

**С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 3 (2017)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

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

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

МАЗМҰНЫ**Әбдірахманов Е. С., Богомолов А. В., Быков П. О.**Екібастұз көмірінің айыппұлдарынан алынған байытылған
отын брикеттерінің жылу құны9**Бейсенби М. А., Брейдо И. В., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н.,
Булатбаева Ю. Ф.**Стохастикалық тәуелді жұмыс жасау барысындағы датчиктердің топтық
зерттеулері әдісінің технологиялық кешенді үлестіру мониторингі14**Брейдо И. В., Бейсенби М. А., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н.,
Булатбаева Ю. Ф.**Тармақталған технологиялық кешендері мониторингтеу жүйелеріндегі
тәуелсіз белсенді датчиктерден топтық сауалнама жасау25**Горчаков Л. В., Вишенкова Ю. А., Волков И. А.**Кернеу резонанс құбылысын зерттеу үшін аппараттық-бағдарламалық
қамтамасыз ету жүйесі34**Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б.**Қыздырылған мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау
әдістерінің тиімділігін зерттеу46**Жапаргазинова К. Х., Хусаин А. К.**

Дизель отынын гидротазарту53

Кислов А. П., Антонцев А. В., Мухамадиев Е. Б.Желілер бойынша таратылатын кондуктивті электромагниттік
кедергілерді зерттеу әдістемесі60**Кислов А. П., Антонцев А. В., Нугманов М. Е.**Кері реттілік бойынша кернеулердің мағыналарының коэффициенті
бойынша кондуктивті электромагниттік кедергінің есептеу алгоритмі65**Кошекков К. Т., Савостин А. А., Кашевкин А. А., Адильбеков А. Е.**Сымсыз технологиялар негізінде мұнай-газ жабдықтарына
диагностика және мониторинг жүргізу жүйесі70**Крекешева Т. И., Омарова С. Т., Шәкір М. К.**Жұмыстың вахталық әдісінде еңбекті ұйымдастырудың
құқықтық сұрақтары79**Литвинов В. С.**

Тұрғын үй қорының энергиялық тиімділігі87

Никифоров А. С., Акимбекова Б. С.Инновациялық қызметті пайдаланумен таза энергия тасушыны өндіру
мақсатындағы қатты отындарды газдандыру үдерістері94**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**Electronics Workbench көмегімен бейтарабы оқшауланған
кабелдік төрапта бір фазалы тұйықталу топтарын үлгілеу102**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**

6–10 кВ кабелдік төраптардың конфигурациясы109

Ногай А. С., Қабылбекова О. М., Ускенбаев Д. Е., Айнақұлов Е. Б., Ногай А. А., Исабекова Б. Б., Жақсыбаева Д. К.	
Гибридті электр жетектерінің оңтайлы режимдерін іздеу	116
Приходько Е. В., Абдрахманова К. М., Есембеков Г. Б.	
Жылу жүйелерінің материалдарының қасиеттерінің өзгеруі олардың гидравликалық және жылулық режимдерінің жұмысына әсері	125
Рындин В. В., Каукенова Ж. К., Тулеубаев С. Б.	
МТБЭ-ні Қазақстанда және шетелдерде өндірудің салыстырмалы талдауы	131
Сүлейменов М. А., Елубай М. А., Төлегенов Д. Т., Солтанхан А., Жаркенова Д. Ж.	
Қалдықсыз өндіру және аяқ киім кремін алуға шиналардың қайта өңдеуі	137
Талипов О. М.	
Тоқ трансформаторларсыз тоқтық қорғаулар	145
Авторларға арналған ережелер.....	155

СОДЕРЖАНИЕ

Абдрахманов Е. С., Богомолов А. В., Быков П. О.	
Теплотворная способность обогащенных топливных брикетов, полученных из мелочи экибастузского угля	9
Бейсенби М. А., Брейдо И. В., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.	
Мониторинг распределенных технологических комплексов методом стохастического группового опроса датчиков зависящего срабатывания	14
Брейдо И. В., Бейсенби М. А., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.	
Групповой опрос датчиков независимой активности в системах мониторинга распределенных технологических комплексов	25
Горчаков Л. В., Вишенкова Ю. А., Волков И. А.	
Аппаратно-программный комплекс для изучения явления резонанса напряжений	34
Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б.	
Исследование эффективности методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе	46
Жапаргазинова К. Х., Хусаин А. К.	
Гидроочистка дизельного топлива	53
Кислов А. П., Антонцев А. В., Мухамадиев Е. Б.	
Методология исследования кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по сетям	60
Кислов А. П., Антонцев А. В., Нугманов М. Е.	
Алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности	65
Кошекков К. Т., Савостин А. А., Кашевкин А. А., Адильбеков А. Е.	
Система диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий	70
Крекешева Т. И., Омарова С. Т., Шакир М. К.	
Правовые вопросы организации труда при вахтовом методе работы	79
Литвинов В. С.	
Энергоэффективность жилого фонда	87
Никифоров А. С., Акимбекова Б. С.	
Процессы газификации твердых топлив с целью получения чистых энергоносителей с использованием в инновационной деятельности	94
Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.	
Моделирование токов однофазного замыкания в кабельной сети с изолированной нейтралью с помощью Electronics Workbench	102
Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.	
Конфигурация кабельных электрических сетей 6–10 кВ	109

Ногай А. С., Кабылбекова О. М., Ускенбаев Д. Е., Айнакулов Е. Б., Ногай А. А., Исабекова Б. Б., Жаксыбаева Д. К.	
Поиск оптимальных режимов работы гибридных накопителей электроэнергии	116
Приходько Е. В., Абдрахманова К. М., Есембеков Г. Б.	
Влияние изменения свойств материалов тепловых сетей на гидравлические и тепловые режимы их работы	125
Рындин В. В., Каукенова Ж. К., Тулеубаев С. Б.	
Сравнительный анализ производства МТБЭ в Казахстане и за рубежом	131
Сулейменов М. А., Елубай М. А., Толегенов Д. Т., Солтанхан А., Жаркенова Д. Ж.	
Безотходное производство и переработка шин для получения обувного крема	137
Талипов О. М.	
Токовые защиты без трансформаторов тока	145
 Правила для авторов	155

CONTENT

Abdrakhmanov Ye. S., Bogomolov A. V., Bykov P. O.	
The calorific value of enriched fuel briquettes obtained from the fines of Ekibastuz coal	9
Beisenbi M. A., Breido J. V., Feshin B. N., Bulatbayev B. N., Bulatbayeva Y. F.	
Monitoring of the distributed technological complexes by method of stochastic group poll of dependent operation sensors	14
Breido J. V., Beisenbi M. A., Feshin B. N., Bulatbayev F. N., Bulatbayeva Y. F.	
Group survey of independent activity sensors in monitoring systems of distributed technological complexes	25
Gorchakov L. V., Vishenkova Yu. A., Volkov I. A.	
Hardware-software complex for studying the phenomenon of stress resonance	34
Zhapargazinova K. Kh., Zhaukenova B. B.	
Research of sulfur determination methods efficiency in calcined petroleum coke	46
Zhapargazinova K. Kh., Khussain A. K.	
Hydrocleaning diesel fuel	53
Kislov A. P., Antontsev A. V., Mukhamadiyev E. B.	
The research methodology of conductive electromagnetic noise spreading over the grids	60
Kislov A. P., Antontsev A. V., Nugmanov M. E.	
Algorithm for calculation of conductive electromagnetic interference by the unbalance factor of the negative sequence voltage	65
Koshekov K. T., Savostin A. A., Kashevkin A. A., Adilbekov A. E.	
System diagnostics and monitoring of oil and gas equipment based on wireless technologies	70
Krekeshcheva T. I., Omarova S. T., Shakir M. K.	
Legal issues of the organization of labor under the shift work method	79
Litvinov V. S.	
Energy efficiency of housing stock	87
Nikiforov A. S., Akimbekova B. C.	
Gasification of solid fossil fuels for the purpose of receiving clean energy using innovation methods	94
Novozhilov A. N., Issabekov Z. B., Novozhilov T. A.	
Simulation of single-phase circuit currents in a cable net with an isolated neutral with Electronics Workbench	102
Novozhilov A. N., Issabekov Z. B., Novozhilov T. A.	
Configuration of cable electrical networks 6–10 kV	109

Nogay A. S., Kabelbekova O. M., Uskenbaev D. E., Ainakulov E. B., Nogay A. A., Issabekova B. B., Zhaksybayeva D. K.	
The search for optimal modes of operation of hybrid power storage devices	116
Prihod'ko E. V., Abdrahmanova K. M., Esembekov G. B.	
Influence of changes in the properties of heat network materials on the hydraulic and thermal modes of their operation	125
Rindin V. V., Kaukenova Zh. K., Tuleubayev S. B.	
A comparative analysis of the production of MTBE in Kazakhstan and abroad	131
Suleimenov M. A., Elybai M. A., Tolegenov D. T., Soltanhan A., Zharkanova D. Zh.	
Waste-free production and processing of tires for obtaining shoe cream	137
O. M. Talipov	
Overcurrent protection without current transformers	145
Rules for authors	155

УДК 669.8.053

Е. С. Абдрахманов¹, А. В. Богомолов², П. О. Быков³

¹к.т.н., профессор; ²к.т.н., ассоц. профессор; ³к.т.н., ассоц. профессор,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар

e-mail: ¹erai1512@mail.ru; ²bogomolov71@mail.ru; ³Bykov_petr@mail.ru

ТЕПЛОТВОРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОБОГАЩЕННЫХ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕЛОЧИ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ

*В настоящей статье приведен анализ теплотворной
способности обогащенных топливных брикетов, полученных из мелочи
Экибастузского угля с применением различных типов связующих.*

Ключевые слова: отходы, теплоэнергетика, уголь, брикеты.

ВВЕДЕНИЕ

По запасам угля Республика Казахстан занимает 8 место в мире. В Казахстане из 155 известных угольных месторождений изучено более 40 с промышленными запасами около 35,8 млрд. т (3,6 % мировых запасов). Наиболее крупными из них являются Экибастузский (12,5 млрд. т), Карагандинский (9,3 млрд. т) и Тургайский (5,8 млрд. т) угольные бассейны.

Экибастузский угольный бассейн разрабатывается открытым способом, что в свою очередь отрицательно сказывается на экологической обстановке региона. Загрязняющими факторами здесь являются вскрышные работы и отвалы после них. Одним из самых тяжелых загрязняющих факторов является унос ветром угольной пыли и мелочи с открытых угольных разработок и отвалов. Это наносит непоправимый вред землям, пригодных для ведения сельского хозяйства [1–3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования являлись угольная мелочь и процессы обогащения Экибастузского угля с получением топливных брикетов с повышенной теплотворной способностью и меньшей зольностью, способствующие улучшению экологической обстановки в угледобывающих и углеперерабатывающих регионах.

При проведении экспериментов использовались следующее оборудование, приспособления, приборы и материалы:

- стандартная лабораторная гильза (Усманский механический завод);
- разъемная лабораторная гильза;
- шеститонный пневматический пресс модели 91271Б;
- компрессор типа Г-12;
- электропечь муфельная модели SNOL-6,7/1300;
- электропечь сушильная модели SNOL-6,7/350;
- пресс УИМ WDW-200;
- микроскоп модели МЕТАМ ЛВ-34;
- весы электронные с точностью 0,01 грамм;
- смеситель катковый лабораторный;
- угольная мелочь фракции 0,8–1,2 мм, сажа резиновая с постоянной фракцией 60–100 Å, анодная пыль электрлизеров для получения алюминия фракции 0,2–0,4 мм.

В экспериментах приготовлены брикетные смеси с различными составами и гранулометрическими крупностями угольной мелочи, т.к. крупности анодной пыли и резинотехнической сажи постоянные.

Брикетная масса смешивалась в катковом смесителе при порошкообразных состояниях трех компонентов, затем строго отвешенная на точных весах 140 г масса смеси помещается в лабораторную гильзу, диаметром 50 мм и высотой 120 мм с поддоном и нагревается в термической печи в течение 5 минут при температуре 200–250 °С. После этого, гильза со смесью устанавливалась под шеститонный пресс и уплотнялась при удельном давлении 25,5 МПа. Затем, образец брикета выталкивалась из гильзы и определялась плотность получаемого брикета. У полученных брикетов высота колебалась в пределах 50±1 мм, из-за нестабильности работы пневмопрессового узла, которая свойственна таким машинам работающих на сжатом воздухе. Поэтому плотность полученных брикетов колебалась в допустимых пределах от 1,38 до 1,46 г/см³ [4–6].

Удельное давление прессования смеси в гильзе диаметром 50 мм подсчитывали по формуле

$$P_{уд} = P_{пр} / F_6, \text{ МПа}$$

где $P_{пр}$ – усилие прессовое, кгс;

F_6 – площадь поперечного сечения брикета, см².

Из каждой смеси определенного состава изготавливалась по пять образцов и их среднее значение давало состав пробы. Таким образом представлено шесть проб. Одна партия таких проб была отвезена в ТОО «Институт химии угля и технологии» (г. Астана), как независимым экспертам, для определения углерода и энтальпии сгорания угольных брикетов. Характеристики проб приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики проб топливных брикетов

N проб	Наименование компонентов	Содержание, %	Фракция, мм	Время перемешивания, мин.	Время нагрева, мин	Температура нагрева, °С	Плотность брикета, г/см³	Уд.давление прессования, МПа
1	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	45 30 25	0,8-1,2 0,2-0,4 0,2-0,4	8	5	200	1,41	25,5
2	Уголь Сажа резиновая Пек нефтяной	53 27 20	0,8-1,0 0,0006-0,001 0,2-0,4	5	5	250	1,44	25,5
3	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	45 25 30	1,0-1,2 0,2-0,4 0,2-0,4	8	5	200	1,42	25,5
4	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	53 27 20	1,0-1,2 0,2-0,4 0,2-0,4	5	5	250	1,46	25,5
5	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	45 30 25	0,8-1,0 0,2-0,4 0,2-0,4	8	5	250	1,45	25,5
6	Уголь Сажа резиновая Суспензия Биомассы с водой	50 25 25	0,8-1,2 0,0006-0,001 -	5	сушка 60 мин.	105	1,38	25,5

По показаниям сертификата, выданным ТОО «Институт химии угля и технологии» (г. Астана) лучшими показателями обладают пробы № 1, № 3, № 5, т.е. пробы, где состав соответствует аналитически рассчитанной рецептуре брикетной массы и длительности сухого перемешивания (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты химического анализа на углерод (C) в угольных брикетах и расчет энтальпии сгорания угольных брикетов

№ брикетов	Содержание углерода, %	-ΔH°сгорания, кДж/кг	-ΔH°сгорания, ккал/кг
1	61,05	23834	5696,5
2	54,63	19523	4666,1
3	63,89	25741	6152,3
4	60,74	23626	5646,0
5	68,18	28622	6840,8
6	56,31	20651	493,7

Расчет ΔH° сгорания проведен по формуле из экспериментальных данных по энтальпии сгорания углей разреза «Северный» Экибастузского бассейна:

$$\Delta H_{сгор.} = 17161 - 671,5 (\% \text{ C}), \text{ кДж/кг.}$$

Сравнение с теплотой сгорания Экибастузского угля (17380 кДж/кг) показывает более высокие тепловые характеристики угольных брикетов как на биосвязующих, так и на нефтяном пеке.

ВЫВОДЫ

Определено количественное соотношение компонентов в брикете. Определены плотности компонентов и необходимая плотность брикета, расчетным путем установлены весовые соотношения компонентов и масса загружаемой в гильзу шихты.

Выявлено, что теплотворная способность брикетов выше, чем у экибастузского угля на 20–40 %, причем теплотворная способность ($-\Delta H^0_{\text{сгорания}} = 6840,8$ ккал/кг) наиболее высокая у брикетов с обогатителем в виде анодной пыли и связующем в виде нефтяного пека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Указ Президента Республики Казахстан от «01» августа 2014 года № 874 «Об утверждении Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы и о внесении дополнения в Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года № 957 «Об утверждении перечня государственных программ».

2 Постановление правительства РК от 28 июня 2008 года № 644. О Концепции развития угольной промышленности Республики Казахстан на период до 2020 года.

3 Брикетирование природного сырья и промышленных отходов как инновационный техноэкологический ресурс : научное издание / Г. Б. Мелентьев, В. М. Короткий // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренц-региона в технологии строительных и технических материалов. – Апатиты, 2013. – С. 180–183.

4 **Abdrakhmanov, Ye. S., Bykov, P. O., Bogomolov, A. V., Kulumbayev, N. K., Mukanov, R. B.** Ecological aspects of use of Ekibastuz high-ash coal/ Materials of the 11 International scientific and practical conference Prospects of World science. – Vol.10. – Technical Science. – Sheffield : Science and Education Ltd, 2015. – P. 5–7.

5 **Абдрахманов, Е. С., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Ахмедьянова, Г. К.** Особенности использования высокосольных углей Экибастузского месторождения / Материалы международной научно-теоретической конференции «VIII Торайгыровские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2015. – Т. 5. – С. 233–237.

6 Абдрахманов, Е. С., Быков, П. О., Кулумбаев, Н. К. Экспериментальное определение технологических параметров лопастного смесителя / Материалы международной научной конференции «XV Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2015. – Т. 14. – С. 3–7.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Е. С. Абдрахманов, А. В. Богомолов, П. О. Быков

Екібастұз көмірінің айыппұлдарынан алынған байытылған отын брикеттерінің жылу құны

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Ye. S. Abdrakhmanov, A. V. Bogomolov, P. O. Bykov

The calorific value of enriched fuel briquettes obtained from the fines of Ekibastuz coal

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада Екібастұз көмірінің ұсағынан әртүрлі байланыстырғыш заттардың қолдануымен алынып байытылған отындық жентектердің жылу шығару мүмкіндігінің анализі келтірілген.

In this article, there is given an analysis of the calorific value of enriched fuel briquettes obtained from the fines from Ekibastuz coal using various types of binders.

**М. А. Бейсенби¹, И. В. Брейдо², Б. Н. Фешин³,
Ф. Н. Булатбаев⁴, Ю. Ф. Булатбаева⁵**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; ²д.т.н.,

профессор, зав. кафедрой «Автоматизация производственных процессов»;

³д.т.н., профессор, кафедра «Автоматизации производственных процессов»;

⁴к.т.н., декан Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда;

⁵докторант, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана

e-mail: ¹beisenbi@mail.ru; ²j.breido@kstu.kz; ³f.feshin@kstu.kz;

⁴felix4965@mail.ru; ⁵Julia_my_angel@mail.ru

МОНИТОРИНГ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МЕТОДОМ СТОХАСТИЧЕСКОГО ГРУППОВОГО ОПРОСА ДАТЧИКОВ ЗАВИСИМОГО СРАБАТЫВАНИЯ

В статье описывается одновременный опрос датчиков по общему радиоканалу, который предоставляется только на время группового опроса. Представлена методика осуществления опросов с учетом зависимого срабатывания датчиков. Методика позволяет повысить эффективность применения группового опроса. Представлена математическая модель системы мониторинга. Приведены результаты численного моделирования системы при изменении различных параметров модели.

Ключевые слова: групповой опрос, мониторинг, математическая модель, датчик, зависимое срабатывание.

ВВЕДЕНИЕ

Повсеместное проникновение общедоступных беспроводных сетей, а также создание сенсорных сетей позволило создавать на их базе системы мониторинга и телеметрии различных конфигураций. Такие системы мониторинга могут применяться для наблюдения за состоянием крупных распределенных технологических комплексов, нефтепроводами, электросетями, теплосетями. Датчики технологических комплексов для передачи информации могут использовать каналы передачи данных сети

подвижной сотовой связи (СПСС) стандартов GSM, UMTS, CDMA, а также сетей типа WiFi и WiMAX [1].

В распределенных технологических комплексах применяются датчики, которые в случае возникновения аварии передают сигнальную информацию с объекта. Для таких объектов неэффективны индивидуальные методы опроса каждого датчика, поскольку время опроса растет прямо пропорционально увеличению числа датчиков. Поскольку аварии на сети происходят редко, то датчики будут передавать пустые сообщения, а в больших сетях опрос всех датчиков займет много времени. При этом авария будет выявлена с опозданием. Предложен метод группового опроса, при котором производится одновременный опрос датчиков, выбираемых по стохастической матрице, по общему радиоканалу, который предоставляется только на время опроса. Далее при анализе результатов на диспетчерском пункте принимается решение об активности каждого из датчика.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Математическая модель группового опроса в сети мониторинга, учитывающая зависимость между срабатыванием датчиков

В отличие от рассматриваемой задачи группового опроса в сети мониторинга, не учитывающей зависимость между срабатыванием датчиков, сейчас предполагается, что при обнаружении на объекте чрезвычайной ситуации будет сниматься информация со всех датчиков. Такой подход объясняется тем, что анализ информации со всех датчиков позволяет получить более точное представление о характере происшествия. Передача информации с датчиков, которые не обнаружили признаков происшествия, приводит лишь к некоторому дополнительному использованию каналов связи и может рассматриваться как незначительное удорожание стоимости обнаружения происшествия [2].

В данной задаче предполагается, что вероятность возникновения внештатных ситуаций в сети p_d не известна, однако известно, что она достаточно мала: $p_d \leq p_d^0$, где p_d^0 – некоторая заданная вероятность, аналог величины $p_d = \frac{S_0}{T}$, используемой в модели, учитывающей зависимость между срабатыванием датчиков. Вместе с тем, использование в алгоритме управления опросами верхней границы этой вероятности для расчета допустимого числа активных датчиков не эффективно, поскольку используемый метод группового опроса чувствителен к предполагаемому количеству датчиков. Это связано с тем, что при неправильном задании предполагаемого числа активных датчиков значительно падает информативность данных опроса [3].

Таким образом, предполагается, что при возникновении внештатных ситуаций на j -ом объекте одновременно срабатывает z_j датчиков, где z_j – дискретная случайная величина с распределением на множестве $\{1, \dots, n_j\}$.

Далее возможны различные постановки задачи в зависимости от априорных предположений о распределении величин z_j .

Распределение величины z_j зависит от соответствующего объекта, причины возникновения чрезвычайной ситуации, расположения датчиков и т.п. Все эти обстоятельства обычно неизвестны или сложно прогнозируемы. Поэтому далее рассматривается предположение, что вероятность срабатывания всех датчиков на одном объекте достаточно велика. Как показали исследования, самой трудоемкой для идентификации ситуация будет в случае срабатывания большого числа датчиков, поэтому алгоритм идентификации, который хорошо работает в предположении $z_j \equiv n_j$, должен хорошо работать и в ситуации $z_j < n_j$.

При этом в сети имеется t датчиков, причем вероятность передачи каждым датчиком информации об аварийном состоянии мала. Переменные $x_1, \dots, x_t$ описывают участие датчиков в опросе. Производится одновременный опрос некоторого числа с помощью матрицы опроса A по общему радиоканалу, который предоставляется только на время группового опроса. Если элемент матрицы равен 1, то датчик участвует в опросе, а если 0, то он не участвует в опросе. На рисунке 1 приведен пример матрицы для 10 опросов. Число столбцов матрицы соответствует количеству датчиков в сети, а количество строк соответствует числу опросов [4].

Если при опросе группы датчиков в ней имеется датчик, который сигнализирует о наличии аварии, то на диспетчерский пункт приходит сигнал, который интерпретируется как 1. Если в группе нет датчиков с аварийными сигналами, то от них не поступает сигналы на диспетчерский пункт, что соответствует 0. По результатам каждого опроса получается соответствующее значение функции f_j , как сигнал, сформировавшийся в общем канале связи:

$$f_j = (a_1^j \wedge x_1) \vee (a_2^j \wedge x_2), \quad (1)$$

где $\wedge$ – булево произведение, $\vee$ – булева сумма.

1	2	3	4	5	t-1	t	Номер
датчик	датчик	датчик	датчик	датчик	датчик	датчик	опроса
0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0	2
0	0	1	1	0	1	1	3
0	0	0	1	1	1	0	...
1	1	1	1	1	0	1	...
0	0	1	0	0	0	1	...
1	1	0	0	0	0	0	...
1	0	1	0	1	0	1	...
0	1	0	1	0	1	0	...
1	0	0	1	0	0	1	N

Рисунок 1 – Пример матрицы опроса

Предполагается, что в канале связи возможно искажении информации, что задается матрицей W :

$$W = \begin{pmatrix} 1 - \beta_0 & \beta_0 \\ \beta_1 & 1 - \beta_1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где β_0 – вероятность искажения приема 0 (т.е. наблюдается значение 1 вместо 0), а β_1 – вероятность искажения приема 1 (т.е. наблюдается значение 0 вместо 1). Поэтому результат j -го опроса будет z_j , который принимает значение 0 или 1 в соответствии с W независимо от значений в других наблюдениях при условии, что значения y_j фиксированы [4].

В данной статье приведена математическая модель задачи, в которой основной единицей сети является не датчик, а объект.

2 Алгоритм пофакторного обнаружения активных датчиков

Рассмотрим сеть, состоящую из B объектов. На каждом объекте установлены аварийные датчики. На j -ом объекте установлено, n_j датчиков, $j=1, \dots, B$ (рисунок 2), максимально возможное число датчиков на объекте предполагается относительно небольшим. Таким образом, всего имеется $t = \sum_{j=1}^B n_j$ датчиков.

Сформулируем правила опроса датчиков для определения s_j , которые имеют сообщения об аварии. Будем считать, что число объектов B велико, а число датчиков, которые одновременно срабатывают при аварии n^* относительно невелико.

Строится матрица опросов объектов, в которой количество столбцов матрицы равно числу объектов. Далее нужно на каждом объекте выбрать

опрашиваемый датчик. Делается это на основании стохастической матрицы. Опрашиваемый датчик выбирается случайным образом независимо от участия в предыдущих опросах.

Далее в работе подробно рассмотрен случай, когда на объектах имеется одинаковое число датчиков, и все они срабатывают. В этом случае сначала выбираются объекты, на которых будут опрашиваться датчики, а затем на каждом из объектов выбирается опрашиваемый датчик. Если на объекте один датчик идентифицирован как активный, то все датчики объекта считаются активными. Решение об активности датчика принимается на основе пофакторного анализа с использованием метода максимального правдоподобия [5].

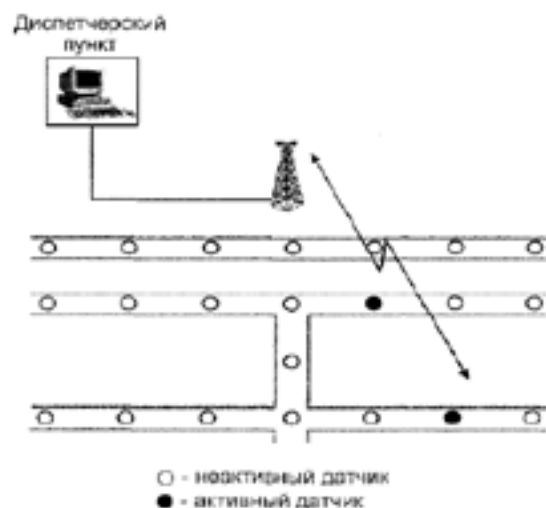


Рисунок 2 – Распределение датчиков по объектам

Таким образом, после проведения N опросов для каждого из t датчиков вычисляются величины $x_{00}(i)$, $x_{10}(i)$, $x_{01}(i)$, $x_{11}(i)$, а на их основании определяется отношение правдоподобия $L(i)$:

$$L(i) = a_{00}x_{00}(i) + a_{10}x_{10}(i) + a_{01}x_{01}(i) + a_{11}x_{11}(i), \quad (2)$$

где $x_{00}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте не опрашивался ни один датчик и результат опроса оказался равным 0;

$x_{10}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте опрашивался хотя бы один датчик, а результат опроса равен 0;

$x_{01}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте не опрашивался ни один датчик, а результат опроса равен 1;

$x_{11}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте опрашивался хотя бы один датчик, а результат опроса равен 1.

$$a_{00}^0 = \log \frac{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}, \quad (2)$$

$$a_{00}^0 = \log \frac{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}, \quad (3)$$

$$a_{01}^0 = \log \frac{\beta_0+p^0(1-\beta_0-\beta_1)}{\beta_0+p^0(1-\beta_0-\beta_1)}, \quad (4)$$

$$a_{10}^0 = \log \frac{\beta_1}{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}, \quad (5)$$

$$a_{11}^0 = \log \frac{1-\beta_1}{\beta_0+p^0(1-\beta_0-\beta_1)}, \quad (6)$$

где $p^0 = 1 - (1 - p_0)^{s_0-1}$, $p^0 = 1 - (1 - p_0)^{s_0}$.

На основании значения ошибки первого рода вычисляются значения порога L_0 , при превышении которого логарифмом отношения правдоподобия $L(i)$ принимается решение, что i -й датчик является активным, s_0 – количество предполагаемых чрезвычайных ситуаций. Величина s_0 определяется на основе наблюдений, которые проводятся на сети. Она зависит от типа сети, от причин возникновения аварийных ситуаций, от времени года, суток и т.д. [6].

Далее решение о наличии чрезвычайной ситуации на объекте принимается в том случае, когда хотя бы один датчик признан активным. Выходными характеристиками алгоритма будут величины $\bar{J}_1, \dots, \bar{J}_S$ – номера объектов, на которых зафиксированы чрезвычайные ситуации, $\bar{S}$ – количество обнаруженных чрезвычайных ситуаций.

