включает в общем виде требования:

- S (specific) – конкретность;
- M (measurable) – качественное и количественное измерение показателя;
- A (attainable) – достижимость;
- R (relevant) – значимость;
- T (time-bounded) – временные рамки и возможность подведения итогов.

При сравнительном анализе заработной платы сотрудников компании начисленной по действующей и предлагаемой системе материального стимулирования имеем общее снижение затрат на оплату труда на 3,5 % за счет оптимизации оплаты труда персонала.

Для ряда должностей оплата повысилась. Это начальники цехов, технолог, инженер-замерщик, водитель, зав. складом.

У других имеет место снижение оплаты труда от 5 % до 18 %.

ВЫВОДЫ

Одновременное использование грейдинга и KPI для мотивации труда персонала позволяет обеспечить:

- единство и простоту определения вознаграждения различных категорий персонала;
- пропорциональность качества работы размеру заработка;
- улучшение качества работы и продукции будет способствовать росту объема заказов, выручки от реализации и прибыльности фирмы;
- прямую связь вознаграждения и результатов деятельности предприятия;
- упрощение процесса индексации заработной платы;

- простоту определения вознаграждения для новых должностей;
- оптимизацию величины и структуры фонда оплаты труда;
- снижение текучести кадров и ущерба от этого;
- сократятся компенсации и льготы для нейтрализации неблагоприятных условий труда, что также позволит увеличить прибыль компании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ацканов, Т. А.** Международный опыт стимулирования труда // Юридический портал // «Юрист [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.center – bereg.ru/.3780. ntml> [05.11.2016].

2 **Формы и системы оплаты труда применяемых в РФ [Электронный ресурс]. – режим доступа: ptsukanob.narod.ru/methods/ tap.html [12.11.2016].**

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. П. Кислов¹, Г. Ф. Бойко¹, Е. В. Птицына²

Қызметкерлердің енбек мотивацияларының технологияларын жетілдіру құралы ретінде грейдтер мен KPI

¹С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;

²Омбы мемлекеттік педагогикалық университеті, Омбы қ., Ресей.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. P. Kislov¹, G. F. Boyko¹, E. V. Ptitsyna²

Grades and KPI as instruments of staff motivation technology enhancement

¹S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;

²Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia.

Material received on 13.02.17.

Мақалада қызметкерлердің мотивацияларының бәсекеге қабілетті және инновациялық құралы ретінде мәндері, қалыптасу қағидалары және грейд және KPI жүйелерінің тиімділігі қарастырылған.

In the article the essence, development principles and efficiency of the grading and KPI system as innovation and competitive instruments of staff motivation are considered.

А. П. Кислов¹, Г. Ф. Бойко², Е. В. Птицына³

¹к.т.н., профессор; ²ст. преподаватель, кафедра «Экономика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³студент, Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия
e-mail: ¹kislovpsu@mail.ru; ²boiko@mail.ru; ³elena.ptitsyna@bk.ru

РОССИЙСКИЙ И МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ ТРУДА

В статье дан анализ российской системы материального стимулирования труда в сравнении с международным опытом.

Ключевые слова: мотивация, оплата труда, стимулирование.

ВВЕДЕНИЕ

Материальное стимулирование труда работников является важнейшей составной частью процесса рыночного механизма, одним из наиболее существенных факторов конкурентноспособности современной организации.

Формирование необходимых мотиваций и стимулов эффективного труда предполагает пересмотр и значительное уточнение существовавших в России принципов и подходов к организации стимулирования труда.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Современная российская модель стимулирования труда в значительной степени включает в себя элементы советской и зачастую не соответствует происходящим в стране изменениям в социально-экономической сфере, связанным с развитием рыночных отношений, и складывающейся новой системе человеческих ценностей. Переход на новые системы стимулирования труда не только побуждает работников повышать общефирменную производительность труда, но и привязывает размер переменных издержек, одной из составных частей которых являются расходы по оплате труда, к текущему состоянию дел предприятия [2].

Системы оплаты труда, используемые в РФ представлены в таблице 1 [3].

Ставки заработной платы устанавливаются на единицу труда (час, день, месяц) и дифференцируются в зависимости от должности, профессии, квалификации и условий труда работника.

Размер заработной платы характеризует её объем как результат труда за определенный период времени с учетом ставок заработной платы, количества и качества труда [2].

Современные модели оплаты труда, появившиеся в практике российских предприятий в связи с рыночными преобразованиями, построены на принципах, отличных от традиционной (тарифной) системы и позволяют преодолеть некоторые её недостатки.

Таблица 1 – Системы оплаты труда в РФ

Повременная (тарифная) система оплаты труда Оплата производится за фактически отработанное время, независимо от результатов работы. В основе расчета – оклад или тариф				
1. Простая повременная Оклад, тариф		2. Премияльная повременная ЗП = ЗП по тарифу + премия в % х от оклада		
Сдельная система оплаты труда Оплата производится за объем выполненных работ, независимо от потраченного времени. В основе расчета – сдельные расценки.				
1. Прямая сдельная ЗП=сдельная расценка за 1цу работ*объем работ	2. Сдельно-премиальная ЗП=ЗП прямая сдельная + % за перевыполнение плана	3. Сдельно-прогрессивная Увеличенные расценки оплаты за выработку сверх нормы	4. Косвенно-сдельная ЗП вспомогательных рабочих = % от ЗП основных рабочих	5. Аккордная Объем работ и расценок устанавливается на бригаду, выплаты участникам зависят от квалификации и коэффициента трудового участия работника.
Комиссионная система оплаты труда Оплата производится в размере процента от выручки организации				
1. С применением минимального оклада ЗП = минимальный оклад + % от выручки		2. Без применения минимального оклада ЗП= % от выручки организации		

Так, при бестарифной системе оплаты труда, фактическая величина заработной платы работника поставлена в зависимость от:

- квалификационного уровня работника. Он устанавливается всем членам трудового коллектива и определяется как частное от деления фактической заработной платы работника за прошедший период на сложившийся на предприятии минимальный уровень заработной платы за тот же период;
- коэффициента трудового участия (КТУ), который определяется всем членам трудового коллектива, включая директора, утверждается советом трудового коллектива. Последний устанавливает периодичность определения КТУ;
- фактически отработанного времени.

Внедряются и такие гибкие системы оплаты труда, как комиссионные выплаты, денежные выплаты за выполнение поставленных целей, специально-индивидуальные вознаграждения в качестве признания ценностей того или иного сотрудника или группы, плавающие оклады.

Заработная плата здесь состоит из двух частей: базовой, которая определяется постоянно, и переменной части. Она каждый раз исчисляется заново по определенному принципу.

Многочисленные публикации в российских деловых изданиях отмечают, что тарифно-окладная система оплаты труда безнадежно устарела и не отвечает реалиям сегодняшнего дня.

Направленность системы стимулирования должна соответствовать тактике и стратегии управления предприятием, его подразделениями и персоналом. Расстановка приоритетов между различными заданиями должна производиться не административными методами, а иметь объективный стимулирующий характер.

Стимулирующие выплаты должны быть увязаны с индивидуальными и коллективными результатами, а их величина должна быть существенной и значимой, система стимулирования – понятной и справедливой [4].

Российские организации в большинстве своем не используют современные достижения мировой практики. Как отмечают А. Хачатуров, Е. А. Гуревич, «...Лишь некоторые руководители российских предприятий в лучшем случае изучали американский опыт управления (или его западноевропейских модификации) и теперь используют его в своей деятельности» [2].

Представляется, что положительный результат от внедрения любых зарубежных методов управления возможен лишь в том случае, если они будут полноценно адаптированы к российской хозяйственной культуре.

При формировании современной системы стимулирования труда в РФ с использованием зарубежного опыта необходимо учитывать факторы:

1 Территориально Россия находится на стыке цивилизации (восточной – общинной и западной- индивидуалистической культур), поэтому она может и должна воспринять наиболее рациональные черты и западной, и восточной школ управления и стимулирование труда. В традиционной русской культуре сложилась система трудовой мотивации, основанной на принципах коллективизма, взаимопомощи и уравнительной справедливости. Эти особенности отношения к труду были сохранены в период советской модернизации, что позволило добиться достаточно высокого уровня трудовой дисциплины, а порой энтузиазма и трудового героизма;

2 Нельзя не обращать внимание и на тот факт, что в общественном сознании населения России в настоящее время осуществляется переход

от коллективных ценностей к индивидуальным. Общие коллективные устремления характерны не только для работников, но и для работодателей.

3 Существенно меняются представления о целях, критериях и механизмах функционирования системы отношений личности, социума и государства. Происходит изменение форм экономических взаимоотношений участников общественного производства, отказ государства от жесткого детерминирования человека в социальной сфере, что ведет к повышению самостоятельности руководителей коммерческого сектора в вопросах регулирования труда.

4 Нестабильность экономики, сравнительно низкий уровень жизни основной части населения также являются фактором, без учета которого невозможно построить действующую систему стимулирования труда, так как первостепенное значение в подобных условиях приобретает стремление работника к удовлетворению первичных (материальных) потребностей.

Системы оплаты труда, включая размеры тарифных ставок, окладов (должностных окладов), доплат и надбавок компенсационного характера, в том числе за работу в условиях, отклоняющихся от нормальных, системы доплат и надбавок стимулирующего характера и системы премирования, устанавливаются коллективными договорами, соглашениями, локальными нормативными актами в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права [4].

Кодексом законов о труде РФ установлены правовые нормы регулирования трудовых отношений, что касается оплаты труда, то государство регламентирует размер минимальной заработной платы ниже которой не может быть месячная оплата труда работника, отработавшего полную норму рабочего времени и выполнившего свои трудовые обязанности.

Государством установлена единая тарифная сетка для оплаты работников бюджетной сферы, районные коэффициенты увеличения размера тарифной оплаты работающих в неблагоприятных природно-климатических условиях.

К арсеналу экономических рычагов и методов государства в области заработной платы относятся прямые и косвенные налоги (ЕСН, НДФЛ), индексация доходов и вкладов населения в связи с инфляцией, социальные гарантии работников (пенсии, пособия, выплаты по больничным листам, стипендии и др.), финансирование расходов на образование, науку, культуру, здравоохранения из госбюджета, ценовая политика государства в области товаров потребительской корзины, разумные таможенные пошлины на импорт товаров и др. [2].

В последние годы на предприятиях широко внедряются гибкие бестарифные системы оплаты труда.

Наибольшей популярностью из различных гибких систем (оплата комиссионными, премирование «звезд», участие в собственности и пр.) пользуются оплата за достижение измеряемых результатов (количество вложенного труда).

В практике оплаты труда, как один из эффективных инструментов мотивации персонала, начинает применяться система грейдов и KPI.

Новые системы оплаты труда имеют преимущества перед традиционными, так как тесная связь зарплаты сотрудника с эффективностью его деятельности приносит дивиденды и ему, и компании.

Гибкие системы оплаты труда повышают прибыльность на 5-50 %, а доходы сотрудников – на 3-30 % [4].

Развитыми странами с рыночной экономикой накоплен богатый опыт организации стимулирования труда.

Представляют интерес японская, американская и западноевропейская модели.

В Японии системы оплаты труда имеют свои особенности. Они определяются спецификой технологий по работе с персоналом.

Основополагающими являются пять систем. Это система пожизненного найма, подготовки на рабочем месте, кадровой ротации (работников перемещают по горизонтали каждые два-три года, а выпускники вузов начинают работу с должностей, не требующих высокой квалификации), система репутации и система оплаты труда.

В настоящее время в Японии величина заработной платы на сорок процентов определяется стажем работы.

К особенностям японских моделей оплаты труда относятся зависимость оплаты труда, кроме стажа (квалификации) работника, от конечных результатов работы предприятия, от «жизненных пиков» персонала, фактической результативности труда и низкой дифференциации в его оплате.

Используется система «плавающих окладов», когда базовые ставки директоров, руководителей, начальников отделов колеблются в зависимости от динамики себестоимости, объемов производства, номенклатуры и других показателей, за которые отвечает тот или иной менеджер.

В кризисных ситуациях, как правило, в первую очередь снижаются оклады топ-менеджеров и главы компании, а заработки рабочих увеличиваются.

В США и Канаде размер вознаграждения работника зависит прежде всего от результативности его деятельности. Механизм стимулирования в рамках основной зарплаты предусматривает два элемента: дифференциацию окладов с учетом качественных различий в труде и дифференциацию индивидуальной оплаты в пределах разряда или должности в зависимости от

трудовых достижений личных и деловых качеств на основе периодической аттестации.

Направленность стимулирования работников компаний смещается с ориентации на текущие результаты деятельности на долговременную эффективность. Это проявляется в частности, в системе опционов, предусматривающей предоставление в качестве поощрения права на приобретение в будущем определенного количества акций компании по действующей на момент вознаграждения цене. Такая система целесообразна для стимулирования высшего и среднего звена руководителей, ответственных за долговременные результаты.

В американских корпорациях обычно действуют две основные программы стимулирования персонала, основанные на компенсационных (постоянное жалование) или стимулирующих выплатах. Побуждение работника к более усердному труду в интересах компании включает в себя наградные бонусы и ряд других форм поощрения (право на доход в виде акций). Бонусы не являются фиксированной величиной.

Американские компании, прежде всего уделяют внимание основному жалованию и общему «набору» выплат сотрудникам. Жалование менеджерам низшего звена обычно устанавливается на уровне окладов, типичных для соответствующих должностей на других предприятиях. Оплата управляющих высшего звена зависит от важности работы и почти всегда индивидуальна. На некоторых американских предприятиях повышение заработной платы ставится в зависимость от повышения квалификации работника и количества освоенных специальностей.

Система «оплаты за квалификацию» охватывает высококвалифицированных рабочих, а также руководителей среднего звена и мастеров. При освоении каждой новой специальности исполнитель получает прибавку к заработной плате, при этом приобретенные знания должны в той или иной степени использоваться в работе. Механизм системы включает в себя понятие «единицы квалификации», которое характеризует сумму знаний, умений, навыков, необходимых для выполнения новой, дополнительной работы и получения очередной надбавки.

При определении итогов работы основное внимание уделяется тому, какие качества работника влияют на результат. Американские корпорации обычно применяют комплекс систем оценок. В частности, система сравнения факторов используется для оценки содержания деятельности работников, занятых в сфере управления. При этом рассматриваются объемы работ и сфера влияния, требования к работнику и сложность выполняемой функции. Выявляются характеристики, общие для всех должностей, но свойственные им в разной степени. Оценка прямо пропорциональна сложности и важности работы. О

«ценности» каждого вида деятельности судят по вкладу в конечный результат работы компании в целом. Общие характеристики составляют базу для сравнения всех должностей и выступают в качестве факторов и подфакторов, по которым оценивается определенная должность по отношению к другим должностям. Это позволяет определить круг профессиональных знаний и умений, необходимых работнику для замещения той или иной должности.

В последние годы в США, во Франции и многих странах получила широкое распространение индивидуализация заработной платы, основанная на оценке заслуг.

Она состоит в том, что работники, имеющие одинаковую квалификацию и должность, благодаря своим природным способностям, стажу, целевым установкам, мотивам и стремлениям, могут добиться различных результатов в работе. Эти различия должны найти отражение в заработной плате, что достигается с помощью дифференциации окладов в рамках разряда (или должности).

В США оценку заслуг ИТР проводит 80 % компаний, а рабочих – приблизительно 50 %.

Для западноевропейских компаний характерны три модели стимулирования труда: беспремиальная (функцию стимулирования выполняет заработная плата); премиальная, включающая выплаты, величина которых связана с размером дохода или прибыли предприятия; премиальная, предусматривающая выплаты, размеры которых устанавливаются с учетом индивидуальных результатов труда.

Премиальные модели оплаты труда реализуются путем привлечения работников к участию в прибылях (получают дифференцированное годовое вознаграждение из прибыли компании); в доходах (из сумм дохода работнику выплачивается вознаграждение определяемое по результатам оценки выполнения им производственного задания и не зависит от прибыли предприятия); в капитале (работники получают премии в виде акций по их номинальной цене).

В Англии, Франции и ряде других стран получила распространение система оплаты труда, в основе которой положен учет индивидуальных качеств работника, его заслуг и результатов работы, с помощью специальных оценочных шкал по ряду факторов.

Индивидуализация заработной платы используется преимущественно для управленческих работников и специалистов.

Зарубежный опыт показывает, что устойчивое развитие компании зависит от заинтересованности непосредственно работника в высокопроизводительном труде на основе органической зависимости размера дохода от фактического личного вклада, доли его участия в

собственности, а также от конечных результатов работы предприятия и достижения макроэкономических показателей.

ВЫВОДЫ

Традиционная тарифно-окладная система оплаты труда советского периода безнадежно устарела и не отвечает реалиям сегодняшнего дня.

С рыночными преобразованиями появились современные модели оплаты труда, построенные на новых принципах, позволяющих преодолеть недостатки традиционной тарифной системы.

За рубежом накоплен богатый и разнообразный опыт форм стимулирования оплаты труда.

Его в определенной мере можно и необходимо использовать. При этом следует учитывать отечественные традиции и опыт. Это позволит в условиях развивающихся рыночных преобразований, повысить эффективность производства, конкурентоспособность современной организации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001. – № 197 – ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и допл., вступ. в силу с 31.07.2016) // ил. «Консультант Плюс».

2 **Ацканов, Т. А.** Международный опыт стимулирования труда // Юридический портал // «Юрист [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.center – bereg.ru/.3780. ntml> [05.11.2016].

3 Формы и системы оплаты труда применяемых в РФ [Электронный ресурс]. – режим доступа: ptsukanob.narod.ru/methods/ tap.html [12.11.2016].

4 Корпоративный менеджмент. Современные системы оплаты труда. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.cfin.ru/management/ peopla/motivation/payment system. shtme> [12.11.2016].

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. П. Кислов¹, Г. Ф. Бойко¹, Е. В. Птицына²

Еңбек ақы төлеуді ынталандыруды ұйымдастырудың ресейлік және халықаралық тежірибесі

¹С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;

²Омбы мемлекеттік педагогикалық университеті, Омбы қ., Ресей.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

The Russian and international experience of material incentives system organisation¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;²Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia.

Material received on 13.02.17.

*Ресей еңбегінің материалдық ынталандыру жүйесін халықаралық тәжірибемен салыстыруға талдау жасалған.**Analysis of the Russian system of material incentives in comparison with international experience is provided in the research.*

УДК 656.025.2

С. Б. Кокин¹, Т. Т. Токтаганов²¹магистрант; ²к.т.н., профессор, Павлодарский Государственный Университет имени С.Торайгырова, г. Павлодарe-mail: ¹saidzhara@mail.ru; ²toktaganov47@mail.ru**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ПАВЛОДАРА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА***В настоящей статье авторы дают анализ состояния маршрутной сети г. Павлодара и способы оптимизации пассажирского транспорта.**Ключевые слова: пассажирский транспорт, автобус, маршрут, обследование.***ВВЕДЕНИЕ**

Маршрутная сеть регулярных городских автомобильных перевозок пассажиров и багажа в городе Павлодаре включает в себя 30 автобусных маршрута (в том числе 7 маршрутов – малого класса /А/ – № 3, 4, 7, 61, 111, 126, 151), из них 2 сезонных и 5 микроавтобусных маршрутов (№ 003,115,152,153,157).

