



С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университетінің ғылыми журналы
Научный журнал Павлодарского государственного
университета имени С. Торайғырова

1997 ж. құрылған
Основан в 1997 г.



İ İ Ó
ÕÀÁÀÐØÛÑÛ
ÃÃÑÒÍ ÈÊ Ì ÃÓ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

2 2014

Научный журнал Павлодарского государственного университета
имени С. Торайгырова

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации
№ 14310-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан
17 апреля 2014 года

Кислов А.П., к.т.н., доцент (главный редактор);
Леньков Ю.А., к.т.н., доцент (зам. гл. редактора);
Акаев А.М., магистр (отв. секретарь);

Редакционная коллегия:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, зав. каф. НГТУ (г. Новосибирск, Россия);
Боровиков Ю.С., к.т.н., профессор Национального исследовательского
ТПУ, проректор-директор Энергетического института (г. Томск, Россия);
Глазырин А.И., д.т.н., профессор;
Горюнов В.Н., д.т.н., профессор ОмГТУ, директор Энергетического
института (г. Омск, Россия);
Говорун В.Ф., д.т.н., профессор;
Захаров И.В., д.т.н., профессор;
Клецель М.Я., д.т.н., профессор;
Никифоров А.С., д.т.н., профессор;
Тастенов А.Д., к.т.н., доцент;
Хацевский В.Ф., д.т.н., профессор;
Нургожина Б. В. (тех. редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.
Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.
Рукописи и дискеты не возвращаются.
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

МАЗМҰНЫ

| | |
|--|-----|
| Аринов Е. Математикалық тектониканың кейбір қолданбалы есептері..... | 9 |
| Аринов Е., Испулов Н.А. Екі қабатты сфералық дененің негізгі кернеулі-деформациялық жағдайын анықтау..... | 12 |
| Айсаев С. У., Аринов Е., Диярова Л. Д. Қамбалық мұнайды және мұнай қалдықтарын бу жылуы өдісімен тазалау | 17 |
| Алтыбасаров К. М. MATLAB жүйесі арқылы Солтүстік Қазақстан аймақтары үшін эффективті жел электрлі қондырғыларын анықтау (бірінші бөлім)..... | 28 |
| Алтыбасаров К. М. MATLAB жүйесі арқылы Солтүстік Қазақстан аймақтары үшін эффективті жел электрлі қондырғыларын анықтау (екінші бөлім) | 37 |
| Анарбаев А. Е., Молдахметов С. С. Күн модулінің параметрлеріне аңдудың жүйесі | 46 |
| Булыга Л. Л., Булыга Л. Л., Сагидулла Д. С., Кислов А. П., Талипов О. М., Марковский В. П. «Станция Экибастузская ГРЭС-2» АҚ энергетикалық зерттелуі..... | 54 |
| Булыга Л. Л., Булыга Л. Л., Сагидулла Д. С., Кибартас В. В., Талипов О. М., Кислов А. П., ААҚ «Омскводоканал» сумен қамту және суды қашықтатуының жүйесінің энергетикалық зерттеуі..... | 68 |
| Волошанин О. Г., Марковский В. П., Акаев А. М. Қазақстанда жаңғыртылатын энергетиканы дамытудың экономикалық аспектілері | 76 |
| Говорун В. Ф., Говорун О. В., Говорун Д. В., Акаев А. М., Падруль Н. М., Аяганов А. Н., Жарасов С. С. Стандартты емес жағдайларда ауаның тесілу механизмдерін нақтылау ... | 81 |
| Есхожин Д. З., Ахметов Е. С., Нөкешев С. О. Өздігінен тазаланатын себуші тазалағышы параметрлерінің теориялық және эксперименттік байланыстары | 92 |
| Зубарев А. В., Никифоров А. С., Приходько Е. В. Органикалық отынның қазан агрегаттар оттықтарында жағу сапасын тексеру | 101 |
| Исабеков Д. Д., Марковский В. П. Энергожүйенің автоматикасы және релелік қорғаудың микропроцессорлық құрылғысын қолдану мүмкіндігін кеңейту | 105 |
| Кислов А. П., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Жаңартылатын көздер негізінде электрмен жабдықтауда аккумуляторлық жинақтауды қолдану мүмкіндігі | 112 |

| | |
|--|-----|
| Кислов А. П., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Аккумуляторлық жинақтауышпен инвертор топологиясын таңдау | 117 |
| Кислов А. П., Марковский В. П., Талипов О. М., Кабдуалиева М. М., Кривко Л. И., Сагидулла Д. С. Кері тізбектілік бойынша кернеу симметриялық еместігі коэффициентінің өлшенген стандартты емес мәндерін түзету туралы гипотезасы | 125 |
| Кислов А. П., Талипов О. М., Акаев А. М., Амренова Д. Т., Марковский В. П., Кривко Л. И., Сагидулла Д. С. Торпаптар бойынша таралатын кондуктивті электрмагниттік тосқауылдарды зерттеудің тәсілдемесі | 132 |
| Кислов А. П., Талипов О. М., Акаев А. М., Игонин С. И., Сагидулла Д. С. Кері тізбектілік бойынша кернеу симметриялық еместігінің коэффициенті бойынша кондуктивті электрмагниттік тосқауылдарды есептеудің алгоритмі | 136 |
| Косынтаева А. К., Рындин В. В. «Атасу-Павлодар» мұнайөткізгішінде «Атасу» БАМС жаңарту | 140 |
| Муқанова Б. Ф., Мирғалиқызы Т. Георадиолокация есептеріне арналған синтетикалық радарограммаларды тұрғызу | 149 |
| Муханов М. А. Павлодар облысында жел энергетикасының даму әлеуеті | 156 |
| Пястолова И. А., Тлеуов А. Х., Акаев А. М. Энергия көздерін жаңартуды қолдануда энергиямен қамтамасыз етудің будан жүйесі | 160 |
| Табылов А. У. Теңіз портындағы жұмысты оперативтік жоспарлауды оңтайландыру есебінің қойылуы және талдау | 166 |
| Өтеғұлов Б. Б., Өтеғұлов А. Б., Уахитова А. Б., Жақыпов Н. Б., Баранов А. С. Тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылау құрылғысын топтастыру | 173 |
| Біздің авторлар | 180 |
| Авторлар үшін ереже | 184 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Аринов Е. Некоторые прикладные задачи математической тектоники | 9 |
| Аринов Е., Испулов Н. А. Определение основного напряженно-деформированного состояния двухслойного сферического тела | 12 |
| Айсаев С. У., Аринов Е., Диярова Л. Д. Термический способ очистки амбарной нефти и нефтешлама | 17 |
| Алтыбасаров К. М. Определение эффективных ветроэлектрических установок, для регионов Северного Казахстана, в среде MATLAB (часть первая) | 28 |
| Алтыбасаров К. М. Определение эффективных ветроэлектрических установок, для регионов Северного Казахстана, в среде MATLAB (часть вторая) | 37 |
| Анарбаев А. Е., Молдахметов С. С. Система слежения за параметрами солнечного модуля | 46 |
| Булыга Л. Л., Булыга Л. Л., Сагидулла Д. С., Кислов А. П., Талипов О. М., Марковский В. П. Энергетическое обследование АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2» | 54 |
| Булыга Л. Л., Булыга Л. Л., Сагидулла Д. С., Талипов О. М., Кислов А. П., Кибартас В. В. Энергетическое обследование системы водоснабжения и водоотведения ОАО «Омскводоканал» | 68 |
| Волошанин О. Г., Марковский В. П., Акаев А. М. Экономические аспекты развития возобновляемой энергетики в Казахстане | 76 |
| Говорун В. Ф., Говорун О. В., Говорун Д. В., Акаев А. М., Падруль Н. М., Аяганов А. Н., Жарасов С. С. Эффективность работы электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения | 81 |
| Есхожин Д. З., Ахметов Е. С., Нукешев С. О. Теоретические и экспериментальные зависимости параметров чистика самоочищающегося высевающего аппарата | 92 |
| Зубарев А. В., Никифоров А. С., Приходько Е. В. Контроль качества сжигания органического топлива в топках котлоагрегатов | 101 |
| Исабеков Д. Д., Марковский В. П. Расширение возможностей применения микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики энергосистем | 105 |
| Кислов А. П., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Необходимость применения аккумуляторных накопителей в электроснабжении на основе возобновляемых источников | 112 |

| | |
|--|-----|
| Кислов А. П., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Выбор топологии инвертора с аккумуляторными накопителями | 117 |
| Кислов А. П., Марковский В. П., Талипов О. М., Кабдуалиева М. М., Кривко Л. И., Сагидулла Д. С. Гипотеза о корреляции измеренных нестандартных значений коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности | 125 |
| Кислов А. П., Талипов О. М., Акаев А. М., Амренова Д. Т., Марковский В. П., Кривко Л. И., Сагидулла Д. С. Методология исследования кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по сетям | 132 |
| Кислов А. П., Талипов О. М., Акаев А. М., Игонин С. И., Сагидулла Д. С. Алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности | 136 |
| Косынтаева А. К., Рындин В. В. Модернизация ГНПС «Атасу» на нефтепроводе «Атасу – Павлодар» | 140 |
| Муканова Б. Г., Миргаликызы Т. Генерация синтетических радарограмм для задач георадиолокации | 149 |
| Муханов М. А. Перспектива развития ветроэнергетики в Павлодарской области | 156 |
| Пястолова И. А., Тлеуов А. Х., Акаев А. М. Гибридная система энергообеспечения с использованием возобновляемых источников энергии | 160 |
| Табылов А. У. Постановка и анализ оптимальных задач оперативного планирования работы морских портов | 166 |
| Утегулов Б. Б., Утегулов А. Б., Уахитова А. Б., Жакипов Н. Б., Баранов А. С. Классификация устройств контроля целостности пробивного предохранителя | 173 |
| Наши авторы | 180 |
| Правила для авторов | 184 |

CONTENT

| | |
|---|-----|
| Arinov E. Some applied problems of mathematical tectonics | 9 |
| Arinov E., Ispulov N.A. The definition of the basic stress-strain condition of the double layer spherical body | 12 |
| Aisaev S. U., Arinov E., Diyarova L. D. Thermal way of clearing of petroleum of barn oil and oilslam | 17 |
| Altybassarov K. M. Determination of effective wind turbines, for regions of Northern Kazakhstan, in the environment of MATLAB (the first part) | 28 |
| Altybassarov K. M. Determination of effective wind turbines, for regions of Northern Kazakhstan, in the environment of MATLAB (the second part) | 37 |
| Anarbaev A., Moldakhmetov S. The solar module parameters tracking system | 46 |
| Bulyga L. L., Bulyga L. L., Sagidulla D. S., Kislov A. P., Talipov O. M., Marcovsky V. P. Power survey of JSC «Ekibastuz GRES-2» | 54 |
| Bulyga L. L., Bulyga L. L., Sagidulla D. S., Kibartas V. V., Talipov O. M., Kislov A. P. Power survey of water supply and water leads of «OmskVodokanal» | 68 |
| Voloshanin O., Marcovsky V., Akayev A. Economic aspects of renewable energy in Kazakhstan | 76 |
| Govorun V. F., Govorun O. V., Govorun D. V., Akayev A. M., Padrul N. M., Ayaganov A. N., Zharasov S. S. Performance of electricity transmission in bilateral voltage regulation | 81 |
| Eskhozhin D. Z., Akhmetov E. S., Nukeshev S. O. Theoretical and experimental dependences of the parameters of self-cleaning sowing device scraper | 92 |
| Subarew A. V., Nikiforov A. S., Prikhodko E. V. Quality control of the burning of fossil fuels in the furnaces of boilers | 101 |
| Isabekov D. D., Marcovsky V. P. The expansion of application possibilities of microprocessor devices of relay defence and power grids automation | 105 |
| Kislov A. P., Kaidar A. B., Marcovsky V. P., Shapkenov B. K. Need of battery storage in electricity based on renewable sources | 112 |
| Kislov A. P., Kaidar A. B., Marcovsky V. P., Shapkenov B. K. Alternative of inverter topology with accumulators | 117 |
| Kislov A. P., Marcovsky V. P., Talipov O. M., Kabdualieva M. M., Krivko L. I., Sagidulla D. S. Hypothesis of correlation of the measured non-standard values of the coefficient of voltage unbalance on negative sequence | 125 |

Kislov A. P., Talipov O. M., Akayev A. M., Amrenova D. T., Marcovsky V. P., Krivko L. I., Sagidulla D. S.

Research methodology of conducted electromagnetic emissions spread across networks 132

Kislov A. P., Talipov O. M., Akayev A. M., Igonin S. I., Sagidulla D. S.
Algorithms for calculating conducted electromagnetic interference by stress asymmetry factor on negative sequence 136

Kosyntaeva A. K., Ryndin V. V.
Modernization of HOPS «Atasu» at the pipeline «Atasu-Pavlodar» 140

Mukanova B., Mirgalikyz T.
Generation of synthetic radargrams for GPR problems 149

Mukhanov M. A.
The prospect of wind energy development in Pavlodar region 156

Pyastolova I., Tleuov A., Akayev A.
Hybrid power supply system using renewable energy sources 160

Tabylov A. U.
Raising and analysis of optimal tasks of operative planning of marine ports work 166

Utegulov B. B., Utegulov A. B., Uahitova A. B., Zhakipov N. B., Baranov A. S.

The classification of the control device of the breakdown fuse 173

Our authors 180

Rules for authors 184

УДК 539.3

Е. Аринов

НЕКОТОРЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕКТОНИКИ

В статье исследованы некоторые задачи тектонических процессов.

Результаты исследования устойчивости наследственно-упругих сферических тел имеют применение в технике, связанное с уточнением расчетов на прочность емкостей сферической формы, нефте- и газохранилищ. Эти результаты могут быть использованы и при механико-математическом моделировании длительных глобальных тектонических процессов в земной коре. К моменту потери устойчивости относят начало нарушения сплошности литосферы.

В приложении к проблемам глобальной тектоники особое значение имеет учет влияния заполнителя на процесс потери устойчивости. Следует отметить, что при исследовании устойчивости полого шара с заполнителем наследственно-упругая модель с двухпараметрическим ядром ползучести [1] ранее успешно использованная для описания поведения горных пород Донецкого, Карагандинского и Кузнецкого каменноугольных бассейнов с успехом может быть применена и для исследования тектонических процессов.

В самом деле, по мнению Г. Джеффриса [2] закон ползучести

$$\varepsilon = \frac{P}{\mu} \left\{ 1 + \frac{q}{\alpha_1} \left[(1 + \alpha t)^{\alpha} - 1 \right] \right\}, \quad (1)$$

названный им модифицированным законом Ломница является наиболее приемлемым для описания поведения материала Земли. Здесь P - касательное напряжение; ε - деформация сдвига; μ - модуль сдвига; q и α_1 - постоянные ползучести. Покажем, что для сравнительно больших значений времени t этот закон совпадает с примененным в настоящей работе. Для указанных значений времени деформация ползучести пропорциональна t^{α_1} , а существенными из параметров ползучести являются лишь параметры $q\alpha^{\alpha_1}$ и. В этом случае

$$\varepsilon = \frac{P}{\mu} \left(1 + \frac{q\alpha^{\alpha_1}}{\alpha_1} t^{\alpha_1} \right). \quad (2)$$

Для растягивающего напряжения σ деформация растяжения ε , в соответствии с законом (2), имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left(1 + \frac{q\alpha^{\alpha_1}}{\alpha_1} t^{\alpha_1} \right), \quad (3)$$

где E - модуль Юнга.

Обратимся к выражению для деформации, определяемой в одно-осном случае интегральным соотношением [1,3]

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E} \left[\sigma(t) + \int_0^t L(t, \tau) \sigma(\tau) d\tau \right], \quad (4)$$

где $L(t, \tau)$ – ядро ползучести.

Если физические свойства материала описываются уравнениями наследственной теории упругости, а в качестве ядра ползучести принять степенную функцию вида [1,3]

$$L(t, r) = \delta (t - r)^{-\alpha}, \quad (5)$$

где α, δ – параметры ползучести, $0 < \alpha < 1$, то закон (4) при $\delta = const$: переписывается так:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma}{E} \left(1 + \frac{\delta}{1 - \alpha_1} t^{1 - \alpha_1} \right). \quad (6)$$

Сопоставляя выражения (3) и (6) приходим к выводу, что они совпадают при

$$\delta = q\alpha^{\alpha_1}, \quad \alpha_1 = 1 - \alpha. \quad (7)$$

Параметры α и α_1 безразмерные величины, а размерности величин δ и $q\alpha^{\alpha_1}$ совпадают. Величина δ имеет размерность сек ^{α_1} , а величина $q\alpha^{\alpha_1}$ – сек ^{α_1} но согласно (7)

$$-\alpha_1 = \alpha - 1$$

Сопоставим численные значения вышеуказанных параметров.

В работе Г. Джеффриса [2] приведены такие значения: $0,14 < \alpha_1 < 0,21$ в среднем $\alpha_1 = 0,19$. Величина $q\alpha^{\alpha_1} = 0,00054$ сек ^{α_1} .

В монографии Ж. С. Ержанова [1] параметр α меняется в пределах: $0,67 < \alpha < 0,75$, что отвечает $0,25 < \alpha_1 < 0,33$.

Для параметра δ указаны пределы $0,001 < \delta < 0,01$. Это данные лабораторных и натуральных исследований.

Таким образом, видим, что численные значения параметров ползучести α, δ и $(1 - \alpha_1), q\alpha^{\alpha_1}$, соответственно, близки между собой. Поэтому при решении задач математической тектоники как локальной, так и глобальной

при описании поведения материала Земли целесообразно пользоваться достаточно развитой еще с начала 60-х годов наследственной теорией упругости горных пород с двух параметрическим ядром ползучести (5) [1]. Значения параметров ползучести α и δ определены при этом как лабораторным путем при испытании образцов на изгиб и сжатие, так и с помощью натуральных наблюдений для различных горных пород Донецкого, Карагандинского и Кузнецкого каменноугольных бассейнов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Ержанов, Ж. С.** Теория ползучести горных пород и её приложения. – Алма-Ата : Наука, – 1964. – 175 с.
- 2 **Jeffreys, H.** Analitic processes in the shell //Geophys I.R. Soc. 1967. №14. P. 1-4.
- 3 **Работнов, Ю. Н.** Механика деформируемого твердого тела. – М. : Наука, – 1979. – 744 с.

Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган.
Материал поступил в редакцию 10.06.14.

Е. Аринов

Математикалық тектониканың кейбір қолданбалы есептері

О. А. Байқоңыров атындағы
Жезказған университеті, Жезказған қ.
Материал 10.06.14 редакцияға түсті.

E. Arinov

Some applied problems of mathematical tectonics

Zhezkazgan Baikonurov university, Zhezkazgan.
Material received on 10.06.14.

Мақалада тектоникалық үрдістерді зерттеудегі кейбір есептер қарастырылған.

Some problems of tectonic processes are discussed in this article.

Е. Аринов*, Н. А. Испулов**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХСЛОЙНОГО СФЕРИЧЕСКОГО ТЕЛА

В статье рассмотрена задача определения основного напряженно-деформированного состояния двухслойного сферического тела, которое необходимо при исследовании устойчивости.

Рассмотрим двухслойное сферическое упругое замкнутое тело, нагруженное по внешней сферической поверхности, равномерным давлением q и по внутренней поверхности $r = r_1$ - давлением P . На поверхности контакта $r = r_k$ примем условия жесткого сцепления.

Запишем граничные условия на внешней, контактной и внутренней сферических поверхностях [1]:

$$\begin{aligned} r_0(\bar{P}_{r1})_{r=r_0} &= -r_0 q \bar{e}_1 = -r_0 q (\bar{i}_1 \sin \theta \cos \theta + \bar{i}_2 \sin \theta \sin \lambda + \bar{i}_3 \cos \theta) = \\ &= r_0 q [\bar{i}_1 P_1^1(\cos \theta) \cos \lambda + \bar{i}_2 P_1^1(\cos \theta) \sin \lambda + \bar{i}_3 P_1^1(\cos \theta)] = \bar{Y}_1^{(0)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_k(\bar{P}_{r1})_{r=r_k} &= -\bar{r}_k(\bar{P}_{r1})_{r=r_k} = \bar{r}_k x \bar{e}_1 = \\ &= -r_k x [\bar{i}_1 P_1^1(\cos \theta) \cos \lambda + \bar{i}_2 P_1^1(\cos \theta) \sin \lambda + \bar{i}_3 P_1^1(\cos \theta)] = \bar{Y}_1^{(k)}, \end{aligned}$$

$$r_1(\bar{P}_{r1})_{r=r_1} = -r_1 P \bar{e}_1 = -r_1 P [\bar{i}_1 P_1^1(\cos \theta) \cos \lambda + \bar{i}_2 P_1^1(\cos \theta) \sin \lambda + \bar{i}_3 P_1^1(\cos \theta)] = \bar{Y}_1^{(1)}.$$

Здесь \bar{e}_1 – радиальный орт сферической системы координат; $\bar{i}_1, \bar{i}_2, \bar{i}_3$ – орты декартовой системы координат, r, θ, λ – сферические координаты, r – радиус, θ – коширота, λ – долгота; $P_1^1(\cos \theta)$ и $P_1^1(\cos \theta)$ – полином Лежандра первой степени и присоединенная функция Лежандра первой степени, первого порядка действительного аргумента; $\bar{Y}_1^{(0)}, \bar{Y}_1^{(k)}, \bar{Y}_1^{(1)}$ – сферические векторы; x – радиальное напряжение на контактной поверхности, подлежащее определению.

Гармонические векторы имеют вид во внешнем сферическом слое (ему отвечает индекс «I»):

$$\bar{\Pi}_r^{(1)I} = \frac{r_0^2 \bar{Y}_1^{(0)} - r_k^2 \bar{Y}_1^{(k)}}{r_0^3 - r_k^3} r_I,$$

$$\bar{\Pi}_r^{(-2)I} = \frac{r_0^{-1} \bar{Y}_1^{(0)} - r_k^{-1} \bar{Y}_1^{(k)}}{r_0^{-3} - r_k^{-3}} r_I^{-2},$$

или

$$\bar{\Pi}_r^{(1)I} = \frac{r_0^2(-r_0 q \bar{e}_1) - r_k^2(-r_k x \bar{e}_1)}{r_0^3 - r_k^3} r_I = -\frac{r_0^3 q - r_k^3 x}{r_0^3 - r_k^3} r_I \bar{e}_1 = a_I r_I \bar{e}_1,$$

$$\bar{\Pi}_r^{(-2)I} = \frac{r_0^{-1}(-r_0 q \bar{e}_1) - r_k^{-1}(-r_k x \bar{e}_1)}{r_0^{-3} - r_k^{-3}} r_I^{-1} = -\frac{q - x}{r_0^{-3} - r_k^{-3}} r_I^{-2} \bar{e}_1 = b_I r_I^{-2} \bar{e}_1.$$

$$\text{где } a_I = -\frac{r_0^3 q - r_k^3 x}{r_0^3 - r_k^3}; b_I = -\frac{q - x}{r_0^{-3} - r_k^{-3}}.$$

Перемещение во внешнем сферическом слое определяется по формуле

$$\begin{aligned} \bar{u}_I &= \frac{1}{2G_I} \left[\bar{\Pi}_r^{(1)I} - \frac{1}{1+m_I} \bar{r}_I \operatorname{div} \bar{\Pi}_r^{(1)I} - \frac{\bar{\Pi}_r^{(-2)I}}{2} \right] = \\ &= \frac{1}{2G_I} \left[a_I r_I \bar{e}_1 - \frac{1}{1+m_I} r_I \bar{e}_1 3a_I - \frac{b_I r_I^{-2} \bar{e}_1}{2} \right], \end{aligned}$$

$$m_I = \frac{1}{\nu_I},$$

ν_I – коэффициент Пуассона материала внешнего сферического слоя.

Гармонические векторы в подкреплении:

$$\bar{\Pi}_r^{(1)II} = \frac{r_k^2 \bar{Y}_1^{(k)} - r_1^2 \bar{Y}_1^{(1)}}{r_k^3 - r_1^3} r_{II},$$

$$\bar{\Pi}_r^{(-2)II} = \frac{r_k^{-1} \bar{Y}_1^{(k)} - r_1^{-1} \bar{Y}_1^{(1)}}{r_k^{-3} - r_1^{-3}} r_{II}^{-2},$$

или

$$\bar{\Pi}_r^{(1)II} = \frac{r_k^2(-r_k x \bar{e}_1) - r_1^2(-r_1 P \bar{e}_1)}{r_k^3 - r_1^3} r_{II} = -\frac{r_k^3 x - r_1^3 P}{r_k^3 - r_1^3} r_{II} \bar{e}_1 = a_{II} r_{II} \bar{e}_1,$$

$$\bar{\Pi}_r^{(-2)II} = \frac{r_k^{-1}(-r_k x \bar{e}_1) - r_1^{-1}(-r_1 P \bar{e}_1)}{r_k^{-3} - r_1^{-3}} r_{II}^{-2} = -\frac{x - P}{r_k^{-3} - r_1^{-3}} r_{II}^{-2} \bar{e}_1 = b_{II} r_{II}^{-2} \bar{e}_1.$$

$$\text{здесь } a_{II} = -\frac{r_k^3 x - r_1^3 P}{r_k^3 - r_1^3}; b_{II} = -\frac{x - P}{r_k^{-3} - r_1^{-3}}.$$

Перемещение в подкреплении II определим по формуле:

$$\begin{aligned} \bar{u}_{II} &= \frac{1}{2G_{II}} \left[\frac{\bar{\Pi}_r^{(1)II}}{1+m} - \frac{1}{1+m} \bar{r}_{II} \operatorname{div} \bar{\Pi}_r^{(1)II} - \frac{\bar{\Pi}_r^{(-2)II}}{2} \right] = \\ &= \frac{1}{2G} \left[a_{II} r_{II} \bar{e}_1 - \frac{1}{1+m_{II}} r_{II} \bar{e}_1 3a - \frac{b_{II} r_{II}^{-2} \bar{e}_1}{2} \right]. \end{aligned}$$

Перейдем к бесконечной весомай несжимаемой среде (в некоторой окрестности полости размером в пять-шесть ее радиусов среда предполагается невесомай [2]) и подкреплении, устремив радиус $r_0 \rightarrow \infty$ и положив $m_I = m_{II} = 2$ получим следующие выражения для перемещений \bar{u}_I и \bar{u}_{II} :

$$\bar{u}_I = \frac{1}{2G_I} \left(-\frac{b_I r_I^{-2} \bar{e}_1}{2} \right) = \frac{1}{2G_I} \left(-\frac{q-x}{r_k^{-3}} r_I^{-2} \frac{\bar{e}_1}{2} \right), \quad (1)$$

$$\bar{u}_{II} = \frac{1}{2G_{II}} \left(-\frac{b_{II} r_{II}^{-2} \bar{e}_1}{2} \right) = \frac{1}{2G_{II}} \cdot \frac{(x-p) r_{II}^{-2} \frac{\bar{e}_1}{2}}{r_k^{-3} - r_I^{-3}}. \quad (2)$$

При $r_I = r_{II} = r_k$ условия жесткого сцепления обеспечивает равенство:

$$\bar{u}_I = \bar{u}_{II}$$

или

$$\frac{1}{2G_I} \left(-\frac{q-x}{r_k^{-3}} r_I^{-2} \frac{\bar{e}_1}{2} \right) = \frac{1}{2G_{II}} \cdot \frac{(x-p) r_{II}^{-2} \frac{\bar{e}_1}{2}}{r_k^{-3} - r_I^{-3}}.$$

Отсюда находим неизвестную величину x :

$$x = \frac{G_{II} \left[1 - \left(\frac{r_k}{r_I} \right)^3 \right] q - p G_I}{G_{II} \left[1 - \left(\frac{r_k}{r_I} \right)^3 \right] - G_I}.$$

В случае несжимаемой вязкой среды и подкрепления, заменим модули сдвига G_I и G_{II} дифференциальными операторами $\eta_I \frac{d}{dt}$ и $\eta_{II} \frac{d}{dt}$ соответственно, где η_I и η_{II} – коэффициенты вязкости среды и подкрепления, $\frac{d}{dt}$ – временной дифференциальный оператор. Тогда

$$x = \frac{\eta_{II} \left[1 - \left(\frac{r_k}{r_I} \right)^3 \right] q - p \eta_I}{\eta_{II} \left[1 - \left(\frac{r_k}{r_I} \right)^3 \right] - \eta_I}. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1) и (2), найдем векторы скоростей перемещений \bar{u}_I и \bar{u}_{II} в среде и в подкреплении.

По соотношениям Коши находим компоненты скоростей деформаций и по соответствующим физическим зависимостям – напряжения в среде и в подкреплении.

Итак, вектор скорости перемещения в среде при $r_k \leq r_I < \infty$:

$$\bar{v}_I = \frac{1}{4\eta_I} \left(-\frac{q-x}{r_k^{-3}} r_I^{-2} \bar{e}_1 \right),$$

и в подкреплении $-r_I \leq r_{II} \leq r_k$,

$$\bar{v}_{II} = \frac{1}{4\eta_{II}} \frac{(x-p)}{r_k^{-3} - r_I^{-3}} r_{II}^{-2} \bar{e}_1,$$

где x определяется формулой (3).

Компоненты тензора скоростей деформаций в среде:

$$\xi_{r_I}^r = \frac{\partial v_I}{\partial r_I} = \frac{1}{2\eta_I} \frac{q-x}{r_k^{-3}} r_I^{-3}$$

$$\xi_{\theta I}^{\theta} = \xi_{\phi I}^{\phi} = \frac{v_I}{r_I} = \frac{1}{4\eta_I} \left(-\frac{q-x}{r_k^{-3}} r_I^{-3} \right),$$

компоненты тензора напряжений в среде:

$$\sigma_{r_I} = -q + (q-x) r_k^3 r_I^{-3},$$

$$\sigma_{\theta I} = \sigma_{\phi I} = -q - \frac{q-x}{2} r_k^3 r_I^{-3}.$$

Компоненты тензора скоростей деформации в подкреплении:

$$\xi_{r_{II}}^r = \frac{\partial v_{II}}{\partial r_{II}} = \frac{1}{2\eta_{II}} \frac{(p-x) r_{II}^{-3}}{r_k^{-3} - r_I^{-3}},$$

$$\xi_{\theta II}^{\theta} = \xi_{\phi II}^{\phi} = \frac{v_{II}}{r_{II}} = \frac{1}{4\eta_{II}} \frac{(x-p) r_{II}^{-3}}{r_k^{-3} - r_I^{-3}}.$$

Компоненты тензора напряжений в подкреплении:

$$\sigma_{r_{II}} = -\frac{r_k^3 x - r_I^3 p}{r_k^3 - r_I^3} - \frac{x-p}{r_k^{-3} - r_I^{-3}} r_{II}^{-3},$$

$$\sigma_{\theta II} = \sigma_{\phi II} = -\frac{r_k^3 x - r_I^3 p}{r_k^3 - r_I^3} + \frac{1}{2} \frac{x-p}{r_k^{-3} - r_I^{-3}} r_{II}^{-3}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лурье, А. И. Теория упругости. – М., 1970. – С. 939.
 2 Власов, В. З. Избранные труды. – М., 1962. – С. 528.

*Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган;

**Павлодарский государственный университет
 имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
 Материал поступил в редакцию 18.06.14.

Е. Аринов, Н.А. Испулов***

Екі қабатты сфералық дененің негізгі кернеулі-деформациялық жағдайын анықтау

*О. А. Байқоңыров атындағы
 Жезқазған университеті, Жезқазған қ.;

**С. Торайгыров атындағы
 Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
 Материал 18.06.14 редакцияға түсті.

Е. Arinov, N.A. Ispulov***

The definition of the basic stress-strain condition of the double layer spherical body

*Zhezkazgan Baikonurov university, Zhezkazgan.;
 **S. Toraighyrov Pavlodar state university, Pavlodar.
 Material received on 18.06.14.

Мақалада тұрақтылықты зердеуге қажетті екі қабатты сфералық дененің негізгі кернеулі-деформациялық жағдайын анықтау есебі қарастырылған.

The article considers the problem of determining the main stress-strain condition of the double layer spherical body, which is necessary in the study of stability.

УДК 532. 525.2

С. У. Айсаев*, Е. Аринов, Л. Д. Диярова***

ТЕРМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ АМБАРНОЙ НЕФТИ И НЕФТЕШЛАМА

В работе опубликованы технология соответствия требованиям товаров нефти при обработке амбарной нефти и нефтешламов.

Определены физическая модель очистки и её технологическая схема путем введения в нефтешлам поперечной струи очень горячих паров воды.

Представленные масса и математические уравнения закона сохранения энергии, доказывают достоверность технологии очистки амбарной нефти и нефтешламов.

Современные требования к защите окружающей среды остро ставят перед предприятиями нефтяной промышленности республики задачу снижения до минимума числа аварий при добыче и транспортировке нефти.

В нефтяных месторождениях Узень, Жетыбай скопились более 5 млн. тонн амбарной нефти и нефтешлама, образовавшиеся в результате аварий, нарушении технологического режима подготовки нефти и технической эксплуатации нефтяных скважин. Аэрофотосъемка показывает наличие более 3 тысяч амбаров разлитой нефти, которые загрязняют территорию нефтяных месторождений и оказывают негативное воздействие на окружающую среду. По самым минимальным оценкам территория Мангистау занята нефтяными амбарами порядка 3000 га земли. Воздух насыщен нефтяными парами, растительный покров на местах добычи нефти уничтожается, водные источники также загрязняются нефтепродуктами. На рекультивацию залитых нефтью земель и захоронения нефтешлама требуются большие материальные затраты, не говоря уже о больших потерях нефти. Всё это требует наряду с внедрением новой технологии добычи и переработки нефти проведения широкомасштабных работ по ликвидации нефтяных амбаров, шламонакопителей и очистки территории нефтяных месторождений от замазученных масс.

В то же время амбарная нефть – ценное углеводородное сырье, хотя в течение десятилетий в контакте с атмосферой она потеряла первоначальные качества. Она лишилась легких фракций и представляет собой затвердевшую аморфную массу. Более половины (57%) состава амбарной нефти составляют тяжелые фракции: вакуумный газойль и гудрон. Исследование физико-химических свойств отдельных дистиллятных фракций амбарной нефти

показало, что все полученные светлые фракции и вакуумный газойль могут быть использованы для производства моторных топлив.

Сводный материальный баланс нефтешлама, полученный в процессе экстракции, показывает, что содержание органической части в замазученной массе составляет 26,3%, т.е. в составе нефтешлама преобладают песок, глина и другие механические примеси. В органической части нефтешлама содержание легких фракций нефти незначительно, в основном он состоит из тяжелых фракций: вакуумного газойля и гудрона. Таким образом, данные лабораторного анализа показывают, что амбарная нефть и нефтешлам содержат углеводородную массу и являются ценным сырьем.

Решение проблемы требует, во-первых, извлечения и подготовки основного количества чистого органического топлива в амбарной нефти, во-вторых, нейтрализации замазученной массы, очистки породы от нефтеотходов с последующей переработкой продуктивного углеводородного сырья. В этой связи одной из важнейших задач нефтяной отрасли является разработка эффективной технологии утилизации и переработки амбарной нефти и нефтешлама.

Амбарная нефть представляет собой высоковязкую аморфную массу, которую необходимо либо разрезать на части и извлекать, либо разжижать и отсасывать, причем она очень вязкая и липкая. Поэтому наиболее эффективным способом является термическое воздействие. Нефть разжижается, становясь текучей, тогда её следует отбирать из амбара [1-3].

В настоящее время предложены различные способы термического воздействия на амбарную нефть. Во всех случаях амбарная нефть прогревается на небольшой поверхности и сопровождается потерей тепла. В этой связи повысить эффективность термического воздействия можно путем как интенсификации процесса разогрева, так и за счет увеличения подвергаемой тепловому воздействию площади амбарной нефти. Указанные обстоятельства проявляются при взаимодействии сверхзвуковой струи водяного пара с амбарной нефтью. За счет большой кинетической энергии сверхзвуковой струи водяного пара вспаривает и взрыхляет высоковязкую аморфную среду амбарной нефти. В дальнейшем струя водяного пара тормозится и конденсируется на холодных поверхностях амбарной нефти, передавая ей практически всю свою энергию – как механическую, так и тепловую (вместе с теплотой конденсации). Сверхзвуковая струя обладает большой эжекционной способностью, вовлекая в движение все новые слои нефтяной массы, и охватывает большую поверхность взаимодействия с амбарной нефтью. В результате температура нефти повышается, и она становится жидкой [4-9].

Для разработки технологии необходимо знать теплофизические характеристики, состав, материальные потоки и гранулометрический состав

исходных материалов, при этом использовались данные лабораторных исследований и справочной литературы.

Технология разработана для производительности 5000,0 кг/ч. пульпы при содержании в ней твердой фазы 40–10% вес. и нефти 50–20 мас. %. В принципе техническое решение можно использовать для любых концентраций исходных веществ и производительности пульпы.

Составы амбарной нефти и нефтешлама по данным лабораторных исследований приведены в таблице 1.

Для нагрева пульпы в качестве теплоносителя выбран пар с начальной температурой 200°C и давлением 16 атм (таблица 2). Подогрев необходим для снижения вязкости пульпы и более эффективного вымывания нефтешлама водой и осуществляется перед ее подачей в гидроциклон при 40-75°C.

Таблица 1 - Состав амбарной нефти и нефтешлама, мас. %

| Нефтешлам | значение | Амбарная нефть | . |
|----------------------|----------|--------------------------|----|
| Нефть | 30 | Нефть | 85 |
| Песок | 65 | Песок | 15 |
| Глина | 5 | - | |
| Пульпа из нефтешлама | | Пульпа из амбарной нефти | . |
| Нефть | 18 | Нефть | 51 |
| Песок | 39 | Песок | 9 |
| Вода | 40 | Вода | 40 |
| Глина | 3 | - | - |

Таблица 2 - Теплофизические параметры пара

| Вещество (температура) | Ср, кДж/(кг·гр) | I, кДж/кг | ρ , кг/м ³ |
|---|-----------------|--|----------------------------|
| Вода (при 75°C) | 4,100 | 313,9 | - |
| Пар (при 100°C) | 2,080 | 2676,3 | - |
| Пар (при 100-200°C) | 1,992 | $\Delta I = I_{100} - I_{200} = 115,1$ | 0,814 |
| Вода (при 0-100°C) | 4,190 | - | 978 |
| Нефть (20°C) | 2,5 | - | 902 |
| Сухой песок (20°C) | 0,80 | - | 1500 |
| Глина (20°C) | 1,09 | - | 1845 |
| Пар (200°C) | - | 1791,4 | - |
| Теплота испарения воды при T=100°C r=2257,2 | | | |

Снижение вязкости пульпы способствует более полному разделению твердой и жидкой фаз в гидроциклоне и центрифугах (таблица 3).

Таблица 3 - Фракционный состав пульпы

| | | | |
|-----------------------|------|-------|-------|
| Фракции δ , мм | 10-2 | 2-0,2 | 0,2-0 |
| Массовая доля, % | 30 | 65 | 5 |

Второй подогрев пульпы проводится перед ее подачей в трубчатую центрифугу 50–98°C. Пульпа должна содержать жидкую фазу (воду), которая образует с нефтью эмульсию, подлежащую разделению в центрифуге тонкой очистки (трубчатая центрифуга, иногда ее называют тарельчатой). Наиболее эффективным и самым быстрым процессом нагрева жидкого потока в канале является ввод тонких поперечных струй пара. Процесс смешения фаз настолько быстрый и однородный, что нагрев жидкой фазы можно для технических расчетов считать равновесным [68-70]. В этом случае расчет необходимого количества пара для нагрева пульпы можно определить из уравнения теплового баланса:

$$(Gc_p \Delta T)_{\text{пуль}} + (GI(100^\circ C))_{\text{конд}} = G_n [\Delta I (T_{\text{нп}} - 100^\circ C) + r(100^\circ C)]_n \quad (1)$$

где слева – тепло смеси, состоящей из пульпы и конденсата (вода), а справа – тепло нагревателя (пар); $\Delta T_{\text{пуль}} = T_n - T_o$, T_n – заданная температура нагрева;

T_o – начальная температура пульпы; $\Delta T_{\text{пар}} = T_{\text{нп}} - 100^\circ C$; $T_{\text{нп}}$ – начальная температура пара $T_{\text{нп}} = 200^\circ C$, $\Delta I_n (T_{\text{нп}} - 100^\circ C)$ – энтальпия перегрева пара; $G_n \Delta I_n$ – физическое тепло пара при его подаче в пульпу при атмосферном давлении.

Температура насыщения пара при $P=1$ атм равна $100^\circ C$, а теплота образования r_n и $(GI)_{\text{конд}}$ – тепло конденсата (воды) определяются при $T=100^\circ C$. Следует заметить, что температура конденсата несколько ниже точки росы ($T=100^\circ C$ при $P=1$ атм). Однако для определенности в технических расчетах можно принять температуру конденсата $100^\circ C$ без внесения заметной погрешности в расчет потоков тепла. С учетом полной конденсации пара, что выполняется при быстром и равномерном перемешивании пульпы и пара, расходы конденсата G_k и пара G_p равны и уравнение (1) можно записать в виде

$$[Gc_p (T_n - T_o)]_{\text{пуль}} = G_n \{ [\Delta I (T_n - 100^\circ C) + r(100^\circ C)]_n - I_{H_2O} (100^\circ C) \} \quad (2)$$

Тогда отношение расходов пара и пульпы из (2) равно (при T_o , пул = $40^\circ C$):

$$\frac{G_n}{G_{\text{пуль}}} = \frac{[c_p (T_n - 40^\circ C)]_{\text{пуль}}}{I_n (T_{\text{нп}}) - I_n (100^\circ C) + r_n (100^\circ C) - I_{H_2O} (100^\circ C)} \quad (3)$$

Для расчета отношения расходов необходимо предварительно рассчитать коэффициенты теплоемкости для пульп, образованных из нефтешлама и амбарной нефти. Для этого нужно знать состав пульпы, который изменяется при ее прохождении по технологической цепочке. В процессе очистки пульпа последовательно проходит через гидроциклон, шнековую центрифугу и центрифугу тонкой очистки (трубчатая центрифуга) [9-12]. Подогрев пульпы паром осуществляется перед входом гидроциклона и трубчатой центрифуги. В гидроциклоне и шнековой центрифуге удаляется практически вся твердая фаза (~99 мас. %), из них в гидроциклоне грубая фракция – 30 мас. %, а в шнековой центрифуге – 69 мас. % от начального содержания в пульпе (таблица 4).

Таблица 4 - Степень очистки пульпы от твердой фазы

| Аппарат | Гидроциклон | Шнек. центрифуга | Труб. центрифуга |
|--------------------------------|-------------|------------------|------------------|
| Удаление твер. осадка, масс. % | 30 | 69 | 98 |

По опытным данным фирмы «Альфа-Лаваль» унос нефти с удаляемым шламом составляет около 7,8 мас. % от массы шлама. При этом влажность шлама (количество воды) составляет 53,3% от сухого шлама (таблица 5).

На основе данных таблиц 4, 5 рассчитаны составы пульп из нефтешлама и амбарной нефти на выходе из каждого аппарата (таблица 1).

Таблица 5 - Унос компонентов вещества в процессе очистки, кг/ч

| Вещество | Гидроциклон | Шнековая центрифуга | Тарельчатая центрифуга |
|----------|--|---------------------|------------------------|
| Осадок | 0,999 ($G_{\text{ос.шл.}} - G_{\text{ос.взл.}}^{\text{м.ч.}}$) | | |
| Вода | 0,533 ($G_{\text{ос.шл.}} - G_{\text{ос.взл.}}^{\text{м.ч.}}$) | | |
| Нефть | 0,0785 [$(G_{\text{ос.шл.}} + G_{\text{H}_2\text{O, шл.}}) - (G_{\text{ос.}}^{\text{м.ч.}} + G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{м.ч.}})$] | | |

Примечания

1. $G_{\text{ос.шл.}}$ – расход твердой фазы в исходной пульпе, кг/ч;
2. $G_{\text{ос.взл.}}^{\text{м.ч.}}$ – расход твердой фазы на выходе тарельчатой центрифуги, кг/ч;
3. $G_{\text{H}_2\text{O, шл.}}$ – расход воды в исходной пульпе, кг/ч;
4. $G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{м.ч.}}$ – расход воды на выходе из тарельчатой центрифуги, кг/ч.

Для определения расхода пара по формуле (3) необходимо сначала найти коэффициенты теплоемкости пульпы из соотношения

$$c_{\text{пульпа}} = (C c_p)_n + (C c_p)_{H_2O} + (C c_p)_m,$$

где $C_{pn}, C_{pH_2O}, C_{pm}$ – теплоемкости нефти, воды и твердого осадка;

C_n, C_{H_2O}, C_m – массовые концентрации нефти, воды и осадка. Используя данные таблиц 2, 6 найдем теплоемкости пульпы при ее подаче в гидроциклон:

$$c_{\text{пульпа}}^{\text{шл}} = 0,197 \cdot 2,5 + 0,45 \cdot 4,19 + 0,352 \cdot 0,8 = 2,66 \quad \text{кДж/(кг град)},$$

$$c_{\text{пульпа}}^{\text{ам}} = 0,502 \cdot 2,5 + 0,436 \cdot 4,19 + 0,062 \cdot 0,8 = 3,13 \quad \text{кДж/(кг град)},$$

Таблица 6 - Состав пульпы, масс. %

| Пульпа | Вещество | Гидроциклон | Шнековая центрифуга | Трубчатая центрифуга |
|-------------------|----------|-------------|---------------------|----------------------|
| Из нефтешлама | Нефть | 19,7 | 36,6 | 33,5 |
| | Вода | 45,1 | 62,2 | 66,4 |
| | Шлам | 35,2 | 1,2 | 0,1 |
| Из амбарной нефти | Нефть | 50,2 | 55,1 | 51,0 |
| | Вода | 43,6 | 44,8 | 48,9 |
| | Шлам | 6,2 | 0,1 | 0,1 |

Перед подачей в шнековую центрифугу состав пульпы изменяется и теплоемкости составят:

$$c_{\text{пульпа}}^{\text{шл}} = 0,366 \cdot 2,5 + 0,622 \cdot 4,19 + 0,012 \cdot 0,8 = 3,52 \quad \text{кДж/(кг град)},$$

$$c_{\text{пульпа}}^{\text{ам}} = 0,551 \cdot 2,5 + 0,448 \cdot 4,19 + 0,001 \cdot 0,8 = 3,26 \quad \text{кДж/(кг град)},$$

где $C_{\text{пульпа}}^{\text{шл}}, C_{\text{пульпа}}^{\text{ам}}$ – теплоемкости пульпы из нефтешлама и амбарной нефти соответственно.

Подставляя значения теплоемкостей в формулу (3), определяем соотношения расходов пара и пульпы для подогрева ее от 40 до 75°C:

$$\frac{G_n}{G_{\text{пульпа}}^{\text{шл}}} = \frac{2,66 \cdot 35}{2791,4 - 2676,3 + 2257,2 - 419,06} = 0,048 \quad \text{кг/кг};$$

$$\frac{G_n}{G_{\text{пульпа}}^{\text{ам}}} = \frac{3,13 \cdot 35}{1953,24} = 0,056 \quad \text{кг/кг}.$$

Нагретая до 75°C пульпа при движении в гидроциклоне и шнековой центрифуге остывает до 50°C. Поэтому для нагрева пульпы от 50 до 98°C перед ее подачей в трубчатую центрифугу требуется расход пара:

$$\frac{G_n}{G_{\text{пульпа}}^{\text{шл}}} = \frac{3,52 \cdot 48}{1953,24} = 0,086 \quad \text{кг/кг}; \quad \frac{G_n}{G_{\text{пульпа}}^{\text{ам}}} = \frac{3,26 \cdot 48}{1953,24} = 0,08 \quad \text{кг/кг},$$

где $G_{\text{пульпа}}^{\text{шл}}, G_{\text{пульпа}}^{\text{ам}}$ – расходы пульпы, образованные из нефтешлама и амбарной нефти соответственно.