Характеристиками качества алгоритма являются вероятности правильной идентификации чрезвычайных ситуаций на объектах: P_1 – вероятность того, что будет пропущен активный датчик и P_2 – вероятность неправильного определения активности хотя бы одного датчика. Вероятности вычисляются в предположении, что на множестве возможных значений S задано равномерное распределение.

Алгоритм определения объектов, на которых произошли аварийные ситуации, приведен на рисунок 3 [6].



Рисунок 3 – Алгоритм поиска объектов, на которых наблюдается чрезвычайная ситуация

После проведения опроса на диспетчерский пункт поступают его результаты. Далее отдельно для каждого из секторов сети, происходит определение отношения правдоподобия и определение объектов, на которых фиксируется чрезвычайная ситуация.

Если обнаруживается резкий рост сообщений о чрезвычайных ситуациях, то это может быть сигналом к тому, что число фиксируемых ситуаций оказалось больше предполагаемого. В этом случае необходимо послать на датчики управляющий сигнал о переходе на матрицу опроса с увеличенным значением параметра s_0 .

3 Результаты численного моделирования, если все датчики на объекте срабатывают одновременно

На основании исходных данных вычислялись исходные параметры алгоритма: продолжительность опроса, коэффициенты для вычисления отношения правдоподобия, порог принятия решения. Для каждого эксперимента случайным образом определялись объекты, на которых предполагается наличие чрезвычайной ситуации. Далее строилась случайным образом матрица опросов. На основании матрицы опросов и выбранных номеров объектов с чрезвычайными ситуациями определялись значения результатов опроса с учетом возможного искажения результата наблюдения. После этого для каждого объекта вычислялась статистика L_i : определялось, участвовал ли хотя бы один из датчиков данного объекта в текущем опросе и в зависимости от этого и результата опроса определялся тот из коэффициентов a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{11} , который следует добавить в статистику L_i . После вычисления всех статистик определялось: множество объектов с чрезвычайными ситуациями и количество таких объектов. Далее определялось, является ли принятое решение правильным с точки зрения правильного определения всех объектов и не пропущены ли объекты с чрезвычайной ситуацией, вычислялись характеристики P_1 , P_2 и $\$$, как среднее значение числа обнаруженных объектов [6].

Были проведены численные исследования эффективности предлагаемого метода группового опроса, учитывающие структуру сети. В таблице 1 приведены результаты вычислений, когда $B = 200$, $s_r = 1$, $s_0 = 1$.

Таблица 1 – Результаты обнаружения аварии при зависимом срабатывании датчиков

n^*	N	P_1	P_2	$\$$
1	16	0.02	0.00	1.01
2	18	0.00	0.00	1.02
3	20	0.03	0.01	0.99

Приведенные данные показывают, что предлагаемый метод поиска одного объекта, на котором наблюдается внештатная ситуация, обладает хорошими свойствами. Так для определения аварии на одном из 200-х объектов, на котором сработало 3 датчика, потребуется только 20 опросов. В первом случае с небольшой вероятностью был обнаружен лишний объект, а в третьем в трех случаях из 100 объект не был обнаружен.

Также был рассмотрен случай, когда существенно нарушается условие $n_j = n^*$. В такой ситуации применение описанного ранее алгоритма может быть неэффективным, поскольку теперь значение вероятности участия датчика в опросе не будет обеспечивать максимальную информативность наблюдений.

Были проведены численные исследования применения описанного выше алгоритма в ситуации, когда при возникновении чрезвычайной ситуации всегда срабатывает один датчик, а остальные датчики срабатывают независимо с вероятностью p_d . В этом случае среднее значение z_j окажется равным $1 + p_d(n-1)$. Результаты моделирования приведены в таблице 2. Исследования показали, что когда вероятность срабатывания других датчиков на объекте больше или равно 0,8, то оценки получаются удовлетворительными.

Таблица 2 – Результаты обнаружения аварии при моделировании зависимого срабатывания датчиков при $B = 200$, $s_r = 2$, $s_0 = 2$

pd	P_1	P_2	ξ
1.0	0.05	0.05	1.98
0.9	0.22	0.22	1.77
0.8	0.38	0.37	1.60
0.7	0.52	0.50	1.42
0.6	0.64	0.62	1.25

Приведенные данные показывают, что точность работы алгоритма падает с ростом вероятности того, что другие датчики на объекте не срабатывают. Связано это с тем, что при попадании опроса на датчик, который не сработал, происходит неправильная интерпретация результата наблюдений: считается в этом случае, что на объекте нет чрезвычайной ситуации. Анализ значений логарифма отношения правдоподобия для таких датчиков показывает, что в этом случае наблюдается большой разброс их значений, что и приводит к дополнительному пропуску чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, необходимо учитывать, что на исследуемых объектах может быть установлено различное число датчиков. При этом целесообразно разбить исследуемую крупную сеть на более мелкие с одинаковым числом датчиков, которые могут сработать одновременно.

Рассмотренный метод опроса датчиков позволяет проводить групповой опрос аварийных датчиков по общему радиоканалу и позволяет за относительно небольшое число опросов выявить аварийную ситуацию на различных технических объектах. Применение организации опросов с учетом зависимого срабатывания датчиков позволяет существенно повысить эффективность метода группового опроса [6].

ВЫВОДЫ

Для современных беспроводных сетей мониторинга и телеметрии характерно большое количество датчиков информации, причем во многих

случаях вероятность передачи полезной информации конкретным датчиком очень мала. В этом случае предоставлять датчикам постоянный канал связи с центральным диспетчерским пунктом экономически нецелесообразно.

Если число датчиков сети превосходит несколько сотен, то применение циклических опросов или других способов индивидуального опроса датчиков требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени.

Метод группового опроса датчиков оправдан для сетей большой размерности. Чем больше размер сети, тем больше эффективность метода группового опроса.

Метод группового опроса в сетях мониторинга при зависимой активности датчиков позволяет проводить групповой опрос аварийных датчиков по общему радиоканалу и позволяет за относительно небольшое число опросов выявить аварийную ситуацию на различных технических объектах. Применение организации опросов с учетом зависимого срабатывания датчиков позволяет существенно повысить эффективность метода группового опроса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Вишневский, В. М., Портной, С. Л., Шахнович, И. В.** Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.

2 **Вишневский, В. М., Семенова, О. В.** Системы поллинга: теория и применение в широкополосных и беспроводных сетях. – М. : Техносфера, 2007. – 312 с.

3 **Маликова, Е. Е., Цитович, И. И.** Задача обеспечения эффективности группового поллинга в сетях мониторинга // Журнал «Проектирование и технология электронных средств». – 2009. – № 2. – С. 35–38.

4 **Маликова, Е. Е., Цитович, И. И.** Исследование эффективности группового поллинга при зависимой активности датчиков в сетях мониторинга // Журнал «Информационные процессы». – 2011. – Т. 11. – №2. – С. 304–310.

5 **Маликова, Е. Е.** Модель группового поллинга для систем мониторинга и телеметрии, учитывающая зависимость между срабатыванием датчиков // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем». – М. : РУДН, 2011. – С. 40–42.

6 **Богомолова, Н. Е., Маликова, Е. Е.** Стратегия динамического опроса датчиков, установленных на промышленных объектах, с учетом их зависимого срабатывания // Журнал «Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт». – 2014. – № 9. – С. 26–30.

М. А. Бейсенби¹, И. В. Брейдо², Б. Н. Фешин², Ф. Н. Булатбаев²,
Ю. Ф. Булатбаева¹

Стохастикалық тәуелді жұмыс жасау барысындағы датчиктердің топтық зерттеулері әдісінің технологиялық кешенді үлестіру мониторингі

¹Л. Н. Гумилев атындағы
Еуразиялық мемлекеттік университеті, Астана қ.
²Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

M. A. Beisenbi¹, J. V. Breido², B. N. Feshin², F. N. Bulatbayev²,
Y. F. Bulatbayeva¹

Monitoring of the distributed technological complexes by method of stochastic group poll of dependent operation sensors

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana;
²Karaganda State Technical University, Karaganda.
Material received on 18.09.17.

Мақалада тек топтық зерттеулер кезіндегі ортақ радиоканалдар арқылы датчиктерді бір уақыттағы зерттеулері сипатталған. Тәуелді жұмыс жасау кезіндегі датчиктердің зерттеу әдістері келтірілген. Көрсетілген әдіс методикасы топтық зерттеулердің әлде қайда тиімді екенін көрсетеді. Мониторинг жүйесінің математикалық моделі қарастырылған. Модельдің әр түрлі параметрлерін өзгерту барысындағы сандық модельдеу жүйесінің нәтижелері көрсетілген.

The article describes a simultaneous interrogation of sensors on a common radio channel, which is provided only for the time of the group survey. The technique of interrogations is presented taking into account the dependent triggering of sensors. The technique allows to increase the effectiveness of the group survey. A mathematical model of the monitoring system is presented. The results of numerical simulation of the system are given when different model parameters are changed.

И. В. Брейдо¹, М. А. Бейсенби², Б. Н. Фешин³,
Ф. Н. Булатбаев⁴, Ю. Ф. Булатбаева⁵

¹д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматизация производственных процессов», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда; ²д.т.н., профессор, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; ³д.т.н., профессор, кафедра «Автоматизация производственных процессов»; ⁴к.т.н., декан Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда; ⁵докторант, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана
e-mail: ¹j.breido@kstu.kz; ²beisenbi@mail.ru; ³f.feshin@kstu.kz; ⁴felix4965@mail.ru; ⁵Julia_my_angel@mail.ru

ГРУППОВОЙ ОПРОС ДАТЧИКОВ НЕЗАВИСИМОЙ АКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье представлена методика группового опроса датчиков в системах мониторинга распределенных технологических комплексов. Приведена математическая модель системы мониторинга. Разработана стратегия опроса датчиков при их независимой активности. Приведены результаты численного моделирования системы при изменении различных параметров модели.

Ключевые слова: групповой опрос, мониторинг, датчик, независимая активность, распределенный технологический комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

Технологический комплекс представляет собой совокупность различных производственных установок, распределенных в пространстве, связанных между собой каналами связи и требующих взаимосвязанного управления для решения характерных для данного комплекса технологических задач (технологического процесса) [1].

Распределенный технологический комплекс характеризуется масштабной территориальной распределенностью технологических

объектов и протяженностью каналов связи. Современные распределенные технологические комплексы выполняют задачу транспортировки потоков технологических ресурсов (например, нефти, газа, электроэнергии, тепловой энергии и др.) от производителя до конечного потребителя в соответствии с требуемыми технологическими параметрами (такими как, давление, температура, объем, напряжение и др.) [1].

Примерами распределенных технологических комплексов могут являться:

1 Система транспортировки нефти.

2 Система теплоснабжения мегаполисов.

3 Система передачи энергии по ВЛЭП (высоковольтным линиям электропередач).

В современных распределенных технологических комплексах необходимо внедрение систем контроля и мониторинга. Системы мониторинга предназначены для сбора, анализа и накопления данных от разнотипных и распределенных датчиков с целью определения технического состояния оборудования, обнаружения отклонений и неисправностей в его работе, обеспечения наблюдения за развитием ситуации и своевременного предупреждения о необходимости проведения технического обслуживания и принятия решений, обеспечивающих надежную и безопасную эксплуатацию [2].

Очевидна специфика построения систем мониторинга и телемеханики таких комплексов. Эта специфика определяется тем, что они обладают явным доминированием по пространственной протяженности, но при этом достаточно ограничены типами телеметрируемых процессов и оборудованием [3].

Именно для распределенных технологических комплексов, требующих высокой точности измерений, разнотипности измеряемых параметров, пространственной распределенности телеметрируемого объекта и точности управления, для систем мониторинга ставятся следующие основные задачи [3]:

→ производить сбор и обработку параметров, характеризующих состояние отдельных блоков и узлов основного и вспомогательного оборудования, обеспечивающего функционирование групп базового оборудования;

→ обеспечивать своевременную сигнализацию для предупреждения о возникновении предварийных и аварийных ситуаций и локализовать место возникновения нарушения режима;

→ архивировать обработанные результаты телеметрии в течение заданного периода времени и представлять их по мере необходимости в принятом формате отображения;

→ обеспечивать автоматическое (а также ручное) формирование управляющих сигналов для изменения режимов работы отдельного

оборудования и текущих значений параметров в соответствии с алгоритмом функционирования оборудования и при возникновении нештатных ситуаций.

В составе распределенных технологических комплексов число датчиков превосходит несколько сотен, поэтому индивидуальный опрос каждого датчика требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени, а следовательно нештатная ситуация может быть выявлена несвоевременно.

Рассмотрев для примера систему передачи энергии по ВЛЭП, определено, что одной из актуальных задач создания системы мониторинга является обеспечение качественного и одновременно экономически не затратного канала передачи данных. Применение беспроводных каналов передачи данных (мобильных сетей стандартов GSM 2,5+, CDMA, UMTS, LTE, спутниковых систем и беспроводных вычислительных сетей стандартов WiFi и WiMAX [4], [5]), является наиболее перспективными в связи с географической удаленностью и труднодоступностью, а также с экономической нецелесообразностью применения проводных систем передачи данных. В системе передачи энергии по ВЛЭП оконечные устройства (датчики) удалены на значительные расстояния от центров сбора данных.

Системы упорядоченного опроса являются разновидностью систем массового обслуживания с несколькими очередями и подразделяются на два класса. Подходы к классификации таких систем описаны в работе [4], приводится обобщенный подход к классификации систем по следующим критериям: число очередей, порядок опроса очередей, дисциплина обслуживания очереди. По математическим моделям они в общем виде сходны с приоритетными системами массового обслуживания, однако здесь приоритеты назначаются по определенному правилу.

Особенностью рассматриваемых в работе систем мониторинга для ВЛЭП является низкая активность датчиков, при этом их число превосходит несколько сотен. Вероятность того, что датчик активен, мала, поэтому применение стандартных правил упорядоченного опроса неэффективно, так как индивидуальный опрос каждого датчика требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени, а следовательно нештатная ситуация может быть выявлена несвоевременно. Для систем с большим количеством датчиков, вероятность срабатывания которых мала, может быть эффективным метод группового опроса.

Рассмотрим задачи наиболее быстрого обнаружения возникновения аварийных ситуаций, оперативного определения точки возникновения аварии путем выявления датчиков, которые передают такую информацию.

1 Математическая модель группового опроса в системе мониторинга, не учитывающая зависимость между срабатыванием датчиков

Пусть имеется сеть мониторинга и телеметрии, содержащая t датчиков; требуется разработать стратегию их опроса с целью скорейшего выявления s датчиков, имеющих данные для передачи. Необходимо за наименьшее число шагов определить активные датчики таким образом, чтобы средняя вероятность неправильного определения хотя бы одного из них не превосходила заданный уровень [6].

В данной задаче предполагается, что $s \ll t$, что соответствует случаям, когда число активных датчиков в сети мало. Такая ситуация является наиболее типичной для телеметрической сети, которая покрывает большую территорию, а вероятность чрезвычайной ситуации на ее локальном участке мала. В этих условиях проведение опроса всех датчиков заняло бы значительное время, поскольку каждый цикл занимал бы не менее t опросов.

Таким образом, имеется t датчиков, состояние которых описывается переменными $x_1, \dots, x_t$, которые принимают значения 0 или 1; значение 0 означает, что соответствующий датчик пассивен, т.е. не имеет информации для передачи, значение 1 – что соответствующий датчик активен, т.е. должен передавать информацию. Среди них лишь переменные с номерами $i_1, \dots, i_s$ принимают значения 1, а остальные равны 0.

Групповой опрос состоит в том, что принимается одновременно сигнал от нескольких источников. Он задается с помощью вектора $a = (a_1, \dots, a_t)$, где a_i принимает значение 0 или 1. Значение $a_i = 1$ означает, что i -й датчик участвует в опросе, $a_i = 0$ означает, что i -й датчик не участвует в опросе. Если N – число опросов, то все опросы задаются булевой матрицей опросов $A = (a^1, \dots, a^N)$, где $a^j = (a_1^j, \dots, a_t^j)$ – вектор j -го опроса. Если в группе опрашиваемых датчиков имеется хотя бы один активный, то наблюдается наличие сигнала, который интерпретируется как 1. Если в группе отсутствуют активные источники, то от нее не поступает ни одного сигнала, что интерпретируется как 0. Таким образом, в качестве ответа датчиков j -ой группы сформируется результат [7]:

$$y_j = (a_1^j \wedge x_1) \vee \dots \vee (a_t^j \wedge x_t), \quad (1)$$

где $\wedge$ – булево произведение, $\vee$ – булева сумма.

Предполагается, что в сети возможны ошибки при передаче информации. Это означает, что значение функции y известно с некоторой ошибкой: при каждом опросе происходит искажение результата независимо от других опросов в соответствии со стохастической матрицей переходов

$$W = \begin{pmatrix} 1 - \beta_0 & \beta_0 \\ \beta_1 & 1 - \beta_1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

где β_0 – вероятность искажения приема 0 (т.е. наблюдается значение 1 вместо 0), а β_1 – вероятность искажения приема 1 (т.е. наблюдается значение 0 вместо 1). Поэтому результат j -го опроса будет z_j , который принимает значение 0 или 1 в соответствии с W независимо от значений в других наблюдениях при условии, что значения y_j фиксированы.

Необходимо получить алгоритмы построения матрицы опроса A и определить множества s активных датчиков на основании наблюдений $y_1, \dots, y_N$.

2 Описание алгоритма пофакторного обнаружения активных датчиков

Асимптотически оптимальный план опроса A получается при использовании случайной матрицы, в которой значения 1 в матрице опроса выбираются независимо друг от друга с вероятностью p_0 , где $1 - (1 - p_0)^{s_0}$ обеспечивает достижение пропускной способности C двоичного канала с переходной матрицей W [7];

$$C = 1 + \beta_0 \log_2(\beta_0) + (1 - \beta_0) \log_2(1 - \beta_0), \quad (3)$$

При $\beta_0 = \beta_1$ вероятность значения 1 в матрице опроса определяется из выражения $p_0 = 1 - \sqrt[s_0]{\frac{1}{2}}$. Здесь s_0 – предполагаемое число активных датчиков. Нижняя граница для требуемого числа опросов $N = \frac{s_0 \log_2(t)}{\epsilon} (1 + \psi)$, где параметр $\psi > 0$ задает величину превышения числа опросов над минимально допустимым при сделанном предположении о числе активных датчиков [7].

Для упрощения процедуры идентификации решение об активности конкретного датчика принимается на основе пофакторного анализа [7] с использованием метода максимального правдоподобия.

Отношение правдоподобия для i -го фактора:

$$L(i) = a_{10} x_{10}(i) + a_{11} x_{11}(i), \quad (4)$$

где $a_{10} = \log \frac{\beta_1}{1 - \beta_0 - p^*(1 - \beta_0 - \beta_1)}$,

$$a_{11} = \log \frac{1 - \beta_1}{\beta_0 + p^*(1 - \beta_0 - \beta_1)}.$$

$x_{10}(t)$ – количество наблюдений, когда i – датчик опрашивался и результат опроса $z = 0$, и $x_{11}(t)$ – количество наблюдений, когда i – датчик опрашивался и результат опроса $z = 1$, $p^* = 1 - (1 - p_0)^{s_0}$.

Если $L_i > L_0$, то i – датчик считается активным. Порог $L_0 > 0$ выбирается таким образом, чтобы минимизировать влияние случайных факторов. Чем выше значение порога, тем меньше вероятность ошибки неправильной идентификации неактивного датчика, но, вместе с тем, возрастает вероятность пропуска активного датчика.

3 Результаты численного моделирования

Проводилось исследование эффективности предлагаемого метода группового опроса в зависимости от изменения различных параметров модели: роста числа факторов t , величины ошибки в канале передачи данных $\beta_0 = \beta_1$, числа активных датчиков s . При моделировании предполагалось, что любой из датчиков может быть активным независимо

от состояния других датчиков с вероятностью $p = \frac{s}{t}$. Для каждого варианта исходных данных проводилось 1000 численных экспериментов, в которых каждый раз изменялся случайный план опроса. В качестве параметров качества алгоритма обнаружения активных датчиков, использовались две характеристики: P_1 – вероятность того, что будет пропущен активный датчик (обнаружение лишних активных датчиков не является ошибкой) и P_2 – вероятность неправильного определения хотя бы одного датчика, т.е. вероятность правильного решения задачи. Кроме того, вычислялась величина $\hat{s}$ – среднее число обнаруженных активных датчиков [8].

В зависимости от значения s_0 рассчитывалось число опросов по формуле:

$$N = 4 \frac{s_0 \log_2(t)}{c}, \quad (5)$$

т.е. параметр избыточности числа опросов $\psi = 3$.

В таблице 1 приведены результаты расчетов при различных значениях числа датчиков в сети t . Значения постоянных параметров модели $\beta_0 = \beta_1 = 0.01$, $s = 2$, $s_0 = 2$.

Таблица 1 – Результаты расчетов при различных значениях числа датчиков в сети

t	N	P_1	P_2	$\hat{s}$
100	56	0.09	1.00	2.10
200	64	0.08	0.97	2.03

300	68	0.06	0.99	2.05
400	72	0.07	0.98	2.04
500	76	0.03	0.99	2.03

Из таблицы видно, что с увеличением числа датчиков метод становится более эффективным, так как число опросов значительно меньше общего количества датчиков. Так при увеличении количества датчиков в пять раз, количество наблюдений увеличилось меньше чем на 30 %. Вероятность неправильного определения датчика – P_1 при этом снижается, а вероятность того, что не пропустили активный датчик – P_2 практически не меняется [8].

Далее в таблице 2 приведены результаты исследования влияния величины ошибки в канале передачи данных, при этом $\beta_0 = \beta_1$, $t = 500$, $s_0 = 2$.

Таблица 2 – Результаты исследования влияния величины ошибки в канале передачи данных

β	N	P_1	P_2	$\hat{s}$
0.01	76	0.06	1.00	2.06
0.02	80	0.06	0.99	2.06
0.03	88	0.09	0.98	2.06
0.04	92	0.04	0.98	2.01
0.05	100	0.11	0.99	2.25

Результаты моделирования показали, что с увеличением числа ошибок необходимо увеличить число наблюдений, но в целом метод устойчив к вероятностям искажения сигнала в сетях передачи данных, включая потерю единичных пакетов [8].

ВЫВОДЫ

Для современных беспроводных сетей мониторинга и телеметрии характерно большое количество датчиков информации, причем во многих случаях вероятность передачи полезной информации конкретным датчиком очень мала. В этом случае предоставлять датчикам постоянный канал связи с центральным диспетчерским пунктом экономически нецелесообразно.

Если число датчиков сети превосходит несколько сотен, то применение циклических опросов или других способов индивидуального опроса датчиков требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени.

Метод группового опроса датчиков оправдан для больших распределённых технологических комплексов. Чем больше размерность

системы (технологического комплекса), тем больше эффективность метода группового опроса. Также метод устойчив к вероятностям искажения сигнала в сетях передачи данных, включая потерю единичных пакетов, и предполагает наличие нескольких режимов опроса при фиксированном числе активных датчиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Никулин, В. В., Бейсенби, М. А., Юрченко, А. В., Булатбаев, Ф. Н., Булатбаева, Ю. Ф., Закарина, А. Ж. Анализ распределенных технологических комплексов РК как объектов контроля и мониторинга // Труды IV международной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные и коммуникационные технологии – средство осуществления третьей индустриальной революции в свете стратегии «Казахстан-2050». – Астана, 2017. – С. 173–176.

2 Андриюшкевич, С. К., Ковалёв, С. П. Интеллектуальный мониторинг распределенных технологических объектов с использованием информационных моделей состояния. – Журнал «Известия Томского политехнического университета». – 2010. – Т. 317. № 5. – С. 35–39.

3 Назаров, А. В. Современная телеметрия в теории и практики. Учебный курс. – СПб. : Наука и техника, 2007. – 672 с.

4 Вишневский, В. М., Семенова, О. В. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных и беспроводных сетях. – М. : Техносфера, 2007. – 312 с.

5 Вишневский, В. М., Портной, С. Л., Шахнович, И. В. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.

6 Маликова, Е. Е., Цитович, И. И. Метод группового поллинга при независимой активности датчиков в сетях мониторинга // Журнал «Информационные процессы». – 2011. – Т. 11. – № 2. – С. 291–303.

7 [Электронный ресурс]. – <http://old.technomag.edu.ru/doc/351666.html>.

8 Маликова, Е. Е. Задачи группового поллинга для сетей мониторинга и телеметрии большой емкости // Журнал «Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт». – 2011. – № 7. – С. 106–109.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

И. В. Брейдо¹, М. А. Бейсенби², Б. Н. Фешин¹, Ф. Н. Булатбаев¹, Ю. Ф. Булатбаева²

Тармақталған технологиялық кешендері мониторингтеу жүйелеріндегі тәуелсіз белсенді датчиктерден топтық сауалнама жасау

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

²Л. Н. Гумилев атындағы

Еуразиялық мемлекеттік университеті, Астана қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

J. V. Breido¹, M. A. Beisenbi², B. N. Feshin¹, F. N. Bulatbayev¹, Y. F. Bulatbayeva²

Group survey of independent activity sensors in monitoring systems distributed technological complexes

¹Karaganda State Technical University, Karaganda;

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

Material received on 18.09.17.

Мақалада технологиялық кешендердегі мониторинг жүйелерінде датчиктердің топтық зерттеулері қарастырылған. Мониторинг жүйесінің математикалық моделі келтірілген. Датчиктерді олардың тәуелсіз активті кездегі зерттеулері ойлап табылған. Модельдің әр түрлі параметрлері өзгеру кезіндегі сандық модельдеу жүйесінің нәтижелері көрсетілген.

The article presents a methodology for a group survey of sensors in monitoring systems for distributed technological complexes. A mathematical model of the monitoring system is given. A strategy for surveying sensors with their independent activity was developed. The results of numerical simulation of the system are given when different model parameters are changed.

Л. В. Горчаков¹, Ю. А. Вишенкова², И. А. Волков³

¹профессор, Томский государственный университет, г. Томск, Россия;

²магистрант, Павлодарский государственный университет, г. Павлодар,

Казахстан; ³студент, Томский государственный университет, г. Томск, Россия

e-mail: ¹gorchakov@phys.tsu.ru; ²93elchik@mail.ru

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ

Работа посвящена изучению создания автоматизированных лабораторных работ на основе использования микроконтроллеров, применяя явление резонанса.

Ключевые слова: емкость, индуктивность, микроконтроллер, программирование, лабораторная работа, явление резонанса.

ВВЕДЕНИЕ

В цикле работ [6,11,12], который посвящен созданию автоматизированных лабораторных работ на основе использования микроконтроллеров, мы выбрали работы из раздела общей и атомной физики. Данная работа является продолжением этого цикла и рассматривает явление резонанса напряжений. Явление резонанса напряжений [1] может быть изучено разными способами. Некоторые из них представлены ниже:

- собирается последовательный колебательный контур (R-L-C), затем при помощи генератора и осциллографа исследуется резонанс напряжения;
- создается программно-аппаратный комплекс для исследования явления резонанса напряжения, который позволит уделить большее внимание «физике» процесса.

С одной стороны первый способ хорош тем, что экспериментатор сам соберет схему, выберет желаемые параметры R-L-C и произведет измерения, но с другой стороны учитывая точность измерений, количество потраченного времени и личные особенности экспериментатора, данный способ малоэффективен.

Второй способ не научит радиоэлектронике, но даст экспериментатору довольно точный результат и более ясные знания об изучаемом процессе. В лаборатории использовался два типа лабораторных макетов (рисунок 1, 2). Здесь экспериментатор подбирает значения емкости и индуктивности, при которых происходит резонанс напряжения.



Рисунок 1 – Автоматизированная установка для исследования явления резонанса напряжений



Рисунок 2 – Установка для исследования явления резонанса напряжений

Программная и аппаратная часть установки на рисунке 1 устарела, а именно:

- все программное обеспечение реализовано под Microsoft Windows 98, в настоящее время эта версия устарела и не используется;

- в аппаратной части для получения синусоидального сигнала используется звуковая карта Creative, которая снята с производства.

В данной работе предлагается автоматизировать [3, 6] процесс исследования явления резонанса напряжений, используя микроконтроллер AVR ATmega128. Управление экспериментом и снятие электрических параметров осуществлять посредством микроконтроллера.

Целью работы является создание программно-аппаратного комплекса для исследования явления резонанса напряжений.

Согласно поставленной цели, в работе решаются следующие задачи:

- разработать схему, которая позволяет изучать явление резонанса напряжения в последовательном контуре, с использованием микроконтроллера и реализовать ее аппаратно;

- сконструировать алгоритм программы, которую должен выполнять микроконтроллер;
- создать интерфейс (Windows-приложение);
- научиться работать с микроконтроллером ATmega128 и с его программным обеспечением;
- научиться генерировать сигнал перепрограммируемой частоты.

В аппаратной части работы используется: 8-разрядный AVR-микроконтроллер ATmega128 [5] и программируемый волновой генератор AD9833 [2]. Программная часть комплекса состоит из двух частей: из программы, которая выполняется в микроконтроллере и программы, с которой работает пользователь (Windows-приложение). Первая программа разработана в среде проектирования IAR Systems [3], вторая в среде RAD Studio [4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Требование пользователя к программно-аппаратному комплексу

В данном параграфе рассматриваются требования пользователя [7] к программно-аппаратному комплексу для проведения исследования по изучению явления резонанса напряжений. При реализации подобных комплексов следует решать три основных задачи.