Общая протяженность маршрутной сети регулярных автомобильных перевозок пассажиров и багажа составляет 632,7 км. Протяженность автобусных маршрутов – 551,7 км, а микроавтобусных маршрутов – 81 км. При этом протяженность автобусных маршрутов в дачный сезон значительно увеличивается в 1.5 раза.

Для перевозок населения на линии городских маршрутов работают порядка 154 единиц автобусов большого класса (с резервом – 103), 275 автобусов малого А класса (с резервом – 312) и 24 микроавтобусов «Газель». При открытии дачного сезона количество автобусов увеличивается на 15 %. Всего с учетом резервного подвижного состава предприятия общественного автотранспорта располагают порядка 474 (с резервом – 547) единицами автобусов и микроавтобусов. Ежедневно общественным автомобильным транспортом перевозится до 126 тысяч жителей города и приезжих.

Перевозками пассажиров, кроме автотранспортных предприятий, в городе Павлодаре также занимается АО «Трамвайное управление города Павлодара» имеющее на балансе 111 вагонов, из них ежедневно на линию выходит более 71 (с резервом 85-87) единиц электротранспорта. Общая длина трамвайных маршрутов составляет 89,2 км. Ежедневно трамваями перевозится до 75 тысяч городского населения. АО «Трамвайное управление города Павлодара» в прошедшем году приобретены 2 низкопольных вагона, приспособленных для перевозки инвалидов-колясочников

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Последнее масштабное изучение городской маршрутной сети проводилось в 2008 году. На сегодняшний день в связи с корректировкой Генерального плана г. Павлодара, которым предусматривается развитие городских территорий под многоэтажное жилищное строительство: микрорайоны «Усольский», «Сарыарка», «Достык», и точечной застройкой центральной части города коммерческого многоэтажного жилья, стало необходимым развитие улично-дорожной сети, а соответственно и внесения изменений в городскую маршрутную сеть.

В период с 20 апреля по 21 мая 2015 года проводилось исследование пассажиропотока и оптимизация маршрутной сети в г. Павлодаре. Целью данных мероприятий являлось развитие маршрутной сети города, улучшение качества, комфортности и конкурентоспособности городских пассажирских перевозок, создание современной транспортной инфраструктуры городского хозяйства, обеспечивающей доступность транспортных услуг, обоснованность.

Основные задачи:

– Обследовать текущее состояние инфраструктуры пассажирских перевозок общего пользования (улично-дорожная сеть, контактные сети,

остановочные пункты, разворотные площадки с пунктами обслуживания экипажей, транспортные предприятия и т.п.);

– провести обследование пассажиропотоков на всех действующих городских автобусных маршрутах;

– провести обследование текущего пассажиропотока на всех маршрутах (автобусы, трамваи, микроавтобусы) с учетом сезонности перевозок пассажиров и багажа, а так же дать рекомендации по оптимизации городской маршрутной сети;

– проанализировать сложившуюся структуру парка транспортных средств (количественные и качественные показатели в разрезе перевозчиков и обслуживаемых маршрутов);

– разработать рекомендации по оптимизации маршрутной сети и графиков обслуживания всех видов наземного пассажирского транспорта с обеспечением приоритета для экологически чистых транспортных технологий;

– разработать рекомендации по формированию оптимальной структуры парка транспортных средств, обеспечивающей текущие перспективные провозные потребности, комфортабельность и высокие экологические показатели.

Обследование пассажиропотоков проводилось методом прямого подсчета пассажиров внутри, осуществлялось счетчиками, находящимися в салоне транспортного средства. Данный метод позволяет наиболее полно определять все показатели работы пассажирского транспорта общего пользования.

8 октября 2015 года была проведена презентация проекта оптимизации городской маршрутной сети, где основной целью развития маршрутной сети г. Павлодара подтвердилось создание современной транспортной инфраструктуры городского хозяйства, обеспечивающей доступность, комфортабельность транспортных услуг населению, за счет оптимизации маршрутов, внедрения АЦДС (автоматизированной центральной диспетчерской службы), обоснованности тарифа (введение электронного билетирования) и предоставления льгот для отдельных категорий населения, при безусловном обеспечении безопасности перевозок.

На 1 этапе (оптимизация, изменение схем движения микроавтобусных, малого класса А маршрутов и автобусных маршрутов большого класса) с 1 января 2016 года предполагается изменить схемы движения 10 микроавтобусных, малого класса маршрутов (№ 003, 3, 4, 7, 111, 126, 151, 152, 153, 157) и 2 большого класса маршрутов (№ 14, 40). Начнется перевод 2 маршрутов (№ 5, 66) из смешанного класса (с использованием автобусов малого класса) в большой класс. Это позволит высвободить (без их замены) из маршрутной сети г. Павлодара уже с 1 января 2016 года 24 микроавтобусов «Газель». Также с 1 января 2016 года планируется начать

перевод всех маршрутов с использованием малого класса, на утвержденное расписание движения под контроль системы GPS. Срок исполнения данного мероприятия – в течение полугода. На этом этапе проводится уведомление населения и подготовка мест новых остановок (до 31.12.2015 г)

На 2 этапе упраздняются, оптимизируются маршруты большого и малого класса. С 1 марта 2016 года, из 23 автобусных, оптимизации подлежит в общем 12 маршрутов, упраздняются 2 маршрута большого класса (№ 6, 28) упраздняются 3 маршрута малого класса (№ 4, 61, 151), при условии заполнения магистральных улиц города, автобусами большого класса.

На 3 этапе с 1 апреля 2016 года вносятся изменения в схемы движения 9 автобусных маршрутов с учетом сезонных (дачных) перевозок. В итоге из 2-ух сезонных маршрутов остается маршрут № 17. Организовываются два дополнительных маршрута: № 18 Д и № 27 Д. Будут продлеваться только 4 маршрута из 20-ти: – № 21, 22, 31, 40. Оптимизации маршрутной сети г. Павлодара подвергнуться 23 маршрута из 35 действующих, что составит 66% от количества всех маршрутов маршрутной сети г. Павлодара.

В г. Павлодаре концептуально основным видом внутригородского общественного транспорта принят автобус и трамвай, вспомогательным - микроавтобус. Оптимизацией маршрутной сети г. Павлодара в 2016 году намечено увеличение и обновление парка больших автобусов, трамвайных вагонов, при сокращении и передислокации микроавтобусных маршрутов на периферийные улицы и дороги областного центра, с учётом транспортного обеспечения основных магистральных улиц города автобусами большого класса.

Благодаря оптимизации маршрутной сети г. Павлодара произошла разгрузка центральных улиц. По центральным улицам, такими как ул. Кутузова и ул. Сатпаева, начали использовать большие автобусы и трамваи, последние считаются экологически чистыми. Было достигнуто увеличение скорости движения и уменьшения затрат времени на остановки, обусловленные снижением нагрузки общественного транспорта на улично-дорожную сеть, сокращением уровня дублирования маршрутной сети.

Снижение загрузки улично-дорожной сети обеспечивается сокращением уровня дублирования маршрутной сети и ростом средней вместимости подвижного состава.

Повышение безопасности участников движения обеспечивается:

1 Снижением загрузки остановок подвижным составом малой вместимости,

2 Общим снижением задержек транспорта, вследствие уменьшения загрузки улично-дорожной сети, обеспечивающим более комфортные условия его движения

Удобство перехода к новой маршрутной сети обеспечивается сохранением беспересадочных сообщений при реализации основных транспортных связей и сохранением конфигурации ряда маршрутов.

В соответствии с пунктом 41 Правил перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом, утвержденных приказом и.о. Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 26 марта 2015 года № 349 («Оплата проезда, провоза багажа на маршрутах регулярных городских (сельских) автомобильных перевозок пассажиров и багажа производится пассажиром наличными деньгами кондуктору (водителю) или через систему электронной оплаты за проезд») предлагается внедрить автоматизированную систему управления электронной оплаты за услуги перевозок пассажиров.

Введение данной системы (при отсутствии государственных инвестиций) позволит:

- обеспечить интервал и регулярность движения общественного транспорта;
- исключить человеческий фактор (отмена хождения наличности в общественном транспорте города Павлодара);
- получить объективную оценку объема пассажирских перевозок;
- создать механизм для организации программы по компенсации за перевозку льготных категорий граждан.

ВЫВОДЫ

Таким образом, основные задачи оптимизации маршрутной сети были выполнены:

- 1 Удовлетворение потребностей населения в пассажирских перевозках;
- 2 Снижение уровня дублирования маршрутной сети;
- 3 Обеспечение преимущественно беспересадочных передвижений между:
 - основными зонами жилой застройки,
 - зонами активной промышленной застройки,
 - зонами концентрации учебных заведений,
 - культурно-бытовыми объектами общегородского значения,
- 4 Соответствие требованиям и нормам безопасности дорожного движения;
- 5 Сохранение, по возможности, конфигурации основных исторически сложившихся маршрутов;
- 6 Соответствие пассажиропотоку и обеспечение максимально равномерного распределения пассажиропотока по длине маршрутов и во времени по часам суток.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Транспортная стратегия Республики Казахстан до 2020 года, постановление Правительства Республики Казахстан от 31 января 2005 года

2 **Можарова, В. В.** Транспорт в Казахстане: современная ситуация, проблемы и перспективы развития. – Алматы : КИСИ при Президенте РК, 2011. – 216 с.

3 Методика обследования пассажиропотоков в системе городского пассажирского транспорта общего пользования, НИИ транспорта и коммуникаций Республики Казахстан.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

С. Б. Кокин, Т. Т. Тоқтаганов

Павлодар қаласының жолаушылар тасымалдау желісін зерттеу және қаланың көлік жүйесін оңтайландыру жолдары

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

S. B. Kokin, T. T. Toktaganov

Results of investigation of passenger transport of Pavlodar and recommendations for optimization of transport system of the city

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.02.17.

Бұл мақалада авторлар Павлодар қаласының маршруттық тасымалдау жүйесін зерттеп, оңтайландыру жолдарын ұсынады.

In the given article, the authors give an analysis of the route network in Pavlodar and ways to optimize passenger transport.

А. Н. Новожилов¹, И. М. Демидова², Т. А. Новожилов³

¹д.т.н, профессор кафедры «Электроэнергетика»; ²магистрант, специальность 6М071800 – «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³к.т.н., ассистент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия
e-mail: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²demidova_im@mail.ru; ³timokvey@mail.ru

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ

В статье предложен способ повышения чувствительности защиты асинхронного двигателя от витковых замыканий в обмотке статора на встроенном кольцевом измерительном преобразователе. Для этого предлагается выполнить кольцевой преобразователь с дополнительными выводами, которые коммутируются с помощью герконов в соответствии с режимом работы двигателя.

Ключевые слова: релейная защита, асинхронный двигатель, чувствительность защиты, витковое замыкание, кольцевой измерительный преобразователь.

В настоящее время асинхронные двигатели (АД) составляют подавляющую часть электрических машин, используемых в качестве электропривода на промышленных предприятиях и на электрических станциях. Значительная часть их повреждений приходится на витковые замыкания (ВЗ). Так, в АД со всыпной обмоткой статора на долю ВЗ приходится примерно 85 %, а в АД с секционированной обмоткой статора до 35 % от всех замыканий [1].

В настоящее время наибольшей чувствительностью к ВЗ в обмотке статора обладают защиты на встроенных кольцевых измерительных преобразователях (КИП) [2, 3], которые измеряют магнитные потоки лобового рассеяния нулевой последовательности обмотки статора и ротора. В связи с этим их чувствительность зависит величины электродвижущей силы (ЭДС) небаланса $E_{нб}$ КИП, вызванной неточностью изготовления и установки секций обмотки статора и КИП.

Чувствительность таких защит можно еще более повысить за счет изменения параметров КИП в зависимости от режима работы АД [4]. Это позволит локализовать повреждение обмотки в пределах одной секции, а после ремонта путем «вырезания» поврежденной секции вернуть АД в работу [5].

Рассматриваемый способ повышения чувствительности защиты заключается в том, что реагирующий орган защиты в различных режимах работы подключается к различному числу витков КИП.

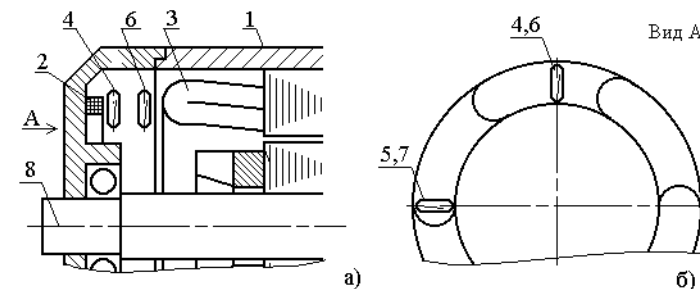


Рисунок 1 – Устройство защиты АД от ВЗ

Устройство защиты, на котором реализован этот способ, показано на рисунке 1, где 1 – АД; 2 – КИП; 3 – лобовая часть обмотки статора; 4, 5 и 6, 7 – герконы; 8 – ось вращения ротора.

КИП 2 представляет собой плоскую многовитковую катушку с выводами, выполненную из тонкого изолированного провода. В наиболее простом варианте исполнения защиты таких выводов два. КИП закрепляется в АД таким образом, чтобы его плоскость была перпендикулярна оси вращения ротора 8, а его геометрический центр находился на этой оси.

В отличие от известного технического решения [4] КИП имеет выводы 9 и 10, которые через герконы 4, 5 и 6, 7 соединяются с реагирующим органом 11 по схеме приведенной на рисунке 2. Герконы 6, 8 и 7, 9 и располагаются в торцевой зоне следующим образом. Так герконы 4, 5 и 6, 7 размещаются на таком расстоянии от лобовых частей, которое обеспечивает их срабатывание в режимах пуска и номинальной нагрузки. При этом герконы 4, 6 размещаются напротив лобовой части фазы А, а герконы 5, 7 – напротив фазы В. Это обеспечивает постоянную замкнутость в цепи герконов 4, 5 и 6, 7 при пуске и режиме номинальной нагрузки.

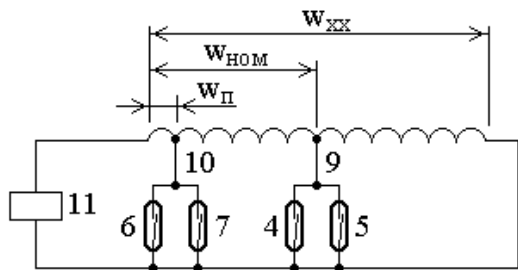


Рисунок 2 – Схема защиты АД от ВЗ

ЭДС $E_{нб}$, индуктируемая в обмотке КИП, пропорциональна числу витков в нем и току в лобовых частях 3 обмотки статора. В свою очередь ток в обмотке статора зависит от скольжения ротора, то есть от режима работы АД. Типовая зависимость тока в обмотке статора от скольжения ротора приведена на рисунке 3. В связи с этим для обеспечения одинакового напряжения на обмотке реагирующего органа 11 в произвольном режиме работы АД должно выполняться условие

$$w_{хх} I_{хх} = w_{ном} I_{ном} = w_{п} I_{п} = const, \quad (1)$$

где $w_{п}$, $w_{ном}$ и $w_{хх}$ – число витков КИП подключаемое к реагирующему органу 11 в режиме пуска, номинальной нагрузки и холостого хода; $I_{п}$, $I_{ном}$ и $I_{хх}$ – токи в обмотке статора в режимах пуска, номинальной нагрузки и холостого хода.

Как правило, величина тока в обмотке статора АД в режиме номинальной нагрузки и пуска можно определить из соответствующих справочников [6,7], а ток холостого хода экспериментальным путем. В результате при известном числе витков КИП, равном $w_{хх}$, и токам в режиме номинальной нагрузки и пуска число витков в этих режимах определяется как

$$w_{ном} = w_{хх} I_{хх} / I_{ном} \text{ и } w_{п} = w_{хх} I_{хх} / I_{п}. \quad (2)$$

При таком числе витков КИП, используемых в различных режимах работы АД, и таком размещении герконов в его торцевой зоне устройство защиты от ВЗ работает следующим образом.

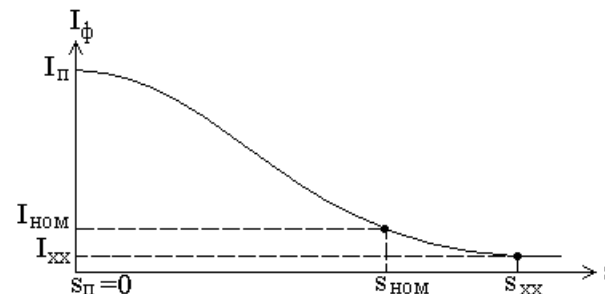


Рисунок 3 – Токи в обмотке статора АД в зависимости от скольжения ротора

Если обмотка статора АД не повреждена, то в режиме пуска при токе в обмотке статора $I_{п}$ пары герконов 4,5 и 6,7 замыкаются и блокируют часть витков обмотки КИП. При этом к реагирующему органу 11 в соответствии с рисунком 2 будет подключено только $w_{п}$, а их ЭДС $E_{п}$ с учетом (2) будет равна $E_{нб}$, где $E_{нб}$ – ЭДС КИП в режиме холостого хода.

По мере разгона АД ток в обмотке статора, а следовательно, его магнитное поле лобового рассеяния уменьшается. Когда ток в обмотке статора достигнет номинального значения $I_{ном}$, будут замкнуты только герконы 4,5, а к реагирующему органу 11 будет подключено уже $w_{ном}$ витков. Соответственно и в этом режиме ЭДС $E_{ном}$ с учетом (2) будет также равна $E_{нб}$. Аналогично при снижении тока обмотки статора до величины $I_{хх}$ герконы 4,5 также перестанут замыкаться, и к реагирующему органу 11 будет подключено $w_{хх}$ витков, то есть вся обмотка КИП с ЭДС, равной $E_{нб}$.

При ВЗ в обмотке статора ток в замкнувшихся витках значительно превосходит величину тока в этих витках до ВЗ. В результате ЭДС КИП резко возрастает. Если она превысит свое доаварийное значение, то реагирующий орган 11 сработает и сформирует сигнал на отключение от сети вне зависимости от режима работы АД.