Таблица 7 - Материальные потоки пульпы и компонентов, кг/час

| Потоки веществ | | Гидроциклон | | Шнек, центрифуга | | Трубчатая центрифуга | | Конденсатор | |
|--------------------------|--------|-------------|--------|------------------|--------|----------------------|--------|-------------|--------|
| | | вход | вы-ход | вход | вы-ход | вход | вы-ход | вход | вы-ход |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Пульпа из нефтешлама | Нефть | 900 | 824 | 824 | 654 | 654 | 643 | 643 | 648 |
| | Вода | 2000 | 1884 | 1884 | 1111 | 1111 | 1274 | 1 | 1 |
| | Осадок | 2100 | 1470 | 1470 | 20 | 20 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Ввод | Пар | 220 | - | - | - | 194 | - | - | - |
| Удаляемые компоненты | Осадок | - | 630 | - | 1450 | - | 19,6 | - | - |
| | Нефть | - | 76 | - | 174 | - | 7 | - | - |
| | Вода | - | 336 | - | 773 | - | 31 | - | - |
| Суммарный поток | | 5220 | 4178 | 4778 | 1785 | 1785 | 1917 | 644,4 | 644,4 |
| Пульпа из амбарной нефти | Нефть | 2550 | 2534 | 2534 | 2497 | 2497 | 2496 | 2496 | 2496 |
| | Вода | 2000 | 2198 | 2198 | 2032 | 2032 | 2401 | 1 | 1 |
| | Осадок | 450 | 315 | 315 | 5 | 5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Ввод | Пар | 270 | - | - | - | 372 | - | - | - |
| Удаляемые компоненты | Осадок | - | 135 | - | 310 | - | 4,9 | - | - |
| | Нефть | - | 16 | - | 37 | - | 1 | - | - |
| | Вода | - | 72 | - | 166 | - | 2,6 | - | - |
| Суммарный поток | | 5270 | 5047 | 5047 | 4534 | 4906 | 4897 | 2497 | 2497 |

Выбор оборудования требует знания материальных потоков на всех стадиях очистки нефти. Рассмотрим технологию очистки 5000,0 кг/ч нефтешламы. С учетом производительности и данных таблицы 6 легко рассчитать материальные потоки на входе и выходе каждого устройства. Как видно из таблицы 7, потери нефти при обработке нефтешлама составляют 28,5 мас. % от начального ее содержания. Это объясняется большим содержанием твердой фазы в нефтешламе (70 мас. %). Напротив, потери нефти из амбарной нефти составляют всего 2 мас. % от первоначального ее содержания. В первом случае, по-видимому, необходимо создать, дополнительно к разрабатываемой технологии очистки более тонкие методы вымывания нефти водой из твердой фазы.

Содержание воды в нефти после переработки обеих пульп составляет 0,15 мас. %. Количество твердого осадка в нефти равно около 0,1 мас. %.

Невозвратные потери воды со шламом при обработке обеих пульп соответственно 48. и 9 мас. % от их первоначального содержания в пульпе (с учетом воды пара). Соответствующие расходы пара ($P = 16$ атм, $T = 200^{\circ}\text{C}$) для очистки в двух случаях составляют 414 и 642 кг/ч при производительности по пульпе 5000,0 кг/ч. [13].

Физическая модель процесса очистки

Главным условием создания метода очистки является разработка эффективного способа вымывания нефти горячей водой из твердой фазы и перевод ее в нефтеводяную эмульсию. Разделение нефтеводяной эмульсии с отношением плотностей фаз 1,11–1,06 хорошо осуществляется в центрифугах тонкой очистки. Процесс измельчения шлама способствует вымыванию нефти и ее переводу в жидкую эмульсию. Однако при центрифугировании эмульсия проходит через плотный слой шлама и часть нефти задерживается слоем тем больше, чем меньше дисперсность частиц. Поэтому существует оптимальный размер частиц, при котором унос нефти со шламом будет минимальным. Известно, что слишком крупных частиц размером (5–10) мм на последних стадиях очистки желательно не иметь. Дробление крупных частиц (5–10) мм происходит в нашем случае, путем ввода острых струй пара перед подачей пульпы в гидроциклон [10-13].

Другим важным условием для технологии является выбор способа подогрева пульпы. В настоящее время существует множество высокоэффективных теплообменников, в которых нагреваемая жидкость и теплоноситель изолированы теплообменными поверхностями. Однако в нашем случае они малопригодны. Наиболее подходящим способом подогрева пульпы является ввод поперечных, острых струй пара в основной поток пульпы в канале. Во-первых, процесс смешения струй протекает настолько быстро и однородно, что нагрев пульпы можно приближенно считать равновесным. Во-вторых, пар при конденсации передает нагреваемой жидкости большое количество 2676 кДж/кг тепла при сравнительно низкой (160–200 $^{\circ}\text{C}$) начальной температуре. В-третьих, ввод острых струй пара быстро размягчает и дробит нефтешлам, что не требует применения специальных устройств. Наконец, использование пара в качестве теплоносителя путем смешения потоков не требует установки в цепочке теплообменника. Все эти преимущества и позволили сделать выбор в пользу пара как на первом, так и на втором этапе подогрева пульпы до заданной температуры.

Важнейшим условием очистки является соблюдение постоянства и однородности материальных потоков при подаче их в гидроциклон. Гидроциклоны строго рассчитываются на заданный расход и

гранулометрический состав. Они эффективно работают при колебаниях расхода не более 10%. В связи с тем, что перерабатываемая пульпа забирается из накопительной емкости, в которой соотношение жидкой и твердой фазы по высоте изменяется, забор и подача насосом пульпы однородного состава невозможны. Для получения более однородной пульпы необходимо постоянно продувать емкость сжатым воздухом в направлении снизу вверх. Струя воздуха создает кипящий слой, в котором распределение твердой фазы по высоте будет более-менее однородным и забор пульпы насосом можно осуществлять патрубок, расположенным вблизи дна емкости.

Общая схема процесса состоит из следующих операций. Первая стадия процесса заключается в предварительной очистке пульпы от крупных фрагментов шлама (твердой фазы). Эта процедура осуществляется в гидроциклоне. Здесь же, вместе с твердой фазой, из исходной пульпы удаляется часть воды и нефти. Второй этап очистки состоит в удалении из пульпы основной массы твердой фазы. Это необходимо, потому, что содержание осадка (взвеси) в пульпе не должно превышать 1 мас. % перед последней стадией очистки в трубчатой центрифуге. Таковы условия для нормальной работы центрифуг тонкой очистки. Вторая стадия происходит в шнековой центрифуге, являющейся аппаратом непрерывного действия. На этом этапе процесса удаляется основная масса твердой фазы. Вместе со шламом уносятся вода и нефть, которые собираются в шламонакопителе – емкости. Последняя стадия очистки происходит в трубчатой центрифуге. Точнее эту операцию можно назвать разделением нефтеводяной эмульсии, поскольку твердой фазы практически нет. Имеется взвесь частичек малого размера $\delta < 0.01$ мм в нефтеводяной эмульсии. Этот процесс периодический. Непрерывная его часть (центрифугирование) тем больше, чем меньше взвеси в эмульсии. На этой стадии отходом в основном является вода, содержащая около 1 мас. % нефти. В процессе непрерывной работы центрифуги накапливается в роторе тонкодисперсный твердый осадок. Для его удаления необходимо периодически останавливать центрифугу [10-12].

Таким образом, физическая модель процесса очистки нефтяных отходов сводится к следующим трем основным операциям: предварительная стадия очистки пульпы от крупных фракций, основная стадия очистки пульпы от твердых примесей и обессоливания эмульсии и стадия разделения нефтеводяной эмульсии на сырую нефть и воду [13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа. – М. : Наука, 1987. – 840 с.
- 2 Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Гидродинамика. – М. : Наука, 1988. – 766 с.

3 Теслюк, Е. В. Вопросы неизотермической фильтрации в теории и практике нефтяных месторождений п-ва Мангышлак // Разработка нефтяных месторождений и гидродинамика пласта. – М. : Недра, 1970. – С. 120-134.

4 Предварительный патент № 10116 РК, МПК E21B 43/24. Способ сбора амбарной нефти и устройство для его осуществления / Ершин Ш.А., -Жапбасбаев У.К., Айсаев С.У., Утегалиев С.А., Хаиров Г.Б. – Оpubл. 16.04.2001; Бюл. № 4.

5 Патент № 10116 РК, МПК E02B 15/04. Способ сбора амбарной нефти и устройство для его осуществления / Ершин Ш.А., Жапбасбаев У.К., Айсаев С.У., Утегалиев С.А., Хаиров Г.Б. - Оpubл. 17.12.2002; Бюл. № 12.

6 Айсаев, С. У., Ершин, Ш. А., Жапбасбаев, У. К. Об одном из способов сбора амбарной нефти // Тезисы докладов международной научно-технической конференций. - Актау, 1996. – С. 298 – 299.

7 Жапбасбаев, У. К., Хаиров, Г. Б. Теоретические основы термодинамического способа сбора амбарной нефти // Строительство нефтяных и газовых скважин. – М. : ВНИИОЭНГ, 1996. – № 5. - С. 47-51.

8 Айсаев, С. У., Жапбасбаев, У. К. Установка по сбору амбарной нефти и переработки нефтешлама // Сборник научных проектов «Инновационный потенциал Мангистауской области». – Актау, 2005. – С. 33-45.

9 Абрамович, Г. Теория турбулентных струй. – М. : Физматгиз, 1960. – 577 с.

10 Лукьяненко, В. М., Таранец, А. В. Центрифуги. – М. : Химия, 1988. – 383 с.

11 Центрифуги: Каталог справочников. – М., 1961. – 101 с.

12 Шищенко, Р. И., Есьман, Б. И., Кондратенко, П. И. Гидравлика промысловых жидкостей. – М. : Недра, 1976. – 315 с.

13 Жапбасбаев, У. К., Войчак, В. П., Айсаев, С. У. Разработка технологии по получению из амбарной нефти и нефтешлама товарной продукции // Вестник КазНУ. Серия математика, механика, информатика. – 2004. - № 2 (41). – С. 80-89.

*Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова;

**Жезказганский университет имени О. А. Байконурова.
Материал поступил в редакцию 19.06.14.

S. U. Aysaev, E. Arinov**, L. D. Diyarova**

Қамбалық мұнайды және мұнай қалдықтарын бу жылуы әдісімен тазалау

*Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті;

**О. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті.
Материал 19.06.14 редакцияға түсті.

S. U. Aysaev, E. Arinov**, L. D. Diyarova**

Thermal way of clearing of petroleum of barn oil and oilslam

*Caspian state university of technologies and engineering named after Sh. Yessenov;

**Zhezkazgan Baikonurov university, Zhezkazgan.
Material received on 19.06.14.

Жұмыста қамбалық мұнайды тазалау және мұнай қалдықтарынан тауарлық мұнай талаптарына сай өнім алу технологиясы баяндалған. Су буының өте ысытылған қолденең ағыстарын мұнай қалдықтарына енгізу арқылы тазалаудың физикалық үлгісі және оның технологиялық схемасы анықталған. Масса және энергия сақталу заңдылықтарының математикалық теңдеулері, баяндалған қамбалық мұнайды тазалау және мұнай қалдықтарынан тауарлық мұнай талаптарына сай өнім алу технологиясының дұрыстығын дәлелдейді.

In this work the technology of peelings of barn oil is expounded, which allows to get the oil, suiting to demands of marketable oil from oil offal. Offered physical model and technological scheme of the process of peelings with the help of implementation of transverse spurts of the superheated steam with the following division in centrifuges. The mathematical expressions of the laws of the conservation of the mass and energy offer the propriety of the technologies of peelings of barn oil and oilslam for reception of marketable oil from oil offal.

К. М. Алтыбасаров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, ДЛЯ РЕГИОНОВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА, В СРЕДЕ MATLAB (ЧАСТЬ ПЕРВАЯ)

В первой части статьи, представлены результаты исследования характеристик ветрового потока, на двух площадках в северных регионах Казахстана, с использованием среды MATLAB.

В рамках проекта ПРООН/ГЭФ и Правительства Республики Казахстан «Казахстан – инициатива развития рынка ветроэнергетики» в 2006-2007г.г. и в 2009-2010г.г., был проведен мониторинг ветровых и климатических характеристик, на 13-ти перспективных по ветропотенциалу площадках, в различных регионах Казахстана и составлен ветровой атлас.

В зону покрытия высоких ветровых нагрузок в Северном Казахстане, исходя из данных ветрового атласа [1], входят площадки проведения ветромониторинга в районе г. Ерейментау, п. Боровской (Костанайская область), г. Астана, г. Аркалык. Для площадок в районе г. Ерейментау, г. Астана, г. Аркалык была проведена верификация необработанных данных и оценка ветрового потенциала, с использованием программного обеспечения WindPRO, при участии международной компании «PB Power», а для площадки в районе п. Боровской, только верификация данных. Для более полной картины ветрового потенциала Северного Казахстана, встала необходимость в обработке метеоданных в районе п. Боровской.

В данном исследовании, оценка ветрового потенциала, проводилась в среде программного обеспечения MATLAB, компании MathWorks.Inc. [2,3]. В первой части были сделаны расчеты с метеоданными г.Ерейментау [4], для сравнения полученных результатов, с результатами компании «PB Power» [5], чтобы убедиться в корректности вычислений с оценкой ветрового потенциала, в районе п. Боровской.

В среде MATLAB, использовалась компьютерная программа [6], также разработанная в компании MathWorks.Inc., где были сделаны необходимые корректировки (модификации), т.к. конфигурация метеорологических данных ПРООН [4,7] отличалась, от данных для которых рассчитывалась программа. Программа доступна на официальном сайте компании MathWorks.Inc. [6], и разрешена к использованию в образовательных, некоммерческих целях.

Использованные модули программы состоят из одной основной и 14-ти дополнительных функций [6]. Была произведена модификация основного модуля программы *WindAssessmentDA.m*, и дополнительных функций: *fcnvdttimeplot(wind)*; *fcnalphaplot(X1, Y1, Y2)* и *fcnpowercurve(v,prated)*.

Рассмотрим структуру (алгоритм) выше упомянутой программы, оценки ветрового потенциала с помощью программного обеспечения MATLAB.

1. Предварительная обработка и анализ данных.

1.1. Производится импорт данных в среду MATLAB:

1.1.1. Подготавливаются данные для обработки в среде MATLAB, и производится импорт;

1.1.2. Вводится дополнительная информация рассматриваемой ВЭУ (высота оси ветроколеса 80 м);

1.1.3. Вводится дополнительная информация о метеорологической мачте;

1.1.4. Рассчитывается плотность воздуха;

1.1.5. Вводятся показатели датчиков;

1.1.6. Вводятся ожидаемые диапазоны для датчиков;

1.1.7. Вводятся критические значения для теста обледенения датчика скорости ветра (анемометра);

1.1.8. Вводятся критические значения для заклинившего (обледеневшего) датчика направления ветра (флюгера).

1.2. Гарантия качества (корректности) данных:

1.2.1. Находятся отсутствующие временные периоды данных;

1.2.2. Находятся отсутствующие скоростные значения;

1.2.3. Находятся отсутствующие значения направления;

1.2.4. Находятся аномальные температурные значения;

1.2.5. Находятся значения не прошедшие тест на обледенение датчика скорости ветра;

1.2.6. Находятся значения не прошедшие тест на обледенение датчика направления ветра;

1.2.7. Удаляются подозрительные данные.

2. Статистический анализ (дополнительно по результатам расчетов строятся графики):

2.1. Оценка скорости ветра на высоте оси ветроколеса;

2.2. Расчет средних значений скорости, направления ветра и температуры воздуха;

2.3. Производится распределение скорости ветра;

2.4. Производится расчет, и строятся розы ветров;

2.5. Находятся ежемесячные средние скорости;

2.6. Рассчитываются суточные средние скорости ветра;

2.7. Рассчитывается интенсивность турбулентности;

2.8. Рассчитывается профиль сдвига ветра, и общее значение показателя степени кривой профиля ветра α ;

3. Оценка ветровой энергии (мощности) и коэффициента использования установленной мощности.

3.1. Рассчитывается краткосрочный кинетический энергетический поток;

3.2. Рассчитывается краткосрочная средняя вырабатываемая мощность турбины и коэффициент использования установленной мощности (КИУМ);

3.3. Находится долгосрочная средняя скорость ветра;

3.4. Рассчитывается долгосрочная средняя вырабатываемая мощность и КИУМ.

Результаты расчетов подпунктов 3.2, 3.3, 3.4, показаны во второй части статьи.

Был произведен расчет ветрового потенциала в районе г. Ерейментау, с помощью программного обеспечения MATLAB, и сравнение полученных результатов с результатами «PB Power». Статистические данные «PB Power», с метеорологической мачты в районе Ерейментау [5] за период 2006-2007 гг., показаны в таблице 1.

Данные с датчика расположенного на высоте 51 м, были коррелированы с долгосрочными данными реанализа NCEP/NCAR, а затем экстраполированы на высоту (80 м) предполагаемой оси ветроколеса ВЭУ [5] (таблица 2).

Таблица 1 – Статистические данные по ветру «PB Power» [5]

| Статистика ветра | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Высота над уровнем земли, м | 50.9 | 49 | 26,5 |
| Средняя скорость ветра, м/с | 7,89 | 7,83 | 7,43 |
| Максимальная скорость ветра, м/с | 29,8 | 29,9 | 27,3 |
| Скорость порывистого ветра, м/с | 37 | 38 | 35 |
| IEC (15 м/с) интенсивность турбулентности | 7,7 (%) | 7,6 (%) | 9,0 (%) |

Таблица 2 – Экстраполяция долгосрочной скорости ветра, на высоте 51 м, на высоту оси ступицы («PB Power») [5]

| Долгосрочная скорость ветра на высоте мониторинга (51 м), м/с | Долгосрочная средняя скорость ветра на высоте оси турбины (80 м), м/с | Показатель степени кривой профиля сдвига ветра α |
|---|---|---|
| 7.74 | 8.16 | 0.11 |

Далее рассмотрим визуализированные результаты вычислений в программе MATLAB. Вначале проводится тест на некорректность данных из-за обледенения анемометра, залипания датчика направления ветра,

некорректных температурных данных, а также выявление отсутствующих данных во временном ряду.

Некорректные данные не использовались. Доступность метеоданных составила 99,8% (отсутствующие данные периодов временного ряда не учитывались). Производим распределение частоты скорости ветра для уплотненного представления условий ветра, для четырех уровней и визуализируем полученные результаты (рисунок 1).

Производим распределение скоростей ветра по сторонам света и создаем розы ветров для трех уровней датчиков, чтобы показать преобладающие направления ветров и соответствующее им распределение скорости ветра, для данной местности (рисунок 2). Как видно из рисунков преобладание наиболее сильных ветров наблюдается с юго-западного направления.

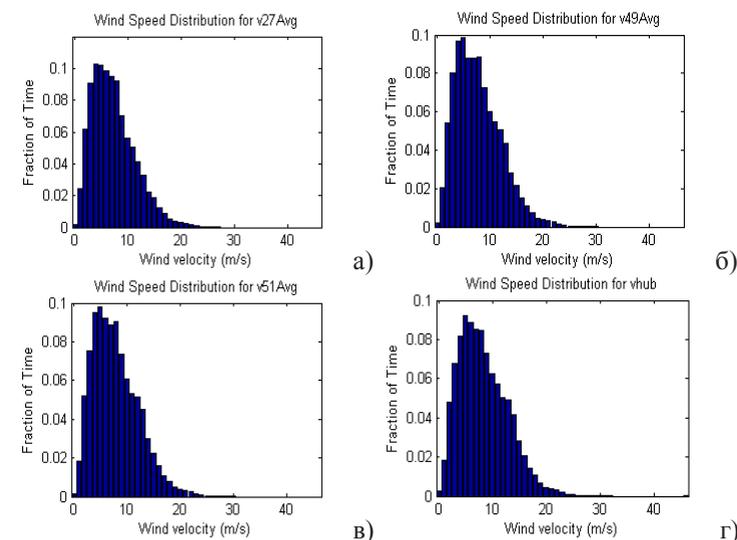


Рисунок 1 – Распределение частоты значений скорости ветра для четырех уровней: а) уровень 27 м; б) уровень 49 м; в) уровень 51 м и г) уровень оси ветроколеса 80 м

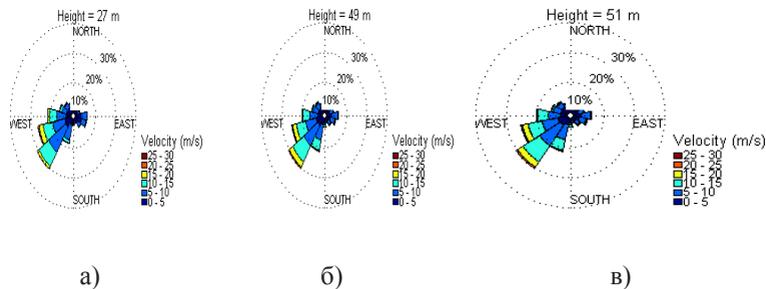


Рисунок 2 – Розы ветров для направлений и скоростей ветра, для трех уровней: а) уровень 27 м; б) уровень 49 м; в) уровень 51 м

Рассчитаем среднемесячные скорости ветра на четырех уровнях, в течение проведения измерений, для наблюдения сезонных изменений, и визуализируем данные (рисунок 3).

Произведем расчет средних скоростей ветра в течение суток, за время проведения измерений, для четырех уровней и визуализируем данные (рисунок 4).

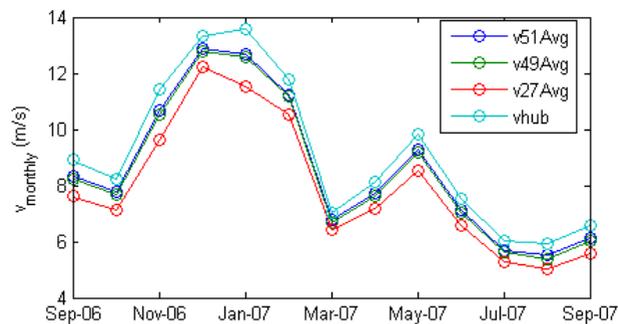


Рисунок 3 – График ежемесячных средних скоростей ветра на уровне оси ветроколеса (светло синий), на высоте 51 м (синий), 49 м (зеленый) и 27 м (красный) над уровнем земли

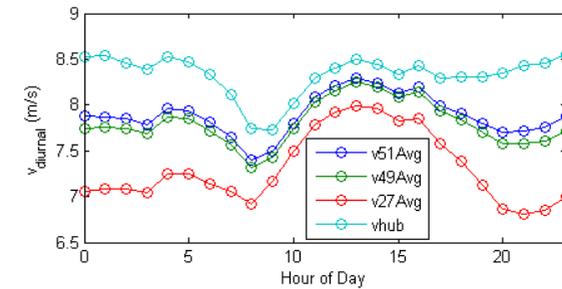


Рисунок 4 – Среднегодовые суточные графики скорости ветра графика скорости ветра на уровне оси ветроколеса (светло синий), на высоте 51 м (синий), 49 м (зеленый) и 27 м (красный) над уровнем поверхности земли

Производим расчет интенсивности турбулентности для трех уровней измерений и визуализируем результаты (рисунок 5).

Интенсивность турбулентности при средней скорости 15 м/с, на высоте 27 м от уровня земли составляет $I_{ref} = 0,084854$ (8,5%), на высоте 49 м $I_{ref} = 0,072678$ (7,3%), на высоте 51 м $I_{ref} = 0,074311$ (7,4%) (рисунок 5).

Произведем расчет профиля сдвига ветра атмосферного пограничного слоя, с помощью экспоненциального (степенного) закона и визуализируем данные (рисунок 6.а). Произведем расчет ежемесячного и полного значения показателя степени кривой профиля ветра α и визуализируем данные (рисунок 6.б).

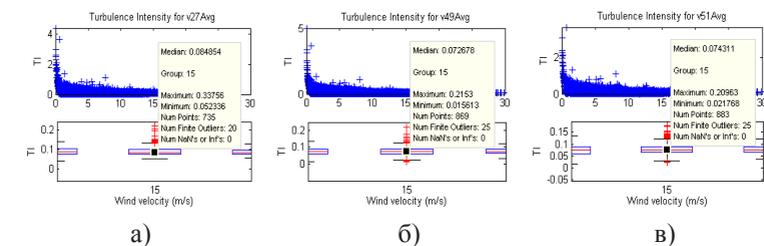


Рисунок 5 – Интенсивность турбулентности при значениях скорости ветра, на трех уровнях высоты над поверхностью земли. На нижних графиках показано среднее значение интенсивности турбулентности воздушного потока, при средней скорости 15 м/с I_{ref} : а) уровень 27 м; б) уровень 49 м; в) уровень 51 м

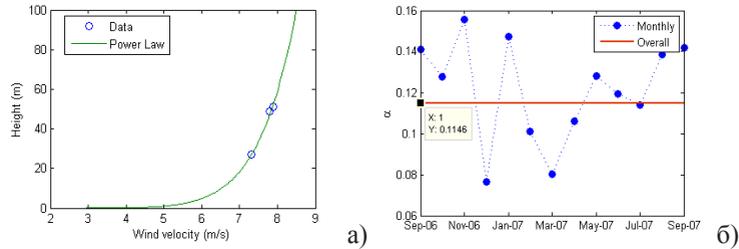


Рисунок 6 – а) профиль сдвига ветра, где точками обозначены средние скорости ветра для трех уровней высоты расположения датчиков, б) ежемесячное и полное значение показателя степени кривой профиля ветра – α

Общее значение показателя степени кривой профиля ветра $\alpha = 0,115$. Далее произведем расчет средней скорости ветра и кинетического энергетического потока и визуализируем данные (рисунок 7).

Краткосрочная среднегодовая скорость ветра на высоте 80 м в районе г. Ерейментау равна 8,332 м/с. Краткосрочный средний кинетический энергетический поток КЕ равен 702,4 Вт/м².

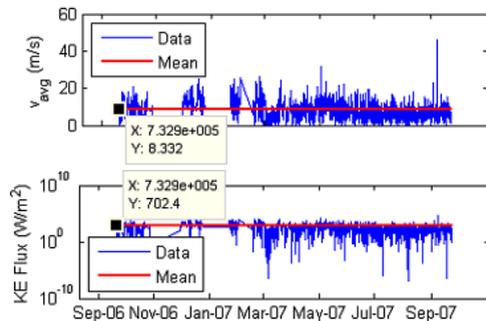


Рисунок 7 – Среднегодовая скорость ветра на высоте оси ветроколеса (верхний график) и кинетический энергетический поток

Таблица 3 – Статистические данные для района г.Ерейментау, рассчитанные в данном исследовании

| Статистика ветра | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 4 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Высота над уровнем земли, м | 50,9 | 49 | 26,5 | 80 |
| Средняя скорость ветра с 10-минутным усреднением, м/с | 7,89 | 7,81 | 7,32 | 8,332 |

| | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|
| Максимальная скорость ветра с 10-минутным усреднением, м/с | 29,8 | 29,87 | 27,33 | 45,93 |
| Скорость порывистого ветра, м/с | 36,9 | 38,2 | 34,66 | - |
| IES (15 м/с) интенсивность турбулентности, % | 7,4 | 7,3 | 8,5 | - |
| Краткосрочный средний кинетический энергетический поток КЕ, Вт/м ² | - | - | - | 702,4 |

При сравнении результатов исследования, полученные компанией «РВ Power» [5] и результаты, полученные с помощью программы MATLAB, можно увидеть, что они практически идентичны. Из чего можно предположить, что результаты оценки ветрового потенциала, вычисленные с помощью вышеупомянутой программы в среде MATLAB – корректные.

Так же были рассчитаны основные характеристики ветра для площадки в районе п. Боровской (таблица 4), и визуализированы результаты.

Таблица 4 – Статистические данные для района п. Боровской

| Статистика ветра | Уровень 1 | Уровень 2 | Уровень 3 | Уровень 4 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Высота над уровнем земли, м | 50,9 | 49 | 26,5 | 80 |
| Средняя скорость ветра с 10-минутным усреднением, м/с | 6,46 | 6,36 | 5,4 | 7,414 |
| Максимальная скорость ветра с 10-минутным усреднением, м/с | 19,438 | 19,063 | 17,313 | 20,91 |
| Скорость порывистого ветра, м/с | 25,875 | 25,5 | 26,063 | - |
| IES (15 м/с) интенсивность турбулентности, % | 7,86 | 7,9 | 9,8 | - |
| Краткосрочный средний кинетический энергетический поток КЕ, Вт/м ² | - | - | - | 415 |

Во второй части, данные для г. Астана и г. Аркалык будем принимать из отчетов исследований проведенных компанией «РВ Power» [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ветровой Атлас Республики Казахстан, www.atlas.windenergy.kz.
- 2 www.mathworks.com/energy-production/wind-power.html.
- 3 www.mathworks.com/discovery/wind-resource-assessment.html.

4 Ветровые данные для г.Ерейментау, Акмолинской области, 2006-2007 гг., Проект Правительства Казахстана и Программы Развития ООН «Казахстан – инициатива развития рынка ветроэнергетики», www.windenergy.kz.

5 UNDP WIND MONITORING SITES. Wind Resource and Energy Assessment, PB POWER, 2008.

6 **Todd Schultz**, Wind Resource Assessment (MATLAB demo files from the «Wind Resource Assessment – Data Analysis Using MATLAB» webinar), www.mathworks.com/matlabcentral, 2011 г.

7 Ветровые данные для п.Боровской, Костанайской области, 2009-2010 гг., Проект Правительства Казахстана и Программы Развития ООН «Казахстан – инициатива развития рынка ветроэнергетики», www.windenergy.kz.

Павлодарская областная дирекция телекоммуникаций – филиал АО «Казактелеком», г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 12.06.14.

К. М. Алтыбасаров

MATLAB жүйесі арқылы Солтүстік Қазақстан аймақтары үшін эффективті жел электрлі қондырғыларын анықтау (бірінші бөлім)

«Қазактелеком» АҚ филиалы – Павлодар облыстық телекоммуникация дирекциясы, Павлодар қ.
Материал 12.06.14 редакцияға түсті.

К. М. Altybassarov

Determination of effective wind turbines, for regions of Northern Kazakhstan, in the environment of MATLAB (the first part)

The Pavlodar regional management of telecommunications – JSC “Kazakhtelecom” branch, Pavlodar.
Material received on 12.06.14.

Мақаланың бірінші бөлімде, Қазақстанның Солтүстік регионьындағы екі алаңшығындағы жел тасқынының сипаттамаларын MATLAB жүйесі арқылы зерттеу нәтижелері келтірілген.

In the first part of article, results of research of characteristics of a wind flow, on two platforms in Northern regions of Kazakhstan, with MATLAB environment usage are presented.

УДК 621.548: 551.501:551.55

К. М. Алтыбасаров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК, ДЛЯ РЕГИОНОВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА, В СРЕДЕ MATLAB (ЧАСТЬ ВТОРАЯ)

Во второй части, представлены результаты исследования, с вычислением в среде MATLAB, краткосрочной и долгосрочной средней вырабатываемой мощности и коэффициента использования установленной мощности моделей ВЭУ, для определения наиболее эффективных, технические характеристики которых, соответствуют ветровым условиям площадок проведения ветромониторинга, в Северных регионах Казахстана.

В первой части статьи, были продемонстрированы результаты расчетов ветрового потенциала и проведена их визуализация. Анализ собранных метеорологических данных проводился в среде MATLAB, с помощью модифицированной компьютерной программы [1], разработанной в компании MathWorks.Inc.

Во второй части статьи будут показаны результаты расчетов в среде MATLAB, произведенные с помощью вышеупомянутой программы (продолжение) [1]: краткосрочной, долгосрочной средней вырабатываемой мощности и коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) ВЭУ, с использованием результатов ранее проведенного исследования (часть первая).

Неотъемлемая часть оценки ресурсов ветра должна определить класс ВЭУ, который является подходящим для данной территории. Каждый класс ВЭУ применим к широкому спектру площадок, имеющих интервалы скоростей ветра и параметры, описывающие процессы турбулентности, соответствующие значениям рассматриваемого класса.

По таблице базовых параметров классов ВЭУ стандарта IEC 61400-1, определяем принадлежность ВЭУ к классам – I, II, III или S. На этом этапе подтверждается, что фактические условия территории менее тяжелые, чем для номинального режима класса турбины.

В 2005 году вышла 3-я редакция IEC 61400-1 [2], но многие национальные стандарты и руководящие принципы все еще основаны на 2-ой редакции [3], где указана средняя скорость ветра V_{ave} , характерная интенсивность

турбулентности I_v и экстремальная скорость ветра V_e , а значения параметров приведены к оси ветроколеса [4].

В первой части статьи, был произведен расчет средней скорости ветра, из которой выводится базовая скорость ветра V_{ref} , являющейся основной характеристикой скорости ветра, которая используется для классификации ВЭУ. Остальные, влияющие на конструкцию климатические параметры, выводятся из V_{ref} и других основных параметров, определяемых классом принадлежности ВЭУ. ВЭУ должна выдерживать климатические условия, в которых экстремальная средняя за 10-минутный интервал скорость ветра с периодом повторяемости 50 лет на высоте оси ветроколеса V_{m50} , меньше или равна V_{ref} . Для стандартных классов ВЭУ $V_{ave} = 0,2V_{ref}$, откуда следует, что

$$V_{ref} = V_{m50} = 5V_{ave}. \quad (1)$$

Ввиду отсутствия необходимых функций в используемой версии MATLAB, для обработки долгосрочных данных реанализа NCEP/NCAR (данные в формате netCDF), и последующей их корреляцией с данными ПРООН, для п.Боровской использовалось значение долгосрочной средней скорости ветра V_{ave} из ветрового атласа Казахстана [5]. Так как при сравнении, значение долгосрочной средней скорости ветра на высоте оси ветроколеса для площадки в районе г. Ерейментау ($V_{ave} = 8,16$ м/с) [6] практически равно значению из ветрового атласа ($V_{ave} = 8,1676$ м/с), в районе координат расположения метеомачты [7].

Для п.Боровского, по координатам расположения метеомачты, принимается значение долгосрочной средней скорости ветра по ветровому атласу $V_{ave} = 7,715$ м/с. А данные для г. Ерейментау, г. Астана и г. Аркалык были приняты из отчетов исследований [6] проведенных компанией «PB Power».

По формуле (1) находятся значения V_{ref} : для г. Ерейментау $V_{ref} = 40,8$ м/с; для п. Боровской $V_{ref} = 38,6$ м/с; для г. Астана $V_{ref} = 36,25$ м/с и для г. Аркалык $V_{ref} = 37,5$ м/с.

Для выбора класса ВЭУ необходимо знать значение интенсивности турбулентности на высоте оси ветроколеса, при скорости ветра 15 м/с, так же это значение необходимо для расчета экстремальной скорости ветра.

Ввиду отсутствия значения интенсивности турбулентности на высоте оси ветроколеса, мы можем принять рассчитанное значение интенсивности турбулентности для высоты 51м, так как из графиков прослеживается тенденция понижения интенсивности турбулентности с увеличением высоты. Поэтому можно предположить, что на высоте оси ветроколеса, значение интенсивности турбулентности будет даже меньше чем на высоте 51 м.

По данным ПРООН (PB Power) [6], значение интенсивности турбулентности на высоте 51 м над поверхностью земли, при скорости ветра

15 м/с составляет: для площадки в районе Ерейментау $I_{ref} = 7,7\%$; для г. Астана $I_{ref} = 10,6\%$; для г. Аркалык $I_{ref} = 8,7\%$. Рассчитанное в ходе предыдущего исследования соответствующее значение для п. Боровской $I_{ref} = 7,86\%$.

Далее рассчитываем экстремальную скорость ветра, т.к. многие производители ВЭУ используют стандарт ИЕС 61400-1, второй редакции. По формуле

$$V_{e50} = V_{m50} (I + 2,8 I_v) \quad (2)$$

находим экстремальную скорость ветра с периодом повторяемости 50 лет V_{e50} : для г. Ерейментау $V_{e50} = 49,6$ м/с; для п. Боровской $V_{e50} = 46,2$ м/с; для г. Астана $V_{e50} = 47,01$ м/с; для г. Аркалык $V_{e50} = 46,64$ м/с.

Из сравнения расчетных значений по долгосрочной средней скорости ветра V_{ave} , базовой скорости ветра V_{ref} , экстремальной скорости ветра с периодом повторяемости 50 лет V_{e50} для районов вблизи г. Ерейментау, п. Боровской, г. Астана, г. Аркалык, с контрольными табличными данными стандарта ИЕС 61400-1 [2, 3] следует, что для трех северных регионов РК (г. Ерейментау, п. Боровской, г. Аркалык), подходит класс ВЭУ ИЕС II. Для районов вблизи г. Астана подходит класс ВЭУ ИЕС III.

Подкласс по интенсивности турбулентности выбирается по таблице базовых параметров классов ВЭУ стандарта ИЕС 61400-1, 2-ой редакции [3], так как все рассмотренные производители ВЭУ придерживаются его. Для района г. Ерейментау, п. Боровской, г. Астана, г. Аркалык соответствует подкласс В, так как интенсивность турбулентности для четырех площадок составляет менее 16% (по стандарту ИЕС 61400-1, 3-ей редакции, для всех площадок соответствует подкласс С [2]).

Таким образом, для площадок в районе г. Ерейментау, п. Боровской, г. Аркалык подходят ВЭУ с классом ИЕС IIВ, а для района г. Астана с классом ИЕС IIIВ. Некоторые производители выпускают свои модели только с классом ИЕС IIА или ИЕС IIIА (общий и для подкласса интенсивности турбулентности А и для подкласса В), рассматривались только модели с классом ВЭУ ИЕС IIА, ИЕС IIВ и ИЕС IIIА (таблица 1).

| | |
|--------------------------|--|
| ВЭУ класса IEC ПА | <p>Vestas, Дания: V112, 3.0 МВт Onshore; V90, 3.0 МВт; V80, 2.0 МВт; V90-1.8 МВт; V90-1.8 MW GridStreamer™; V100-2.0 МВт GridStreamer™ (IEC ПА).</p> <p>Enercon, Германия: E-101, 3.05 МВт; E-92, 2.35 МВт; E-82 E3, 3 МВт;</p> <p>E-82 E2, 2.3 МВт; E-82 E2, 2 МВт; E-70, 2.3 МВт.</p> <p>Gamesa-Made, Испания: G128, 4.5 МВт; G97, 2 МВт; G90, 2 МВт; G87, 2 МВт.</p> <p>GE Wind, США: 2.75-103, 2.75 МВт.</p> <p>Nordex, Германия: N117/3000, 3.0 МВт (91,120м); N100/2500, 2.5 МВт.</p> <p>REpower, Германия: 6M, 6.15 МВт Onshore; 5M, 5.075 МВт Onshore;</p> <p>3.4M104, 3.4 МВт; MM100, 2 МВт; MM92, 2.05 МВт.</p> <p>Clipper, США: C93, 2.5 МВт.</p> <p>Siemens Wind Power A/S, Дания: SWT-3.6-120, 3.6 МВт; SWT-2 3-101, 2.3 МВт; SWT-2.3-93, 2.3 МВт.</p> <p>Suzlon, Индия: S88 Mk II, 2.25 МВт; S95, 2.1 МВт; S88, 2.1 МВт.</p> <p>VENSYS-Goldwind, Германия-Китай: VENSYS 109, 2.5 МВт; VENSYS 70, 1.5 МВт; VENSYS 77, 1.5 МВт.</p> <p>Alstom Wind (Ecotecnia), Испания: ECO 110, 3 МВт.</p> <p>Mitsubishi, Япония: MWT 102/2.4, 2.4 МВт; MWT 100/2.4, 2.4 МВт;</p> <p>MWT 95/2.4, 2.4 МВт; MWT 92/2.4, 2.4 МВт.</p> <p>WinWind, Финляндия: WWD-3 D-90, 3.0 МВт; WWD-3 D-100, 3.0 МВт.</p> <p>Lagerwey, Нидерланды: L100, 2.5 МВт.</p> |
| ВЭУ класса IEC ПБ | <p>Vestas, Дания: V100, 2.6 МВт; V100, 1.8/2.0 МВт.</p> <p>GE Wind, США: 2.5-100, 2.5 МВт; 2.75-100, 2.75 МВт.</p> <p>Clipper, США: C96, 2.5 МВт.</p> <p>Suzlon, Индия: S88 Mk II, 2.25 МВт.</p> <p>Alstom Wind (Ecotecnia), Испания: ECO 122, 2.7 МВт.</p> |

| | |
|--------------------------|---|
| ВЭУ класса IEC ПА | <p>Vestas, Дания: V112, 3.0 МВт Onshore; V90-2.0 МВт; V90-2.0 MW GridStreamer™.</p> <p>Gamesa-Made, Испания: G136, 4.5 МВт; G114, 2 МВт; G97, 2 МВт; G90, 2 МВт.</p> <p>GE Wind, США: 2.5-103, 2.5 МВт.</p> <p>Nordex, Германия: N117/3000, 3.0 МВт (141м); N117/2400, 2.4 МВт.</p> <p>REpower, Германия: 3.2M114, 3.2 МВт; MM100, 2 МВт.</p> <p>Siemens Wind Power A/S, Дания: SWT-2.3-113, 2.3 МВт; SWT-2 3-108, 2.3 МВт.</p> <p>Suzlon, Индия: S97, 2.1 МВт; S82, 1.5 МВт.</p> <p>VENSYS-Goldwind, Германия-Китай: VENSYS 100, 2.5 МВт; VENSYS 112, 2.5 МВт; VENSYS 77, 1.5 МВт; VENSYS 82, 1.5 МВт.</p> <p>Alstom Wind (Ecotecnia), Испания: ECO 122, 2.7 МВт.</p> <p>WinWind, Финляндия: WWD-3 D-103, 3.0 МВт; WWD-3 D-109, 3.0 МВт.</p> |
|--------------------------|---|

Некоторые модели ВЭУ, в соответствии с таблицей 1, могут использоваться как в классе IEC ПА, так и в классе IEC ПБ. Для дальнейшего исследования были выбраны модели ВЭУ с классом IEC ПА/ПБ, с наибольшей установленной мощностью, т.к. их установка наиболее экономически целесообразна.

Был произведен расчет средней вырабатываемой мощности и коэффициента использования установленной мощности ВЭУ, с помощью программы (пункты структуры программы 3.2, 3.3, 3.4), которая применялась в предыдущем исследовании, с использованием данных (гистограммы) распределения частоты скорости ветра и данных графиков мощности ВЭУ.

График мощности (кривая мощности) ВЭУ показывает вырабатываемую электрическую мощность в зависимости от скорости ветра. Графики мощности, строятся исходя из расчетных данных турбины (ветроколеса) и цепи привода, или измеряются непосредственно на ВЭУ [4].

Для оценки средней вырабатываемой мощности ВЭУ, использовались данные кривых мощности ВЭУ, рассчитанные (измеренные) производителями ВЭУ [8,9]. На работу ВЭУ оказывает сильное влияние специфичные местные параметры воздушного потока, такие как турбулентность, асимметричный ветер и вертикальный сдвиг профиля ветра, таким образом, применение сертифицированного графика мощности, полученного на плоском ландшафте, возможно, оказывает влияние на достаточно точное вычисление вырабатываемой электроэнергии (мощности) [4].

Вначале, в среде MATLAB, были смоделированы кривые мощности для ВЭУ класса IEC ПА/ПВ. Для этого использовалась одна из функций ($fcpowercurve(v,prated)$) этой же программы, которая моделирует фиктивную кривую мощности, несуществующей ВЭУ [1]. Модель построена как кусочная функция, в которой используется функция распределения вероятностей нормального закона, для моделирования части кривой мощности ВЭУ (диапазон от минимальной рабочей скорости ветра V_{in} , до номинальной скорости ветра V_r). Чтобы смоделировать реальные кривые мощности рассматриваемых в данном исследовании ВЭУ, вышеупомянутые части кривой мощности, были представлены в виде функции распределения вероятностей нормального закона [10].

В ходе данной работы, были вычислены значения математического ожидания и среднего квадратичного отклонения [10], из данных кривых мощности ВЭУ, с помощью статистических функций программы «Microsoft Excel». Подставляя в функцию $fcpowercurve(v,prated)$ [1] рассчитанные значения математического ожидания, среднего квадратичного отклонения, значения минимальной рабочей скорости ветра V_{in} , номинальной скорости ветра V_r и максимальной рабочей скорости ветра V_{out} , рассматриваемых ВЭУ, были получены функции, которые моделируют их кривые мощности.

Данные функции, далее использовались для получения значения средней вырабатываемой краткосрочной и долгосрочной мощности для выбранных ВЭУ. Здесь так же были указаны номинальные мощности ВЭУ и долгосрочные средние скорости ветра (для расчета мощности в долгосрочной перспективе).

К сожалению не все данные кривых мощности предоставленные производителями ВЭУ, для указанных в таблице 1 наиболее мощных моделей ВЭУ, были найдены на свободных ресурсах (только для 11 ВЭУ). Далее были произведены расчеты с данными г.Ерейментау, краткосрочной, долгосрочной средней мощности и КИУМ, а результаты выполненных вычислений для 11-ти моделей ВЭУ класса IEC ПА/ПВ занесены в таблицу 2.

Значение КИУМ зависит от ресурсов ветра местности и типа ВЭУ, и находится в диапазоне приблизительно от 0,2 (20 %), до 0,45 – 0,5 (45 – 50 %) [11,12].

Таблица 2 – Результаты расчетов краткосрочной и долгосрочной средней вырабатываемой мощности и КИУМ для ВЭУ класса IEC ПА/ПВ для данных г. Ерейментау

| Модель ВЭУ, класса IEC ПА/ПВ. | Установл. мощность, МВт | Краткосрочная средняя вырабатываемая мощность, МВт | КИУМ, % | Долгосрочная средняя вырабатываемая мощность, МВт | КИУМ, % |
|-----------------------------------|-------------------------|--|---------|---|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Enercon E-101 | 3.05 | 1.512 | 50 | 1.469 | 48 |
| Enercon E-82 E3 | 3.02 | 1.215 | 40 | 1.192 | 39 |
| Vestas V112, On-shore | 3.075 | 1.350 | 44 | 1.302 | 42 |
| Vestas V90 | 3.0 | 1.083 | 36 | 1.061 | 35 |
| GE Wind 2.5-100 | 2.5 | 1.165 | 47 | 1.129 | 45 |
| Clipper C93 | 2.5 | 1.074 | 43 | 1.044 | 42 |
| Clipper C96 | 2.5 | 1.037 | 41 | 1.006 | 40 |
| Nordex N100/2500 | 2.5 | 1.118 | 45 | 1.080 | 43 |
| REpower 5M, On-shore | 5.075 | 2.274 | 45 | 2.223 | 44 |
| Siemens Wind PowerA/S SWT-3.6-120 | 3.6 | 1.427 | 40 | 1.394 | 39 |
| VENSYS 109 | 2.5 | 1.060 | 42 | 1.019 | 41 |

Далее были произведены расчеты с данными п. Боровской, краткосрочной, долгосрочной средней мощности и КИУМ, а результаты выполненных вычислений для 11-ти моделей ВЭУ класса IEC ПА/ПВ занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов краткосрочной и долгосрочной средней вырабатываемой мощности и КИУМ для ВЭУ класса IEC ПА/ПВ для данных п. Боровской

| Модель ВЭУ, класса IEC ПА/ПВ. | Установл. мощность, МВт | Краткосрочная средняя вырабатываемая мощность, МВт | КИУМ, % | Долгосрочная средняя вырабатываемая мощность, МВт | КИУМ, % |
|-------------------------------|-------------------------|--|---------|---|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Enercon E-101 | 3.05 | 1.318 | 43 | 1.387 | 45 |
| Enercon E-82 E3 | 3.02 | 1.086 | 36 | 1.126 | 37 |
| Vestas V112, Onshore | 3.075 | 1.131 | 37 | 1.212 | 39 |
| Vestas V90 | 3.0 | 0.944 | 31 | 0.986 | 33 |
| GE Wind 2.5-100 | 2.5 | 1.000 | 40 | 1.057 | 42 |
| Clipper C93 | 2.5 | 0.922 | 37 | 0.976 | 39 |
| Clipper C96 | 2.5 | 0.879 | 35 | 0.937 | 37 |
| Nordex N100/2500 | 2.5 | 0.944 | 38 | 1.007 | 40 |
| REpower 5M, Onshore | 5.075 | 1.996 | 39 | 2.080 | 41 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|-----|-------|----|-------|----|
| Siemens Wind Power A/S, SWT-3.6-120 | 3.6 | 1.235 | 34 | 1.303 | 36 |
| VENSYS 109 | 2.5 | 0.875 | 35 | 0.945 | 38 |

Из таблиц 2 и 3 видно, что некоторые значения КИУМ кажутся несколько завышенными, но это объясняется тем, что данные расчеты сделаны для одной единицы ВЭУ, на которую не действует эффект «затенения» (экранирования) и влияние спутных струй (турбулентных потоков) соседних ВЭУ, находящихся в составе ВЭС. К тому же, на протяжении эксплуатации ВЭУ, вырабатываемая электроэнергия будет меньше, чем выработка, вычисленная при проектировании, из-за остановок на техническое обслуживание, при аварийных и восстановительных работах [4].