Первая задача – аппаратная, она заключается в разработке и реализации схемы [8, 9], которая позволит исследовать рассматриваемое физическое явление [5].

Вторая задача – программная, которая создается для микроконтроллера [3, 8]. Разработка данной программы, напрямую связана с аппаратной частью, т.к. программа создается на основе задействованных выводов микроконтроллера.

Третья задача состоит в создании интерфейса [4]. Интерфейс – программа, с которой работает пользователь на компьютере. Фактически пользователь работает только с этой частью комплекса.

Для того чтобы решить перечисленные задачи, рассмотрим данную ситуацию с точки зрения пользователя. Исходя из запросов пользователя, задачу интерфейса можно представить в виде отдельных функций, когда данные функции будут выявлены, станет понятно, какие электронные компоненты необходимы для решения аппаратной задачи и какие возможности микроконтроллера следует использовать. Далее приводится список требований пользователя.

1 Осциллограф – необходим при исследовании физического явления. С аппаратной точки зрения, чтобы реализовать осциллограф на ПК, необходим АЦП [5, 9]. Микроконтроллер ATmega128 имеет несколько встроенных каналов АЦП. Таким образом, сигнал будет измеряться

микроконтроллером, и результат оцифровки будет отправляться на ПК по последовательному интерфейсу.

2 Кроме осциллографа, который позволяет пользователю видеть измеряемый сигнал нужна рабочая область, где будет представляться результат обработки измеряемых данных. Для исследования явления резонанса необходимо сканировать последовательный контур и представлять зависимость амплитуды сигнала от частоты. Таким образом, нужен график который будет строить данную зависимость и поле, в которое происходит сбор данных для их дальнейшей транспортировки во внешний файл.

3 Для исследования явления резонанса напряжения необходим генератор сигнала с перепрограммируемым значением частоты, т.е. значение частоты сигнала, задается пользователем. Для получения сигнала используется программируемый волновой генератор AD9833 [2]. Для того чтобы изменить частоту сигнала, пользователь с компьютера посылает запрос на изменение микроконтроллеру [3], тот в свою очередь обрабатывает полученные данные и пересылает их микросхеме AD9833.

4 Для того чтобы пользователь смог измерять и изменять сигнал, нужна «Панель управления». С помощью этой панели задаются параметры исследования. Здесь задается шаг сканера сигнала, диапазон сканирования, автоматический или ручной режим сканирования. Под сканером понимается следующее: задается начальная частота и шаг сканера. Компьютер посылает запрос микроконтроллеру на изменение частоты, микроконтроллер обрабатывает и пересылает данные на изменение частоты микросхеме AD9833. Затем компьютер посылает запрос на измерение сигнала в последовательном контуре. Микроконтроллер оцифровывает сигнал и посылает его обратно. Далее компьютер обрабатывает полученные данные, инкрементирует частоту сигнала на заданную величину и алгоритм начинается с начала до достижения конца диапазона частоты.

5 Пользователь должен управлять выбором электрических параметров [3] контура в магазине сопротивлений и емкостей. Для этого в windows-приложении пользователь отмечает конкретный параметр, компьютер посылает запрос на включение или выключение данного параметра из контура. Микроконтроллер обрабатывает полученные данные, определяет какой параметр нужно включить или выключить. С аппаратной точки зрения магазин сопротивлений и емкостей представляет собой набор электромагнитных реле и микросхему управления ими (ULN2803).

1.2 Генератор сигнала

Рассмотрим способы реализации генератора сигнала перепрограммируемой частоты. Создать такой генератор можно разными способами.

– МК и внешний ЦАП [3, 8]. Суть данного метода заключается в следующем:

- а) В память МК загружается таблица генерируемого сигнала;
- б) Дискретные выходы МК соединяются с ЦАП;
- с) Инициализируется таймер с изменяемым значением времени тактирования, время тактирования задает частоту сигнала;
- д) На каждой итерации таймера на ЦАП подается новое значение из таблицы;

Способ прост в реализации, но в данной работе неэффективен, т.к. шаг сканирования по частоте не регулируем.

– МК и внутренний ШИМ. Отличие данного метода лишь в том, что значения из таблицы подаются на вход МК отвечающий за ШИМ.

Способ очень прост в реализации, но шаг сканирования не регулируем.

– МК и алгоритм прямого синтеза фазы [2]. Отличие от первого способа в том что, таблица генерируемого сигнала гораздо больше и значения оттуда берутся не по порядку, а в соответствии с определенным алгоритмом.

Метод сложный в реализации с программной и аппаратной точки зрения, но шаг сканирования задается с точностью до 0,001 Гц. Недосток в том, что данный метод занимает порядка 80 % ресурсов МК.

– МК и программируемый волновой генератор AD9833 [2]. В данной работе реализован именно данный метод.

2. Пользовательский интерфейс

Интерфейс пользователя представляет собой совокупность средств и методов, при помощи которых пользователь взаимодействует с различными, чаще всего сложными, с множеством элементов, машинами и устройствами [4].

Под совокупностью средств и методов интерфейса пользователя подразумеваются:

– средства:

а) *вывода информации* из устройства к пользователю – весь доступный диапазон воздействий на организм человека.

б) *ввода информации/команд* пользователем в устройство – множество всевозможных устройств для контроля состояния человека.

– методы:

а) набор правил, заложенных разработчиком устройства, согласно которым совокупность действий пользователя должна привести к необходимой реакции устройства и выполнения требуемой задачи.

2.1 Внешний вид приложения



Рисунок 3 – Внешний вид интерфейса

На рисунке 3 представлен снимок экрана пользовательского интерфейса. В первую очередь следует отметить, что виртуальное рабочее место разграничено на четыре логических блока управления:

- Магазин сопротивлений и емкостей;
- Генератор;
- Осциллограф;
- Панель управления.

Таким образом, пользователю предоставлено рабочее место по смыслу такое же, как бы он проводил исследования с помощью реального осциллографа, магазина, генератора. Отличительной особенностью является то, что в данном случае, данные собираются в одном месте и в прямом времени строятся графики. Присутствует «Панель управления», которая значительно упрощает процесс проведения исследования с технической точки зрения. Далее приведено описание блоков управления по отдельности.

Если отметить флажком, в блоке управления «Магазин сопротивлений» или «Магазин емкостей», соответствующий параметр, то данный резистор/конденсатор включится в электрическую цепь. Сняв флажок, произойдет выключение соответствующего параметра.

В блоке «Генератор» можно выполнить всего три действия. Здесь имеется текстовое поле, в которое можно ввести значение от 1 до 10000 или же выставить нужное число при помощи кнопочек вверх и вниз в том же диапазоне. Данное число представляет собой будущее значение частоты получаемого сигнала. После того как нужное значение частоты установлено, необходимо нажать кнопку «ПУСК». При этом произойдут следующие действия:

- Генерация запроса, для изменения частоты;
- Отправка запроса на микроконтроллер;
- Отправка запроса с микроконтроллера на генератор AD9833;
- Микроконтроллер отправляет ответ на ПК об успешном изменении частоты;
- Компьютер отправляет запрос на оцифровку сигнала;
- Микроконтроллер заполняет буфер измеренными значениями и пересылает на ПК;
- Компьютер получает оцифрованные значения, преобразует их в реальные физические величины, строит полученный сигнал от времени и делает отметку в АЧХ.

Кнопка «ВЫКЛ» позволяет отключить генератор.

Далее следует блок управления «Осциллограф». В данном блоке можно включить или выключить осциллограф, нажимая кнопку «ВКЛ» или «ВЫКЛ» соответственно. Тем самым, экран осциллографа в виде графика будет появляться и исчезать. Также в блоке выводится информация о мгновенной амплитуде сигнала. На графике «Осциллограф» развертка по оси U зафиксирована, т.е. можно увидеть сигнал от -2.5 В до 2.5 В. Можно произвести развертку по времени, растянув тем самым сигнал в горизонтальном направлении.

Наконец блок «Панель управления», является самым важным элементом пользовательского приложения. Благодаря данному блоку, процесс измерения и представления данных происходит в автоматическом режиме, это избавляет результат измерений от личностных особенностей исследователя. Здесь можно задать начальную и конечную частоту, введя значение в соответствующее поле. Также здесь задается шаг сканера, т.е. значение частоты, которое добавляется к текущей на каждой итерации. Нажав кнопку «Сканирование», происходит установка частоты аналогично действиям при нажатии на кнопку «ПУСК» в блоке «Генератор». После установки частоты, строится график оцифрованного сигнала и делается отметка об амплитудно-частотной характеристике на графике «АЧХ». Затем происходит изменение частоты на величину равную значению в текстовом поле «Шаг» и действия повторяются заново, до тех пор, пока текущая частота не достигнет конечного значения.

2.2 Магазин сопротивлений. Магазин емкостей

Данная опция позволяет, нажимая кнопки на виртуальном рабочем месте коммутировать соответствующие реле, что эквивалентно нажатию кнопки на реальном магазине сопротивлений и емкостей. Магазины сопротивлений и емкостей реализованы в двух компонентах GroupBox, заполненных флаговыми кнопками (CheckBox) [4]. Отмечая флажком соответствующий параметр, он будет включен в экспериментальную цепь. Соответственно снимая флажок, параметр будет исключен из цепи.

2.3 Осциллограф. Графическое представление данных

В данном блоке реализован осциллограф с набором необходимых опций. Кнопка «ВКЛ» позволяет активировать опцию осциллографа, а «ВЫКЛ» отключить его. Имеется измеритель уровня сигнала, который показывает текущее значение в вольтах.

Что касается графического представления данных, то в создаваемом интерфейсе присутствует два компонента (Chart) [4] для представления измеряемых данных. В одном графике под названием «Осциллограф» выводится текущая синусоида в экспериментальном контуре. Подробнее о месте снятия сигнала можно посмотреть в главе «Принципиальная схема». Еще присутствует график «Амплитудно-частотная характеристика», на нем изображена зависимость амплитуды сигнала изображаемого на предыдущем графике от частоты.

Собственно получение данной характеристики на этом графике и есть цель данной работы. Конкретней о выводе соответствующих данных в оба графика изложено в последующих параграфах данной главы.

2.4 Генератор сигнала

В данной дипломной работе нужен генератор синусоидального сигнала, поэтому при разработке виртуальной панели генератора следует реализовать 2 вещи – установка частоты и возможность увидеть получившийся сигнал. Задачу об изменении частоты можно решить с помощью функции `void ChangeFreq(float)`, в которую в качестве параметра передается вещественное значение устанавливаемой частоты. Для того чтобы изменить частоту синусоиды необходимо на генератор AD9833 отправить сообщение из четырех байт [2]. Данные байты можно сгенерировать при помощи функции `ChangeFreq` и отправить их на микроконтроллер [4].

2.5 Панель управления

В данной дипломной работе важным является процесс измерения АЧХ. Одной из задач является создания установки, которая позволяет автоматизировать процесс снятия амплитудно-частотной характеристики контура. Все инструменты, которые необходимы для снятия АЧХ, описаны выше. Остается создать модуль для автоматического измерения.

2.6 Порядок проведения измерений

1 Включить установку в сеть. При включении загорится светодиод «POWER».

2 Запустить приложение «Резонанс напряжения». В случае отсутствия питания, либо нарушения связи откроется предупреждение, и программа будет неактивна.

3 Выбрать электрические параметры (емкость и сопротивление).

Автоматический режим измерений:

4 Установить начальное и конечное значение частоты (Панель управления).

5 Задать шаг сканера (Панель управления).

6 Нажать кнопку «Сканирование» и дождаться конца измерений (Панель управления).

Ручной режим измерений:

1 Установить частоту (Генератор).

2 Нажать кнопку «ПУСК» (Генератор).

3 Повторить п.4,5 нужное количество раз.

Сохранение результатов:

1 Зайти в меню «Файл».

2 Навести курсор мыши на «Экспорт данных».

3 Откроется подменю, в котором следует указать сохранить график или список измеренных значений.

На рисунке 4 показан результат измерения

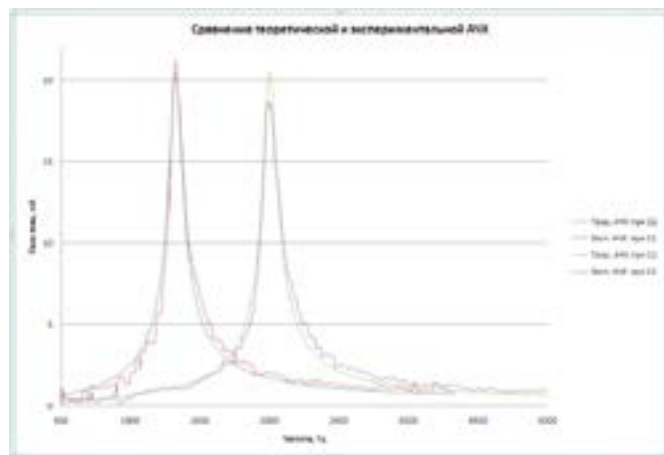


Рисунок 4 – Сравнение теоретической и экспериментальной АЧХ

ВЫВОДЫ

В данной работе был разработан программно-аппаратный комплекс для исследования явления резонанса напряжений. На рисунке 5 представлен данный комплекс, подключенный к ПК.



Рисунок 5 – Программно-аппаратный комплекс

В ходе работы были решены следующие задачи:

- Разработана и реализована схема установки;
- Создана программа для МК;
- Создано windows-приложение;
- Автоматизирован процесс измерения АЧХ последовательного контура.

В процессе создания генератора сигнала программируемой частоты, было создано и проверено четыре типа генераторов:

- Генератор «МК и внешний ЦАП» и «МК и внутренний ШИМ» позволяют сгенерировать сигнал, частота которого зависит от частоты тактирования таймера МК. Тем самым меняя частоту таймера, не удастся зафиксировать шаг сканирования по частоте и снятие АЧХ будет не корректно;
- Генератор «МК и алгоритм прямого синтеза фазы» является самым лучшим по созданию сигнала перепрограммируемой частоты на микроконтроллерах. Причина, по которой данный метод не использовался в данной работе заключается в том, что он потребляет большую часть ресурсов МК и остаточных ресурсов для основной задачи не достаточно.

- Генератор «МК и программируемый волновой генератор AD9833» используется в данной дипломной работе, т.к. шаг перестройки частоты

сигнала 0.001 Гц, время изменения частоты порядка 1 мс и данный способ не загружает МК.

В данной работе был разработан программно-аппаратный комплекс, который автоматизирует процесс исследования явления резонанса напряжения. Особенности программно-аппаратного комплекса:

- Высокая скорость проведения эксперимента;
- Предусмотрена возможность поточечного снятия АЧХ
- Отсутствие зависимости от ПО на компьютере, т.е. установка, может быть, подключена к любому компьютеру (с любой версией Windows);
- Отсутствие зависимости результатов измерений от индивидуальных особенностей исследователя;
- Контроль над исследованием принадлежит МК, который запрограммирован конкретно под исследуемую задачу;
- Управление экспериментом и выбор различных параметров последовательного контура осуществляется полностью программно;
- Рабочее напряжение установки не опасно для жизни.

Данный проект может быть использован для изучения других физических явлений. На лицевой панели установки размещено два контакта, куда можно подключить конденсатор из плоских пластин. Далее между пластинами конденсатора помещается диэлектрик и снимается АЧХ. Таким образом, предусмотрена возможность изучать относительные свойства диэлектриков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Калашников, С. Г.** Электричество. / С. Г. Калашников; – М.: Наука, 1976. – 666 с.
- 2 Analog Devices // AD9833. – 2003. – Р. 20. [Electronic resource]. – URL: <http://analog.com>.
- 3 **Трамперт, В.** Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров: Пер. с нем. / В. Трамперт; под ред. Ю. А. Шпак. – К. : «МК-Пресс», 2006. – 208с. : ил.
- 4 **Культин, Н. Б.** Самоучитель C++ Builder / Н. Б. Культин; – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 320 с. : ил.
- 5 Atmel Corporation // 8-bit Microcontroller ATmega 128. – 2002. – Р. 373. [Electronic resource]. – URL: <http://atmel.com>.
- 6 **Борцов, Ю. Н.** Программно-аппаратный комплекс на основе микроконтроллера для проведения лабораторных работ по курсу общей физики / Ю. Н. Борцов, И. А. Волков, Л. В. Горчаков; – Современные проблемы теории и методики обучения физике, информатике и математике.

– Екатеринбург : Уральский государственный педагогический университет, 2009. – С. 63–66.

7 **Фридмен, М.** Проектирование систем с микроконтроллерами: Пер. с англ. / М. Фридмен, Л. Ивенс; – М. : Мир, – 1986. – 405 с.

8 Краткий учебный курс – микроконтроллер AVR и PIC. 2004–2010. [Электронный ресурс] – URL: <http://avr123.nm.ru> (дата обращения: 21.05.2010).

9 **Мортон, Дж.** Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. : Пер. с англ. / Дж. Мортон; – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 272 с. : ил.(Серия «Мировая электроника»).

10 Maxim Integrated Products // Maxim, Multichannel RS-232. – 2000. – Р. 36. [Electronic resource]. – URL: <http://maxim-ic.com> (access date: 21.05.2010).

11 **Горчаков, Л. В., Вишенкова, Ю. А., Нургожина, М. М.** Некоторые проблемы современного учебного приборостроения и их решение // Вестник ПГУ, серия физико-математическая. – № 4. – 2015. – С. 42–51.

12 **Горчаков, Л. В., Вишенкова, Ю. А., Волков, И. Л.** Прибор для выполнения лабораторной работы «Изучение процессов зарядки и разрядки конденсатора // Научный журнал Павлодарского государственного университета. Вестник ПГУ, энергетическая серия. – № 4. – 2016. – С. 52-75.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Л. В. Горчаков¹, Ю. А. Вишенкова², И. А. Волков¹

Кернеу резонанс құбылысын зерттеу үшін аппараттық-бағдарламалық камтамасыз ету жүйесі

¹Томск мемлекеттік университеті, Томск қ., Ресей;

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

L. V. Gorchakov¹, Yu. A. Vishenkova², I. A. Volkov¹

Hardware-software complex for studying the phenomenon of stress resonance

¹Tomsk State University, Tomsk, Russia;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan.

Material received on 18.09.17.

Қағаз резонанс құбылысын пайдаланып микроконтроллерлер пайдалануға негізделген автоматтандырылған зертханалық жұмыстарды дамыту зерттейді.

The work is devoted to the study of the creation of automated laboratory works based on the use of microcontrollers applying the phenomenon of resonance.

УДК 665.777.4:543.551

К. Х. Жапаргазинова¹, Б. Б. Жаукенова²

¹к.х.н., профессор; ²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ²bibigul_zhaukenova@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЫ В ПРОКАЛЕННОМ НЕФТЯНОМ КОКСЕ

В настоящей статье приведен обзор аналитических методов определения массовой доли серы в прокаленном нефтяном коксе, используемых на базе производственной лаборатории ТОО «УПНК-ПВ». Представлены и проанализированы сравнительные характеристики методов гравиметрического (метод Эшка), титриметрического, рентгенофлуоресцентного анализа и абсорбционной кулонометрии.

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

ВВЕДЕНИЕ

Процесс замедленного коксования и прокалики нефтяного кокса – одни из самых динамично развивающихся процессов мировой нефтепереработки. Если процесс замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков переработки нефти способствует увеличению производства моторных топлив и соответственно глубины переработки нефти, то при прокалике сырого нефтяного кокса образуется продукт – прокаленный кокс, молекула которого имеет высоко организованную кристаллическую структуру [1].

В рамках государственной программы индустриально-инновационного развития на 2015-2019 гг. Республики Казахстан на территории специальной экономической зоны г. Павлодар в октябре 2015 г. был произведен запуск технологического процесса прокалики нефтяного кокса на заводе ТОО «Установка прокалики нефтяного кокса» (далее «УПНК-ПВ»). Проектная мощность завода – 205 тыс. тонн прокаленного нефтяного кокса в год. Основным сырьем служит сырой нефтяной кокс, производимый на Павлодарском нефтехимическом заводе. Реализованный проект «УПНК-ПВ» нацелен на обеспечение потребности внутреннего рынка страны прокаленным нефтяным коксом, что является сырьем для изготовления анодов при производстве алюминия в АО «Казахстанский электролизный завод». Требования к качеству обожженных анодов очень высоки, следовательно, и для сырья – прокаленного нефтяного кокса [2]. Уровень содержания серы в прокаленном коксе является очень важным фактором для потребителей по причинам экологии. В электрохимическом процессе выработки первичного алюминия сера почти полностью преобразуется в двуокись серы. Выбросы двуокиси серы обычно регламентируются природоохранным законодательством, что приводит производителей алюминия к использованию низкосернистого прокаленного кокса. Сера – весьма вредная примесь в анодах. В процессе электролиза она переходит в газовую фазу в виде окислов. Кроме того, наличие серы в аноде приводит к снижению выхода по току, а также к повышенной коррозии стальных деталей анодного узла электролизера, а значит, и к увеличению содержания железа в катодном алюминии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Органические соединения серы являются природным компонентом сырой нефти. Основные формы присутствия серосодержащих соединений в нефтепродуктах следующие:

- сероводород H_2S , образующийся при термическом разложении серосодержащих соединений;
- элементарная сера, продукт окисления сероводорода;
- меркаптаны $R-SH$;
- сульфиды или тиоэфиры $R-S-R$;
- дисульфиды и полиотиоэфиры $R-S \dots S-R$;
- тиофен C_4H_4S и его производные;
- тиофан или тетрагидротиофен C_4H_8S и его производные;
- бициклические и полициклические серосодержащие соединения;
- кислые и средние эфиры серной кислоты и сульфокислоты, образующиеся в процессе очистки нефтяных дистиллятов.

Присутствие этих соединений нежелательно, т.к. они придают нефтепродуктам неприятный запах, вызывают коррозию оборудования и загрязняют атмосферу при сгорании. Соединения серы отравляют дорогостоящие катализаторы переработки нефти и, выделяя в атмосферу оксиды серы при сгорании, создают экологические проблемы [3].

При термическом воздействии в процессе переработки нефти сера и ее соединения попадают в нефтепродукты в различных концентрациях. Значительный интерес при выборе нефти для производства нефтяных коксов представляет переход серы из нефти в сырье коксования и в кокс. При известной закономерности: чем больше серы в нефти, тем больше ее в продуктах переработки и, в частности, в сырье коксования и в нефтяных коксах, интенсивность «перехода» серы характеризуется индивидуальными особенностями нефти. Существенное влияние на содержание серы в нефтяных коксах оказывают условия подготовки и выбор составляющих сырья коксования [4]. Так, повышенное содержание в сырье коксования карбенов и карбоидов и нативных асфальтенов, повышает коэффициенты соотношений содержания серы в коксах к содержанию серы в сырье коксования. Коэффициенты этих соотношений могут изменяться от 1-1,5 для высокоароматизированных видов и до 2-3 для сырья с высоким содержанием нативных асфальтенов и карбоидов [5].

Разработано множество методов определения серы в нефтепродуктах, от классических химических, например, сжигание в бомбе или лампе с последующим титриметрическим или гравиметрическим окончанием, до современных инструментальных, включая ультрафиолетовую и рентгеновскую флуоресценцию.

Выбор подходящего метода для решения аналитической задачи зависит от природы и состава анализируемого объекта, требуемого диапазона концентраций, точности, а также бюджетных возможностей лаборатории.

Все методы определения серы в нефтепродуктах можно условно разделить на 3 группы:

1 Методы, основанные на окислении серы и последующем определении оксидов: ASTM D129, D1266, D1551, D1552, D3120, D5453, D6920 и их аналоги.

2 Методы, основанные на восстановлении серы до H₂S: ASTM D4045, UOP 357, ГОСТ 13380.

3 Спектральные методы:

а) основанные на рентгеновском излучении: ASTM D2622, D4294, D6334, D6443, D6445, D7039, D7212, D7220 и их аналоги;

б) атомно-эмиссионные: ASTM D4951, D5185 [6].

В СНГ в качестве арбитражного метода определения серы в нефти и в темных нефтепродуктах принят так называемый ускоренный метод сжигания

в трубке по ГОСТ 1437-75, в основе которого лежит сжигание образца при температуре 900-950 °С с последующим газожидкостным поглощением образующихся оксидов серы, содержание последних определяется кислотно-основным титрованием. Однако литературные данные свидетельствуют о том, что сгорание сероорганических соединений при температуре 950 °С не происходит полностью. Так, например, в стандарте ASTM D 1552-95 указывается, что даже при температуре 1370 °С окисление серы происходит примерно на 97 %, что приводит к заниженным результатам ее определения [7].

На базе производственной лаборатории «УПНК-ПВ» для определения массовой доли серы в прокаленном нефтяном коксе используются несколько методов: рентгенофлуоресцентный анализ, метод объемного титрования, метод гравиметрии (Эшка), кулонометрический метод.

Наиболее давними способами определения серы в прокаленном нефтяном коксе являются титриметрический и гравиметрический методы анализа. При использовании этих методов высока вероятность совершения субъективной погрешности, связанная с большим количеством действий исполнителя. Кроме того, данные методы уступают по критерию экспрессности, что неприемлемо для производства, где одинаково важны и достоверный результат определения, и минимальная затрата времени на анализ.

В связи с развитием инструментальных методов анализа существуют более достоверные и быстрые способы идентификации веществ. К примеру, рентгенофлуоресцентный анализ. Несомненным преимуществом данного метода является высокая точность результата и минимальное время, затраченное на анализ. Однако, высокая себестоимость оборудования и вспомогательных материалов делает этот метод затратным и труднодоступным с экономической точки зрения.

В настоящее время производственная лаборатория «УПНК-ПВ» располагает оборудованием китайского производства – «Анализатор серы Sundry SDS IVa». Метод определения массовой доли серы основан на кулонометрическом титровании в потоке очищенного воздуха, во время высокотемпературного окисления анализируемой пробы. В результате окислительно-восстановительной реакции изменяется величина электродвижущей силы электродов. Прошедшее количество электричества прямо пропорционально содержанию общей серы в анализируемой пробе. Расчет происходит автоматически с помощью программного обеспечения. На точность результатов оказывают влияние такие погрешности как – изменение потока воздуха, нарушение герметичности, значение ниже нормы водородного показателя.

Основные сравнительные параметры методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе, используемые лабораторией «УПНК-ПВ» приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе

№ п/п	Основные сравнительные параметры	Наименование метода			
		Метод титриметрии	Метод Эшка	Метод абсорбционной кулонометрии	Рентгенофлуоресцентный метод
1	Прибор (анализатор)	ПОСТ – 2Мк	–	Анализатор SDS-IVa (Китай)	Epsilon 3x PANalytical (Нидерланды)
2	Аналитическая основа метода	Сжигание в кварцевой трубке	Осаждение, сжигание, взвешивание	Окислительное сжигание и электрохимическое детектирование	Окислительное сжигание и электрохимическое детектирование
3	Обозначение НД	ГОСТ 1437-75	ГОСТ 8606	ASTM D6920-03 CT TOO 111240008552-02.07-019-2016	СТ РК ИСО 8754-2004 (ИСО 8754:2003)
4	Ограничения, отрицательные факторы	Мешают металлы, фосфор, хлор	В основном мешает хлор (Трудоемкий, по длительности не удовлетворяет требований производства)	Влага, образующаяся на стадии сгорания. Эквивалентные количества азота	Мешают добавки, содержащие тяжелые металлы. Кремний, фосфор, кальций, калий и галиды мешают в присутствии нескольких сотен мг/кг.
5	Воспроизводимость [значение]/ [концентрация]	0,20 % / (0,1 – 1 %)	0,10 % / (до 5 %)	0,20 % / (1,5–4 %)	0,014 % / 0,03%
6	Время определения в составе одного образца	60–90 минут	Более 12 часов	3–6 минут	7–8 минут

В таблице 1 сравнение методов определения серы приведены в отношении диапазонов определяемых концентраций, точности определения и возможных ограничений.

Самым чувствительным методом является рентгенофлуоресцентный метод, соответственно у него низок и предел воспроизведения. Методы титриметрии и абсорбционной кулонометрии имеют одинаковые значения воспроизводимости при разных пределах обнаружения. Метод Эшка в сравнении с вышеуказанными двумя методами допускает предел воспроизводимости значений лишь до 0,10 %. По критерию экспрессности значимы методы рентгенофлуоресценции и абсорбционной кулонометрии. Но стоит отметить что при рентгенофлуоресцентном анализе достаточное количество времени затрачивается на подготовку пробы, так как фракция должна измельчаться до макрочастиц. Метод Эшка очень длителен по причине неоднократного

промыывания пробы и осаждения сульфатов, что в общей сложности занимает почти 12 часов. Как видно из таблицы почти во всех случаях основным мешающим элементом определения серы в прокаленном коксе является хлор, кроме кулонометрического метода анализа, где основным отрицательным фактором выступает влага, образующаяся на стадии сгорания вещества в трубке.

ВЫВОДЫ

Таким образом, нет однозначно эффективного метода определения серы в прокаленном нефтяном коксе, используемых на базе производственной лаборатории «УПНК-ПВ».