С учетом того, что пусковой ток превышает номинальный в 5-8 раз, а ток холостого хода в 2-3 раза меньше номинального в использования КИП с выводами позволяет повысить чувствительность в 10-25 раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ермолин, Н. П.** Надежность электрических машин [Текст]/ Н. П. Ермолин, И. П. Жерихин – Л. : Энергия, 1974. – 503 с.

2 **Новожилов, А. Н.** Разработка защиты асинхронных электродвигателей от витковых замыканий [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.14.02: защищена XX.XX.XX/Новожилов Александр Николаевич. – Свердловск, 1986. – 138 с.

3 **Новожилов, А. Н.** Релейная защита электрических систем. Защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором на встроенном кольцевом измерительном преобразователе [Текст]: учеб. – метод. пособие/ А.Н. Новожилов. – Павлодар : Изд-во Павлодарского гос. ун-та им. С. Торайгырова, 2001. – 97 с.

4 Авторское свидетельство СССР. Электрическая машина со встроенным блоком для защиты (кл Н 02 Н 7/06 1985г., Бюл. № 44 авторы: А. Н. Новожилов, Ю. А. Дейч)

5 **Мандрыкин, С. А.** Ремонт электродвигателей. – М. : Энергия, 1965. – 97 с.

6 Справочник по электрическим машинам: В 2 Т. // Под общ. ред. И. П. Копылова и Б.К. Клокова. Т. 1. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.

7 **Кравчик, А. Э., Шлаф, М. М., Афонин, В. И., Соболевская, Е. А.** Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник. – М. : Энергоиздат, 1982. – 504 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Н. Новожилов¹, И. М. Демидова¹, Т. А. Новожилов²

Асинхронды қозғалтқыштардың орамдық тұйықталулардан қорғаныстың сезімталдығы арттыру

¹С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;

²Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Омбы, Ресей.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, I. M. Demidova¹, T. A. Novozhilov²

Increasing the sensitivity of the induction motors protection from short-circuits

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;

²Omsk State Technical University, Russian Federation, Omsk, Russia.

Material received on 13.02.17.

Бұл мақалда автор асинхронды қозғалтқыштардың қысқа тұйықталған ротормен статор байлауда орамдық тұйықталулардан доңгелек өлшеу түрлендіргішімен қорғаныстың сезімталдығы арттыру, олардың қызмет ету мерзімін ұлғайту және апаттық жағдайлардың алдын алу орындары мақсатпен қояды.

The article suggests a method of increasing the sensitivity of induction motors with the short-circuited rotor from stator winding coil circuits to increase their service life and prevent accidents.

УДК 621.313.13

**А. Н. Новожилов¹, Г. Ж. Асаинов², Т. А. Новожилов³,
А. В. Антонцев⁴**

¹д.т.н., профессор; ²докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³к.т.н., ассистент, Омский государственный университет, г. Омск, Россия; ⁴ассистент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан

e-mail: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²007giba@mail.ru; ³timokvey@mail.ru; ⁴electronic@mail.ru

МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ О ПОВРЕЖДЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ВСТРОЕННЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

В статье рассмотрены различные методы передачи информации о повреждении от встроенного в электрическую машину блока к коммутационному аппарату для отключения машины от сети. Рассмотрены их достоинства и недостатки. Приведены схемы для реализации этих методов. Выявлено, что в наибольшей степени требованиям релейной защиты удовлетворяет метод передачи информационного сигнала по контрольному или силовому кабелю.

Ключевые слова: Электрическая машина, передача информационного сигнала, кольцевой индукционный и позисторный измерительный преобразователь.

ВВЕДЕНИЕ

Все электрические машины (ЭМ) переменного тока в электроэнергетике подразделяются на генераторы и электродвигатели. Первые служат для производства электроэнергии, а вторые являются электроприводом на электрических станциях и промышленных предприятиях [1]. Как известно статоры всех ЭМ переменного тока выполняются одинаково. При этом

наиболее распространенным видом повреждения у таких машин является витковые замыкания (ВЗ) в обмотке статора. Одной из основных причин их возникновения является тепловое старение изоляции. Оно резко возрастает в результате перегрева обмоток статора, которое возникает при нарушении нормальных условий эксплуатации в виде обрыва одной фазы, перегруза, превышения номинального напряжения или нарушения условий охлаждения [2].

В настоящее время для защиты низковольтных электрических машин от перегрева обмотки статора используют автоматические выключатели с тепловыми расцепителями [3]. В случае применения магнитных пускателей при управлении работой ЭМ эту роль выполняют тепловые реле. Защита высоковольтных ЭМ от перегрева осуществляется с помощью защит от перегруза и повышенного напряжения с использованием электромагнитных или микропроцессорных реле.

Однако такие защиты не всегда адекватно реагируют на перегрев обмотки статора ЭМ [4]. Это вызвано косвенным измерением температуры, основанным на контроле тока ЭМ. Более чувствительны к перегреву обмотки статора ЭМ тепловые защиты с встраиваемым измерительным преобразователем (ПИП) [5] в виде группы последовательно соединенных позисторов, которые, в свою очередь, встраивают между витками лобовой части этой обмотки.

От электрических повреждений обмотки статора низковольтных ЭМ используют плавкие предохранители или автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями. В соответствии с [6] защита высоковольтных ЭМ с мощностью до 5000 кВт от замыканий в обмотке статора осуществляется с помощью токовой отсечки, а свыше 5000 кВт - продольной дифференциальной защитой. Эти защиты хорошо защищают обмотку статора от междуфазных коротких замыканий, но малочувствительны к ВЗ. В результате поврежденный АД отключается защитой не в момент возникновения ВЗ, а тогда когда оно переходит в междуфазное короткое замыкание или однофазное замыкание на землю. В результате чего значительно увеличивается размеры повреждения, время и стоимость послеаварийного ремонта.

От большей части этих проблем можно избавиться с помощью защит на кольцевом измерительном преобразователе (КИП) [7] в виде плоской многовитковой или одновитковой катушки индуктивности установленной в торцевой зоне так, чтобы ее плоскость была перпендикулярна оси вращения ротора, а ее геометрический центр находился на этой оси. Такая конструкция и место расположения КИП позволяет измерять в торцевой зоне АД магнитный поток лобового рассеяния нулевой последовательности, который

возникает только при любых электрических повреждениях в обмотке статора. В неповрежденной ЭМ этот поток равен нулю.

Несмотря на высокую чувствительность защит с встраиваемыми в ЭМ кольцевым и позисторным измерительными преобразователями к ВЗ и перегревам в обмотке статора они не получили широкого распространения. Основной причиной этого является некоторая сложность и дороговизна передачи информации о повреждении от этих преобразователей до выходного реле защиты, контакты которого подключаются к отключающей цепи выключателя нагрузки.

Блок-схема традиционной защиты с встроенными ПИП и КИП, а также передачей информации о повреждении ЭМ по контрольному кабелю, где 1 – ЭМ; 2 и 3 – ПИП и КИП; 4 – контрольный кабель; 5 – реагирующий орган; 6 – выключатель нагрузки, приведенных на рисунке 1. Как известно, из практики эксплуатации ЭМ реагирующий орган 5 располагается в КРУ рядом с выключателем 6. Он имеет два пороговых элемента, один из которых срабатывает при перегреве обмотки статора, а другой при замыкании в этой обмотке статора. Размыкающие контакты этих пороговых элементов подключаются к цепи отключения выключателя 6.

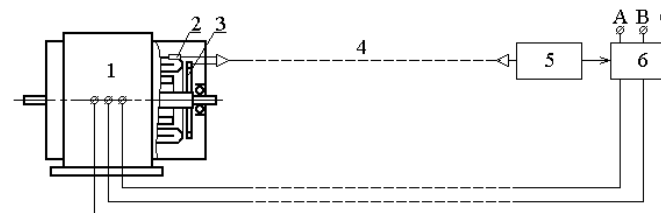


Рисунок 1 – Блок - схема защиты с передачей сигнала о повреждении ЭМ по контрольному кабелю

Данный способ передачи информации прост и надежен. Однако расстояние между ЭМ и выключателем нагрузки обычно колеблется в пределах от 3-500 метров. Следовательно, недостатком такого способа передачи информации о повреждении является необходимость прокладки контрольного кабеля и его защита от повреждений в месте подключения к ЭМ [8, 9]. В ряде случаев этого можно избежать, если у контрольного кабеля для контроля за температурным режимом работы подшипников ЭМ имеются резервные жилы. В этом случае, реализация передачи информации о повреждении не требует дополнительных затрат на прокладку кабеля.

Если такого кабеля нет, то избавиться от прокладки кабеля можно с помощью использования инфракрасной беспроводной сети. В инфракрасных

беспроводных сетях для передачи информации используются инфракрасные (ИК) лучи. В связи с этим их разделяют на сеть прямой видимости и сеть рассеянного излучения.

Блок-схема такой защиты приведена на рисунке 2, где 1 – ЭМ; 2 и 3 – ПИП и КИП; 4 и 5 – передатчик и приемник; 6 – канал для передачи информации; 7 – выключатель нагрузки. Передатчик 4 располагается рядом с ЭМ или непосредственно на нем. Информация с КИП и ПИП подается на его вход. Сигнал с передатчика 4 по каналу связи 6 поступает в приемник 5. В качестве канала связи используется окружающая среда. Приемник 5 располагается рядом с выключателем 7 нагрузки и также имеет два выходных реле с регулируемым порогом срабатывания. Одно из них срабатывает при перегреве обмотки статора, а другое при замыкании в этой обмотке. Размыкающие контакты выходных реле подключаются к цепи отключения выключателя 7.

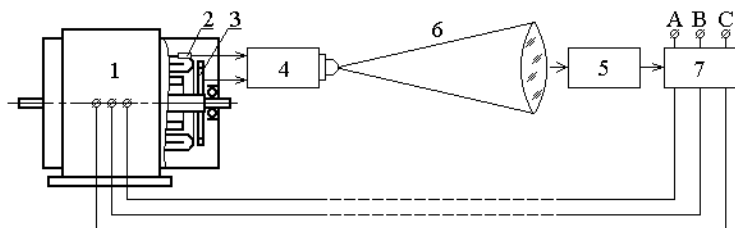


Рисунок 2 – Блок - схема защиты с передачей сигнала о повреждении ЭМ ИК лучами в сети прямой видимости

В сети прямой видимости передача сигнала возможна лишь при отсутствии физической преграды между передатчиком 4 и приемником 5. В сети с рассеянным излучением сигнал может многократно отражаться от стен и потолка, прежде чем достигнет приемника. Так как сигнал является отраженным, то эффективная область надежной передачи информации таким способом не превышает 30 метров.

ИК лучи имеют широкий диапазон частот, что позволяет обеспечить не только большое число каналов передачи информации, но и передавать ее на скорости 10 Мбит/с [10].

Однако такой способ передачи информации обладает целым рядом недостатков. Во-первых, в сети с рассеянным излучением сигнал имеют ограничение по расстоянию для надежной передачи сигнала, а работа сети прямой видимости зависит от возникновения возможных препятствий в виде передвигающихся физических объектов или наличия пыли в атмосфере.

Во-вторых, как показали исследования, при расстоянии между передатчиком и приемником более 100 метров надежность передачи сигнала падает [11] из-за рассеяния луча и возможной вибрации передатчика. Это все недостатки позволяет осуществить надежную защиту ЭМ от повреждения обмотки статора.

Надежность защиты можно повысить, если для передачи информации о повреждении использовать Интернет или сотовую связь.

В настоящее время большая часть промышленных предприятий имеет подключение к проводному Интернету на базе протокола TCP/IP. Иногда дополнительно используется беспроводный Интернет. Это происходит с помощью подключенного к интернету через кабель специального оборудования (роутер 8) по технологии Wi-Fi с рабочими диапазонами частот 2.4 ГГц и 5 ГГц [12]. Схема для передачи сигнала о повреждении с помощью технологии Wi-Fi приведена на рисунке 3, где 1 – ЭМ; 2 и 3 – ПИП и КИП; 4 и 5 – передатчик и приемник; 6 – канал для передачи информации; 7 – выключатель нагрузки.

Передатчик 4 располагается рядом с ЭМ и представляет собой подключенный через входной преобразователь универсальный Wi-Fi модуль, который предварительно программируется для работы с беспроводной сетью. Входной преобразователь может представлять собой небольшое по габаритам устройство, осуществляющее масштабирование и стабилизацию напряжения. Обычно Wi-Fi модули включают в себя помимо антенно-фидерного тракта, непосредственно осуществляющего прием и передачу, также и управляющие микросхемы. Одним из возможных технических решений является Wi-Fi модуль Arduino Uno Wi-Fi на базе микроконтроллера ATmega328 и интегрированного контроллера беспроводной сети ESP8266. Этот модуль имеет вес 25 грамм и габариты 56 x 65 x 1,7 мм.

Для питания модуля можно использовать автономный источник питания, сеть постоянного тока и аккумуляторную батарею. Приемник 5 может быть выполнен в виде аналогичного модуля, но с другим программным обеспечением. Цена реализации беспроводной сети связи с применением технологии Wi-Fi включает стоимость передатчика, куда входят два входных преобразователя по цене за единицу от 1000 до 3000 тенге, модуль на базе ESP8266 стоимостью от 9000 до 13000 тенге [15] и подходящая батарея, цена которой может колебаться 3000 до 7000 тенге [16]. Приемник включает в себя аналогичный модуль и источник питания. Таким образом, окончательная стоимость данного технического решения может достигать 45000 тенге.

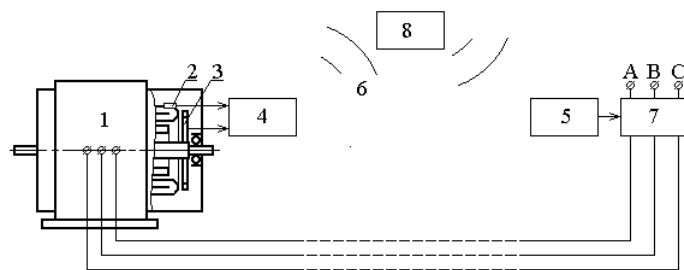


Рисунок 3 – Блок-схема защиты с передачей сигнала о повреждении ЭМ при помощи беспроводного сигнала

Существенным недостатком беспроводной связи является ограниченный радиус действия точки доступа Wi-Fi, который зависит от мощности передатчика, чувствительности принимающего устройства, наличия препятствий для Wi-Fi сигнала и пр. Другим недостатком является сбой в сети Интернета, что ставит под сомнение возможность реализации релейной защиты ЭМ с таким видом передачи информации.

Для передачи информации о повреждениях в ЭМ также можно использовать сотовую связь. Для этого в качестве передатчика 4 и приемника 5 информации устанавливаются модули GSM-управления, работающие, как правило, в диапазоне частот 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц и 1900 МГц мобильной связи [13]. Преимуществом такого способа передачи является возможность установки GSM-модулей без приобретения полнофункционального средства связи, такого, как мобильный телефон, при этом связь между передатчиком и приемником может поддерживаться на относительно больших расстояниях. К его недостаткам следует отнести колебание уровня сигнала и биллинговая политика операторов связи. То есть, при такой передаче сигнала, возможно, его исчезновение, а доступ к GSM-диапазонам являются платным. В связи с этим этот вид связи для реализации защиты ЭМ неприемлем.

Всех этих недостатков лишена передача информационного сигнала непосредственно по силовому кабелю с использованием блок-схемы на рисунке 4, где 1 – ЭМ; 2 и 3 – ПИП и КИП; 4 – формирователь управляющих импульсов; 5 – коммутационный аппарат; 6 – реагирующий орган; 7 – выключатель нагрузки.

Коммутационный аппарат 5 предназначен для передачи информации о повреждении ЭМ. Он представляет собой два соединенных встречно-параллельно тиристора [14], которые включаются в одну из фаз этой ЭМ. Первый из этих тиристор коммутационного аппарата закрывается при

подаче сигнала на управляющий электрод с ПИП, а второй – с КИП. Закрытие любого тиристора преобразует переменный ток в этой фазе в однополярный.

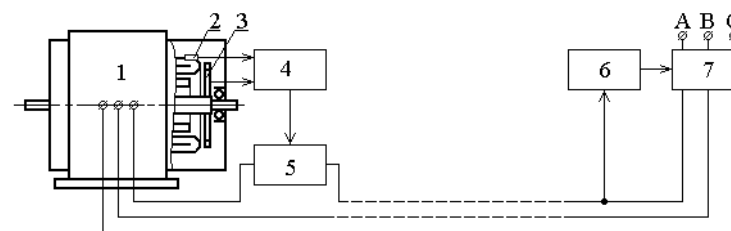


Рисунок 4 – Блок-схема защиты передачи сигнала по силовому кабелю

Формирователь управляющих импульсов 4 состоит из двух элементов. Первый элемент представляет собой мостовую схему, в одно из плеч которой подключен ПИП, к первой диагонали подключен источник постоянного тока частоты, а ко второй пороговый элемент с регулируемым порогом срабатывания. Выход порогового элемента подключается к управляющему электроду первого тиристора.

Второй элемент представляет собой КИП, к выводам которого через выпрямительный мост присоединен пороговый элемент с регулируемым порогом срабатывания. Выход этого порогового элемента подключается к управляющему электроду второго тиристора.

Реагирующий орган 6 защиты можно выполнять в виде нейтрального поляризованного реле с двумя одинаковыми обмотками, которые через диоды и стабилизаторы напряжения встречно подключены к трансформатору тока.

Анализ достоинств и недостатков рассмотренных методов передачи информации позволяет сделать вывод о том, что требованиям релейной защиты в наибольшей степени удовлетворяет метод передачи информационного сигнала по контрольному или силовому кабелю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Корогодский, В. И, Кужеков, С. Л, Паперно, Л. Б.** Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 1987 – 243 с.
- 2 **Мусин, А. М** Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. – М. : Колос, 1979. – 112 с.
- 3 **Зимин, Е. Н** Защита асинхронных электродвигателей напряжением до 500 В. – М. : 1962. – 34 с.

4 **Соркин, М. Д.** Способы защиты от аварийных режимов электрических машин // Новости электротехники. Информационно-справочное издание. – 2005. – № 3 (33).

5 **Тубис, Я. Б., Белов, Г. К.** Температурная защита асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве. – М. : «Энергия», 1977. – 104 с.

6 **Беркович, М. А., Молачков, В. В., Семенов, В. А.** Основы техники релейной защиты. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.

7 Авторское свидетельство СССР. Устройство защиты электрической машины переменного тока, содержащее кольцевой измерительный преобразователь (кл Н 02 К 11/00; Н 02 Н 7/08 1983 г., Бюл. №37 авторы: М. Я. Клецель, А. Н. Новожилов и В. Е. Поляков).