По результатам расчетов, для исследованных площадок была установлена модель ВЭУ с наибольшим значением КИУМ – Enercon E-101. Далее в порядке убывания идут GE Wind 2.5-100, REpower 5M Onshore, Nordex N100/2500, Vestas V112 Onshore и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Todd Schultz, Wind Resource Assessment (MATLAB demo files from the «Wind Resource Assessment – Data Analysis Using MATLAB» webinar), 2011 г, www.mathworks.com/matlabcentral.
- 2 Международный стандарт IEC 61400-1 Wind turbines – Part 1: Design requirements (Third edition 2005-08).
- 3 Международный стандарт IEC 61400-1 Wind turbines – Part 1: Design requirements (Second edition).
- 4 Robert Gasch, Jochen Tewe, Wind Power Plants Fundamentals, Design, Construction and Operation, Second Edition. 2012 г.
- 5 Ветровой Атлас Республики Казахстан, www.atlas.windenergy.kz.
- 6 UNDP WIND MONITORING SITES. Wind Resource and Energy Assessment, PB POWER, 2008.
- 7 Пояснительный текст, для 1 и 2 этапа ветромониторинга, Проект Правительства Казахстана и Программы Развития ООН «Казахстан – инициатива развития рынка ветроэнергетики», www.windenergy.kz.
- 8 Wind Turbines Generator files manufacturer Vestas: Wind Systems A/S; Nordex SE. www.wasp.dk/download/PowerCurves.aspx.
- 9 Wind turbine power curve database (free). www.wind-power-program.com.
- 10 NORMCDF - Функция распределения вероятностей нормального закона, www.matlab.exponenta.ru.
- 11 Erich Hau, Wind Turbines. Fundamentals, Technologies, Application, Economics. Second Edition, 2006.

12 Tony Burton, Nick Jenkins, David Sharpe, Ervin Bossanyi, Wind Energy Handbook, Second Edition. 2011 г.

Павлодарская областная дирекция телекоммуникаций – филиал АО «Казакхтелеком», г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 12.06.14.

К. М. Алтыбасаров

МАТЛАВ жүйесі арқылы Солтүстік Қазақстан аймақтары үшін эффективті жел электрлі қондырғыларын анықтау (екінші бөлім)

«Казакхтелеком» АҚ филиалы – Павлодар облыстық телекоммуникация дирекциясы, Павлодар қ.
Материал 12.06.14 редакцияға түсті.

К. М. Altybassarov

Determination of effective wind turbines, for regions of Northern Kazakhstan, in the environment of MATLAB (the second part)

The Pavlodar regional management of telecommunications – JSC “Kazakhtelecom” branch, Pavlodar.
Material received on 12.06.14.

Екінші бөлімде, қысқамерзімді және ұзақмерзімді орташа қортып шығаратын қуатын және ЖЭҚ моделдерінің анықталған қуатының қолдау коэффициентін MATLAB жүйесінде есептелген нәтижелері келтірілген. Бұл Солтүстік Қазақстан аймақтарындағы желмониторингін өткізу алаңшықтарының техникалық сипаттамалары ең тиімді желдік жағдайларға сәйкес келтіру үшін жасалған.

In the second part, results of research, with calculation in the environment of MATLAB are represented: short-term and long-term medial worked out power and a utilization factor of the erected power of wind turbines models. The most effective models, which technical characteristics correspond to wind requirements of platforms of wind monitoring, in Northern regions of Kazakhstan.

А. Е. Анарбаев, С. С. Молдахметов

СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПАРАМЕТРАМИ СОЛНЕЧНОГО МОДУЛЯ

Разработанное устройство найдет применение в проведении исследований солнечных панелей. Устройство отличается высокой точностью измерения, которая достигается за счет выполнения определенной функции каждым из микроконтроллеров. Первый микроконтроллер получает данные с датчика температуры и посылает их на ЖКИ. Второй микроконтроллер работает в режиме АЦП и передает данные на первый микроконтроллер. Устройство планируется усовершенствовать добавив функцию измерения мощности.

В современном мире, с растущими показателями потребления и ограниченными энергоресурсами, стремительные обороты набирает развитие технологий добычи энергии из альтернативных, возобновляемых источников.

В этой связи солнечные фотопреобразователи обладают рядом преимуществ, к которым можно отнести бесшумность, мобильность, отсутствие вредных выбросов в атмосферу и ряд других. Самым большим недостатком является низкое значение КПД. На сегодняшний день среднее значение этого показателя на практике составляет всего 12-25%. Одним из основных направлений, в котором работают ученые, является увеличение КПД солнечных панелей и изучение влияющих на него факторов.

Для проведения исследований необходимо измерять на выходе солнечной батареи напряжение и силу тока. Для этого в общем случае к выходу солнечной батареи подключают вольтметр и амперметр, что очень неудобно. Помимо этого, известно, что мощность на выходе солнечной батареи сильно зависит от ее температуры. Принято решение разработать устройство, которое способно выводить на дисплей данные о параметрах солнечной батареи.

На начальном этапе разработки устройства необходимо выбрать датчик температуры. В последнее время большим спросом пользуются цифровые датчики температуры компании «DALLAS», в том числе DS18B20. Данный вид датчика дает возможность измерять температуру в пределах от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Датчик имеет в себе 2 регистра с данными о температуре, которые он передает по шине 1Wire. В связи с этим необходимо определить устройство, способное считать такие данные с датчика. Принято

решение использовать микроконтроллер ATmega32, в функции которого помимо общения с датчиком будет ввод и вывод данных на дисплей. В качестве дисплея будет использоваться ЖКИ WH1602C компании Winstar, поскольку микроконтроллер имеет достаточное количество свободных выводов.

Для измерения напряжения на выходе солнечной батареи необходимо ввести микроконтроллер в режим АЦП. Возникает проблема сопряжения функций АЦП, который работает в режиме глобальных прерываний, и общения с датчиком температуры, использующего протокол 1Wire, и соответственно не терпит прерываний. В этом случае есть смысл использовать второй микроконтроллер ATmega32 для выполнения измерения напряжения и передачи его в цифровом виде основному микроконтроллеру.

Таким образом, 8 выводов порта В основного микроконтроллера будет использоваться для передачи данных на ЖКИ и 4 вывода порта D – в качестве управляющих ЖКИ. Вывод PC0 будет использоваться для общения с датчиком, а выводы порта А – для получения данных о напряжении на выходе солнечной батареи с другого микроконтроллера. Электрическая принципиальная схема разработанного устройства показана на рисунке 1.

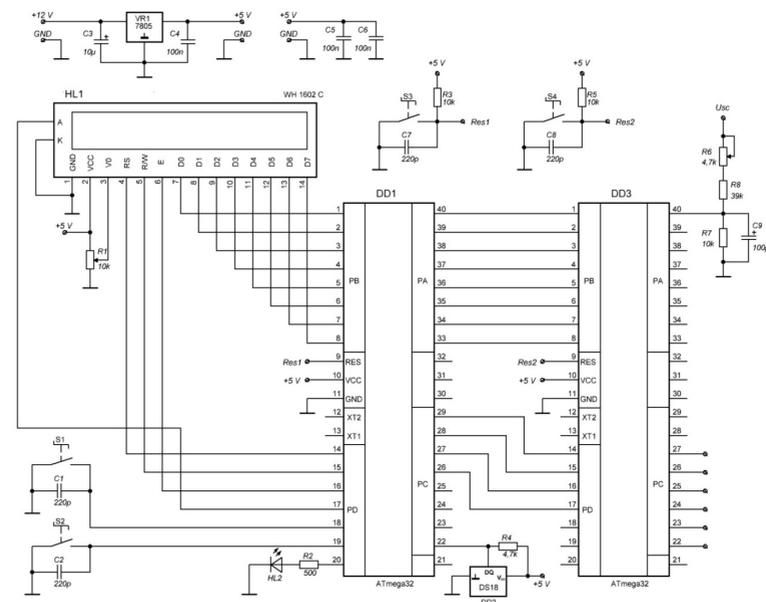


Рисунок 1 – Система отображения параметров солнечной батареи

Поскольку напряжение на выходе солнечной батареи при максимальной освещенности не превышает 22 В, за возможный максимум удобно принять 25,3 В. Так как АЦП микроконтроллера способно преобразовывать максимальное напряжение 5 В был установлен делитель напряжения, а для устранения шумов на вход АЦП устанавливается электролитический конденсатор емкостью 100 мкФ.

АЦП микроконтроллера может работать в 10-битном и 8-битном режиме. В первом случае разрядность составит от 0 до 1023 и точность соответственно 4,8 мВ, а во втором разрядность 0 до 253 с шагом измерения 19 мВ [1]. Удобно использовать 8-битный режим, поскольку 8 битные данные легче передать на другой микроконтроллер по параллельной шине. Практически это выполнимо за 1 такт, используя только 1 порт от каждого из микроконтроллеров. Помимо этого, отсутствует необходимость преобразований данных, поскольку полученное 8-битное значение в десятичной системе будет являться значением напряжения на выходе в дециВольтах, и чтобы получить напряжение в Вольтах необходимо только в нужном месте поставить запятую.

В задачи основного микроконтроллера будет входить обмен данными с датчиком температуры, прием данных о напряжении со второго микроконтроллера и вывод данных на ЖКИ.

В качестве датчика температуры выбран DS18B20 – цифровой термометр с программируемым разрешением, от 9 до 12-bit, которое может сохраняться в собственной EEPROM. Общий вид и распиновка датчика температуры DS18B20 показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 – Распиновка датчика температуры DS18B20

Согласно стр. 9 Datasheet DS18B20 последовательность операций для обращения к датчику DS18B20. Сначала идет инициализация датчика, затем передача команды ROM, и после функциональная команда DS18B20. Очень важно следовать за этой последовательностью каждый раз, когда обращаются

к DS18B20, поскольку DS18B20 не будет «отвечать», если любые шаги в последовательности отсутствуют или не в порядке.

Последовательность инициализации состоит из импульса сброса, переданного микроконтроллером ATmega32 шиной, сопровождаемым импульсом присутствия, переданными датчиком. Импульс присутствия позволяет устройству управления шиной знать, что подчиненное устройство присутствует на шине и готово к работе (рисунок 3).

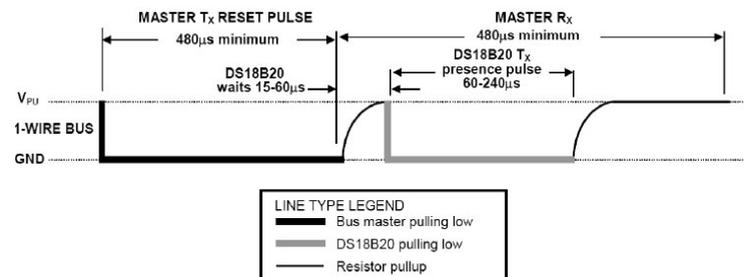


Рисунок 3 – Инициализация DS18B20 по шине 1Wire

Есть пять команд ROM, и каждая команда 8 битов длиной. Главное устройство должно передать соответствующую команду ROM перед передачей команды функции DS18B20. В нашем случае т.к. мы используем один датчик и других устройств на шине 1Wire нет, то соответственно, не обязательно считать индивидуальный ROM-код датчика.

После того, как устройство управления шиной обработало команду ROM, чтобы обратиться к DS18B20 на шине, устройство управления может формировать одну из команд функции DS18B20, согласно стр. 21 Datasheet DS18B20. Эти команды позволяют выполнить функции записи или чтения оперативной памяти DS18B20, инициализировать температурные преобразования или определить режим электропитания.

DS18B20 после формирования импульса восстановления выполняет выборку сигнала через 15 мкс в течение окна, которое продолжается от 15 мкс до 60 мкс, и инициализирует слот времени записи. Если уровень на шине высокий в течение окна выборки, осуществляется запись 1 в DS18B20. Если уровень низкий, осуществляется запись 0 в DS18B20. Временные диаграммы слотов записи и чтения показаны на рисунке 4.

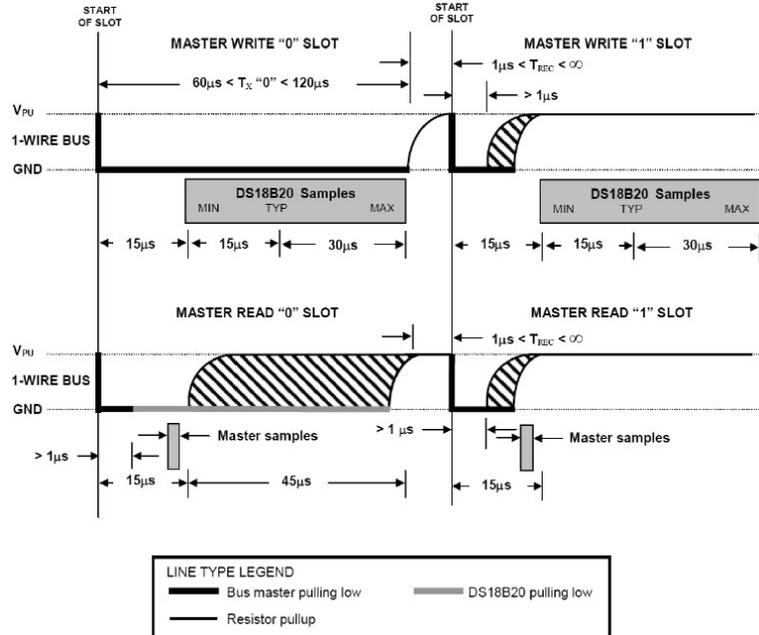


Рисунок 4 – Временные диаграммы слотов записи и чтения по 1Wire

Итак, данные, полученные с датчика температуры, помещаются в регистр памяти микроконтроллера. Далее эти данные необходимо преобразовать и вывести на LCD. Как указано выше, в качестве LCD используется 16-символьный 2-строчный дисплей WH1602C с встроенным контроллером HD44780.

Данные о температуре солнечной панели выводятся на дисплей в правом верхнем углу. Также на дисплей слева выводятся данные о напряжении солнечной батареи и общее время работы устройства в минутах и секундах, как показано на рисунке 5.

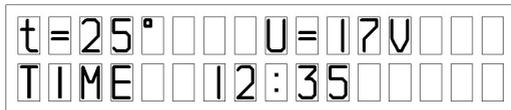


Рисунок 5 – Размещение данных на дисплее WH1602C

Микроконтроллер ATmega32 имеет два таймера-счетчика: один восьмибитный TCNT0 и один шестнадцатибитный TCNT1. Они могут считать до

28=256 или до $2^{16}=65536$ соответственно [3]. Для подсчета времени работы используется 16-битный таймер-счетчик, который настраивается так, чтобы считать каждый 64-й такт внутреннего генератора. С учетом того, что частота тактового генератора 1 МГц, чтобы прошло время в 1 секунду необходимо досчитать

$$N_{TCNT} = \frac{f_{\text{генератора}}}{\text{prescaler}} = \frac{1000000 \text{ Гц}}{64} = 15625$$

Таким образом, как только таймер-счетчик досчитает до 15625 проходит время в 1 секунду и необходимо послать изменение символа времени на дисплей. После того как проходит отсчет 10 секунд на дисплее изменится 2 символа и т.д. Следует учесть и то, что ЖКИ медленно принимает символы и время теряется, помимо этого время теряется в микроконтроллере при обработке программы и общении датчиком температуры, поэтому опытным путем при отладке схемы было установлено количество тактов таймера-счетчика TCNT1 равное 15100.

Программа работы микроконтроллеров пишется в среде WinAVR. Программирование микроконтроллеров осуществлялось с помощью внутрисхемного программатора USBasp2 в программной среде WinAVR. Для этого в устройство встроен 6-пиновый порт IDC6 для каждого микроконтроллера.

Чертеж печатной платы был получен ручной трассировкой в программе Sprint-Layout 6.0 (рисунок 6). Размеры печатной платы $95 \times 90 \text{ мм}^2$, фланец стабилизатора напряжения LM7805 крепится к общей шине с обратной стороны платы.

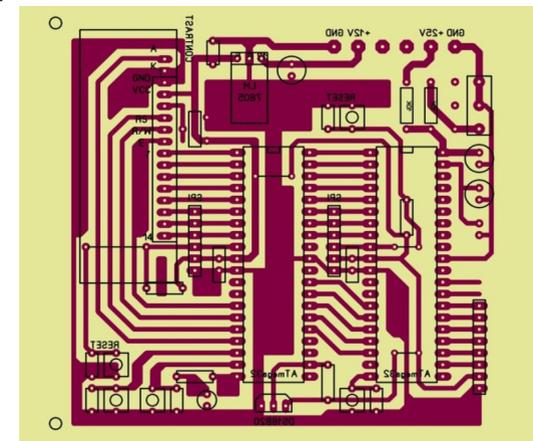


Рисунок 6 – Рисунок печатной платы в программе Sprint-Layout 6.0

Печатная плата получена химическим способом. Монтаж радиоэлементов производился сквозным способом [4]. Согласно [3] кнопки сброса микроконтроллеров подключены через подтягивающие резисторы для избегания ложного срабатывания. Готовое устройство системы слежения за параметрами солнечного модуля показано на рисунке 7.

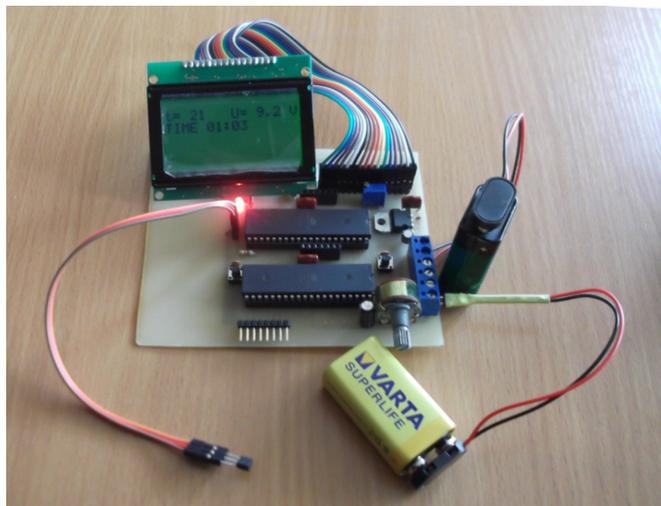


Рисунок 7 – Система слежения за параметрами солнечного модуля

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Евстифеев, А. В.** Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Изд. Додэка XXI, 2007. – 310-323 с.
- 2 **Шпак, Ю. А.** Программирование на языке Си для AVR и PIC микроконтроллеров. – Киев : МК-Пресс, 2006. - 403 с.
- 3 **Хартов, В. Я.** Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих. Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 277 с.
- 4 **Максимихин, Б.А.** Технологические процессы пайки электромонтажных соединений. – СПб : Энергия, 1980 г. – 80 с.
- 5 DS18S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer. – 115 с.
- 6 ATmega32/ATmega32L: 8-bit Microcontroller with 32KBytes in-system programmable flash. Atmel Corporation: AVR, 2011. – 337 с.

Казахский национальный технический университет
имени К. Сатпаева, г. Алматы.
Материал поступил в редакцию 23.06.14.

А. Е. Анарбаев, С. С. Молдахметов

Күн модулінің параметрлеріне аңдудың жүйесі

Қ. И. Сәтбаев атындағы
қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ.
Материал 23.06.14 редакцияға түсті.

A. Anarbaev, S. Moldakhmetov

The solar module parameters tracking system

Kazakh national technical university after K. I. Satpayev, Almaty.
Material received on 23.06.14.

Өңделген құрылғы күн панелдердің зерттеулерін жүргізуде қолдану табылады. Құрылғы микроконтроллердің әрқайсыларының белгілі функцияны орындау есебінен өлшеу жоғарғы дәлдікпен ерекиеленеді. Бірінші микроконтроллер температура көрсеткіш деректер алады және оларды дисплейге жібереді. Екінші микроконтроллер АЦП режимде жұмыс істейді және бірінші микроконтроллерге дерек беріледі. Құрылғы мінсіздікке жетуге жоспарланады.

The developed device will be used in research of solar panels. The device has a high-precision measurement, which is achieved by performing a specific function of each microcontroller. The first microcontroller receives a data from the temperature sensor, and sends them to LCD. The second microcontroller operates in the ADC and transmits the data to the first microcontroller. There is an opportunity to improve the device by adding power measurement function.

**Л. Л. Булыга, Л. Л. Булыга, Д. С. Сагидулла, А. П. Кислов,
О. М. Талипов, В. П. Марковский**

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ АО «СТАНЦИЯ ЭКИБАСТУЗСКАЯ ГРЭС-2»

Объектом энергетического обследования является Акционерное общество «Станция Экибастузская ГРЭС-2». Определены целевые показатели, перечень обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, а так же краткое описание мероприятий. Приведен анализ динамики показателей работы ЭГРЭС и тепловой экономичности её основного оборудования на 2010-2012 г.

На сегодняшний день очень актуальны вопросы повышения энергетической эффективности, так как, данное направление может внести огромный вклад в устойчивое развитие страны путем снижения энергоёмкости экономики и поспособствовать в повышении конкурентоспособности произведенных товаров и услуг. Глобальный экономический кризис сделал данную тему чрезвычайно важной на мировом уровне. В реализации политики энергоэффективности заложены серьезные резервы для борьбы с последствиями кризиса и модернизации экономики.

Объектом энергетического обследования является Акционерное общество «Станция Экибастузская ГРЭС-2».

В качестве основных целевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности применяется следующие:

- показатели энергоёмкости выпускаемой продукции в натуральном и стоимостном выражении (тыс. тут/тыс. руб. и тыс. руб./тыс. руб.);
- удельный расход топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию, (г/кВтч, кгт/Гкал).

Перечень обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

К обязательным мероприятиям по энергосбережению и повышению энергетической эффективности относятся:

- проведение энергетических обследований предприятий;
- расчет нормативных норм расхода ТЭР на единицу выпускаемой продукции;
- оборудование приборами учета точек покупки ТЭР, их генерации, потребления и передачи сторонним организациям (субабонентам или дочерним компаниям);

- модернизация системы освещения с заменой ламп накаливания в системах внутреннего и наружного освещения на энергосберегающие;
- установка на электродвигателях систем частотно-регулируемого привода и плавного пуска;

Для достижения к 2020 году поставленных целей в Программе предусматривается внедрение мероприятий по следующим основным направлениям:

- Организационные и беззатратные мероприятия;
- Эксплуатационные мероприятия, направленные на снижение потребления электрической и/или тепловой энергии;
- Эксплуатационные мероприятия, направленные на повышение надежности работы оборудования электростанции;
- Эксплуатационные мероприятия, направленные на снижение потребления воды;
- Эксплуатационные мероприятия, направленные на увеличение отпуска ТЭР;
- Мероприятия техперевооружения, реконструкции и учета ТЭР.

Состав предлагаемых технических мероприятий по энергосбережению

При проведении энергетическое обследование станции было выявлено наличие существенного потенциала энергосбережения. Данный потенциал может быть преобразован в реальную экономию за счёт эксплуатационных, ремонтно-сервисных, а также тех мероприятий, которые связаны с внедрением нового оборудования. При формировании перечня мероприятий в части внедрения нового оборудования и реконструкции старого предпочтение было отдано тем мерам, которые имеют наименьшие капитальные и эксплуатационные затраты и наименьший срок окупаемости.

1 Модернизация системы освещения

2 Установка автоматических устройств управления осветительной нагрузкой.

Установка автоматизированной системы управления освещением (АСУО) позволит оптимизировать график включения и выключения освещения на каждом конкретном объекте, а там, где возможно, переводить освещение в сумеречный режим работы.

3 Мероприятия по компенсации реактивной мощности на собственные нужды станции.

Для потребителей электроэнергии на напряжение (3 – 6) кВ нормируемое значение коэффициента реактивной мощности составляет - $\text{tg}\varphi_n = 0,4$ (Приказ Минпромэнерго РФ № 490 от 22 февраля 2007 года).

4 Замена силовых масляных трансформаторов напряжением 3-6/0,4 кВ на современные

На станции установлены силовые масляные трансформаторы различной номинальной мощности от 50 кВт до 750 кВт типа ТМ-560, ТМ-630, ТАМ-630

(с алюминиевыми обмотками), ТМ-750 и др. Эти трансформаторы выработали свой эксплуатационный ресурс (сроки службы от 40 до 60 лет) и в сравнении с современными трансформаторами имеют худшие характеристики.

5 Создание автоматизированной информационно-измерительной системы технического учета электроэнергии (АСТУЭ)

Создание автоматизированной системы технического учета электроэнергии само по себе не сможет снизить затраты на электроэнергию и снизить потребляемую мощность, однако АСТУЭ дает инструмент контроля и косвенного управления технологией расходования электроэнергии на СН.

Внедрение АСТУЭ позволяет осуществить комплекс организационно-технических мероприятий направленных на минимизацию затрат электроэнергии на СН.

6 Внедрение автоматизированных систем частотно-регулируемого электропривода на общестанционных двигателях.

В результате проведенного обследования, с целью повышения уровня автоматизации и повышения энергоэффективности работы оборудования, предлагается оснастить приводы общестанционных двигателей системой частотного регулирования.

7 Реконструкция регулирующих клапанов на турбинах

Необходимо провести реконструкцию регулирующих клапанов, т.к. по измерениям проф. Куменко А. И. клапана генерируют очень большие пульсации давления в патоке, величина которых достигает 10% от начального давления пара. (Публикации в журнале Теплоэнергетика 2000 г. № 6 с. 50-57), что вызывает большие динамические нагрузки. Кроме того гидравлические сопротивления системы паровпуска достигает 4-4,5 % от начального давления пара. Новые клапана типа «ZE» на порядок снижают динамические нагрузки и уменьшают сопротивление до 2,5 %.

8 Модернизация выхлопных патрубков

В части низкого давления турбин К-500 необходимо повысить эффективность проточной части за счет реконструкции системы отбора пара на регенеративные подогреватели и модернизацию выхлопных патрубков турбины.

9 Установка сотовых уплотнений

Переход к сотовым уплотнениям это мера, используемая сейчас на ряде станций, как в России, так и за рубежом позволяет, по меньшей мере, увеличить внутренний относительный КПД ЧВД на 0,5-1 %. Сотовые уплотнения позволяют уменьшить зазор, и, как следствие, снижают расход пара идущего в обход лопаточной части.

10 Реконструкция системы отопления главного корпуса станции

Большинство из существующих систем отопления промышленных предприятий физически и морально устарели, а, следовательно, нуждаются

в реконструкции. Помимо этого большие потери тепла происходят из-за отсутствия регулирования на системах отопления.

11 Мероприятия по повышению качества учета тепловой энергии поставляемой от тепловых сетей ЭГРЭС-2

Для повышения качества учета тепловой энергии, поставляемой от тепловых сетей Экибастузской ГРЭС-2, необходимо обеспечить установку узлов учета:

- на объекты от коллекторов промплощадки ЭГРЭС-2;
- на потребителей, нагрузка которых составляет около 0,2 Гкал/час.

12 Внедрение системы шарикоочистки (СШО)

Целью использования системы шарикоочистки является повышение безопасности и надежности конденсаторов турбоустановки К-500, и другого теплообменного оборудования путем устранения загрязнений и твердых отложений в охлаждающих трубках, что приводит:

- к улучшению теплопередачи в охлаждающих трубках;
- к уменьшению коррозии в охлаждающих трубках;
- к увеличению срока службы охлаждающих трубок;
- к сокращению затрат на обслуживание (не требуется ручная очистка внутренних поверхностей охлаждающих трубок и связанные с этим остановки энергоблока).

Динамики показателей работы ЭГРЭС и тепловой экономичности её основного оборудования на 2010-2012г.

1. Выработка и отпуск электроэнергии

Таблица 1 – Выработка электроэнергии

| Выработка электроэнергии, тыс. кВт•ч | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 3002978 | 3247068 | 2737527 |
| Бл. №2 | 2435551 | 2670554 | 3396704 |
| Станция | 5438530 | 5917622 | 6134231 |

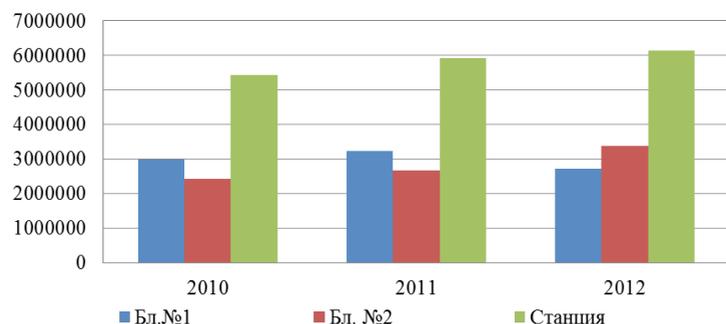


Рисунок 1 – Выработка электроэнергии, тыс. кВт•ч

Блок №1: выработка электроэнергии в 2011 году возросла на 244090 тыс. кВт•ч или на 8,13% по отношению к 2010 году, однако в 2012 году наблюдается снижение выработки на 509541 тыс. кВт•ч или на 15,69% по отношению к 2011 году;

снижение выработки по отношению к 2010 году в 2012 году составило 265451 тыс. кВт•ч или 8,84%.

Блок №2: выработка электроэнергии в 2011 году возросла на 235003 тыс. кВт•ч или на 9,65% по отношению к 2010 году;

в 2012 году рост выработки составил 726150 тыс. кВт•ч или 27,19% по отношению к 2011 году;

увеличение выработки по отношению к 2010 году в 2012 году составило 961153 тыс. кВт•ч или 39,46%.

Станция: наблюдается постепенное увеличение выработки так в 2011 году рост составил 479092 тыс. кВт•ч или 8,81% по отношению к 2010 году, в 2012 году этот показатель по отношению к 2011 году вырос на 216609 тыс. кВт•ч или на 3,66%;

по отношению к 2010 году выработка в 2012 году увеличилась на 695701 тыс. кВт•ч или на 12,79%.

Таблица 2 – Отпуск электроэнергии с шин

| Отпуск электроэнергии с шин, тыс. кВт•ч | | | |
|---|---------|---------|---------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 2827948 | 3070089 | 2588755 |
| Бл. №2 | 2295648 | 2526342 | 3209732 |
| Станция | 5123596 | 5596431 | 5798487 |

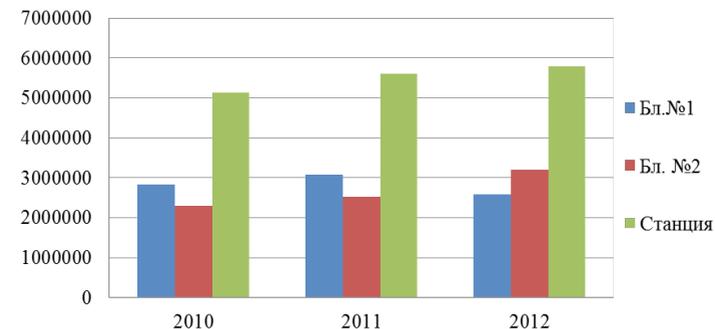


Рисунок 2 – Отпуск электроэнергии с шин, тыс. кВт•ч

Блок №1:

отпуск электроэнергии в 2011 году увеличился на 242141 тыс. кВт•ч или на 8,56%;

в 2012 году отпуск снизился на 481334 тыс. кВт•ч или на 15,68% по отношению к 2011 году;

по отношению к 2010 году снижение отпуска составило 239193 тыс. кВт•ч или 8,46%.

Блок №2:

отпуск электроэнергии с шин в 2011 году увеличился на 230694 тыс. кВт•ч или на 10,05% по отношению к 2010 году;

в 2012 году рост отпуска составил 683390 тыс. кВт•ч по отношению к 2011 году или 27,05%;

по отношению к 2010 году в 2012 году отпуск с шин возрос на 914084 тыс. кВт•ч или 39,82%.

Станция:

отпуск электроэнергии в 2011 году увеличился на 472835 тыс. кВт•ч или на 9,23% по отношению к 2010 году;

в 2012 году отпуск увеличился на 202056 тыс. кВт•ч или на 3,61% по отношению к 2011 году;

по отношению к 2010 году в 2012 году отпуск с шин возрос на 674891 тыс. кВт•ч или на 13,17%.

Выводы по разделам выработки и отпуска электроэнергии:

По показателям выработки и отпуска электроэнергии с шин наблюдается устойчивый рост с 2010 по 2012 годы.

При этом в период с 2010 по 2011 годы рост этих показателей по станции обеспечивался одновременным ростом выработки и отпуска по блоку №1 и блоку №2, а в период с 2011 по 2012 год по блоку №1 наблюдается снижение этих показателей при одновременном росте их по блоку №2, что обеспечило

общее увеличение выработки и отпуска по станции, но несколько меньшими темпами.

2. Расход условного топлива на отпуск электроэнергии

Таблица 3 – Расход условного топлива на отпуск электроэнергии

| Расход условного топлива на отпуск электроэнергии, абсолютный, т у.т. | | | |
|---|---------|---------|---------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 1014622 | 1150816 | 986345 |
| Бл. №2 | 813801 | 908963 | 1172111 |
| Станция | 1828423 | 2059779 | 2158456 |

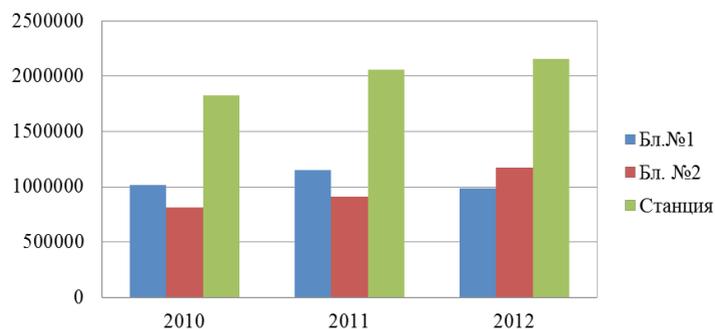


Рисунок 3 – Расход условного топлива на отпуск электроэнергии, т у.т.

3. Расход условного топлива на отпуск тепла

Таблица 4 – Расход условного топлива на отпуск тепла

| Расход условного топлива на отпуск тепла, абсолютный, т у.т. | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 6912 | 8169 | 6463 |
| Бл. №2 | 6472 | 6694 | 7537 |
| Станция | 13384 | 14863 | 14000 |

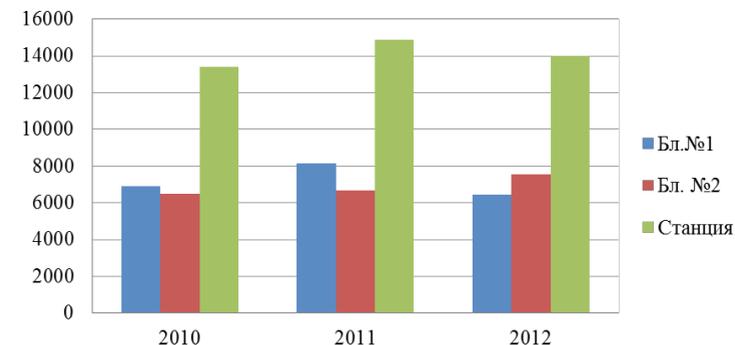


Рисунок 4 – Расход условного топлива на отпуск тепла, т у.т.

4. Расход условного топлива ПОК

Таблица 5 – Расход условного топлива ПОК.

| Расход условного топлива ПОК, т у.т. | | | |
|--------------------------------------|------|------|------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 840 | 1953 | 761 |
| Бл. №2 | 1462 | 1169 | 972 |
| Станция | 2302 | 3122 | 1733 |

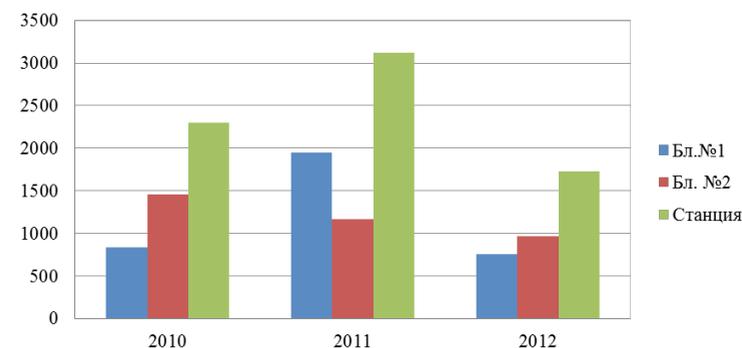


Рисунок 5 – Расход условного топлива ПОК, т у.т.

Блок №1:

с 2010 по 2011 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии увеличился на 1257 тут или на 18,2%; с 2011 по 2012 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии уменьшился на 1706 тут или на 20,9%.

Блок №2 :

с 2010 по 2011 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии увеличился на 222 тут или на 3,4%;

с 2011 по 2012 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии увеличился на 843 тут или на 12,6%.

Станция :

с 2010 по 2011 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии увеличился на 1479 тут или на 11,05%;

с 2011 по 2012 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии уменьшился на 843 тут или на 5,8%.

ПОК:

с 2010 по 2011 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии увеличился на 820 тут или на 35,6%;

с 2011 по 2012 год расход условного топлива на отпуск тепловой энергии уменьшился на 1389 тут или на 44,5%.

Выводы: при изменении отпуска тепловой энергии как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения наблюдается рост удельных расходов топлива на отпуск тепловой энергии.

5. Фактический расход электроэнергии на собственные нужды.

Таблица 6 – Фактический расход электроэнергии на собственные нужды на выработку электроэнергии

| Фактический расход электроэнергии на собственные нужды на выработку электроэнергии, % | | | |
|---|------|------|------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 5,69 | 5,3 | 5,26 |
| Бл. №2 | 5,61 | 5,25 | 5,35 |
| Станция | 5,66 | 5,28 | 5,31 |

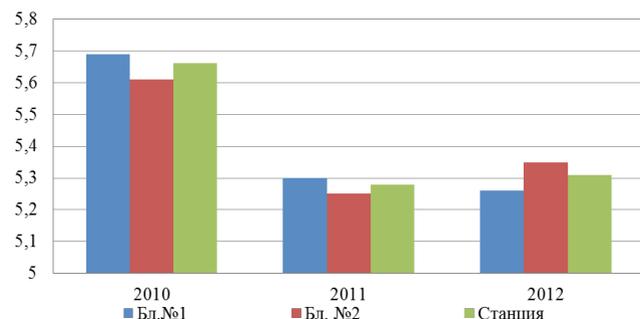


Рисунок 6 – Фактический расход электроэнергии на собственные нужды на выработку электроэнергии, %

Блок №1 :

фактический удельный расход электроэнергии на собственные нужды на выработку электроэнергии;

в период 2010-2011 год уменьшился на 0,39% или на 6,9% по отношению к 2010 году;

в период 2011-2012 год этот показатель уменьшился на 0,04% или на 0,8% по отношению к 2011 году.

Блок №2 :

фактический удельный расход электроэнергии на собственные нужды на выработку электроэнергии в период 2010-2011 год уменьшился на 0,36% или на 6,4% по отношению к 2010 году;

в период 2011-2012 год этот показатель увеличился на 0,1% или на 1,9% по отношению к 2011 году.

Станция :

фактический удельный расход электроэнергии на собственные нужды на выработку электроэнергии в период 2010-2011 год уменьшился на 0,38% или на 6,7% по отношению к 2010 году;

в период 2011-2012 год этот показатель увеличился на 0,03% или на 0,6% по отношению к 2011 году.

Таблица 7 – Фактический расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла

| Фактический расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла, кВт•ч/Гкал | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 109,06 | 117,07 | 142,54 |
| Бл. №2 | 96,05 | 119,00 | 137,49 |
| Станция | 102,81 | 117,93 | 139,83 |

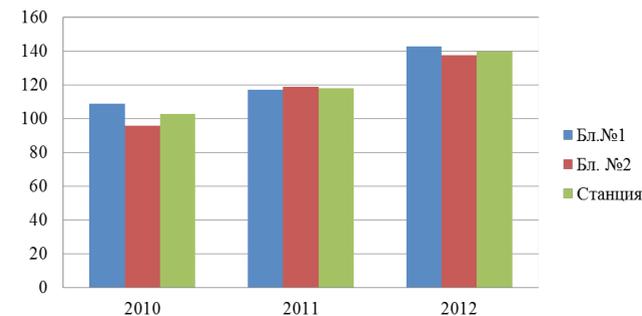


Рисунок 7 – Фактический расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла, кВт•ч/Гкал

Блок №1:

в период 2010-2011года удельный расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла вырос на 8,01 кВт•ч/Гкал или на 7,3%;

в период 2011-2012 года удельный расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла вырос на 25,47 кВт•ч/Гкал или на 21,8%.

Блок №2:

в период 2010-2011года удельный расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла вырос на 22,95 кВт•ч/Гкал или на 23,9%;

в период 2011-2012 года удельный расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла вырос на 18,49 кВт•ч/Гкал или на 15,5%.

Станция:

в период 2010-2011года удельный расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла вырос на 15,12 кВт•ч/Гкал или на 14,7%;

в период 2011-2012 года удельный расход электроэнергии на собственные нужды на отпуск тепла вырос на 21,9 кВт•ч/Гкал или на 18,6%.

Вывод: удельный расход электроэнергии на собственные нужды на выработку электроэнергии по блоку №1 имеет тенденцию к снижению, по блоку №2 снижение наблюдалось в период 2010-2011 года, а в период 2011-2012 этот показатель возрастает, что в итоге дает уменьшение показателя по станции в период 2010-2011 год и увеличение в период 2011-2012 год, показатель удельного расхода электроэнергии на отпуск тепловой энергии имеет устойчивую тенденцию к увеличению во всех рассматриваемых периодах.

6. Коэффициент использования электрической мощности.

Таблица 8 – Средняя электрическая нагрузка

| Средняя электрическая нагрузка, МВт | | | |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 342,81 | 370,67 | 311,65 |
| Бл. №2 | 278,03 | 304,86 | 386,69 |
| Станция | 620,84 | 675,53 | 698,34 |

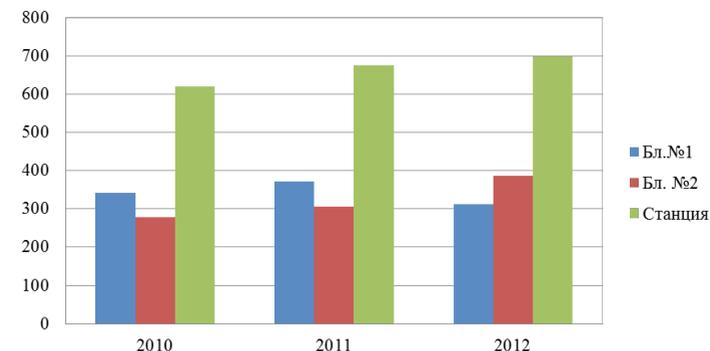


Рисунок 8 – Средняя электрическая нагрузка, МВт

Блок №1:

в период 2010-2011 год средняя электрическая нагрузка возросла на 25,86 МВт или на 8,1%;

в период 2011-2012 год снизилась на 59,02 МВт или на 15,9%.

Блок №2:

в период 2010-2011 год средняя электрическая нагрузка возросла на 26,83 МВт или на 9,7%;

в период 2011-2012 год рост составил на 81,83 МВт или на 26,8%.

Станция:

в период 2010-2011 год средняя электрическая нагрузка возросла на 54,69 МВт или на 8,8%;

в период 2011-2012 год рост составил на 22,81 МВт или на 3,4%.

Выводы: по средней электрической нагрузке наблюдается общий рост, однако в 2011-2012 году этот показатель снизился для блока №1, но существенно возрос для блока №2, что и привело к общему росту средней электрической нагрузке по станции.

Таблица 9 – Число часов в работе

| Число часов в работе | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 7019 | 7253 | 6251 |
| Бл. №2 | 5681 | 6071 | 7620 |
| Станция | 12699 | 13323 | 13872 |

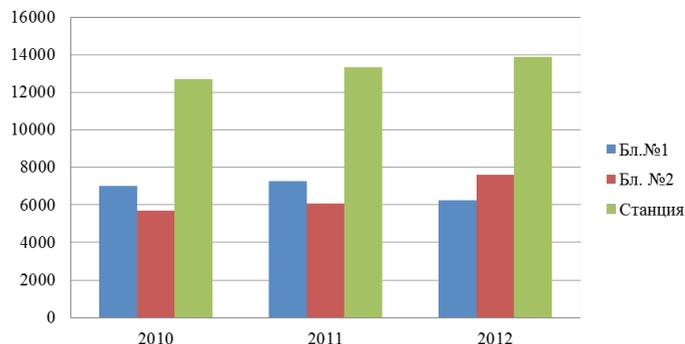


Рисунок 9 – Число часов в работе

Таблица 10 – Число часов в резерве

| Число часов в резерве | | | |
|-----------------------|------|------|------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 483 | 214 | 0 |
| Бл. №2 | 1851 | 34 | 93 |
| Станция | 2334 | 248 | 93 |

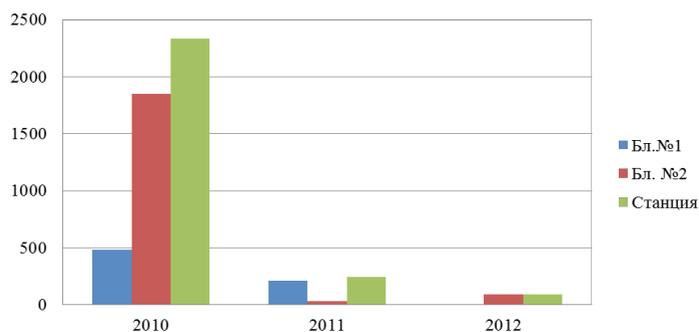


Рисунок 10 – Число часов в резерве

Таблица 11 - Коэффициент использования электрической мощности

| Коэффициент использования электрической мощности, % | | | |
|---|-------|-------|-------|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 |
| Бл. №1 | 34,28 | 37,07 | 62,33 |
| Бл. №2 | 27,80 | 30,49 | 77,34 |
| Станция | 62,08 | 67,55 | 69,83 |

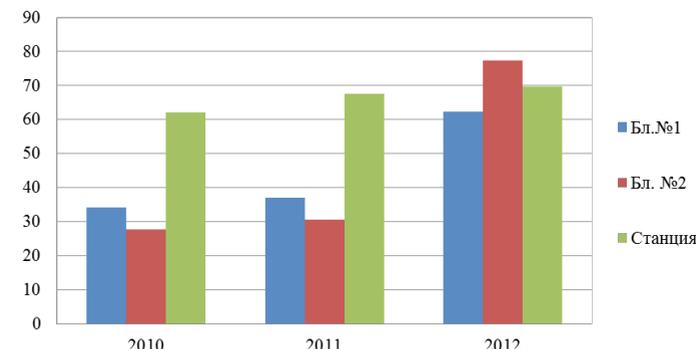


Рисунок 11 – Коэффициент использования электрической мощности, %

Блок №1:

в период 2010-2011 год коэффициент использования электрической мощности возрос на 2,79% или на 8,1% в относительном измерении;

в период 2011-2012 год этот показатель вырос на 25,26% или на 68,1% в относительном измерении.

Блок №2:

в период 2010-2011 год коэффициент использования электрической мощности возрос на 2,69% или на 9,7% в относительном измерении;

в период 2011-2012 год этот показатель вырос на 46,9% или на 153,7% в относительном измерении.

Станция:

в период 2010-2011 год коэффициент использования электрической мощности возрос на 5,47% или на 8,8% в относительном измерении;

в период 2011-2012 год этот показатель вырос на 2,28% или на 3,4% в относительном измерении.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 30.06.14.

Л. Л. Булыга, Л. Л. Булыга, Д. С. Сагидулла, А. П. Кислов, О. М. Талипов,
В. П. Марковский

«Станция Экибастузская ГРЭС-2» АҚ энергетикалық зерттелуі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 30.06.14 редакцияға түсті.

L. L. Bulyga, L. L. Bulyga, D. S. Sagidulla, A. P. Kislov, O. M. Talipov,
V. P. Marcovsky

Power survey of JSC «Ekibastuz GRES-2»

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 30.06.14.

«Станция Экибастузская ГРЭС-2» Акционерлік қоғам энергетикалық зерттеу нысанымен болып табылады. Энергоаудит және энергетикалық тиімділіктің жоғарылату міндетті іс-шаралар тізімі тағайындалған, және олар қысқаша сипатталған. 2010-2012 ж.ж. ЭМАЭС негізгі қондырғыларының жылулық үнемділігі және жұмыс жасау көрсеткіштерінің динамикасы берілген.

Energy audit object is JSC «Ekibastuz GRES-2». Defined targets, the list of mandatory energy efficiency measures and energy efficiency, as well as a brief description of the activities. The analysis of the dynamics of performance and thermal efficiency EGRES its main equipment for the 2010-2012.

УДК 621.32

**Л. Л. Булыга, Л. Л. Булыга, Д. С. Сагидулла,
О. М. Талипов, А. П. Кислов, В. В. Кибартас**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ
ОАО «ОМСКВОДОКАНАЛ»**

Представлены материалы энергетического обследования системы водоснабжения и водоотведения ОАО «Омскводоканал».

Насосные станции первого подъема осуществляют забор воды из открытого водоема – реки Иртыш и перекачку на насосно-фильтровальную

станцию, обеспечивающую второй подъем. Всего на предприятии имеется три насосных станции первого подъема; «Падь», «Заря» и насосная станция, расположенная в пос. «Николаевка». Насосная «Падь» расположена выше по течению реки от города Омска; насосная «Заря» - в его южной части. Насосная «Николаевка» - в северной части города и обеспечивает потребителей водой технического назначения.