В дальнейшем планируется определение массовой доли серы вышеуказанными методами в реальных образцах прокаленного кокса. Полученные результаты исследования позволят идентифицировать наиболее эффективный метод определения массовой доли серы в прокаленном нефтяном коксе, что позволит рекомендовать его для производства в качестве основного метода анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Валявин, Г. Г.**, «Перспективы развития процесса замедленного коксования и нетрадиционное направление использования нефтяного». / Г. Г. Валявин, В. П. Запорин, С. В. Сухов, Р. Г. Габбасов, В. С. Загайнов, М. И. Стуков // «Нефтепродукты: технологии, инновации, рынок». – 2011. – №6. – С. 22–24.

2 Завод по производству прокаленного нефтяного кокса введен в Павлодаре. – Павлодар. – 22.10.2015. – Казиформ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inform.kz>, свободный.

3 **Рыбак, Б. М.**, «Анализ нефти и нефтепродуктов». / Б. М. Рыбак и др. // М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. – 1992. – С.50–52.

4 **Ахметов, М. М.**, «Химия твердого топлива». – 1991. – № 2. – С. 88.

5 **Ахметов, М. М.**, «Механизм термического удаления серы и формирование углеродной матрицы кокса». // Сб. науч. тр. БашНИИ НП. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1987. – Вып. 26, ДСП. – С. 126.

6 **Kishore, A., Nardkarni, R.** «Depending of properties of Calcined Coke to anodes» (Влияние свойств прокаленного кокса при получении анодов). / A. Kishore, R. Nardkarni. // ASTM standardization news. (Новости стандартов ASTM) – June, 2004. – Р. 32–36.

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

К. Х. Жапаргазинова, Б. Б. Жаукенова

Қыздырылған мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау әдістерінің тиімділігін зерттеу

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

K. Kh. Zhapargazinova, B. B. Zhaukenova

Research of sulfur determination methods efficiency in calcined petroleum coke

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада ЖШС «УПНК-ПВ» зауытының өндірістік зертханасы қолданатын қыздырылған мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау әдістерінің сипаттамасы берілген. Дәлірек айтқанда, гравиметрия, титриметрия, рентгенфлуоресценттік талдау және абсорбциялық кулонометрия әдістерінің негізгі көрсеткіштері салыстырылып, талданды.

This article provides an overview of analytical methods of determination of sulfur mass in calcined petroleum coke used in production laboratory of the «Petroleum Coke Calcination Unit–Pv» LLP. It is presented and analyzed comparative characteristics of methods for gravimetric, titrimetric, XRF analysis and absorption coulometry.

К. Х. Жапаргазинова¹, А. К. Хусаин²

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

ГИДРООЧИСТКА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

В данной статье рассматривается активность использования транспорта с дизельным двигателем за последние два десятилетия. Использование дизельного топлива имеет и ряд существенных недостатков, наиболее серьезным из которых является негативное влияние на окружающую среду, что в свою очередь может привести к изменению климата.

Ключевые слова: гидроочистка, дизельное топливо.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих странах мира нефтеперерабатывающая промышленность стоит перед решением проблем, связанных с введением более строгих спецификаций на моторные топлива и с изменением спроса на них. Особенно быстро в разных странах меняются спецификации на бензин и дизельное топливо, вынуждая нефтепереработчиков инвестировать средства в строительство новых или в реконструкцию действующих установок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Учитывая современные экологические тенденции, наметившиеся за последнее десятилетие в сфере производства и применения дизельного топлива в двигателях внутреннего сгорания, становится очевидным, что одна из наиболее важных задач, требующая своего незамедлительного решения – это уменьшение в данном виде топлив серосодержащих соединений. Снижение массовой доли серосодержащих соединений в дизельном топливе, во-первых, позволит снизить вредные выбросы в атмосферу в виде оксидов серы при сгорании, во-вторых – повысить эксплуатационную надежность двигателя внутреннего сгорания (за счет снижения коррозионного износа) и уменьшения расхода самого топлива. С 1.01.2005 года в странах ЕС действуют нормы по выбросам вредных веществ для автомобильной техники Евро 4, регламентирующие содержание серы в дизельном топливе не более 0,005 % масс [1].

Таблица 1 – Стандарты содержания серы в различных странах

Страна	Процент от продаж автомобилей в 2016 году	Количество содержание серы в топливе, ppm	
		Текущее значение	Будущее значение
Китай	25	350(50,10)	10
США	19	15	
ЕС	17	10	
Япония	6	10	
Бразилия	4	500	10
Индия	4	350	50
Россия	3	350	10
Канада	2	15	
Южная Корея	2	10	
Австралия	1	10	

Гидроочистка топлив – один из важнейших процессов нефтепереработки, позволяющий снизить содержание в них вредных примесей. Особенное значение гидроочистки возросло с увеличением добычи сернистых и высокосернистых нефтей. В настоящее время в Казахстане установлены более жесткие нормы по содержанию в топливах сероорганических соединений. В связи с экологическими требованиями казахстанские НПЗ переходят к выпуску дизельных топлив по стандарту ГОСТ Р 52368:2005, который соответствует современному стандарту Евро-5. Параметрами, которые регламентируют качества топлива Евро-5, являются цетановое число, которое должно быть не ниже 51, содержание серы не более 10 ppm и полициклических ароматических углеводородов не более 11 масс. % [2].

Большинство реакторов гидропереработки нефтяного сырья, находящихся в настоящее время в эксплуатации, спроектированы и построены в середине 70-х годов. Поскольку выходы продуктов и их качество изменились, многие нефтепереработчики смогли получить преимущества от использования прогресса в разработке катализаторов и избежать крупных капиталовложений в свои установки. Однако для того, чтобы полностью реализовать потенциал реакторной системы экономически эффективно, необходима подробная оценка рабочих характеристик и конструкции существующих реакторных систем в сочетании с тщательным рассмотрением имеющихся в наличии вариантов модернизации реакторов. По совершенствованию качества дизельных топлив большие усилия прилагают европейские страны. В них принята концепция ужесточения требований к

этому виду топлива, особенно по содержанию в нём сернистых соединений. В настоящее время ограниченное число нефтеперерабатывающих заводов в мире может получать дизельное топливо с ультранизким содержанием сернистых соединений. Кроме этого в этих топливах предусматривается уменьшение присутствия ароматических углеводородов, 98 %-й точки выкипания фракции и повышении цетанового числа.

Цетановое число для дизельных топлив является одним из важнейших показателей. Оно определяет промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения. Чем оно выше, тем более спокойно и плавно горит топливная смесь и тем лучше работает двигатель. Применение дизельных топлив с цетановым числом ниже 40 ед. приводит к жесткой работе двигателя. При этом возникают ударные нагрузки на поршень, увеличивается давление на подшипники, вызывая повышенный износ или разрушение. Возможна так же деформация или поломка поршневых колец и прорыв в картер большого количества газов. Согласно европейскому стандарту начиная с Евро-3 цетановое число топлив не должно быть не менее 51.

Таблица 2 – Характеристики дизельного топлива ЕС

Характеристики дизельного топлива	Единица измерения	Евро-2	Евро-3	Евро-4	Евро-5
Массовая доля серы, не более	%	500	350	50	10
Температура вспышки, не менее	°C				
для летнего дизельного топлива		40	40	55	55
для зимнего дизельного топлива		30	30	30	30
Цетановое число, не менее		45	49	51	51
Фракционный состав – 95 % объемных перегоняется при температуре, не выше	°C	360	360	360	360

Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%		11	11	8
---	---	--	----	----	---

Катализаторы гидрогенизационных процессов нефтепереработки основаны на универсальной композиции – Co(Ni)Mo(W)S на носителе, в качестве которого до настоящего времени применяют почти исключительно γ -Al₂O₃. Эта система обладает значительной гибкостью и способна в широких пределах менять свою активность и селективность при изменении способа синтеза, введении различных модифицирующих добавок, изменении условий сульфидирования, применении различных носителей и т.д. Гибкость и универсальность этой системы позволила создать сотни марок промышленных катализаторов гидроочистки.

Химия сульфидных катализаторов чрезвычайно сложна и несмотря на наличие мощных физико-химических методов исследования, до сих пор остаются вопросы, требующие своего разрешения. Однако в литературе приводится сравнение различных моделей активных компонентов сульфидных катализаторов и обсуждается их согласование с наблюдаемыми экспериментальными фактами. Результаты систематизации приводятся в обзорах и монографиях [3, 4, 5].

Используемые в промышленных гидрогенизационных процессах катализаторы являются сложными композициями, и в их состав входят, как правило, следующие компоненты:

- 1) металлы VII группы: Ni, Co, Pt, Pd, иногда Fe;
- 2) окислы или сульфиды VI группы: Mo, W, иногда Cr;
- 3) термостойкие носители с развитой удельной поверхностью и высокой механической прочностью, инертные или обладающие кислотными свойствами.

Никель, кобальт, платина или палладий придают катализаторам дегидрогидрирующие свойства, но они не обладают устойчивостью по отношению к отравляющему действию контактных ядов и не могут быть использованы в отдельности в гидрогенизационных процессах.

Молибден, вольфрам и их оксиды являются n-полупроводниками (как и Ni, Co, Pt и Pd). Их каталитическая активность по отношению к реакциям окисления – восстановления обуславливается наличием на их поверхности свободных электронов, способствующих адсорбции, хемосорбции, гомолитическому распаду органических молекул. Однако Mo и W значительно уступают по дегидрогидрирующей активности Ni, Co

и особенно Pt и Pd. Сульфиды же Mo и W являются p-полупроводниками (дырочными). Дырочная их проводимость обуславливает протекание гетеролитических (ионных) реакций, в частности, расщепления C-S, C-N и C-O связей в гетероорганических соединениях. Сочетание Ni или Co с Mo или W придает их смесям и сплавам бифункциональные свойства – способность осуществлять одновременно и гомолитические, и гетеролитические реакции и, что особенно важно, стойкость по отношению к отравляющему действию сернистых и азотистых соединений, содержащихся в нефтяном сырье.

Применение носителей позволяет снизить содержание активных компонентов в катализаторах, что особенно важно в случае использования дорогостоящих металлов. В зависимости от типа реакторов катализаторы на носителях изготавливают в виде таблеток, шариков или микросфер. Носители нейтральной природы (оксиды алюминия, кремния, магния и др.) не придают катализаторам на их основе дополнительных каталитических свойств.

Катализаторы гидроочистки широко распространены в основном в виде алюмокобальтмолибденовых АКМ и алюмоникельмолибденовых АНМ. В качестве носителя (матрицы) чаще всего используется активный оксид алюминия. Для различных видов сырья выбирается оптимальное количество оксидов никеля, молибдена и кобальта, вид и количество промотирующей добавки, а так же другие способы активации и модификации. Оксиды никеля, молибдена и кобальта, как правило, сульфидируют (переводят в сульфидную форму).

Наиболее распространённые для гидроочистки в отечественной и зарубежной практике катализаторы приведены в таблице 3. Особый интерес на сегодняшний день представляют катализаторы фирм Criterion Catalyst (С – 448), Haldor Topsoe (ТК – 554, ТК – 907, ТК – 908), AKZO Nobel (KF – 752). В России три катализаторные компании (ТНК-ВР-в Рязани и ОАО «НК «Роснефть» – в Ангарске и Новокуйбышевске) выпускают отечественные катализаторы гидроочистки, а также Элетрогорского института нефтепереработки выпускают серии ГО, которые способные конкурировать с мировыми катализаторами.

Таблица 3 – Катализаторы нефтяных фракций

Марка катализатора	Характеристика	Сырье	Форма	Типа носителя	Активные компоненты
Criterion Catalyst					
C - 448	Для получения низкосернистого дизельного топлива	Средние дистилляты, вакуумный газойль	Сформованные экструдаты	Al ₂ O ₃	CoMo
C - 447	Глубокое гидрообессеривание	Легкий и тяжелый вакуумный газойль, остатки	Сформованные экструдаты	Al ₂ O ₃	CoMo
«Haldor Topsøe»					
TK - 524	Глубокое гидрообессеривание	Легкий и вакуумный газойли	Трехлистник	Al ₂ O ₃	CoMo
TK - 907, TK - 908	Снижение ароматических углеводородов, низкая сероустойчивость	Легкий и вакуумный газойли	Трехлистник	Патент	Патент
AKZO Nobel					
KF-845	Высокая обессеривающая и деазотирующая активность	От бензина до вакуумного газойля	Четырехлистник	Al ₂ O ₃	NiMo
KF-752	Высокая обессеривающая активность	От дизельного топлива до вакуумного газойля	Четырехлистник	Al ₂ O ₃	CoMo

На Павлодарском нефтехимическом заводе на установке гидроочистки дизельного топлива, введенным в эксплуатацию в 1978 году, мощностью 2000000 т/год по сырью, используются 2 типа катализаторов:

- 1) Алюмокобальтмолибденовый: KG-55, KF-542-5R.
- 2) Алюмоникельмолибденовых: KF-1247-2E, KF-1241-3Q [6].

ВЫВОДЫ

В настоящее время важнейшей задачей установок гидроочистки на НПЗ Казахстана является массовый переход на производство экологически чистого дизельного топлива. В связи с этим возникает необходимость проведения их реконструкций. Основными составляющими, которой являются: переход на более эффективные катализаторы, уменьшение удельной объемной скорости подачи сырья в реактор, увеличение парциального давления водорода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ахметов, С. А.**, Глубокая переработка нефти и газа / С. А. Ахметов // – УФА : УГНТУ, 1996. – 405 с.
- 2 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа / С. А. Ахметов // – УФА : Гилем, 2002. – 672 с.
- 3 **Пилюгин, В. В., Богатых, К. Ф.** // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2000. – № 11. – 10–17 с.
- 4 Справочник современных нефтехимических процессов. Переработка углеводородов // Нефтегазовые технологии, 2000. – № 4. – С. 28–35.
- 5 **Капустин, В. М., Рудин, М. Г.** Химия и технология переработки нефти. / В. М. Капустин, М. Г. Рудин // – М. : Химия, – 2013. – 496 с.
- 6 Технологический регламент комбинированной установки ЛК-6У ТОО «ПНХЗ» Секция 300. Гидроочистка и депарафинизация дизельного топлива. // г. Павлодар, 121 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

К. Х. Жапаргазина, А. К. Хусаин

Дизель отынын гидротазарту

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

K. Kh. Zhapargazinova, A. K. Khussain

Hydrocleaning diesel fuel

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Соңғы екі онжылдықта дизельді автокөліктерді қолдану өсті. Айқын экономикалық пайдаға қарамастан, дизель отынын пайдалану бірнеше маңызды кемшіліктерге ие, олардың ішіндегі ең маңыздысы қоршаған ортаға зияны, бұл өз кезегінде климаттың өзгеруіне әкелуі мүмкін.

Diesel transport use has increased significantly over the past two decades. Despite the obvious economic benefits, diesel fuel has a number of disadvantages, the most serious of which is the negative impact on the environment, leading to climate change.

А. П. Кислов¹, А. В. Антонцев², Е. Б. Мухамадиев³

¹к.т.н, профессор; ²магистр наук, преподаватель; ³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДУКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ ПО СЕТЯМ

В статье приводятся методы исследования кондуктивных электромагнитных помех в электрических сетях с применением аппарата теории вероятности.

Ключевые слова: электромагнитная помеха, коэффициент искажения, качество электрической энергии.

ВВЕДЕНИЕ

Показатели качества электрической энергии (КЭ) являются параметрами случайных процессов, зависящими от многих случайных факторов, связаны с полем событий, характеризуются таблицами вероятностей. В стандарте 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.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В связи с этим методологию исследования кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям, рассмотрим на примере одной группы показателей КЭ ($K_U, K_{U(n)}, K_{2U}, K_{0U}$), 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 [1].

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.

Превышение 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 [2].

Процесс возникновения кондуктивной ЭМП по одному из перечисленных показателей КЭ ($K_U, K_{U(n)}, K_{2U}, K_{0U}$) представляется математической моделью [1, 2]

$$X[P(x_n \leq X \leq x_n) > 0.05; P(x_n < X < \infty) \neq 0] \subset \delta X, \quad (1)$$

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 [2, 3]

$$\delta X = e^{Xt}, \quad (2)$$

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 [3]

$$m_X(t) = \sum_{i=1}^n e^{x_i t} p(x_i). \quad (4)$$

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 [3],

$$\frac{d^k}{dt^k} e^{Xt} = X^k e^{Xt} \quad (8)$$

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

$$\left. \frac{d^k}{dt^k} m_X(t) \right|_{t=0} = \sum_{i=1}^n x_i^k p(x_i) = M[X^k] = v_k. \quad (10)$$

Теорема доказана.

Сравнивая приведенную теорему с подобной теоремой о начальных моментах в теории производящих функций [3], 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 $X' = X - v_1$, т.е. при отклонении величины X от математического ожидания v_1 (центр группирования), справедливо равенство

$$m_{X'}(t) = m_X(t). \quad (12)$$

Следовательно, можно принять, 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, определяются по выражениям:

$$P(x_n \leq X \leq x_n) = \int_{x_n}^{x_n} \varphi\{X, M[X], \sigma[X]\} dx : \quad (16)$$

$$P(x_{\text{н}} < X < \infty) = \int_{x_{\text{н}}}^{\infty} \varphi[X, M[X], \sigma[X]] dx. \quad (17)$$

Вероятность появления кондуктивной ЭМП δX рассчитывается по формуле

$$P(\delta X) = P(x_{\text{н}} \leq X \leq x_{\text{п}}) + P(x_{\text{н}} < X < \infty) - 0.05. \quad (18)$$

ВЫВОДЫ

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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». – Введен от 28 августа 1998 г. – № 338).

2 Benjamin, R. T. Cotts, Kevin L. Graf, William H. Bailey. Electromagnetic Interference Considerations for Electrical Power Systems // The Power Grid, 2017. – P. 137–170.

3 Apostolos Milioudis, Georgios Andreou, Dimitris Labridis. Optimum transmitted power spectral distribution for broadband power line communication systems considering electromagnetic emissions // Electric Power Systems Research. – Vol. 140. – 2016, November. – P. 958–964.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. П. Кислов, А. В. Антонцев, Е. Б. Мухамдиев

Желілер бойынша таратылатын кондуктивті электромагниттік кедергілерді зерттеу әдістемесі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

А. П. Кислов, А. В. Антонцев, Е. Б. Мухамдиев

The research methodology of conductive electromagnetic noise spreading over the grids

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада желілер бойынша таратылатын кондуктивті электромагниттік кедергілерді ықтималдылық теория аппаратының негізінде зерттеу әдістемесі қарастырылады.

In this article the research methodology of conductive electromagnetic noise spreading over the grids is considered based on the probability theory.

УДК 621.3

А. П. Кислов¹, А. В. Антонцев², М. Е. Нугманов³

¹к.т.н, профессор; ²магистр наук, преподаватель; ³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

В статье рассматривается улучшенный алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи с использованием значений напряжений обратной последовательности.

Ключевые слова: электромагнитная помеха, несимметрия напряжений, качество электрической энергии.

ВВЕДЕНИЕ

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.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГОСТ 13109-97 характеризует несимметрию напряжений в трехфазных трехпроводных электрических сетях коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности, который допускается определять в процентах по формуле [1]

$$K_{2U} = \frac{U_{A2}}{U_{A1}} 100. \quad (1)$$

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 [2, 3].

$$\begin{pmatrix} K_{2U1}, K_{2U2}, K_{2U3}, \dots, K_{2Ui}, \dots, K_{2Un} \\ P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n \end{pmatrix}. \quad (2)$$

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) 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 [3].

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 ($K_{2U,n}; K_{2U,p}$) 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 [1]. В соответствии с этим графиком вероятность

появления кондуктивной ЭМП δK_{2U} в трехфазной трехпроводной электрической сети составляет

$$P(\delta K_{2U}) = P(2 \leq \delta K_{2U} \leq 4) + P(4 < K_{2U} < \infty) - 0.05. \quad (9)$$

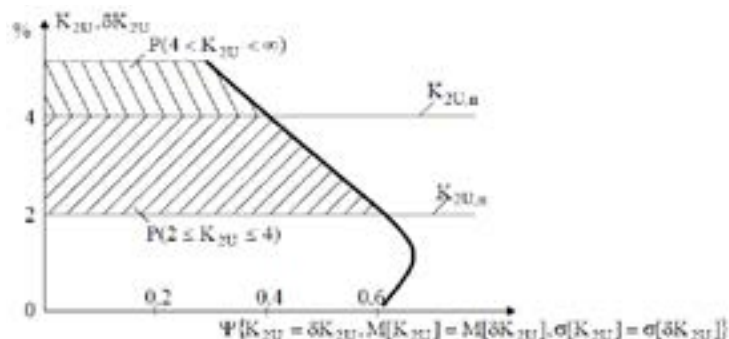


Рисунок 1 – График плотности вероятности распределения случайной величины K_{2U} совмещенный с нормируемыми значениями уровней ЭМС по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности

ВЫВОДЫ

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».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». – Введен от 28 августа 1998 г. – № 338).

2 Benjamin, R. T. Cotts, Kevin L. Graf, William H. Bailey. Electromagnetic Interference Considerations for Electrical Power Systems // The Power Grid, 2017. – P. 137–170.

3 Apostolos Milioudis, Georgios Andreou, Dimitris Labridis. Optimum transmitted power spectral distribution for broadband power line communication systems considering electromagnetic emissions // Electric Power Systems Research. – Vol. 140. – 2016, November. – P. 958–964.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

A. П. Кислов, А. В. Антонцев, М. Е. Нугманов

Керіреттілік бойынша кернеулердің мағыналарының коэффициенті бойынша кондуктивті электромагниттік кедергінің есептеу алгоритмі

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. P. Kislov, A. V. Antontsev, M. E. Nugmanov

Algorithm for calculation of conductive electromagnetic interference by the unbalance factor of the negative sequence voltage

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Осы мақалада керіреттілік бойынша кернеулердің мағыналарының коэффициенті бойынша кондуктивті электромагниттік кедергінің есептеу алгоритмі қарастырылады.

The paper considers an improved algorithm for calculating conductive electromagnetic interference using negative sequence voltage values.

**К. Т. Кошек¹, А. А. Савостин²,
А. А. Кашевкин³, А. Е. Адильбеков⁴**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника»; ²к.т.н., доцент, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника»; ³докторант PhD, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника»; ⁴магистрант, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника», Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск

e-mail: ¹kkoshekov@mail.ru; ²alexey.savostin@gmail.com;

³kashevkin2004@mail.ru; ⁴alibekadilbek93@mail.ru

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящей статье обсуждается общая структура и принципы организации интеллектуальной системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий.

Ключевые слова: система диагностики и мониторинга, нефтегазовое оборудование, беспроводные технологии, структурная схема.

ВВЕДЕНИЕ

В Послании Президента РК народу Казахстана от 17 января 2014 года указано: «Нам важно повысить эффективность традиционных добывающих секторов. Они – наше естественное конкурентное преимущество. Нам нужны новые подходы к управлению, добыче и переработке углеводородов, сохраняя экспортный потенциал нефтегазового сектора. Надо окончательно определиться по возможным сценариям добычи нефти и газа».

Многолетний практический опыт показал, что для контроля технического состояния узлов машинного оборудования метод анализа диагностических сигналов является одним из наиболее информативных.

Под понятием «анализ сигналов» [1] подразумевают изучение функциональных зависимостей измеряемых параметров от одной или нескольких независимых переменных, причем, чаще всего в качестве переменных используются время, частота, пространственная координата или порядковый номер в группе независимых измерений.

Существует множество методов анализа и обработки сигналов [2]. Условно они делятся на две группы в зависимости от параметрического представления:

– во временной области: математический анализ формы сигнала и собственных колебаний, статистический и корреляционный анализ;

– в частотной области: фильтрация, спектральный и кепстральный анализы, спектральный анализ огибающей и т.д.

В настоящее время на основе применения вышеуказанных методов наблюдается внедрение «интеллектуализации» в диагностическое оборудование путем создания экспертных систем контроля состояния и диагностики машин и механизмов с применением беспроводных технологий.

В этих условиях, цель данной работы, направленной на создание системы мониторинга и диагностики, включающей программное обеспечение на основе интеллектуальных алгоритмов сбора, первичной обработки и распознавания диагностических и управляющих сигналов нефтегазового оборудования с применением беспроводных коммуникационных технологий в режиме реального времени является весьма актуальной задачей.

Разработанная система может использоваться как набор автономных интеллектуальных инструментов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в нефтегазовой отрасли существуют две проблемы, нуждающиеся в срочном разрешении.

Первая проблема связана с тем, что более половины объектов оборудования нефтегазового сектора отработали свой нормативный срок. Аварии на нефтегазовых объектах приводят к тяжелым последствиям, как для окружающей среды, так и для населения. Некоторые аварии приводят к катастрофам.

Вторая проблема связана с тем, что в условиях мировой конкуренции на рынке наблюдается резкое падение цен на продукцию, снижение показателей эффективности добычи и транспортировки, «трудноизвлекаемость» в смысле геологии пласта.

Чтобы оставаться рентабельными и успешно разрешить вышеприведенные проблемы, игроки нефтегазового рынка неизбежно должны заниматься сокращением издержек и повышать свою эффективность.

Современное состояние в нефтегазовой отрасли требует внедрения интеллектуальных технологий. Несмотря на определенные научно-технические достижения, как считают ученые, работы по интеллектуализации не ведутся активно, а также имеются ряд проблем, которые требуют неотложного решения.

В результате создания системы должны быть улучшены значения следующих показателей:

- количественные и качественные характеристики мониторинга и диагностики с лингвистическими оценками;
- точность идентификации и распознавания дефектов;
- надежность функционирования оборудования;
- время сбора и первичной обработки диагностических и мониторинговых сигналов;
- количество информационных систем (традиционная, по обработки диагностических сигналов, и с применением искусственного интеллекта);
- время, затрачиваемое на обработку информации;
- точность прогнозирования возникновения дефектных состояний;
- вероятность определения дефектов.

Общая структурная схема интеллектуальной компьютерной системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования представлена на рисунке 1. Согласно рисунку 1 под нефтегазовым оборудованием будем понимать совокупность насосного оборудования, применяемого при добыче углеводородов, а также станки-качалки, используемые при эксплуатации нефтегазовых скважин.

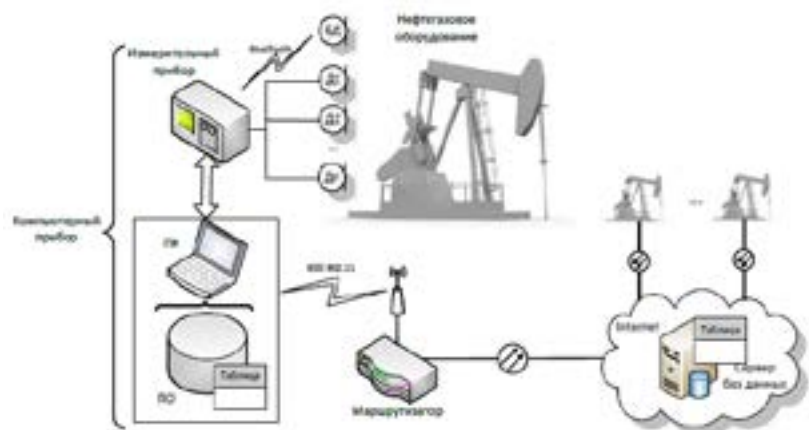


Рисунок 1 – Общая структурная схема интеллектуальной системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования

Рассмотрим предложенные принципы организации интеллектуальной системы. Датчики для измерения вибрации (в размерности – ускорение, скорость, перемещение) Д1 – Дп производят сбор информации о состоянии

исследуемого технологического процесса. Данные с датчиков, поступающие по аналоговым интерфейсам, подвергаются процедуре аналого-цифрового преобразования в измерительном приборе. Помимо проводных интерфейсов имеется возможность применения беспроводной технологии передачи данных стандарта Bluetooth с датчиков вибрации (БД на рисунке 1).

В качестве измерительного прибора в системе используется разработка компании НПП «РОС» (Россия, г. Пермь) под коммерческой маркой «Камертон» [3]. Данный тип оборудования позволяет производить следующие операции:

- создание и ведение баз данных замеров вибрации и ваттметрграмм;
- просмотр замеров вибрации и ваттметрграмм со всеми необходимыми математическими преобразованиями;
- реализация оценки текущего технического состояния по параметрам вибрации и потребляемой мощности;
- автоматическое определение неисправностей оборудования;
- расчет остаточного ресурса объектов исследования.

Данный тип измерительного прибора был выбран на основании его функциональных возможностей, а также благодаря опыту и авторитету компании разработчика. ООО НПП «РОС» уже несколько десятков лет поставляет системы для нефтяной, газовой, химической, металлообрабатывающей, транспортной, металлургической, горнодобывающей и других отраслей промышленности.

Измерительный прибор объединен с персональным компьютером (ПК), на котором установлено программное обеспечение (ПО). Все это вместе представляет собой предложенный авторами компьютерный прибор (КП). Программное обеспечение производит автоматическое определение неисправностей оборудования и формирование соответствующей базы диагнозов и эталонов.

Информация с анализируемых объектов нефтегазового оборудования, расположенных в зоне прямой видимости (LoS/LineofSight) передается при помощи беспроводного транспортного канала IEEE 802.11.

Управление сетью передачи данных реализуется на маршрутизаторе с предустановленным дистрибутивом OpenWRT на ядре GNU/Linux. Это позволяет создать систему с расширенным функционалом и гибкостью настроек управления транспортными потоками данных.