8 **Пантелеев, Е. Г.** Монтаж и ремонт кабельных линий. Изд. 2-е перераб и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

9 Цены на контрольные кабели [Электронный ресурс] http://ruscable.3dn.ru/publ/kabeli_kontrolnye/kabel_akvvg/4-1-0-33.

10 Излучении инфракрасных лучей [Электронный ресурс]. – <http://www.tmelekt.ru/ikmed.html>.

11 Излучении инфракрасных лучей [Электронный ресурс]. – <http://rostra-nw.ru/208-pult-distancionnogo-upravleniya-kondicionerom-infrakrasnyy-ili-provodnoy.html>.

12 Беспроводные технологий [Электронный ресурс]. – <http://just-networks.ru/lokalnye-vychislitelnye-seti/besprovodnye-tehnologii-wi-fi-wi-max>.

13 Беспроводные технологий [Электронный ресурс]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/GSM>.

14 **Кузник, Ю. С.** Температурная защита электродвигателей // Промышленная энергетика. – 1995. – № 6. – С. 9-10.

15 Wi-Fi модули [Электронный ресурс]. – https://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&product_id=1468.

16 Источники питание [Электронный ресурс]. – https://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&product_id=489&search=arduino+power.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

А. Н. Новожилов, Г. Ж. Асаинов, Т. А. Новожилов, А. В. Антонцев

Бекітілген өлшемдік түрлендіргіштермен айнымалы ток электр машинасын зақымдануы туралы ақпарат тарату әдістері

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov, G. J. Assainov, T. A. Novozhilov, A. B. Antoncev

Methods of transmission of information on damage of the electrical AC machines with built-in measuring transducer

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 13.02.17.

Мақалада айнымалы ток электр машинасының зақымдануы туралы бекітілген өлшемдік түрлендіргіштерден коммутациялық блокқа дейін ақпарат тарату әдістері қарастырылған. Олардың артықшылықтары мен кемшіліктері қаралған. Әдістерді орындау үшін сұлбалар көрсетілген. Анықтаған, релелік қорғаныстың талаптарына сәйкес келетін екі әдіс анықталды, олар электр машинасын зақымдалу туралы ақпаратты тарату үшін күштік және бақылау кабелдер әдісі арқылы ғана шешіледі.

The article describes the various transmission methods of information about the damage from the built-in electrical machine unit to the switching device to disconnect the machine from the network. We consider their advantages and disadvantages Provide. The schemes for the implementation of these methods. It was found that the method of of the information signal transmission through the control on power cable satisfies the requirements of the relay protection in the greatest degree.

Н. Б. Нургазин

магистрант, Павлодарский государственный университет имени
С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: nurgazin@yandex.ru

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

*В статье рассматриваются основные аспекты повышения
отказоустойчивости автоматизированных систем управления*

*Ключевые слова: отказоустойчивость, автоматизированные
системы управления, проектирование, эксплуатация.*

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам отказоустойчивости автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), особенно на стадии их проектирования с каждым годом уделяется всё большее внимание. Важность проблемы отказоустойчивости АСУ ТП обусловлена их повсеместным распространением фактически во всех отраслях промышленности.

Основы теории надежности (отказоустойчивости), применительно к описанию технических систем управления, разработаны Б. Г. Гнеденко, Ю. К. Беляевым, А. Д. Соловьевым и др. Теория отказоустойчивости начала интенсивно развиваться в СССР с 50-х годов, и к настоящему времени сформировалась в самостоятельную дисциплину, основными задачами которой являются:

- установление видов показателей отказоустойчивости технических систем;
- выработка аналитических методов оценки отказоустойчивости;
- упрощение оценки надежности (отказоустойчивости) АСУ;
- оптимизация отказоустойчивости на стадии эксплуатации системы.

В статье представлены основные методы повышения отказоустойчивости, а также причины, вызывающие отказы АСУ ТП.

Основной целью статьи является формирование представления о комплексе методов повышения отказоустойчивости системы управления, как совокупности отказоустойчивости комплекса технических средств, управляющей вычислительной машины, программного обеспечения и оперативного персонала [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При создании и эксплуатации автоматизированных систем управления необходимо стремиться обеспечить заданную, а иногда и максимальную отказоустойчивость системы при эксплуатации. Однако в практике создания сложных автоматизированных систем в большинстве случаев не удается, не только получить максимальную отказоустойчивость, но и обеспечить даже при обычном подходе к проектированию и эксплуатации минимальную требуемую отказоустойчивость системы. Поэтому при создании и эксплуатации систем необходимо принимать специальные меры, направленные на повышение отказоустойчивости систем. Способы повышения отказоустойчивости автоматизированных систем весьма многообразны и требуют от лиц, создающих системы, как широких научных и теоретических знаний, так и инженерного искусства, большого опыта.

Естественно, что детально рассмотреть все многообразие мер и способов повышения отказоустойчивости весьма трудно и это связано было бы с освещением большого количества узконаправленных задач. Учитывая это обстоятельство, будут рассмотрены общие методы и принципы повышения отказоустойчивости автоматизированных систем. Изучение общих методов и принципов повышения отказоустойчивости автоматизированных систем имеет также свои положительные стороны, обеспечивающие развитие правильных и перспективных направлений создания высоконадежных систем, без чего могут стать малоэффективными правильные решения более узких практических вопросов.

В соответствии с тремя главными фазами, которые проходит каждая система, будем рассматривать три метода повышения отказоустойчивости систем: при проектировании, производстве и эксплуатации.

Следует отметить, что только объединенными мерами на каждой из этих фаз можно добиться высокой отказоустойчивости создаваемой и эксплуатируемой системы. Тем не менее, решающее влияние на отказоустойчивость автоматизированных систем оказывает фаза проектирования [2].

Повышение отказоустойчивости при проектировании. При проектировании системы выбирается принцип ее работы и структура. Осуществляется конструктивная разработка отдельных узлов и приборов и т. д. Если на стадии проектирования не будут учитываться вопросы, связанные с отказоустойчивостью системы, и тем более, если будут допущены неточности, то обеспечить отказоустойчивость системы за счет мер, принимаемых на двух последующих фазах (производстве и эксплуатации), весьма трудно. Это потребует больших материальных затрат, а в некоторых случаях даже практически невозможно. Прежде всего, при проектировании системы необходимо обеспечить требуемый уровень безотказности системы.

Проектирование системы начинается с выбора принципа работы системы. На этой стадии проектирования главное внимание должно быть обращено на выбор наиболее простой системы, имеющей по возможности наименьшее число элементов и связей между ними. Это требование подтверждается тем, что в нерезервированных системах вероятность отказа системы в первом приближении пропорциональна количеству элементов.

Наряду с выбором простой схемы, оцениваемой приближенно по количеству элементов, большое влияние на безотказность системы имеет выбор стабильной схемы. В стабильной по принципу действия схеме обычно наблюдаются минимальные связи между параметрами отдельных элементов, а также обеспечивается минимальное влияние отклонений параметров элементов на величину ошибки в выходной величине системы.

Таким образом, выбор простой и стабильной по принципу действия схемы является одной из главных мер обеспечения высокой безотказности системы, как при внезапных, так и при постепенных отказах.

Вероятность отказа нерезервированной системы в первом приближении равна сумме вероятностей отказов элементов. Следовательно, безотказность нерезервированных систем зависит не только от количества элементов, но и от качества элементов. Для обеспечения высокой безотказности при проектировании системы надо выбирать наиболее качественные и перспективные элементы.

В свою очередь показатели безотказности элементов зависят в сильной степени от режимов работы элементов. Поэтому при проектировании для повышения безотказности системы режимы работы элементов можно выбирать значительно меньшими, чем номинальные, при этом степень уменьшения нагрузок зависит от конкретных задач.

Большое влияние на безотказность системы оказывают условия ее работы, а именно: воздействующие на систему и элементы механические, климатические нагрузки и т.д. При проектировании системы необходимо максимально уменьшить влияние внешних и внутренних нагрузок на систему и ее элементы. Эта задача в основном решается правильным выбором конструкции узлов, приборов и системы в целом.

В качестве дополнительных конструктивных мер, обеспечивающих повышение безотказности, можно указать на методы снижения влияния механических нагрузок путем применения специальных конструктивных форм устройств, амортизаторов и т.д. Влияние климатических “нагрузок” может быть в значительной степени ослаблено при правильном конструктивном оформлении узлов и блоков, например, с таким расчетом, чтобы обеспечить повышенную теплоотдачу (искусственное охлаждение), защиту от влаги (герметизация).

При разработке схемы и конструкции должны также быть предусмотрены меры, позволяющие повысить отказоустойчивость системы при эксплуатации, а именно: блочная конструкция системы, применение стандартных и унифицированных узлов и блоков, удобство проверок и обслуживания и др.

Таким образом, на стадии проектирования отказоустойчивость нерезервированной системы обеспечивается следующими основными методами:

1 выбором простых и стабильных схем, учитывающих также возможности повышения отказоустойчивости системы при эксплуатации;

2 применением качественных и перспективных элементов и выбором режимов работы элементов, соответствующих пониженным электрическим нагрузкам;

3 разработкой конструкции системы и приборов, обеспечивающей минимальные нагрузки на систему и элементы, а также удобство обслуживания системы.

Повышение отказоустойчивости систем при эксплуатации. Если в результате проектирования нерезервированной системы не удастся обеспечить требуемую безотказность, можно применять следующие методы повышения отказоустойчивости системы при эксплуатации:

1 обратные связи;

2 резервирование.

Применение отрицательных обратных связей позволяет стабилизировать параметры отдельных узлов, блоков и приборов системы, т. е. уменьшать вероятность отказа системы вследствие постепенных отказов. В ряде случаев полезно применять положительные обратные связи.

Повышение отказоустойчивости изделий и систем может быть достигнуто с помощью резервирования.

Резервирование бывает информационное, временное, функциональное, аппаратурное и структурное. Рассмотрим два последних вида резервирования. Аппаратурное резервирование обеспечивается применением нескольких одинаковых устройств для достижения заданной цели, например, прием и запись уникальной информации одновременно на 2-3 устройства. Структурное (схемное) резервирование состоит в применении специальных схем соединений основного и резервного элементов.

Используют поэлементное резервирование и резервирование всей цепи основных элементов (нагруженный резерв) (рис. 1 а, б). В полностью резервированной системе отказ одного или нескольких элементов не приводит к отказу всей системы. При постоянном резервировании, которое иногда называют пассивным, резервные устройства постоянно включены в схему, при этом до момента ремонта включенными в схему остаются и отказавшие

устройства. Постоянное резервирование отличается простотой схем, возможностью применения к различным конструкциям (системам, приборам, узлам, элементам) и даже к внутриэлементным связям. Наиболее эффективно постоянное резервирование для элементов и внутриэлементных связей [3].

Существенным недостатком постоянного резервирования является изменение параметров схемы и режимов работы при отказах резервных устройств, что в некоторых случаях недопустимо. Определенные технические трудности встречаются также при резервировании устройств, характеризующихся двумя типами отказов (обрыв и короткое замыкание). Кроме того, для ряда устройств автоматизированных систем постоянное резервирование технически трудно осуществить, а в некоторых случаях даже невозможно.

Как и всякому способу повышения безотказности, связанному с применением большего количества элементов, чем это требуется функциональной схемой, постоянному резервированию присущи также недостатки, связанные с увеличением веса, объема, стоимости аппаратуры и усложнением эксплуатации. Вес системы с постоянным резервированием может быть значительно уменьшен благодаря применению микроминиатюрных и молекулярных элементов.

Резервирование с поэлементным замещением (ненагруженный резерв). Достоинство – в сохранении ресурса резервных элементов. Недостаток – в дополнительной возможности отказа переключающего элемента (рис. 1 в).

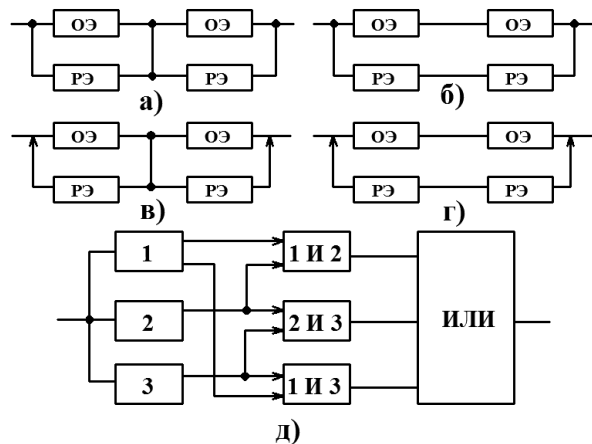


Рисунок 1 Схемы резервирования: а – поэлементного; б – общего; в – поэлементного замещением; г – общего замещением; д – мажоритарного; ОЭ – основной элемент; РЭ – резервный элемент

Резервирование с общим замещением (ненагруженный резерв (рис. 1 г)). Общее правило, которое можно применять в схемном резервировании, гласит: чем мельче масштаб резервирования, тем больше отказоустойчивость.

Широко используется схема мажоритарного резервирования, которая носит также название «схема голосования из трех по два». Неисправный канал автоматически исключается из линии передачи информации (рис. 1 д).

Резервирование осуществляют также с применением логических схем. Такое резервирование называют активным. Применение логических схем обеспечивает неизменность параметров схемы при отказах элементов, повышает безотказность системы при их использовании для устройств, характеризующихся отказами двух типов, позволяет сохранять ресурс резервных устройств, находящихся в режиме ожидания в ненагруженном состоянии. Резервирование с логическими схемами неизбежно связано с применением дополнительных устройств в виде индикаторов отказа, переключателей и т.д.

Отказоустойчивость автоматизированной системы может в значительной степени снизиться также под воздействием внешних помех, перемежающихся или самовосстанавливающихся отказов и др., приводящих к искажению передаваемой информации. В этих случаях эффективным средством повышения отказоустойчивости систем является применение, особенно в дискретных информационных системах, самокорректирующих кодов и избыточности передаваемой информации. Применение того или иного метода резервирования зависит от конкретных условий, от назначения и особенностей работы системы.

В общем случае невозможно применением только одного метода резервирования добиться высокой отказоустойчивости автоматизированной системы. Высокая отказоустойчивость системы может быть обеспечена только в результате комбинированного применения методов резервирования. Одним из направлений создания высоконадежных автоматизированных систем на основе комбинированных методов резервирования является применение самонастраивающихся и самоорганизующихся систем. При помощи постоянного резервирования можно обеспечить функционирование системы с вероятностью, весьма близкой к единице. Однако при отказах резервных элементов в значительной степени могут измениться выходные параметры, при этом отклонения параметров могут быть такими, что, несмотря на отсутствие отказа системы, она не удовлетворяет предъявляемым требованиям. Комбинированное применение постоянного резервирования и метода самонастройки параметров при отказе резервных элементов позволяет избежать недостатков, присущих только постоянному резервированию. Еще большие возможности повышения отказоустойчивости могут представиться

в результате применения самоорганизующихся систем, в которых при отказах отдельных элементов или изменении внешних условий изменяется структура системы, перераспределяются функции между ее отдельными элементами.

Одним из наиболее важных средств обеспечения высокой безотказности системы на стадии эксплуатации является строгое соблюдение условий технологических процессов. Соблюдение установленных технологических процессов должно начинаться с входного контроля материалов и изделий, применяемых в системе, обеспечении при необходимости качественной замены материалов. В ряде случаев причиной низкой безотказности выпускаемых систем может быть загрязненное содержание оборудования и рабочих мест. Важным методом повышения безотказности систем является правильная организация производственного контроля и уровень культуры производства.

Особый вред качеству системы наносится скрытыми производственными дефектами в результате нарушения технологического процесса. Обычно скрытые дефекты представляют наибольшие технические трудности при производственном контроле.

Наряду с производственным контролем безотказность сложных систем может быть существенно повышена, особенно для начального периода эксплуатации, проведением тренировочных испытаний системы (приработки) в производственных условиях. Это позволяет устранить большинство производственных и скрытых отказов, если приработка системы проходит при больших, по сравнению с номинальными, нагрузках [4].

ВЫВОДЫ

Правильная организация эксплуатации системы является одним из решающих факторов обеспечения высокой отказоустойчивости. Большое значение имеет и своевременное проведение профилактических мероприятий, позволяющих предупредить появление отказов системы в рабочий период времени. Одним из современных методов профилактики является прогнозирование отказов, позволяющее своевременно заменить так называемые критические элементы и тем самым исключить их отказы. Естественно, что полностью исключить отказы в рабочий период не удастся, поэтому необходимо проектировать систему и правила ее эксплуатации таким образом, чтобы обеспечить минимальное время восстановления отказавшей системы. В этой связи большое значение имеет разработка схем автоматической проверки и обнаружения отказов (системы диагностирования), а также, если это возможно, и схем самовосстановления отказов.

Из эксплуатационных факторов важная роль в поддержании высокой отказоустойчивости автоматизированных систем принадлежит обслуживающему персоналу, его технической подготовке, опыту и другим качествам.

Большое значение для повышения отказоустойчивости системы имеет организация эксплуатации, в частности снабжение систем запасными элементами и материалами, техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации, организация ремонтных органов и др.

Таким образом, высокая отказоустойчивость автоматизированных систем может быть обеспечена только комплексом методов, применяемых на всех фазах создания и эксплуатации системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Балакирев, В. С., Бадеников, В. Я.** Надежность технических и программных средств автоматизации. Учеб. пособие для ВУЗов. – Ангарск : Ангарский технологический институт, 1994, – 64 с.

2 **Ястребенецкий, М. А., Иванова, Г. М.** Надежность АСУТП. Учеб. пособие для ВУЗов. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 264 с.

3 Надежность АСУ: Учеб. пособие для ВУЗов/ Под ред. Я. А. Хетагурова. – М. : Высшая школа, 1979. – 287 с.

4 **Шураков, В. В.** Надежность программного обеспечения систем обработки данных. Учебник для ВУЗов. – М. : Финансы и статистика, 1987. – 272 с.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

Н. Б. Нургазин

Автоматтандырылған басқару жүйелерінің бұзылуға тұрақтылығының арттыруының негізгі аспектітері

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

N. B. Nurgazin

Basic aspects of fault tolerance increasing in automated control systems

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.02.17.

Осы мақалада автоматтандырылған басқару жүйелерінің бұзылуға тұрақтылығының арттыруының негізгі аспектітері қарастырылады.

In this paper the basic aspects of fault tolerance increasing in automated control systems are considered.

**З. Б. Ракишева¹, А. Мухамедгали², Н. С. Досжан³,
Ж. Т. Лязат⁴**

¹к.ф.-м.н, доцент; ^{2,3,4}PhD докторанты, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы
e-mail: ²adilmukhamedgali@gmail.com; ³nursultan.sagynaiuly@gmail.com;
³Zhanbolat623@gmail.com

РАЗРАБОТКА ИМИТАТОРА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

В данной статье рассматривается разработка имитатора магнитного поля на проведенных анализах информации основанных на зарубежных аналогах. Разработана 3D модель, проведены расчёты векторов напряженностей однородного магнитного поля при разных силах тока.