Насосные станции «Падь» и «Заря» подают воду на Ленинскую очистную водопроводную станцию (ЛОВС), расположенную в южной части города, где она проходит необходимую подготовку и подается на насосные станции третьего подъема. Для подачи воды на насосные станции третьего подъема на ЛОВС существуют две насосных станции № 4 и № 5. Все перечисленные насосные станции оборудованы синхронными и асинхронными электродвигателями номинального напряжения 6 кВ и насосами двустороннего входа. Для электроснабжения перечисленных насосных станций имеются подстанции 110/6 кВ и 6 кВ/0,4 кВ.

Общие сведения об объектах ЛОВС

На станциях 1-го и 2-го подъема к системе централизованного теплоснабжения подключен один объект - «Ленинская очистная водопроводная станция», расположенный по адресу г. Омск, ул. 19 Марьяновская, 40. Источником тепловой энергии является МП г. Омска «Тепловая компания». Учет потребления тепловой энергии и теплоносителя осуществляется при помощи приборов учета. На момент проведения энергетического обследования поставка тепловой энергии осуществлялась в соответствии с договором № 7107 от 18.11.2005 г. (с изменениями). Тепловые нагрузки на отопление, ГВС и вентиляцию, согласно договора, составляют:

- тепловая нагрузка на отопление 6,012 Гкал/ч;
- тепловая нагрузка на горячее водоснабжение 0,013 Гкал/ч;
- тепловая нагрузка на вентиляцию 0 Гкал/ч;
- тепловая нагрузка на технологические нужды 0 Гкал/ч;
- суммарная тепловая нагрузка 6,025 Гкал/ч.

Обследуемый объект состоит из комплекса зданий и строений различного назначения. Распределительная сеть теплоснабжения объектов Ленинской очистной водопроводной станции введена в эксплуатацию 1976 г. и имеет следующие технические характеристики (согласно паспорта тепловой сети):

- давление в подающем трубопроводе 6–7 кгс/см²;
- давление в обратном трубопроводе 2–3 кгс/см²;
- температурный график 110-70 °С;
- диаметр ввода 150 мм;
- протяженность распределительной сети 1833 м.

Анализ договорных нагрузок

С 2006 года теплоснабжение объектов «Ленинской очистной водопроводной станции» (ЛОВОС) производилось в соответствии с договором № 7107 от 18.11.2005 г., заключенным между энергоснабжающей организацией – Муниципальным предприятием г. Омска «Тепловая компания» и ОАО «Омскводоканал» от котельной, расположенной по адресу: ул. 19-я Марьяновская, 40. Перечень объектов ЛОВОС с указанием тепловых нагрузок представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Тепловые нагрузки объектов ЛОВОС

| Объект | Тепловая нагрузка | | | Потери | | Подпиточная вода | Тариф |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------|
| | Q _{от} | Q _{ГВС} | Q _{СУМ} | Через изоляцию | От утечек сет. воды | | |
| | Гкал/час | | | Гкал/час | | м ³ /час | руб/Гкал |
| АБК | 0,15 | 0 | 0,15 | 0 | 0,00044 | 0,0072 | 938,66 |
| Блок р/х | 0,761 | 0 | 0,761 | 0 | 0,00221 | 0,0367 | |
| Блок р/х | 0,271 | 0 | 0,271 | 0 | 0,00079 | 0,0131 | |
| Хим. Лаборатория, мастерская о.с. | 0,108 | 0 | 0,108 | 0 | 0,0003 | 0,0052 | |
| Насосная станция | 0,088 | 0 | 0,088 | 0 | 0,00026 | 0,0042 | |
| Насосная станция | 0,287 | 0 | 0,287 | 0 | 0,00083 | 0,0138 | |
| Блок о.с. | 3,157 | 0 | 3,157 | 0 | 0,00918 | 0,1521 | |
| Блок о.с. | 0,613 | 0 | 0,613 | 0 | 0,00178 | 0,0295 | |
| Хлораторная | 0,072 | 0 | 0,072 | 0 | 0,00021 | 0,0035 | |
| Столовая, КПП | 0,038 | 0 | 0,038 | 0 | 0,0001 | 0,0018 | |
| РММ, 3897 | 0,127 | 0 | 0,127 | 0 | 0,00037 | 0,0061 | |
| Энергоучасток | 0,155 | 0 | 0,155 | 0 | 0,00045 | 0,0075 | |
| Спорткомплекс | 0,04 | 0,013 | 0,053 | 0 | 0,00012 | 0,0019 | |
| Теплица | 0,008 | 0 | 0,008 | 0 | 0,00004 | 0,0004 | |
| Склад | 0,082 | 0 | 0,082 | 0 | 0,00024 | 0,004 | |
| Склад соды | 0,055 | 0 | 0,055 | 0 | 0,00016 | 0,0027 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0,176 | 0,00391 | 0,0647 | |
| ИТОГО | 6,012 | 0,013 | 6,025 | 0,176 | 0,02139 | 0,3544 | |

Теплоснабжение осуществляется по температурному графику 110/70 °С.

В 2009 году в договор внесены изменения в связи с обновлением перечня отапливаемых объектов и с вводом приборов учета. Обновленный перечень представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Скорректированные тепловые нагрузки

| Объект | Тепловые нагрузки | | | Потери | | Подпиточная вода |
|--|-------------------|------------------|------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| | Q _{от} | Q _{ГВС} | Q _{СУМ} | Через изоляцию | От утечек сет. воды | |
| | Гкал/час | | | Гкал/час | | м ³ /час |
| 2 блок очистных сооружений | 0,67557 | 0 | 0,67557 | 0,00889 | 0,00225 | 0,04158 |
| 2 блок реагентного хозяйства | 0,32587 | 0 | 0,32587 | 0,00327 | 0,00106 | 0,01959 |
| Здание блока фильтров и отстойников 3 блок | 2,49297 | 0 | 2,49297 | 0,02581 | 0,00911 | 0,16702 |
| 3 блок р.х. | 1,03008 | 0 | 1,03008 | 0,03991 | 0,00469 | 0,08441 |
| Административно-бытовое здания, мастерская | 0,12454 | 0 | 0,12454 | 0,01935 | 0,00071 | 0,01262 |
| Здание насосной станции №4 | 0,01234 | 0 | 0,01234 | 0,01049 | 0,00014 | 0,00233 |
| Здание насосной станции № 5 | 0,07112 | 0 | 0,07112 | 0,02016 | 0,00046 | 0,00808 |
| Здание РММ, мех. мастерские, цех ЛОВОС | 0,13065 | 0 | 0,13065 | 0,00723 | 0,00044 | 0,0082 |
| Здание склада | 0,03047 | 0 | 0,03047 | 0,00081 | 0,0001 | 0,00184 |
| Склад фтора, 3 блока р.х. | 0,0561 | | 0,0561 | 0,00167 | 0,00019 | 0,00344 |
| Спорткомплекс | 0,03547 | 0,0128 | 0,04827 | 0,00358 | 0,00039 | 0,0067 |
| Столовая, КИП, мастерская, проходная | 0,03833 | 0 | 0,03833 | 0,00033 | 0,00012 | 0,0023 |
| Теплица | 0,01094 | 0 | 0,01094 | 0,0004 | 0,00004 | 0,00068 |
| Хим. лаборатория, мастерская ОС | 0,15553 | 0 | 0,15553 | 0,00202 | 0,00053 | 0,00978 |
| Здание склада хлора с хлораторной | 0,07027 | 0 | 0,07027 | 0,01669 | 0,00047 | 0,00825 |
| Энергоучасток | 0,15521 | 0 | 0,15521 | 0,00721 | 0,00053 | 0,00971 |
| Склад инвентаря и оборудования | 0,02588 | 0 | 0,02588 | 0 | 0,00008 | 0,00154 |

| | | | | | |
|-------|---------|--------|---------|---------|---------|
| ИТОГО | 5,44134 | 0,0128 | 5,42826 | 0,18913 | 0,38807 |
|-------|---------|--------|---------|---------|---------|

Значения тарифов, действующих в соответствующих годах, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Тарифы на тепловую энергию в горячей воде

| Показатель | Значение, руб/ед. | | | | |
|------------------|-------------------|-------|--------|--------|--------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Отопление и ГВС | 938,66 | 588,1 | 703,83 | 957,83 | 1092,0 |
| Подпиточная вода | 24,28 | 35,7 | 32,05 | 39,58 | 45,47 |

Динамика изменения тарифов представлена на рисунках 1, 2.

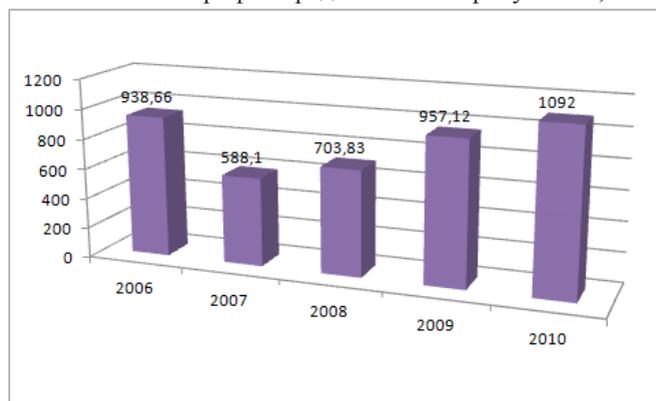


Рисунок 1 – Динамика изменения тарифа на тепловую энергию

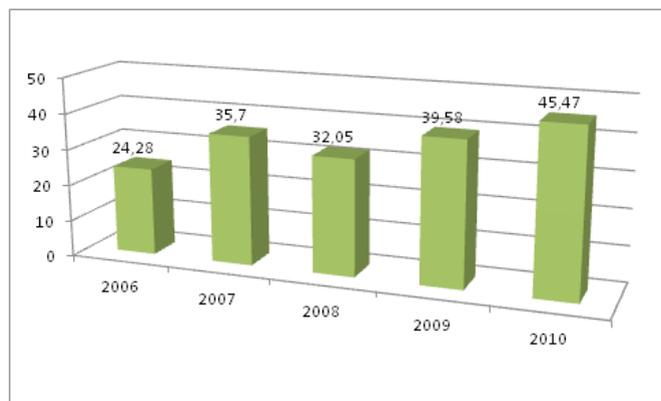


Рисунок 2 – Динамика изменения тарифа на подпиточную воду

В 2006 году тариф на тепловую энергию составлял 938,66 руб/Гкал. С 01.01.2007 г. величина тарифа снизилась на 37,34 %, по сравнению с уровнем 2006 года, а начиная с начала каждого последующего года возрастала на 19,67 %, 35,99%, 14,09 %, соответственно, по отношению к тарифам предыдущего года.

В январе и феврале 2007 года на подпиточную воду действовали тарифы 2006 года, с марта 2007 г. величина тарифа выросла на 47 % и составила 35,7 руб/м³. С 01.01.2008 г. тариф снизился на 10,22 % по отношению к уровню 2007 года и составил 32,05 руб/м³. В 2009 и 2010 годах тариф увеличился на 23,5 % и 14,88 %, соответственно, по отношению к предшествующему году.

Анализ фактического потребления тепловой энергии за последние пять лет

Данные по фактическому потреблению тепловой энергии были предоставлены Заказчиком. Динамика изменения потребления тепловой энергии с 2006 г. по 2010 г. представлена на рис.5. На рис. 6 представлены средние значения температуры наружного воздуха за предыдущие пять лет.

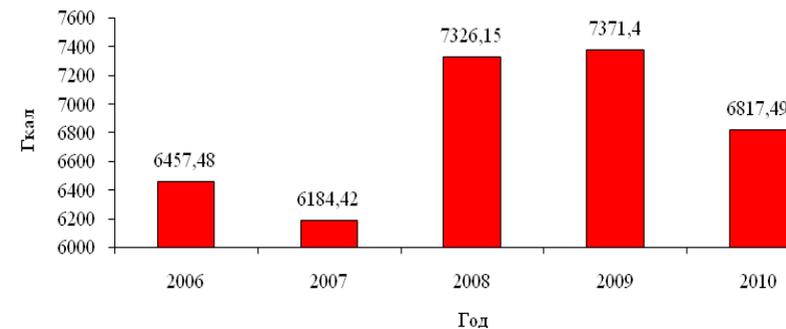


Рисунок 5 – Фактическое потребление тепловой энергии

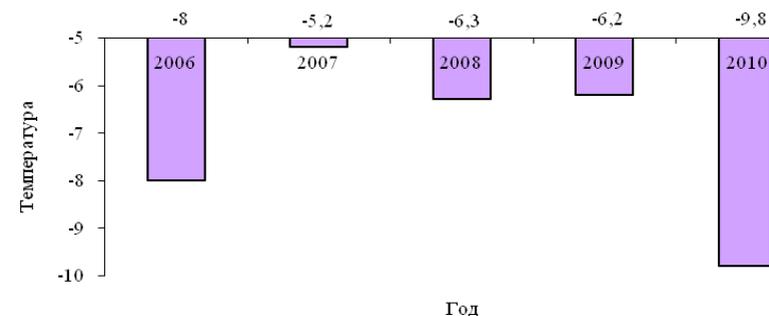


Рисунок 6 – Изменение температуры наружного воздуха

Изменение потребления тепловой энергии связано с изменениями средней фактической температуры наружного воздуха за отопительные периоды и проведением мероприятий направленных на повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения и объектов «Ленинской очистной водопроводной станции».

Мероприятия по экономии тепловой энергии

По результатам энергетического обследования было выяснено, что теплотребление обследуемых объектов зависит от трех основных факторов:

- технического состояния объектов;
- эффективности работы систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции;
- контроля службами эксплуатации состояния объекта и его систем энергообеспечения.

Низкие теплоизоляционные свойства конструкций, неэффективные системы отопления, постоянные теплопотери у потребителя (в связи с вынужденным открыванием окон) приводят к высоким показателям теплотребления.

На основании выше перечисленных факторов был составлен ряд рекомендаций и мероприятий, направленных на экономию тепловой энергии и повышение энергетической эффективности. Предложенные мероприятия сопровождаются такими показателями как капиталовложения, экономия тепловой энергии, срок окупаемости и экономический эффект от реализации конкретного мероприятия.

Мероприятия по экономии тепловой энергии:

1. Установить радиаторные регулировочные вентили на каждый отопительный прибор в зданиях АБК, учебного центра и лабораторного корпуса, что позволит регулировать потоки теплоносителя, проходящие через отопительные приборы, и локально поддерживать температуру воздуха в помещениях на заданном уровне.

2. Устранять неисправности дверных и оконных блоков с целью достижения более плотного притвора.

3. При замене оконных блоков отдавать предпочтение блокам со стеклопакетами.

4. С целью снижения потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции поддерживать требуемый воздушно-климатический режим внутри зданий.

5. Своевременно устранять протечки кровли и удалять влагу из утеплительного материала.

6. Утеплить ограждающие конструкции, перекрытия и фундамент. Следует отметить, что подобное мероприятие является капиталоемким, и

требует предварительного обследования объектов на техническое состояние. Данные мероприятия позволяют снизить фактическое потребление тепловой энергии на 20–30%.

7. Восстановить изоляцию трубопроводов тепловой сети. В качестве изоляционного материала трубопроводов тепловой сети предлагается минеральная вата и обшивка покрывными материалами.

8. Установить отражающие экраны для отопительных приборов, что позволит сократить утечки тепловой энергии через ограждающие конструкции (по данным производителей ожидается снижение потребления тепловой энергии на 5–7%).

9. Организовать беспроводную передачу данных о потребляемой тепловой энергии и параметрах теплоносителя на сервер системы диспетчеризации.

10. Провести реконструкцию теплового пункта цеха ЛОВС или установить блочный ИТП с системой погодного регулирования, позволяющей поддерживать температуру воды на входе в отопительную систему и температуру воды в обратном трубопроводе согласно температурного графика.

11. Произвести наладку гидравлических режимов зданий ЛОВС путем расчета, выбора и установки регулирующих устройств, насосов на отдельных зданиях.

12. Произвести модернизацию внутренних тепловых сетей ЛОВС с целью оптимизации потокораспределения между объектами, проверки соответствия диаметров труб существующей системы пропускной способности трубопроводов каждого объекта.

13. Восстановить неработающие вентиляционные системы в зданиях.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 30.06.14.

*Л. Л. Булыга, Л. Л. Булыга, Д. С. Сагидулла, В. В. Кибартас,
О. М. Талипов, А. П. Кислов*

**ААҚ «Омскводоканал» сумен қамту және суды қашықтатуының
жүйесінің энергетикалық зерттеуі**

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 30.06.14 редакцияға түсті.

L. L. Bulyga, L. L. Bulyga, D. S. Sagidulla, V. V. Kibartas, O. M. Talipov,
A. P. Kislov

Power survey of water supply and water leads of «OmskVodokanal»

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 30.06.14.

ААҚ “Омскводоканал» сумен қамту және суды қашықтауының жүйесінің энергетикалық зерттеуі туралы материалдар қарастырылған

Presented materials of energy survey of water supply system and water diversion of “OmskVodokanal”.

УДК 536.7:004.3(046)

О. Г. Волошанин, В. П. Марковский, А. М. Акаев

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КАЗАХСТАНЕ

В статье рассматриваются возможности создания экономически выгодных условий для развития основных направлений возобновляемой энергетики РК.

Основная особенность развития энергетики прошлого века – создание мощных энергетических центров и разветвлённых сетей питания потребителей. Индустриализации экономики и увеличение спроса на энергию способствовали развитию добывающих и перерабатывающих производств, освоению новых технологий и территорий.

На данный момент энергетическая безопасность многих стран является едва ли не основной задачей их выживания. Энергия – более чем просто продукт энергетического производства (электрическая энергия и тепло), а это - привычный современному человеку образ жизни.

Тем более остро становится вопрос о тех самых «энергонасителях» которые у одних стран есть возможность экспортировать, у других импортировать. Что же остаётся предпринять тем, у кого такой возможности нет? Ответ очевиден – сделать правильный выбор в пользу экологически чистой энергии возобновляемых источников. Но на основании чего современный человек мало-мальски сведущий в вопросах производства электроэнергии может прийти к такому выводу? И почему со времён первого

энергетического кризиса 70-х годов прошлого столетия не перевели всю энергетику в ранг экологически чистых производств.

А ответ очевиден – сжигать и использовать энергию от сжигания всё еще более выгодно. Только расстояние может уравнивать шансы «традиционных» и «нетрадиционных» источников, так как потери при транспортировке энергии могут многократно превысить стоимость, к примеру 1 кВт*ч, вырабатываемого в непосредственной близости от конечного потребителя.

Целесообразность применения фотопреобразовательных и ветрогенераторных установок подтверждена исследованиями и проведёнными наблюдениями. К тому же современные установки этих типов уже во много раз превосходят свои прототипы как мощности так и по функциональным особенностям, однако необходимость накопления энергии в достаточном количестве и её преобразовании ведёт к удорожанию конечного продукта. Казалось бы, применение гибридных систем [1] может исправить положение, но не стоит забывать, то что это ведёт и к дополнительным затратам на техническое обслуживание и эксплуатацию оборудования. Использовать гидроресурсы, для выработки электроэнергии, можно лишь там, где они имеются. Следовательно: из оставшихся «брендов» энергетики возобновляемых источников лидирующая позиция у биогазовых установок.

Причем биогазовые установки могут использовать не только отходы сельскохозяйственных производств, но и отходы лесной промышленности, с помощью них может быть утилизирована большая часть городских отходов. К тому же, на выходе получается три продукта: электрическая энергия, тепловая энергия, и удобрение.

Недостатком является необходимость поддержания температуры брожения биомассы, а это дополнительный расход энергии, обычно составляющий 10-15% от всей энергии, вырабатываемой биогазовой установкой в условиях средних географических широт, которые можно бы получить, используя местные возможности.

Уже созданы мини-ТЭЦ и автономные биогазовые установки, способные обеспечивать электроэнергией и теплом отдельные дома, фермы и небольшие населённые пункты.

Прослеживается тенденция к повышению автономности индивидуальных энергоустановок за счет использования резервного источника энергии, которым как раз, чаще всего и является установка, использующая один из видов возобновляемых источников.

Подобная «автономизация», ведет к более экономному использованию энергии.

В будущем выбор перспективных направлений развития и принимаемых решений в энергетической сфере будет все больше зависеть от общих,

согласованных критериев устойчивого развития единой системы «энергетика - экономика - экология».

При этом повышается роль государственного регулирования и общества не только при формировании целей развития и образа будущей энергетики, но и при повышении роли, ответственности самого человека за это развитие. Все это требует сбалансированного сочетания используемых средств и методов индивидуализации энергоснабжения, и регулирования естественных топливно-энергетических монополий, и формирования необходимых рыночных отношений в энергетической сфере.

Так, например, в Казахстане в соответствии с Правилами определения фиксированных тарифов индексация проводится один раз в год на 1 октября с учетом инфляции по формуле:

$$T_{t+1} = T_t * \text{ИПЦ},$$

где: T_{t+1} – проиндексированный фиксированный тариф, рассчитанный по вышеуказанной формуле, округляемый до целых тыинов в сторону уменьшения;

T_t – действующий фиксированный тариф, утвержденный Правительством Республики Казахстан, с учетом ранее проведенной индексации, если такая индексация ранее проводилась;

ИПЦ – индекс потребительских цен, накопленный за двенадцать месяцев, предшествующих 1 октября года проведения индексации, определяемый по данным уполномоченного органа в области государственной статистики.

В соответствии с Правилами определения тарифа на поддержку возобновляемых источников энергии [2], тариф на поддержку возобновляемых источников энергии на прогнозируемый год в зависимости от зоны потребления, определяется в соответствии с расчетами, предусмотренными в пункте 7 по формуле:

$$T_{Z_i} = (OZ_{\text{рфц}} + Z_{\text{бал}} + Z_{\text{фикс}}) / V_{\text{ен}}$$

где: T_{Z_i} – тариф на поддержку возобновляемых источников энергии, рассчитанный для зоны потребления Z_i ;

$OZ_{\text{рфц}}$ – Операционные затраты расчетно-финансового центра, определяемые в соответствии с Правилами ценообразования на регулируемых рынках, утвержденных постановлением Правительства РК от 3 марта 2009 года № 238 и ежегодно рассчитываемые в соответствии с правилами и утверждёнными расчетно-финансовым центром в срок до двадцатого декабря текущего года на предстоящий год, относящихся к зоне потребления Z_i ;

$Z_{\text{бал}}$ – затраты на услуги по организации балансирования производства-потребления электрической энергии, относящиеся к зоне потребления Z_i ;

$Z_{\text{фикс}}$ – годовые затраты расчетно-финансового центра на покупку электрической энергии, производимой объектами по использованию возобновляемых источников энергии в зоне потребления Z_i , которые формируются:

- фиксированным тарифам у вновь вводимых энергопроизводящих организаций, использующих возобновляемые источники энергии, не имеющих утвержденного отпускного тарифа в согласованном с уполномоченным или местным исполнительным органом технико-экономическом обосновании проекта строительства объекта по использованию возобновляемых источников энергии или (либо);

- тарифам в ТЭО у энергопроизводящих организаций, использующих возобновляемые источники энергии, имеющих отпускной тариф, утвержденный и согласованный с уполномоченным или местным исполнительным органом технико-экономическом обосновании проекта строительства объекта по использованию возобновляемых источников энергии;

$$Z_{\text{фикс}} = Z_{\text{фикс.гидро}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{фикс.гидро}} * V_{\text{п+N}} + Z_{\text{фикс.ветро}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{фикс.ветро}} * V_{\text{п+N}} + Z_{\text{фикс.солнце}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{фикс.солнце}} * V_{\text{п+N}} + Z_{\text{фикс.био}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{фикс.био}} * V_{\text{п+N}} + (Z_{\text{тэо.гидро1}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{тэо.гидроN}} * V_{\text{п+N}} + Z_{\text{тэо.ветро1}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{тэо.ветроN}} * V_{\text{п+N}} + Z_{\text{тэо.солнце1}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{тэо.солнцеN}} * V_{\text{п+N}} + Z_{\text{тэо.биогаз1}} * V_{\text{п+1}} + \dots + Z_{\text{тэо.биогазN}} * V_{\text{п+N}}),$$

где $Z_{\text{фикс.гидро}}$ – фиксированный тариф для малых ГЭС;

$Z_{\text{фикс.ветро}}$ – фиксированный тариф для ветроэлектростанций;

$Z_{\text{фикс.солнце}}$ – фиксированный тариф для солнечных электростанций;

$Z_{\text{фикс.био}}$ – фиксированный тариф для биогазовых электростанций;

$Z_{\text{тэо.гидро1}}$ – тариф в ТЭО для 1-ой малой ГЭС;

$Z_{\text{тэо.гидроN}}$ – тариф в ТЭО для N-ной малой ГЭС;

$Z_{\text{тэо.ветро1}}$ – тариф в ТЭО для 1-ой ветроэлектростанции;

$Z_{\text{тэо.ветроN}}$ – тариф в ТЭО для N-ной ветроэлектростанции;

$Z_{\text{тэо.солнце1}}$ – тариф в ТЭО для 1-ой солнечной электростанции;

$Z_{\text{тэо.солнцеN}}$ – тариф в ТЭО для N-ной солнечной электростанции;

$Z_{\text{тэо.био1}}$ – тариф в ТЭО для 1-ой биогазовой электростанции;

$Z_{\text{тэо.биоN}}$ – тариф в ТЭО для N-ной биогазовой электростанции.

$V_{\text{п+1}}$ – объем электроэнергии, произведенной и отпущенной 1-ым объектом, использующим возобновляемые источники энергии;

$V_{\text{п+N}}$ – объем электроэнергии, произведенной и отпущенной N-ным объектом, использующим возобновляемые источники энергии;

$V_{\text{п}}$ – объем электроэнергии, произведенной и отпущенной каждым объектом, использующим возобновляемые источники энергии;

$V_{\text{ен}}$ – совокупный годовой объем электрической энергии, производимой объектами по использованию возобновляемых источников энергии, реализуемой условным потребителям зоны потребления Z_i .

При этом в конце мая 2014 года правительством РК утверждён размер фиксированных тарифов на энергию, вырабатываемую возобновляемыми источниками энергии. Они будут действовать на протяжении 15 лет и ежегодно индексироваться в зависимости от уровня инфляции.

Так тариф за 1 кВт/ч энергии, вырабатываемой ветровыми электростанциями, установлен в размере 22,68 тенге, для солнечных электростанций — 34,61 тенге, для малых гидроэлектростанций — 16,71 тенге, и для биогазовых установок — 32,23 тенге. Кроме того, в целях поддержки собственного производителя фиксированный тариф на электроэнергию, вырабатываемую солнечными электростанциями, использующими фотоэлектрические модули на основе казахстанского кремния, определен в размере 70 тенге за кВт/ч с лимитированием до 37 МВт установленной мощности» [3].

Вся электроэнергия, вырабатываемая на основе возобновляемых источников энергии, будет закупаться дочерней компанией, созданная при КЕГОК — Единый расчетный финансовый центр. Что позволит вести качественный мониторинг данного сегмента энергетического рынка и уравнивать стартовые возможности экологически чистой энергии возобновляемых источников и традиционных технологий получения энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ермензин, А. С. Альназаров, Р. Ж. Мосияш, Д. В. Научный проект на «Второй республиканский конкурс проектов по энергосбережению и альтернативным источникам энергии среди учащихся, студентов, молодых специалистов и ученых», 17 февраля 2010 г. – Алматы, с.70-71 «Гибридная система электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии»
2 <http://www.zakon.kz/4616684-utverzhdenny-pravila-opredelenija-tarifa.html>
3 http://vlast.kz/article/kapparov_ozvuchil_razmer_fiksirovannyh_tarifov_na_vozobnovljaemye_istochniki_jenergii-6007.html

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 19.06.14.

О. Г. Волошанин, В. П. Марковский, А. М. Акаев

Қазақстанда жаңғыртылатын энергетиканы дамытудың экономикалық аспектілері

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 19.06.14 редакцияға түсті.

О. Voloshanin, V. Marcovsky, A. Akayev

Economic aspects of renewable energy in Kazakhstan

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 19.06.14.

Мақалада ҚР жаңғыртылатын энергетикасының негізгі бағыттарын дамыту үшін экономикалық пайдалы жағдайларды жасау мүмкіндіктері қарастырылады.

This article discusses the possibility of creating economically favorable conditions for the development of the main areas of renewable energy in RK.

УДК 621.316.925

**В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Д. В. Говорун, А. М. Акаев,
Н. М. Падруль, А. Н. Аяганов, С. С. Жарасов**

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ДВУХСТОРОННЕЙ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ

Выполнено моделирование линии при стабилизации напряжения по концам линии. Проведены расчеты режимов линий электропередачи напряжением 500 кВ и протекающих по ним потоков мощности при поддержании напряжения на конечных энергосистемах.

Режимы передачи мощности по межсистемным связям осуществляется при достаточно стабильных модулях напряжений по ее концам, т.е. в относительных единицах $|U_1| = |U_2| = U_{НОМ} = 1$ [1].

Стабилизация напряжения по концам линии с двухсторонним питанием при передаче активной мощности, вызовет переток реактивной мощности.

Зависимость между величинами потоков активной P и реактивной Q мощности при не учете активных сопротивлений и проводимостей получим из уравнения

$$\dot{U}_1 = U_2 \cos \lambda_0 + j \frac{P_2 - jQ_2}{U_2} \sin \lambda_0 = (U_2 \cos \lambda_0 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_0) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0;$$

$$U_1^2 = (U_2 \cos \lambda_0 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_0)^2 + (\frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0)^2,$$

где $\lambda_0 = \mathbf{l}_0 \cdot \boldsymbol{\alpha}_0 = \mathbf{l}_0 \cdot \boldsymbol{\omega} \cdot \sqrt{L_0 C_0}$ - волновая длина линии, показывающая какая часть волны укладывается в рассматриваемом отрезке линии при частоте сети $f_0 = 50$ Гц; \mathbf{l}_0 - длина линии; $\boldsymbol{\omega} = 2 \cdot \pi \cdot \mathbf{f}_0$ - синхронная частоте сети; L_0, C_0 - индуктивность и - ёмкость линии.

Решая относительно Q_2 , получим

$$Q_2 = -\frac{U_2^2 \cos \lambda_0 - \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{\sin \lambda_0} = -U_2^2 \operatorname{ctg} \lambda_0 + \sqrt{\frac{U_1^2 U_2^2}{\sin^2 \lambda_0} - P_2^2}.$$

Принимая, $|U_1| = |U_2| = l$ получим

$$U_1^2 = (\cos \lambda_0 + Q_2 \sin \lambda_0)^2 + (P_2 \sin \lambda_0)^2$$

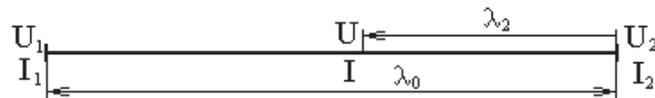
и уравнения для Q_2 :
при $\cos \lambda_0 > 0$

$$Q_2 = -\frac{\cos \lambda_0 - \sqrt{1 - P_2^2 \sin^2 \lambda_0}}{\sin \lambda_0} = -\operatorname{ctg} \lambda_0 + \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \lambda_0} - P_2^2};$$

при $\cos \lambda_0 < 0$

$$Q_2 = -\frac{\cos \lambda_0 + \sqrt{1 - P_2^2 \sin^2 \lambda_0}}{\sin \lambda_0} = -\operatorname{ctg} \lambda_0 - \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \lambda_0} - P_2^2}.$$

Режим изменения напряжения, тока и мощности вдоль линии при отсчете от конца линии описывается выражениями:



$$\dot{U}(l) = U_2 \cos \lambda_2 + j \frac{(P_2 - jQ_2)}{U_2} \sin \lambda_2 = (U_2 \cos \lambda_2 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_2) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_2;$$

$$\dot{i}(l) = jU_2 \sin \lambda_2 + \frac{(P_2 - jQ_2)}{U_2} \cos \lambda_2 = \frac{P_2}{U_2} \cos \lambda_2 + j(U_2 \sin \lambda_2 - \frac{Q_2}{U_2} \cos \lambda_2);$$

$$S(l) = U(l) \cdot \dot{i}(l) = P_2 + j \left[Q_2 \cos 2\lambda_2 - \frac{U_2^4 - P_2^2 - Q_2^2}{2U_2^2} \sin 2\lambda_2 \right].$$

Предел передаваемой мощности определим из условия $\delta_0 = 90^\circ$

$$\sqrt{\frac{U_1^2 U_2^2}{\sin^2 \lambda_0} - P_2^2} = 0.$$

$$P_{\text{пред}} = \frac{U_1 U_2}{\sin \lambda_0} = \frac{U_1 U_2}{X_{\Sigma}}.$$

При этом реактивная мощность:

$$Q_2 = -U_2^2 \operatorname{ctg} \lambda_0;$$

$$Q_1 = U_1^2 \operatorname{ctg} \lambda_0.$$

По мере увеличения передаваемой по линии активной мощности угол между напряжениями по концам будет расти от $\delta_0 = 0^\circ$ до $\delta_0 = 90^\circ$ и его величину можно определить, опираясь на выражение

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= (U_2 \cos \lambda_0 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_0) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 = \\ &= \left[U_2 \cos \lambda_0 + \left(-\frac{U_2^2 \cos \lambda_0 - \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{\sin \lambda_0} \right) \frac{\sin \lambda_0}{U_2} \right] + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 = \\ &= \frac{\sqrt{U_1^2 U_2^2 - P_2^2 \sin^2 \lambda_0}}{U_2} + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 \end{aligned}$$

Отсюда

$$\delta_0 = \operatorname{arctg} \left[\frac{P_2 \sin \lambda_0}{\sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}} \right] = \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{\sqrt{(P_{\text{пред}} / P_2)^2 - 1}} \right).$$

$$\text{При } |U_1| = |U_2| = U_{НОМ} = 1 \\ \delta_0 = \arcsin(P_2 \sin \lambda_0).$$

Как видно из приведенных уравнений увеличение напряжений по концам линии приводит к увеличению предела передаваемой мощности и снижению взаимного угла.

Заметим, что учет активных сопротивлений и проводимостей линии не вызывает больших погрешностей в расчетах на распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии.

При передаче по линии мощности $P_{\text{пред}}$ напряжение в середине линии снижается до величины

$$\dot{U}_{\text{cp}} = U_2 [\cos(\lambda_0 / 2) - \text{ctg} \lambda_0 \sin(\lambda_0 / 2)] + j U_1 \frac{1}{\sin \lambda_0} \sin(\lambda_0 / 2) = \frac{U_2 + j U_1}{2 \cos(\lambda_0 / 2)}.$$

$$\text{При } |U_1| = |U_2| = U_{НОМ} = 1$$

$$\dot{U}_{\text{cp}} = \frac{1 + j1}{2 \cos(\lambda_0 / 2)}.$$

Модуль напряжения

$$U_{\text{cp}} = \left| \frac{1}{\sqrt{2} \cos(\lambda_0 / 2)} \right|.$$

На рисунке 1 приведено изменение передаваемой предельной мощности и напряжения в середине линии в зависимости от длины, из которого следует, что для увеличения величины передаваемой мощности по линии необходимо снизить нижнюю планку допустимости снижения напряжения в середине линии примерно до $0,8 U_{НОМ}$.

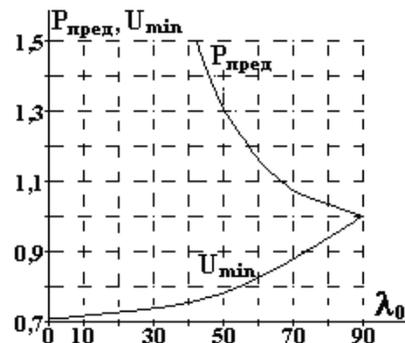


Рисунок 1 – Зависимость $P_{\text{пред}} = f(\lambda_0)$ и $U_{\text{cp}} = f(\lambda_0)$

Если снижение напряжения в середине линии ограничить на большем уровне допустимых величин, то величина передаваемой активной мощности по линии будет меньше предельной.

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{cp}} &= (U_2 \cos \lambda_0 / 2 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2 = \\ &= U_2 \left[\cos \lambda_0 / 2 - \frac{\cos \lambda_0 - \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{\sin \lambda_0} \sin \lambda_0 / 2 \right] + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2 = \\ &= U_2 \left[\frac{1 + \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2} + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0}{2 \cos \lambda_0 / 2} \right] \end{aligned}$$

$$\text{При } |U_1| = |U_2| = U_{НОМ} = 1$$

$$\dot{U}_{\text{cp}} = \frac{1 + \sqrt{1 - (P_2 \sin \lambda_0)^2} + j P_2 \sin \lambda_0}{2 \cos \lambda_0 / 2}.$$

Модуль напряжения в середине линии

$$U_{\text{cp}}^2 = \frac{1 + \sqrt{1 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{2 \cos^2 \lambda_0 / 2}$$

из которого определяем величину передаваемой активной мощности при ограничении снижения напряжения в середине линии до необходимых допустимых величин

$$P_{U_{\text{cp}}} = \frac{U_{\text{cp доп}} \sqrt{1 - U_{\text{cp доп}}^2 \cos^2 \lambda_0 / 2}}{\sin \lambda_0 / 2}.$$

Режимы работы линии длиной $0 < \lambda_0 < \pi/2$ ($0 < l_0 < 1500$ км) при закрепленных напряжениях по концам.

В линиях такой длины $\cos \lambda_0 > 0$ и $\sin \lambda_0 > 0$.

В нагрузочных режимах при равенстве напряжений на шинах источников, т.е. $|U_1| = |U_2| = U_{НОМ} = 1$ реактивная мощность определяется по формуле

$$Q_2 = - \frac{\cos \lambda_0 - \sqrt{1 - P_2^2 \sin^2 \lambda_0}}{\sin \lambda_0} = - \text{ctg} \lambda_0 + \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \lambda_0} - P_2^2}.$$

Модули тока и напряжения вдоль линии рассчитываются по формулам:

$$U_i = \sqrt{(\cos \lambda_2 + Q_2 \sin \lambda_2)^2 + P_2^2 \sin^2 \lambda_2};$$

$$I_i = \sqrt{(\sin \lambda_2 - Q_2 \cos \lambda_2)^2 + P_2^2 \cos^2 \lambda_2}.$$

Реактивная мощность вдоль линии

$$Q_i = Q_2 \cos 2\lambda_2 - \frac{U_2^4 - P_2^2 - Q_2^2}{2U_2^2} \sin 2\lambda_2.$$

Угол вдоль линии

$$\delta_i = \arcsin(P_2 \sin \lambda_0).$$

В режиме холостого хода линия генерирует в концевые системы реактивную мощность

$$Q_2 = -Q_1 = \frac{1 - \cos \lambda_0}{\sin \lambda_0} = \operatorname{tg} \frac{\lambda_0}{2}.$$

Линии симметричны относительно середины. Напряжение и ток в начале равны напряжению и току в конце линии:

$$U_1 = \cos \lambda_0 + Q_2 \sin \lambda_0 = U_2 = 1;$$

$$I_1 = j(\sin \lambda_0 - Q_2 \cos \lambda_0) = \frac{1 - \cos \lambda_0}{\sin \lambda_0} = -\operatorname{tg} \frac{\lambda_0}{2}.$$

Напряжение в середине линии

$$U_{cp} = 1/\cos(\lambda_0/2),$$

а ток

$$I_{cp} = j \sin(\lambda_0/2) - j \cos(\lambda_0/2) \operatorname{tg}(\lambda_0/2) = 0.$$

Превышение напряжения $U_{НОМ}$ в середине линии будет иметь максимальную величину при длине линии $\lambda_0 = 90^\circ$ и равно $U_{cp} = 1/\cos 45^\circ = 1,42$.

Как было сказано ранее, для обеспечения в режиме холостого хода допустимых уровней напряжения вдоль линии на уровне $1,05 U_{НОМ}$, при длине $\lambda_0 > 36^\circ$ ($l_0 > 600$ км) необходимо устанавливать шунтирующие реакторы с целью отбора избыточной реактивной мощности.

На рисунке 2 приведены зависимости $U(\lambda), I(\lambda), Q(\lambda), \delta$ ($l_0 = 1000$ км) без установки шунтирующих реакторов, из которых следует,

что по мере увеличения передаваемой по линии активной мощности переток реактивной мощности (избыток) уменьшается и при передаче натуральной мощности он равен нулю. Передача по линии мощности больше натуральной требует от концевых систем покрытия возрастающих потерь реактивной мощности в индуктивностях линии. При передаче $P_2 = P_{\max}$ линия потребляет от каждой концевой системы реактивную мощность $Q_2 = -Q_1 = -\operatorname{ctg} \lambda_0$. При этом напряжение в середине линии в режиме холостого хода имеет максимальную величину $U_{cp} = 1,155$, при передаче $P_2 = P_0$ достигает величины $U_{НОМ}$ и при передаче $P_2 = P_{\max} = 1,1547$ - минимальной величины, т.е. $U_{cp} = 1/1,225 = 0,816$.

По мере увеличения передаваемой по линии активной мощности взаимный угол δ_0 растет и при $P_2 = P_0 - \delta_0 = \lambda_0$, а при $P_2 = P_{\max} - \delta_0 = 90^\circ$.

Следовательно, при передаче по линии мощности $P_2 = P_{\max} - \partial P/\partial \delta = 0$, т.е. она будет находиться на границе устойчивости.

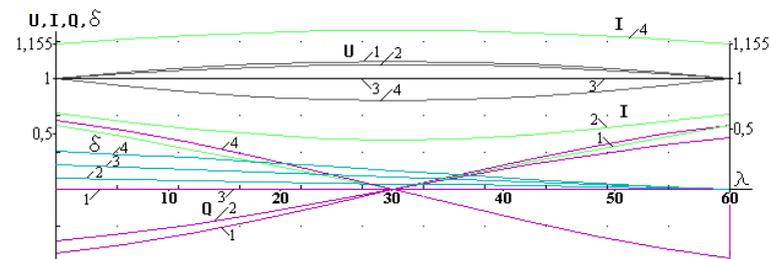


Рисунок 2 – Изменение напряжения, тока, реактивной мощности и угла вдоль линии: $\lambda_0 = 60^\circ$; $U_H = 500$ кВ; провод АС-330 при закрепленных напряжениях по концам и передаче активной мощности: 1 - $P_2 = 0$; 2 - $P_2 = 0,5P_0$; 3 - $P_2 = 1P_0$; 4 - $P_2 = P_{\max} = 1,155P_0$.

На рисунке 3 приведено изменение величины передаваемой мощности в зависимости от длины линии, при ограничении напряжения в середине на уровне $(0,9; 0,95)U_{НОМ}$, который показывает, что для увеличения предела передаваемой мощности по линии необходимо уменьшать расстояние между поперечно включенными КУ, стабилизирующих напряжение в промежуточных узлах линии.

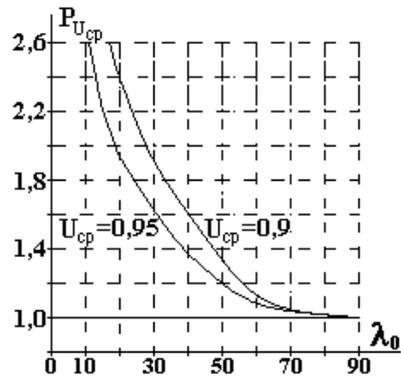


Рисунок 3 - Изменение величины передаваемой мощности в зависимости от длины линии

Следует отметить, что при учете активных сопротивлений и проводимостей напряжение в середине линии по сравнению с приведенным на рисунке 3 еще снизится, в зависимости от сечения проводов, примерно на (4-5)%.

Таким образом, величина передаваемой активной мощности по линии длиной менее 1500 км ограничивается длительно допустимыми уровнями напряжения по концам и в середине линии.

Режимы работы линии длиной $\pi/2 < \lambda_0 < \pi$ ($1500 < l_0 < 3000$ км) при закрепленных напряжениях по концам.

В линиях такой длины $\cos \lambda_0 < 0$ и $\sin \lambda_0 > 0$ (линия потребляет от источников реактивную мощность).

В нагрузочных режимах при равенстве напряжений по модулю на шинах источников $|U_1| = |U_2| = U_{НОМ} = I$, реактивная мощность, выдаваемая ими в линию, определяется по формуле

$$Q_2 = -\frac{\cos \lambda_0 + \sqrt{1 - P_2^2 \sin^2 \lambda_0}}{\sin \lambda_0} = -\operatorname{ctg} \lambda_0 - \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \lambda_0} - P_2^2}.$$

Расчет распределения тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии производится по формулам:

$$U_i = \sqrt{(\cos \lambda_2 + Q_2 \sin \lambda_2)^2 + P_2^2 \sin^2 \lambda_2};$$

$$I_i = \sqrt{(\sin \lambda_2 - Q_2 \cos \lambda_2)^2 + P_2^2 \cos^2 \lambda_2}.$$

Реактивная мощность

$$Q_i = Q_2 \cos 2\lambda_2 - \frac{1 - P_2^2 - Q_2^2}{2} \sin 2\lambda_2.$$

Угол

$$\delta_i = \arcsin(P_2 \sin \lambda_2).$$

В режиме холостого хода линия потребляет от конечных систем реактивную мощность

$$Q_2 = -Q_1 = -\frac{1 + \cos \lambda_0}{\sin \lambda_0} = -\operatorname{ctg} \frac{\lambda_0}{2}.$$

Линия симметрична относительно середины. Напряжения по концам линии находятся в противофазе, а в середине линии равно нулю. Ток в середине линии будет равен сумме токов, выдаваемого конечной системой плюс генерируемого половиной линии и определяется по формуле

$$I_{\varphi} = j \sin\left(\frac{\lambda_0}{2}\right) - jQ_2 \cos\left(\frac{\lambda_0}{2}\right) = j \sin\left(\frac{\lambda_0}{2}\right) + j \operatorname{ctg} \frac{\lambda_0}{2} \cos\left(\frac{\lambda_0}{2}\right) = j \frac{1}{\sin(\lambda_0/2)}.$$

Причем, чем ближе длина линии к $\lambda_0 = 90^\circ$, тем большую величину тока должны выдать конечные системы в линию.

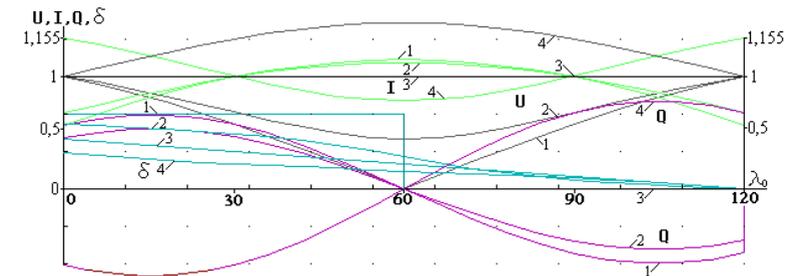


Рисунок 4 – Изменение напряжения, тока, реактивной мощности и угла вдоль линии: $\lambda_0 = 120^\circ$; $U_H = 500$ кВ; провод АС-330 при закрепленных напряжениях по концам и передаче активной мощности: 1 - $P_2 = 0$; 2 - $P_2 = 0,5P_0$; 3 - $P_2 = 1P_0$; 4 - $P_2 = P_{\max} = 1,155P_0$.

На рисунке 4 приведены зависимости $U(\lambda), I(\lambda), Q(\lambda), \delta(\lambda)$ при $\lambda_0 = 120^\circ$ без реакторов, из которых следует, что по мере увеличения передаваемой по линии активной мощности поток реактивной мощности от источников (дефицит) уменьшается и при передаче натуральной мощности он равен нулю. При передаче по линии мощности больше натуральной, линия выдает

в концевые системы реактивную мощность. При $P_2 = P_{\max}$ линия выдает в каждую концевую систему реактивную мощность $Q_2 = -Q_1 = -\text{ctg}\lambda_0$. При этом напряжение в середине линии в режиме холостого хода имеет минимальную величину $U_{cp} = 0$, при передаче $P_2 = P_0$ достигает величины $U_{НОМ}$ и при передаче $P_2 > P_0$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{cp} &= (U_2 \cos \lambda_0 / 2 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2 = \\ &= U_2 \left(\cos \lambda_0 / 2 - \frac{\cos \lambda_0 + \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{\sin \lambda_0} \sin \lambda_0 / 2 \right) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2 = \\ &= U_2 \left(\frac{1 - \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2} + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0}{2 \cos \lambda_0 / 2} \right) \end{aligned}$$

Модуль напряжения в середине линии при $|U_1| = |U_2| = U_{НОМ} = 1$

$$U_{cp}^2 = \frac{1 - \sqrt{1 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{2 \cos^2 \lambda_0 / 2} > 1.$$

При передаче максимальной величины мощности, т.е. $P_2 = P_{\max}$

$$U_{cp} = \left| \frac{1}{\sqrt{2} \cos(\lambda_0 / 2)} \right| = \frac{0,707}{\cos(\lambda_0 / 2)}.$$

Их формулы следует, что напряжение в середине при увеличении длины линии от $\lambda_0 = 90^\circ$ до $\lambda_0 = 180^\circ$ будет изменяться от единицы до нуля. Это вызвано тем, что P_{\max} при этом измениться от единицы до бесконечности.