Накапливаемая информация в базе данных об исследуемом оборудовании передается на удаленный сервер Lighttpd и PHP5 с базами данных SQLite3 в сети Internet, где аккумулируются в глобальной базе данных и доступна для просмотра и мониторинга экспертом удаленно. Предоставление доступа в интернет осуществляется при помощи оптоволоконного канала связи. В

случае возникновения внештатных ситуаций (нарушение производственного процесса) данные по тревоге доставляются эксперту в виде push-уведомлений.

Для сохранения конфиденциальности данных и предотвращения несанкционированного доступа в сети Wi-Fi необходимо использовать современные алгоритмы шифрования AES/CCMP – алгоритм, основанный на AES256 с дополнительными проверками и защитой. Кроме того при работе с Internet предусмотрено использование протокола HTTPS – расширение протокола HTTP, поддерживающее шифрование. Данные «упаковываются» в криптографический протокол SSL или TLS.

Используемый в работе измерительный прибор способен регистрировать и обрабатывать сигналы от датчиков. Для регистрации вибросигналов и записи их в память прибора используются вибродатчики и комплект соединительных проводов. Выбор типа используемых датчиков зависит от физической природы исследуемого явления, в данном случае – вибрации. В связи с этим в работе необходимо использовать датчики-акселерометры. Для выбора типа используемых акселерометров нужно провести анализ датчиков, представленных на рынке (пьезоэлектрические, пьезорезистивные и на переменных конденсаторах).

Датчики устанавливают на контролируемом оборудовании, так чтобы направление оси основной чувствительности было параллельно направлению контролируемых колебаний. Для вибропреобразователей, имеющих только токовый выход, используется двухпроводная схема подключения (токовая петля). Такая линия связи отличается высокой помехоустойчивостью и отсутствием перекрестного влияния каналов друг на друга при прокладке нескольких пар линий связи в общем жгуте.

В системе предусмотрено подключение других стандартных выходов.

Кроме всего прочего в работе применяются портативные универсальные измерители вибрации WIS «Flagman» (НПП «РОС») с беспроводным каналом связи и возможностью работы с ПК, ноутбуком и другими устройствами. Это необходимо для повышения мобильности и организации удаленного контроля. Этот датчик может применяться как автономный прибор для измерения параметров вибрации, так и в составе переносных и стационарных систем мониторинга и диагностики технологического оборудования и конструкций.

В качестве измерительного прибора в исследовании используется многоканальный синхронный регистратор и спектроанализатор «Камертон» (далее «измерительный прибор»). Измерительный прибор предназначен для следующих целей:

1 Синхронная регистрация, спектральная обработка и графический анализ сигналов с датчиков. Количество синхронно регистрируемых сигналов – 8 и может изменяться пользователем в произвольной конфигурации в рамках количества каналов.

2 Решение практических проблем оперативной диагностики состояния оборудования при помощи встроенных в компьютер экспертных систем, поиска дефектов различных механизмов и конструкций. Стандартно прибор поставляется с экспертной системой «IDSKамертон-Д», предназначенной для спектральной диагностики вращающегося оборудования.

3 Создание и «ведение» баз данных по зарегистрированным сигналам, сосредоточенных в специальных директориях программы, соответствующих конкретным предприятиям и подразделениям. При помощи этой базы данных можно контролировать техническое состояние оборудования, выявлять тенденции его изменения [3].



Рисунок 2 – Внешний вид измерительного прибора

В измерительном приборе в качестве блока регистрации и синхронизации используется внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ E14-440 производства ЗАО «Л-КАРД» (г. Москва, РФ) [4]. Модуль E14-440 представляет собой современное универсальное программно-аппаратное устройство для использования со стандартной последовательной шиной USB. Он предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода/вывода и обработки аналоговых и цифровых данных в составе персональных IBM-совместимых компьютеров. Модуль E14-440 внесен в Государственный реестр средств измерений РФ.

Для эффективной работы экспертной системы рекомендуется использовать компьютер типа «Notebook» с процессором Pentium4 или выше, с операционной системой «Windows XP» и выше. Объем оперативной памяти компьютера – не менее 256 Мб, желательно 512 Мб. Для удобства работы с программой компьютер пользователя должен быть оснащен манипулятором типа «мышь». В более современных компьютерах используются манипуляторы «Trackball», «TouchPad» или иной конструкции. Базовая версия программного обеспечения прибора «Камертон» занимает на жестком диске

примерно 20 Мб. На жестком диске, кроме места для программы, следует предусматривать свободный объем памяти примерно от 10 до 500 Кб памяти для каждого замера (в зависимости от параметров замера).

В результате проведенного анализа беспроводных стандартов и систем передачи данных установлено, что в настоящее время происходит увеличение пропускной способности каналов связи, а также радиуса (дальности) их действия. Причем данная тенденция наблюдается на следующих радиочастотных протоколах: Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, ZigBee, GPRS, WCDMA, В отличие от соединения с помощью микроволнового канала (радиорелейная и спутниковая передача данных), радиочастотные каналы передачи требуют гораздо меньших материальных вложений, как при развертывании, так и при дальнейшей эксплуатации. Беспроводная технология передачи данных имеет главное достоинство среди других систем передачи – это высокая мобильность, что является основополагающим фактором при организации канала связи на открытой местности в условиях сложного технологического процесса [5, 6].

С точки зрения оптимальности выбора с позиции экономичности, скорости передачи и радиуса действия среди перечисленных выше стандартов, наиболее удовлетворяющими решаемым задачам, будут беспроводные локальные сети (WirelessLocalAreaNetwork, WLAN) на основе протокола Wi-Fi.

Для увеличения радиуса действия канала передачи используется специальные внешние антенны. В данном случае под термином «внешняя» надо понимать не наружное ее расположение, а то, что антенна подключается взамен штатной, предусмотренной изготовителем на ПК или маршрутизаторе. С одной стороны, антенна не нарушает требований относительно эквивалентной изотропно-излучаемой мощности, а с другой – все-таки усиливает сигнал, но тоже не в привычном смысле понятия «усиление». В действительности усиления как такового не происходит, ведь антенна Wi-Fi является полностью пассивным устройством, которому неоткуда брать энергию для усиления.

На основании проведенного анализа также можно произвести выбор подходящих стандартов для сбора информации с датчиков. Как показывает практика для этого целесообразно использовать стандарт IEEE 802.15/802.15.4 (BlueTooth) в силу его малого энергопотребления, надежности передачи данных и защиты информации (рисунок 1).

Технология Bluetooth (стандарт IEEE 802.15) позволяет осуществлять передачу данных по радиоканалу на небольшие расстояния (10–100 м) в нелицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц и соединять ПК, мобильные телефоны и другие устройства при отсутствии прямой видимости [6].

Технология Bluetooth поддерживает как соединения типа «точка–точка», так и «точка–много точек». Два или более использующих один и тот же канал устройства образуют пикосеть (piconet). Одно из устройств работает как

основное (master), а остальные – как подчиненные (slave). В одной пикосети может быть до семи активных подчиненных устройств, при этом остальные подчиненные устройства находятся в состоянии «парковки», оставаясь синхронизированными с основным устройством. Взаимодействующие пикосети образуют «распределенную сеть» (scatternet).

Технология Bluetooth позволяет устройствам связываться, как только они появляются в зоне действия друг друга, причем устройства не требуют настройки, – они всегда включены и работают в фоновом режиме.

Как известно, маршрутизатор представляет собой специализированный сетевой компьютер, имеющий два или более сетевых интерфейсов и пересылающий пакеты данных между различными сегментами сети. Маршрутизатор может связывать разнородные сети различных архитектур. Для принятия решений о пересылке пакетов используется информация о топологии сети и определённые правила, заданные администратором.

В соответствии с рисунком 1, используемый в системе маршрутизатор, должен пересылать пакеты, принимаемые по сети WLAN 802.11n, в сеть Internet на удаленный сервер с базами данных.

Применение в системе современных информационных технологий позволяет проводить сбор информации и обучение компьютерного прибора с привлечением большого числа исследуемых объектов, что в свою очередь повышает эффективность и скорость наращивания базы. Применение современных информационных технологий также существенно облегчает работу эксперта, поскольку он получает доступ к общей базе возможных диагнозов и состояний нефтегазового оборудования, хранящейся на удаленно сервере баз данных в сети Internet (как следует из рисунка 1).

Сервер баз данных (БД) выполняет обслуживание и управление базой данных и отвечает за целостность и сохранность данных, а также обеспечивает операции ввода-вывода при доступе клиента к информации [7].

Архитектура клиент-сервер состоит из клиентов и серверов. Основная идея состоит в том, чтобы размещать серверы на мощных машинах, а приложениям, использующим языковые компоненты систем управления БД (СУБД), обеспечить доступ к ним с менее мощных машин-клиентов посредством внешних интерфейсов.

ВЫВОДЫ

В этой статье мы кратко изложили актуальность создания системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий, указали цели создания этой системы. Предложена структура системы с указанием основных узлов и некоторыми аппаратными предпочтениями. Предложен комплексный подход по организации

глобальной базы знаний системы в сети Internet для эффективного доступа к данным экспертов из разнесенных точек проведения диагностирования, механизмы развертывания локальных беспроводных сетей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Барков, А. В., Баркова, Н. А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации. – СПб. : СПбГМТУ, 2004. – С. 176.

2 Блейхут, Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: Пер. с англ., – М. : Мир, 1989. – С. 448.

3 Многоканальный синхронный регистратор и спектроанализатор «Камертон» / Руководство пользователя. ООО «Научно-производственное предприятие «РОС». – Пермь, 2016.

4 E14-440. Внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ общего назначения на шину USB 2.0. – М. : ЗАО «Л-Кард», 1989 –2016.

5 Финогеев, А. Г. Беспроводные технологии передачи данных для создания систем управления и персональной информационной поддержки // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. – 51 с.

6 Агафонов, Н. Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi. // Беспроводные технологии. № 1. – 2006.

7 Крёнке, Д. Теория и практика построения баз данных, 8-е изд. / СПб. : «Питер», 2003. – 800 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

К. Т. Кошеков, А. А. Савостин, А. А. Кашевкин, А. Е. Адильбеков

Сымсыз технологиялар негізінде мұнай-газ жабдыктарына диагностика және мониторинг жүргізу жүйесі

М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавл қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

K. T. Koshekov, A. A. Savostin, A. A. Kashevkin, A. E. Adilbekov

System diagnostics and monitoring of oil and gas equipment based on wireless technologies

M. Kozybayev North-Kazakhstan State University, Petropavlovsk.

Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада сымсыз технологиялар негізінде мұнай-газ жабдығына диагностика және мониторинг жүргізу үшін интеллектуалды жүйені ұйымдастырудың жалпы құрылымы мен принциптері қарастырылады.

This article discusses the general structure and principles of the organization of intellectual system for diagnostics and monitoring of oil and gas equipment based on wireless technologies.

УДК 331.1

Т. И. Крекешева¹, С. Т. Омарова², М. К. Шакир³

¹к.б.н., руководитель лаборатории; ²научный сотрудник, магистр;

³специалист, Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда, г. Астана

e-mail: lrot@rniiot

ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА ПРИ ВАХТОВОМ МЕТОДЕ РАБОТЫ

В настоящей статье рассматриваются вопросы правового регулирования вахтового метода работы в Республике Казахстан, странах Организации экономического сотрудничества и развития и Евразийского экономического союза. Даны предложения по оптимизации режимов труда и отдыха при вахтовом методе работы для поддержания оптимального уровня работоспособности в течение вахтового периода и сохранение здоровья работников травмоопасных производствах.

Ключевые слова: правовое регулирование, вахтовый метод, режимы труда и отдыха.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях рыночной экономики организация труда становится одним из важных факторов повышения эффективности производства и сбережения трудовых ресурсов. В настоящее время на травмоопасных производствах республики распространен вахтовый метод производства работ, который представляет собой форму трудовой деятельности, когда работник осуществляет трудовой процесс вне места постоянного проживания.

Данный метод организации труда применяется при освоении нефтяных и газовых месторождений, добыче и переработке руд полезных ископаемых в малонаселенных местностях республики на значительном удалении производственных объектов от места нахождения предприятия и т.д.

Преимущество вахтового метода организации труда сменным (вахтовым) персоналом состоит в том, что он экономически выгоден и позволяет использовать межрегиональные и внутрирегиональные трудовые ресурсы в необходимых объемах.

Вахтовый метод работы влечет за собой применение особых режимов труда и отдыха, регулярных поездок к месту выполнения работ и обратно к месту жительства, что связано с применением режимов труда и отдыха, предусматривающих организацию работ как на весь вахтовый период, так и внутри рабочих смен.

К недостаткам вахтового метода работы относятся вынужденный социальный и психофизиологический дискомфорт, интенсивный труд во время вахтового периода, нарушенный стереотип жизнедеятельности, измененный привычный социальный уклад жизни. Работа в таком режиме сопровождается хроническом напряжением всех систем организма и, как следствие, повышенной заболеваемостью. Вышеперечисленные недостатки вахтового метода труда только частично компенсируются межвахтовыми периодами отдыха. В этой связи, высокую актуальность приобретает научное обоснование режимов труда и отдыха при вахтовом методе организации работы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вахтовый метод работ является особой формой осуществления трудового процесса, поэтому планирования режимов труда и отдыха при вахтовой форме организации труда имеет ряд особенностей. Так, например, при вахтовом методе работ устанавливается суммированный учет рабочего времени при сохранении нормального числа рабочих часов за период не более одного года. Месячные графики работы на вахте устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка предприятия и могут значительно варьировать в пределах года.

Оценка характера трудового процесса работников, занятых на вахтовом производстве, показала, что вахтовый труд относится по напряженности к вредному классу опасности, где напряженность труда чаще всего связана с удлиненной рабочей сменой в условиях вахты, усложнением технологических операций за вахтовую смену, создающих предпосылки для возникновения неблагоприятных нервно-эмоциональных состояний.

Применение вахтового метода организации труда в Казахстане регулируется, в основном, статьей 135 Трудового кодекса Республики

Казахстан (далее – ТК РК) [1]. В этой статье прописаны основные требования к обеспечению жизнедеятельности вахтового персонала, его доставки до места работы и обратно, а также об обязанностях работодателя по созданию условий для выполнения работ и междусменного отдыха, предоставлении жилья и организации питания в период нахождения вахтового персонала на объекте производства работ. Следует отметить, что направление работника на вахту не является командировкой.

В пункте 3 статьи 135 указаны категории работников, которые не допускаются работам, выполняемым вахтовым методом, с целью предупреждения неблагоприятных изменений состояния их здоровья, а именно, работники, не достигшие 18 летнего возраста, беременные женщины со сроком беременности двенадцать и более недель, инвалиды первой группы.

Следует отметить, что общие требования к организации труда и времени отдыха при вахтовом методе работы, прописанные в трудовом законодательстве РК, не учитывают специфику производства по видам экономической деятельности.

В настоящее время основные положения организации труда вахтовым методом на предприятиях РК отражаются в коллективном договоре или Положении о вахтовом методе работы, утверждаемых работодателем после согласования с представителями трудового коллектива. Данные документы могут не полной мере учитывать требования соответствующих нормативных документов по специфике вида экономической деятельности.

В этой связи, для обеспечения высокой эффективности производства работ вахтовым методом с учетом специфики вида экономической деятельности, соблюдения норм и требований безопасного производства работ, гарантий и компенсаций работников, в соответствии с действующим законодательством, важно Уполномоченному государственному органу, подведомственные предприятия которого применяют вахтовый метод организации работ, разработать Отраслевое положение о вахтовом методе организации труда, в котором будет прописан порядок применения вахтового метода организации работы с учетом специфических особенностей производства. В частности, отраслевые положения о вахтовом методе организации труда применяются в Российской Федерации (далее – РФ).

С целью оптимизации режимов труда и отдыха при вахтовом методе организации работы нами изучено законодательство в данной области стран Организации экономического сотрудничества и развития и Евразийского экономического союза.

В частности, условия применения вахтового метода работ в Канаде регулируется ТК Канады (Canada Labour Code, 1985). Отдельного упоминания

вахтовой формы организации труда (rotation crew method или job sharing) в этом законодательном акте не предусмотрено. Поэтому все вопросы, связанные с режимом и условиями применения вахтового метода, канадские компании устанавливают сами, руководствуясь при этом главой 3 ТК Канады, где для работников предусмотрен 8 часовой рабочий день при 40 часовой рабочей неделе. По согласованию с профсоюзами (Trade Unions), работодатель, в случае особого характера работ, имеет право вести суммированный (усредненный) учет рабочего времени. Работник в этом случае дает согласие на ведение работ по графику, установленному работодателем. Сверхурочная работа разрешается только в исключительных случаях с доплатой за каждый час работы сверх нормальной продолжительности в размере не менее установленной тарифной ставки. Остальные условия применения вахтового метода работ устанавливаются коллективными соглашениями, заключаемыми работодателями с представителями профсоюзов, а также трудовыми контрактами работников.

Изучение законодательства Норвегии по правовому регулированию вахтового метода организации труда показало, что организация труда вахтовым методом регулируется 3 основными законодательными актами: «Законом от 4 февраля 1977 г. № 4 об охране труда, условиях труда и пр.», «Постановлением об охране труда и условиях труда в нефтяной деятельности от 27.11.1992 г.» и «Законом о нефтяной деятельности от 22.03.1985 г. № 11». В соответствии с этими нормативными документами, основными условиями применения вахтовой формы организации трудового процесса являются нижеследующие:

- работник, принимающий участие в трудовой деятельности вахтовым методом, должен быть в возрасте не менее 18 лет (ст. 13 «Постановления об охране труда»);

- нормальное рабочее время не должно превышать 12 часов в сутки и должно составлять, в среднем, 36 часов в неделю в течение минимум одного года (ст. 14 «Постановления об охране труда»);

- перерывы на отдых должны быть не менее получаса при 8 часовом рабочем дне, и не менее 1 часа, если рабочее время составляет 12 часов в день, данные перерывы на отдых включаются в рабочее время (ст. 16 «Постановления об охране труда»);

- общее рабочее время, включая сверхурочную работу, не должно превышать 16 часов в сутки, общая продолжительность сверхурочной работы не должна превышать 200 часов в течение календарного года; работодатель и выборные представители работников могут заключить письменное соглашение, устанавливающее общую продолжительность сверхурочной работы в 300 часов в течение календарного года для каждого отдельного

работника (ст. 17 «Постановления об охране труда»); дополнительная оплата за сверхурочные работы составляет, как минимум, 40 % (ст. 49 п. 3 Закона об охране труда).

Министерство местного самоуправления и Норвежский директорат нефти осуществляют контроль за соблюдением условий труда (ст. 4 «Постановления об охране труда»). Споры об условиях, оправдывающих право на сокращение продолжительности рабочего времени, или о периодах свободного времени, разрешаются Инспекцией по труду (ст. 46 А п. 6 Закона об охране труда).

В США организация работы вахтовым методом распространена на Аляске и регулируется как федеральными законами, так и законами штатов, а именно, закон Вагнера 1935 г. «О трудовых отношениях», Акт о справедливых трудовых стандартах 1938 г., закон Хоббса 1946 г., закон Тафта-Хартли 1947 г. «О регулировании трудовых отношений», Приказ № 9835 «О проверке лояльности государственных служащих», закон Лэндрама-Гриффина 1959 г. «Об отчетности и раскрытии фактов в отношении между трудящимся и предпринимателями».

В регулировании организации работы вахтовым методом отсутствует специфика. В частности, Акт о справедливых трудовых стандартах (Fair Labor Standards Act) и Закон «О справедливых условиях труда», которыми установлен минимум заработной платы, порядок оплаты сверхурочных, продолжительность рабочей недели – 40 часов, учет сверхурочных часов за неделю и их оплата в полтора раза. Продолжительность обеденного перерыва при организации труда вахтовым методом устанавливается законодательством штата.

Правовое регулирование вахтового метода организации труда в странах Евразийского экономического союза изучено на примере Республики Беларусь (далее – РБ) и России.

В частности, законодательством о труде РБ не установлены какие-либо особенности регулирования вопросов, связанных с режимом рабочего времени и времени отдыха при вахтовой форме организации труда. При рассмотрении всех вопросов, связанных с применением вахтового метода работ, руководствуются соответствующими статьями ТК РБ [2].

Законодательно вахтовый метод организации работы в РБ урегулирован не полностью, поэтому нанимателю, организующему вахты, рекомендуют разрабатывать локальный нормативный правовой акт об организации вахтового метода работы и отражать все необходимые вопросы в нем.

Статьей 99 ТК РБ установлен перечень отраслей, в которых может использоваться вахтовый метод организации работы, и работникам предусмотрена компенсация в виде надбавок. Условия, порядок и размеры

выплаты надбавок за работы, предусмотренные частью первой настоящей статьи, определяются Правительством РБ.

Следует отметить, что при вахтовом методе организации работ в РБ может вводиться суммированный учет рабочего времени, обязательным условием применения которого является установление продолжительности учетного периода (месяц, квартал, иной период). При суммированном учете рабочее время расчетная норма рабочего времени учетного периода должна быть равной нормам рабочего времени, определенными в соответствии со статьями 112-117 ТК РБ. При составлении графиков вахт и сменности на основании статьи 115 ТК РБ необходимо учитывать ограничение максимальной продолжительности рабочего дня для отдельных категорий работников, например, для рабочих строительно-монтажных организаций – 10 часов (статья 316 ТК РБ).

При установлении режимов рабочего времени и времени отдыха при вахтовом методе работы руководствуются следующими требованиями ТК РК, а именно: продолжительность ежедневной работы (смены) не должна превышать 12 часов, работа в течение двух смен подряд запрещается, продолжительность ежедневного (междусменного) отдыха с учетом перерывов для отдыха и питания должна быть не менее 12 часов, число выходных дней в текущем месяце должно быть не менее числа полных недель этого месяца.

Условия, порядок и размеры выплаты надбавок за подвижной и разъездной характер работы, производство работы вахтовым методом прописаны в Положении, утвержденном постановлением Совета Министров РБ от 26.05.2000 № 763. В нем установлены категории работников, имеющих право на надбавки за производство работы вахтовым методом, работающие в организациях видов экономической деятельности, указанных в приложении к Положению № 763. В соответствии с Постановлением № 763 надбавки за производство работы вахтовым методом к заработной плате работников устанавливаются в размере 40 % от нормы суточных.

Таким образом, вахтовый метод организации труда в РБ разрешается применять только в отдельных отраслях. Режим рабочего времени при вахтовом методе труда гибко регулируется, в соответствии с Директивой Президента РБ № 4. В организации работы вахтовым методом в опыте РБ привлекает на себя внимание еженедельное предоставление выходного дня во время работы на вахте.

Работа вахтовым методом в РФ регламентируется главой 47 ТК РФ [3] и требованиями Основного Положения о вахтовом методе организации работ [4]. В соответствии с требованиями трудового законодательства, продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. Как

исключение допускается продолжительность вахты до трех месяцев с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном ст. 372 ТК РФ. Если же продолжительность вахты не увеличена в соответствии с указанным порядком, но по факту она длится более одного месяца, это может быть расценено как переработка, которая должна оплачиваться в повышенном размере.

При вахтовом методе организации труда законодательство регулирует следующие положения:

- нормальная продолжительность рабочего времени не более 40 часов в неделю; для работающих во вредных условиях труда 3 или 4 степени или опасных условиях труда – не более 36 часов в неделю;

- обязательное ведение учета времени, фактически отработанного каждым работником;

- продолжительность ежедневного (междусменного) отдыха работников не менее 12 часов;

- неиспользованные часы ежедневного (междусменного) отдыха, а также дни еженедельного отдыха суммируются и предоставляются в виде дополнительных свободных от работы дней (дни междувахтового отдыха) в течение учетного периода;

- число дней еженедельного отдыха в текущем месяце должно быть не менее числа полных недель этого месяца.

Для некоторых категорий сотрудников установлен жесткий запрет на работы вахтовым методом. В частности, к работам, выполняемым вахтовым методом, не могут привлекаться работники в возрасте до восемнадцати лет, беременные женщины и женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, а также лица, имеющие противопоказания к выполнению работ вахтовым методом в соответствии с медицинским заключением.

Следует отметить, на основании статьи 110 ТК РФ, при использовании вахтового метода работы, график сменности на вахте разрабатывается с учетом предоставления работникам непрерывного еженедельного отдыха не менее 42 часов.

В отношении лиц, работающих вахтовым методом, ТК РФ закрепил некоторый перечень гарантий и компенсаций на основании статьи 302 ТК РФ. В частности, лицам, выполняющим работы вахтовым методом, за каждый календарный день пребывания в местах производства работ в период вахты, а также за фактические дни нахождения в пути от места нахождения работодателя (пункта сбора) до места выполнения работы и обратно выплачивается взамен суточных надбавка за вахтовый метод работы в размере, установленным нормативными правовыми актами Правительства РФ.

ВЫВОДЫ

Анализ международного опыта о правовом регулировании вахтового метода организации труда позволил выделить положения, применение которых как в трудовом законодательстве РК, так и в коллективных договорах будут способствовать разработке оптимальных режимов труда и отдыха, направленных на поддержание высокого уровня работоспособности в течение всего вахтового периода и сохранение здоровья работников на травмоопасных производствах РК, кроме того, повысят заинтересованность работников в увеличении эффективности производства и качества выполняемых работ при организации труда вахтовым методом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трудовой кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V (с изм. и доп. от 06.04.2016 г.) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://online.zakon.kz>

2 Трудовой кодекс Республики Беларусь от 26 июля 1999 года № 296-3 (с изм. и доп. по состоянию на 24.10.2016 г.) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://online.zakon.kz>

3 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 года №197-ФЗ (редакция от 03.07.2016) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2017г.) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http:// www. consultant.ru](http://www.consultant.ru)

4 Основные положения о вахтовом методе организации работ N 794/33-22 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fss.ru>

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Т. И. Крекешева, С. Т. Омарова, М. К. Шәкір

Жұмыстың вахталық әдісінде еңбекті ұйымдастырудың құқықтық сұрақтары

Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми зерттеу институты, Астана қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

T. I. Krekesheva, S. T. Omarova, M. K. Shakir

Legal issues of the organization of labor under the shift work method

Republican Scientific-Research Institute for
Labor Protection, Astana.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада Қазақстан Республикасы мен Экономикалық ынтымақтастық даму ұйымы және әдісі кезіндегі құқықтық реттеу сұрақтары қаралады. Жарақаттану үлесі жоғары өндірістердегі жұмыстың вахталық әдісі кезінде жұмысшылардың денсаулығы мен вахта мерзімі кезеңінде еңбекке қабілеттілік деңгейін ұтымды қолдану тәсілдері бойынша еңбек пен демалыс тәртібін оңтайландыру жөнінде ұсыныстар жасалынды.

This article deals with the issues of legal regulation of the shift work method in the Republic of Kazakhstan, the countries of the Organization for Economic Cooperation and Development and the Eurasian Economic Union. Proposals are made to optimize working and rest regimes under the shift work method to maintain the optimum level of working capacity during the shift period and to preserve the health of workers in traumatic production.

УДК 621.3

В. С. Литвинов

магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: litvinov1995@bk.ru

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛОГО ФОНДА

В данной статье рассматривается проблема энергоэффективности жилого фонда построенного более 30 лет назад. Рассматриваются основные пути повышения энергоэффективности зданий. Приводятся примеры модернизации зданий.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергоаудит, энергопаспорт, теплопроводимость.

ВВЕДЕНИЕ

Подавляющее большинство существующих зданий малоэффективны с точки зрения энергопотребления. Средний годовой уровень энергопотребления, по оценке специалистов энергетики, на 55-60 % выше, чем в развитых соседних странах со схожим климатом.

Это происходит потому, что дома, построенные в период 1960-1980-х годов, были спроектированы в соответствии со старыми строительными нормами. Ввиду того, что энергоносители были очень дешёвыми, требования

этих норм к теплостойкости ограждающих конструкций зданий (стен, крыш, окон и т.д.) были более низкие, чем современные. В настоящее время многие владельцы квартир сталкиваются с проблемами, обусловленными некачественным утеплением, и в свете постоянно растущих цен на отопление ситуация становится всё более серьёзной.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Мероприятия, направленные на исследование зданий: энергоаудит, энергопаспорт и термосъемка зданий. Применение энергосберегающих технологий в строительстве

Перед проведением модернизации дома, рекомендуем проведение оценки состояния жилого фонда. Одной из таких оценок является энергоаудит.

Энергоаудит – это процедура, с помощью которой можно выяснить, как используется энергия, какие существуют меры по ее экономии и как можно уменьшить потребление энергии объектом аудита. Энергоаудит дает обзор технического состояния здания и потерь им энергии. Сделав аудит, можно выявить приоритетные работы по реновации дома и сделать расчеты по их окупаемости. Энергоаудит можно рассматривать как часть экспертизы здания, целью которой является выяснить техническое состояние дома и эффективность потребления домом энергии. Энергоаудит поможет составить долгосрочную программу модернизации здания [1].

Результатом аудита является перечень мер и средств для достижения экономии энергии. Приняв эти меры, можно значительно снизить расходы на потребляемую зданием энергию.

Кроме понятие энергоаудит, существует понятие энергопаспорта. Энергоаудит нужен для определения приоритетов и путей энергосберегающей реновации зданий. Энергопаспорт нужен для классификации зданий по уровню энергопотребления.