Ключевые слова: магнитное поле, малые космические аппараты, лабораторные стенды.

ВВЕДЕНИЕ

На начальных стадиях разработки и проектирования космического аппарата (КА), предполагается иерархическая разработка всех функционирующих подсистем спутника. Одной из наиболее важных служебных подсистем является система управления ориентаций КА. Для определения ориентации могут применяться различные датчики, такие как звездный, солнечный и магнитные датчики.

При использовании систем определения ориентации на основе функционирования магнитного датчика, интегрированного в бортовую платформу КА, предполагается получение данных векторов напряженности магнитного поля Земли.

Для проверки работы спроектированных систем управления ориентации КА, проводится тестирования в лабораторных условиях с применением различных стендов, имитаторов при помощи которых симулируется условия космического пространства.

Возникает необходимость тестирования и верификации разработанных алгоритмов управления спутником с магнитной системой ориентации, в симуляционных условиях до его вывода на орбиту с целью минимизации риска отказоустойчивости бортовой аппаратуры КА. С этой целью предполагается

в лабораторных условиях максимально создать имитационные условия геомагнитного поля в том виде, как оно воздействует на бортовую аппаратуру и компоненты спутника и адекватной функциональности контрольных алгоритмов управления и ориентации КА.

В результате проведенного анализа и расчетов была создана 3D модель стенда и проведены соответствующие расчеты и результаты моделирования напряженности и плотности магнитного поля в данном имитаторе.

Новизна работы заключается в методике расчета и моделирования 3D модели каркаса, определения направленности векторов напряженности магнитного поля в поперечных сечениях катушек, значение векторов магнитной индукции поперечных сечениях катушек и численные данные напряженности магнитного поля стенда. Полученные результаты возможны для проектирования реального стенда в учебных и специальных тестовых центрах чья деятельность непосредственно связана с космической деятельностью.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для имитации магнитного поля вдоль траектории движения спутника по орбите используется система из трёх пар квадратных катушек, установленных взаимно перпендикулярно друг другу (клетка Гельмгольца). Стороны квадратов катушек – 2 м, 1,9 м, 1,8 м. При пропускании по катушкам тока в области внутри клетки создается однородное магнитное поле, направление и величина которого зависят от силы и направления тока в катушках. Управление током в катушках осуществляется с использованием блока широтно-импульсных модуляторов. Ниже приведены описание 3 D модель стенда с соответствующими обозначениями катушек по осям X,Y,Z.

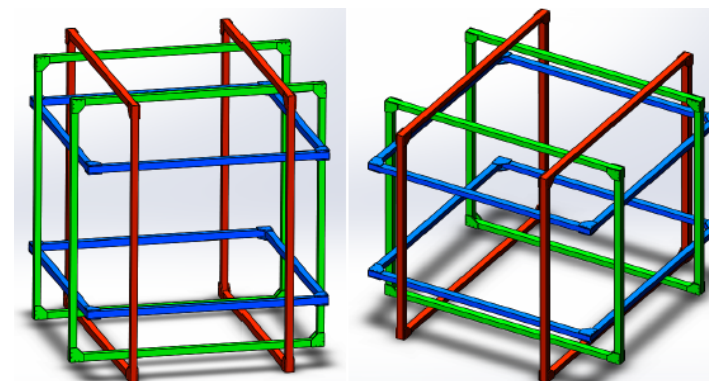


Рисунок 1 – 3D модель имитатора магнитного поля Земли

В результате полученных расчетов были смоделированы процессы в данном магнитном имитаторе поле Земли в поперечных сечениях данных катушек. Данные модели иллюстрируют создаваемое магнитное поле вокруг токовых катушек и направление индукционных магнитных векторов при определенных силах тока при силах тока 2.7 Ампер и 2.8 Ампер.

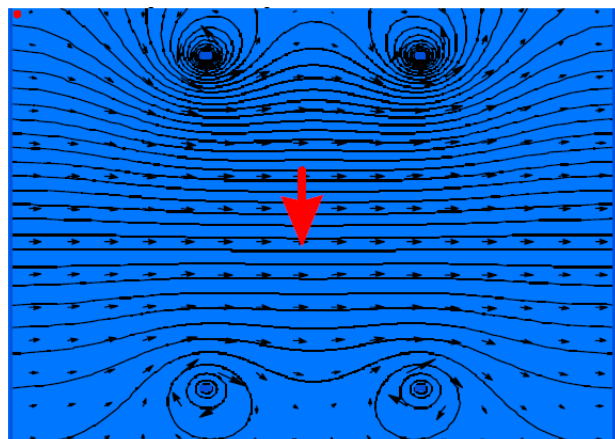


Рисунок 2 – Численное моделирование векторов напряженности имитатора при силах тока в 2.7 Ампер

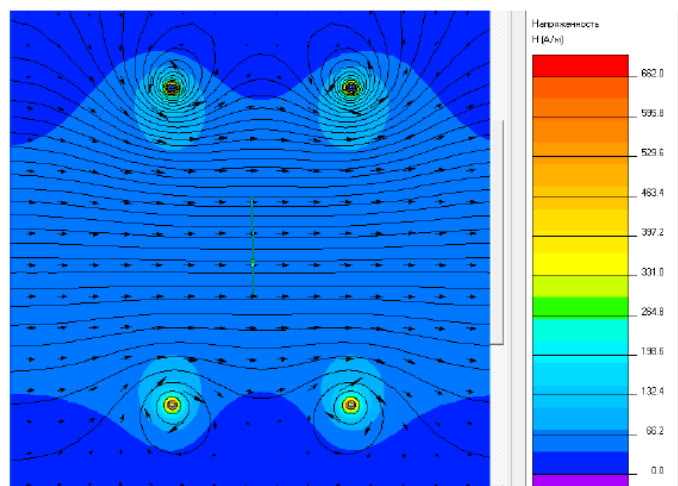


Рисунок 3 – Численное моделирование плотности напряженности магнитного поля при силах тока в 2.8 Ампер

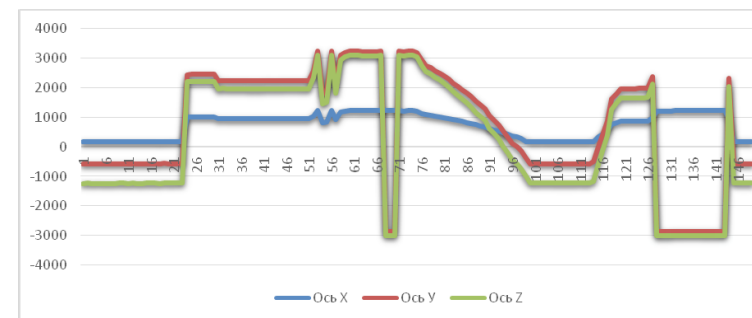


Рисунок 4 – Численные данные напряженностей векторов магнитной индукции соответствующие осям расположенных токовых катушек X, Y, Z

ВЫВОДЫ

Были получены результаты проектирования 3D модели стенда, проведены численные моделирования плотности магнитного поля внутри стенда и направления векторов, проведены численные расчеты векторов магнитной индукции соответствующих осей направления катушек.

В силу своих технических характеристик данный стенд может быть использован для обработки систем управления ориентацией малых космических аппаратов и возможности улучшения и дополнения такими компонентами как аэродинамической подушкой, имитации солнца и звездного неба.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 National Historic Landmark summary listing. National Park, Service «Space Environment Simulation Laboratory, Chambers A and B. Retrieved 2008-06-25.
- 2 **Rob, Gutro** «NASA Readies Famous «Chamber A» to Welcome the James Webb Space Telescope». 2013.
- 3 **Michael A., McCullar**. Thermal Vacuum Testing: Test Preparation, NASA Johnson Space Center.
- 4 **Quintero, A. H., Welch, J. W., Wolf, H.** «Perceptiveness of Thermal Vacuum Testing» 18th Aerospace Testing Seminar. – Manhattan Beach, California. 1999. March. – P. 1- 6,
- 5 **Gibbel, M.** «Thermal/Vacuum Versus Thermal Atmospheric Testing of Space Flight Electronic Assemblies» NASA Conference Publication 3096, from the 16th Space Simulation conference. – Albuquerque, New Mexico. 1990, November 5-8.

6 Industrial Communications Network Ltd., «International vacuum glossary – overview» [Electronic resource]. – <http://www.industrial-vacuum.net/glossary.htm>, 2009.

7 **Leng, E. W. L., Ismail, M. and Subari, M. D.** «Setting-up the Assembly». Integration and Test Centre in Malaysia. Malaysia Space Centre, Nat. Space Agency of Malaysia (ANGKASA). – Banting, Malaysia, 2009.

8 **Braig, A., Schaefer, T. and Pawlowski, P.,** 1988, «Lessons Learnt from Rosat Thermal Balance Test – A Combined Solar Simulation/Infrared Test», Proceedings of the 3rd European Symposium on Space Thermal Control & Life Support Systems. – Noordwijk, the Netherlands, 1988, 3-6 October. – ESA-SP 288. – P. 443-448.

9 **Nuss, H. E.,** «Space Simulation Facilities and Recent Experience in Satellite Thermal Testing», Vacuum, Vol. 37, numbers 3/4. – Great Britain, 1987. – P. 297-302.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

З. Б. Ракишева, А. Мухамедгали, Н. С. Досжан, Ж. Т. Лязат

Жердін магнит өрісінің имитатор жасау

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

Z. B. Rakisheva, A. Mukhamedgali, N. S. Doszhan, Z. T. Lyazat

Development of simulator of the Earth magnetic field

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty.
Material received on 13.02.17.

Берілген мақалада ақпаратты талдауды өткізгенде шетелдік ұқсастық негізінде магниттік өріс имитатор өндеуі қарастырылған. Әртүрлі тоқ күшінде біртекті магниттік өрістің вектор шиеінісінің есебінде 3 D моделі өнделген.

This article describes the development of the simulator on the bases of foreign analogues. There is developed a 3D model, made computing intensity vectors of the uniform magnetic field at different current strength.

УДК 681.51-048.35

Р. Р. Садуакасов

магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: sadyakasov@yandex.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫМ КОНВЕЙЕРОМ

В статье рассмотрен ленточный конвейер, как объект для модернизации автоматической системы управления.

Ключевые слова: Автоматизация, ленточный конвейер, электропривод, микропроцессор, повышение безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

С момента изобретения современные конвейерные линии ушли далеко вперед. На многих предприятиях, тем ни менее, используются такие конвейеры, которые произведены достаточно давно. И такие линии могут не отвечать современным требованиям, как безопасности производства, так и производственного процесса.

Вместо покупки полного комплекса оборудования имеется и такое решение проблем, как модернизация уже установленных на предприятии конвейеров.

Все это делается для повышения дохода от производства, а также для увеличения безопасности на предприятии: ведь благодаря датчикам и программного обеспечения контролирующего конвейерное производство, повышается не только производительность, но и надежность работы конвейера и его безопасность, поскольку при аварийных ситуациях работа на производстве связана с определенным риском для жизни и здоровья сотрудников, работающих на предприятии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования являются именно ленточные конвейеры, так как именно они применяются для перемещения сыпучих грузов на тепловых станциях (рисунок 1). Тема автоматизации ленточных конвейеров актуальна для нашего региона, так как основная часть цикла производства энергии оснащена современными автоматизированными системами управления.

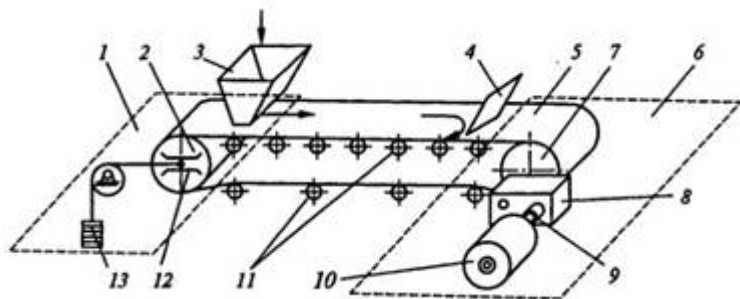


Рисунок 1 – Ленточный конвейер.

Рассмотрим более детально ленточный конвейер и его составные части. Между барабанами 2 и 7 натяжной 1 и приводной 6 станций расположена гибкая лента 5. Барабан 2, ось которого может перемещаться в направляющих 12, под действием груза 13 создаёт предварительное натяжение ленты. Это натяжение обеспечивает передачу без проскальзывания тягового усилия от барабана приводной станции.

Чтобы исключить провисание верхней рабочей и нижней холостой ветвей ленты, вдоль трассы устанавливают поддерживающие ролики 11, барабан приводной станции через редуктор 8 соединен с двигателем 10.

Для сглаживания возможных ударов в процессе пуска и торможения валы двигателя и редуктора соединяют упругой муфтой 9. Транспортируемый груз подается на ленту через загрузочную воронку 3 и выгружается плужком 4.

Длина ленточного конвейера может достигать 2 ... 3 км при скорости движения ленты 1,5 ... 3 м/с и ширине ленты 2 м. Такой конвейер может обеспечить производительность 700 т/ч.

Ленточные конвейеры применяются не только для транспортировки груза в горизонтальной плоскости. При перемещении с углом наклона более 20°, когда возможно осыпание груза, устанавливают ленточный скребковый конвейер [1].

Автоматизация конвейера заключается в его модернизации (модификации), а также в систему его электропривода. В настоящее время многие компании предлагают такие услуги: модификацию конвейеров посредством снабжения их современными датчиками и компьютерами с необходимым ПО.

Автоматизация транспортеров и конвейерных линий позволяет:

- оптимизировать работу линий и сократить простои;
- управлять пуском, остановкой, режимом работы и скоростью конвейерных линий дистанционно;

- автоматизировать подачу компонентов;
- удаленно контролировать состояние конвейера;
- предупредительно извещать о запуске или остановке транспортеров;
- повысить уровень безопасности на предприятии;
- синхронизировать работу нескольких участков конвейерной линии;
- автоматически останавливать конвейер;
- автоматизировать учёт готовой продукции и её компонентов;

В итоге автоматизация транспортеров/конвейеров повышает производительность предприятия, оптимизирует расход энергии, сокращает износ оборудования. Удалённое управление позволяет контролировать производственный процесс более эффективно. Повышается прибыльность производства в целом.

При автоматизации конвейерных линий выполняется следующие виды работ:

- разработка и внедрение для конвейерной ленты систем управления скоростью движения;
- для предотвращения на производстве несчастных случаев – установка систем безопасности и аварийного отключения оборудования;
- разработка и внедрение системы мониторинга и удаленного управления конвейером;
- установка счетных систем и модернизация систем автоматической сортировки и отборки.

Автоматизация отдельных конвейеров и конвейерных линий производится по двум основным схемам: дистанционное управление, при котором автоматизируются только пуск и остановка конвейера; автоматизированный контроль за работой конвейера и его элементов, при котором приводные двигатели автоматически отключаются при нарушении режима работы конвейера или его отдельных элементов.

Согласно правилам безопасной эксплуатации к аппаратуре автоматизированного или дистанционного управления отдельными конвейерами или конвейерными линиями предъявляются следующие основные требования: обеспечение подачи предпускового предупредительного сигнала длительностью не менее 5 с; включение конвейеров в линию в последовательности, обратной направлению грузопотока, и обеспечение пуска последующего конвейера (против грузопотока) после разгона предыдущего; автоматическое одновременное отключение всех конвейеров в линии, транспортирующих груз на вышедший из строя конвейер; невозможность повторного включения неисправного конвейера при срабатывании электрических защит электродвигателя механической части конвейера и др.; отключение провода из любой точки по длине конвейера и

наличие местной блокировки, предотвращающей пуск данного конвейера с пульта управления; возможность перехода на местное ручное управление приводами отдельных конвейеров при ремонте, осмотре и регулировании. Аварийное отключение привода конвейера должно осуществляться при обрыве ленты, затянувшемся пуске, снижении скорости ленты до 75 % от номинальной, завале перегрузочного пункта и т.д. [2]

ВЫВОДЫ

Дальнейшее качественное совершенствование автоматизации конвейерных линий должно развиваться в направлении повышения централизации управления на базе использования специализированных ЭВМ и микроконтроллеров, что позволит повысить оперативность управления за счет обработки большого объема информации о работе конвейеров, причинах аварийных ситуаций, вести работу конвейеров в оптимальных режимах.

Автоматизация конвейерного транспорта предусматривает оснащение средствами автоматического контроля и защиты каждого конвейера и управление, как отдельными конвейерами, так и всей линией.

Повышение эффективности технологических процессов путем применения компьютерно-интегрируемых систем автоматизированного управления является перспективой дальнейшего развития промышленности, которые позволяют организовать технологические процессы на качественно новом уровне, исключая непроизводительные затраты времени и энергоресурсов при изменении динамических параметров объекта.

Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что автоматизация конвейеров и конвейерных линий показывает высокую эффективность. Модернизация системы в сторону ориентации на конкретные особенности отдельных производств позволит значительно повысить уровень безопасности при транспортировке грузов и людей в промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Белов, М. П., Новиков, В. А., Рассудов, Л. Н.** / Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.

2 **Черенков, Н. С., Семёнов, А. С.** Модернизация и оптимизация автоматизированных конвейеров в горной промышленности // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-4. – С. 417-419;

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

P. P. Saduakassov

Автоматтық басқару жүйесін таспалы конвейермен жаңартуы

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.02.17 баспаға түсті.

R. R. Saduakassov

Modernization of automatic control system for a belt conveyor

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.02.17.

Осы мақалада автоматтық басқару жүйесін жаңарту үшін объектісі ретінде таспалы конвейер қарастырылады.

In this paper a belt conveyor is considered as an object of automatic control system modernization.

А. Тулегенова¹, Т. Мирғалиқызы²

¹магистрант, ²PhD докторанты, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

e-mail: m_t85@mail.ru

**ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР ЖҮРГІЗУГЕ
АРНАЛҒАН 3D ЕСЕПТЕУ ТОРЫН АВТОМАТТЫ
ТҰРҒЫЗУ АЛГОРИТМІ**

Мақалада тұрақты токпен электрлік зондтаудың тура есебін сандық есептеу мақсатында, физикалық процесс зерттелетін аймақта есептеу торын тұрғызу мәселесі қарастырылады. Классикалық әдістерге қарағанда есептеу жылдамырақ және дәлірек болу үшін жер бедеріне бейімделген, бірқалыпты емес тор қарастырылады. Жұмыстың нәтижесінде үшөлшемді жағдай үшін жер бедерінде тор құру алгоритмі құрастырылды және автоматтандыру үшін бағдарламалық коды жазылды. Баяндалған алгоритмді біртекті емес орта құрылымын зерттеуде қолдану жер бедері мен ортаның байланыс шекараларын іс жүзінде бұзбай ескеруге мүмкіндік береді және өріс пен жуықтама кедергіні жоғары дәлдікпен есептеуді қамтамасыз етеді, бұл жұмыстың жаңалығы болып табылады.