По мере увеличения передаваемой по линии активной мощности взаимный угол δ_0 уменьшается от 180° в режиме холостого хода до $\delta_0 = \lambda_0$ при $P_2 = P_0$ и при $P_2 = P_{\max}$ - $\delta_0 = 90^\circ$.

Следовательно, при передаче по линии такой длины активной мощности $\partial P / \partial \delta < 0$ и она не будет работать устойчиво.

Режимы работы линии длиной $\lambda_0 = \pi$ ($l_0 = 3000$ км) при закрепленных напряжениях по концам.

Полуволновые линии обладают двумя свойствами, которые определяют их преимущество перед обычными линиями переменного тока. Первое свойство заключается в том, что такая линия не имеет ограничений на передаваемую мощность по условию устойчивости. Величина, передаваемой активной мощности в линии такой длины ограничивается уровнями напряжения по ее концам и в середине линии. Вторым свойством

полуволновой линии является баланс реактивной мощности во всех режимах работы, т.е. не требуется установка компенсирующих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Воробьев, Г. В.** Дальние электропередачи. Учебное пособие. Часть I, II. – Караганда, 1977, - 123 с.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 30.05.14.

*В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Д. В. Говорун, А. М. Акаев, Н. М. Падруль,
А. Н. Аяганов, С. С. Жарасов*

**Стандартты емес жағдайларда ауаның тесілу механизмдерін
нақтылау**

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 30.05.14 редакцияға түсті.

*V. F. Govorun, O. V. Govorun, D. V. Govorun, A. M. Akayev, N. M. Padrul,
A. N. Ayaganov, S. S. Zharasov*

Performance of electricity transmission in bilateral voltage regulation
S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 30.05.14.

*Қатты оқшауламаньң тесілу себептеріне талдау жүргізілді.
Кенеттен біртекті емес өрісі бар газразрядты ұзын аралықтардың
электрлік тесілуінің пайда болуына ықпал ететін факторлар
айқындалды.*

*Modeling of line with voltage stabilization at the ends of line was
made. Calculations of modes of power lines 500 kV and flowing through
them power flows while maintaining the voltage at the terminal power
systems was shown.*

Д. З. Есхожин, Е. С. Ахметов, С. О. Нөкешев

ӨЗДІГІНЕН ТАЗАЛАНАТЫН СЕБУШІ ТАЗАЛАҒЫШЫ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТТІК БАЙЛАНЫСТАРЫ

Берілген мақалада автор өздігінен тазаланатын себуші тазалағышы параметрлерінің теориялық және эксперименттік байланыстарын салыстырады.

Қазақстан Республикасы Президентінің халыққа жолдауында агроөнеркәсіптік кешенді алға дамытып, ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін жоғары көтеру талабы қойылған. Оны шешудің тиімді бір жолы – топыраққа минералды тыңайтқыштарды жеткілікті және сапалы енгізу.

Шаруашылық жағдайларында минералды тыңайтқыштарды сақтау қажетті талаптарды қанағаттандырмайды. Олар көп жатып қалу әсерінен ылғалдылығы белгілі шектен асып кетеді. Нәтижесінде тыңайтқыштар иленген (пластикалық) қалыпқа, кейбіреуі әртүрлі мөлшердегі түйірлерге айналады. Олар себуші органның жұмыс үрдісін тоқтатады.

Сондықтан, ылғалды тыңайтқыштарды себетін себушінің жаңа түрлерін іздестіруге арналған ғылыми-техникалық ізденістерді жүргізу – аса маңызды бағыт.

Белгілі себушілердің конструкцияларын талдау, зерттеулерін сараптау, техникалық жаңалықтары бекітілген бірнеше жаңа себушілерді ұсынуға мүмкіндік берді. Бұл себушілердің ерекшелігі – жабысқан тыңайтқыштардан өздігінен тазалануы. Оларды теориялық зерттеу нәтижесінде шарғылы себушінің тазалағышы – бір шеті бекітілген серпімді шыбықтардың кез-келген нүктесінің қозғалу заңдылығын анықтайтын төртінші дәрежелі (23) дифференциалдық теңдеу шешілді [1].

$$y = y_m \sin(a\lambda^2 t + 2\pi) \cdot \frac{\operatorname{sh} \lambda x + \sin \lambda x}{\operatorname{sh} \lambda l + \sin \lambda l} \quad (1)$$

Бұл теңдеуде: y – шыбық нүктесінің тербеліс амплитудасы; x – шыбық нүктесінің бекіту шетінен қашықтығы; l – шыбықтың ұзындығы.

Жұдырықшаның айналу жиілігі арқасында, (1) - теңдеудің бірінші мүшесін келесі түрге келтіруге болады [2]:

$$\sin(a\lambda^2 t + 2\pi) = \sin(\omega t + 2\pi), \quad a\lambda^2 t = \omega t; \quad \lambda = \sqrt{\frac{\omega}{a}} \quad (2)$$

$$\text{Мұнда: } a = \sqrt{\frac{1}{\rho} EJ} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{7,7} \cdot \frac{0,5 \cdot 5^3}{12}} = 367,8 \text{ с}^{-1};$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\omega}{a}} = \sqrt{\frac{3,14}{3,67 \cdot 10^2}} = 0,09242$$

$\rho = 7,7 \text{ г/см}^3$ – материал тығыздығы;

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – серіппелік модулі;

J – шыбықтың көлденең қимасы инерция моменті;

ω – тербеліс жиілігі, с^{-1} .

Тербелу амплитудасының максималды мәні: $y = y_m = A$. (3)

Бұл байланыс (1) - теңдеуден келесі: $x=l$ және $(a\lambda^2 t + 2\pi) = l$ жағдайда туындауы мүмкін.

$$\text{Нәтижесінде: } \frac{\operatorname{sh} \lambda x + \sin \lambda x}{\operatorname{sh} \lambda l + \sin \lambda l} = 1; \quad a\lambda^2 t = 2\pi, \quad \Pi = t = \frac{2\pi}{a\lambda^2} \quad (4)$$

(4) - теңдеуден Π тербелу кезеңін белгілі өрнектер арқылы шығаруға болады:

$$\sin(a\lambda^2 t + 2\pi) = \sin a\lambda^2 t \quad (5)$$

(5) теңдеудің сол жағын түрлендіру: $\sin a\lambda^2 \left(t + \frac{2\pi}{a\lambda^2} \right) = \sin a\lambda^2 t$.
Серпімді шыбықтың тербелу кезеңі тең:

$$a\lambda^2 t = \frac{\pi^2}{2a\lambda^2}; \quad \Pi = t = \frac{\pi}{2a\lambda^2} = \frac{3,14}{2 \cdot 367,8 \cdot 0,09242^2} = 0,5 \text{ с} \quad (6)$$

(2) - теңдеуден тербелу жиілігін табуға болады:

$$\omega = a\lambda^2 = 367,8 \cdot 0,09242^2 = 3,14 \text{ рад/сек}^{-1} \quad (7)$$

Минералды тыңайтқыш себуге арналған шарғы тазалағышы қозғалысына конструкторлық және технологиялық параметрлердің ықпалын талдау үшін, алынған (1) - теңдеу арнайы компьютерлік бағдарламамен есептеліп, негізгі байланыстардың үш өлшемді көрінісі құрылды [4]. Бұл байланыстар 1, 2, 3-суреттерде бейнеленіп, кестелерінде сандық мәндері берілген.

1-суретте тазалағыш (серпімді шыбық) нүктесі амплитудасының оны бекіту нүктесіне дейінгі қашықтығы – x ке және тербеліс уақыты – t ға байланысты өзгеруі көрсетілген. Мұнда бұрыштық жылдамдық ω ға

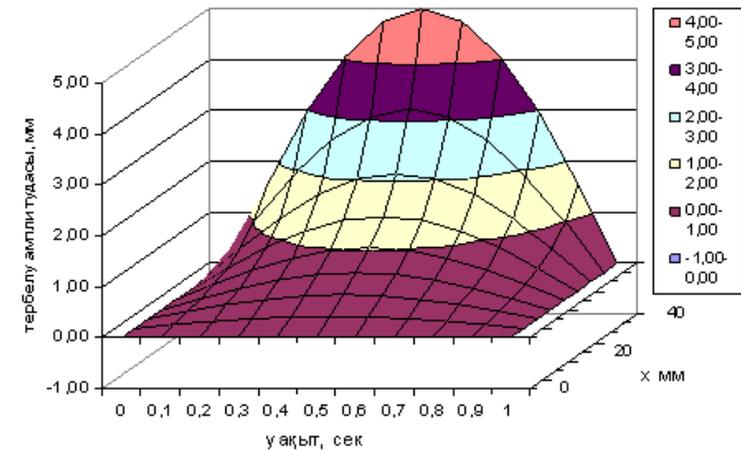
байланысты көбейткіш – λ , 30 айн/мин жиілігіне сәйкес, 0,092 мәнінде бекітілген.

Суреттен көрінгендей, тазалағыш нүктесі амплитудасының өзгеруі уақытқа қатынасты тіке байланыста емес. Оның өсуі және төмендеуі тербеліс кезеңінің басында және аяғында, орта тұсына карағанда көп қарқынды. Мысалы, $x = 20$ мм нүкте үшін амплитуданың өсу интервалы 0 ден 0,5 сек тербелу кезеңінде 0,32; 0,29; 0,23; 0,14; 0,05 мәндеріне тең. Бұл өсуді пайыздық көрсеткіштерге айналдырғанда: 90,6%; 37,7%; 16,6%; 5,1%- ға сәйкес.

Тазалағыштың бекітілген нүктесінен қашықтаған кезде оның тербеліс амплитудасы бірге өседі. Бұл өсудің де қарқындылығы сызықтық емес.

Суреттегі көрнекті бейненің боялған аймақтары, интервалы 1 мм – бір деңгейлік амплитудалар ауданын көрсетеді.

| x, мм | уақыт, с | | | | | | | | | | |
|-------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 0,00 | 0,07 | 0,14 | 0,19 | 0,22 | 0,24 | 0,22 | 0,19 | 0,14 | 0,07 | 0,00 |
| 10 | 0,00 | 0,15 | 0,28 | 0,38 | 0,45 | 0,47 | 0,45 | 0,38 | 0,28 | 0,15 | 0,00 |
| 15 | 0,00 | 0,23 | 0,43 | 0,59 | 0,69 | 0,73 | 0,69 | 0,59 | 0,43 | 0,23 | 0,00 |
| 20 | 0,00 | 0,32 | 0,61 | 0,84 | 0,98 | 1,03 | 0,98 | 0,84 | 0,61 | 0,32 | 0,00 |
| 25 | 0,00 | 0,45 | 0,86 | 1,18 | 1,39 | 1,46 | 1,39 | 1,18 | 0,86 | 0,45 | 0,00 |
| 30 | 0,00 | 0,66 | 1,25 | 1,72 | 2,02 | 2,12 | 2,02 | 1,72 | 1,25 | 0,66 | 0,00 |
| 35 | 0,00 | 0,99 | 1,89 | 2,60 | 3,05 | 3,21 | 3,05 | 2,60 | 1,89 | 0,99 | 0,00 |
| 40 | 0,00 | 1,55 | 2,94 | 4,05 | 4,76 | 5,00 | 4,76 | 4,05 | 2,94 | 1,55 | 0,00 |

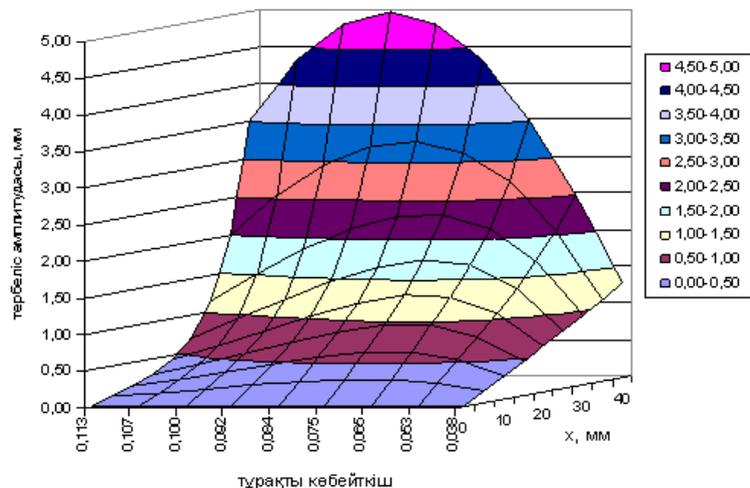


1 сурет – Тазалағыш нүктелері тербеліс амплитудасының, оның бекіту нүктесіне дейінгі қашықтығына және тербеліс уақытына байланысы

2-суретте тазалағыш нүктесі амплитудасының өзгеруі тұрақты көбейткіш – λ ға және бекітілген нүктеге дейінгі қашықтық – x ке байланыстары келтірілген. Мұнда тербелу уақыты $t = 0,5$ с, тұрақты.

Суреттен байқалғандай, бекітілген нүкте қашықтығы $x = 20$ мм және тұрақты көбейткіштің – λ мәні 0,037 ден 0,075 ке дейін өскенде амплитуда келесі мәндерге жоғарылайды: 0,62; 1,08; 1,30; 1,32. Кейін, тұрақты көбейткіштің мәні 0,084 тен 0,113-ке өзгергенде, амплитуда 1,21; 1,03; 0,83; 0,62; 0,43 ке төмендейді. Яғни, серпімді шыбықтың кез-келген нүктесінің амплитудасы тұрақты көбейткішке тіке байланысты емес.

| лямбда | x, мм | | | | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 0,037 | 0,00 | 0,16 | 0,31 | 0,47 | 0,62 | 0,78 | 0,94 | 1,11 | 1,29 |
| 0,053 | 0,00 | 0,27 | 0,53 | 0,80 | 1,08 | 1,37 | 1,68 | 2,05 | 2,50 |
| 0,065 | 0,00 | 0,32 | 0,63 | 0,96 | 1,30 | 1,68 | 2,14 | 2,73 | 3,54 |
| 0,075 | 0,00 | 0,32 | 0,63 | 0,96 | 1,32 | 1,75 | 2,32 | 3,13 | 4,33 |
| 0,084 | 0,00 | 0,28 | 0,57 | 0,87 | 1,21 | 1,65 | 2,29 | 3,28 | 4,83 |
| 0,092 | 0,00 | 0,24 | 0,47 | 0,73 | 1,03 | 1,46 | 2,12 | 3,21 | 5,00 |
| 0,099 | 0,00 | 0,18 | 0,37 | 0,57 | 0,83 | 1,21 | 1,85 | 2,95 | 4,83 |
| 0,106 | 0,00 | 0,13 | 0,27 | 0,42 | 0,62 | 0,95 | 1,52 | 2,53 | 4,33 |
| 0,113 | 0,00 | 0,09 | 0,18 | 0,28 | 0,43 | 0,68 | 1,14 | 1,99 | 3,54 |



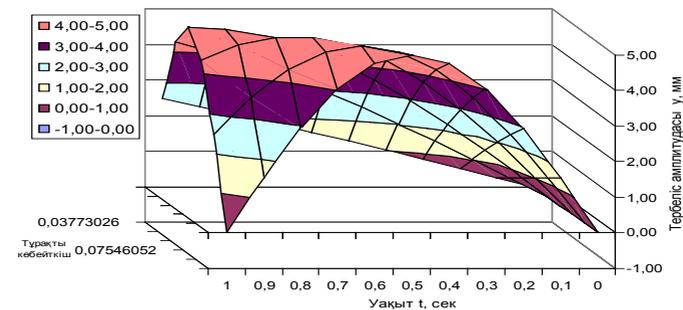
2 сурет – Тазалағыш нүктелері тербеліс амплитудасының, оның бекіту нүктесіне дейінгі қашықтығына және тұрақты көбейткішіне байланысы

Тазалағыштың бекіту шеті қашықтаған сайын, нүктенің амплитудасы жоғарылайды және оның әр нүктесіне өзіндік максималды амплитуда сәйкес.

3-суретте тазалағыш нүктесі амплитудасының өзгеруі тұрақты көбейткіш – λ ға және тербеліс уақыты – t ға байланыстары келтірілген. Мұнда бекіту нүктесінің қашықтығы тұрақты – $x = 40$ мм.

Суреттен байқалғандай, амплитуда тербеліс уақытында нөлден бастап, $y = 2,5-5,0$ мм-ге жетеді. Бірақ, оның өсу заңдылығы тұрақты көбейткішке байланысты. Мысалы, 0-1,0 с аралығында амплитуда – 2,5; 4,33 және 5,0 мм ге дейін көтерілсе, $\lambda = 0,075; 0,084$ және 0,092 болғанда, тербеліс кезеңінің ортасынан аса амплитуда төмендей бастайды: бірінші жағдайда 0,8 с тен кейін, екінші жағдайда 0,6 с тен кейін және соңғы жағдайда 0,5 с тен кейін. Амплитуданың төмендеу үрдісі оның өсу үрдісін қайталайды.

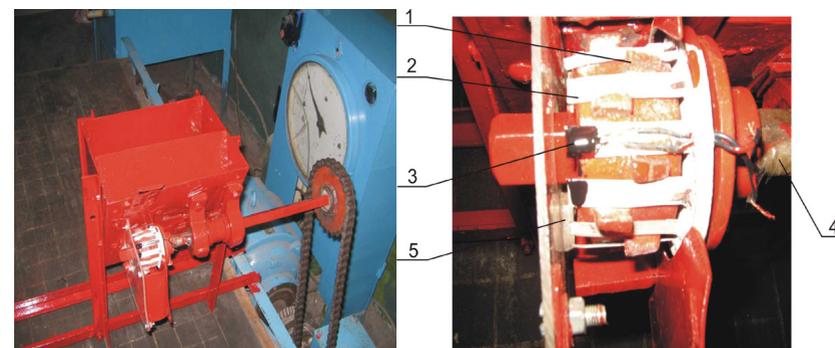
| Тұрақты көбейткіш | t уақыт, секунд | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 0,037 | 0,00 | 0,26 | 0,52 | 0,78 | 1,04 | 1,29 | 1,55 | 1,79 | 2,03 | 2,27 | 2,50 |
| 0,053 | 0,00 | 0,52 | 1,04 | 1,55 | 2,03 | 2,50 | 2,94 | 3,35 | 3,72 | 4,05 | 4,33 |
| 0,065 | 0,00 | 0,78 | 1,55 | 2,27 | 2,94 | 3,54 | 4,05 | 4,46 | 4,76 | 4,94 | 5,00 |
| 0,075 | 0,00 | 1,04 | 2,03 | 2,94 | 3,72 | 4,33 | 4,76 | 4,97 | 4,97 | 4,76 | 4,33 |
| 0,084 | 0,00 | 1,29 | 2,50 | 3,54 | 4,33 | 4,83 | 5,00 | 4,83 | 4,33 | 3,54 | 2,50 |
| 0,092 | 0,00 | 1,55 | 2,94 | 4,05 | 4,76 | 5,00 | 4,76 | 4,05 | 2,94 | 1,55 | 0,00 |



3 сурет – Тазалағыш нүктелері қозғалысының тербеліс уақытына және тұрақты көбейткішіне байланысы

Жоғарыда, теориялық зерттеу барысында алынған (1) - теңдеуді талдау нәтижесінде, шарғы тазалағышы қозғалу үрдісінің конструкциялық және технологиялық параметрлерге байланысы анықталды. Алынған теориялық байланысты эксперименттік түрде дәлелдеу мақсатында арнаулы қондырғы әзірленді, 4-сурет.

Бұл қондырғыда шарғының 1 тістері аралығына қойылған тазалағышқа 2, жіңішке сәуле беретін жарық-диодты шам 3 бекітілген. Электр тоғы шамға, білікпен бірге қозғалатын тоқ көзінен 4 беріледі. Шарғы қозғалыс алғанда тазалағыш 2 және онымен бірге шам, жұдырықша 5-тің көтеруі арқасында, шарғы бетінен радиальдық бағытта қозғалады.



4 сурет – Тербеліс амплитудасын анықтау қондырғысы

Тазалағыштың қозғалыс үрдісін 0,04 с жиілікті цифрлы кинотүсіргішпен түсіріп, алынған кадрларды өңдеу нәтижесінде, тербелу амплитудасының мәні алынды, 1-кесте.

1 кесте – Жоғары жылдамдықпен түсірілген кадрларды өңдеу

| Уақыт, с | t | 0 | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | 0,40 | 0,44 | 0,48 | 0,5 |
|---------------|-------------------|---|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Амплитуда, мм | A ₁ | 5 | 4,75 | 4,20 | 4,10 | 3,80 | 3,45 | 3,30 | 2,70 | 2,40 | 1,60 | 0,95 | 0,80 | 0,30 | 0,15 |
| | A ₂ | 5 | 4,70 | 4,25 | 4,10 | 003,75 | 3,40 | 3,30 | 2,65 | 2,40 | 1,65 | 0,90 | 0,85 | 0,30 | 0,40 |
| | A ₃ | 5 | 4,75 | 4,20 | 4,20 | 3,80 | 3,40 | 3,35 | 2,70 | 2,60 | 1,60 | 1,00 | 0,80 | 0,45 | 0,10 |
| | A _{орт} | 5 | 4,73 | 4,21 | 0,13 | 0,78 | 3,41 | 3,31 | 2,68 | 2,46 | 1,61 | 0,95 | 0,81 | 0,35 | 0,21 |
| | A _{теор} | 5 | 4,90 | 4,76 | 4,5 | 4,31 | 4,00 | 3,63 | 3,22 | 2,74 | 2,21 | 1,63 | 0,99 | 0,30 | 0 |

Регрессия тендеуінің математикалық күтімін табу үшін, алынған нәтижелер, Л. Ласданал дайындаған GRG 2 бейсызықтық оңтайландыру бағдарламасына негізделген Microsoft Excel Solver электронды кестесін пайдалану арқылы, ЭВМ да өңделді [3].

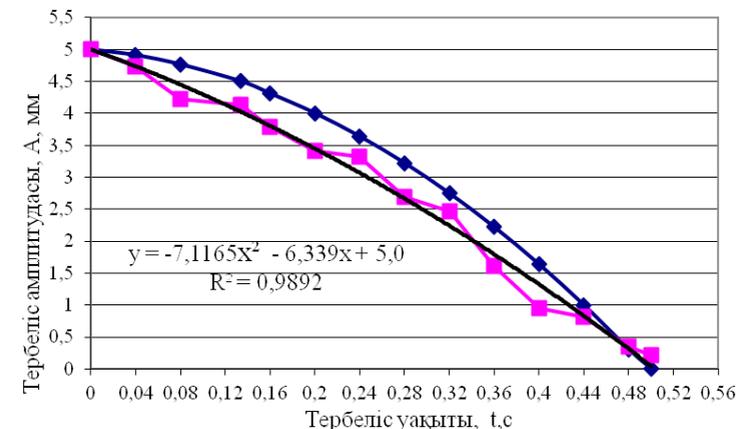
Эксперименттік нәтижелерді аппроксимациялау бес регрессиялық сызық: сызықтық, логорифмдік, полиномиалдық, экспоненциалдық және дәрежелі түрлерімен жүргізілді. Өңдеу нәтижесінде регрессиялық тендеулер және олардың R² – мәндері (аппроксимациялау коэффициенттері) алынды, 2-кесте.

2 кесте – Эксперименттік нәтижелерді аппроксимациялау

| № | Регрессия сызықтарының түрлері | Регрессиялық тендеулер | R ² |
|---|---|--------------------------------|----------------|
| 1 | $y = m x + v$ | $y = -0,3262 x + 5$ | 0,9457 |
| 2 | $y = c \ln x + v$ | $y = -1,9243 \ln(x) + 6,1643$ | 0,8197 |
| 3 | $y = v + c_1 x + c_2 x^2 + \dots + c_6 x^6$ | $y = -7,1165 x^2 - 6,34 x + 5$ | 0,9892 |
| 4 | $y = c e^{ax}$ | $y = 5 e^{-4,1551 x}$ | 0,7519 |
| 5 | $y = c x^a$ | $y = 11,459 x^{-0,9855}$ | 0,5769 |

Алынған тендеулерде $y=A$ – тербеліс амплитудасы, $x=t$ – тербеліс уақыты, [4,5].

Аппроксимациялау коэффициенттерінің мәндерін талдау, алынған эксперименттік көрсеткіштерді екінші дәрежелі полиномиалдық тендеу дәлірек бейнелейтінін көрсетеді. Оған R² = 0,9892 сәйкес, 5-сурет.



5 сурет – Шарғы тазалағышы қозғалысының теориялық және эксперименттік байланысы

Қорыта келе, шарғы тазалағышы қозғалысына конструктивтік және технологиялық факторлардың ықпалы талданып, олардың теориялық байланысын екінші дәрежелі полиномиалдық тендеу жоғары дәлдікпен сипаттайтыны анықталды. Олар тазалағыштың параметрлерін алдын-ала есептеуге болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Есхожин, Д. З., Ахметов, Е. С.** Обоснование оптимальных параметров самоочищающегося туковысевающего аппарата. //Вестник науки КАТУ имени С. Сейфуллина, № 1 (76) 2013 г. – 114-122 с.
- 2 **Тарасов, В. Н.** Теоретическая механика. – М. : Транслит, 2012. – 560 с.
- 3 **Microsoft Excel, 2007-2010**// Руководство пользователя.
- 4 **Завалишин, Ф. С., Мацнев, М. Г.** Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. – М. : Колос, 1982, – С. 100-136.
- 5 **Крастинь, О. П.** Методы анализа регрессии и корреляции. – Рига, 1990. – 348 с.

С. Сейфуллин атындағы казак агротехникалық университеті, Атана қ. Материал 29.05.14 редакцияға түсті.

Д. З. Есхожин, Е. С. Ахметов, С. О. Нукешев

Теоретические и экспериментальные зависимости параметров чистика самоочищающегося высевающего аппарата

Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Астана.
Материал поступил в редакцию 29.05.14.

D. Z. Eskhozhin, E. S. Akhmetov, S. O. Nukeshev

Theoretical and experimental dependences of the parameters of self-cleaning sowing device scraper

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana.
Material received on 29.05.14.

Теоретическое уравнение четвертого порядка, описывающее вынужденные и собственные колебания упругого стержня, закрепленного одним концом неподвижно, аналитически исследована с помощью программы Microsoft Excel Solver и получены три основных зависимостей, которые связывают амплитуду, частоту и период колебаний его произвольной точки. Установлено, начальная и конечная фазы амплитуды во время колебательного процесса наиболее интенсивны по сравнению с амплитудой в средней фазе. Экспериментально доказано, что полученное теоретическое уравнение адекватно аппроксимируется полиномиальной зависимостью второго порядка.

Theoretical fourth order equation, describing the forced and natural oscillations of an elastic rod, fixed at one end, was analytically investigated using the Microsoft Excel Solver and three major dependencies were received that bind the amplitude, frequency and period of oscillation of its arbitrary point. It was determined that, the initial and final phases of the amplitude during the oscillatory process are more intense compared to the amplitude in the middle phase. It is experimentally proved that the resulting theoretical equation is adequately approximated by a polynomial dependence of the second order.

УДК 62-533.6

А. В. Зубарев, А. С. Никифоров, Е. В. Приходько

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СЖИГАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА В ТОПКАХ
КОТЛОАГРЕГАТОВ**

В настоящей статье приводятся способы использования явления возникновения заряженных частиц при горении органического топлива.

Тот факт, что пламя, образующееся при сжигании органического топлива, обладает свойствами, проявляющимися в электромагнитном поле, известен давно. Это объясняется существованием в пламени заряженных частиц - ионов и электронов.

Несмотря на большое количество работ, посвящённых воздействию электромагнитных полей на пламя, нет чётких зависимостей и закономерностей в полученных результатах. Во многом это объясняется отсутствием теоретической базы в отношении данного вопроса. Данных об электрических, магнитных и энергетических константах частиц, находящихся в пламени при горении органического топлива, а также о протекающих при этом процессах, не говоря уже о такой сложной суперпозиции полей, как электрическое, температурное и концентрационное в настоящее время нет. Таким образом, наука в этом вопросе развивается методом эмпирического исследования.

Значительные исследования влияния электромагнитного поля на пламя были проведены А.Э. Малиновским. Им были проведены исследования по влиянию продольных и поперечных электромагнитных полей на изменение скорости горения и скорости распространения пламени [1]. Опыты показали также возможность гашения пламенем электрическим полем [2, 3].

Таким образом не вызывает сомнения значительное влияние электромагнитного поля на заряженные частицы, возникающие в процессе горения органического топлива.

Рассмотрим процесс образования заряженных частиц при горении. Ионизация газов требует существенных затрат энергии. Потенциалы ионизации большинства атомов и молекул углеводородных топлив находятся в пределах от 4 до 20 эВ.

Из множества процессов, ведущих к ионизации, наиболее значимыми являются высокая температура (ионизация при столкновении), передача

электрона, ионизация при передаче энергии возбуждения и хемоионизация. При горении углеводородных топлив имеют место все вышеперечисленные виды ионизации. Кроме того, многие возникающие в процессе сгорания частицы, способны образовывать отрицательные ионы.

Считается, что в случае столкновения молекул (частиц) с электронами ионизация молекул (частиц) начинается с момента, как только энергия электронов превысит потенциал ионизации. Максимальная эффективность ионизации для молекул CO , NO , O_2 , C_nH_m , H_2 и других достигается при энергии электронов примерно 100 эВ [4].

Хемоионизация возникает при химической реакции, в результате которой выделяется энергия, вызывающая ионизацию исходных частиц (экзотермическая реакция).

При сгорании углеводородных топлив сильное влияние на ионизацию пламени оказывает термоэлектронная эмиссия. Это явление возникает при высоких температурах, когда энергия электронов становится достаточной для того, чтобы они могли покинуть поверхность твердых частиц. В результате термоэлектронной эмиссии частицы приобретают положительный заряд. Авторы [5] приводят данные, что при температуре 1880 °С, вследствие эмиссии электронов с поверхности частиц углерода за время не более 10^{-3} мс создается равновесная концентрация электронов, достигающая 1010 электрон/см³.

Экспериментальные данные показывают, что наиболее вероятным механизмом является хемоионизация. Таким образом, явление возникновения заряженных частиц при горении органического топлива может найти реальное применение в промышленности.

Рассмотрим два варианта применения. Первое - поскольку концентрация заряженных частиц в пламени достаточно высокая, представляется возможным воздействовать на эти частицы с помощью электромагнитного поля. Тем самым возможно управление геометрическими размерами пламени, интенсивностью его горения и др. При этом, как уже было отмечено, при определенных параметрах процесса горения и электромагнитного поля возможно гашения пламенем электрическим полем.

Вторая сфера применения данного явления – использование электронно-ионных явлений, сопровождающих процесс горения органического топлива, для оперативного контроля процесса горения по электрическому потенциалу факела.

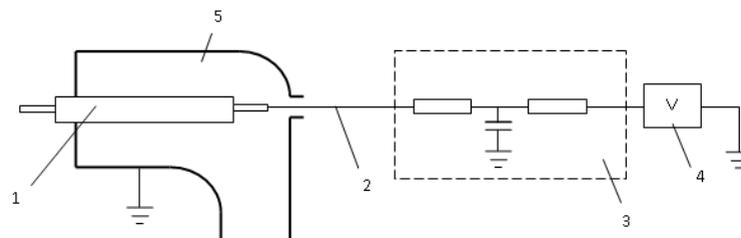
Это даёт возможность определять функциональную связь между параметрами, характеризующими процесс горения и его электрический потенциал (φ):

$$q_4 = f_1(\varphi).$$

Сложность механизма процесса горения топлива и его математического описания предопределили метод исследования – физическое моделирование. Один из методов измерения электрического потенциала пламени, основанный на возникновении разности потенциалов на нагрузочном сопротивлении, включенном между электродами без наложения внешней ЭДС [6, 7]. Учитывая, что величина этой разности потенциалов пропорциональна концентрации заряженных частиц, сопровождающих процесс горения, можно предположить, что она достигает своего максимума при минимуме q_4 . Исследования на лабораторной установке с горелкой пропан-бутан-воздушного пламени показали, что между потенциалом, градиентом концентрации продуктов горения и их температурой определена взаимосвязь, что особенно проявилось между величиной электрического потенциала пламени в локальной точке и градиентом концентрации в ней одного из продуктов неполного горения, окиси углерода.

При диффузионном принципе смешивания газообразного топлива измерения проводились однозондовым датчиком при различных числах Рейнольдса газовоздушной смеси и переменных значениях коэффициента расхода воздуха $Re = \text{var}$; $\alpha = \text{var}$. Выявление основных закономерностей в процессе исследований позволило сделать вывод о наиболее репрезентативной области в объёме факела, где значения величин электрического потенциала мало зависят от тепловой нагрузки горелочного устройства, а в основном от качества сжигания топлива.

Промышленные испытания можно проводить с помощью однозондовых неохлаждаемых датчиков различных конструкций. Измерительная схема такого неохлаждаемого датчика представлена на рисунке 1.



1 – неохлаждаемый датчик; 2 – сигнальный кабель; 3 – интегрирующая цепочка RC; 4 – цифровой вольтметр; 5 - горелка
Рисунок 1 – Измерительная схема по определению электрического потенциала факела

Неохлаждаемый датчик устанавливался соосно в горелочном устройстве на определенном фиксированном расстоянии от амбразуры. Температура неохлаждаемого датчика контролируется термопарой. В процессе испытаний

системы, контроль за механическим недожёгом топлива определяется по стандартной методике по относительной убыли веса пробы золы, отбираемой из газохода котлоагрегата за второй ступенью воздухоподогревателя (или перед электрофильтром).

Выводы:

1. Использование электронно-ионных явлений, сопровождающих процесс горения жидкого и пылеугольного топлива в топках котлоагрегатов даёт возможность оперативного и непрерывного контроля качества сжигания топлива по величине механического недожёга топлива, как для отдельного горелочного устройства, так и для котла в целом.

2. По максимальной величине электрического потенциала φ_{\max} регулировать и оптимизировать соотношение топливо-воздух при изменении нагрузки котлоагрегата или качества топлива.

3. Контролировать режим растопки котлоагрегата на основе электрического потенциала факела как при переходе с сжигания жидкого на твёрдое топливо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Малиновский, А. Э., Лавров, Ф. А.** О влиянии электрического поля на процессы горения в газах. //ЖФХ. -1931. – т.2, в.3-4. – с. 530-534.

2 **Малиновский, А. Э., Росихин, В. С., Тимковский, В. П.** Влияние частоты электрического поля на скорость горения газов. //ЖЭТФ. -1934. – т.4, в.2. – с. 208-214.

3 **Малиновский, А. Э., Наугольников, Б. И., Ткаченко, К. Т.** Исследование ионизации и давления на фронте взрывной волны. Взрывная волна преддетонционного периода. //ЖЭТФ. -1936. – т.6, -в.3. – с. 287-290.

4 **Гарифзянов, А. Р.** Эмиссионная фотометрия пламени и атомно-абсорбционная спектроскопия. – Казань. Казан. Гос. ун-т им. В.И. Ульянова-Ленина, 2009. – 94 с.

5 **Степанов, Е. М., Дьячков, Б. Г.** Ионизация в пламени и электрическом поле. – М. : Металлургия, 1968. – 312 с.

6 **Фиалков, Б. С., Щербаков, Н. Д.** Изучение влияния содержания кислорода в горючей смеси на тепло- и электрофизические параметры горения ламинарных углеводородных пламён. Физика горения и взрыва 1984, №2. – с. 60-63.

7 **Хесин, М. Я., Кваша, Н. В., Жирнов, Ф. Г.** Автоматическое управление горелками мощных котлоагрегатов. – М. : Энергия, 1979.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 30.05.14.

А. В. Зубарев, А. С. Никифоров, Е. В. Приходько

Органикалық отынның қазан агрегаттар оттықтарында жағу сапасын тексеру

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 30.05.14 редакцияға түсті.

A. V. Subarew, A. S. Nikiforov, E. V. Prikhodko

Quality control of the burning of fossil fuels in the furnaces of boilers

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 30.05.14.

Мақалада органикалық отынның жағу кезінде оқталған бөлшектердің пайда болу құбылысын пайдалану тәсілдері келтіріледі.

This article describes how to use the phenomenon of charged particles during the combustion of fossil fuels.

УДК 621.316.925.1

Д. Д. Исабеков, В. П. Марковский

**РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ
МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ
ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

В настоящей статье авторы предлагают применение микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, как для расширения комплекса лабораторно-практических занятий, так и применения их на производстве в качестве тренажерных стендов.

Как известно большинство фирм производителей прекращают выпуск электромеханических реле и устройств и переходят на цифровую элементную базу. Переход на новую элементную базу не приводит к изменению принципов релейной защиты и электроавтоматики, а только расширяет её

функциональные возможности, упрощает эксплуатацию и снижает стоимость. Именно по этим причинам микропроцессорные реле очень быстро занимают место устаревших электромеханических и микроэлектронных. Основные характеристики микропроцессорных защит значительно выше микроэлектронных, а тем более электромеханических. Так мощность, потребляемая от измерительных трансформаторов тока и напряжения, находится на уровне 0,1—0,5 ВА, аппаратная погрешность в пределах 2—5 %, коэффициент возврата из мерительных органов составляет 0,96—0,97.

Мировыми лидерами в производстве релейной защиты и автоматики являются европейские концерны ALSTOM, ABB и SIEMENS. Общим является всё больший переход на цифровую технику. Цифровые защиты выпускаемые этими фирмами имеют высокую стоимость, которая, впрочем, окупается их высокими техническими характеристиками и многофункциональностью. Переход на цифровые способы обработки информации в устройствах релейной защиты и автоматики не привел к появлению каких-либо новых принципов построения защиты электроустановок, но существенно улучшил эксплуатационные качества реле [2, 35 с].

Современные цифровые устройства релейной защиты и автоматики интегрированы в рамках единого информационного комплекса функций релейной защиты, измерения, регулирования и управления электроустановкой. Такие устройства в структуре автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) энергетического объекта являются окончательными устройствами сбора информации. В интегрированных цифровых комплексах РЗА появляется возможность перехода к новым нетрадиционным измерительным преобразователям тока и напряжения — на основе оптоэлектронных датчиков, трансформаторов без ферромагнитных сердечников и т. д. Эти преобразователи технологичнее при производстве, обладают очень высокими метрологическими характеристиками, но имеют малую выходную мощность и непригодны для работы с традиционной аппаратурой.

Рассмотрим в качестве примера микропроцессорное реле типа «MiCOM P 123». Данное реле является полностью цифровым, предназначенным для выполнения функций защиты и управления. С обратной стороны реле имеет аналоговые входы для подключения токов трех фаз и тока защиты от замыкания на землю при использовании трансформаторов тока с номинальным током 1 А или 5 А (4 входа 1А и 4 входа 5А) т.е. одно и то же реле может быть подключено к ТТ с различными коэффициентами трансформации, например, 5А для защиты от между фазных замыканий и 1А для защиты от замыканий на землю. Все выходные реле могут быть запрограммированы на срабатывание от любой доступной в данном реле функции защиты или управления. Реле серии «MiCOM» могут питаться от

источника переменного или постоянного оперативного тока (три диапазона рабочего напряжения питания). Кратковременные перерывы питания (< 50 мс) не приводят к нарушениям режима работы реле [11, 3 с].

Реле непрерывно измеряет токи по всем фазам и ток замыкания на землю, в расчет принимается среднеквадратичное из значений из токов до 10 гармоники (для 50Гц). Реле имеет с обратной стороны клеммы для подключения стандартному порту RS485. Протокол связи по данному порту указывается при заказе реле. Вся сохраняемая в реле информация (измерения, сообщения сигнализации, параметры настройки) могут быть прочитаны и изменены при использовании канала связи. Чтение и редактирование этих данных может быть также выполнено по месту установки реле при подключении ПК с установленным программным продуктом MiCOM S1 отделения по автоматике и информационным системам AREVAT&D. Реле предоставляет пользователю возможность гибкой адаптации для различных случаев применения. Наличие дополнительных возможностей (управление, измерение, осциллографирование и т.п.) повышает экономическую целесообразность использования реле. Передняя панель реле «MiCOM P123» используется в качестве устройства связи (интерфейса) между пользователем и реле. При этом пользователь может изменить уставки, задать конфигурацию реле, а также выполнить ряд других операций с реле.

Функциональные возможности реле серии «MiCOM P 123»:

- 1) трёхфазная МТЗ (3 ступени);
- 2) защита от замыканий на землю;
- 3) защита от замыканий на землю с торможением (дифференциальная схема);
- 4) защита от перегрузки;
- 5) защита минимального тока;
- 6) МТЗ по току обратной последовательности;
- 7) обнаружение обрыва провода;
- 8) пуск-наброс (изменение тока срабатывания МТЗ при включении);
- 9) мгновенный /пусковой контакт;
- 10) подхват выходных реле;
- 11) группы уставок-2;
- 12) обнаружение отказа выключателя (УРОВ);
- 13) контроль исправности цепи отключения;
- 14) контроль ресурса и управление выключателем;
- 15) логика блокирования;
- 16) логическая схема селективности;
- 17) многократное АПВ;
- 18) программное изменение чередования фаз;
- 19) измерения;
- 20) запоминание максимальных значений;
- 21) записи событий;
- 22) записи параметров при повреждениях;
- 23) записи переходных процессов;
- 24) порт связи на лицевой панели RS 232;
- 25) порт связи RS 485

[3, 8 с].



Рисунок 1 – Передняя панель реле MiCOM P123

Моделируя проект контроля и управления объектом с применением микропроцессорных устройств защит на базе реле MiCOM необходимо отдать должное, что современные разработки в области микро процессорной техники позволили создать полноценные устройства релейной защиты и автоматики, которые являются альтернативной заменой электромеханическим устройствам. Электрическая схема соединений состоит из активной «P» и реактивной нагрузки «Q», которые через модели линий электропередач «W1» и «W2», выключатель «Q1» и «Q2», линейный реактор «LR» и трехфазную трансформаторную группу «Т» подключены к источнику питания «G». Выключатели «Q3» и «Q4» используются как короткозамкватели и присоединены к шинам нагрузок. В начале линий электропередач включены два трансформатора тока (на фазный ток фаз «А» и «С») блока измерительных трансформаторов тока. Вторичные обмотки трансформаторов тока блока подключены к реле микропроцессорной защиты типа «MiCOM».

Перед проведением эксперимента необходимо убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания [6, 35 с].

Проведение эксперимента:

1. Соединить гнезда «ТК» источника G.
2. Соединить гнезда защитного заземления “⊕” устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G.
3. Соединить аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
4. Переключатели режимов работы выключателей «Q1» и «Q2» установить в положение «АВТ.», выключателей «Q3» и «Q4» – в положение

«РУЧН.». Номинальные напряжения обмоток трансформаторов блока «Т» выставить равными 230/230В. Параметры линии электропередачи «W1» переключателями установить следующими:

$R = 200 \text{ Ом}$, $L/RL=1,2/32 \text{ Гн/Ом}$, $C1=C2=0 \text{ мкФ}$, а «W2» следующими $R = 50 \text{ Ом}$, $L/RL=0,3/8 \text{ Гн/Ом}$, $C1=C2=0 \text{ мкФ}$. Выбрать мощность активной нагрузки «P» 100% от 50 Вт во всех трех фазах, а мощность реактивной нагрузки «Q» 40% от 40 Вар также во всех трех фазах.

5. Включить источник G. О наличии напряжений на его выходе сигнализируют светящиеся лампочки.

6. Включить выключатели «СЕТЬ» выключателей «Q1», «Q2», «Q3» и «Q4».

7. Задав уставки на реле типа «MiCOM» смоделировать защиту «MT3 линий электропередач».

Таблица 1 – Перечень используемой аппаратуры

| Обозначение | Наименование | Примечание |
|-------------|----------------------|----------------------------------|
| G | Источник питания | |
| T | Трансформатор | |
| Q1, Q2 | Выключатель | |
| Q3, Q4 | Выключатель | для создания короткого замыкания |
| W1 | Линия электропередач | |
| P | Активная нагрузка | |
| Q | Реактивная нагрузка | |
| TA | Трансформатор тока | |
| LR | Линейный реактор | |

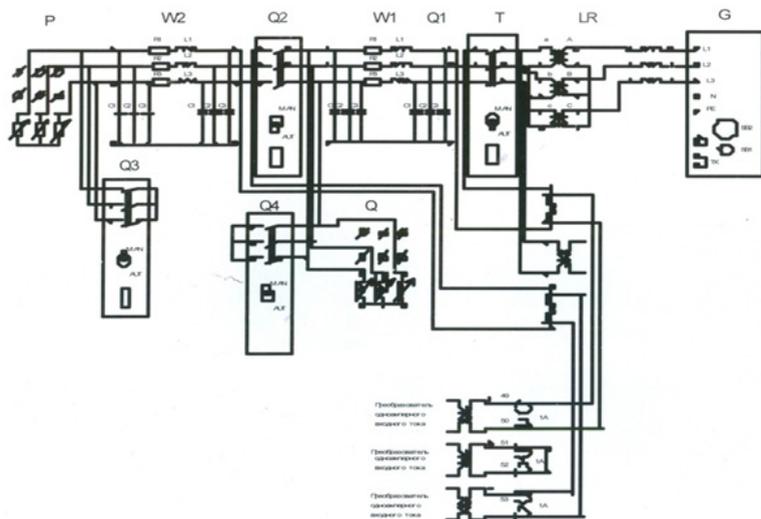


Рисунок 2 – Смоделированная электрическая схема соединений для защиты линии электропередач, с применением реле серии «MiCOM»

Задавая уставками по току на реле «MiCOM P 123» в значениях от нуля до одного (пяти) ампер проводим эксперимент. Перед проведением эксперимента предварительно на реле «MiCOM P 123» выставляем необходимые уставки. Выключатели «Q3» и «Q4» является в данном случае элементами создающими короткое междуфазное замыкание (короткозамыкателями). На появившееся короткое замыкание срабатывает данное реле, отключая поврежденную линию электропередач. Данное реле можно подключать как в для защиты первой линии, так и для защиты второй линии. Уставки первой линии «W1» можно выставить равными примерно 0,3 А., а второй линии «W2» выставить 0,2 А.

Данную максимально-токовую защиту можно применить как для двух линий электропередач одновременно (MTЗ / токовая отсечка для двух линий электропередач), так и для каждой линии по отдельности (MTЗ / токовая отсечка для одной линии электропередач)

Данный эксперимент предлагается впервые и его проведение дает дополнительные широкие возможности использования микропроцессорных устройств релейной защиты, как для расширения комплекса лабораторных работ по предмету «Релейная защита и автоматика энергосистем», смежных предметов, так и возможности его применения для обучения на учебных тренажерах эксплуатационного, ремонтного и инженерно-технического персонала промышленных предприятий и электрических станций. При этом

несомненно повышается уровень теоретических и практических знаний и навыков, как студентов и магистрантов, так и работников промышленных предприятий.

Проведение эксперимента требует знания «ПУЭ», «ПТЭ и ПТБ», а также принципа действия и наладки устройств релейной защиты. При проведении эксперимента необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Гуревич, В. И.** Микропроцессорные реле защиты. Устройство, проблемы, перспективы. – Москва : Инфра-Инженерия, 2011. – С. 336.
- 2 Микропроцессорные устройства релейной защиты энергосистем: учебное пособие / Ф. Р. Исмагилов, Ф. С. Ахматнабиев / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2009. – С. 171.
- 3 Введение. Терминалы максимальной токовой защиты типа MiCOM P 123, www.rza.org.ua
- 4 Руководство для пользователя терминалов MTЗ типа MiCOM, www.rza.org.ua
- 5 Руководство по наладке и эксплуатации терминалов MTЗ типа MiCOM, www.rza.org.ua.
- 6 **Карпеш, М. А.** Учебный программно-методический комплекс «Релейная защита электрических систем». Руководство по выполнению базовых экспериментов. Под редакцией к.т.н. П.Н. Сенигова. – Челябинск : ООО «Учебная техника», 2003. – С. 257.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 27.06.14.

Д. Д. Исабеков, В. П. Марковский

**Энергожүйенің автоматикасы және релелік қорғаудың
микропроцессорлық құрылғысын қолдану мүмкіндігін кеңейту**

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 27.06.14 редакцияға түсті.

D. D. Isabekov, V. P. Marcovsky

The expansion of application possibilities of microprocessor devices of relay defence and power grids automation

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 27.06.14.