Состояние жилого фонда

- В настоящее время жилой фонд на 2/3 состоит из многоэтажных домов.
- Средний возраст панельных многоэтажных домов 25–35 лет. Поэтому надо обратить внимание на сохранение жилья, реновацию и продление срока эксплуатации.

- Вследствие удорожания энергоресурсов, следует обратить внимание на более экономное их использование.

В 2003 г. Европейский Парламент и Совет Европы приняли Директиву об энергетической эффективности зданий (Directive 2002/91/EC), целью которой является улучшение энергетической эффективности зданий в странах Евросоюза. Директива обязывает страны-члены ЕС принять для уменьшения потребления энергии следующие меры [2]:

- разработка методики расчета потребления энергии;
- внедрение минимальных требований энергетической эффективности;
- реализация минимальных требований при реновации зданий площадью свыше 1000 кв. м;

- внедрение обозначения уровней потребления энергии;
- регулярный контроль котлов и систем кондиционирования воздуха.

Для получения полной картины об энергопотреблении следует составить энергобаланс здания, который показывает потребляемую энергию и различные потери тепла.

Ниже приведен пример теплового баланса 5-ти этажного кирпичного дома, 108 квартир.

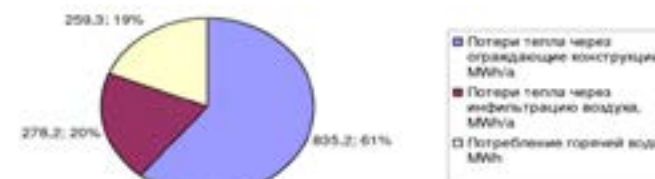


Рисунок 1 – Тепловой баланс здания



а) б)

Рисунок 2 – Примеры потерь тепла: а) выступающие бетонные панели являются мостиками холода. б) в моторе мотоцикла подобные рёбра служат для его охлаждения

Теплопотери через ограждающие конструкции. Теплопроводность стен обыкновенного многоквартирного дома из железобетонных панелей составляет примерно 0,7–1,2 W/m²K. Это число можно уменьшить до уровня 0,4–0,3 W/m²K путем установки утеплителя на наружную поверхность стен.

От дополнительного утепления наружных ограждений получаемое энергосбережение в пределах 4–12 кВт/м³ в год.

Через швы наружных стен происходит активная инфильтрация. Это служит причиной падения температуры в квартирах при ветреной погоде. Утепление швов специальной эластичным заполнителем, по прогнозам, дает сбережение в среднем 1–2 кВт/м³ в год.

Если следует ремонтировать кровлю из-за ее плохого состояния, то следовало бы исследовать возможность ее утепления. Как постройка наклонных кровель над панельными домами, так и дополнительное утепление чердака, дает сбережение 3–5 кВт/м³ в год. Еще один пример теплопотерь здания – проветривание через окна при засоренной вентиляции.

Факторы, влияющие на энергоэффективность зданий: горячая вода. Из всего водопотребления горячая вода составляет 25–40 %. На каждый 50 градусный литр горячей воды расходуется столько энергии, сколько потребляет 60 Вт лампочка в течение часа. По примерным расчетам на человека расходуется от 1000 до 2000 кВт в год. Расход горячей воды зависит от потребностей жильцов и эффективности устройств в системе водоснабжения. Например, при использовании смесительных кранов можно сэкономить от общего количества горячей воды 5–15 %.

Система отопления:

– Установка нового современного автоматического теплоузла даёт сбережение из-за появляющейся возможности регулировки системы отопления. Получаемое сбережение 2–3 кВт/м³ в год

– Установка балансировочных вентилей на стояках, для балансировки отопительной системы, даёт экономию энергии 4–18 кВт/м³ в год.

– Замена однотрубной отопительной системы на двухтрубную, для более равномерного распределения теплоносителя в системе отопления даёт экономию в пределах 10–30 кВт/м³ в год.

– Установка термостатных регулировочных клапанов. Термостатный регулировочный клапан можно устанавливать как на двух-, так и на однотрубной системе отопления. Экономию оценивают 8–25 кВт/м³ на метр кубический в год, с относительно маленькими инвестициями.

– Изоляция трубопроводов необходима в теплоузлах, в подвалах и в неотапливаемых комнатах. Замена старой изоляции у подвальных труб дает экономию в пределах 2–3 кВт/м³ в год.

– Потери тепла через окна. Особого внимания требуют окна. При замене старых окон на новые, эффект может достигать до 10 кВт/м³.

– Замена окон. К замене окон следует относиться осторожно, потому что при установке новых окон без приточных клапанов, прекращается приток воздуха в помещения и естественная вентиляция

перестает работать. Реконструкция естественной вентиляции. Принцип воздухообмена заключается в том, что свежий воздух должен двигаться в направлении загрязненного воздуха. Для этого следует установить приточные вентиляционные клапаны свежего воздуха в жилые и спальные комнаты. Нормализуется воздухообмен при экономии энергии отопления. Значительные потери энергии происходят через вентиляцию, поэтому приведение в порядок воздухообмена в здании может дать большой эффект экономии энергии.

Энергоаудит показывает пути поступления и расхода энергии в виде теплового баланса.

В качестве примера приведем основные результаты энергоаудита для 5-ти этажного 108 квартирного кирпичного дома. Среднее потребление теплоэнергии за период 2010–2012 гг. составило 1410 МВт в год.

В рамках проведенного энергоаудита составлены два предложения по модернизации, благодаря которым возможно не только уменьшить расходы связанные с отоплением дома, но и улучшить внутренний микроклимат в квартирах.

В рамках первого предложения модернизации предлагается произвести:

- утепление кровли
- утепление торцевых стен
- замену подвальных окон.

Годовое энергосбережение составит 206,1 МВт/в год. Срок окупаемости данных работ составит около 10 лет.

В рамках более глубокой модернизации предлагается произвести:

- утепление кровли
- утепление фасада
- замену подвальных окон
- модернизацию системы отопления
- утепление подвального перекрытия дома
- обновление системы естественной вентиляции.

Годовое энергосбережение составит 568,3 МВт/в год. Срок окупаемости данных работ составит около 8 лет [3].

После модернизации, здания не только стали отвечать высоким требованиям энергосбережения, но и иметь красивый внешний вид.



а)

б)

Рисунок 3 – а) немодернизированное здание; б) аналогичное здание, модернизированное по программе энергосбережения, произведенные работы: утепление фасада и кровли, замена окон. Планируемое снижение стоимость отопления за 1 м² на 40 % в месяц

ВЫВОДЫ

В зданиях, построенных более 30 лет назад необходимо осуществлять работы по утеплению цоколя, фасада и кровли, замене окон, системы отопления, модернизации системы вентиляции помещений. Все эти мероприятия позволят повысить энергоэффективность жилого фонда, путем снижения энергопотребления на 40 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541–IV. «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».

2 Директива Европейского парламента Совета Европейского Союза 2009/28/ЕС от 23 апреля 2009 г. о стимулировании использования энергии из возобновляемых источников.

3 Отчет по энергопотреблению жилого фонда // «Ehituskonsult Grupp», 2014.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

В. С. Литвинов

Тұрғын үй қорының энергиялық тиімділігі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

V. S. Litvinov

Energy efficiency of housing stock

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Осы мақалада 30-дан астам жыл бұрын салынған тұрғын үй қорының энергия тиімділігінің проблемасы қарастырылады. Негізгі энергия тиімділігінің арттыру жолдары қарастырылады. Мысалдар ғимараттардың жаңартуының келтіріледі.

This article considers the problem of energy efficiency of housing stock built more than 30 years ago. The main ways of increasing the energy efficiency of buildings are considered. Examples of building modernization are given.

А. С. Никифоров¹, Б. С. Акимбекова²

¹к.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика»; ²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹aleke4599@mail.ru; ²bika_88b@mail.ru

ПРОЦЕССЫ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЧИСТЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В статье представлена разработка технологии газификации твердых каменных углей низкого качества с целью получения при их газификации горючим газом является актуальной задачей.

Цель работы: разработка технологии газификации твердых каменных углей низкого качества.

Задачи работы: 1. Многие технологические процессы требуют для своего обеспечения большого количества тепловой энергии, которую можно легко получить путем сжигания газа, полученного путем газификации угля.

2. В условиях повышения экологических требований к качеству сжигаемых топлив требуются разработки по получению чистых энергетических газов.

Ключевые слова : газификация, твердое топливо, чистые энергоносители.

ВВЕДЕНИЕ

Газификация твердых топлив (углей) является одним из путей поддержания конкурентоспособности для многих производств. Многие технологические процессы требуют для своего обеспечения большого количества тепловой энергии, которую можно легко получить путем сжигания газа, полученного путем газификации угля. Постоянный рост цен на нефть и газ во всём мире обусловил интерес к альтернативным технологиям использования энергоресурсов, таким как преобразование органической части твердого топлива в горючие газы. Газификация проводится в специальных аппаратах – газогенераторах, которые также отличаются друг от друга в зависимости от типа процесса.

Газификация твердого топлива является универсальным методом его переработки. Универсальность методов газификации твердого топлива может рассматриваться в трех направлениях. Во-первых, методам газификации подвластны любые твердые топлива, начиная от торфа самых молодых бурых углей и кончая каменными углями и антрацитом, независимо от их химического состава, состава зольной части, примесей серы, крупности, влажности и других свойств. Во-вторых, методами газификации твердого топлива можно получать горючие газы любого состава, начиная от чистых водорода (H), оксида углерода (CO), метана (CH₄), их смесей в различных пропорциях пригодных для синтеза аммиака, метанола, оксосинтеза, и кончая генераторным газом, который можно использовать для энергетических установок любых типов и любого назначения. Наконец, в-третьих, немаловажной особенностью методов газификации твердого топлива являются их масштабные изменения. Когда газифицируют уголь, получают горючий газ, который можно хранить, транспортировать на большие расстояния. Этот газ легко очистить от таких вредных примесей, как соединения серы, он может быть использован не только как горючее, но и как химическое сырьё для разнообразных синтезов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Газификация – технологический процесс превращения твердого или жидкого топлива в горючие газы путем неполного горения при окислении воздухом, кислородом или водяным паром при высокой температуре. Газификация представляет собой процесс частичного окисления, в результате которого уголь, низкокачественный бурый уголь, древесина, нефтяные остатки и другие горючие отходы преобразуются в синтез-газ. Процесс газификации характеризуется практически нулевым уровнем выбросов, по сравнению с традиционным сжиганием угля, а побочные продукты газификации (азот, аргон, сера и шлак) являются безопасными для окружающей среды.

При газификации в качестве окислителей, которые иногда называют газифицирующими агентами, используют кислород (или обогащенный им воздух), водяной пар, диоксид углерода либо смеси указанных веществ. В зависимости от соотношения исходных реагентов, температуры, продолжительности реакции и других факторов можно получать газовые смеси разного состава.

В истории развития процесса газификации можно выделить две разработки, которые могут считаться первым промышленным аппаратом для газификации. Газификация твердого топлива является универсальным методом его переработки. Универсальность методов газификации твердого топлива может рассматриваться в трех направлениях.

Во-первых, методам газификации подвластны любые твердые топлива, начиная от торфа самых молодых бурых углей и кончая каменными углями и антрацитом, независимо от их химического состава, состава зольной части, примесей серы, крупности, влажности и других свойств.

Во-вторых, методами газификации твердого топлива можно получать горючие газы любого состава, начиная от чистых водорода (H), оксида углерода (CO), метана (N), их смесей в различных пропорциях пригодных для синтеза аммиака, метанола, оксосинтеза, и кончая генераторным газом, который можно использовать для энергетических установок любых типов и любого назначения.

Сжигание различных топлив и в особенности твердых—торфа, сланца, бурых, каменных углей, кокса и др. широко применяется в топках паровых котлов и промышленных печей для использования тепловой энергии в двигателях и в различных технологических процессах.

Твердое топливо широко применяется также для газификации, т.е. превращения топлива в горючий газ. Процесс газификации топлива близок процессу горения. В основе обоих процессов лежит химическое соединение восстановителя (углерода и водорода) с окислителем (кислородом). Отличие в том, что при сгорании происходит полное окисление топлива в условиях избытка кислорода, а газификация идет в условиях дефицита кислорода, при этом полного окисления топлива не происходит.

При газификации в качестве окислителей, которые иногда называют газифицирующими агентами, используют кислород (или обогащенный им воздух), водяной пар, диоксид углерода либо смеси указанных веществ.

При высокотемпературной обработке твердого топлива в среде кислорода воздуха, водяного пара, диоксида углерода и водорода органические составляющие топлива нацело превращаются в газообразные продукты. Основные направления газификации угля и состава продуктов приведены на рисунке 1.



Рисунок 1

К настоящему времени освоены различные модификации промышленных процессов газификации углей, наиболее распространенными из которых являются технологии Лурги (стационарный слой кускового угля), Винклера (кипящий слой угольных частиц), Копперс–Тотцека (пылеугольный поток), Тексако (водоугольная суспензия) и их различные модификации [1, 2, 3, 4]. На опытно-промышленном уровне сейчас отрабатывается около 20 технологий газификации угля нового поколения. Эффективность процессов газификации может существенно повышаться при использовании соответствующих катализаторов, позволяющих снижать температуру при сохранении высокой скорости процесса и регулировать состав продуктов.

Воздействие катализатора на процесс газификации твердого топлива иллюстрируется схемой.

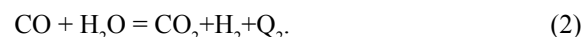


Рисунок 2 –Процесс газификации угля

Расчет теоретического состава газа при газификации твердого топлива под давлением проводится для равновесного состояния методом Дешалита [1].

Исходными данными для расчета являются состав и характеристика газифицируемого топлива, состав дутья и параметры процесса.

Состав генераторного газа определяется, исходя из протекания следующих реакций в равновесной их форме:



Примем, что получаемый газ содержит следующие компоненты: CO_2 , CO , H_2O , H_2 . Для определения содержания этих компонентов составим следующие пять уравнений:

$$P_{CO_2} + P_{CO} + P_{H_2O} + P_{H_2} = P_{общ}; \quad (3)$$

$$\frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}} = K_1; \quad (4)$$

$$\frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}{P_{CO} \cdot P_{H_2O}} = K_2. \quad (5)$$

$$\frac{P_{H_2O} + P_{H_2}}{2P_{CO_2} + P_{H_2O} + P_{CO}} = \frac{P_{H_2O}}{2P_{O_2} + P_{H_2O}}. \quad (6)$$

Для определения парциальных давлений будем исходить из отношения водяного пара, полученного при испарении влаги из угля, и кислорода в газифицирующей смеси, которую подают под давлением 1 МПа, т.е.

$$\frac{P_{H_2O}}{P_{O_2}} = \frac{43}{100}. \quad (7)$$

$$P_{O_2} + P_{H_2O} = 1 \text{ МПа}. \quad (8)$$

Примем значения констант равновесия по справочным данным [5]: $K_1 = 1,725$, $K_2 = 0,74$. Подставляя эти значения в соответствующие уравнения с помощью некоторых преобразований, получим парциальные давления компонентов, по которым определяем состав газа.

Также проведен расчет состава генераторного газа, получаемого при газификации Майкубенского угля на парокислородном дутье под давлением 0,5 МПа. Майкубенский уголь по свойствам значительно отличается от Экибастузского и имеет следующие характеристики: $W^p = 33,12\%$, $A^p = 3,02\%$, $Q^p = 15$ МДж/кг. Генераторный газ состоит из следующих компонентов, % (об.): $CO = 18,35$; $H_2 = 33,57$; $CO_2 = 42,4$; $N_2 = 1,2$; $CH_4 = 3,53$. Выход генераторного газа составляет 1,07 $\text{нм}^3/\text{кг}$. Рассчитаем состав генераторного газа с учетом реакции образования метана. Полученные данные по расчету теоретического состава газа приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетный состав газов, получаемых при газификации Майкубенского угля под давлением

	Майкубенский уголь		
CO_2	0,036	7,2	7,74
H_2	0,174	34,8	37,419
CO	0,25	50	53,76
H_2O	0,035	7	-
CH_4	0,005	1	1,081
Всего	0,5	100,0	100,0

С учетом найденных значений парциальных давлений компонентов в табл. представлен расчетный состав генераторных газов, полученных из Майкубенского угля. Полученное содержание основных компонентов газа оказалось близким к данным реальных процессов. Теплотворная способность газов, полученных при газификации Майкубенского угля, отличаются от данных опытно-промышленных испытаний на 5,7 %. Выявлено, что существенное влияние на процесс газификации оказывает влажность угля, поскольку водяной пар участвует в реакциях образования компонентов генераторного газа. Регулировать влажность поступающего в газогенератор угля можно путем его предварительной подготовки, т.е. в процессе сушки и измельчения в углеразмольных мельницах.

Использование теоретических методов расчета основных показателей генераторного газа в сочетании с данными опытно-промышленных испытаний позволяют получить расчетную методику для определения основных режимных параметров технологических схем производства энергии с газификацией различных углей под давлением.

ВЫВОДЫ

В данной работе были рассмотрены теоретические аспекты процесса газификации твердого топлива и классификация газогенераторов по различным параметрам. В ходе работы проведен расчет процесса газификации угля и составлены материальный и тепловой балансы данного процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Дешалит, Г. И. Расчеты процессов газификации топлива. – Харьков : Вища школа, 1959. – 136 с.
- 2 Шиллинг, Г. Д. Газификация угля / Г. Д. Шиллинг, Б. Бори, У. Краус. – М. : Недра, 1986. 175 с.
- 3 Канторович, Б. В. Введение в теорию горения и газификации твердого топлива. – 1961. – 355 с.
- 4 Альтшулер, В. С. Современное состояние и развитие технологии газификации твердого топлива 1985. – № 1. – С. 309–314.
- 5 Варгафтик, Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – М. : ГИФМЛ, 1963. – 708 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

A. C. Nikiforov, B. C. Akimbekova

Инновациялық қызметті пайдаланумен таза энергия тасушыны өндіру мақсатындағы қатты отындарды газдандыру үдерістері

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. S. Nikiforov, B. C. Akimbekova

Gasification of solid fossil fuels for the purpose of receiving clean energy using innovation methods

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Газдандыру технологиясын әзірлеу қатты органикалық отын сапасын төмен алу мақсатында оларды газбен жандандыру өзекті міндет болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: газдандыру технологиясын әзірлеу кезінде қатты органикалық отын сапасының төмендеуі.

Міндеттері: 1. Көптеген технологиялық процестерді талап етіп қамтамасыз ету үшін, үлкен жылу энергиясының мөлшерін, оны оңай алу арқылы газды жағу жолымен алынған көмірді газдандыру.

2. Артуына байланысты экологиялық сапасына қойылатын талаптарды жағылтатын отын әзірлеу үшін, таза энергетикалық газдарды қажет ету.

Development of technology for the gasification of solid fossil fuels of low quality for the purpose of receiving at their gasification combustible gas is an urgent task.

The aim of the work: Development of technology for the gasification of solid fossil fuels of low quality.

The tasks are: 1. Many technological processes require for their security, a large amount of thermal energy that can be easily obtained by burning gas, obtained by coal gasification.

2. With increasing environmental requirements to the quality of burned fuels there is required development for obtaining clean energy gases.

А. Н. Новожилов¹, Ж. Б. Исабеков², Т. А. Новожилов³

¹д.т.н., профессор; ²докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³к.т.н., ассистент, Омский государственный университет, г. Омск, Россия

e-mail: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²zh_is@mail.ru; ³timokvey@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ В КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ С ПОМОЩЬЮ ELECTRONICS WORKBENCH

В статье осуществлено моделирование токов нулевой последовательности в кабельной сети с изолированной нейтралью с использованием системы схематического моделирования Electronics Workbench. Результаты моделирования сравнивались с результатами расчетов токов однофазных замыканий на землю полученных классическим путем. Сопоставление результатов полученных с этими методами моделирования показало, что использование для расчетов токов нулевой последовательности с помощью схематического моделирования Electronics Workbench приводит к погрешности 2–4%. Такая погрешность моделирования дает основание полагать, что моделирование с использованием системы схематического моделирования Electronics Workbench можно использовать и для моделирования этих процессов в линии из двух кабелей.

Ключевые слова: кабельные линии с изолированной нейтралью, однофазное замыкание на землю, моделирование токов нулевой последовательности, схематическое моделирование в системе Electronics Workbench.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно кабельные линии электропередач с изолированной нейтралью в силу различных причин могут выполняться как из одного кабеля, так и из нескольких кабелей. При этом наиболее часто встречающемся электрическим повреждением в таких сетях является однофазное замыкание на землю (ОЗЗ). На него приходится не менее 75 % от общего числа от всех электрических повреждений в них [1, 2]. Для защиты от ОЗЗ в таких сетях

используют устройства релейной защиты, выбор порога срабатывания которых осуществляется по результатам расчета токов ОЗЗ в защищаемой линии.

Для определения токов ОЗЗ в поврежденной линии из одного кабеля обычно используют один из известных методов [1, 2]. Однако в настоящее время для исследования процессов в электрических схемах все чаще используют схематическое моделирование Electronics Workbench. Использование его для определения токов ОЗЗ с одной стороны дает возможность упростить процесс определения токов ОЗЗ в линиях из одного кабеля при различной конфигурации сети, а с другой стороны позволяет решить проблему определения токов ОЗЗ в линии из двух и более кабелей с одним выключателем.

Целью данной работы является оценка возможности использования схематического моделирования Electronics Workbench. для определения токов ОЗЗ в кабельной сети с изолированной нейтралью.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Обычно схема кабельной сети с изолированной нейтралью и радиальными линиями электропередач соответствует той, что приведена на рисунке 1.

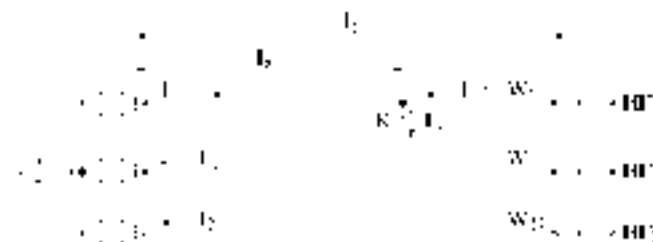


Рисунок 1 – Распределение токов в поврежденной линии из одного кабеля при ОЗЗ

В этом случае [3] токи ОЗЗ в поврежденной линии можно определять как

$$I_{1,1} = 3U_{\phi} / j\omega C_{\Sigma} \text{ и } I_{1,2} = 3U_{\phi} / j\omega C_{1,2}, \quad (1)$$

где $I_{1,1}$ и $I_{1,2}$ – токи в поврежденной линии до точки ОЗЗ и за ней; U_{ϕ} – фазное напряжение сети; $C_{\Sigma} = C_{1,1} + C_{2,n}$ – емкость всей кабельной сети до

точки ОЗЗ в линии 1; $C_{2,n} = \sum_{n=2}^N C_n$ – емкость всех неповрежденных линий

кабельной сети; $C_{1,2}$ – емкость линии 1 за точкой ОЗЗ; $C_{1,2}$ – емкость линии 1 за точкой ОЗЗ; N – число линий подстанции.

При этом ток замыкания на землю

$$I_k = I_{1,1} + I_{1,2}. \quad (2)$$

Для определения токов нулевой последовательности емкости поврежденной линии длиной l_1 с расстоянием от выключателя до точки ОЗЗ l_k определяются как

$$C_1 = C_0 l_1, \quad C_{1,1} = C_1 l_k / l_1 \quad \text{и} \quad C_{1,2} = C_1 (l_1 - l_k) / l_1, \quad (3)$$

где C_0 – удельная емкость кабеля относительно земли на один километр длины, которая для конкретного типа кабеля определяется по справочникам [5, 6] или из таблицы 1, сформированной по данным из [6].

Таблица 1 – Параметры алюминиевого кабеля с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой на напряжение 6 и 10 кВ

Сечение, мм ²	Активное сопротивление R_0 , Ом/км	Индуктивное сопротивление X_0 , Ом/км	Рабочая емкость C_0 , мкФ/км	
			6 кВ	10 кВ
25	1,24	0,091	0,28	0,23
35	0,89	0,087	0,31	0,27
50	0,62	0,083	0,36	0,29
70	0,443	0,08	0,4	0,31
95	0,326	0,078	0,42	0,35
120	0,258	0,076	0,46	0,37
150	0,206	0,074	0,51	0,44
185	0,167	0,073	0,53	0,45
240	0,129	0,071	0,58	0,46

Аналогичные результаты можно получить, если при расчете токов $I_{1,1}$ и $I_{1,2}$ в поврежденной линии кабельной сети на рисунке 1 воспользоваться схемой замещения приведенной на рисунке 2. В ней используется Т-образная схема замещения поврежденного кабеля, а к точке ОЗЗ подключается источник тока напряжением U_k равный напряжению поврежденной фазы относительно земли.

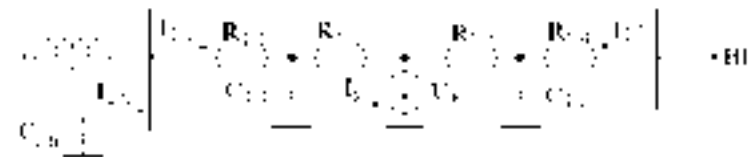


Рисунок 2 – Схема замещения кабельной сети при ОЗЗ

В полученной схеме замещения активные сопротивления частей поврежденного кабеля определяются как

$$R_{1,1} = R_{1,2} = R_1 l_k / 2l_1 \quad \text{и} \quad R_{1,3} = R_{1,4} = R_1 (l_1 - l_k) / 2l_1, \quad (4)$$

где $R_1 = R_0 l_1$ – активное сопротивление поврежденной линии; R_0 – активное сопротивление кабеля на один километр длины, которое для конкретного типа кабеля определяется также по справочникам [5, 6].

Получить зависимости токов $I_{1,1}$ и $I_{1,2}$ от места расположения точки ОЗЗ при различных значениях емкости $C_{2,n}$ можно также с помощью широко известной и простой системой схемотехнического моделирования Electronics Workbench [4] по схеме, приведенной на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема сети в системе схемотехнического моделирования Electronics Workbench

В качестве примера для исследования возможностей схемотехнического моделирования Electronics Workbench при определении токов нулевой последовательности в линии электропередачи напряжение 10 кВ использовались кабели длиной в 1 км с алюминиевыми жилами сечением 25 и 240 мм² при различной величине емкости. Результаты моделирования токов нулевой последовательности в этих кабелях приведены на рисунке

4,а и 4,б, а также 5,а и 5,б. Следует добавить, что в расчетах использовался кабель с бумажной пропитанной изоляцией.

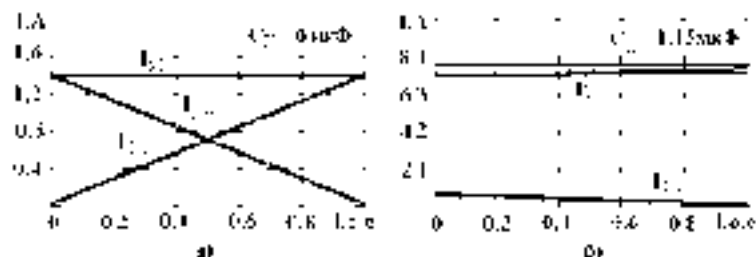


Рисунок 4 – Результаты моделирования токов ОЗЗ в кабельной линии сечением 25 мм²

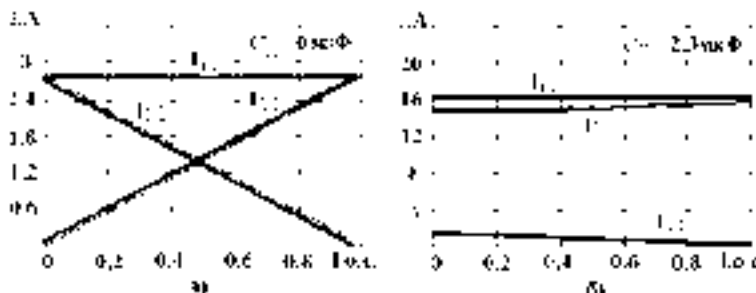


Рисунок 5 – Результаты моделирования токов ОЗЗ в кабельной линии сечением 240 мм²

ВЫВОДЫ

Сопоставление результатов расчетов токов нулевой последовательности в кабельной сети с изолированной нейтралью полученных классическим методом по математическим выражениям (1) и (2), а также с помощью системы схематического моделирования Electronics Workbench показало, что погрешность моделирования токов нулевой последовательности с помощью Electronics Workbench не превышает 2–4%.

Из этого можно сделать вывод, что данная модель адекватна и может использоваться для моделирования токов нулевой последовательности, например, в линии из двух и более кабелей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Лихачев, Ф. А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М. : Энергия, 1971. – 151 с.
- 2 Цапенко, Е. Ф. Замыкания на землю в сетях 6–35 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.
- 3 Беркович, М. А. Основы техники релейных защит – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.
- 4 Панфилов, Д. И., Иванов, В. С., Чепурин, И. Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench: В 2 т. Под общей ред. Д. И. Панфилова – Т.1 : Электротехника. – М. : ДОДЕКА, 1999. – 304 с.
- 5 Крючков, И. П., Кувшинский, Н. Н., Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для электроэнергетических специальностей вузов. – 3-е изд., перераб и доп. / Под ред. Б. Н. Неклепаева – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
- 6 Грудинский, П. Г. и др. Электротехнический справочник, 4-е, переработ. – Т.1. – М. : «Энергия», 1971. – 880 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. Н. Новожилов¹, Ж. Б. Исабеков¹, Т. А. Новожилов²

Electronics Workbench көмегімен бейтарабы оқшауланған кабелдік торапта бір фазалы тұықталу топтарын үлгілеу

¹С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;

²Омбы мемлекеттік университеті, Омбы қ., Ресей.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, Z. B. Issabekov¹, T. A. Novozhilov²

Simulation of single-phase circuit currents in a cable net with an isolated neutral with Electronics Workbench

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;

²Omsk State University, Omsk, Russia.