Кілтті сөздер: есептеу торы, алгоритм, геофизиканың тура есебі, жер беті бедері.

КІРІСПЕ

Бүгінгі күнде есептеу торларын құратын көптеген жүйелер, бағдарламалық жабдықтамалар және дайын кітапханалар бар [1, 2]. Осындай құралдар коммерциялық болып табылады, яғни бұнда, есептеу торын автоматты түрде құруға бағытталған, алгоритмдер мен әдістер көп жағдайда қолданушыдан жасырын болады. Сонымен қоса олар үлкен тапты есептерді шешуге арналған, ал модельді ортаның ерекше шарттарын енгізгенде көптеген қиыншылықтар тууы мүмкін [3, 4].

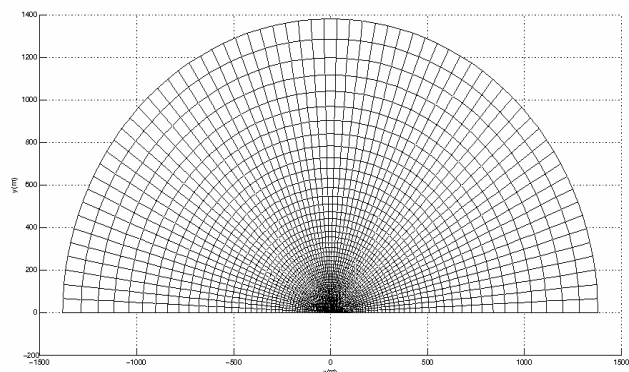
Бедер – Жер бетіндегі әр түрлі табиғи процесстердің дамуының себебінен болатын басты факторлардың бірі. Ол беттік науа мен бөктердің құрылу ерекшеліктерін анықтайды және түсетін күндік радиацияны үлестіріп, тіпті жергілікті аймақтарда да ландшафтілік саралауды құрады.

Дәстүрлі әдістермен бедер жайлы мәліметтер алу өте күрделі жұмыс, яғни ол көп жағдайда қандай да бір масштабтағы топографиялық негіздері бойынша морфометрлік карталар тізімін құруды қажет етеді. Сондықтан, қазіргі таңда, бедерді электронды түрде көрсету кеңінен қолданылады [5]. Яғни ол, физикалық процесстерді математикалық модельдеуге мүмкіндік беретін, жер бедеріне есептеу торын тұрғызуды білдіреді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Тұрақты токпен электрлік зондтаудың тура есебін интегралдық теңдеулер әдісімен шешу үшін екінші реттік ток көздерін аппроксимациялауға, интегралдық теңдеулерді дискретизациялауға және кезекті алгебралық теңдеулер жүйесін есептеуге арналған жер бетін ұшықтарға бөлетін тор құрылады. Қарастырылатын есепте тор құрудың басты шарттары: қоректендіруші электрод орнынан логарифмдік кеңейюі, жердің бедерлі бетіне торды салу және жер бетімен қоректендіруші электродты жылжыту мүмкіндігі болып табылады.

[6] жұмысында бірқалыпты торда және логарифмдік масштабта кеңейтілген бірқалыпты емес торда потенциалды есептеу нәтижелері салыстырылды. Қоректендіруші электрод маңында тағыздандырылған бірқалыпты емес торда есептеудің салыстырмалы дәлдігі, бірқалыпты тордағы шешімдермен салыстырғанда, әлдеқайда жоғары екендігі көрсетілген. Жер бетіне ток тығыздығының үлестірімін сипаттау үшін қоректендіруші электрод орнына және жердің бедерлі бетінің формасына бейімдеген радиусы бойынша логарифмдік масштабта кеңейетін тор тұрғызамыз. Бастапқыда тор түйіндерінің координаталары, жер бедеріне байланысты, полярлық координаталық жүйеде анықталады (Сурет 1). Бедерді осындай түрде беру вертикальді құламалар мен ойықтарды қамтитын жер бедерінің күрделі құрылымын параметрлеуге мүмкіндік береді.



Сурет 1 – Жер бедеріне байланысты полярлық координаталық жүйедегі есептеу торы.

(ϕ_i, r_i) координаталарын анықтау үшін бастапқы мәндер мен әр $(h\phi, hr)$ координатасы қадамы беріледі. Бұрыш бойынша кадам $h\phi = \text{const}$ тұрақтысымен, ал радиус бойынша логарифмдік кеңейтілумен анықталады. Радиус бойынша логарифмдік кеңейтілетін кадам $\Gamma: r' = \ln(1+r)$ – интегралдық облысында айнымалыларды алмастыру арқылы есептеледі. Полярлық координаттар жүйесінде анықталған (ϕ_i, r_i) декарттық координаталық жүйесінде есептеліп $(x_i, y_i), Z_i = f(X_i, Y_i)$ жер бедері ескеріле (X_i, Y_i, Z_i) тор түйіндері координаталары есептеледі.

Z_i координаталарын $z = f(x, y)$ жер бедері функциясы арқылы анықтайды. Жер бедері функциясын аналитикалық беруге болады. Мысалы, жер бедері моделін жартылай сфералы дөңес түрінде беру үшін $z = \sin(x) + \cos(y)$ функциясын қолдануға болады және т.с.с. Жер бедерін осындай түрде беру арқылы есептеулер жүргізу өте ыңғайлы, бірақ тәжірибеде жер бедерінің параметрлері эксперимент жүргізу арқылы анықталады.

Вертикальді электрлік зондау әдісінде жер бетінің бедері зерттеу профиль (электродтар арасындағы қашықтық) бойымен кадам арқылы және қарастырылып отырған профиль маңында орналасқан қабылдаушы электродтар биіктігімен анықталады. Жер бедерін осылай анықтау арқылы функция мәндері кестесін құруға болады. Функция мәніне сәйкес биіктіктер $-z_j (j = 1..k)$, ал оғын сәйкес аргументтерді $-x_j$ және y_j профиль бойынша кадам арқылы беруге болады. Кесте түрінде берілген функционалдық тәуелділікті аппроксимациялаудың негізгі әдістерінің бірі сплайн – функциясы негізінде интерполяциялау болып табылады [7].

Тор түйіндеріндегі мәндерді интерполяциялау үшін кубтық интерполяциялық сплайнды қарастырамыз. Бірақ біздің функциямыз екі айнымалыдан тәуелді болғандықтан, осы әдістің кеңейтілімі болатын сплайнмен бикубтық интерполяциялау әдісін қолданамыз. Бикубтық интерполяциялау кезінде ізделінді нүктедегі функция мәні оның маңындағы он алты нүктедегі мәндері көмегімен есептеледі. Мысалы, $[0,1] \times [0,1]$ квадраты ішінде орналасқан $P(x, y)$ нүктесіндегі $f(x, y)$ функциясының мәнін интерполяциялау қажет және f функциясының мәндері оның маңындағы он алты нүктеде анықталған $(i, j), i = -1...2, j = -1...2$. Онда интерполяцияланған бетті анықтайтын функцияның жалпы түрін келесідей жазуға болады:

$$p(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j \tag{1}$$

Барлық a_{ij} коэффициенттерін табу үшін жоғарыда аталған он алты нүктедегі функция коэффициенттерін қолдану қажет. Енді (1) теңдеуді матрицалық түрде жазамыз:

$$M\alpha^T = \varphi^T \tag{2}$$

Мұнда,

$$\alpha = [a_{00} \ a_{01} \ a_{02} \ a_{03} \ a_{10} \ a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{20} \ a_{21} \ a_{22} \ a_{23} \ a_{30} \ a_{31} \ a_{32} \ a_{33}]$$

$$\varphi = [f(-1,-1) \ f(0,-1) \ f(1,-1) \ f(2,-1) \ f(-1,0) \ f(0,0) \ f(1,0) \ \dots \ f(2,2)]$$

$$M = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 2 & -2 & 2 & -2 & 4 & -4 & 4 & -4 & 8 & -8 & 8 & -8 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 & 4 & 8 & 8 & 8 & 8 \\ 1 & 2 & 4 & 8 & -1 & -2 & -4 & -8 & 1 & 2 & 4 & 8 & -1 & -2 & -4 & -8 \\ 1 & 2 & 4 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 4 & 8 & 1 & 2 & 4 & 8 & 1 & 2 & 4 & 8 & 1 & 2 & 4 & 8 \\ 1 & 2 & 4 & 8 & 2 & 4 & 8 & 16 & 4 & 8 & 16 & 32 & 8 & 16 & 32 & 64 \end{bmatrix}$$

Келесі сызықты алгебралық теңдеулер жүйесін есептеп барлық a_{ij} коэффициенттерін айқын түрде табуға болады:

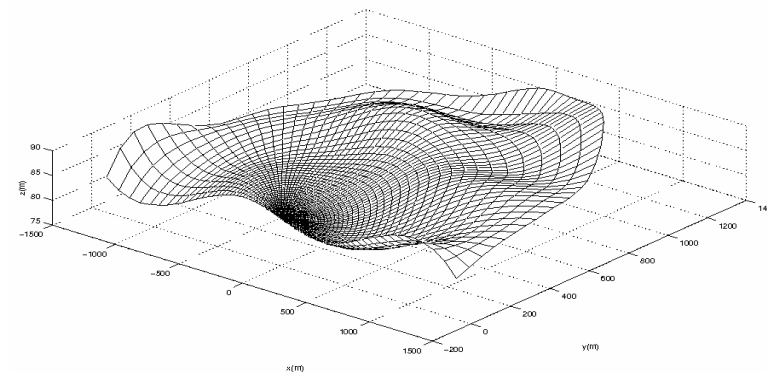
$$\alpha^T = M^{-1} \varphi^T \quad (3)$$

Осындай әдіс функция өзінің және оның екінші ретті туындысының ұяшықтар шектерінде үзіліссіз болуын қамтамасыз етеді, бірақ бірінші ретті туындысы ұяшықтар шектерінде үзілісті болуы мүмкін. Функцияның өзінің және оның бірінші ретті туындысының үзіліссіздігін қамтамасыз ету үшін бастапқы өрнекке функция мәндерін және оның ортаңғы ұяшықтар шыңындағы x пен y бағыттары бойынша бірінші ретті туындыларының мәндерін қою қажет. Туындылар орталық айырым бойынша есептеледі. Туындыларды қойылуы үшін өрнек сәйкесінше дифференциалдануы қажет [8].

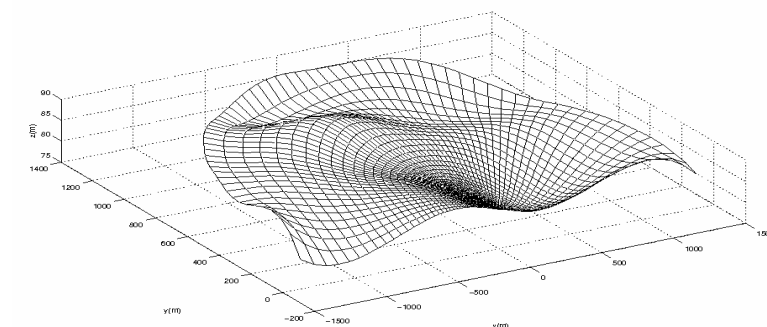
Кестеде тәжірибелік тұрғыда алынған мәліметтер келтірілген. Бұнда $z_j = z(x_j, y_j)$ $j = 1...66$ кестелік функция ретінде, ал x_j мен y_j сәйкес аргументтері ретінде қарастырылады. Кестелік функцияның графигі 2 және 3 суреттерде екі түрлі ракурсте бейнеленген.

Кесте 1 – $z_j = z(x_j, y_j)$ кестелік функциясының мәндері (барлық мәндер қамтылмаған)

j	1	2	3	4	5	6	7	...
x_j	0.000	1.072	2.223	3.456	4.779	6.197	7.719	...
y_j	0.000	0.883	1.829	2.844	3.933	5.100	6.352	...
z_j	84.394	84.385	84.376	84.366	84.355	84.344	84.332	...
...	32	33	34	35	36	37	38	...
...	114.577	123.948	133.998	144.776	156.334	168.730	182.023	...
...	94.295	102.008	110.278	119.148	128.661	138.862	149.802	...
...	83.761	83.736	83.713	83.694	83.679	83.670	83.668	...
...	59	60	61	62	63	64	65	66
...	839,925412	901,832708	968,223881	1039,424	1115,780	1197,668	1285,486	1379,665
...	691,245063	742,193768	796,832632	855,429	918,269	985,661	1057,934	1135,442
...	87,1642883	86,4270391	85,3262958	84,066	82,953	82,429	83,107	85,814



Сурет 2 – Тәжірибелік мәліметтер негізінде құрылған жер бедерінің құрылымдық торы (Оң жақ ракурс)



Сурет 3 – Тәжірибелік мәліметтер негізінде құрылған жер бедерінің құрылымдық торы (Сол жақ ракурс)

ҚОРЫТЫНДЫ

Жоғарыда айтылғандар негізінде келесідей қорытынды жасауға болады. Жер бедеріне автоматты түрде есептейтін тор тұрғызу алгоритмі және компьютерлік бағдарлама құрылды. Бұл тор нақты шарттар бере отырып үш өлшемді геофизикалық модельдермен жұмыс жасауға, ортаның байланыс шекараларын іс жүзінде бұзбай ескеруге мүмкіндік береді және жоғары дәлдікпен есептеу жүргізуді қамтамасыз етеді. Құрылған алгоритм геофизикалық есептерді шешу үшін автоматты түрде есептейтін 3D тор тұрғызу технологиясын дамытуға бағытталған.

1 **Данилов, А. А.** Способы построения трёхмерных поверхностных триангуляций и тетраэдральных сеток // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – Т. 65. – № 1. – С. 87–92.

2 **Чугунов, В. Н.** Алгоритм построения конформной квази-иерархической треугольной сетки, слабо δ -аппроксимирующей заданные ломаные // Ж. Выч. Мат. и Мат. Физ. – 2009. – Т. 49. – № 5. – С. 874–878.

3 <http://www.unity3d.ru/distribution/viewtopic.php>.

4 <http://www.hpfem.jku.at/netgen/>.

5 **Mal'tsev, K. A.** Digital modeling of landforms by cubic parabolas. - Geomorphology RAS. – 3. 2006. – P. 30-36. – DOI:10.15356/0435-4281-2006-3-30-36.

6 **Орунханов, М. К., Муканова, Б. Г., Сарбасова, Б. К.** Численная реализация метода потенциалов в задаче зондирования над наклонным пластом. // Вычислительные технологии. Специальный выпуск: Труды Совещания российско-казахстанской рабочей группы по вычислительным и информационным технологиям. – Т. 9. – 2004. – С. 45-48.

7 **Самарский, А. А., Гулин, А. В.** Численные методы. – М.: Наука, 1989.

8 https://en.wikipedia.org/wiki/Bicubic_interpolation.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

A. Tulegenova, T. Mirgalikyzy

Алгоритм автоматического построения трехмерной расчетной сетки для задач геофизических исследований

Евразийский национальный университет
имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

A. Tulegenova, T. Mirgalikyzy

Algorithm of automatic construction of the 3D computational grid for geophysical research problems

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 13.02.17.

В статье рассматривается построение расчетной сетки в области, где исследуется физический процесс, для решения прямой задачи электрического зондирования постоянным током. Чтобы расчеты велись быстрее и точнее, по сравнению с классическими

методами, рассматривается адаптированная на поверхность неравномерная сетка. В результате был разработан алгоритм построения сетки на дневной поверхности для трехмерных моделей и компьютерная программа для автоматизации процесса. Применение изложенного алгоритма в исследованиях структур неоднородных сред позволяет практически без искажений учитывать форму рельефа и контактных границ среды и способствует высокой точности расчета полей и кажущихся сопротивлений, что является новизной работы.

The research examines construction of the computational grid in the region where the physical process is investigated to solve the direct problem of electrical prospecting by direct current. The grid irregularly adapted to ground surface is considered to make faster and more accurate calculations compared with classical methods. As a result, the algorithm for construction of the grid on a relief ground surface for three-dimensional medium and a computer program for automating the process was developed. Application of the examined algorithm in studies of structures of inhomogeneous media allows to take into account the shape of the relief without any distortion and contact boundaries of the medium and contributes to the high accuracy of calculating fields and apparent resistivity, which is a novelty of the work.

М. З. Якубова¹, Т. Г. Сериков²

¹т.ғ.д., профессор, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.; ²PhD докторанты, «Электротехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасы, Қ. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу институты, Алматы қ.
е-mail: ¹mubor149@rambler.ru; ²tansaule_s@mail.ru

IP PBX ASTERISK NOW НЕГІЗІНДЕ ӨЗІРЛЕНГЕН ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ

Бұл мақалада RedHat компаниясының CentOS 6.5 дистрибутивінің басқарылуымен жұмыс жасайтын Asterisk Now қондырылды. Asterisk Now программасының негізінде есептеуіш желі арнасын құру эксперименті жасалынды, осыдан IP ATC Asterisk Now программасының артықшылықтары анықталды. Осындай желінің сипаттамалары мен параметрлерін зерттеу мақсатында Opnet Modeler v.14. программасының пакетінде JVC IP PBX Asterisk Now моделі жиналды.

Кілтті сөздер: Wi-Fi, сымсыз байланыс жүйесі, адрес, желілік құрылғылар, сервер, Asterisk NOW.

КІРІСПЕ

IP PBX программасын қолдану ТКЖ-да корпоративтік байланысты ұйымдастыру саласында өзекті мәселенің бірі болып табылады. Бағдарламалық АТС Asterisk Now негізінде сапалы жергілікті-есептеу желілерін жобалау үшін желілерге қойылатын барлық талаптарды есепке алу қажет. Сондай-ақ, міндеттің шешімін желілердің имитациялық құрастырылуы арқылы шешім табу өзекті проблема болып табылады [1], өйткені мұндай модель болашақ жоспар құруға, болашақта жүйенің жүзеге асырылуын және дамуын анықтайды, құрылған желілерді және желілік ықтимал болашақ проблемалары пайдалану және дамыту, желілік жабдықтың дұрыс жұмыс істелуін және әр-түрлі жағдайларда жұмыс істеу мүмкіншілігін тексеруге, жаңа технологиялар мен механизмдерін зерттеуіне, ең бастысы, имитациялық модельдеу құралдарының арқасында қаражатты айтарлықтай үнемдеуге жол ашылады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Asterisk келесі құрамдас бөліктерді пайдаланады:

- CentOS Windows жүйесі.
- Қатты дисктен RAID-деректер.
- Asterisk FreePBX дистрибутиві.