Бұл мақалада авторлар релеліктің және автоматиканың микропроцессорлық құрылымының қолданысын ұсынады, зертхана-тәжірибе кәсібін кеңейту және оларды өндіріс тренажер стенд бойынша қолдану үшін, қолданады.

In the real article the authors suggest application of microprocessor devices of relay defence and automation, both for the expansion of laboratory-practical exercises complex and their application in production as training stands.

УДК 621.32

**А. П. Кислов, А. Б. Кайдар, В. П. Марковский,
Б. К. Шапкенов**

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

В статье проанализированы суточные графики нагрузок потребителей, график генерации электроэнергии от возобновляемого источника энергии на базе инвертора с аккумуляторным накопителем большой емкости, показана возможность снижения паспортной мощности источника энергии за счет применения накопителей.

Решение автономного электроснабжения только на основе возобновляемых источников энергии является неоправданно дорогим, т.к. требуется ветрогенератор или фотопреобразователи с избыточной мощностью для покрытия пикового потребления [1-4].

P,
кВт

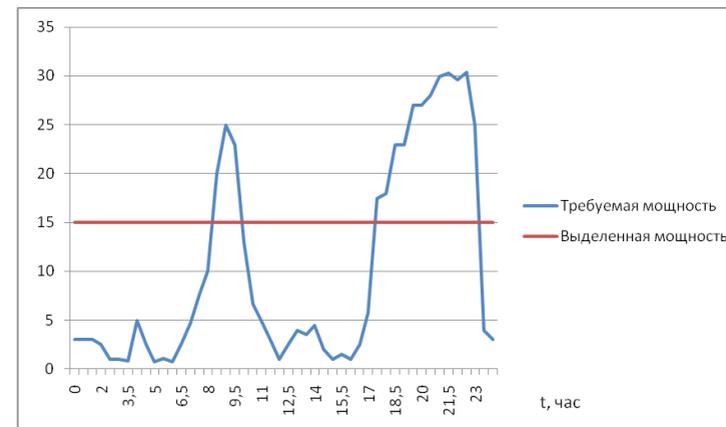


Рисунок 1 – Нагрузка жилищного сооружения

Известно, что пики электропотребления происходят в определённые периоды, зависящие от типа объекта и потребителя (рис. 1, 2, 3). Если это жилой дом, то обычно, это вечернее время.

Если это предприятие или офисный центр, то это дневное время — с 9-00 до 21-00.

P,
кВт

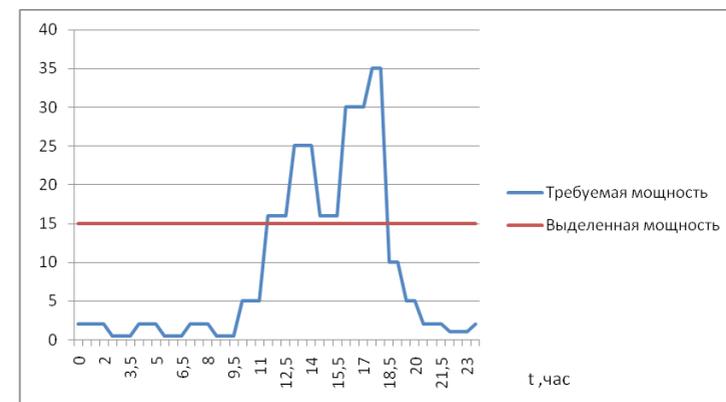


Рисунок 2 – Нагрузка государственного учреждения «Акимат Павлодарской области»

Причём и в дневное время, пиковое потребление, в общей сложности занимает не более 3-4 часов. В ночное же время, когда электричество особенно дешево (при 2-х тарифной системе), подведённые электрические мощности практически не используются.

Вообще, неравномерность потребления электроэнергии в течение суток – одна из основных проблем электроэнергетики.

Возможность разнести во времени производство и потребление электроэнергии путем ее накопления в больших масштабах – один из наиболее эффективных путей решения проблемы покрытия пиков потребления.

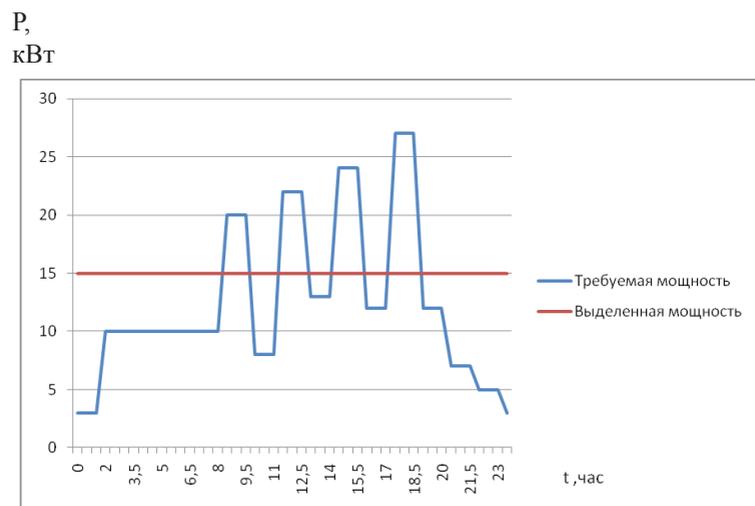


Рисунок 3 – График стройплощадки «Спорт-сити» в Павлодаре

В среднем, энергии требуется намного меньше, чем производит генератор, и существенное время, он работает без нагрузки или с малой нагрузкой (работа на холостом ходу существенно сокращает ресурс генератора).

При этом, кратковременные пики потребления, вызываемые оборудованием, требуют или весьма большой мощности от генератора, или приводят к частым перегрузкам и преждевременному выходу из строя генератора.

Накопители электрической энергии (рис. 4 и 5) являются важнейшим элементом будущих активно-адаптивных сетей. Накопители энергии выполняют ряд функций [1-4]:

- выравнивание графиков нагрузки в сети (накопление электрической энергии в периоды наличия избыточной (дешевой) энергии и выдачу в сеть в периоды дефицита);

- обеспечение в сочетании с устройствами FACTS повышения пределов устойчивости;
- обеспечение бесперебойного питания особо важных объектов, собственных нужд электростанций и подстанций;
- демпфирование колебаний мощности, стабилизация работы малоинерционных децентрализованных источников электрической энергии.



Рисунок 4 – Герметизированные аккумуляторы типа **OPzV**. Для выработки 50 кВт в течении 4-х часов, необходима общая ёмкость АКБ 4200 Ач* 48 В



Рисунок 5 – Внешний вид инвертора и аккумуляторной батареи большой емкости в лаборатории

Выводы:

Выше рассмотренные накопители энергии при всех своих достоинствах не нашли широкого применения в связи с большими капитальными затратами, недостаточной проработанностью технических решений, низкой удельной энергоемкостью, высоким сроком окупаемости, превышающим во многих случаях срок службы рассмотренных накопителей.

Наиболее приемлемым вариантом накопителей на наш взгляд являются аккумуляторные батареи на базе герметичных необслуживаемых гелевых аккумуляторов большой мощности, которые начали в настоящее время применять для линий постоянного тока.

Снижение количества аккумуляторов и увеличение их срока службы позволяет снизить капитальные затраты на создание и последующую эксплуатацию решения на 20-45%, а массогабаритные характеристики – в 7-15 раз. Кроме того, ввиду абсолютной герметичности и устойчивости к высоким и низким температурам, размещение никель-солевых батарей в помещениях не требует дополнительных систем вентиляции и кондиционирования воздуха, как в случае со свинцовыми батареями, что снижает общие затраты на источник аварийного питания и системы климат-контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кислов, А. П., Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Иванова, Е. В., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П. Инверторы на 220 в на Trench IGBT-транзисторах 6 и 7 поколения для солнечных батарей. Материалы международной научно-теоритической конференции «VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова, Т1, с.325-332.

2 Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П. Многоуровневые инверторы для фотопреобразователей. Материалы международной научно-теоритической конференции «VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова, Т1, 2013, – с. 392-401.

3 Марковский, В.П., Волошанин, О. Г., Кайдар, А. Б. Перспектива совместного использования солнечных, ветроэнергетических, теплонасосных систем и биогазовых установок, вестник ПГУ, №1, 2014.

4 Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б. Монография «Теория и практика энергетических преобразователей». – Saarbrucken, Germany: Издательство «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 с.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 24.06.14.

А. П. Кислов, А. Б. Кайдар, В. П. Марковский, Б. К. Шапкенов

Жаңартылатын көздер негізінде электрмен жабдықтауда аккумуляторлық жинақтауды қолдану мүмкіндігі

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 24.06.14 редакцияға түсті.

A. P. Kislov, A. B. Kaidar, V. P. Marcovsky, B. K. Shapkenov

Need of battery storage in electricity based on renewable sources

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 24.06.14.

Тұтынушылар үлкен энергия сыйымдылықтың аккумуляторлық жинақтағышы бар келілеуінің негізінде жаңғыртылатын қуат көзінен электр энергиясының ұрпағының кестесі талданған тәуліктік жүктемелер кестелерін мақаласында, жинақтағыштарды қолдану қуат көзінің паспорттық қуаттың төмендеуін мүмкіндік есебінен көрсеткен.

The article analyzes the daily schedules of consumers loads, schedule of power generation from renewable energy based on inverter with battery drive of high energy consumption, the possibility of reducing the nameplate capacity of the energy source at the expense of storage.

УДК 621.32

**А. П. Кислов, А. Б. Кайдар, В. П. Марковский,
Б. К. Шапкенов**

ВЫБОР ТОПОЛОГИИ ИНВЕРТОРА С АККУМУЛЯТОРНЫМИ НАКОПИТЕЛЯМИ

Рассмотрены инверторы с широтно-импульсной модуляцией, выполнен расчет электрических параметров на этапах коммутации.

Первые трехуровневые (3L) инверторы были разработаны почти 30 лет назад, однако отсутствие высокоэффективных электронных ключей не позволяло этим устройствам развиваться достаточно быстро. Ситуация изменилась с появлением и развитием ключей типа IGBT.

Трехуровневый инвертор на IGBT-модулях позволяет использовать полупроводниковые кристаллы, рассчитанные на меньшее номинальное напряжение. Кристаллы с меньшим рабочим напряжением имеют преимущества перед более высоковольтными кристаллами по всем основным параметрам, важнейшие из которых — падение напряжения в открытом состоянии и в особенности время переключения, определяющее динамические потери мощности. Вследствие этого трехуровневые инверторы на IGBT-модулях имеют больший КПД, а в выходном синусоидальном сигнале содержится меньше неосновных гармоник, что позволяет резко сократить размеры фильтров.

В последнее время 3L-инверторы стали все шире применяться в источниках бесперебойного питания и солнечных энергетических станциях, что вызвано высокими требованиями по КПД и качеству выходного сигнала.

В частности, германские компании SEMIKRON и Infineon Technologies производят несколько типов 3L-модулей в корпусах MiniSKiiP [1] и EсоpoPACK [2]. Японская фирма Omron предлагает «первый в мире» инвертор серии G7 на напряжение 400 В, выполненный по трехуровневой схеме. Ряд 3L-модулей производит японская фирма Fuji Electric.

На рис. 1 представлен примененный в данной работе силовой модуль IGBT на напряжение 2000 В и ток 100 А.



Рисунок 1 – Трехуровневый силовой модуль IGBT

Силовой модуль сконструирован по схеме 3L-полумоста с фиксированной нулевой точкой (рис. 2).

Выбор схемы модуля основан на оценке ее энергоэффективности в сравнении с двухуровневым (2L) аналогом (рис. 3) на максимальное напряжение 1700 В.

Силовые модули IGBT топологии 2L (полумостовая схема с выводом средней точки) на максимальное напряжение 1700 В применяются при следующих стандартных напряжениях (ГОСТ 29322-92; МЭК 38-83):

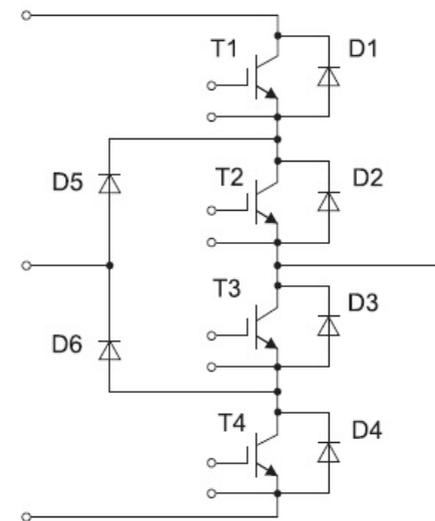


Рисунок 2 – Трехуровневая схема с фиксированной нулевой точкой

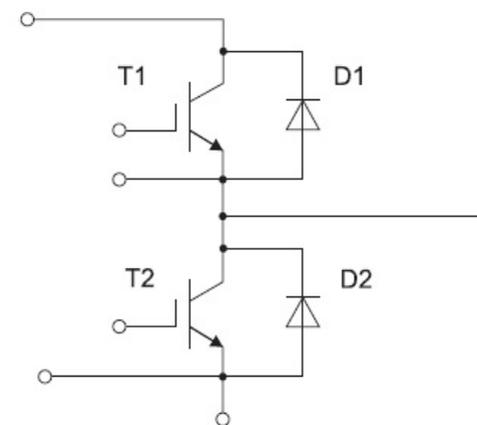


Рисунок 3 – Полумостовая схема с выводом средней точки

- стандартные напряжения сети и оборудования переменного тока — трехфазная трехпроводная (четырёхпроводная) сеть с номинальным напряжением 400/690 В (номинальное напряжение звена постоянного тока 1070 В);

- стандартные напряжения систем электроснабжения электрифицированного транспорта с питанием от контактной сети

постоянного тока с номинальным напряжением 750 В (максимальное напряжение 900 В).

С приближением к верхним границам диапазонов указанных стандартных напряжений двухуровневые силовые модули испытывают серьезные тепловые перегрузки, соизмеримые с максимально допустимыми для применяемых конструкций корпуса.

Покажем это на примере полумостового силового модуля IGBT 1700 В/100 А, применяемого в трехфазном автономном инверторе напряжения и управляемого по методу классической синусоидальной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с частотой коммутации 20 кГц.

При напряжении в звене постоянного тока инвертора 900 В, синусоидальном токе нагрузки амплитудой 100 А, коэффициенте мощности нагрузки 0,8 и коэффициенте модуляции 0,8 суммарные динамические (660 Вт) и статические (174 Вт) потери в силовом модуле (рис. 3) составляют величину 834 Вт [3].

Данное значение весьма близко к максимально допустимой величине рассеиваемой мощности (не более 900 Вт на типовой корпус).

Многоуровневый принцип формирования выходного напряжения инвертора, и 3L в частности, обеспечивает эффективное снижение динамических и суммарных потерь мощности [1]. Известны следующие варианты построения силовой части многоуровневого инвертора:

- с фиксированной нулевой точкой;
- по схеме Т-образного моста;
- с навесными конденсаторами;
- каскадная схема инвертора.

С энергетической и экономической точек зрения [4] наиболее выгодным считается вариант 3L-схемы с фиксированной нулевой точкой (рис. 2), который и выбран для рассматриваемого модуля.

Известно, что энергия динамических потерь в IGBT за один цикл коммутации имеет степенную зависимость от напряжения переключения с показателем степени $\sim 1,5$.

Поскольку напряжение на силовых ключах в 3L-схеме вдвое меньше по сравнению с 2L-схемой, энергия динамических потерь может быть пересчитана по формуле:

$$W_{\text{дин}}(\theta)|_{E/2} = \frac{1}{2^{1,5}} W_{\text{дин}}(\theta)|_E \approx 0,354 \cdot W_{\text{дин}}(\theta)|_E. \quad (1)$$

Таким образом, мощность динамических потерь в 3L-схеме снижается более чем в 2,8 раза и составляет 234 Вт. Пропорционально снижению динамических потерь может быть увеличена частота коммутации силовых ключей в схеме.

Однако платой за существенный выигрыш по динамическим потерям является рост потерь проводимости, поскольку в 3L-схеме удвоено количество основных ключей и применяется два дополнительных фиксирующих диода.

Для формирования выходного напряжения инвертора с требуемым гармоническим составом применяется ШИМ. При этом ширина импульсов проводимости основных транзисторов модулируется в пределах каждого периода выходной частоты инвертора по определенному закону.

При управлении по методу классической синусоидальной ШИМ в схеме 2L-полумоста потери проводимости составляют 174 Вт [3].

Для управления трехуровневой схемой наибольшее распространение получила концепция ШИМ, основанная на синфазности опорных сигналов несущей частоты. При данном алгоритме управления потери проводимости в 3L-схеме с фиксированной нулевой точкой при тех же параметрах схемы и нагрузки увеличиваются примерно вдвое и составляют 350 Вт [1, 3].

Однако суммарные динамические и статические потери в 3L силовом модуле составляют величину 584 Вт на частоте 25 кГц (до 45%), что примерно в полтора раза меньше, чем для модуля двухуровневой конфигурации. При увеличении частоты коммутации до 30 кГц выигрыш по суммарным потерям практически удваивается (рис. 4).

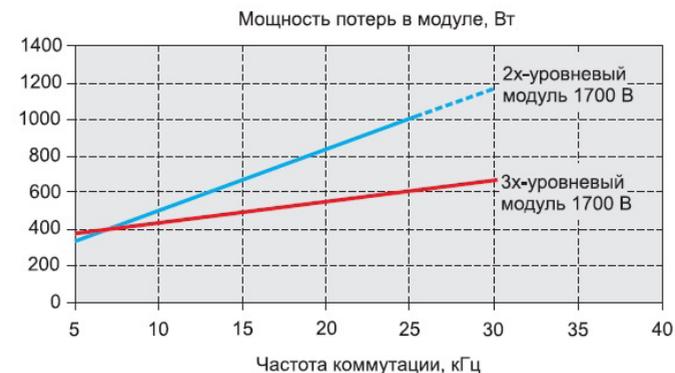


Рисунок 4 – Мощность потерь в силовых модулях 2L и 3L

Для определения электрических и тепловых нагрузок ключевых элементов модуля и мощность динамических потерь выполнен расчет.

Расчет электрических параметров и тепловых потерь в ключевых элементах модуля проведем при параметрах цепи питания и тока нагрузки, соответствующих максимальным значениям, применяемым на практике для силовых модулей класса 1700 В/100 А, а также при типовых характеризующих параметрах цепи индуктивной нагрузки:

- напряжение в звене постоянного тока $E = 900$ В;
- амплитуда тока нагрузки $I_{н\max} = 100$ А;
- коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi = 0,8$;
- коэффициент модуляции фазного напряжения $m = 0,8$;
- частота коммутации $f_k = 20$ кГц.

При ШИМ ток нагрузки инвертора изменяется по синусоидальному закону с частотой $\omega_{\text{вых}}$. Задавая начальную фазу тока нагрузки равной нулю, для мгновенного значения этого тока можно записать:

$$i_n(\theta) = I_{н\max} \cdot \sin\theta, \quad (2)$$

где $\theta = \omega_{\text{вых}} t$.

Очевидно, что при этом в каждом такте коммутации будет изменяться энергия динамических потерь, и для оценки их средней мощности необходимо знать временную зависимость $w_{\text{дин}}(\theta)$.

Для IGBT в диапазоне токов 50-150 А наблюдается практически линейная зависимость энергии динамических потерь от тока нагрузки:

$$w_{\text{дин}}(\theta) = k \cdot i_n(\theta), \quad (3)$$

где k — коэффициент пропорциональности.

Тогда, с учетом синусоидального характера тока нагрузки, зависимость $w_{\text{дин}}(\theta)$ можно представить в виде:

$$w_{\text{дин}}(\theta) = k \cdot i_{н\max} \cdot \sin(\theta) = W_{\text{дин}\max} \cdot \sin(\theta), \quad (4)$$

где $W_{\text{дин}\max}$ — энергия динамических потерь при максимальном токе нагрузки.

Для средней мощности динамических потерь в транзисторах T1 и T4 с обратными диодами при синусоидальной ШИМ получаем:

$$P_{\text{дин}T1,D1} = P_{\text{дин}T2,D2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} w_{\text{дин}}(\theta) \cdot f_k d\theta = \frac{1}{\pi} \cdot W_{\text{дин}\max} \cdot f_k, \quad (5)$$

где f_k — частота коммутации силовых ключей инвертора.

В трехуровневой схеме с фиксирующими диодами максимальное напряжение на каждом ключе равно половине напряжения источника питания постоянного тока, т. е. 450 В. Для данного напряжения и при амплитудном значении тока нагрузки 100 А измеренная энергия динамических потерь $W_{\text{дин}\max}$ равна 18,4 мДж.

При этом мощность динамических потерь для транзисторных ключей T1 и T4 со встречно-параллельными диодами составляет 117,2 Вт на один ключ.

Мощность динамических потерь в фиксирующих диодах D5 и D6 может быть рассчитана по формуле, аналогичной (5), куда следует подставить энергию динамических потерь в диоде:

$$W_{\text{дин},D} = \frac{3}{8} \cdot \frac{E}{2} \cdot Q_{rr}, \quad (6)$$

где Q_{rr} — заряд обратного восстановления диода.

Измеренная величина параметра Q_{rr} составляет 5 мкКл, при этом мощность динамических потерь в каждом из фиксирующих диодов равна 5,4 Вт.

Мощность динамических потерь в ключевых элементах модуля представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Мощность динамических потерь в ключевых элементах модуля

| Параметр | Средняя мощность динамических потерь, Вт | | | | |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|
| Элементы | T1+D1 | T2+D2 | T3+D3 | T4+D4 | T5+D5 |
| Значение | 117,2 | ~0 | ~0 | 117,2 | 5,4 |

Выводы:

1) Проведенные экспериментальные исследования работы инвертора на силовых IGBT-модулях с аккумуляторным накопителем энергии показали его высокую надежность как в установившихся, так и переходных режимах.

2) Интегральная конструкция модуля позволила обеспечить существенное выравнивание величин паразитных индуктивностей монтажа для несимметричных контуров коммутации. Данный факт подтвержден экспериментальными исследованиями.

3) Рассмотрены основные электрические и тепловые характеристики устройства. Определенные мощности потерь в силовых элементах модуля в нормальном и в $1,25 \cdot I_{\text{ном}}$ режиме перегрузки не вызывают перегрев IGBT-транзисторов.

4) Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что суммарные динамические и статические потери в 3L силовом модуле на частоте 25 кГц в полтора раза меньше, чем для модуля двухуровневой конфигурации. При увеличении частоты коммутации до 30 кГц выигрыш по суммарным потерям практически удваивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кислов, А. П., Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Иванова, Е. В., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П. Инверторы на 220 В на Trench IGBT-транзисторах 6 и 7 поколения для солнечных батарей. Материалы международной научно-теоритической конференции «VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова, Т1, – с. 325-332.

2 Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П. Многоуровневые инверторы для фотопреобразователей. Материалы международной научно-теоритической конференции

«VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова, Т1, 2013, – с. 392-401.

3 **Марковский, В. П., Волошанин, О. Г., Кайдар, А. Б.** Перспектива совместного использования солнечных, ветроэнергетических, теплонасосных систем и биогазовых установок, вестник ПГУ, №1, 2014.

4 **Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б.** Монография «Теория и практика энергетических преобразователей». – Saarbrucken, Germany: Издательство «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 с.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 24.06.14.

A. P. Kislov, A. B. Kaidar, V. P. Marcovsky, B. K. Shapkenov
Аккумуляторлық жинақтауышпен инвертор топологиясын таңдау
С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 24.06.14 редакцияға түсті.

A. P. Kislov, A. B. Kaidar, V. P. Marcovsky, B. K. Shapkenov
Alternative of inverter topology with accumulators
S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 24.06.14.

*Мақалада инвертордың кеңдеу импульстік модуляция және
электрикалық параметрдің түрлі деңгейлерде коммутация есебі
шығарды.*

*There are invertors with pulse width modulation and calculation of
electric parametres on the commutation levels described.*

УДК 621.32

**А. П. Кислов*, В. П. Марковский*, О. М. Талипов*,
М. М. Кабдуалиева*, Л. И. Кривко*, Д. С. Сагидулла****

ГИПОТЕЗА О КОРРЕЛЯЦИИ ИЗМЕРЕННЫХ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

*Представлена гипотеза о корреляции измеренных нестандартных
значений коэффициента несимметрии напряжений по обратной
последовательности.*

Параметры ЭМО в ЭЭС представляют непрерывно распределенные случайные величины, которые средствами измерения задаются в виде таблиц. Для устранения потери информации при табличном описании этих величин в теории вероятностей и математической статистики разработаны характеристики их распределения.

Для уяснения назначений этих характеристик рассмотрим для некоторого действительного числа X вероятность неравенства

$$P(x < X < x + \Delta x),$$

где Δx - длина малого интервала, начинающегося в точке x .

Пусть при $\Delta x \rightarrow 0$ имеем

$$\frac{P(x < X < x + \Delta x)}{\Delta x} \rightarrow p(x),$$

тогда функция $p(x)$ представляет плотность распределения вероятности величины X . Для бесконечно малого интервала с точностью до бесконечно малых более высокого порядка можно записать

$$P(x < X < x + \Delta x) = p(x)\Delta x. \quad (1)$$

Для конечного интервала (x_1, x_2) , где $x_1 < x_2$, имеем

$$P(x_1 < X < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} p(x) dx. \quad (2)$$

В дальнейшем будем называть плотностью распределения величины X функцию $p(x)$, обладающую свойством (2). Иначе говоря, интеграл от плотности распределения по любому промежутку оси x дает вероятность попадания величины X в этот промежуток. Математическая модель вероятности элементарного события (1) показывает, что $p(x)$ неотрицательная

функция, а формула (2) показывает, что вероятность попадания значения величины X в любой интервал (x_1, x_2) изображается площадью над этим интервалом под «кривой распределения», представляющей график функции $p(x)$.

Таким образом, плотностью распределения непрерывно распределенной случайной величины является любая интегрируемая функция $p(x)$, удовлетворяющая двум условиям:

$$p(x) \geq 0, \quad (3)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(x) dx = 1. \quad (4)$$

График функции $f(x)$ зависит от закона распределения случайной величины x теории вероятностей и математической статистики. Изменение плотности $p(x)$ исследуется с помощью квантилей.

Математическое ожидание $M[X]$ непрерывно распределенной величины X можно определить по формуле

$$M[X] = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x) dx = v_1. \quad (5)$$

При этом предполагают, что элементарная вероятность (формула 1) представляется величиной $p(x)\Delta x$, а интеграл (7) абсолютно сходится. Если таблица распределения величины X имеет вид

$$X \left\{ \begin{array}{cccc} x_1, & x_2, \dots, & x_i, \dots, & x_n \\ p(x_1), & p(x_2), \dots, & p(x_i), \dots, & p(x_n) \end{array} \right\}, \quad (6)$$

то математическое ожидание представляется выражением

$$M[X] = \frac{x_1 p(x_1) + x_2 p(x_2) + \dots + x_i p(x_i) + \dots + x_n p(x_n)}{p(x_1) + p(x_2) + \dots + p(x_i) + \dots + p(x_n)}, \quad (7)$$

где $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ - возможные значения, принимаемые величиной X ; $p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_i), \dots, p(x_n)$ - вероятности возможных значений.

Математическое ожидание обладает простыми арифметическими свойствами, вытекающими из его физического смысла, как характеристики положения центра группирования распределения величины X [44]. Поэтому для эмпирического распределения аналогичная характеристика положения центра рассеивания дается в виде средней арифметической \bar{X} .

Для описания случайного процесса недостаточно найти математическое ожидание $M[X]$, а необходимо знать еще степень рассеивания непрерывно

распределенной величины X около $M[X]$. Для этого определяют числовую характеристику степени рассеивания или дисперсию по формуле

$$D[X] = \sum_{i=1}^n [x_i - v_1]^2 p(x_i). \quad (8)$$

Таким образом, дисперсия есть величина, имеющая размерность квадрата данной величины, в отличие от математического ожидания, которое выражается всегда в тех же единицах, что и сама случайная величина X . Поэтому, чтобы получить характеристику рассеивания, имеющую размерность одинаковую с размерностью X , используют корень квадратный из дисперсии, взятый с положительным знаком

$$\sigma[X] = +\sqrt{D[X]}. \quad (9)$$

Величина $\sigma[X]$ является средним квадратическим или стандартным отклонением.

Современные средства измерения автоматически определяют $M[X]$, $D[X]$ и $\sigma[X]$ без внесения поправок на величины X_i . Это означает, что отсутствует ковариация между величинами X_i и X_{i+1} и т.д. Это положение скрыто от исследователя показателями КЭ. В связи с этим возникает сомнение об отсутствии корреляции измеренных нестандартных значений этих показателей. Поэтому рассмотрим гипотезу о корреляции перед началом исследований. Для этого, первоначально, приведем алгоритм расчета автокорреляционной и нормированной автокорреляционной функций.

Связь между двумя непрерывно распределенными случайными величинами $X(t')$ и $X(t'')$, отвечающие значениям t' и t'' параметра t случайного процесса $X(t)$, характеризуется их ковариацией

$$\text{cov}[X(t'), X(t'')] = M\{[X(t') - M[X(t')]] [X(t'') - M[X(t'')]]\}, \quad (10)$$

где $M[X(t')]$, $M[X(t'')]$ - математические ожидания соответственно величины $X(t')$ и $X(t'')$.

Если t' и t'' могут принимать все возможные значения параметра t , то ковариация будет представлять неслучайную функцию $B_x(t', t'')$ двух переменных t' и t''

$$B_x(t', t'') = \text{cov}[X(t'), X(t'')], \quad (11)$$

которая является корреляционной функцией или, точнее, автокорреляционной функцией случайного процесса.

Стационарные случайные процессы X , характеризующие ЭМО в ЭЭС, в любой момент расчетного времени имеют одно и то же распределение, обладают свойствами эргодичности. Автокорреляционные функции этих процессов непрерывны и зависят только от разности

$$\tau = t' - t'', \quad (12)$$

т.е. являются непрерывными функциями $B_x(\tau)$ одного аргумента τ .

Автокорреляционная функция является основной характеристикой стационарных случайных процессов, определяющей их внутренние статистические свойства. При $t' = t'' = t$, т.е. при $\tau = 0$, для стационарного случайного процесса X можно записать

$$B_x(\tau = 0) = D[X]. \quad (13)$$

Это означает, что при $\tau = 0$ автокорреляционная функция максимальна и равна дисперсии случайного процесса. Максимальное значение автокорреляционной функции объясняется тем, что статистическая связь между неразличимыми во времени значениями X является наибольшей. Автокорреляционную функцию нормируют по ее максимальному значению.

Для стационарных случайных процессов можно производить расчет по единственной записи процесса, если она охватывает достаточно большой интервал значений параметра t . При этом на оси t откладываются n равных отрезков и в конце каждого из них определяются значения X_1, X_2, \dots, X_n . Ковариация рассчитывается между случайными величинами X_i и $X_{i+\mu}$, где $\mu = 1, 2, 3, \dots, n$ - номер отрезка на оси t . Статистическая оценка автокорреляционной функции определяется по математическому выражению

$$b(\mu) = \frac{1}{n - \mu} \sum_{i=1}^{n-\mu} (X_i - \bar{X})(X_{i+\mu} - \bar{X}). \quad (14)$$

Нормированная автокорреляционная функция определяется по формуле

$$r(\mu) = \frac{\sum_{i=1}^{n-\mu} (X_i - \bar{X})(X_{i+\mu} - \bar{X})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^{n-\mu} (X_{i+\mu} - \bar{X})^2 \right]}}. \quad (15)$$

Теперь, используя изложенный алгоритм расчета, определим автокорреляционную и нормированную автокорреляционную функции случайного процесса, представленного компьютерной записью диаграммы нестандартных значений коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в сети 35 кВ Экибастузского угольного бассейна (рисунок 1).

Стохастические характеристики случайного процесса:

- $M[K_{2U}] \approx 5,7\%$ - математическое ожидание коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности;

- $D[K_{2U}] \approx 0,85\%$ - дисперсия;

- $\sigma[K_{2U}] \approx 0,92\%$ - среднее квадратическое отклонение.

Учитывая спокойный характер рассматриваемого случайного процесса определяется время $\tau = t'' - t' = 10$ мин, через которое измеряются ординаты коэффициента $K_{2U,i}$. Исходя из этого, диаграмма (рисунок 1 разделяется на $n=12$ равных отрезков. Значения параметра t_i и функции $K_{2U,i}$ заносятся в таблицу 1.

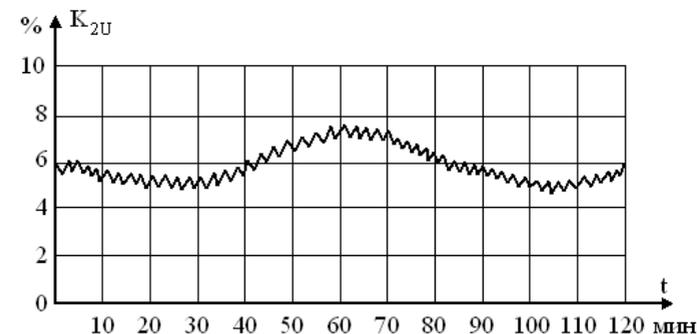


Рисунок 1 - Изменение коэффициента K_{2U} в сети 35 кВ Экибастузского угольного бассейна

Автокорреляционная функция $b(\mu)$ рассчитывается по формуле (14) при $\mu = 0, 1, \dots, 5$. Данные расчета заносятся в таблицу 1, по которым строится график автокорреляционной функции случайного процесса (рисунок 2).

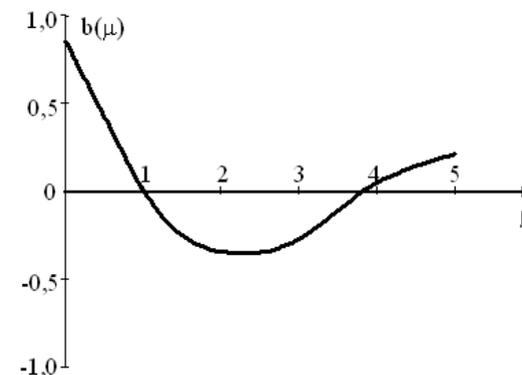


Рисунок 2 – Автокорреляционная функция коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в сети 35 кВ

Нормированная автокорреляционная функция $r(\mu)$ рассчитывается по формуле (2.26) при тех же значениях (μ), что $b(\mu)$ и функция $b(\mu)$. Данные расчета также заносятся в таблицу 1, по которым строится график нормированной автокорреляционной функции случайного процесса (рисунок 3).

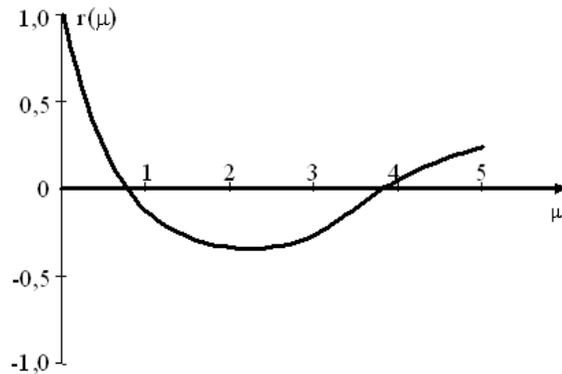


Рисунок 3 – Нормированная автокорреляционная функция коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в сети 35 кВ

Таблица 1 – Вычисление статистических оценок автокорреляционной функции K_{2U}

| Параметр t_p , мин | Функция $K_{2U,p}$, % | $\{K_{2U,i} - M[K_{2U}]\}$, % | Произведения $\{K_{2U,i} - M[K_{2U}]\}\{K_{2U,i+\mu} - M[K_{2U}]\}$ | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | $\mu = 0$ | $\mu = 1$ | $\mu = 2$ | $\mu = 3$ | $\mu = 4$ | $\mu = 5$ |
| 10 | 5,2 | -0,5 | 0,25 | 0,6 | 0,84 | -0,21 | 0,39 | 1,69 |
| 20 | 4,5 | -1,2 | 1,44 | 0,35 | -0,36 | -0,91 | 0,39 | 1,69 |
| 30 | 5,0 | -0,7 | 0,49 | -0,15 | -1,56 | -0,91 | 0,39 | 0,39 |
| 40 | 6,0 | 0,3 | 0,09 | -0,65 | -1,56 | -0,91 | 0,09 | -0,91 |
| 50 | 7,0 | 1,3 | 1,69 | -0,65 | -1,56 | -0,21 | -0,21 | -1,17 |
| 60 | 7,0 | 1,3 | 1,69 | -0,65 | -0,36 | 0,49 | -0,27 | -0,91 |
| 70 | 7,0 | 1,3 | 1,69 | -0,15 | 0,84 | 0,63 | -0,21 | 0,52 |
| 80 | 6,0 | 0,3 | 0,09 | 0,35 | 1,08 | 0,49 | 0,12 | - |
| 90 | 5,0 | -0,7 | 0,49 | 0,45 | 0,84 | -0,28 | - | - |
| 100 | 4,8 | -0,9 | 0,81 | -0,35 | -0,48 | - | - | - |
| 110 | 5,0 | -0,7 | 0,49 | -0,2 | - | - | - | - |
| 120 | 6,1 | 0,4 | 0,16 | - | - | - | - | - |
| Σ | 68,6 | - | 9,38 | -1,05 | -2,28 | -1,82 | 0,69 | 1,3 |
| $b(\mu)$ | - | - | 0,78 | -0,095 | -0,228 | -0,2 | 0,08 | 0,18 |
| $r(\mu)$ | - | - | 1,0 | -0,11 | -0,28 | -0,24 | 0,095 | 0,206 |

Анализ полученных статистических оценок случайного процесса K_{2U} показывает, что этот процесс является стационарным случайным процессом, протекающим в вероятностном отношении однородно при изменении параметра t (время). Автокорреляционная функция находится в пределах, предсказанных теорией случайных стационарных процессов, т.е. в пределах дисперсии распределения непрерывно распределенной случайной величины $D[K_{2U}]$. Это указывает на отсутствие необходимости внесения в результат измерения K_{2U} поправки. В сети 35 кВ Экибастузского угольного

бассейна наблюдается значительная несимметрия напряжений по обратной последовательности, $M[K_{2U}]$ превышает предельно допустимое ГОСТ 13109-97 значение (4%) K_{2U} в 1,4 раза.

Выполненные исследования рассеивают сомнения об отсутствии связей между нестандартными значениями K_{2U} и K_{2U+1} в сетях общего назначения. Корреляция существует, но она незначительная, находится в пределах предсказанных теорией случайных стационарных процессов. Поэтому при дальнейших экспериментальных исследованиях параметров ЭМО подобные расчеты можно не проводить, т.е. гипотеза не подтвердилась.

*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар;
**Екибастузская ГРЭС-2, г. Экибастуз.
Материал поступил в редакцию 24.06.14.

А. П. Кислов, В. П. Марковский*, О. М. Талипов*, М. М. Кабдуалиева*, Л. И. Кривко*, Д. С. Сагидулла***

Кері тізбектілік бойынша кернеу симметриялық еместігі коэффициентінің өлшенген стандартты емес мәндерін түзету туралы гипотезасы

*С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;
**Екібастұз ГРЭС-2, Екібастұз қ.
Материал 24.06.14 редакцияға түсті.

A. P. Kislov, V. P. Marcovsky*, O. M. Talipov*, M. M. Kabdualieva*, L. I. Krivko*, D. S. Sagidulla***

Hypothesis of correlation of the measured non-standard values of the coefficient of voltage unbalance on negative sequence

*S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;
**Ekibastuz GRES-2, Ekibastuz.
Material received on 24.06.14.

Кері тізбектілік бойынша кернеу симметриялық еместігі коэффициентінің өлшенген стандартты емес мәндерін түзету туралы гипотезасы ұсынылған.

The hypothesis about the correlation of the measured values of the coefficient of non-standard voltage unbalance on the reverse sequence.

А. П. Кислов*, **О. М. Талипов***, **А. М. Акаев***,
Д. Т. Амренова*, **В. П. Марковский***, **Л. И. Кривко***,
Д. С. Сагидулла**

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДУКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ ПО СЕТЯМ

Представлена методология исследования кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по сетям.

Показатели КЭ являются параметрами случайных процессов, зависящими от многих случайных факторов, связаны с полем событий, характеризуются таблицами вероятностей вида. ГОСТ 13109-97 для показателей КЭ установлены нормы, которые являются уровнями ЭМС для кондуктивных ЭМП в системах электроснабжения общего назначения. В ЭЭС кондуктивных ЭМП по показателям КЭ может быть несколько и они различны по своей природе.

В связи с этим методологию исследования кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям, рассмотрим на примере одной группы показателей КЭ ($K_U, K_{U(n)}, K_{2U}, K_{OU}$), для которых установлены два вида норм: нормально допустимые и предельно допустимые положительные значения. Эти показатели КЭ характеризуют несинусоидальность формы кривой напряжения и несимметрию напряжений в ЭЭС. Оценка соответствия показателей КЭ указанным нормам производится с учетом следующих положений.

Наибольшие значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициента n -ой гармонической составляющей, коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности и коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности не должны превышать предельно допустимые значения, а значения тех же показателей КЭ, определенные с вероятностью 95%, не должны превышать нормально допустимые значения.

При превышении нормально допустимого значения часть поля событий обуславливает кондуктивную ЭМП по рассматриваемому показателю КЭ, вызванную особенностями технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Поэтому достоверное значение этой помехи может быть определено только статистическими методами.

Процесс возникновения кондуктивной ЭМП по одному из перечисленных показателей КЭ ($K_U, K_{U(n)}, K_{2U}, K_{OU}$) представляется математической моделью

$$X[P(x_n \leq X \leq x_n) > 0,05; P(x_n < X < \infty) \neq 0] \subset \delta X, \quad (1)$$

где (X_n, X_n) - соответственно нормально и предельно допустимое значение рассматриваемого показателя КЭ.

Иными словами, кондуктивная ЭМП δX появляется в ЭЭС, если в течение расчетного времени (24 ч) вероятность $P(X_n \leq X \leq X_n)$ нахождения X в пределах (X_n, X_n) превышает 0,05, а вероятность $P(X_n < X < \infty)$ появления X в пределах (X_n, ∞) не равна нулю. Эта кондуктивная ЭМП появляется также при выполнении только одного условия.

Для вычисления параметров распределения кондуктивной ЭМП воспользуемся положениями теории производящих функций. Предположим, что кондуктивная ЭМП является производящей функцией δX случайной непрерывной величины X , заданной таблицей. Поэтому наряду с величиной X , подчиненной определенному закону распределения теории вероятностей, представим производящую функцию этой величины выражением

$$\delta X = e^{Xt}, \quad (2)$$

где t – время.

Математическое ожидание величины δX будет некоторой функцией от t , т.е.

$$m_X(t) = M[\delta X] = M[e^{Xt}] \quad (3)$$

При табличном задании непрерывно распределенной случайной величины X можно записать

$$m_X(t) = \sum_{i=1}^n e^{x_i t} p(x_i). \quad (4)$$

Причем суммирование распространяется на все возможные значения величины X_i . Для доказательства того, что величина δX является производящей функцией случайной величины X , рассмотрим теорему о начальных моментах.

Теорема. Начальные моменты v_k распределения непрерывно распределенной случайной величины X , заданного вероятностями $P_n(x)$, равны значениям k -ой производной от функции $m_X(t)$ в точке $t=0$, т.е.

$$v_k = \left. \frac{d^k}{dt^k} m_X(t) \right|_{t=0} \quad \text{при } k=1,2,3,\dots \quad (5)$$

Кроме того,

$$m_X(0) = v_0 = 1. \quad (6)$$

Доказательство.

Равенство (6) проверяется непосредственно. Ввиду того, что $e^0 = 1$, имеем

$$m_X(0) = M[e^{X \cdot 0}] = M[1] = 1 \quad (7)$$

Однако, при любом X , как известно [15],

$$\frac{d^k}{dt^k} e^{Xt} = X^k e^{Xt} \quad (8)$$

и потому из формулы (2.30), после дифференцирования k раз по t , получаем

$$\frac{d^k}{dt^k} m_X(t) = \sum_{i=1}^n x_i^k e^{x_i t} p(x_i). \quad (9)$$

Полагая в этом тождестве $t=0$, получаем

$$\left. \frac{d^k}{dt^k} m_X(t) \right|_{t=0} = \sum_{i=1}^n x_i^k p(x_i) = M[X^k] = \nu_k. \quad (10)$$

Теорема доказана.

Сравнивая приведенную теорему с подобной теоремой о начальных моментах в теории производящих функций, убеждаемся, что они идентичны. Следовательно, δX по природе является производящей функцией непрерывно распределенной случайной величины X , характеризующей один из перечисленных выше показателей КЭ.

Следствие 1. Важнейшим следствием этой теоремы является возможность использовать математическое ожидание непрерывно распределенной случайной величины X для оценки математического ожидания непрерывной случайной величины δX . Точнее, математическое ожидание случайной величины X , заданной таблицей, равняется математическому ожиданию случайной величины δX , т.е.

$$M[X] = M[\delta X] \quad (11)$$

Следствие 2. Для производящей функции $\delta X'$ величины $X' = X - \nu_1$, т.е. при отклонении величины X от математического ожидания ν_1 (центр группирования), справедливо равенство [15]

$$m_{X'}(t) = m_X(t). \quad (12)$$

Следовательно, можно принять [15, 44], что центральные моменты случайной величины X и производящей случайной величины δX одинаковы. В частности, одинаковы дисперсии

$$D[X] = D[\delta X] \quad (13)$$

и средние квадратические отклонения

$$\sigma[X] = \sigma[\delta X] \quad (14)$$

При исследовании случайных процессов в ЭЭС используются еще два основных положения общей теории производящих функций.

Первое из этих положений называется **теоремой единственности** и утверждает, что производящая функция однозначно определяет распределение вероятностей так, что не только каждому закону отвечает определенная производящая функция, но и, наоборот, каждой производящей функции соответствует единственное распределение.

Второе, еще более важное по своим приложениям положение – **теорема непрерывности** – утверждает, что если последовательность производящих функций законов распределения $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ сходится к производящей функции закона $p(x)$ некоторого распределения, то и сами законы $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ сходятся к закону $p(x)$.

Из этих положений вытекает положение о том, что плотность вероятности распределения непрерывной случайной величины X , характерная для определенного закона теории вероятностей, соответствует плотности вероятности распределения ее производящей функции δX . Следовательно, можно записать

$$\varphi\{X, M[X], \sigma[X]\} = \varphi\{\delta X, M[\delta X], \sigma[\delta X]\}. \quad (15)$$

Интегральные функции распределения, приведенные в математической модели (2.27), определяются по выражениям:

$$P(x_n \leq X \leq x_n) = \int_{x_n}^{x_n} \varphi\{X, M[X], \sigma[X]\} dx; \quad (16)$$

$$P(x_n < X < \infty) = \int_{x_n}^{\infty} \varphi\{X, M[X], \sigma[X]\} dx. \quad (17)$$

Вероятность появления кондуктивной ЭМП δX рассчитывается по формуле

$$P(\delta X) = P(x_n \leq X \leq x_n) + P(x_n < X < \infty) - 0,05 \quad (18)$$

Таким образом, статистические характеристики показателей КЭ можно использовать при определении кондуктивных ЭМП в ЭЭС (математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, плотность вероятности распределения). Отличительной особенностью кондуктивной ЭМП является ее стохастическое свойство – вероятность ее появления при превышении нормально и (или) предельно допустимых значений показателя КЭ. Эта ЭМП научно обоснованно (качественно и количественно) дополняет сведения о параметрах ЭМО в ЭЭС, при которой нарушается ЭМС технических средств.

*Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар;

**Екибастузская ГРЭС-2, г. Екибастуз.

Материал поступил в редакцию 24.06.14.

*А. П. Кислов**, *О. М. Талипов**, *А. М. Акаев**, *Д. Т. Амренова**,
*В. П. Марковский**, *Л. И. Кривко**, *Д. С. Сагидулла***

Торاپтар бойынша таралатын кондуктивті электрмагниттік тосқауылдарды зерттеудің тәсілдемесі

*С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;
**Екібастұз ГРЭС-2, Екібастұз қ.
Материал 24.06.14 редакцияға түсті.

*A. P. Kislov**, *O. M. Talipov**, *A. M. Akayev**, *D. T. Amrenova**, *V. P. Marcovsky**,
*L. I. Krivko**, *D. S. Sagidulla***

Research methodology of conducted electromagnetic emissions spread across networks

*S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;
**Ekibastuz GRES-2, Ekibastuz.
Material received on 24.06.14.

Торاپтар бойынша таралатын кондуктивті электрмагниттік тосқауылдарды зерттеудің тәсілдемесі ұсынылған.

The methodology of the study of the conducted EMI propagating networks.

УДК 621.32

***А. П. Кислов**, *О. М. Талипов**, *А. М. Акаев**, *С. И. Игонин**,
*Д. С. Сагидулла*****

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Представлен алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности

Для разработки эффективных мероприятий по снижению несимметрии напряжений необходимо иметь информацию о режимах сетей от 35 до 220 кВ

с позиции теории кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям. С этой целью рассмотрим алгоритм расчета кондуктивной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности в трехфазной трехпроводной электрической сети.