Material received on 18.09.17.

Мақалада Electronics Workbench схемалық үлгілеудің жүйесін пайдаланумен бейтарабы оқшауланған кабелдік торапта нөлдік тізбектің тоқтарын үлгілеуі жүргізілген.

Үлгілеудің нәтижелері классикалық жолмен алынған жерге бір фазалы тұйықталулардың тоқтарын есептеулер нәтижелерімен салыстырады. Үлгілеудің осы әдістерімен алынған нәтижелері салыстыру Electronics Workbench схемалық үлгілеу көмегімен нәтижелік тоқтарын есептеулер үшін пайдалану 2–4 %. қателікке әкелетінін көрсетті. Үлгілейдегі осындай қателік Electronics Workbench схемалық үлгілеудің жүйесін пайдаланумен үлгілеуді осы процесстерді екі кабельден тұратын желілерді үлгілеу үшін пайдалануға болатынына негіз береді.

In the article, the simulation of zero sequence currents in a cable network with isolated neutral using the Electronics Workbench system was performed. The results of the simulation were compared with the results of calculations of the currents of single-phase earth faults obtained in the classical way. A comparison of the simulation results with these methods showed that the use of zero-sequence currents for the calculations using the Electronics Workbench schematic simulation leads to an error of 2–4 %. This simulation error suggests that simulation using the Electronics Workbench system can also be used to simulate these processes in a line of two cables.

УДК 621.315:510.83

А. Н. Новожилов¹, Ж. Б. Исабеков², Т. А. Новожилов³

¹д.т.н., профессор; ²докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³к.т.н., ассистент, Омский государственный университет, г. Омск, Ресей
e-mail: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²zh_is@mail.ru; ³timokvey@mail.ru

КОНФИГУРАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-10 КВ

В статье рассмотрены принципы формирования электрических схем кабельных электрических сетей 6–10 кВ, сделан их анализ, который показал, что наиболее перспективными и эффективными в технико-экономическом отношении являются кольцевые и магистральные сети с двухсторонним питанием. Выяснено также что, в настоящее время в сети с замкнутой конфигурацией в нормальном эксплуатационном режиме сети с двумя источниками питания одна из линий должна быть отключена. Это вызвано невозможностью селективного отключения поврежденной линии, в частности при однофазном замыканий на землю.

Ключевые слова: кабельные электрические сети, источник питания, потребители электроэнергии, главные понижающие подстанции.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании электрической сети 6–10 кВ выбор главной схемы является определяющим и зависящим от нескольких факторов. Именно в это время определяется полный состав элементов и связей между ними. В свою очередь главная схема представляет собой совокупность основного электрооборудования в виде генераторов, трансформаторов, линий, сборных шин и коммутационной аппаратуры со всеми соединениями между ними [1].

При этом всегда опираются основной фактор в виде экономической целесообразности при минимизации допустимого количества высоковольтного электрооборудования. Это вызвано тем, что именно высоковольтное оборудование является наиболее дорогим и требует значительных площадей для его установки.

Другим не менее важным фактором, определяющим конфигурацию кабельных электрических сетей 6–10 кВ, является место расположения

источников питания (ИП) и потребителей электроэнергии (ПЭ) и их категория, определяющая надежность электроснабжения.

Так к ПЭ первой категории в соответствии с [2] относят те, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, нарушение сложного технологического процесса и функционирование особо важных элементов коммунального хозяйства.

ПЭ первой категории должны обеспечиваться питанием от двух независимых ИП, при этом длительность перерыва питания не должна превышать времени автоматического восстановления питания [2].

ПЭ второй категории являются те, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, приводит к массовому простою и недоотпуску продукции, а также к нарушению технологических процессов непрерывного действия и нормальной деятельности особо важных элементов коммунального хозяйства.

В связи с этим потребителей электроэнергии второй категории рекомендуется обеспечивать питанием от двух независимых источников, взаимно резервирующих друг друга. Для них допустимы перерывы подачи электроэнергии на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады [2].

Допускается питание по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату. При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены поврежденного трансформатора за время не более одних суток допускается питание от одного трансформатора [2].

Все остальные являются потребителями электроэнергии третьей категории.

На чертежах главную схему электрической сети представляют в однолинейном исполнении при отключенном положении всех элементов установки. В отдельных случаях допускается изображать некоторые элементы схемы в рабочем положении.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как известно кабельные электрические сети с напряжением 6–10 кВ в основном используются для электроснабжения промышленных предприятий и собственных нужд электрических станций [2].

Источниками питания (ИП) такой системы электроснабжения являются главные понижающие подстанции (ГПП) промышленных предприятий и трансформаторы собственных нужд электрических станций. Обычно

на трансформаторы ГПП приходит напряжение 35–220 кВ. Исходя из экономической целесообразности практически всегда ГПП имеет один или два понижающих трансформатора, а также одинарную или двойную систему шин на напряжение 6–10 кВ. Что позволяет обеспечить возможность присоединения к ГПП значительного числа кабельных линий и оперативную гибкость в процессе эксплуатации [3]. В ряде случаев для ограничения токов короткого замыкания вторичные обмотки этих трансформаторов выполняются с расщепленными обмотками.

Достаточно важную роль в электрических сетях 6–10 кВ промышленных объектов и городов играют распределительные подстанции (РП). Их, как правило, располагают в непосредственной близости от определенных групп потребителей электроэнергии. Так на промышленных предприятиях это могут быть цеха с крупными двигателями 6–10 кВ или руднотермическими печами, а в городских сетях это группы многоэтажных домов. Использование РП позволяет сократить количество ячеек выключателей на напряжение 6–10 кВ, уменьшить протяженность кабельных линий и упростить оперативную эксплуатацию распределительной сети.

Исходя из типа потребителя и условий его электроснабжения распределительных электрических сетях 6–10 кВ могут реализовываться по радиальной, магистральной, кольцевой схемам сетей.

Радиальные сети, как правило, передают электроэнергию к потребителям только в одном направлении [3]. Примером простой радиальной сети с одним ИП может служить РП с одним трансформатором для ПЭ третьей категории в виде групп крупных двигателей или районов городской застройки. Ее схема приведена на рисунке 1, где ИП является трансформатор TV1.

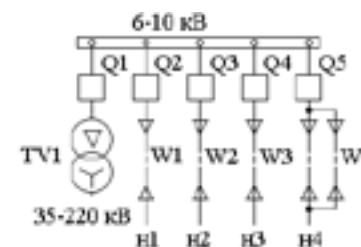


Рисунок 1 – Схема простой радиальной кабельной сети на напряжение 6–10 кВ с одним источником питания

Если по требованиям надежности электроснабжения ПЭ относятся к первой или второй категории, то РП выполняется с двумя трансформаторами и системами шин. Пример схемы такой радиальной сети с двумя источниками

питания приведен на рисунке 2, где TV1 и TV2 – первый и второй источники питания.

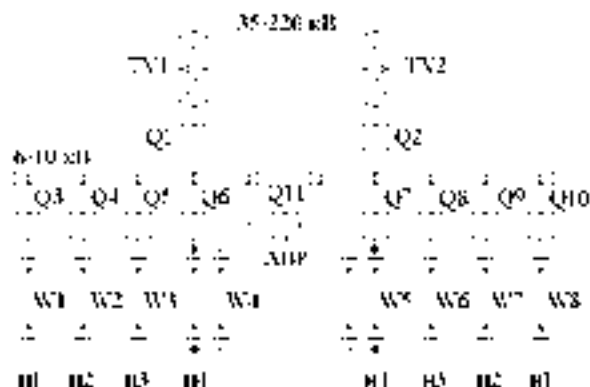


Рисунок 2 – Схема радиальной кабельной сети на напряжение 6–10 кВ с двумя ИП

В нормальном режиме РП секционный выключатель Q11 шин разомкнут, и оборудуется устройством для автоматического включения резерва (АВР) при аварийном отключении одного из источников питания [4].

Иногда в силу производственной необходимости для питания ПЭ используют кабельную кольцевую сеть [2]. К такой сети каждый ПЭ подключается с помощью разъединителей и имеет двухстороннее питание. В особых случаях такая сеть может иметь более двух ИП [2]. Пример схемы кольцевой сети приведен на рисунке 3.

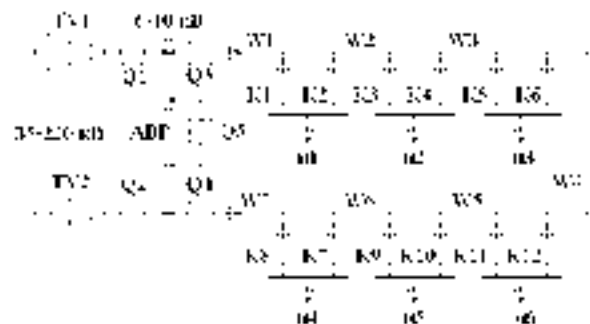


Рисунок 3 – Схема кольцевой кабельной сети на 6–10 кВ с двумя ИП

Следует добавить, что в настоящее время в сети с замкнутой конфигурацией в нормальном эксплуатационном режиме сети с двумя ИП секционный выключатель Q5 и одна из линий W1 – W7 должны быть отключены. Это вызвано невозможностью селективного отключения поврежденной линии, в частности при однофазном замыкании на землю. Последнее определяется отсутствием по технико-экономическим соображениям линейных выключателей в цепях всех линий, кроме их головных участков, а также практической невозможностью применения в таких сетях релейных защит направленного действия. Выбор линии, отключенной в нормальных режимах сети, производится по условиям потокораспределения, соответствующего минимальным потерям мощности при наибольших нагрузках сети.

Магистральная кабельная сеть, как правило, характеризуются наличием двух источников питания и нескольких соединенных последовательно кабельных линий, к которым в точках соединения этих линий также с помощью разъединителей подключаются ПЭ. Пример схемы такой сети приведен на рисунке 4 [3].

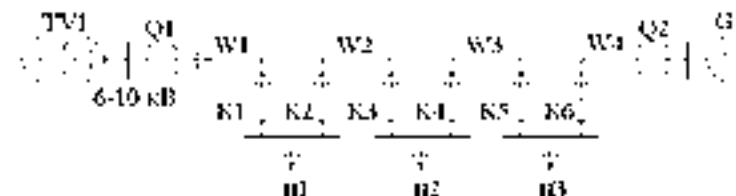


Рисунок 4 – Схема магистральной кабельной сети на 6–10 кВ питающейся от двух ИП

Следует отметить, что многоконтурные сложнотамкнутые схемы распределительных электрических сетей на данный момент СЭС не находят должного применения.

ВЫВОДЫ

Анализ возможностей рассмотренных видов конфигурация электрических сетей 6–10 кВ, показал, что наиболее перспективным и эффективным техническим решением являются кольцевая и магистральная сеть с двухсторонним питанием. Так как при этом используется минимум выключателей, а при повреждении линии питание потребителя приходит от второго источника. Несмотря на то, что в эксплуатационном режиме сети одна из линий должна быть отключена из-за практической невозможности селективного определения поврежденной линии. Эту ситуацию легко изменить, если разработать способ защиты, который позволял бы селективно

определять повреждение в электрической сети с изолированной нейтралью от однофазного замыкания на землю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Идельчик, В. И.** Электрические системы и сети: – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 592 с.

2 **Рожкова, Л. Д., Козулин, В. С.** Электрооборудование станций и подстанции: учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.

3 **Бурман, А. П., Строев, В. А.** Современная электроэнергетика. – Издательство МЭИ, 2004. – 130 с.

4 **Ополева, Г. Н.** Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: учеб. пособие. – М.: Форум : ИНФРА-М, 2006. – 480 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

A. N. Novozhilov¹, Z. B. Issabekov¹, T. A. Novozhilov²

6–10 кВ кабелдік тораптардың конфигурациясы

¹С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;

²Омбы мемлекеттік университеті, Омбы қ., Ресей.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, Z. B. Issabekov¹, T. A. Novozhilov²

Configuration of cable electrical networks 6-10 kV

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;

²Omsk State University, Omsk, Russia.

Material received on 18.09.17.

Мақалада 6–10 кВ желілерін электр кабелі электр тізбектерін қалыптастыру принциптері ең перспективалы және тиімді техникалық және экономикалық екі жақты қоректену көзімен сақиналы және магистральдық желілерін екенін көрсетті, олардың талдау, жасалған сипаттайды. Ол сондай-ақ қалыпты жұмыс режимінде жабық конфигурациясы, екі қуат блоктары бар желісімен желісінде қазіргі уақытта, бағыттарының бірі ажыратылған болуы тиіс, болып табылған. Бұл селективті бір фазалы жерге тұйықталған, атап айтқанда, ақаулы желісін ажырату мүмкін болмаған байланысты.

The principles of forming electrical circuits of 6–10 kV cable electrical networks are considered in the article, their analysis is made, which showed that ring and backbone networks with two-way power supply are the most promising and effective technically and economically. It has also been found out that, at present, in a network with a closed configuration in the normal operating mode of a network with two power supplies, one of the lines must be disconnected. This is due to the impossibility of selective disconnection of the faulty line, in particular for single-phase earth faults.

**А. С. Ногай¹, О. М. Кабылбекова², Д. Е. Ускенбаев³,
Е. Б. Айнаулов⁴, А. А. Ногай¹, Б. Б. Исабекова⁵,
Д. К. Жаксыбаева⁶**

¹д.т.н., Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; ²к.т.н., доцент, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; ³доктор PhD, КАТУ имени С. Сейфуллина, г. Астана; ⁴к.т.н., Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; ⁵доктор PhD, Павлодарский государственный педагогический институт, г. Павлодар; ⁶магистр, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: asbizh@mail.ru

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИБРИДНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В работе представлены результаты исследования автономных накопителей электроэнергии на основе аккумуляторов и суперконденсаторов. Были изучены характеристики различных вариантов эквивалентных схем накопителей электроэнергии путем моделирования. Установлены оптимальные режимы работы гибридных накопителей электроэнергии, а также выявлены параметры элементов схем таких накопителей, при котором достигается наибольшая его эффективность работы.

Ключевые слова: суперконденсатор, аккумуляторная батарея, конденсатор, гибридный энергонакопитель, эквивалентная схема.

ВВЕДЕНИЕ

Для энергетики в настоящее время актуальным является разработка эффективных автономных источников электроэнергии [1, 2]. На сегодняшний день довольно широкое применение нашли гибридные устройства в качестве источников тока.

Уже широко используются автономные источники тока для электроснабжения электро-, радиоприборов и систем электронного управления в транспортных устройствах (в электромобилях, мобильных устройствах связи, летательных аппаратах и т.д.).

Актуальной задачей при построении источников электроэнергии для ряда устройств является выбор эффективных энергонакопительных

элементов, обладающих большой емкостью и малым внутренним сопротивлением, а также обладающих быстро и эффективно отдавать энергию и сохранять свои характеристики при частых зарядах и разрядах. Известно, что суперконденсаторы обладают более высокой емкостью и меньшими массогабаритными характеристиками, чем электролитические конденсаторы и имеют более высокую скорость заряда и разряда, чем аккумуляторы.

Использование суперконденсаторов совместно с аккумуляторами является перспективным направлением создания автономных гибридных накопителей электроэнергии, т.к. позволят повысить эффективность работы и срок службы аккумуляторов [3].

Целью данной работы является изучение модели «суперконденсатор – батарея» для поиска оптимальной схемы гибридного энергонакопителя, способной обеспечить ее эффективную работу.

Для реализации поставленной цели изучены взаимосвязи между батареями, суперконденсатором и конденсатором, чтобы провести оценку потенциального увеличения пиковой мощности, сокращения внутренних потерь.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методика эксперимента. Для исследования предлагаемого гибридного энергонакопителя были составлены две эквивалентные схемы гибридных энергонакопителей, которые включали в себя аккумуляторную батарею E_B , суперконденсатор $C_{СК}$, электролитический конденсатор C_K .

Батарея рассматривалась нами, как идеальный источник напряжения и внутреннего сопротивления. При исследовании аккумуляторная батарея была представлена эквивалентной схемой, приведенной на рисунке 1, в которой согласно [4] учтены все основные электрические параметры батареи: E_A – ЭДС батареи; $R_{A,эл}$ – сопротивление, отражающее проводящие свойства электролита; C_A – эквивалентная емкость, обусловленная внутренней структурой батареи; R_A, L_A – сопротивление и индуктивность выводов батареи.

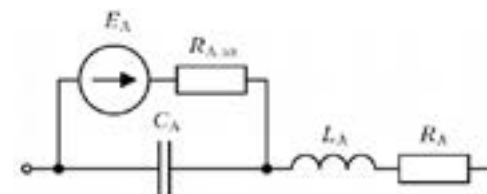


Рисунок 1 – Эквивалентная схема аккумуляторной батареи

Суперконденсатор был смоделирован в виде номинальной емкости ($C_{СК}$) и эквивалентного последовательного сопротивления ($R_{СК}$) и катушки индуктивности ($L_{СК}$). Эти элементы схемы реально могут отражать динамику энергетического процесса в суперконденсаторе. Данная схема построена без учета тока утечки суперконденсатора, в виду ее незначительности. Выбор эквивалентной схемы суперконденсатора для проведения исследований проведен в соответствии с рекомендациями работы [5] и представлена на рисунке 2. Эквивалентная схема электролитического конденсатора была составлена аналогично суперконденсатору.

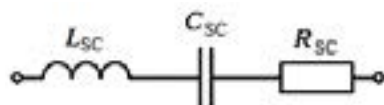


Рисунок 2 – Эквивалентная схема суперконденсатора

Для исследования модели гибридного энергонакопителя была составлена ее эквивалентная схема, которая с достаточной точностью отражала его электрические свойства (см. рис. 3). Модель гибридного энергонакопителя была существенно упрощена для облегчения проведения анализа.

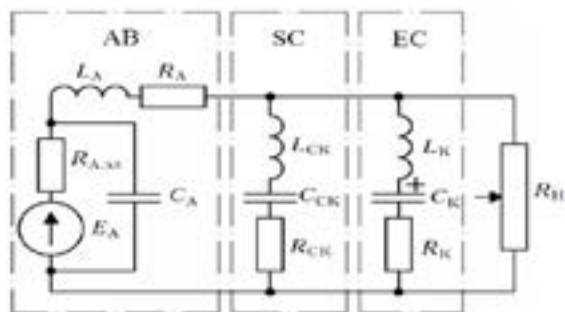


Рисунок 3 – Общая эквивалентная схема гибридного энергонакопителя

Исследование характеристик гибридного энергонакопителя, приведенного на рисунке 3 проводили с помощью имитационного моделирования с использованием пакета MATLAB/Simulink.

Результаты и их обсуждение. При моделировании были рассмотрены два варианта автономных гибридных источников электроэнергии, отличающиеся между собой аккумуляторными батареями. В первом случае был применен свинцовый автомобильный аккумулятор, а во втором литий ионный аккумулятор.

Также перед моделированием были учтены несоответствия параметров аккумуляторных батарей и суперконденсаторов. В частности, напряжение аккумулятора – 12 В, а суперконденсатора на 2,7 В. Поэтому для согласования этих приборов по напряжению были последовательно соединены 5 суперконденсаторов.

В первом случае в качестве источника энергии были выбраны автомобильный аккумулятор типа 6СТ-55 емкостью 55 А·ч, суперконденсаторы марки ВСАР0350Е270Т11 с емкостью 350 Ф, электролитический конденсатор К50-77 с емкостью 0,1 Ф. При моделировании были заданы следующие параметры эквивалентной схемы аккумулятора: $E_A = 12$ В; $C_A = 1,25$ Ф; $R_{A,эл} = 83,3$ мОм; $R_A = 7,7$ мОм; $L_A = 0,2$ мГн. Параметры эквивалентной схемы батареи из пяти последовательно соединенных суперконденсаторов: $C_{СК} = 70$ Ф; $R_{СК} = 16$ мОм; $L_{СК} = 0,3$ мкГн. Параметры эквивалентной схемы электролитического конденсатора: $C_K = 0,1$ Ф; $R_K = 15$ мОм; $L_K = 0,1$ мкГн.

Во втором случае источником энергии служил литий ионный аккумулятор емкостью 1,6 А·ч и величиной ЭДС 1,2 В, суперконденсаторы ВСАР0350Е270Т11 емкостью 350 Ф, электролитический конденсатор К50-77 емкостью 0,1 Ф. При моделировании были заданы следующие параметры эквивалентной схемы аккумулятора: $E_A = 3,7$ В; $C_A = 0,85$ Ф; $R_{A,эл} = 65$ мОм; $R_A = 25$ мОм; $L_A = 0,4$ мГн. Параметры эквивалентной схемы батареи из двух последовательно соединенных суперконденсаторов: $C_{СК} = 175$ Ф; $R_{СК} = 16$ мОм; $L_{СК} = 0,3$ мкГн. (Последовательное соединение суперконденсаторов применено для их согласования по напряжению с аккумуляторной батареей, т. к. каждый из суперконденсаторов рассчитан на 2,7 В, а напряжение аккумулятора – 3,7 В.) Параметры эквивалентной схемы электролитического конденсатора: $C_K = 0,1$ Ф; $R_K = 15$ мОм; $L_K = 0,1$ мкГн.

Рассмотрим результаты исследования взаимосвязи между батареями, суперконденсатором и нагрузкой в терминах их мощностных и энергетических долей, что делает возможным провести оценку потенциального увеличения пиковой мощности, сокращения внутренних потерь и увеличения срока эксплуатации.

В ходе моделирования были получены диаграммы изменения тока в ветвях схемы при нерегулярном разряде стационарного электронаккопителя на нагрузку (рис. 4). По экспериментальным результатам, представленным на рисунке 4 а видно, что ток аккумуляторной батареи (i_A) нарастает довольно медленно, значительно быстрее нарастает ток суперконденсаторов ($i_{СК}$), а скорость нарастания электролитического конденсатора (i_K), самая высокая.

Ток в нагрузке является суммой всех трех токов, что обеспечивает его стабильность в исследуемом интервале времени. Поддержание тока нагрузки на начальном участке формирования тока определяется конденсатором, а на среднем и конечном – суперконденсаторами. Кроме того, на конечном участке становится заметной и роль аккумулятора.

Также в ходе исследования были получены диаграммы изменения энергии, выделяемой в нагрузку при нерегулярном разряде накопительных элементов в различных комбинациях (см. рис. 4 б). Результаты, представленные на рисунке 3 б показывают, что энергия накопителя, состоящего из аккумуляторной батареи и конденсатора ($W_A + W_K$) низка, поэтому может не обеспечить необходимый средний уровень энергии потребителю. Однако энергия накопителя состоящего из аккумуляторной батареи и суперконденсатора ($W_A + W_{СК}$) уже способна обеспечить необходимый средний уровень энергии потребителю. И наконец, энергия накопителя, состоящая из аккумуляторной батареи, суперконденсатора и конденсатора ($W_A + W_{СК} + W_K$) уже способна обеспечить потребителя избыточной энергией, превосходящей средний уровень.

Из данного анализа видно, что и батарея и суперконденсатор обеспечивают токи для нагрузки, когда она включена, в то время как батарея заряжает суперконденсатор, когда нагрузка отключена. Мгновенный ток батареи, который должен был бы быть на том же уровне, что и ток нагрузки, существенно снижен благодаря поддержке суперконденсатора.

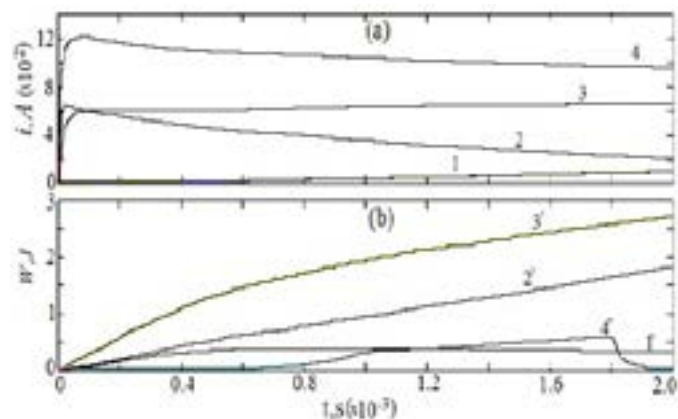


Рисунок 4 – Диаграммы изменения тока в ветвях схемы (а) и выделяемой в нагрузку энергии (б) при нерегулируемом разряде стационарного энергонакопителя на нагрузку для системы «аккумулятор типа 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77»: а) 1 – ток аккумулятора, 2 – ток конденсатора, 3 – ток суперконденсатора, 4 – суммарный ток; б) 1' – энергия аккумулятора, 2' – суммарная энергия аккумулятора и суперконденсатора, 3' – суммарная энергия аккумулятора, конденсатора и суперконденсатора, 4 – средний уровень энергии, необходимой для формирования импульса

Ток, обеспечиваемый суперконденсатором при подключенной нагрузке, существенно снижает пиковый ток батареи и, поэтому, значительно улучшает возможности системы.

Следует обратить внимание, что изменения тока в ветвях схемы (см. рис. 5 а) характеризуется двумя режимами: резкого нарастания до максимального значения и плавным спадом до значений насыщения.

Напротив изменение энергии вырабатываемой в нагрузку характеризуются плавными кривыми нарастания (см. рис. 4 б).

Аналогичные качественные диаграммы изменения тока и энергии выделяемой в нагрузку при нерегулируемом разряде энергонакопителя на нагрузку были получены при исследовании энергонакопительной системы с литий ионным аккумулятором. Следует отметить, что в данном случае значения токов и энергии на диаграммах изменения тока и энергии выделяемой в нагрузку имели большие величины.

Для изучения роли каждого элемента схемы были изучены вольт-амперные характеристики (ВАХ) двух систем: «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» и «литий ионный аккумулятор – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77». Из анализа соответствующих диаграмм перечисленных систем, а также путем соответствующей обработки были получены ВАХ для этой системы.

На рис. 5 приведены ВАХ элементов схемы «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» как в режиме резкого нарастания до максимального значения, так и в режиме насыщения.

Отметим, что для обоих режимов характерно значительное нарастание тока с повышением напряжения (в интервале от 2 до 12 В). Причем, во всех случаях наибольшие изменения тока достигаются при комбинации аккумулятора, суперконденсатора, конденсатора, а для всех других элементов изменения тока ниже. Представленные данные вызывают практический интерес, например, в импульсных устройствах

С повышением напряжения вплоть до 12 В изменение энергии элементов системы характеризуется стабильными значениями. Напротив для системы «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор» характерно нарастание изменения энергии с повышением напряжения.

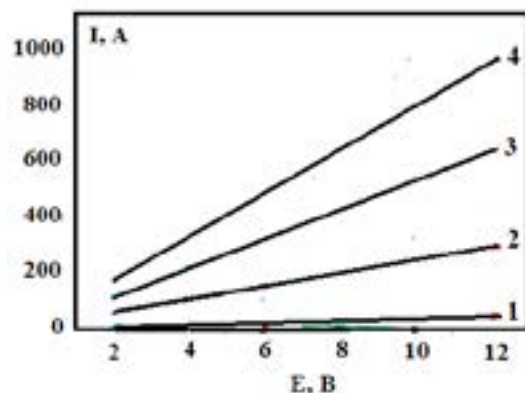


Рисунок 5 – ВАР элементов схемы «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» в режиме резкого нарастания до максимального значения и в режиме насыщения: 1 – для аккумулятора; 2 – для конденсатора; 3 – для суперконденсатора; 4 – для аккумулятора, конденсатора и суперконденсатора

Как следует из экспериментальных результатов для отдельных элементов схемы значения тока и энергии выделяемой в нагрузке меньше, чем для системы «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор». Приведенные на рис. 4 результаты можно связать с тем, что в гибридных накопителях высокая энергия аккумулятора и большая мощность суперконденсатора обеспечивают быстрые нарастания тока на ВАХ (рис. 5).

С другой стороны для аккумуляторов характерна большая инерционность динамических процессов заряда – разряда, что связано с медленным протеканием химических процессов в системе [6]. Напротив, для суперконденсаторов характерны быстрые процессы заряда – разряда [7]. Поэтому инерционность изменения тока в аккумуляторе заметно снижается в гибридной системе «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор» за счет быстрого действия суперконденсатора.

Результаты исследования показали, что оба рассмотренных варианта гибридных энергонакопителей, содержащих аккумуляторные батареи и суперконденсаторы, обладают более высокими динамическими характеристиками и энергетической эффективностью, чем каждый накопительный прибор по отдельности. Особенно эффективны гибридные энергонакопители при использовании в качестве формирователя необходимого количества импульсов тока с заданными параметрами.

Энергонакопители могут быть перспективными для использования в различных автономных источниках питания, предназначенных для установок, работающих в импульсных режимах, т.к. суперконденсаторы способны снять частично нагрузку (играть роль защиты) от аккумуляторов при переходных режимах включения и выключения. Замечено, что с повышением напряжения резко возрастает ток и емкость гибридных энергонакопителей.