Windows және жылдам жад - IP телефония серверінің негізгі сипаттамасы. Шағын кенсе үшін (10 клиентке дейін) процессоры 1 ГГц және 2 Гб жад жеткілікті болып табылады. [1] Егер бір уақытта жасалынатын қоңыраулар саны көп болатын болса, сервер құрылымын нақты есептеу қажет.

Телефония сервері үшін UPS үздіксіз қоректендіру қорын қамтамасыз ету қажет. Ол серверді кернеу өзгерісінен ғана қорғап қоймай, сонымен қатар жалпы IP-телефония жұмысының үздіксіздігін қамтамасыз етеді [2].

1 суретте келтірілген сызбалар келесі құрылғылардың жұмыс жасауы кезінде қолданылады:

- Asterisk сервері;
- рұқсат нүктесі;
- дербес компьютерлер (ДК) клиенттер;
- сыртқы Wi-Fi құрылғылары;
- ішкі Wi-Fi құрылғылары.



Сурет 1 – Asterisk серверінің пайдаланушымен сымсыз желі арқылы байланысын ұйымдастырудың құрастырылған сызбасы

Сервер – бұл пайдаланушылар компьютерінен өнімділігі жоғары, бұзылыстардан қауіпсіз, пайдаланушылар компьютерлерінен алынған деректерді өңдеуге арналған компьютер болып табылады [3].

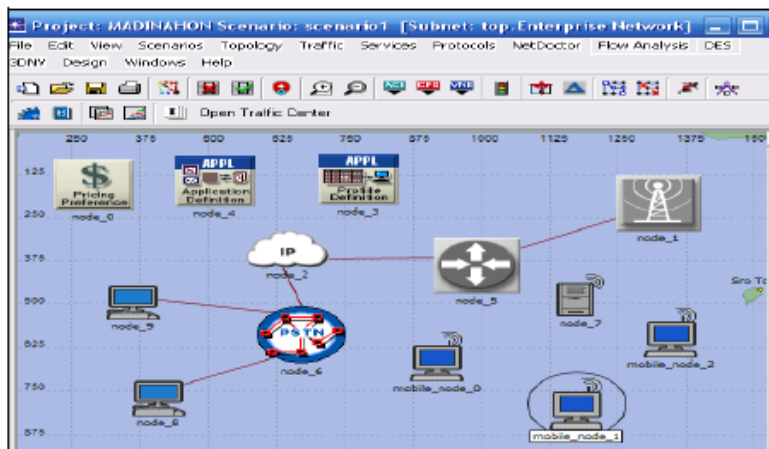
Толық жұмыс істейтін Asterisk серверін дайындау үшін, оның болашақта орындайтын міндеттерін қатаң белгілеу қажет. Әдетте, ол міндеттер жүйелерді өңдеудің техникалық тапсырмасында беріледі. Әдетте сервердің бағдарламалық қамтамасыз етілуі өзіне LAMP-құрылғыны қосады (Linux +

Apache + PHP + MySQL). Тапсырыс берушімен қолданыс кезінде серверде файервол және прокси-сервер ретке келтіріліп тұруы тиіс.

IP АТС бағдарламалығы VoIP телефониясы сервері үшін негіз, тірек болып табылады. АТС бағдарламалығы негізінде, қоңыраулардың таралуы бағыттарымен, дауыс мәзірімен, телефондық келіссөздер бейнелерімен ұйымдастырылған, кеңселік телефонияның қажетті құрылымы өңделеді [4].

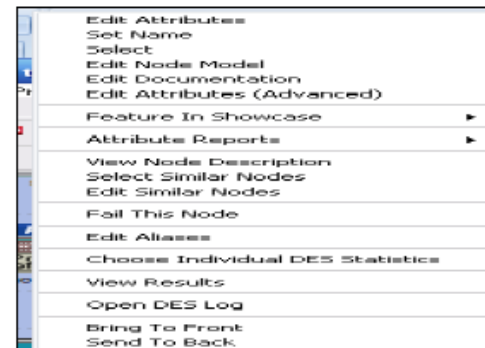
Сыртқы Wi-Fi адаптер, ақпаратты жіберудің құрылғылары – радиоарна және желіні басқарудың құрамдас бөліктері – рұқсат нүктесімен көмегімен, компьютерге жергілікті-есептеу желілерінің басқа да компоненттерімен жұмыс атқаруға рұқсат беретін, аяқталған құрылғы болып табылады [5].

IP PBX Asterisk негізінде жергілікті-есептегіш желіні модельдеу бойынша экспериментті жүргізу үшін жұмыс үстелінде, 2 суретте көрсетілгендей, оның моделін жасаймыз.



Сурет 2 – OpnetModeler v.14 бағдарламалар пакетінің жұмыс үстелінде IP PBX Asterisk негізіндегі ЛВС моделі терезесі

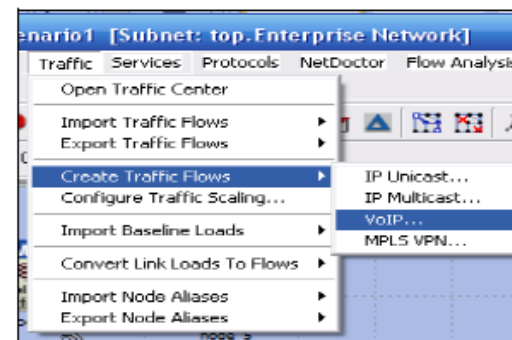
Одан әрі, Edit-Preference-Repositories-OK бас мәзірінде басу арқылы, IP PBX Asterisk негізінде құралған ЛВС модельдеу үшін бағдарламалар пакетін қолданудың деректер қорын ұсынамыз. Келесі қадамда модельдеп отырған желінің құрамдас бөліктерімен айналысамыз. Ол үшін меңзерді қажетті түйінге (node) әкеліп, тінтіурдің оң батырмасын басамыз, 3 суретте көрсетілген секілді PSTN, сервер, бағдарлауыш және басқалар үшін Attributes терезесі шығады.



Сурет 3 – ЛВС IP PBX Asterisk құрамдас бөліктерінің жабықтауын реттеу терезесі

Тәжірибені әрі қарай трафикті түрлендіріп орындаймыз. OPNET Modeler 14 иммитацияланған трафикті жоспарлау кезінде, оны төменде көрсетілген түрлері арасынан таңдау ұсынылады [6].

Ең алдымен, 4 суретте көрсетілгендей, Traffic – Create traffic flows бас мәзіріндегі VoIP батырмасын басу арқылы, ұсынылған трафиктер арасынан VoIP таңдаймыз.

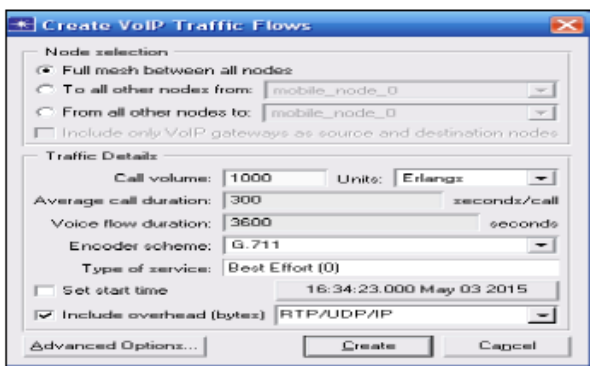


Сурет 4 – Трафикті орнату

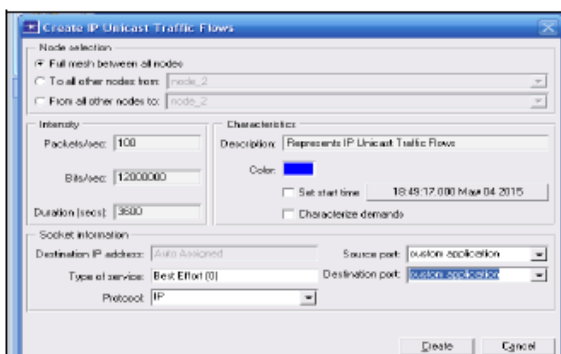
Ары қарай, жасанды түрлендіріліп отырған трафик үшін параметрлерді таңдаймыз.

Ол үшін, 3 суретте трафикті таңдаудан алынған 4 сурет параметрлерін талдау қажет, онда Set start time терезесінде модельді өткізуді белгілеу үшін айырып көрсетеміз. Одан кейін Create пиктограммасын басамыз.

Осылайша, трафиктің басқа түрін жасауды түрлендіреміз, мысалы IP Unicast трафигі, 5 және 6 суретте көрсетілгендей, технология бойынша VoIP трафигін түрлендіру кезіндегідей жұмыстар атқарылады.

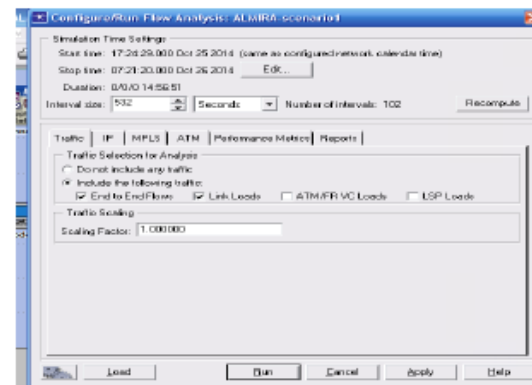


Сурет 5 – VoIP жүктемесі бойынша модельдеу параметрлерін реттеу



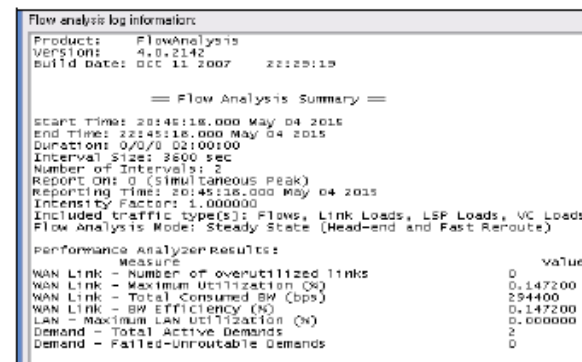
Сурет 6 – IP Unicast жүктемесі үшін модельдеу параметрлерін жасау терезесі

Ары қарай, модельді жұмыс барысын айдап өтуге көшеміз (прогон). Ол үшін, жалпы айдап шығуды орындау мақсатымен, бағдарламаның бас мәзіріне оралып Configure/Run flow analiz (6 сурет) пиктограммасына басамыз және RUN батырмасына басып, 7 суретте көрсетілген модельдеу нәтижелерін аламыз.



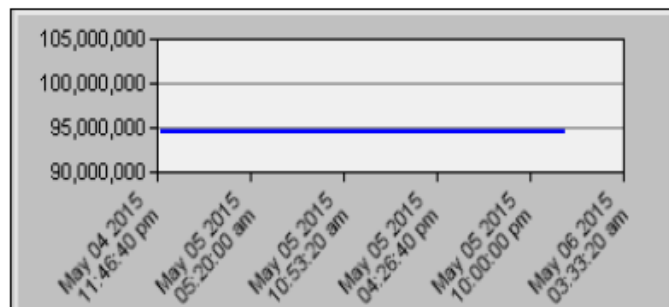
Сурет 7 – Модельді айдап шығу параметрлері белгіленген терезе

Осыдан келесі қорытындыға келеміз: құрастырылған желі тұрақты жұмыс атқарады, утилизацияланған пакеттер аз, қажетті тиімділік желіні кеңейтуді орындай алу жағдайында тұр.



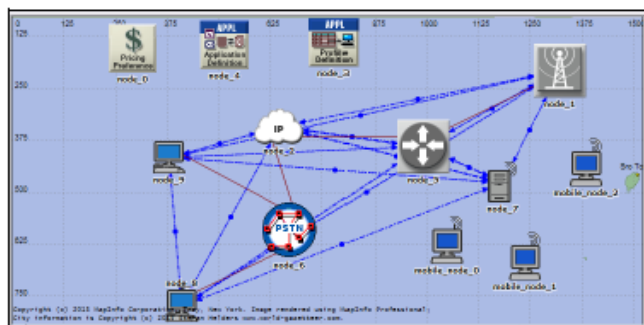
Сурет 8 – Модельдеу нәтижелерінің терезесі

Енді модельдеу нәтижесінде алынған статистикалық деректерді өңдеуге көшеміз. Ол үшін TRAFIC және Open traffic centure терезелеріне басып, 8 суретте көрсетілген модельдеу нәтижелерін аламыз.



Сурет 9 – Модельдеудің барлық уақыты бойынша жіберілген трафик көлемі

Суретте жинақталған желінің тұрақты жұмыс істеуі көрсетілген, ол модельдеу уақыты ішінде жүктеменің көлемінің өзгермеуімен дәлелденеді.



Сурет 10 – Құрылғылар арасындағы байланыс терезесі

10 суреттен желінің құрамдас бөліктері арасындағы жұмыс істеп тұрған байланысты көреміз.

ҚОРЫТЫНДЫ

1 Модельдеудің құрастырылған әдістемесі, Opnet Modeler v.14 бағдарламалар пакеті негізінде, Asterisk-те ЛВС моделін жасау кезінде, желілерді шынайы жобалауда қажет болатын, трафиктің таратылу заңдарының түрлерін, серверде кідіріс уақытын және т.б. параметрлерді көрсетуді қолдана отырып, желінің өнімділігін зерттеуге болады.

2 Asterisk Now негізінде рұқсат нүктесінде трафикті көлемін есептеу жүргізілді. Бұндай желінің сипаттамасын және параметрлерін зерттеу үшін

Opnet Modeler v.14 бағдарламалар пакетінде, ЛВС IP PBX Asterisk Now моделі әзірленді. Opnet Modeler v.14 бағдарламалар пакетінде, ЛВС модельдеуін жүргізу негізінде модельдеу уақыты кезінде желіні өткізу, модельдеу процессінде желіден өткен биттердің жалпы саны, желі компоненттері арасында жүктемені тарату, осындай желінің өнімділігін анықтау, серверде жүктемені анықтау секілді сипаттамалар алынды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Кульгин, М.** Технологии корпоративных сетей. – Спб. : Питер, 1999. – 988-101 с.
- 2 **Гольдштейн, Б. С., Ехриель, И. М., Рерле, Р. Д.** Интеллектуальные сети. – М. : Радио и связь, 2000. – 38-47 с.
- 3 **Кузнецов, А. Е., Пинчук, А. В., Суховицкий, А. Л.** Электрические машины [Текст] // Построение сетей IP-телефонии. – 2000. – №6. – С. 37-41.
- 4 **Основы автоматической коммутации [Текст] : учебное пособие для ВУЗов / сост. Аваков Р.А.** – М. : Энергия, 1980. – 90 с.
- 5 **Кордонский, Э. Б.** Цифровая телефония. – М. : Радио и связь, 1986. – 27-29 с.
- 6 **Кожанов, Ю. Ф.** Основы автоматической коммутации. – Спб. : ГУАП, 1999. – 168 с.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

М. З. Якубова¹, Т. Г. Сериков²

Анализ и моделирование эффективности разработанных телекоммуникационных сетей на базе IP PBX Asterisk NOW

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы;

²Казахский национальный исследовательский институт имени К. Сатпаева, г. Алматы.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

M. Z. Yakubova, T. G. Serikov

The analysis and modeling of efficiency of the developed telecommunication networks on the basis of IP PBX Asterisk NOW

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty;

²K. Satpayev Kazakh National Research Institution, Almaty.

Material received on 13.02.17.

В процессе выполнения данной работы был произведен выбор и установка Asterisk Now под управлением дистрибутива CentOS 6.5 компании RedHat. Разработан и проведен эксперимент по созданию и функционированию локально вычислительной сети на основе Asterisk Now в процессе, которого выявлены все преимущества программной IP ATC Asterisk Now. Для исследования характеристик и параметров такой сети разработана модель ЛВС IP PBX Asterisk Now на пакете программ Opnet Modeler v.14.

In the course of this research the choice and installation of the Asterisk Now under control of the CentOS 6.5 distribution kit of the RedHat company was made. The experiment on creation and functioning of local computer network on the basis of Asterisk Now during which all advantages of program IP ATC Asterisk Now are revealed is developed and created. The IP PBX Asterisk Now LAN model on the software package of Opnet Modeler v.14 is developed for a research of characteristics and parameters of such network.

ЭОЖ 621.396.67

М. З. Якубова¹, Т. Г. Сериков²

¹т.ғ.д., профессор, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.; ²PhD докторанты, «Электротехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасы, Қ. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу институты, Алматы қ.
e-mail: ¹mubor149@rambler.ru; ²tansaule_s@mail.ru

ASTERISK ҚОРЫНДА IP-ТЕЛЕФОНИЯ ЖЕЛІЛЕРІН ДЕРЕКТЕРДІ ҰСТАП ҚАЛУДАН ҚОРҒАУ

Мақалада телефонияның қауіпсіздігін Asterisk программасының негізінде клиенттердің деректерін жасаулап алудан қамтамасыз ету амалын сипаттайды. Байланыс анализаторы ретінде Wireshark программалық өнім алынған. Программалық телефон және клиенттік база ретінде сынақ жүргізілген ноутбуктар, компьютерлер және гаджеттер алынған.

Кілтті сөздер: IP телефониясы, сымсыз байланыс жүйесі, адрес, сымсыз шабуыл, сервер, портал, Asterisk.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта ақпараттық технологиялардың рөлі арту үстінде. Ақпарат өз кезегінде үлкен құндылыққа айналып отыр, ал заманауи технологиялар, қымбат техника мен жабдықтауды қажет етпей, оны жер шарының кез келген нүктесіне жеткізуге мүмкіндік береді. Сондықтан ақпаратты беру және қабылдау сұрақтары алдыңғы қатарға шығып отыр.

Ең көп таралған IP-телефония жүйелерінің бірі Asterisk IP-телефония жүйесі болып табылады. Бұл жүйе IP-телефонияның әртүрлі хаттамаларымен жұмыс жасауға мүмкіндік береді, қызметтердің кең ауқымын қамтамасыз етеді, бағдарламалауға жақсы көнеді, сонымен қатар кең таралған болып табылады.

Asterisk-ге көбіне SIP хаттамасы қолданылады. Бұл хаттама қарапайымдылықпен (HTTP хаттамасына ұқсастығымен (HyperText Transfer Protocol)), көлік хаттамаларынан тәуелсіздігімен, TCP/IP хаттамалары интеграциясымен, басқа хаттамалармен жұмыс жасау мүмкіндігімен ерекшеленеді. Сондықтан бұл мақалада телефонияның осы хаттамасы қарастырылған.

Ақпарат бағасының өсуімен, оны қорғау қажеттілігі өсе түседі. Абоненттердің құпиялылығын қамтамасыз ету үшін тартысуды талап ететін, ақпаратты қағып алудың көптеген әдістері бар. Пайдаланушылардың

деректерінің осалдығын көрсету үшін Wireshark бағдарламасын пайдаланайық.