ГОСТ 13109-97 характеризует несимметрию напряжений в трехфазных трехпроводных электрических сетях коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности, который допускается определять в процентах (рисунок 1.9) по формуле

$$K_{2U} = \frac{U_{A2}}{U_{A1}} 100. \quad (1)$$

Установлены уровни ЭМС технических средств в электрических сетях по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности. Эти уровни характеризуются нормально допустимым значением ($K_{2U,n}$), которое равняется 2%, и предельно допустимым значением ($K_{2U,p}$), которое равняется 4%. ЭМС технических средств обеспечивается в том случае, если усредненные (интегрированные) оценки K_{2U} не выходят за предельно допустимый уровень, а в течение не менее 95% времени каждых суток не выходят за пределы нормально допустимого значения.

Величина K_{2U} в ЭЭС является непрерывно распределенной случайной величиной, зависящей от многих случайных событий. Этот коэффициент связан с полем событий, характеризуется таблицей вероятностей

$$\left(\begin{array}{cccccccc} K_{2U1}, K_{2U2}, K_{2U3}, \dots, K_{2Ui}, \dots, K_{2Un} \\ P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n \end{array} \right), \quad (2)$$

где $K_{2U1}, K_{2U2}, K_{2U3}, \dots, K_{2Ui}, \dots, K_{2Un}$ - значения коэффициента K_{2U} в течение суток, %;

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n$ - вероятности появления этих значений.

При превышении нормально допустимого значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности часть поля событий (2.46) обуславливает кондуктивную ЭМП, вызванную особенностями технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии в регионе. Достоверное значение этой кондуктивной ЭМП может быть определено только статистическими методами.

Процесс возникновения кондуктивной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности представляется математической моделью

$$K_{2U} [P(K_{2U,n} \leq K_{2U} \leq K_{2U,p}) > 0,05; P(K_{2U,p} < K_{2U} < \infty) \neq 0] \subset \delta K_{2U}, \quad (3)$$

где δK_{2U} - кондуктивная ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности, %.

Следовательно, кондуктивная ЭМП δK_{2U} появляется в электрической сети тогда, когда вероятность нахождения K_{2U} в течение суток в пределах от 2 до 4% превышает 0,05, а свыше 4% не равна нулю. Эта кондуктивная ЭМП δK_{2U} появляется также при выполнении только одного условия. Она является производящей функцией непрерывно распределенной случайной величины K_{2U} .

Интегральная функция распределения непрерывно распределенной случайной величины K_{2U} в интервале $(K_{2U,n}; K_{2U,n})$ определяется по формуле

$$P(2 \leq K_{2U} \leq 4) = \int_2^4 \Psi(K_{2U}) d(K_{2U}). \quad (4)$$

Такая же функция в интервале $(K_{2U,n}; \infty)$ рассчитывается по формуле

$$P(4 < K_{2U} < \infty) = \int_4^{\infty} \Psi(K_{2U}) d(K_{2U}), \quad (5)$$

где $\Psi(K_{2U})$ - плотность вероятности распределения величины K_{2U} , 1/%.

На основании теоремы о равенстве начальных моментов и следствия о равенстве центральных моментов распределения непрерывной случайной величины и ее производящей функции имеем равенства:

$$M[K_{2U}] = M[\delta K_{2U}]; \quad (6)$$

$$\sigma[K_{2U}] = \sigma[\delta K_{2U}], \quad (7)$$

где $M[K_{2U}]$, $M[\delta K_{2U}]$ - математическое ожидание соответственно величины K_{2U} и δK_{2U} , %;

$\sigma[K_{2U}]$ и $\sigma[\delta K_{2U}]$ - средние квадратические отклонения этих величин, %.

Следствия из теоремы единственности и теоремы непрерывности теории производящих функций позволяют записать

$$\Psi\{K_{2U}, M[K_{2U}], \sigma[K_{2U}]\} = \Psi\{\delta K_{2U}, M[\delta K_{2U}], \sigma[\delta K_{2U}]\}, \quad (8)$$

где $\Psi\{K_{2U}, M[K_{2U}], \sigma[K_{2U}]\}$ - плотность вероятности распределения случайной величины K_{2U} , 1/%;

$\Psi\{\delta K_{2U}, M[\delta K_{2U}], \sigma[\delta K_{2U}]\}$ - тоже величины δK_{2U} , 1/%.

Для иллюстрации на рисунке 1 показан график плотности вероятности распределения $\Psi\{K_{2U} = \delta K_{2U}, M[K_{2U}] = M[\delta K_{2U}], \sigma[K_{2U}] = \sigma[\delta K_{2U}]\}$, который представляет произвольный случай распределения K_{2U} (закон распределения величины K_{2U} не известен), совмещенный с нормируемыми значениями уровней ЭМС. В соответствии с этим графиком вероятность появления кондуктивной ЭМП δK_{2U} в трехфазной трехпроводной электрической сети составляет

$$P(\delta K_{2U}) = P(2 \leq \delta K_{2U} \leq 4) + P(4 < K_{2U} < \infty) - 0,05 \quad (9)$$

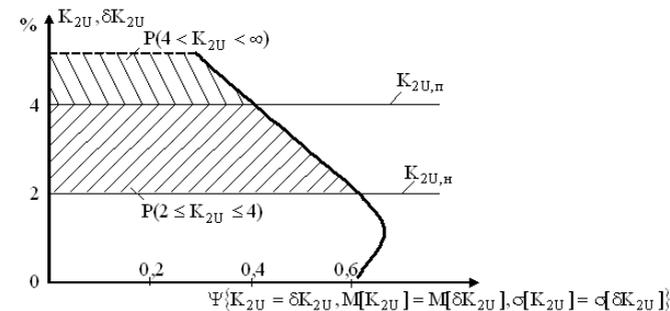


Рисунок 1 – График плотности вероятности распределения случайной величины K_{2U} совмещенный с нормируемыми значениями уровней ЭМС по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности

Таким образом, алгоритм расчета кондуктивной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности доведен до формального алгоритма, позволяющего создать достаточно удобное программное средство в составе программного комплекса «Кондуктивные электромагнитные помехи».

*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар;
**Екибастузская ГРЭС-2, г. Екибастуз.
Материал поступил в редакцию 24.06.14.

А. П. Кислов*, О. М. Талипов*, А. М. Акаев*, С. И. Игонин*,
Д. С. Сагидулла**

Кері тізбектілік бойынша кернеу симметриялық еместігінің коэффициенті бойынша кондуктивті электрмагниттік тосқауылдарды есептеудің алгоритмі

*С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;
**Екібастұз ГРЭС-2, Екібастұз қ.
Материал 24.06.14 редакцияға түсті.

A. P. Kislov*, O. M. Talipov*, A. M. Akayev*, S. I. Igonin*, D. S. Sagidulla**

Algorithms for calculating conducted the electromagnetic interference by stress asymmetry factor on negative sequence

*S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

**Ekibastuz GRES-2, Ekibastuz.

Material received on 24.06.14.

Кері тізбектілік бойынша кернеу симметриялық еместігінің коэффициенті бойынша кондуктивті электрмагниттік тосқауылдарды есептеудің алгоритмі ұсынылған.

An algorithm for the calculation of conductive electromagnetic interference by coefficient of voltage unbalance on the reverse sequence.

УДК 621:622.692

А. К. Косынтаева, В. В. Рындин

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГНПС «АТАСУ» НА НЕФТЕПРОВОДЕ «АТАСУ – ПАВЛОДАР»

В качестве мероприятий по модернизации ГНПС «Атасу» рассматривается замена существующих насосов на насосы марки ZMS II 630/04 с частотно-регулируемым электроприводом. Дается сравнительный расчёт экономического эффекта от замены существующих насосов на новые.

ГНПС «Атасу» расположена на пересечении существующего магистрального нефтепровода (МН) Омск-Павлодар-Атасу-Шымкент и построенного в 2009 г нефтепровода Казахстан-Китай (Атырау-Кеньяк-Кумколь-Атасу-Алашанькоу) с пропускной способностью 10-20 млн т/год (рис. 1). По системе Атасу-Алашанькоу с 2007 года идёт и российская нефть в объёме до 5 млн т/год.



Рисунок 1 – Основные нефтепроводы Казахстана

Для снижения зависимости Казахстана от поставок российской нефти планируется реверсирование нефти по направлению Атасу-Павлодар на Павлодарский НХЗ. При полной реализации проекта предусматривается доведение пропускной способности до 6,83 млн т/год (реверсная перекачка) по нефтепроводу диаметром 820 мм и протяженностью 681 км по трассе ГНПС Атасу-НПС Трудовое-НПС Степное-НПС Экибастуз-ГНПС Павлодар. В связи с этим предполагается модернизация ГНПС «Атасу» путём установки на станции насосов марки ZMS II 630/04.

Нефтеперекачивающая станция ГНПС «Атасу» введена в эксплуатацию в ноябре 1989 года. Она является структурным подразделением Карагандинского нефтепроводного управления Восточного Филиала АО «КазТрансОйл».

Главная нефтеперекачивающая станция «Атасу» представляет собой комплекс сооружений, оборудования и устройств для приёма, хранения и перекачки нефти по магистральному нефтепроводу «Павлодар – Шымкент», «Атасу – Алашанькоу», «Атасу – Павлодар» и подразделяется по назначению на нефтеперекачивающую станцию и резервуарный парк для приёма и хранения нефти в объёме 100 тыс м³.

На рисунке 2 приведена технологическая схема ГНПС «Атасу».

В состав ГНПС «Атасу» входят:

- насосная станция с магистральными насосными агрегатами и системой смазки, охлаждения и откачки утечек; насосы НМ 1250/260 МНА № 1, 2, 3, 4;
- подпорная насосная; насосы НПВ 1250/60, ПНА № 5, 6;
- наливная насосная; насосы НПВ 1250/60, ПНА № 8, 9;
- сливная насосная; насосы 12Ндс-Нм-ГДе 1050/48, в количестве 2 шт;
- фильтры-грязеуловители; ФГУ № 1, 2, 3 предназначены для приема нефти из участка нефтепровода «Павлодар – Атасу», ФГУ № 4,

5, 6 предназначены для приема нефти из участка нефтепровода «Атасу – Джумагалиева»;

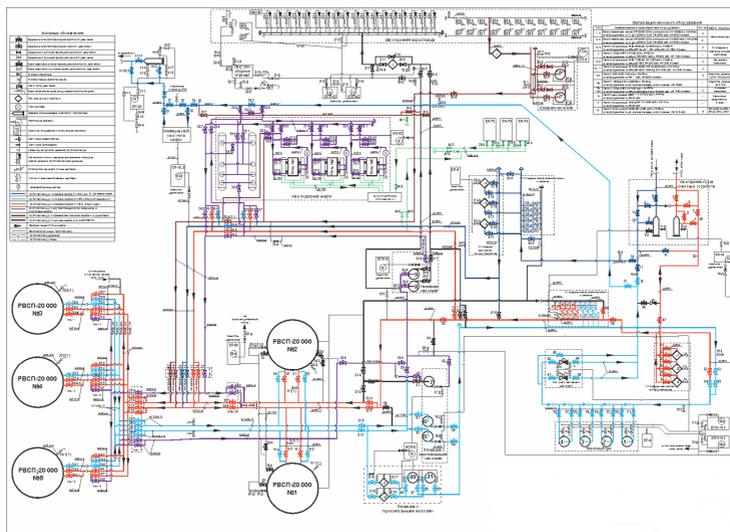


Рисунок 2 – Технологическая схема ГНПС «Атасу»

- узел регулирования давления; регуляторы давления «Гульде-Регель» № 1, 2, 3;
- узлы с предохранительными клапанами СППК-4Р;
- узел учёта нефти пропускной способностью 1600 т/ч;
- НСНЭ; нефтесливоналивная эстакада на одновременный налив 18 и слив 22 железнодорожных цистерн;
- резервуарный парк с резервуарами РВСП 20000 м³ № 1,2,3,4,5.
- ППНП; печи подогрева нефти ППНП 2-18,5/6,3 АЖ № 1, 2, 3.
- системы водоснабжения, теплоснабжения, вентиляции, канализации, пожаротушения, электроснабжения, автоматики, телемеханики, АСУ, связи, производственно-бытовые здания и сооружения.

Целью данного исследования является экономическое обоснование выбора насосов марки ZMS II 630/04 в сравнении с насосами марки НМ-1250-260, обеспечивающих заданную пропускную способность нефти 6,83 млн т/год. В таблице 1 приведены основные параметры рассматриваемых насосов [1, 2].

Таблица 1 – Основные параметры насосов НМ-1250-260 и ZMS II 630/04

| Марка насоса | Рабочее давление, МПа | Подача, м ³ /ч | Напор, м | Частота вращения мин ⁻¹ | Мощность, кВт |
|---------------|-----------------------|---------------------------|----------|------------------------------------|---------------|
| НМ-1250-260 | 7,36 | 1250 | 260 | 2950 | 1250 |
| ZMS II 630/04 | 7,36 | 1100 | 245 | 1480 | 850 |

Нефтяные магистральные насосы типа НМ предназначены для перекачивания нефти и нефтепродуктов с температурой от минус 5 до 80 °С. Конструкция насоса – горизонтальная с двусторонним подводом жидкости к рабочему колесу и двухзавитковым спиральным отводом жидкости от рабочего колеса.

Насосы марки ZMS II 630/04 предназначены для перекачки нефти плотностью 785–880 кг/м³ и вязкостью 150 мм²/с. В этих насосах осуществляется частотное регулирование скорости вращения вала электродвигателя магистральных насосов, что является одним из наиболее перспективных способов управления режимами перекачки нефти по трубопроводам.

На рисунках 3 и 4 приведены характеристики этих насосов [1, 2].

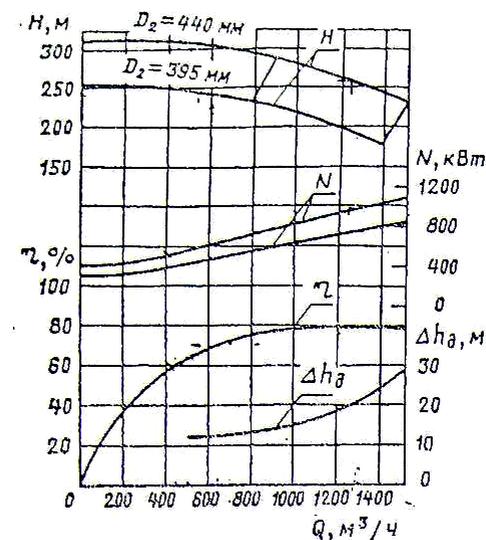


Рисунок 3 – характеристики насоса НМ 1250-260

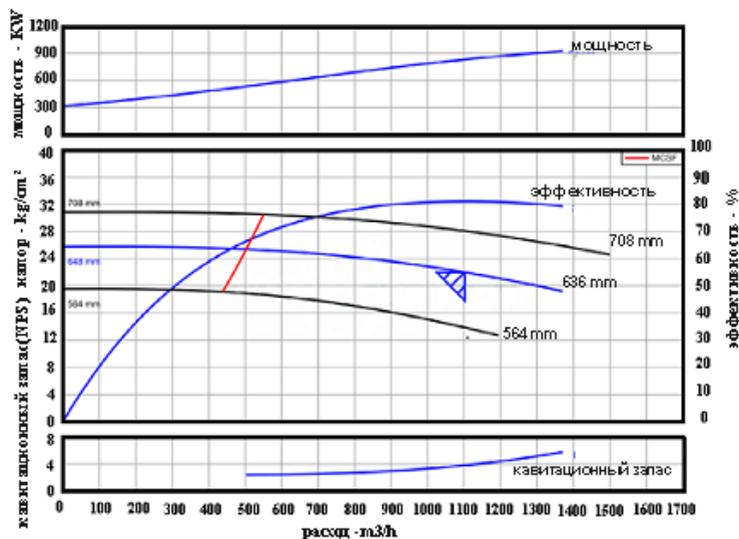


Рисунок 4 – характеристики насоса ZMS II 630/04

Ниже дан сравнительный расчёт потребления электроэнергии на транспортирование нефти насосной «Атасу – Павлодар». Для расчёта приняты исходные данные, выданные ВФ АО «КазТрансОйл», а также паспортные характеристики насосных агрегатов и данные производителя насосного агрегата ZMS II 630/04 (таблица 2) [2].

Таблица 2 – Исходные данные для расчета потребления электроэнергии

| № п/п | Наименование | Обозначение | Единица величины | Значение |
|-------|---|-------------|-------------------|-----------|
| 1 | Планируемая массовая пропускная способность | G | т/год | 6 000 000 |
| 2 | Плотность нефти при температуре перекачки | ρ | кг/м ³ | 833,4 |
| 3 | Продолжительность работы | t | ч | 8392 |
| 4 | Диаметр нефтепровода | d | м | 0,8 |
| 5 | Длина нефтепровода | L | м | 682 |

Рассматриваются два варианта транспортирования нефти.

Вариант № 1 (режим П+М) – подпорный насосный агрегат НПВ 1250-60 с приводным электродвигателем ВАОВ – 560М – 4 (200 кВт) плюс магистральный насосный агрегат НМ 1250-260 с приводным электродвигателем СТДП 1250 (1250 кВт).

Вариант № 2 (режим М) – Полнонапорный магистральный насосный агрегат ZMS II 630/04 с частотно-регулируемым электроприводом (850 кВт).

Расчет капитальных затрат на замену насосов НМ 1250-260 и НПВ 1250-60 на насос ZMS II 630/04 (таблица 3).

Затраты на приобретение нового оборудования определяются стоимостью самого насоса ZMS II 630/04: $Z_{\text{нов}} = 250\,000\,000$ тг [2].

Стоимость демонтажа-монтажа насосов НМ 1250-260 и НПВ 1250-60 согласно расценкам ремонтного предприятия составляет $Z_{\text{дм}} = 3\,500\,000$ тг.

Остаточную стоимость агрегатов $Q_{\text{ост}}$ вычисляем по формуле

$$Q_{\text{ост}} = \frac{Q_{\text{перв}} - Q_{\text{перв}} \cdot N_a \cdot n_{\text{эксп}}}{100} \cdot n,$$

где $Q_{\text{перв}} = 13\,800\,000$ тг – первоначальная стоимость демонтируемых насосов;

$N_a = 9\%$ – норма амортизации;

$n_{\text{эксп}} = 5$ лет – срок эксплуатации.

$$Q_{\text{ост}} = \frac{13\,800\,000 - 13\,800\,000 \cdot 9 \cdot 5}{100} \cdot 2 = 12144\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на возведение фундамента, заготовку трубопроводов и арматуры

$$Z_{\text{ф}} = Z_{\text{нов}} \cdot 0,03 = 250\,000\,000 \cdot 0,03 = 7\,500\,000 \text{ тг.}$$

Транспортные и складские расходы

$$Z_{\text{тс}} = Z_{\text{нов}} \cdot 0,02 = 250\,000\,000 \cdot 0,02 = 5\,000\,000 \text{ тг.}$$

Затраты на замену насоса

$$Z_3 = Z_{\text{нов}} + Z_{\text{дм}} + Z_{\text{ф}} + Z_{\text{тс}} - Q_{\text{ост}} = 250\,000\,000 \cdot 0,02 = 5\,000\,000,$$

$$Z_3 = 250\,000\,000 + 3\,500\,000 + 7\,500\,000 + 5\,000\,000 - 12144\,000 = 253856000 \text{ тг.}$$

Таблица 3 – Сметная стоимость установленных насосов

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| Приобретение новых агрегатов | 250 000 000 тг. |
| Демонтаж-монтаж | 3 500 000 тг. |
| Заготовка фундамента и др. | 750 000 тг. |
| Транспортные и складские расходы | 500 000 тг. |
| Ликвидационная стоимость | 12 144 000 тг. |
| Итого (затраты на установку Зуст): | 242 600 000 тг. |

Расчёт затрат по электроэнергии. Условные обозначения, принятые в расчете, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Условные обозначения

| Обозначения | Наименование величины | Ед. изм. |
|-------------|----------------------------|-------------------|
| H | Напор, создаваемый насосом | м |
| η | КПД агрегата | |
| Q | Производительность насоса | м ³ /с |

Плановую объёмную пропускную способность определяем по формуле (6) РД 39-075-03 [3].

$$Q = \frac{G}{t \cdot \rho} = \frac{6000000}{8392 \cdot 833.4} \cong 858 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчет по варианту № 1. Подпорный насосный агрегат при подаче 858 м³/ч имеет напор 57 м, при этом КПД насоса равен 0,54, а КПД электродвигателя ВАОВ-560М-4 равен 0,96 [4].

Магистральный насос НМ-1250-260 при подаче 858 м³/ч имеет напор 216 м, при этом КПД насоса равен 0,65, а КПД электродвигателя СТДП 1250 равен 0,97 [4].

Суммарный КПД насосной нефтеперекачивающей станции определяется по формуле (23) РД 39-075-03 [3].

$$\eta_{\text{нс}} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{\sum_{i=1}^n H_i / \eta_i}.$$

Расход электроэнергии на перекачку нефти определяется по формуле (37) РД 39-075-03.

Расчет по варианту № 2. Полнонапорный магистральный насосный агрегат ZMS II 630/04 при подаче 858 м³/ч имеет напор 245 м, при этом КПД насоса равен 0,78, а КПД электродвигателя равен 0,97.

Суммарный КПД насосной нефтеперекачивающей станции определяем по формуле (22) РД 39-075-03.

Расход электроэнергии на перекачку нефти определяем по формуле (37) РД 39-075-03.

Результаты сравнения двух вариантов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение двух вариантов расчёта затрат на перекачку нефти

| Наименование | Старые насосы марки: - НМ 1250-260 - НПВ 1250-60 | Новый насос марки ZMS II 630/04 |
|---|--|------------------------------------|
| Расчетный расход электроэнергии на перекачку нефти, кВт | 7 861 666 | 5 597 856 |
| Действующие тарифы на 2014г, тг/кВт*ч | 17,49 | 17,49 |
| Затраты на перекачивание нефти в год, тг | 137 500 538,3 | 97 906 501,44 |

Экономический эффект использования насоса составляет

$$\Delta \Phi = \sum Z_c - \sum Z_n = 137500538,3 - 97906501,44 = 39594037 \text{ тг},$$

где Z_c и Z_n – затраты на перекачивание нефти в год (тенге) старыми и новыми насосами.

Текущая окупаемость модернизации составляет

$$T_{\text{ок}} = \frac{Z_{\text{уст}}}{\Delta \Phi} = \frac{242600000}{39594037} = 6,127 \text{ лет}.$$

В результате проведенного расчёта и анализа замены существующих насосов марки НМ-1250-260 с приводным электродвигателем СТДП 1250 (1250 кВт) и НПВ-1250-60 с приводным электродвигателем ВАОВ-560М-4 (200 кВт) на полнонапорный магистральный насосный агрегат ZMS II 630/04 с частотно-регулируемым электроприводом (850 кВт) можно прийти к нижеследующим выводам:

1 Применение частотного регулирования насосов ZMS II 630/04 позволяет отказаться от смены роторов или обточки колёс насосов типа НМ при изменении режима работы нефтепровода.

2 Экономический эффект за счёт экономии электроэнергии при действующем тарифе на электроэнергию и плановых объемах перекачивания составляет 39594047 тг в год.

3 Окупаемость данной модернизации составляет чуть более 6 лет, что меньше нормативного срока окупаемости в нефтяной отрасли 10–25 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Каталог Центробежные нефтяные магистральные и подпорные насосы: – Москва : ЦИНТИХимнефтемаш, 1973.

2 <http://www.ruhrpumpen.com/productos/ZM%20I%20-%20II>.

3 РД 39-075-03. Методики расчета потребления электроэнергии на транспортирование нефти по магистральным нефтепроводам.

4 Тугунов, П. И., Новоселов, В. Ф., Коршак, А. А., Шаммазов, А. М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа : ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002. – 658 с.

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 21.06.14.

A. K. Kosyntaeva, V. V. Ryndin

«Атасу-Павлодар» мұнайоткізгішінде «Атасу» БАМС жаңарту

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 21.06.14 редакцияға түсті.

A. K. Kosyntaeva, V. V. Ryndin

Modernization of HOPS «Atasu» at the pipeline «Atasu-Pavlodar»

*S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 21.06.14.

«Атасу» БАМС жаңарту бойынша шаралар ретінде әрекеттегі сораптарды жиілікті-реттелетін электржетекпен ZMS II 630/04 маркалы сораптарға алмастыру қарастырылады. Әрекеттегі сораптарды жаңа сораптарға алмастырудан түсетін экономикалық тиімділіктің салыстырмалы есебі беріледі.

To modernize HOPS «Atasu» we decided to change current pumps brand ZMS II 630/04 with frequency regulable electric drive. There is comparative economical calculation during the changing of new pumps in the research work.

УДК 550.8, 519.6, 519.7

Б. Г. Муканова, Т. Миргаликызы

ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ РАДАРОГРАММ ДЛЯ ЗАДАЧ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

Рассматривается задача моделирования отклика среды на электромагнитное возбуждения для метода георадиолокации. Сформулированы принципы систематизации информации для формирования базы данных моделей сред и результатов расчета модельных радарограмм. Приведена разностная схема и описаны результаты расчета для нескольких стандартных моделей сред, включая вертикально-слоистые и среды с локальными включениями.

Введение. Задачи зондирования верхних слоев земной коры при помощи электромагнитного возбуждения имеют большое значение в геофизике. Одним из перспективных и постоянно совершенствующихся методов является метод георадиолокации. Прогресс в этой области может быть достигнут с одной стороны, за счет улучшения качества аппаратуры, а с другой стороны – за счет совершенствования методов интерпретации радарограмм. С этой точки зрения актуально формирование базы данных синтетических радарограмм для основных моделей сред, применяемых в геофизике. Под синтетическими данными в теории обратных задач понимаются результаты численного расчета отклика среды на возбуждение, в данном случае это – результаты расчетов радарограмм на основе некоторой математической модели. Наличие такой базы данных дает исследователю вспомогательный материал для сравнения с полевыми данными и выбора базовой модели среды для интерпретации радарограмм. В настоящей работе мы классифицировали основные модели сред и привели примеры расчета синтетических радарограмм для сред со слоистой структурой и сред, содержащих включения.

Математическая модель. В качестве математической модели для описания электромагнитных процессов в среде мы используем уравнения Максвелла [1]:

$$\begin{aligned} \varepsilon \frac{\partial}{\partial t} E - \operatorname{rot} H + \sigma E + j^{*0} &= 0, z > 0, t > 0 \\ \mu \frac{\partial}{\partial t} H + \operatorname{rot} E &= 0, z > 0, t > 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $E=(E_1, E_2, E_3)^T$, $H=(H_1, H_2, H_3)^T$ – векторы напряженности электрического и магнитного полей; σ , ε , μ , – проводимость среды, ее диэлектрическая и магнитная проницаемости соответственно, j^{ct} – плотность сторонних токов.

Будем считать, что электрическое поле в среде возбуждается при помощи стороннего источника, имеющего вид

$$j^{cm} = - (0, 1, 0) f(t) \delta(z - z^*) \delta(x - x^*). \quad (2)$$

Такое задание источника моделирует схему радиолокации, когда антенны прибора располагаются перпендикулярно трассе съемки, ось абсцисс направлена вдоль трассы, ось ординат – вдоль оси антенны, ось аппликат – вглубь Земли. Генерируемая прибором радарограмма представляет собой суммарную запись от всех положений источника вдоль трассы. В силу принципа суперпозиции электрических полей мы можем рассматривать такую запись как результат одновременного действия всех источников, расположенных вдоль трассы. Поэтому в последующем моделировании мы исключим зависимость возбуждающего источника от положения на оси абсцисс и будем рассматривать плоскую волну.

Классификация стандартных моделей сред. Для классификации модельных радарограмм мы сформировали реляционную базу данных, для накопления и обработки результатов расчетов радарограмм. Была создана структура таблиц, состоящая из таблицы «Math_models» - для перечня моделей среды, отдельных таблиц для каждого вида моделей и таблиц для хранения результатов моделирования.

Например, таблица для описания вертикально-слоистой модели «Layers» содержит поля с указанием количества слоев (мы рассмотрели случай не более пяти слоев), и с заданием глубины залегания подошвы каждого слоя и значения электрических характеристик каждого из них.

Аналогично формируются таблицы Inclusion, Relief, CombinedModels, Others – для моделей типа локальных включений, рельефа и возможных других конфигураций, которые могут быть дописаны в базу данных по мере необходимости.

Например, таблица Inclusion предназначена для описания моделей локальных двумерных и трехмерных включений. Мы учитываем включения, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда, трехосного эллипсоида, с ориентацией главных осей, параллельной осям координат, двумерные включения, имеющие в сечении форму эллипса и прямоугольника.

Так как при одной и той же геометрии проводятся моделирования с разными электрическими свойствами, мы выделяем в отдельные таблицы данные о результатах численных экспериментов с указанием идентификаторов эксперимента и модели. Результаты экспериментов записываются в реляционные таблицы в виде ссылок на файлы с числовыми

либо графическими данными, включая также материалы различных преобразований данных.

Генерация синтетических радарограмм: численные результаты. Опишем численный метод, который был нами реализован для расчета прямых задач для различных моделей сред. Для случая вертикально-слоистой среды математическая модель сводится к волновому уравнению вида:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} E = \frac{c^2}{\varepsilon} \frac{\partial^2}{\partial z^2} E + f(t)g(z), \quad 0 < t < T, \quad 0 < z < Z, \quad (3)$$

при начально-краевых условиях

$$E|_{t=0} = 0, E_t|_{t=0} = 0, E|_{z=Z} = 0, E_z|_{z=Z} = 0$$

Здесь величина E есть y -компонента электрического поля, $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ – скорость света в вакууме, μ_0 , ε_0 – абсолютные магнитная и диэлектрическая проницаемости вакуума, ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды. Процесс возбуждения поля в среде моделируется правой частью уравнения (3). Мы задавали источник в виде функции

$$f(t)g(z) = At \cos(at) \exp(-bt) \exp(-\gamma(z - z^*)^2)$$

Будем брать расчетную область достаточно протяженной и выполнять расчет до момента времени, в котором не проявляется действие граничных условий на решение в области построения радарограммы.

Для одномерной задачи мы применяли конечно-разностный метод и использовали трех-слойную разностную схему вида [3]:

$$\frac{E_i^{n+1} - 2E_i^n + E_i^{n-1}}{\tau^2} + \frac{\mu_0 c^2 \sigma}{\varepsilon} \frac{E_i^{n+1} - E_i^{n-1}}{2\tau} - \frac{c^2}{\varepsilon} \frac{E_{i+1}^n - 2E_i^n + E_{i-1}^n}{h^2} = f(t)g(z)$$

Здесь τ, h – шаги разностной схемы по времени и пространству; n, i – номера узлов разностной схемы по времени и пространству.

Радарограммы, получаемые с прибора, представляют собой графический образ двумерной функции, одной переменной которой является координата x , направленная вдоль трассы, а другой – время. В случае вертикально-слоистой модели радарограммы будут идентичны вдоль всей трассы, т.е. функция будет зависеть только от времени. Показания прибора пропорциональны силе тока в приемной антенне, которая, в свою очередь, определяется законами электродинамики и может быть вычислена по формуле

$$j = \sigma_a E_y + \varepsilon \frac{\partial E_y}{\partial t},$$

как сумма тока проводимости и тока смещения и зависит от удельной проводимости материала антенны. В первом приближении можно пренебречь токами смещения и тогда мы получаем, что регистрируемый сигнал в приемной антенне пропорционален компоненте электрического поля.

Для генерации синтетической радарограммы для двумерного случая мы рассчитывали отклик среды на поверхности в зависимости от времени, затем перемещали позицию источника.

Во всех описываемых в данной работе моделях мы принимали величину относительной магнитной проницаемости среды равной единице. На данном этапе мы пренебрегли диффузией электрического поля и положили удельную электрическую проводимость среды равной нулю. В рассмотренных нами моделях электрические свойства среды характеризовались только распределением коэффициента относительной диэлектрической проницаемости ϵ . Численные расчеты проводились для следующих вертикально-слоистых моделей: трехслойные модели с монотонным уменьшением ϵ , модели с промежуточным минимумом и максимумом. Толщины слоев для всех этих слоев одинаковой задавались одинаковыми.

Для моделей содержащих локальные включения мы задавали двумерные включения в круглым и прямоугольным поперечным сечением. В расчетах меняли глубину залегания, геометрические размеры, значения коэффициентов диэлектрической проницаемости среды и включения.

Для моделей с двумерным распределением электрических свойств математическая модель радиолокации может быть записана в виде уравнения на u -компоненту электрического поля в виде:

$$\epsilon_0 \epsilon(x, z) \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_y - \frac{1}{\mu_0} \Delta E_y + \sigma(x, z) \frac{\partial E_y}{\partial t} = -f'(t) \delta(z) \delta(x - x^*) \quad (4)$$

Здесь $x=x^*$, $z=0$ положение излучателя на трассе. Уравнение (4) может быть аппроксимировано разностной схемой вида [3]:

$$\frac{E_{i,j}^{n+1} - 2E_{i,j}^n + E_{i,j}^{n-1}}{\tau^2} + \frac{\mu_0 c^2 \sigma}{\epsilon} \frac{E_{i,j}^{n+1} - E_{i,j}^{n-1}}{2\tau} - \frac{c^2}{\epsilon} \left(\frac{E_{i+1,j}^n - 2E_{i,j}^n + E_{i-1,j}^n}{h_x^2} + \frac{E_{i,j+1}^n - 2E_{i,j}^n + E_{i,j-1}^n}{h_y^2} \right) = f'(t) g(x, z) \quad (5)$$

Поскольку в процессе расчетов мы вынуждены ограничивать расчетную область, то начиная с некоторого момента времени мы обнаружим влияние граничных условий на результат, что вызывает нефизические эффекты в моделируемых радарограммах. Поэтому при генерации радарограмм мы использовали только те данные, на которые граничные условия еще не влияли. Приведем несколько примеров полученных в процессе моделирования радарограмм.

Мы задавали форму зондирующего сигнала в виде $f(t) = At \cos(at) \exp(-bt)$, что соответствует принятой в литературе [2]. $A=0.1 \times 10^9$ В/с, $a=1 \times 10^9$ с, $b=1.2 \times 10^9$ с. Характерные геометрические размеры моделей были порядка

1 метра, что составляет несколько длин волн основной зондирующей частоты. На рисунках 1-4 показаны характерные синтетические радарограммы для горизонтально-слоистой конфигурации среды с монотонным профилем электрической проницаемости и для случаев с минимумом и максимумом коэффициента ϵ в промежуточном слое.

На рисунках 5 и 6 показаны фрагменты синтетических радарограмм для сред, содержащих цилиндрические включения кругового сечения. На рисунке 5 мы задавали диэлектрические проницаемости вмещающей среды $\epsilon_1=1.2$, а включения $\epsilon_2=4$. Центр включения располагается на глубине 1.5 метра и имел радиус 0.5 метра. Перекрещивающиеся прямые волны на рисунках отражают расчетный эффект, связанный с отражением от боковых границ расчетной области. На рисунке 6 показаны результаты расчета, когда у нас имеются два включения с центрами на глубине 1.5 метра и радиусами 0.25 м и 0.5 м, расстояние между центрами включений составляло 2 метра.

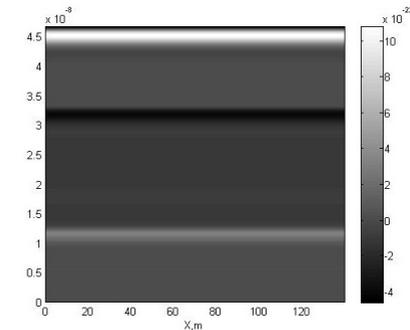


Рисунок 1 – Синтетическая радарограмма для среды с максимумом ϵ в промежуточном слое: $\epsilon_1=1.2$, $\epsilon_2=9.0$, $\epsilon_3=4.0$

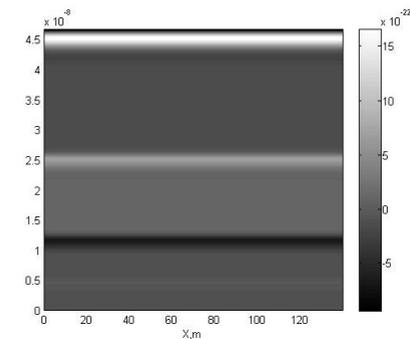


Рисунок 2 – Синтетическая радарограмма для среды с минимумом ϵ в промежуточном слое: $\epsilon_1=9.0$, $\epsilon_2=1.2$, $\epsilon_3=4.0$

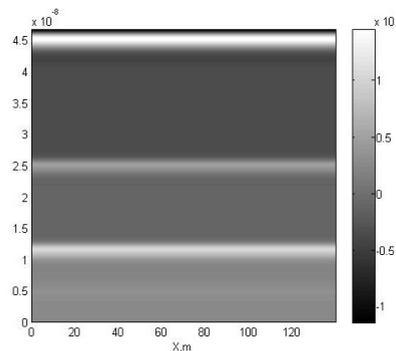


Рисунок 3 – Синтетическая радарограмма для среды с убывающей функцией ε в трехслойной среде: $\varepsilon_1=9.0$, $\varepsilon_2=4.0$, $\varepsilon_3=1.2$

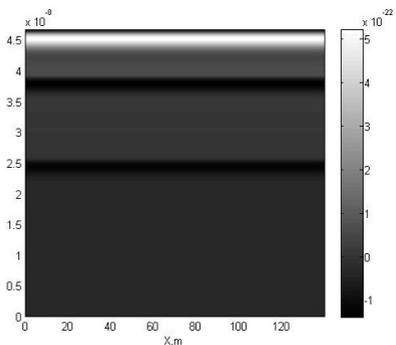


Рисунок 4 – Синтетическая радарограмма для среды с растущей удельной диэлектрической проницаемостью ε в трехслойной среде

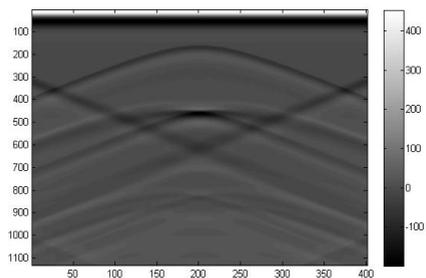


Рисунок 5 – Фрагмент синтетической радарограммы над средой с цилиндрическим включением кругового сечения

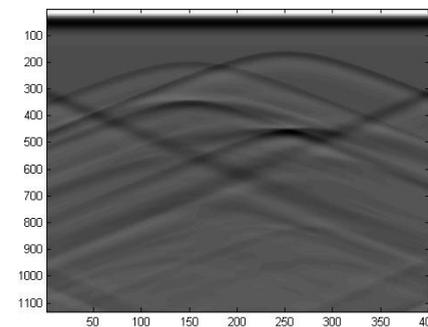


Рисунок 6 – Фрагмент синтетической радарограммы над средой с двумя включениями кругового сечения различного диаметра

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Максвелл, Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М. : ГИТТЛ, - 1952 г. - 687с.
- 2 Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография. /Под. ред. Ю. А. Гринева. - М.: Радиотехника, - 2005 г. - 416 с.
- 3 Калиткин, Н. Н. Численные методы. – М. : Наука, -1978 г. - 512 с.

Евразийский национальный университет
имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.
Материал поступил в редакцию 13.06.14.

Б. Ф. Муқанова, Т. Мирғалиқызы

Георадиолокация есептеріне арналған синтетикалық радарограммаларды тұрғызу

Л. Н. Гумилев атындағы
Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.
Материал 13.06.14 редакцияға түсті.

B. Mukanova, T. Mirgalikyzy

Generation of synthetic radargrams for GPR problems

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.
Material received on 13.06.14.

Ортаға электр және магнит өрісінің георадиолокация амалындағы пайда болатын әсерінің моделдеу есебі қарастырылған. Ортаның моделдеріне қатысты деректерді және есептеулер нәтижесін жүйелі түрде сақтауға арналған деректер қорын ұйымдастыру принциптері құрылған. Есептеуде қолданған айырымды сұлба келтірілген. Локал қоспалары бар және вертикал-қабатталған сынды бірнеше стандарт орталардың моделдері үшін есептеулер нәтижеселері келтірілген.

The electromagnetic field modeling problem for GPR method is considered. The principles of information structure for a database, that contains media models and numerical simulations results, are established. Some numerical results for vertically-layered media and ones with local inclusions are obtained. The corresponding Finite Difference Scheme is described.

ӘОЖ 620.91(574.25)

М. А. Муханов

ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНДА ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫҢ ДАМУ ӘЛЕУЕТІ

Бұл мақалада Павлодар облысындағы жел энергетикасының ең бір болашақты және ыңғайлы баламалы энергия көзі ретінде қарастырылады. Әлемдік жел энергетикасы мәліметтерінің талдауы келтірілген.

Қазіргі кезде жел энергетикасы әлемдегі ең тез дамитын салаларының бірі болып саналады. 2013 жылы Шанхайда өткізілген WWEC2014 әлемдік желэнергетикалық конференциясында желэнергетикасының негізгі даму қорытындылары аталды. Осы қорытындылар бойынша әлемдегі барлық жел энергоқондырғыларының қуаты 318529МВт, ал 2012 жылы бұл көрсеткіш 282275 МВт болатын. Әлемдік электрэнергиясының сұранысының 4% ғана жел энергетикасы жабады. Осы салада бірнеше жылдар бойы алда келе жатқан мемлекет Қытай болып табылады. 2013 жылы Қытайдың орнатылған жел энергетикасының қуаты 80 ГВт-қа жетті. Сарапшылардың зерттеулері бойынша 2020 жылға дейін әлемдік жел энергетикасының қуаты 700 000 МВт-қа жетеді.

Қазақстандағы жел энергетикасының даму болашағы оның қажетті және сәйкес желэнергетикалық қорларымен анықталады. Қазақстан жел

қорларына өте бай. Солтүстік жарты шардың жел белдеуінде орналаса отырып, теория жүзінде жел потенциалы 1820 млрд кВт/сағ дейін жетеді. Желдің орташа жылдық жылдамдығы 4-5 м/с құрайды, ал кейбір аудандарында жел жылдамдығы 6 м/с және одан жоғары жылдамдықтарға жетеді, бұл желэнергетикасын қолданудың жақсы мүмкіндіктерін береді. Сарапшылардың бағалауы бойынша желэнергетикасының дамуына сай келетін елдердің біріне кіреміз. Жел электрстанциялардың тығыздығын есепке ала отырып, еліміздің ұлан байтақ жерінде бірнеше мыңға дейін МВт қуаты болатын жел қондырғыларын орнатуға мүмкіндігі бар. Осыған орай Энергетика және минералды ресурстар министрлігінің мәліметтері бойынша еліміздің 46 аймағында 2030 жылға дейін сомалық қуаты 1млн кВт/сағ болатын жел электрстанцияларын салу туралы мәселесі талқыланды. Ал 2009 жылы қалпына келетін энергия көздерін қолдауға бағытталған заңнамалық базалар мен бірқатар салалық бағдарламалар қабылданды. Оған «Қазақстан – жел энергетикасы нарығын дамыту бастамасы» Қазақстан Республикасы Үкіметі мен БҰҰ Даму бағдарламасының жобасы және баламалы энергия көздерін қолдануды қолдау туралы заңы жатады. Қазақстан Республикасы Үкіметі мен БҰҰ Даму бағдарламасының жобасымен Қазақстанның жел атласы құрастырылды. Атлас бойынша еліміздің 50 мың шаршы километр аумағында жақсы жел потенциалына ие және жылына 900мың ГВт.сағ энергияны өндіре алады.

Павлодар облысы – Қазақстан Республикасының солтүстік-шығысында орналасқан. Павлодар облысының климаты тым континенттік және құрғақ. Қыста ашық және аязды ауа райын түзейтін Сібір антициклоны әсер етсе, жазда құрғақ және ыстық ауа, қуаншылық пен қарадауыл әкелетін Тұран ауа массасының әсері күшті. Жылдың суық мезгілінде жел көбінесе оңтүстік-батыс бағытта, жылы мезгілде солтүстік-батыс бағытта соғады. Олардың орташа жылдамдығы 4,0 – 4,5 м/с. Көктем мен күзде жылдамд. 15 м/с-қа дейін баратын қатты дауылды желдер де соғып тұрады.

Павлодар облысы өзінің географиялық орналасу жағдайымен, энергетикалық ресурстар қорының молдығымен, пайдалы қазбалары және жоғары кәсіби мамандарының көптігімен Қазақстанның ең бір дамыған индустриалды және мәдени аймағы болып саналады. Оның шаруашылық жүйесі республика ішіндегі еңбек бөлінісінде маңызды орын ала отырып, ел экономикасына айтарлықтай үлес қосады.

Облыстағы энергияның басты қуат көзі отын энергетикасы болып есептеледі. Электроэнергетиканы дамыту облыста Екібастұздың энергетикалық көмір қорының жоғары болуымен және ірі өнеркәсіп нысандарының салынуымен байланысты.

Қазіргі уақытта электрэнергияны өндіру дәстүрлі жылу және гидроэлектрстанцияларға тиесілі. Өндірілетін электрэнергияның 88 пайызы

ЖЭС, ал ГЭС-ға 12 пайызы жатады. Жылулық электрстанцияларда көмір жағу, соның ішінде төменкалориялы күлі жоғары көмір және де қазандық жабдықтарының стандарттарына келмейтін көп жағдайда келесі көптеген зардаптарға әкеледі:

- ауа бассейнге зиянды химиялық заттарды шектен тыс концентрацияларда, сонымен қатар планета климатының жылынуына әкелетін «парниктік газдардың» үлкен көлемдерін шығару;

- жер бетін күлмен және террикондармен ыбырсыту, олардан көптеген километрге шаң, күл және шлактар таралады;

- қышқылдық жауындарын тудыру, сонымен қатар атмосфераның жоғарғы қабатындағы қорғаныстық озон қабатының әлсіретуіне әкеледі;

- қоршаған ортаны қосымша жылынуына әкеледі, өйткені жылу электрстанцияларынан өндірілетін энергия жер шары бетінің күнмен жылынған энергиясына қосылады;

- үлкен көлемде оттегіні жағу, жоғары технологиялық суды тұтыну және қымбат су дайындауына әкеледі.

XX ғасырдың 50-ші және 70-ші жылдары салынған электрэнергетика объектілері қазіргі кезде физикалық және моралды тозған болып саналады. Электрлік тораптары өзінің көптеген біртрансформаторлы қосалқы станцияларымен қарапайым сұлбалары арқылы құрастырылған және көптеген тұйықталған электрберіліс желілерімен тұтынушыларды сенімді электрмен қамтамасыз етумен қамтамасыз ете алмайды. 2010 жылдың есептеулері бойынша негізгі электрқондырғылардың физикалық тозуы өте жоғары 82% жетеді. Осыған орай республикамыз үлкен энергия тапшылығына ие.

Павлодар облысының қолайлы табиғат жағдайларына және жел энергетикасына қызығушылығының болуына қарамастан әлі де болса жел саябақтары жоқ. Мысалы Еуропада осы салада халық бизнесі басым болып келеді. Желэлектрстанциялары кооперативтер және акционерлік қоғамдар ешқандай мемлекеттік қолдаусыз салынады. Тек облыс әкімшілігінің, мемлекет тарапынан қолдаумен осындай ауқымды жобалау іске асырылуда. Облыстық әкімшілік шешімімен алдағы уақытта қуаты 50 МВт болатын жел электрстанциясы салынуы тиіс. Жел электрстанциясы Екібастұз қаласынан 100 км қашықтықта орналасатын болады. Жел электрстанциясы «Павлодар» әлеуметтік-кәсіпкерлік корпорациясымен мемлекеттік бағдарламаға сай салынады. Станцияның алдын ала құны 15 млрд. теңге құрайды. Осындай ауқымды станцияны салуға бірнеше серіктестіктер қатысады. Қазіргі уақытта меморандумға қол қойылып, Қытаймен келіссөздер жүргізілуде. Меморандумға сәйкес ұзақмерзімді 8-10 жыл аралығында жылына 5-7% лизингтік жеңілдік беріледі.

Сонымен бірге Павлодар облысында іске асырылған шағын жел энергиясын пайдалану жобалары аз емес. Мысал ретінде, Polyset (Қостанай)

фирмасымен 2010 жылы Галицкое селосында мал жайылымында ротор диаметрі 2,4 метр болатын жел насосы орнатылды. Ал осы селода 2011 жылы IRON MAN желнасостарының ішіндегі ең қуаттысы болатын моделі орнатылды. Модель роторының диаметрі 6 метр.

Жел электрстанциясын таңдау оның территориялық ерекшеліктерін ескере отырып жүргізіледі. Павлодар облысының кейбір аудандарында жел жылдамдығы 7,6 м/с асады. Осы аймақтар бірінші кезекте қолдануға ең жөнді болады. Осы аймақтарда жел потенциалын арнайы жел жылдамдығын өлшейтін анемометрлерді орнату қажет. Жел жылдамдығын өлшеуге қажетті материалдардың ауқымдылығы оның нақты орташа жылдық жылдамдығын анықтауға мүмкіндігін береді. Барлық жиналған мәліметтерді өңдеуден кейін ең жоғары көрсеткіштері анықталған облысқа шағын жел электрстанцияларын құрастырудан бастау қажет. Шағын элетрстанцияларын электрлік тораптардан алыс орналасқан ауылдарды электрмен жабдықтау, таза су тапшылығы болған кезінде жер астынан су тартатын желнасостарын орнату қажет. Болашақта бұл желэлектрстанциялар жел саябақтарына айналуы қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 «Қазақстан – жел энергетикасы нарығын дамыту бастамасы» Қазақстан Республикасы Үкіметі мен БҰҰ Даму бағдарламасының жобасы, – Астана, 2007.

2 www.cleandex.ru - 2014 жыл бойынша әлемдік желэнергетикасының мәліметтері.

3 Информационный справочник о порядке подготовки, согласования, утверждения, и реализации проектов строительства объектов по использованию ВИЭ в Казахстане, – Алматы, 2011.

4 Проект Программы развития ветроэнергетики Республики Казахстан до 2015г. с перспективой до 2030г. UNDP, – Астана, 2007.

5 Павлодар облысының климаты, экологиясы. Уикипедия ашық энциклопедиясы.

6 www.polyset.kz - IRON MAN WINDMILL CO. LTD компаниясының дистрибьюторының интернет сайты.

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 05.06.14 редакцияға түсті.

М. А. Муханов

Перспектива развития ветроэнергетики в Павлодарской области

Павлодарский государственный университет

имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 05.06.14.

M. A. Mukhanov

The prospect of wind energy development in Pavlodar region

S. Toraighyrov Pavlodar state university, Pavlodar.

Material received on 05.06.14.

В статье рассматривается перспектива развития ветроэнергетики в Павлодарской области как одного из наиболее перспективных и доступных источников альтернативной энергетики. Приводится анализ данных мировой ветроэнергетики.

The article discusses the prospect of wind energy development in the Pavlodar region as one of the most promising and affordable alternative energy sources. World wind energetics data analysis is presented.

УДК 536.7:004.3(046)

И. А. Пястолова*, А. Х. Тлеуов*, А. М. Акаев**

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Современное состояние энергетики и необходимость разработки энергетических новых технологий, обеспечивающих высокий социальный эффект и минимальное воздействие на окружающую среду, повышение энергооборуженности производства, создание малых и средних хозяйств и предприятий, нуждающихся в автономных источниках энергии требует широкого использования возобновляемых источников энергии. Основными принципами их использования: эффективное управление ресурсами и энергетическими объектами, создание комплексов, объединяющих несколько энергетических установок различного типа (ГЭС, ВЭС, СЭС и т.д.). Это особенно актуально для нашей страны с ее огромными масштабами и разнообразием природно-климатических условий.

Вопросы использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) актуальны для всех стран мира в силу различных обстоятельств. Для промышленно развитых стран мира, зависящих от импорта топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – это, прежде всего, энергетическая безопасность. Для промышленно развитых стран мира, богатых энергоресурсами, – это экологическая безопасность, завоевание рынков сбыта оборудования [1].

Для развивающихся стран – это наиболее быстрый путь к улучшению социально-бытовых условий населения, возможность развития промышленности по экологически приемлемому пути. А для всего мира в целом – это возможность снижения эмиссии парниковых газов и избежание глобального энергетического и экономического кризиса [1, 2].

Для условий Казахстана следует рассматривать энергию солнечной радиации и ветра, малых рек и горных ручьев, использование отходов сельскохозяйственного производства для получения горючего биогаза, геотермальной энергии.

В качестве методов исследования и источниками информации были приняты: анализ первичной информации; экспертные опросы; мониторинг СМИ; специализированные базы данных; мониторинг официальной статистики; специальные и отраслевые издания; материалы конференций; собственные базы знаний и исследований.

В Казахстане климатические условия позволяют широко использовать энергию Солнца и энергию ветровых потоков. Продолжительность солнечного сияния в течении года примерно одинакова по всем регионам и составляет 4000...5000 часов. Суммарная солнечная радиация изменяется от севера к югу с 4200 до 5500 МДж/м. Эффективное излучение изменяется от 1500 до 2100 МДж/м [3].

Гелиоустановки можно широко использовать в системах отопления и охлаждения жилых и общественных зданий, для технологических процессов протекающих при низких, средних и высоких температурах.

Гелиоустановки можно классифицировать по назначению, виду и температуре теплоносителя, принципу работы, времени использования. В нашем случае наибольший интерес в настоящее время представляют гелиоустановки предназначенные для получения низкотемпературной тепловой энергии, которые можно использовать в системах теплоснабжения как производственных, так и для бытовых целей населения. Так как в Республике Казахстан значительное количество органического топлива и электрической энергии для получения тепловой энергии, то применение подобных гелиосистем должно привести к экономии не только органического топлива и затрат на его транспортировку, но и к экономии электрической энергии.

По численным значениям среднегодовых скоростей ветра обычно принято судить о возможном количестве энергии ветра, протекающем в том или ином районе в течение года и, соответственно, о возможности эффективного использования ветровых установок.

Согласно данным собственных исследований и различных авторов, применение ветроустановок считается оправданным, если средне годовые значения скорости ветра превышают 3-4 м/с. При меньших значениях эффективно использовать ветромеханические установки (прямое преобразование энергии ветровых потоков в механическую энергию), а при скоростях ветра превышающих 5 м/с становится эффективным применение ветроэнергетических установок (получение электрической энергии). Результаты исследований показывают, что средняя скорость ветра по территории Казахстана имеет тенденцию уменьшения с севера на юг от 5 м/сек до 2 м/сек и с запада на восток от 6 м/с до 3 м/с.

В тоже время, энергетические и, в какой-то мере экологические проблемы наиболее перспективно и экономически выгодно можно решить сочетанием традиционных и возобновляемых источников энергии, т.е. созданием гибридных энергетических установок использующих возобновляемые источники энергии.

Важнейшей задачей следует считать разработку методики оценки взноса отдельных возобновляемых источников энергии в энергетический баланс объекта.

Например, доля солнечной энергии обычно выражается в процентах. В проектах солнечных жилых домов с комбинацией пассивных и активных систем доля солнечной радиации в удовлетворении энергетических потребностей дома колеблется от 80% (в районах с максимальным уровнем солнечной радиации) до 40% (в северных районах). Это дает возможность хотя бы ориентировочно определять эффективность действия солнечной системы.

Разные сочетания ВИЭ по регионам и сезонам подлежат рассмотрению для выбора оптимального варианта по предпочтительному критерию или по критериям с последующей до оптимизацией.

В докладе Европейской комиссии о состоянии энергетики до 2020 г. [4] указано, что возобновляемые источники будут производить примерно одинаковое количество энергии по рассмотренным четырем сценариям; это значение равно примерно 1,2 выработки электроэнергии на АЭС по двум сценариям и 0,6 по двум другим, что в среднем составляет 0,9 по каждому.

Обоснования методики технико-экономических расчетов применения ВИЭ, моделирование решений управления и прочее определяются современными потребностями энергетики и экологии.

Возможность взаимодействия и взаимозаменяемость разных видов ВИЭ способствует обеспечению надежности электроснабжения и снижению капитальных затрат на установленные мощности источников.

Для формулировки целевых условий долговременного и краткосрочного прогнозирования установленных мощностей по стоимости вырабатываемой энергии, затратам, объему продукции и т.д. и ограничений (сезонных, технологических и др.) требуется определение годовых затрат для источника каждого вида.

В основу расчетов необходимо закладывать стоимостный анализ на протяжении всего срока функционирования системы, которая ориентировочно составляет 20 лет. В работах американских специалистов приводится сопоставление стоимости функционирования обычного и солнечного домов за этот срок. Оно показывает, что, хотя применение солнечной системы дает увеличение капитальных затрат на строительство на 10%, это увеличение компенсируется сокращением на 60% затрат на отопление. Конечная экономия в этом случае составила 18%. По данным публикаций ASES, затраты на традиционное топливо при использовании солнечной системы могут быть сокращены на 50-70% при увеличении капитальных затрат на строительство всего на 3%. Однако главным достижением американские специалисты считают все-таки социально-экологический эффект.

Проведем сравнение технико-экономических показателей в зависимости от удаления от источника электроснабжения, т.е. от длины линии электропередач. В качестве примера возьмем распределительную линию электропередач 10 кВ [5].

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение технико-экономических показателей в зависимости от удаления от источника электроснабжения.

| Наименование показателей | Источники энергии | Значение показателя (тенге) |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| Вариант 1 (удаление до 1 км) | | |
| Капитальные затраты, | Установка солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) | 500 |
| | Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) | 5000 |
| | Тепловой насос (ТНУ) | 14100 |
| | Энергосистема | 134000 |

| | | |
|-----------------------------|--|--------|
| Приведенные годовые затраты | Установка солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) | 100 |
| | Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) | 171 |
| | Тепловой насос (ТНУ) | 426 |
| | Энергосистема | 332 |
| Вариант 2 (удаление 10 км) | | |
| Капитальные затраты, | Установка солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) | 500 |
| | Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) | 5000 |
| | Тепловой насос (ТНУ) | 14100 |
| | Энергосистема | 737000 |
| Приведенные годовые затраты | Установка солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) | 100 |
| | Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) | 171 |
| | Тепловой насос (ТНУ) | 426 |
| | Энергосистема | 1456 |

Расчет затрат на примере коттеджа площадью $S=200$ м², постоянное проживание, полная электрификация всех процессов, установленная мощность- 50 кВт показала следующее:

- капитальные затраты на установки возобновляемых источников энергии не зависят от удаления от источника электроснабжения;
- капитальные и приведенные затраты на линию электропередачи и КТП резко возрастают с удалением от центра электроснабжения;
- при удалениях превышающих 10 км экономически выгодным становится использование возобновляемых источников энергии.

При снижении уровня электрификации жилищных условий населения, произойдет снижение капитальных вложений в установки возобновляемой энергии, что, в свою очередь, приведет к увеличению экономического эффекта применения возобновляемых источников энергии.

Технико-экономический эффект значительно повысится, если учитывать социально-экологические критерии.

В качестве социально-экологических критериев эффективности применения различных вариантов электроснабжения необходимо принимать следующие: экологическая угроза жизни людей; наличие топливной составляющей; отчуждение земли; социально-бытовые условия проживания.

Социально-экологические критерии предлагается использовать в качестве дополнительного аргумента при выборе наиболее рационального варианта электроснабжения объекта только на основе их качественной оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тлеуов, А. Х. Безруких, П. П., Стребков, Д. С., Пястолова, И. А. Проблемы использования возобновляемых источников энергии Научный журнал КазНАУ «Исследования, результаты», №2, 2007 г. - с. 105-108.

2 Безруких, П. П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология – М. : Колос, 2008. – 196 с.

3 Тлеуов, А. Х., Тлеуов, Т. Х. Использование нетрадиционных видов энергии в Казахстане. – Алматы : Білім, 1998. – 204 с.

4 Технический прогресс. Нетрадиционная энергетика. Сайт Министерства энергетики РФ - <http://www.mte.gov.ru/ntp/energo/vetro.htm>

5 Тлеуова, А. А., Аяпбергенов, К. М., Тлеуов, А. Х. Рекомендации по использованию ветроэнергетических установок в агропромышленном комплексе. – Астана, КазАТУ, 2008. – 81 с.

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана;

**Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 04.06.14.

И. А. Пястолова, А. Х. Тлеуов*, А. М. Акаев***

Энергия көздерін жанартуды қолдануда энергиямен қамтамасыз етудің будан жүйесі

*С. Сейфуллин атындағы казах агротехникалық университеті, Астана қ.;

**С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 04.06.14 редакцияға түсті.

I. Pyastolova, A. Tleuov*, A. Akayev***

Hybrid power supply system using renewable energy sources

*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical university, Astana;

**S. Toraighyrov Pavlodar state university, Pavlodar

Material received on 04.06.14.

Энергетиканың қазіргі кездегі күйі және жоғары әлеуметтік тиімділік пен қоршаған ортаға шамалы әсер етуін қамтамасыз ететін жаңа энергетикалық технологияларды әзірлеу қажеттілігі, өндірістің энергия қарулануының артуы, энергияның автономды көздеріне мұқтаж шағын және орта шаруашылықтар мен

қәсіпорындарды құру қайтадан қалпына келетін энергия көздерін кеңінен пайдалануды талап етеді. Оларды пайдаланудың негізгі қағидалары: ресурстар мен энергетикалық нысандарды тиімді басқару, әр түрлі типтегі бірнеше энергетикалық қондырғыларды (ГЭС, ЖЭС, КЭС және т.б.) біріктіретін кешендерді құру. Бұл әсіресе үлкен масштабқа ие және табиғи-климаттық шарттары сан алуан біздің еліміз үшін өзекті.

Current state of energetics and the need to develop new energy technologies for high social impact and minimum effects on the environment, increase available power of production, creation of small and medium-sized farms and businesses in need of autonomous energy sources requires a broad usage of renewable energy sources. The basic principles of their use are: the effective management of resources and energy facilities, creating complexes that combine several different types of power plants (HPP, WPP, SES). This is especially true for our country with its enormous size and diversity of its climatic conditions.

УДК 656.628:656

А. У. Табылов

ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ МОРСКИХ ПОРТОВ

В статье на примере исследования производственной деятельности морских портов ближнего и дальнего зарубежья рассмотрены вопросы постановки и анализа оптимальных задач оперативного планирования работы морских портов.

Начало третьего тысячелетия неизбежно связано с активизацией торгово-экономических отношений между Европой и Азией. Многие страны видят в Республике Казахстан стратегического партнера в Центрально-Азиатском регионе. Международный морской торговый порт Актау Республики Казахстан должен сыграть немаловажную роль в закреплении этого имиджа и увеличении экспортно-импортных операций Республики Казахстан [1].

Рост грузооборота, увеличение числа специализированных судов, строительство береговых высокопроизводительных комплексов,

позволяющих резко сократить стояночное время судов, требуют решения задач по совершенствованию существующих и внедрения новых методов эксплуатации флота и портов, совершенствования коммерческой и грузовой деятельности на основе оптимизации оперативного планирования работы морского порта.

Функция внутрипортового оперативного планирования наиболее активно и полно проявляется при управлении основной эксплуатационной деятельностью порта. Независимо от величины, технической оснащенности, технико-экономических и других характеристик портов в их эксплуатационной деятельности главное место занимают погрузочно-разгрузочные работы, входе которых осуществляется процесс передачи грузов с морских судов на подвижной состав внутренних магистральных видов транспорта или в обратном направлении. Наряду с этим порты обеспечивают и другие операции, непосредственно связанные с погрузочно-разгрузочными работами, в том числе: прием, отправлене и техническое обслуживание транспортных судов; прием-отправление подвижного состава смежных видов транспорта (речных судов, железнодорожных вагонов, грузовых автомобилей); прием, хранение и выдачу перегружаемых в порту грузов; выполнение транспортно-экспедиционных операций; перевозку грузов и пассажиров судами портового флота на местных транспортных линиях; организацию обслуживания пассажиров и пассажирских судов [2].

Перечисленные производственные функции порт осуществляет своими силами и средствами, т. е. определенным комплексом трудовых и материально-технических ресурсов, включающим: постоянный контингент портовых рабочих (докеров-механизаторов) и оперативно-распорядительного персонала; причальный фронт; перегрузочные машины, установки и комплексы; средства внутритрюмной, внутривагонной и внутрискладской механизации; складские емкости и площади; внутрипортовый транспорт; оперативные грузовые фронты для обработки вагонов и автомобилей.

Опыт Мурманского морского порта (РФ) показывает, что для оптимизации режима работы морских портов, совершенствования коммерческой и грузовой деятельности необходимы гармоничность развития производственных мощностей порта и устранение диспропорций в развитии различных звеньев портового хозяйства. В противном случае отдельные звенья явятся причиной снижения интенсивности обработки судов и роста непроизводительных простоев флота.

Для перехода порта на работу в оптимальном режиме требуется большая подготовительная работа по организации лучшего использования перегрузочных ресурсов, по обоснованию оптимальной специализации причалов и складов, по определению оптимального числа портовых рабочих и по выполнению других технико-экономических расчетов

Оптимизация режима работы порта означает улучшение производственной деятельности порта по всем направлениям.

Оптимальный режим работы включает передовую прогрессивную технологию грузовых операций и высокую производительность труда докеров. Совершенствование технологии грузовых работ, внедрение в портах прогрессивных технологических процессов позволяют повысить производительность каждой механизированной линии, уменьшить число рабочих на линии и увеличить выработку каждого рабочего. При этом растет интенсивность загрузки-разгрузки судов, уменьшается в целом потребность в рабочих, сокращаются издержки на грузовые работы и на содержание судов на стоянке.

Производительность труда докеров повышается также за счет улучшения его организации. Большое значение имеет создание в портах укрупненных комплексных бригад, позволяющих наиболее эффективно использовать перегрузочное оборудование и рабочее время докеров, заинтересовать коллективы докеров в достижении высоких результатов, создать благоприятные условия для производственной деятельности [2].

Опыт морского порта Антверпен (Бельгия) подтверждает, что необходимым условием оптимального режима работы является экономически целесообразная концентрация перегрузочных ресурсов при грузовой обработке судов. Практика показывает, что обработка каждого судна должна осуществляться таким количеством технологических линий, которое в конкретных условиях работы (в зависимости от характеристики грузопотоков, типа обрабатываемых судов, используемого перегрузочного оборудования) является оптимальным. Число одновременно обрабатываемых судов должно выбираться так, чтобы обеспечивалась оптимальная концентрация технологических линий на каждом из судов. Соблюдение этого принципа позволяет довести количество одновременно обрабатываемых судов до экономически целесообразной величины, обеспечивающей минимум суммарных расходов по флоту и порту.

Производственный процесс порта развивается под влиянием воздействий, вырабатываемых либо в контуре планирования, либо в контуре регулирования. Рассмотрим эти функций, сосредоточив внимание на выяснении конкретной формы их соподчинения в одноуровневой системе управления.

Вначале рассмотрим случай, когда иерархия уровней системы управления выделяется по структурному признаку. Этому условию соответствует ситуация, когда и оперативное планирование и диспетчерское регулирование осуществляются из одного центра (из главной диспетчерской — для порта в целом, из диспетчерской — для района порта и т. д.). Для определенности будем считать, что рассматривается производственный процесс порта в целом, а управляющие решения вырабатываются на уровне главной диспетчерской.

Производственный процесс порта, как и любого другого предприятия, может быть описан некоторым набором параметров, связанных определенными зависимостями. В агрегированном виде эти параметры отражены на схеме внутрипортового управления, где выделены векторы управляющих и возмущающих воздействий на систему внутрипортового управления и вектор воздействий последней на внешнюю среду. Воспользуемся этими параметрами для формулировки задачи внутрипортового управления в самом общем виде [3].

Пусть на замкнутом интервале времени $[0, T]$ система внутрипортового оперативного управления испытывает управляющие и возмущающие воздействия, которые с необходимой полнотой описываются соответственно векторами $\bar{u}(t)$ и $\bar{y}(t)$. Допустим, что в этих условиях состояние системы в любой момент времени из указанного интервала может быть описано вектором $\bar{x}(t)$ так, что уравнения связи имеют вид:

$$\bar{x}(t) = \bar{X} \left\{ \bar{x}(t_0), \bar{u}(t_0, t), \bar{y}(t_0, t) \right\}, \quad (1)$$

где: t_0 - начальный момент интервала наблюдений,

$\bar{x}(t_0)$ - вектор начального состояния системы.

Полагая, что изменение векторных функций $\bar{x}(t)$ и $\bar{y}(t)$, в которые можно вкладывать различный экономико-эксплуатационный смысл в зависимости от содержания рассматриваемой процесса, ограничено замкнутыми областями пространства состояний D и пространства управлений G соответственно, т.е. что

$$\begin{aligned} \bar{x}(t) &\in D \forall t \in [0, T]; \\ \bar{y}(t) &\in G \forall t \in [0, T]; \end{aligned} \quad (2)$$

а целью управления является достижение на интервале $[0, T]$ экстремума некоторого функционала:

$$F = F \{ \bar{x}(t_0), t \}, \quad (3)$$

приходим к классической задаче оптимального управления, формулируемой в данном случае следующим образом: для ситуации, описываемой условиями (1) — (2), найти и реализовать вектор управляющих воздействий $\bar{u}(t)$ такой, который бы обеспечивал достижение цели управления (3).

Из анализа системы (1) — (3) видно, что сформулированную задачу можно представить в виде совокупности двух задач, которые между собой тесно связаны в силу общности цели управления, но вместе с тем достаточно

различимы с точки зрения постановки. Первая задача направлена на выбор оптимальной программы развития системы управления в течение заданного интервала времени и решается при условии, что состояние системы в конце интервала не фиксировано. Вторая задача состоит в обеспечении оптимальной реализации ранее найденной программы развития системы, когда состояние последней в любой момент времени из рассматриваемого интервала считается заданным.

Сопоставляя выделенные задачи, можно заключить, что они в общем случае охватывают разные совокупности характеристик и параметров системы управления и вследствие этого должны решаться в разных режимах. В первом случае во внимание необходимо принимать полные множества характеристик и параметров системы управления, а управляющие воздействия искать для системы в целом. Во втором случае решения должны вырабатываться лишь для некоторых элементов системы, выделяемых посредством подмножеств ее характеристик и параметров.

Рассмотрим теперь случай, когда иерархия систем управления выделяется по временному признаку. Сохраним введенные условия и вновь обратимся к модели (1) — (3).

Предположим, что в результате решения модели (1) — (3) найден план $\bar{u}(t)$ для промежутка времени $[0, T]$. Пусть в моменты времени $t \in [0, T]$ вырабатываются управляющие воздействия $\bar{v}(t)$, которые также являются планами, но для отрезков времени, меньших промежутка $[0, T]$. Очевидно, планы $\bar{v}(t)$ будут охватывать производственные ситуации, которые являются лишь фрагментами ситуации, отраженной в плане $\bar{u}(t)$, и вследствие этого будут выступать по отношению к плану $\bar{u}(t)$ качестве локальных планов [4].

Проиллюстрируем рассмотренные случаи конкретными дирижерами, в первом из которых отражен структурный признак иерархии.

Допустим, что плану $\bar{u}(t)$ соответствует план обработки группы судов. Этот план отыскивается в процессе решения ряда вопросов, связанных с распределением судов между причалами, выделением для каждого судна определенного количества перегрузочных ресурсов, составлением календарных планов-графиков обработки судов. Перечисленные вопросы могут решаться при условии, что величина планового периода заранее не фиксируется, а определяется в процессе составления плана обработки судов. При этом, очевидно, определяются и сроки обработки каждого судна. При таких условиях первой из выделенных выше задач соответствует процесс составления плана $\bar{u}(t)$ для всей совокупности судов, а второй задаче

соответствуют планы обработки отдельных судов $\bar{v}(t)$, разрабатываемые с целью обеспечения параметров плана $\bar{u}(t)$. Точно так же, рассматривая временной признак иерархии, можно показать, что сменно-суточный план судовых работ, будучи направленным, на обеспечение декадного плана

обработки судов, является планом $\bar{v}(t)$ по отношению к плану $\bar{u}(t)$. С целью проверки возможности применения методов теории массового обслуживания в планировании работы портов были проанализированы отчетные данные морского порта Роттердам (Нидерланды). Анализ показал, что прибытие судов к взаимозаменяемым причалам близко к распределению Пуассона, а время обработки судов в порту, как правило, распределено произвольно; иногда оно только соответствует показательному закону распределения [4].

Поток судов, приходящих в порт, может быть отнесен к простейшим потокам, ибо он удовлетворяет требованиям стационарности, отсутствия последствия и ординарности. Вероятность того, что в течение единицы времени t в порт придет ровно k судов, определяется в формуле:

$$V_{k(t)} = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (4)$$

где: k - единственный параметр распределения, равный математическому ожиданию числа требований, поступивших в единицу времени;

e - основание натурального логарифма.

Математические методы, входящие в теорию массового обслуживания, применимы при определении оптимального числа одновременно обрабатываемых судов в портах и оптимального числа грузовых причалов, при исследованиях соотношений грузооборота и пропускной способности порта и при решении других задач.

Таким образом управляющий орган системы внутрипортового управления должен включать взаимосвязанные контуры управления, функционирующие в разных режимах и обеспечивающие выработку управляющих воздействий как для системы управления в целом, так и для ее отдельных элементов, как для принятого интервала планирования, так и для его частей и т. д. С этими контурами в системе внутрипортового управления естественно связываются функции оперативного планирования и диспетчерского регулирования.

Отыскание оптимального решения связано с многочисленными и, как правило, сложными расчетами, требует больших затрат труда и времени. Для облегчения и ускорения этой работы процесс вычисления автоматизируют, применяя электронно-вычислительные машины. Кроме

того, для сокращения трудоемкости расчетов целесообразно применять специальные математические методы оптимизации плана, что позволяет найти наиболее выгодное решение задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Козлов, В. П., Кутпанбаев, Д. Б., Дуйсенбаева, Б. Б. Морские порты Казахстана: проблемы и перспективы развития. – Алматы, 2005.
- 2 Бутов, А. С., Легостаев, В. А. Планирование работы флота и портов – М. : Транспорт. 2004.
- 3 Понятковский, В.В. Морские порты и транспорт. – Москва : МГАВТ, 2006.
- 4 Экспресс-информация ЦБНТИ ММФ. Серия «Морские порты», вып. 24(298), - Москва, 2004.

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау.
Материал поступил в редакцию 09.06.14.

A. U. Tabylov

Теңіз портындағы жұмысты оперативтік жоспарлауды оңтайландыру есебінің қойылуы және талдау

Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технология және инжиниринг университеті, Актау қ.
Материал 09.06.14 редакцияға түсті.

A. U. Tabylov

Raising and analysis of optimal tasks of operative planning of marine ports work

Caspian state university of technologies and engineering named after Sh. Yessenov
Material received on 09.06.14.

Бұл мақалада теңіз порттарының өндірістік қызметін оперативтік жоспарлауды жақын және алыс шетелдік теңіз порттарының өндірістік қызметтеріндегі алдыңғы қатарлы тәжірибелерін зерттеу негізінде оңтайландыру есебінің қойылуы және оны талдау мәселелері қарастырылған.

In the article the questions of raising and analysis of optimal tasks of the operative planning of productive activity of marine ports are examined

on the basis of research of advanced experience of marine ports of near and distant foreign countries.

ӘОЖ 621.316.9

**Б. Б. Өтеғұлов*, А. Б. Өтеғұлов*, А. Б. Уахитова*,
Н. Б. Жақыпов*, А. С. Баранов****

ТЕСІП ӨТЕТІН САҚТАНДЫРҒЫШТЫҢ ТҰТАСТЫҚ БАҚЫЛАУ ҚҰРЫЛҒЫСЫН ТОПТАСТЫРУ

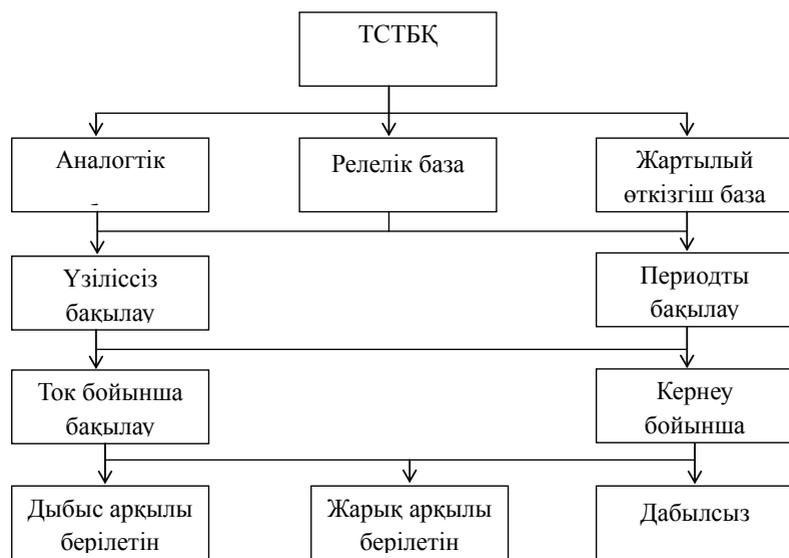
Жұмыста тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылау құрылғысын топтастыру аналогтік өлшеуіш құралдарды қолдану жолымен құрылады.

Өңделген топтастыру түсініктердің бөліну операциясының алуантүрлі және тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылау құрылғысы үшін оның құрастыру ережесі болып табылады. Олар:

- бөліну белгілі бір негіз бойынша болуы тиіс;
- бөлінетін түсініктің көлемі бөліну мүшелерінің көлемінің сомасына тең болуы керек;
- бөліну мүшелері бір-бірін өзара шығаруы тиіс, яғни жалпы элементтер болмауы керек;
- бөліну үзіліссіз болуы керек, яғни алыстау класс тармағына секіріп кетпей, жақынын алу керек.

Жоғарыда көрсетілген ережелерді ескере отырып, тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылау құрылғысын топтастыру құрастырылды. Ол барлық құрылғы түрлерінің артықшылықтары мен кемшіліктерінің кейінгі анализі үшін керек. Құрылғыны элементтік база, бақылау ұзақтығы, бақылау параметрі және дабылдың болуы бойынша топтастырды. Элементтік база бойынша топтастыру аналогтік, релелік және жартылай өткізгіштік элементтер құрылғыларының сұлбаларында болуында негізделді. Бақылау ұзақтығы бойынша топтастыру кезінде тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылауының мерзімділігі ескерілді. Бақылайтын параметр бойынша топтастыру кезінде сол немесе басқа өлшеуіш құралдардың болуы ескерілді. Дабылдың болуы бойынша топтастыру сұлбаларда дабылдық аппаратураның болуы немесе болмауында негізделді.

1 – суретте топтастырудың өзі және топтастырудың блок-сұлбасында келтірілген.



1 сурет – Тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылау құрылғысының топтастыру блок-сұлбасы

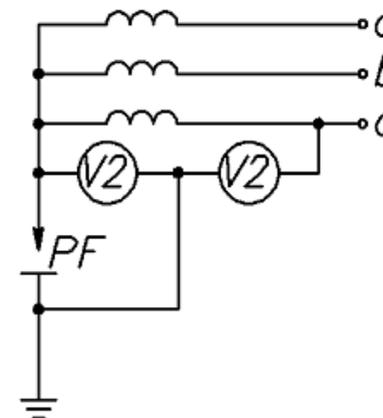
Топтастыру:

1) элементтік база бойынша:

- аналогтік база аналогтік өлшеуіш құралдарды қолдану жолымен құрылады. Электромагниттік жүйемен вольтметрлердің қолданылуында негізделген тұтастық бақылауының үлгілік аналогтік сұлбасы 2-суретте ұсынылған. Мұнда а,в,с фазаларымен үшфазалы торап; Т- трансформатор бейтараптамасы оқшауланған, төменгі орамасы жұлдызша қосылған күш трансформаторы; ТС- байланыстың біреуі Т-күш трансформаторының бейтараптамасымен қосылған, ал екіншісі жерлендіру жүйесіне қосылған; тесіп өтетін сақтандырғыштың ТС қосылу нүктелерінде кернеу көрсеткішін алу үшін жерлендірудің және күш трансформаторының Т бейтараптамасына V1, V2 вольтметрлері бөлгіш сұлбасы бойынша қосылған. Қалыпты режимде вольтметр V1 және вольтметр V2 фазалық кернеудің жартысын көрсетеді. Тесік кезінде вольтметр V1 кернеу фазалыққа дейін, ал V2 кернеу 0 дейін құлайды.

Сол сияқты сұлбалар келесі кемшіліктерге ие:

а) сақтандырғыштағы тесік кезінде дыбыс және жарық арқылы берілетін сигналдың болмауы;



2 сурет – Аналогтік базадағы тұтастық бақылауының құрылғы сұлбасы.

Релелік база сигналдық реленің қолдануы кезінде негізделеді. Релелік базадағы тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылауының типтік сұлбасы 3 - суретте берілген. Мұнда а,в,с фазалары үшфазалы торап; Т-күш трансформаторы, оқшауланған бейтараптамасымен және төменгі ораманың жұлдызша қосылу сұлбасымен; ТС- тесіп өтетін трансформатор, жерлендіру және трансформатор Т бейтараптамасымен қосылған. ТТ- тесіп өтетін трансформатордағы тесік кезінде тізбекте токты бекіту үшін жерлендіру және тесіп өтетін сақтандырғыш арасындағы қосылған ток трансформаторы; РС- тесіп өтетін сақтандырғыштағы тесік кезінде сигналдық құрылғы коммутация жасайтын ток трансформаторының ТТ екінші орамасына қосылған сигналдық реле. Резистор R тізбегі тесіп өтетін сақтандырғыштың ТС жағдайын бақылау үшін қолданылады. Мұндағы В – резистор R тізбегінің ажыратқышы; R – тізбекте кернеудің байсалды өзгеруі үшін қолданылатын потенциометрдің сұлбасы бойынша қосылған резистор; А- берілген тізбектегі токты бекітетін резисторы R тізбегіне жалғанған амперметр. Тесіп өтетін сақтандырғыштың ТС жағдайын бақылау үшін кезекші персонал резистордың R тізбегін іске қосады, ал тізбекте болмаған жағдайда персонал тесіктің болмағанына көз жеткізуі керек және резистордың R тізбегін алып шығарады. Егер де амперметр А токты бекітсе, онда сақтандырғыш ТС тесілген болып жорамалданады.

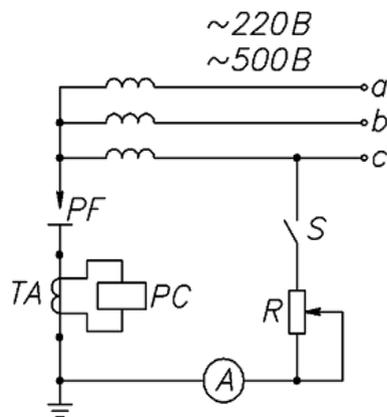
Бұл сұлбаның кемшіліктері:

а) тесіп өтетін сақтандырғыштың тогы сезімтал болып келеді, себебі РС релесін жұмыс істейтін бірінші токтың мәні 13-15 А кем емес. Бұл құрылғының сезімталдығы ток трансформаторының бірінші орама санын

көбейту жолымен жоғарылата алмайтындықтан, сақтандырғышты қолдану аясына сәйкес келмегендіктен, тесіп өтетін сақтандырғыш тізбегінде индуктивті кедергі пайда болады.

б) Сақтандырғышты тексеру уақытында резистор R тізбегіне қосқанда фазаның біреуі аз кедергі арқылы жерлендіріледі. Ол торапта жоғары қауіпті режимді тудырады.

в) Кіру сигналында баптауларды күрделендіретін үлкен параметрлердің шашуы бар.

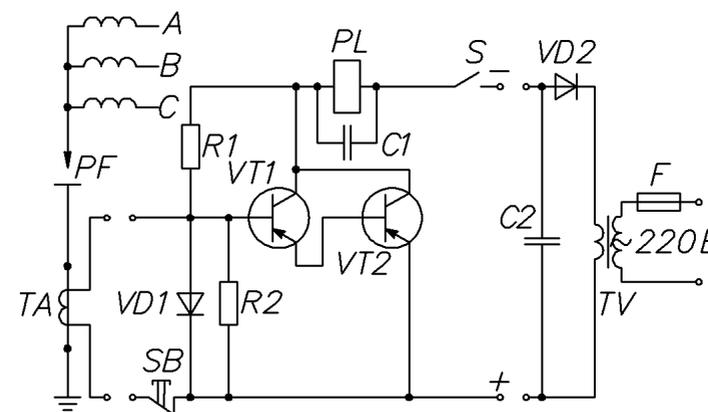


3 сурет – Релелік базадағы тұтастық бақылау құрылғысының сұлбасы.

Тәжірибелік қолдануда трансформаторлық күшейтуді қолдану жолымен тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылау құрылғысының өңделген қолдануларын алдық. Сақтандырғыш арқылы ағып өтетін тесіп өтетін токтың мәнін өлшеу транзисторлық күшейткіштерді ашатын токпен өлшейді. Транзистор күшейткіштерді өлшеуіш құрылғы ретінде қолдану жоғары сезімталдықты қамтамасыз етеді. Құрылғы базадағы транзистордың кіруі токтың ығысуының өзгеруімен өзгеріп отырады. Сұлбада а, в, с фазаларымен үшфазалы электрлік тізбек берілген; оқшауланған бейтараптама және төменгі орауышпен жұлдызша қосылған күш транзисторы Т; трансформатор Т бейтараптамасына жерлендірілген тесіп өтетін сақтандырғыш ТС жалғанған. Тесіп өтетін сақтандырғыш тізбегіне аз габаритті ток транзисторын ТА жалғаймыз, ол тесілу кезінде тесіп өтетін сақтандырғыш тогын белгілеп отыратын қадаға ретінде қызмет етеді. Егер тесік болса, онда ток трансформаторы екінші ораманың тогы VT1, VT2 екі каскадты күшейткішімен күшейеді. Мұнда токтың теріс жартылай периоды ғана күшейеді, ал оң жартылай периоды түзеткіш VD1 диоды арқылы өтеді және тізбекке тұйықталады. R1, R2 резисторлары бөлу сұлбасы бойынша

қосылған және VT1, VT2 екі каскадты күшейткіштің жұмыс істеу тогын ұстау үшін қолданылады. VT1, VT2 екі каскадты күшейткіш арқылы токты күшейту K1 көрсеткіш реленің жұмыс істеуіне әкеледі. Көрсеткіш реле K1 оның байланысы K1.1 коммутацияға және дабылдың жұмыс істеуіне әкеледі. Көрсеткіш релесіне K1 параллель жалғанған конденсатор C1 катушкадағы ток теріс жартылай периодқа түскендіктен, реле байланысы күл-талқанына төтеп беруге арналған. Берілген сұлба тұрақты кернеуде жұмыс істейді. Трансформатор кернеуі T1 арқылы түсетін өзгермелі кернеуді түзететін DV2 түзеткішін қамтамасыз етеді. Ал түзеткіш токтың бұлкілін азайту үшін сұлбада конденсатор C2 қолданылады.

Бұл сұлбада тесіп өтетін сақтандырғыш тогына керек сезімталдықты қамтамасыз етеді.



4 сурет – Жартылай өткізгішті базадағы тұтастық бақылау құрылғысының сұлбасы.

2) Бақылау ұзақтығы бойынша:

- үзіліссіз бақылау (тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастығын бақылау барлық жұмыс уақыты кезінде жүзеге асады);
- периодтық бақылау (тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастығын аз уақыттағы жасанды жерлендіру кезінде жүзеге асады);

3) бақылау параметрі бойынша:

- ток бойынша бақылау (тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастығын бақылау амперметр тізбегі токты өлшеу арқылы немесе ток трансформаторы өлшеуішін қолдану арқылы жүзеге асады);
- кернеу бойынша бақылау (тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастығын бақылау вольтметр тізбегінде кернеуді өлшеу арқылы жүзеге асады);

4) дабыл бойынша бақылау:

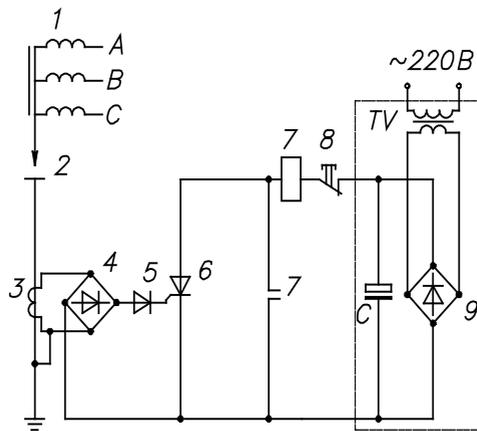
- дыбыс арқылы берілетін дабыл (тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастығын бақылау құрылғысында тесік дабылы үшін дыбысты дабыл қолданылады);

- жарық арқылы берілетін дабыл (тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастығын бақылау құрылғысында тесік дабылы үшін жарықты дабыл қолданылады);

- дабылсыз (тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастығын бақылау құрылғысында ешқандай дабыл қолданылмайды. Тесікті анықтау үшін өлшеуіш құралдардың көрсеткіштері тексеріледі).

Жоғарыда келтірілген берілгендерді талдай отырып, қорытынды жасалды. Барлық тесіп өтетін сақтандырғыш тұтастық бақылау құрылғылары керек сенімділікті қамтамасыз ете алмайды. 5- суретте келтірілген құрылғы жасап істелінді. Құрылғының әрекет принципі келесі:

күш трансформаторы 1 екінші ораушының шамадан тыс кернеуінің артуы кезінде тесіп өтетін сақтандырғыштың 2 тесігіне әкелетін кернеу пайда болады.



5 сурет – Тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылауға ұсынылған құрылғы

Токтың өлшеуіш трансформаторының 3 екінші ораушында тесік кезінде диод 5 және тиристордың 4 көрсеткіш электроды арқылы ток ағып өтеді. Токтың ағып өтуі кезінде тиристордың 4 көрсеткіш электроды кезінде оның түзету тогы атқарушы релені 6 коммутация жасайтын тиристорды іске қосу арқылы жүзеге асады. Атқарушы реле 6 коммутация кезінде реленің калыпты ашылған байланысы тесіп өтетін сақтандырғыштың 2 тесігі туралы дабылды қосады.

Тесіп өтетін сақтандырғыштың тұтастық бақылау құрылғысын іске асыру үшін жоғарыда көрсетілген құрылғыларға қарағанда берілген әдіс сезімталдықтың үлкен көрсеткішін береді.

*С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;
**С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
Материал 23.06.14 редакцияға түсті.

Б. Б. Утегулов*, А. Б. Утегулов*, А. Б. Уахитова*, Н. Б. Жакипов*, А. С. Баранов**

Классификация устройств контроля целостности пробивного предохранителя

*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар;
**Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.
Материал поступил в редакцию 23.06.14.

Б. Б. Утегулов*, А. Б. Утегулов*, А. Б. Уахитова*, Н. Б. Жакипов*, А. С. Баранов**

The classification of the control device of the breakdown fuse

*S. Toraihyrov Pavlodar state university, Pavlodar;
**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical university, Astana.
Material received on 23.06.14.

В работе приведены классификации устройства контроля целостности пробивного предохранителя путем использования аналоговых измерительных приборов.

The paper presents the classification of the control device of the breakdown fuse integrity by using analog instrumentation.

НАШИ АВТОРЫ

Айсаев Сатжан Ушканбаевич – к.т.н., доцент кафедры «Транспорт и строительство», Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова.

Акаев Айбек Муратбекович – магистр электроэнергетики, докторант, доцент кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Алтыбасаров К. М. – Павлодарская областная дирекция телекоммуникаций – филиал АО «Казахтелеком», г. Павлодар.

Амренова Дана Темирболатовна – старший преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Анарбаев Алибек Ерсайнович – докторант PhD 1 курса специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы.

Аринов Еркин – д.ф.-м.н., профессор, кафедра естествознания, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган.

Аяганов А. Н. – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Ахметов Е. С. – к.т.н., доцент, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Баранов Александр Сергеевич – магистр, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Булыга Леонид Леонидович – магистр, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Булыга Леонид Леонидович – к.т.н., доцент, зав. кафедрой, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Волошанин Олег Геннадиевич – магистр техники и технологии.

Говорун В. Ф. – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Говорун О. В. – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Говорун Д. В. – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Диярова Лязат Динишевна – к.ф.-м.н., доцент ВАК РК, заведующая кафедрой «Физика и математика», Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова.

Есхожин Д. З. – д.т.н., профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Жарасов С. С. – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Жакипов Нажмитден Берекелиулы – старший преподаватель кафедры «Электрэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Жумадилова Алия Кайрулловна – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Зубарев Анатолий Васильевич – к.т.н., доцент кафедры «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Игонин Сергей Иванович – к.ф.-м.н., доцент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Испулов Нурлыбек Айдаргалиевич – к.ф.-м.н., доцент кафедры Физики и приборостроения, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Исабеков Даурен Джамбулович – преподаватель кафедры «Электроэнергетики», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кайдар Арғын Бауыржанұлы – магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кабдуалиева Майраш Мажитовна – доцент ПГУ, зам. декана энергетического факультета по ОБ, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кибартас Виктор Витаутасович – к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электротехника и автоматизация», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кислов Александр Петрович – к.т.н., профессор, декан, член – корреспондент Международной академии информатизации, член – корреспондент Академии электротехнических наук РФ, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Косынтаева Асель Каратовна – дипломник кафедры механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кривко Людмила Ивановна – старший преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Марковский Вадим Павлович – к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Миргаликызы Толкын – докторант 2-курса Факультета информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

Молдахметов Саят Сайранович – докторант PhD I курса специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы.

Муканова Балгайша Гафуровна – д.ф.м.н., профессор Факультета информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

Муханов Марат Амирович – магистрант кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Никифоров Александр Степанович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Нукешев С. О. – д.т.н., и.о. профессора, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Падруль Н. М. – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Приходько Евгений Валентинович – к.т.н., доцент кафедры «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Пястолова И. А. – к.т.н., доцент, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Рындин Владимир Витальевич – к.т.н., профессор кафедры механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Сагидулла Даурен Сагидуллаевич – ведущий инженер Екибастузской ГРЭС-2.

Талипов Олжас Манарбекович – магистр, доцент ПГУ, зам. декана энергетического факультета по УР, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Табылов Абзал Утеуович – к.т.н., доцент кафедры «Морской и наземный транспорт», Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау.

Тлеуов А. Х. – д.т.н., профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Уахитова Айгуль Ботановна – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Утегулов Болатбек Бахитжанович – д.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Утегулов Арман Болатбекович – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Шапкенов Буыржан Кайдарович – к.т.н., ассоциированный профессор, действительный член ВАН комплексной безопасности, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)

1. В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, 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».

2. Общий объем статьи, включая аннотацию, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **8-10 страниц**.

3. Статья должна сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

4. Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально)

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

1. УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. Инициалы и фамилия (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках, абзац по левому краю;
3. Название статьи – на казахском, русском и английском языках, заглавными буквами жирным шрифтом, абзац по левому краю;
4. Резюме на казахском, русском и английском языках: кегль – 10 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см, интервал 1,0 (см. образец);
5. Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).
6. Межстрочный интервал 1,5 (полупетерный);
7. Список использованной литературы (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).

На отдельной странице

В бумажном и электронном вариантах приводятся:

– **название статьи, сведения об авторе: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание и место работы на казахском, русском и английском языках (для публикации в разделе «Наши авторы» и «Содержание»);**

– **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);**

1. Иллюстрации, перечень рисунков и подрисовочные 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.

2. Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

3. Автор просматривает и визирует грани статьи и несет ответственность за содержание статьи.

4. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

5. Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге**.

6. Статью (бумажная, электронная версии, оригинал 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), факс: 8 (7182) 67-37-05.

E-mail: kereky@mail.ru

Наши реквизиты:

| | |
|--|--|
| 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 TSESZKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861 | АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZKZK X Кбе 16 Код 16 КНП 861 |

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

УДК 316:314.3

А. Б. Есимова**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.

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.

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

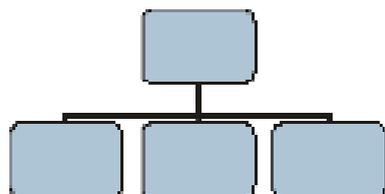
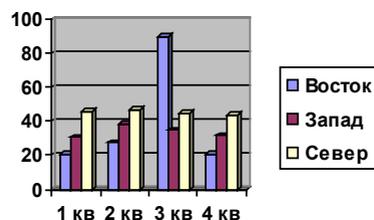


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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.

Место работы автора (-ов):

Международный Казахско-Турецкий университет имени
Х. А. Яссави, г. Туркестан.

Материал поступил в редакцию 22.04.14.

А. Б. Есимова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық
қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.
Материал 22.04.14 редакцияға түсті.

A. B. Yessimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

K. A. Yssawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.
Material received on 22.04.14.

Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықты 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 20.06.2014 ж. жіберілді. Басуға 28.06.2014 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 7,16 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемескызы
Корректорлар: Б.Б. Ракишева, А. Елемескызы, А.Р. Омарова
Тапсырыс № 2367

Сдано в набор 20.06.2014 г. Подписано в печать 28.06.2014 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 7,16 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемескызы
Корректоры: Б.Б. Ракишева, А. Елемескызы, А.Р. Омарова
Заказ № 2367

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: kereky@mail.ru