Wireshark – ең танымал және қуатты заманауи желілік анализаторлардың бірі болып табылады. Ол трафикті ұстап қалу, кадрлар, пакеттер атауын талдау және т.б. сонымен қатар беріліп отырған деректерді қарап шығу мүмкіндігіне ие.

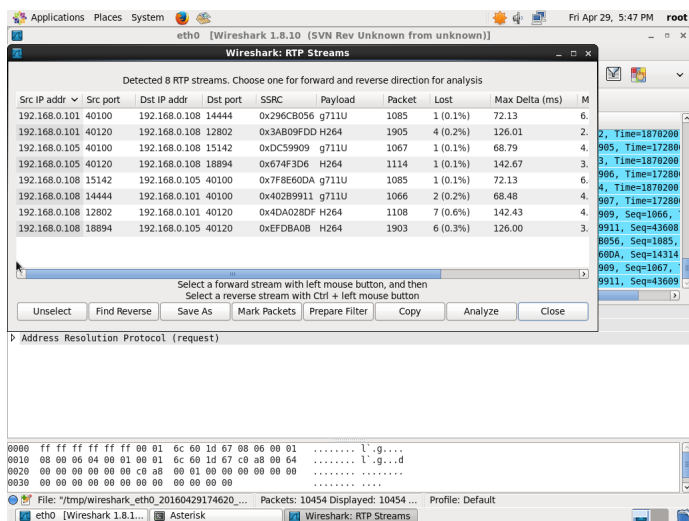
НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Жоғарыда айтылған программаларды пайдалана отырып, ақпаратты ұстап қалудың мысалын қарастырайық. Ол үшін Asterisk-тің екі пайланушысы арасында шифрлаусыз қоңырау жасалды. IP-телефония серверінде орнатылған Wireshark деректерді ұстап қалуды орындап отырады.

Ұстап қалынған деректерді бақылау нәтижесінде келесі фактілер анықталды.

Біріншіден, SIP хаттамасының кадрларын бақылау және қарап шығуға болады (соның ішінде пайдаланушылар деректері). Құпиясөз MD5 алгоритмі арқылы шифрланады, сондықтан оны ашық түрде оқып шығуға болмайды, бірақ пайдаланушылардың белсенділігін бақылау мүмкіндігі бар.

Екіншіден, әңгімелердің өздерін ұстап қалу мүмкіндігі бар. Қоңырау аяқталғаннан кейін Wireshark-та «Telephony» мәзірін таңдау іске асырылады, онда «RTP» және «Show all streams» тармақшалары бар. Бағдарлама ағындарды көрсетеді (сурет 1).



Сурет 1 – Wireshark-пен ұсталынып қалған RTP ағындары

«Analyze» батырмасын басудан соң Wireshark таңдалынып отырған ағынды талдауды кадрлар бойынша көрсетеді. Осында ағында сақтау мүмкіндігі бар (Save payload батырмасы). Ағынды сығылмаған деректер форматында (.raw) немесе аудиоформатта (.au) сақтауға болады (соңғысы аудиокодека G.711 үшін дәл).

Жоғарыда айтылған бойынша, пайдаланушылар трафигін қорғау үшін қосымша шаралар қажет. Asterisk-те телефония трафигіннің ұстап қалудан қорғау механизмдері ескерілген. Ол үшін TLS және SRTP хаттамаларының байламы пайдаланылады.

TLS (Transport Layer Security) – қауіпсіз қосылымды орнату жолымен, ақпаратты пакет желілері арқылы жіберу кезінде, сақтауды қамтамасыз ететін, OSI үлгісінің бесінші сеанстық деңгейінің хаттамасы.

Хаттама келесі жолмен жұмысты атқарады. Клиент серверге қосылуды орнатуға сауалды жолдайды, сонымен қатар шифрлаудың қолжетімді хаттамалары жайында мағлұмат жібереді. Сервер бұл мағлұматты алып, қауіпсіз қосылымның параметрлерін анықтайды (негізінде, ең жақсы алгоритм таңдауды жүргізеді). Одан соң ол клиентке ашық кілтпен куәлікті жібереді. Клиент деректердің кездейсоқ тізбегін шифрлайды және серверге жібереді. Сервер тізбекті дешифрлеуді орындайды және қателер мен шалыстықтар болмаған жағдайда, қауіпсіз қосылымды орнату іске асырылады.

Хаттама ассиметриялық шифрлауды қолданады. Бұл, ашық кілтпен шифрланған деректердің шифрын жабық кілті бар жақ қана аша алады. Бұл жағдайда ондай жақ сервер болып табылады.

SRTP (Secure Real-time Transport Protocol) – шифрлау, деректерді ауыстырудан қорғау, RTP хаттамасымен жіберілген деректердің тұтастығын сақтауға арналған, көліктік деңгей хаттамасы. Онда AES (Advanced Encryption Standard) шифрлары қолданылады. TLS хаттамасын қолдану, SRTP қауіпсіз арнасын орнату процессін қорғау үшін қажет.

Asterisk бұл хаттамаларды арнайы модульдер, атап айтқанда res_srtp.so модулі, арқылы қолдануға мүмкіндік береді. Бұл модуль кейбір дистрибутивтерге (мысалы, AsteriskNOW) кіріктірілген және пайдалануға дайын. Asterisk жеке орнатылған жағдайларда, осы модульді алып, Asterisk-ті модульмен қайта жинау қажет.

Куәліктерді генерациялау үшін ast_tls_cert скрипті ескерілген. Ең алдымен скриптті орнату қажет, ол wget http://svn.asterisk.org/svn/asterisk/branches/11/contrib/scripts/ast_tls_cert командасымен орындалады. Бұл скрипті Asterisk деректерінің svn-қоймасынан жүктеуге мүмкіндік береді.

Скрипті жүктеуден соң, оны қолдануға көшеміз. Скрипт жүктелінген папқадан, /ast_tls_cert-C 192.168.0.106-O kontora-d /etc/asterisk/keys командасын іске қосамыз. 192.168.0.106 мекенжайымен, kontora ұйымның

атауымен сервер үшін куәліктер /etc/asterisk/keys директориясына туындатылады.

Ары қарай, клиенттерге арналған куәлітерді туындату қажет. /ast_tls_cert-m client-c /etc/asterisk/keys/ca.crt-k /etc/asterisk/keys/ca.key-O kontora-d /etc/asterisk/keys-o 5002 командасын іске қосамыз. Kontora ұйымының ca.crt куәлігі, ca.key кілті үшін туындатылған, 5002 клиентке арналған кілтті аламыз; /etc/asterisk/keys папкасында келесі файлдар болады: asterisk.key, asterisk.csr, asterisk.crt, asterisk.pem, 5002.pem, 5002.key, 5002.csr, 5002.crt, ca.key, ca.crt, ca.cfg, tmp.cfg.

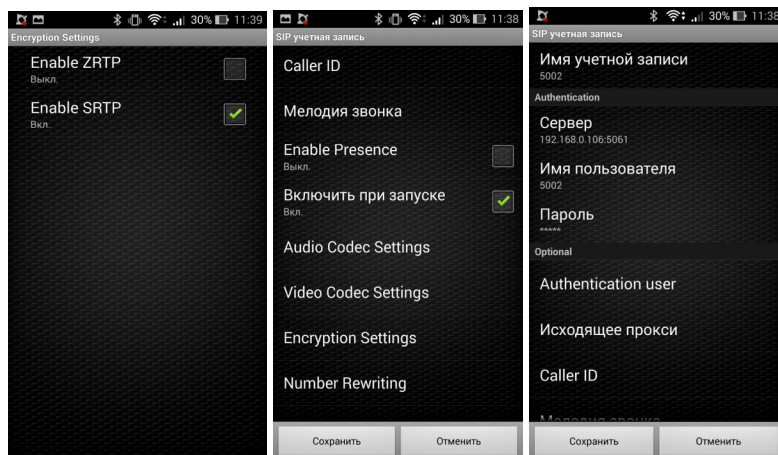
Ары қарай сервер кескіндемесін жасаймыз. Барлық өзгерістерді sip.conf файлына енгізеді.

«General» секциясында біз TLS қолдауын, мекенжай және портты, куәлік пен кілт файлдарын орнатамыз, шифрлауды іске қосамыз және Asterisk үшін қосымша командаларды енгіземіз.

TLS жұмысын openssl s_client-connect 127.0.0.1:5061 командасы арқылы тексеруге болады. Шифрлау параметрлерімен, куәлікпен, кілтпен командалардың қорытындысы қамтамасыз етілуі тиіс. Мұнда біз TLS пайдалануды және шифрлауды орнатамыз (SRTP іске қосамыз).

Келесі кезең – клиенттерді реттеу. Клиенттер TLS және SRTP. Клиенттерді реттеуді қарастырайық.

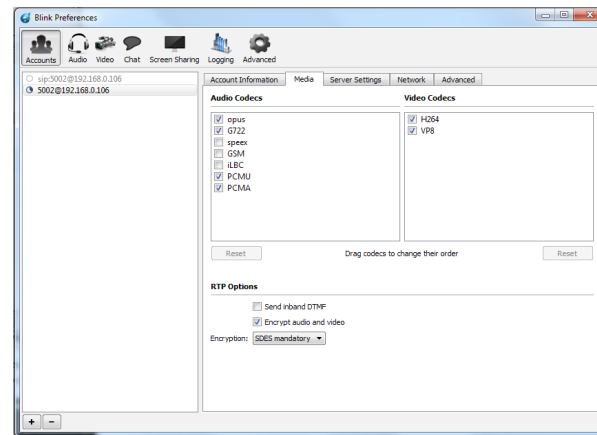
Мобильді клиентті Zoiper реттеу үшін, оның негізгі реттемелерін жасап, SRTP іске қосу қажет (бұл ретте бағдарлама TLS хаттамасын іске қосуды сұратады, онымен келісу қажет). Сонымен қатар сервер мекенжайын 5061 порт номерімен толықтыру қажет (мекенжайдан кейін қос нүкте арқылы). Реттемелер скриншоты 2 суретте көрсетілген.



Сурет 2 – TLS және SRTP арналған VoIP by Antisip реттемелері

Реттеуді сақтаудан соң клиенттік бағдарлама серверде тіркелуі тиіс.

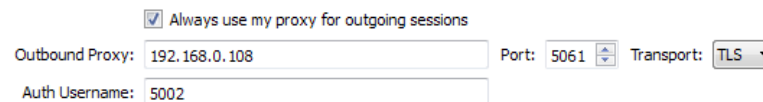
Blink реттемелері TLS іске қосуды және міндетті түрде шифрлауды талап етеді. Ең алдымен міндетті шифрлау «Media» мәзірінде іске қосылады (сурет 3).



Сурет 3 – Blink шифрлауды іске қосу

Одан әрі «Server Settings» мәзірінде сервер мекенжайы, порт номері, TLS көлігін таңдау енгізіледі (сурет 4).

SIP Proxy



Сурет 4 – Серверді реттеу

«Network» мәзірінде TLS таңдау жүргізіледі, ал «Advanced» мәзірінің «Certificate File» тармағында клиент куәлігі файлына өту жолы жазылады (сурет 5).

TLS Settings

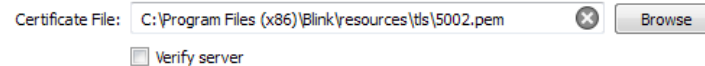
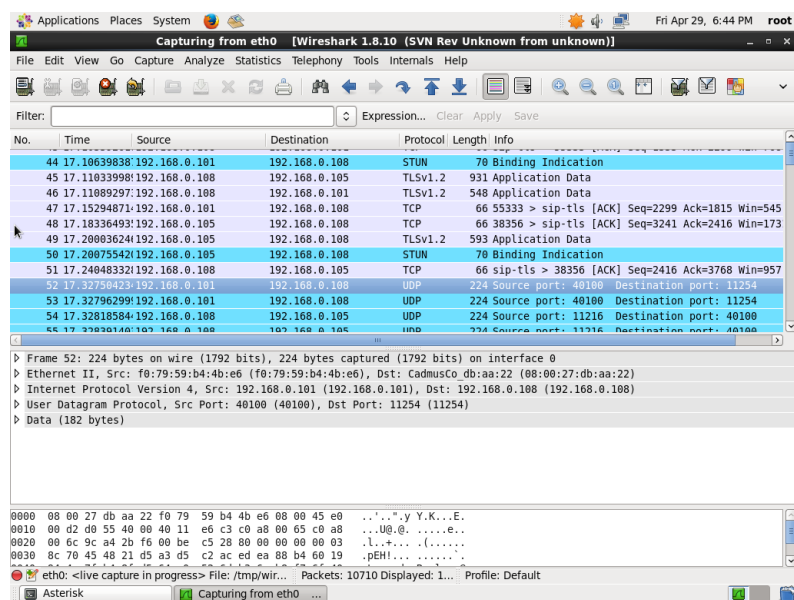


Рисунок 5 – Куәлікті таңдау

Бағдарламаның «Advanced» мәзірінде (өткен реттеулер аккаунттар мәзірінде орындалған) қажетті портпен TLS хаттамасы іске қосылып тұрады және куәлік таңдалады.

Енді қоңырауды жүзеге асыру кезінде TLS хаттамасы көмегімен қауіпсіз сеансты ұйымдастыру орындалады, ал деректер SRTP көмегімен шифрланады. Ұстап қалынған ағын UDP ағыны ретінде ұсынылады. Енді ұстап қалынған пакеттермен Wireshark терезесі 6 суретте ұсынылған. Бұл жағдайда Wireshark RTP ағындарын танымайды және талдай алмайды, ал деректердің өзі шифрланған. Пайдаланушылар деректерін зиянкестерден қорғау жүзеге асырылды.

TLS және SRTP-ды қолдау барлық заманауи IP-телефония үстемелерінде мәлімденген. Осы себептен деректер хаттамалары байламдары телефония трафиктерін қорғау үшін қолданылады. Бұл, деректерді ұстап қалуды қадағалау және алдын алу қиынға түсетін күрделі желілік құрамаларда ерекше өзекті болып табылады. Берілген технологиялар ақпаратты сақтауды қамтамасыз етеді, сонымен қатар оларды қолдану жаңа аппараттық құралдарды қажет етпейді және бағдарламалық деңгейде орындалады.



Сурет 6 – ұстап қалудан қорғалған график

ҚОРЫТЫНДЫ

1 Asterisk-тің екі пайланушысы арасында шифрлаусыз қоңырау кезінде SIP хаттамасының кадрларын бақылауын шектеу үшін TLS және SRTP хаттамаларының байламын пайдалана отырып, қауіпсіз қосылымды орнатуға болады.

2 TLS және SRTP хаттамаларының байламы қауіпсіз болған жағдайда RTP хаттамасымен жіберілген деректердің тұтастығын сақтауға арналған қосымша SRTP енгізіледі. Онда AES шифрлары мен TLS хаттамасын қолданылудың арқасында SRTP арнасы толықтай қорғауға алынады.

3 Asterisk Now дистрибутивтерге айтқанда res_srtp.so модулін орнату арқылы қолданушылардың ақпаратын (трафик, конференция, файл) арнайы командаларды енгізу көмегімен шифрлеуге мүмкін болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Назаров, И.** Пропускная способность в IP-сетях: расчет и выбор сетевого оборудования // Ежемесячный электронный онлайн журнал «Системы безопасности» – 2013. – № 6(10) [Электронный ресурс]. – http://compsovet.info/magazine/security_systems

2 **Гольдштейн, Б. С., Пинчук, А. В., и др.** IP-телефония – М. : Радио и коммуникация, 2001. – 336 с.

3 **Якубова, М. З.** Разработка топологии сетевой атаки на основе пакета программ Wireshark // ПОИСК Международный научный журнал-приложение РК. Серия естественных и технических наук // Высшая школа Казахстана. – 2013. – № 2(2) [Электронный ресурс]. – <http://www.aipet.kz/article/facultet/frts/ikt/15/9.pdf>

4 **Гольдштейн, Б. С., Соколов, Н. А., Яновский, Г. Г.** Коммуникационные сети. – Спб. : «БХВ – Санкт-Петербург», 2010. – 400 с.

5 **Якубова, М. З.** Разработка критериев и требований по информационной безопасности // ПОИСК Международный научный журнал-приложение РК Серия естественных и технических наук. – 2013. – № 2 (2) [Электронный ресурс]. – http://szgmu.ru/upload/files/Документы%20кафедр/СБОРНИК_ОЗИЗ_2013.pdf.

Материал 13.02.17 баспаға түсті.

Защита сетей IP-телефонии на базе Asterisk от перехвата данных¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы;²Казахский национальный исследовательский институт имени К. Сатпаева, г. Алматы.

Материал поступил в редакцию 13.02.17.

Protection of IP-Telephony networks on the basis of Asterisk from interception of data¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty;²K. Satpayev Kazakh National Research Institution, Almaty.

Material received on 13.02.17.

В данной статье решается вопрос обеспечения безопасности телефонии на базе Asterisk от перехвата данных клиентов. В качестве сетевого анализатора используется программное обеспечение Wireshark. В качестве софтверных и клиентской базы рассмотрены ноутбуки, компьютеры, и гаджеты, на котором проходит испытание.

In this article the issue of safety of telephony on the basis of Asterisk from interception of the clients date is resolved. As the network analyzer the software of Wireshark is used. As softfon and client base laptops, computers, and gadgets on which passes test are considered. Communication of clients with the server passes through a wireless point of WiFi access. The attacking device is the laptop on which the software package of CommView for WiFi is established.

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», пристрастных 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 **10-12 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. **УДК** по таблицам универсальной десятичной классификации;
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, место работы** (учебы), **город** (страна для зарубежных авторов);
4. E-mail;
5. **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*);
6. **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 – 30-150 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

7. **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);

8. **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 ссылаться 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 самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

9. **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).

10. **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.

11. **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.**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	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	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861

УДК 316:314.3

А. Б. Есімова

к.п.н., доцент, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Яссави, г. Туркестан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщин сквозь призму семейно-родственных связей. 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

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения

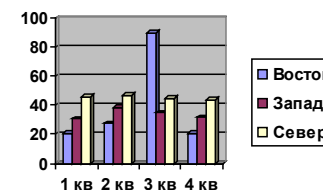


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

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

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық казак-түрік университеті, Түркістан қ.

A. B. Yessimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлқында айырмашылықтарын талдайды.

In the given article the author analyzes distinctions of reproductive behavior of married women of Kazakhstan through the prism of the kinship networks.

Теруге 14.02.2017 ж. жіберілді. Басуға 28.02.2017 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 17,4 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
Тапсырыс № 3013

Сдано в набор 14.02.2017 г. Подписано в печать 28.02.2017 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 17,4 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
Заказ № 3013

«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