Кроме того, большая электроэнергия аккумулятора и большая мощность суперконденсатора позволяет компенсировать недостатки одного элемента преимуществом другого в системе накопителя энергии. Из двух рассмотренных вариантов энергонакопительных систем по значениям и динамике изменения энергетических характеристик более предпочтительным является система с литий ионным аккумулятором.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в работе было установлено, что от комбинации аккумуляторной батареи и суперконденсатора можно получить более высокую энергоемкость накопителя и высокую скорость отдачи энергии в нагрузку, чем для каждого элемента схемы по отдельности. Причем этот эффект лучше достигается в случае с литий ионным аккумулятором.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Казарян, С. А.** Гибридное устройство аккумуляирования электрической энергии с электрохимическим суперконденсатором и свинцово-кислотной батареей. / С. А. Казарян, Г. Г. Харисов, В. А. Казаров, С. Н. Разумов, С. В. Литвиненко. // Патент РФ № 2484565. – 2008. – С. 30.
- 2 **Mahon, P. J.** Measurement and modeling of the high-power performance of carbon-based supercapacitors. / P. J. Mahon, G. L. Paul, S. M. Keshishian, A. M. Vassallo. // J. Power Sources. – 2000. – Vol. 91. – P. 68–76.
- 3 **Douga, R. A.** Увеличение мощности и срока службы гибридной системы «Батарея – Суперконденсатор». / R.A. Douga, I, Senior Member, IEEE, Liu Shengyi, Member, and E. Ralph White. // IEEE Transactions on components and packaging technologies. – 2010. – P. 1–23.
- 4 **Пазранд, Ю. Э.** Комбинированный накопитель энергии «аккумуляторная батарея – электролитический суперконденсатор». / Ю. Э. Пазранд, А. Ф. Бондаренко, Ю. В. Бондаренко. // Технічна електродинаміка. – 2008. – Ч. 6. – С. 76–79.
- 5 **Marco, S. W., Chan, K. T., Chau, C. C.** Effective Charging Method for Ultracapacitors. // Journal of Asian Electric Vehicles. – 2005. – V. 3. – № 2. – P. 771–776.

6 Хрусталеv, Д. А. Аккумуляторы. – М. : Изумруд, 2003. – 224 с.

7 Jeongbin, Lee. Modeling of the Electrical and Thermal Behaviors of an Ultracapacitor./ Jeongbin Lee, Jaeshin Yi, Daeyong Kim, Chee Burm Shin, Kyung-Seok Min Jongrak Choi and Ha-Young Lee // Energies. – 2014. – Vol. 7. – P. 8264–8278.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

*A. C. Nogay¹, O. M. Qabyлbekova², D. E. Uskenbaev¹, E. B. Aйнақулов¹,
A. A. Nogay¹, B. B. Issabekova³, D. K. Жақсыбаева¹*

Гибридті электр жетектерінің оңтайлы режимдерін іздеу

¹С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.;

²Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.;

³Павлодар мемлекеттік педагогикалық институты, Павлодар қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

*A. S. Nogay¹, O. M. Kabelbekova², D. E. Uskenbaev¹, E. B. Ainakulov¹,
A. A. Nogay¹, B. B. Issabekova³, D. K. Zhakysbayeva¹*

The search for optimal modes of operation of hybrid power storage devices

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana;

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

³Pavlodar State Pedagogical Institute, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Жұмыста аккумулятор мен супер конденсаторлар негізінде автономды жинақтаушы электр энергиясын сақтау құрылғыларының зерттеу нәтижелері ұсынылды. Электр энергияны жинақтаушы құрылғылардың баламалы сұлбаларының түрлі нұсқаларын жүзеге асыра отырып, ерекшеліктері модельдеу арқылы зерттелді. Электр энергияны жинақтаушы гибриді жетектерінің оңтайлы режимдері, сондай-ақ жинақтаушы сызбалардың параметр элементтері анықталған, бұлардың арқасында жұмыстың тиімділігін жетеді.

The paper presents the results of the study of autonomous power storage devices based on accumulators and supercapacitors. The characteristics of various variants of equivalent circuits of power storage devices by modeling were studied. Optimal modes of operation of hybrid power storage devices have been established, and the parameters of

circuit elements of such drives have been identified, in which the maximum efficiency of operation is achieved.

УДК 697.343

Е. В. Приходько¹, К. М. Абдрахманова², Г. Б. Есембеков²

¹к.т.н, профессор; ²магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: john1380@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ИХ РАБОТЫ

В настоящей статье проводится анализ справочных и действительных коэффициентов, характеризующих гидравлические и тепловые режимы работы тепловых сетей.

Ключевые слова: гидравлические режимы, коэффициент теплопроводности, местные сопротивления.

ВВЕДЕНИЕ

Расчёты тепловых и гидравлических режимов тепловых сетей опираются на справочные данные. Среди таких величин важными являются: коэффициент теплопроводности – для тепловых режимов; коэффициент гидравлического сопротивления и шероховатости – для гидравлических. Данные, по этим величинам, которые приводятся в справочниках, не имеют зависимости от условий эксплуатации. То есть, коэффициент шероховатости приводится в таблицах в зависимости только от материала трубопровода. При этом условия эксплуатации абсолютно не учитываются.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим основные причины, вызывающие изменение вышеупомянутых коэффициентов для гидравлических и тепловых режимов. Во-первых, широкий спектр выпускаемых промышленностью труб, фитингов, запорной арматуры, а также теплоизоляции порой не позволяет точно определить свойства применяемого изделия. Прилагаемые паспорта на продукцию очень часто либо не имеют ряда необходимых характеристик, либо имеют их со значительным разбросом значений.

Так, например, в [1] коэффициент теплопроводности минераловатных прошивных матов составляет от 0,041 до 0,032, т.е. на отличается 22 %. При этом, в документации не объясняется в каких случаях брать какое значение. Кроме этого, в приведённой таблице, под общим названием материала понимают целый спектр теплоизоляционных матов: на тканевой основе, сетке (в том числе и металлической), холсте из стекловолна с разными температурами применения, но с одинаковым пределом значений коэффициента теплопроводности.

Аналогично для гидравлических режимов, – значение местных сопротивлений для различных фитингов порой принимается по принципу «значение коэффициента схожего оборудования».

Во-вторых, эксплуатационные условия. Данный пункт можно разделить на две составляющих: эксплуатационные условия, влияющие на свойства в процессе действия этих условий и условия, вызывающие изменение свойств применяемых материалов. Рассмотрим это на примере влияния влажности на теплопроводность изоляции. При намокании изоляции коэффициент её теплопроводности увеличивается, но после высыхания принимает прежние значения. Подобное наблюдается и при влажном воздухе, окружающем трубопровод: коэффициент теплоотдачи «восстанавливается» после просушки канала, в котором располагается трубопровод.

В-третьих, условия монтажа. Важным моментом расчётной работы тепловых сетей (как при гидравлических, так и при тепловых режимах) является технически грамотный монтаж составных частей оборудования. В отношении гидравлических режимов можно привести следующие составляющие некачественного монтажа, влияющие на гидравлические режимы:

- наплывы сварочного шва на внутреннем стыке соединяемых трубопроводов;
- непровары сварочного шва на внутреннем стыке соединяемых трубопроводов;
- несоосность соединяемых трубопроводов;
- некачественно изготовленные или установленные прокладки на запорной арматуре;

Для теплоизоляции наиболее характерны следующие ошибки монтажа:

- уплотнение теплоизоляции про монтаже (хомутами, корпусом и др.);
- неравномерная толщина теплоизоляции по площади трубопровода;
- значительная ширина стыков между частями теплоизоляции.

Рассмотрим влияние изменения свойств материалов тепловых сетей на режимы работы. При тепловых режимах неправильно выбранный

коэффициент теплопроводности будет влиять на расчёт толщины теплоизоляции.

Расчет толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока – для однослойных конструкций выполняется по следующим формулам. Для плоских и цилиндрических поверхностей с диаметром 1,4 м и более используется формула:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{K \cdot (t_n - t_v)}{q_F} - R_n \right],$$

где t_n – температура наружной стенки изоляции, °C;

t_v – температура внутренней стенки изоляции, °C;

R_n – термическое сопротивление тепловой изоляции, °C/(Вт/м);

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/(м°C);

q_F – плотность теплового потока через изоляцию, Вт/м².

То есть, расчётная толщина теплоизоляционного слоя прямопропорционально зависит от коэффициента теплопроводности, который, в свою очередь, во многом определяется эксплуатационными условиями.

Теплопотери теплоизолированным трубопроводом при бесканальной прокладке в грунте, отнесенные к 1 м длины трубопровода, Вт/м, рассчитываются как теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку [2]:

$$Q = \frac{t_n - t_v}{\sum \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{4 \cdot d_n}{d_s} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}} \cdot \ln \frac{4 \cdot h_n}{d_s}},$$

где t_n – температура наружного воздуха, °C;

$R_{гр}$ – термическое сопротивление грунта, включая внешнее термическое сопротивление от грунта к воздуху, °C/(Вт/м);

$\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м°C);

d_n – наружный диаметр теплоизоляционной конструкции, м.

α – коэффициент теплоотдачи от поверхности земли к воздуху, Вт/(м°C);

λ/α – эквивалентная толщина слоя грунта, заменяющего внешнее термическое сопротивление массива, м.

Таким образом, и действительные потери тепловых сетей во многом определяются коэффициентом теплопроводности.

В [3] приводятся данные по обследованию тепловых сетей сети г. Мариинска (Кемеровская область). Общую длину тепловой сети

разбили на тридцать участков практически одинаковой длины и составили характеристики этих участков (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики участков тепловой сети

№ п/п	Условия эксплуатации и состояние изоляции	Номера участков
1	Влажный воздух в канале	1, 2, 5, 20, 22
2	Деформация изоляции	3, 12
3	Увлажнение изоляции 100 %	4, 11, 17, 21
4	Проектные условия	6, 7, 8, 13, 23, 24, 27, 30
5	Разрушение изоляции на 50 %	9
6	Отсутствие изоляции	10, 14, 16, 19, 26
7	Увлажнение изоляции 40 %	15
8	Увлажнение изоляции 60 %	25
9	Увлажнение изоляции 80 %	18, 28
10	Увлажнение изоляции 50 %	29

Таким образом, нерасчётные свойства изоляции, появившиеся в результате эксплуатации, в значительной степени влияющие на тепловые потери имеют место на 73 % длины рассматриваемых тепловых сетей.

В [4] приводятся данные об изменении коэффициента теплопроводности в зависимости от степени сжатия. Так, например, сжатие минеральной ваты на 50 % вызывает увеличение коэффициента теплопроводности с 0,09 Вт/(м·°C) до 0,12 Вт/(м·°C), т.е. на 33 %, что в конечном итоге приводит к росту тепловых потерь в 1,26 раза.

Для анализа действительных гидравлических сопротивлений в тепловых сетях представим результаты работы [5]. При расчёте трубопроводов тепловых сетей коэффициент местных потерь определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{l}{l_{\text{гн}}} = \frac{\sum \zeta \cdot d}{\lambda \cdot l_{\text{гн}}}$$

Из формулы следует, что величина местных сопротивлений зависит от длины участка, его диаметра и суммы коэффициентов местных сопротивлений, которые определяются конфигурацией сети. Очевидно, что значение α увеличивается при уменьшении длины участка и увеличении диаметра. С целью определения фактических коэффициентов местных потерь α , были рассмотрены существующие проекты водяных тепловых сетей промышленных предприятий различного назначения [5]. Располагая

бланками гидравлического расчета, для каждого участка определялся коэффициент α . Отдельно по магистрали и ответвлениям находились средневзвешенные значения коэффициента местных потерь для каждой сети.

Минимальное фактическое значение $\alpha = 0,113$, максимальное 0,292, а среднее значение по всем схемам составляет 0,19. Минимальное значение α по ответвлениям 0,118, максимальное 0,377, а среднее значение по всем схемам составляет 0,231.

Сопоставляя полученные данные с рекомендуемыми, можно сделать следующие выводы. Согласно справочным данным для рассмотренных схем значение $\alpha = 0,3$ для магистралей и $\alpha = 0,3$ и 0,4 для ответвлений, а средние фактические составляют 0,19 и 0,231, что несколько меньше рекомендуемых. Таким образом, справочные данные по коэффициентам местных сопротивлений являются слегка завышенными относительно действительных значений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, справочные данные по тепловой и гидравлической работе тепловых сетей в значительной степени отличаются от действительных значений. Учёт влияния эксплуатации на изменение соответствующих коэффициентов необходим, так как недооценка или переоценка этих значений приводит к дополнительным потерям энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <http://ostroymaterialah.ru/izolyaciya/raschet-tolshhiny-izolyacii-truboprovodov.html>
- 2 МДС 41–7.2004. Методика оценки влияния влажности на эффективность теплоизоляции оборудования и трубопроводов.
- 3 **Первовский, Ю. А., Анподистов, О. В.** Гидравлический расчет в тепловых сетях // Новости теплоснабжения. – №01. – 2004. – С. 23–28.
- 4 **Кинжибекова, А. К.** Зависимость тепловых потерь котла БКЗ–75–39 от теплофизических и конструктивных параметров футеровки // Тезисы докл. VIII Всероссийской конференции молодых ученых. – Новосибирск, 2004. – 183 с.
- 5 **Ушаков, Д. В., Снисарь, Д. А., Китаев, Д. Н.** Определение коэффициентов местных потерь в тепловых сетях промпредприятий // Молодой учёный. – 2017. – № 6. – С. 95–98.

Е. В. Приходько, К. М. Абдрахманова, Г. Б. Есембеков

**Жылу жүйелерінің материалдарының қасиеттерінің өзгеруі
олардың гидравликалық және жылулық режимдерінің жұмысына әсері**

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

E. V. Prihod'ko, K. M. Abdrahmanova, G. B. Esembekov

**Influence of changes in the properties of heat network materials on the
hydraulic and thermal modes of their operation**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar
Material received on 18.09.17.

*Бұл мақалада жылу жүйелерінің гидравликалық және жылулық
режимдерінің жұмысын сипаттайтын анықтамалық және
жарамды коэффициенттерінің анализі көрсетілген.*

*In this paper, there is given the analysis of reference and actual
coefficients characterizing the hydraulic and thermal modes of operation
of heat networks.*

В. В. Рындин¹, Ж. К. Каукенова², С. Б. Тулеубаев²

¹к.т.н., профессор; ²магистранты, Павлодарский государственный
университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ²zhanar_k.a@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА МТБЭ В КАЗАХСТАНЕ И ЗА РУБЕЖОМ

*Дана оценка преимуществ и недостатков использования МТБЭ
в качестве антидетонационной добавки к бензину. Проведен анализ
производства и спроса МТБЭ в Казахстане, а также в зарубежных
странах.*

*Ключевые слова: МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир), ЭТБЭ
(этил-трет-бутиловый эфир), МТАЭ (метил-трет-амилового эфира).*

ВВЕДЕНИЕ

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) – эффективный нетоксичный высокооктановый компонент, добавляемый к бензину. Применение МТБЭ позволяет производить высокооктановый бензин на основе широкой гаммы базового бензина. Первоначальная цель внедрения МТБЭ – исключение тетраэтилсвинца как добавки к бензину.

Введение МТБЭ в бензин в количестве 10–15 % существенно повышает детонационную стойкость бензинов, а также улучшает экономические и мощностные характеристики двигателей, снижает количество вредных выбросов (оксида углерода на 15–30 %, углеводородов на 7–8 %). МТБЭ особенно эффективен для прямогонных бензинов и бензинов каталитического крекинга.

В настоящее время МТБЭ является основной высокооктановой добавкой в мире.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Производство МТБЭ в Казахстане. Завод ТОО «Компания Нефтехим LTD» в Казахстане введен в эксплуатацию в 2009 году. На сегодняшний день предприятие «Нефтехим LTD» – единственный в Казахстане производитель МТБЭ, а также порошкового и гранулированного полипропиленов. Компания является экспортаориентированной и поставляет свою продукцию в Россию, Турцию, Украину, Китай и Западную Европу.

Казахстанский МТБЭ является качественным продуктом. Благодаря этой добавке казахстанские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) могут производить больше высококачественного бензина с октановым числом не ниже 95. Наличие в присадке кислорода улучшает процесс сгорания топлива в двигателе, повышает его экономичность и снижает вредные выхлопы.

В перспективах предприятия входит улучшение технологии – зарубежные специалисты предложили современные процессы непрерывного производства и увеличить производительность МТБЭ до 30 тыс. тонн в год.

Модернизация Павлодарского нефтехимического завода (ПНХЗ) позволит довести глубину переработки до мировых стандартов, т.е. до 95 %, и это улучшит качество производимых бензинов. Получив этанол от Кокшетауского биохимического завода в дополнение к сжиженному газу от ПНХЗ, мы приступаем к производству ЭТБЭ (этил-трет-бутиловый эфир), что позволяет обеспечить выпуск высокооктановых бензинов стандарта Евро-5.

Производство МТБЭ в России. В настоящее время на территории России используются технологии производства МТБЭ разработанные в ОАО НИИ «Ярсинтез» (ранее НИИМСК) г. Ярославль. Технология Ярсинтеза, в различных вариантах, используется на 10 действующих производствах в России. ОАО НИИ «Ярсинтез» занимается технологией получения высокооктановых эфирных компонентов бензинов с 1973 г. За это время разработано несколько технологий получения таких высокооктановых компонентов как МТБЭ, МТАЭ/ТАМЭ (метил-трет-амиловый эфир / трет-амил-метиловый эфир), ЭТБЭ и других эфиров.

Для получения высокооктановых эфиров ОАО НИИ «Ярсинтез» может предложить несколько вариантов технологических схем, учитывающих используемое сырье, требования к продукции и взаимосвязь с другими производствами. В том числе рекомендуется наиболее совершенная в мире технология с использованием принципа «каталитической дистилляции», позволяющая иметь максимальную производительность и эффективность. В таблице 1 приведены характеристики предприятий РФ по производству МТБЭ.

Таблица 1 – Предприятия по производству МТБЭ в России

Предприятие	Проектная мощность, тыс. тонн /год	Источник сырья
ООО «Тольятикаучук», г. Самара	75	Дегидрирование изобутана
ОАО «Уралоргсинтез», г. Чайковский	90	Пиролиз / дегидрирование изобутана

ООО «Тобольскнефтехим», г. Тобольск	100	Дегидрирование изобутана
ОАО «Сибурхимпром», г. Пермь	25	Пиролиз
ОАО «Стерлитамакский нефтехимический завод», г. Стерлитамак	36	Крекинг
ОАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск	90	Пиролиз / дегидрирование изобутана
ООО Группа компаний «Титан»	300	Пиролиз / дегидрирование изобутана
ОАО «Омский каучук», г. Омск	35	Каталитический крекинг
«Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез», г. Ярославль	35	Каталитический крекинг
ЗАО «Коримос», г. Москва	25	Каталитический крекинг
ОАО «Каучук», г. Волжский	135	Дегидрирование изобутана

Сырьевая проблема существует для перспективного развития производства МТБЭ, свободных ресурсов сырья сейчас нет. Реальное увеличение сырьевой базы для МТБЭ произойдет, если компании-владельцы НПЗ будут стремиться увеличивать степень переработки нефти, строить вторичные процессы, в т. ч. и каталитический крекинг. С другой стороны, имеется значительное количество ресурсов для производства МТАЭ – гомолога МТБЭ. Ресурсы по изоамиленам очень значительны. Потенциал по производству МТАЭ по объему равен производству МТБЭ.

В мире давно признано и доказано, что МТБЭ является наиболее эффективной высокооктановой добавкой (суммарно по всем показателям). Использование других добавок возможно (метиланилин), но есть проблемы выбросов. Какие-то другие могут использоваться или в малых масштабах (имеющиеся побочные продукты, не производимые специально), или (в России) от жадности и бесконтрольности. Имеет смысл говорить о вовлечении содобавок (например, метиланилина к МТБЭ), что может быть разумным ввиду существенного снижения содержания МА в бензине. Использование толуола (как, впрочем, и др. ароматики) возможно, но

существуют ограничения на содержание ароматики в бензине, причем с каждым Евро (имеется в виду нормы качества бензина) они существенно ужесточаются. Это связано с высоким содержанием СО и СН в продуктах сгорания.

Озвучено желание (на перспективу) организации 4–5 новых производств МТБЭ/ЭТБЭ, мощностью 30–40 т/год каждое.

Потребление и производство МТБЭ в России будет расти, пока есть рост доли высокооктановых бензинов, а автопарк переходит на высокооктановые бензины. Предстоит ограничение на 80-ый бензин и наблюдается рост потребления 95 и 98.

Согласно расчетам, производство МТБЭ в России в 2009 году составило около 700 тыс. тонн, потребление для российского производства бензинов – около 500 тыс. тонн. Экспорт МТБЭ в 2009 году составил 200 тыс. тонн, из которых 75 тыс. тонн приходится на Украину.

МТБЭ в дальнем зарубежье. В ряде штатов США, начиная с 2006 года запретили использовать МТБЭ (Закон S.2962), из-за его воздействия на экологию – в частности, «обнаружения в питьевой воде» (статья в СМИ «Калифорнийский вкус»). Этому опыту последовала и Канада и некоторые европейские страны (Скандинавия). Тем не менее в США в 2009 году было выпущено 2,36 млн. тонн МТБЭ, весь объем которого был экспортирован в Мексику, Венесуэлу, Чили и другие государства.

Но проблема выглядит несколько иначе, нежели представляется в глазах общественности. Дело в том, что попадание МТБЭ в грунтовые воды в Калифорнии и его обнаружение в питьевой воде, имеет место из-за использования в США подземных хранилищ (откуда, возможно, и происходили утечки). В Европе же подобного опыта нет (нет подземных хранилищ МТБЭ).

Стремление Америки и Евросоюза к «более экологичным» добавкам», скорее, связано с тенденцией внедрения возобновляемых источников сырья, в частности, для получения этилового спирта (на основе которого и вырабатывают ЭТБЭ). Переход на пищевое сырье и внедрение биотоплив в мировой практике считается мощным стимулом для развития сельского хозяйства. На эти цели в Америке и Европе выделяются крупные государственные дотации. Поскольку использование топливных добавок в виде этилового спирта связано с различными техническими проблемами (проблема фазовой стабильности), более эффективным решением считается введение в бензины ЭТБЭ (вместо МТБЭ).

Согласно исследованию Академии конъюнктуры промышленных рынков, мощности по производству МТБЭ в Европе (включая Украину) в настоящее время составляют почти 2,8 млн. тонн, однако новые мощности

в последнее время не вводились, а их загрузка снижается, что во многом связано с ростом использования ЭТБЭ.

Наибольшие мощности по МТБЭ сосредоточены в Голландии (LyondellBasell), Франции (Exxon), а по ЭТБЭ – во Франции (Total), Испании (Repsol YPE) и Германии (PSK). МТАЭ производят в трех странах – Германии (PSK), Италии (Saras) и Финляндии (NesteOil). Несмотря на то, что доля МТБЭ в совокупном использовании в Европе снижается, эта высокооктановая добавка остается в настоящее время наиболее распространенной. Наибольшие мощности по ее производству расположены в Голландии, Германии и Великобритании. На эти три страны приходится более половины от совокупных европейских мощностей по производству данной добавки. Крупные мощности находятся также в Бельгии (Exxon Mobil Antwerp Refinery, Total Antwerp Refinery), Румынии (Petrotel Lukoil Ploiesti Refinery, RAFO Onesti Refinery, Arpechim Pitesti Refinery) и Италии (Raffineriadi Gela, Raffineriadi Milazzo, ERG Raffinerie Mediterranee ISAB, Priolo, Eni Division of Refining & Marketing, Sannazzaro).

В настоящее время в Европе и мире не существует практики учета коэффициента-фактора между ценой ЭТБЭ и бензина. Вместе с тем, такой коэффициент был бы весьма актуален и имеет практическую ценность, поскольку профильные министры 27 стран-членов Евросоюза в Брюсселе достигли согласия касательно предложения Еврокомиссии об увеличении доли возобновляемых источников энергии в общей структуре энергопотребления в ЕС (так называемый «План 20-20-20»). Исполнительная власть ЕС предложила членам этой региональной организации довести к 2020 году до 20 % долю возобновляемых источников энергии, сократить на 20 % к уровню 1990 года объемы вредных выбросов в атмосферу и на 20 % снизить общие энергозатраты.

Указанный план означает для стран Евросоюза постепенное уменьшение использования МТБЭ и перехода на ЭТБЭ. Как уже отмечалось, такой переход на ЭТБЭ также планируется на заводе ТОО «Компания НефтехимLTD».

ВЫВОДЫ

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1 Преимуществом МТБЭ является доступность сырья, экономичность и налаженное производство в мире, недостатком является отравление подземных вод при его хранении.

2 Несмотря на то, что доля МТБЭ в совокупном использовании в Европе и в США снижается, эта высокооктановая добавка остается в настоящее время наиболее распространенной.

3 Вкраткосрочной перспективе не ожидается большого роста производства МТБЭ, а в среднесрочной – ускоренный темп перехода на ЭТБЭ и этанол.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ахметов, С. А.** Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа [Текст] : учебник / С. А. Ахметов, Т. Р. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов – СПб. : ООО ДизайнПолиграф Сервис, 2006. – 692 с. :ил. ISBN.

2 Европейский рынок добавок к бензинам: этанол, МТБЭ и ЭТБЭ. [Электронный ресурс]. – <http://www.samoupravlenie.ru/41-10.php>.

3 Анализ и перспективы производства МТБЭ на НПЗ. [Электронный ресурс]. – <http://www.bestreferat.ru/referat-217361.html>.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

В. В. Рындин, Ж. К. Каукенова, С. Б. Тулеубаев

МТБЭ-ні Қазақстанда және шетелдерде өндірудің салыстырмалы талдауы

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

V. V. Rindin, Zh. K. Kaukenova, S. B. Tuleubayev

A comparative analysis of the production of MTBE in Kazakhstan and abroad

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Осы мақалада автор Қазақстандағы және шетелдік елдерде МТБЭ өндірісінің салыстырмалы талдауы жүргізеді.

In this article the author conducts a comparative analysis of MTBE production in Kazakhstan and foreign countries.

УДК 678.8:665,584.24

**М. А. Сулейменов¹, М. А. Елубай², Д. Т. Толегенов³,
А. Солтанхан⁴, Д. Ж. Жаркенова⁵**

¹д.х.н., профессор; ²к.х.н., доцент; ³преподаватель; ^{4,5}магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

e-mail: ²madik_chimik@mail.ru; ³www.dika-92@mail.ru; ⁴sultan_xim@mail.ru;

⁵Diana_doni@mail.ru

БЕЗОТХОДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕРАБОТКА ШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБУВНОГО КРЕМА

В данной статье рассматриваются условия для безотходного производства и переработки автомобильных шин для получения обувного крема а также рассмотрены современные методы переработки автомобильных шин.

Ключевые слова: обувной крем, автомобильные шины, резина, топливо, экология, пиролиз, предпринимательство.

ВВЕДЕНИЕ

Утилизация и переработка шин в современном мире, где число автомобилей неуклонно растет, приобретает большое экологическое и экономическое значение для всех развитых и развивающихся стран мира. Изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды. В дополнении отмечается тот факт, что резина огнеопасна и не подвергается системному биологическому разложению в естественной природной среде. При определенных обстоятельствах резина-технические отходы также порождают антисанитарную обстановку.

В системе функционирования современной промышленности переработка автомобильных шин имеет предпочтительный характер, так как до 80 % мирового запаса шин созданы из синтетического каучука, который получают из нефти – невозобновляемый природный ресурс. Современные технологии переработки и утилизации шин имеют важное экономическое значение, так они способствуют сохранению природных запасов нефтехимического сырья, стимулируют развитие ресурсосберегающих, менее затратных производственных технологий, а также улучшают экологическую обстановку и исключают утрату больших земельных площадей под складирование резиновых отходов.

Около половины использованных шин в мире, по состоянию на конец 1990 года сжигалось по старым технологиям.

На современном этапе в условиях развития современных химических технологий для утилизации автомобильных шин применяется такая актуальная технология, как – «пиролиз».

Переработка автошин методом пиролиза широко используется в европейских странах, поскольку помимо экологически чистой утилизации, данный тип переработки способен принести очень хорошую прибыль и дополнительный экономический эффект.

В промышленности зарубежных стран выделяют следующие преимущества пиролиза автомобильных шин:

- технологический процесс утилизации является безопасным с экологической точки зрения. В продуктах переработки отсутствуют высокотоксичные вещества;
- отсутствие отходов при производстве. Все основные и побочные компоненты, которые рассматриваются как результат производственного процесса являются ликвидным продуктом;
- производственно-технологический процесс не требует значительных энергозатрат и очень экономичен;
- имеется возможность использования получаемого от переработки резины топлива, для внутренних технологических процессов.

В Республике Казахстане в нефтехимической промышленности на современном этапе технологии пиролиза не используются, соответственно нет соответствующего исходного сырья для производства сопутствующей продукции, включая обувного крема.

Единственным в Казахстане крупным предприятием по переработке автомобильных шин является предприятие ТОО «KAZAKHSTAN RUBBER RECYCLING», которое производит резиновую крошку.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основным видом выпускаемой продукции будет являться обувной крем. На первоначальном этапе крем будет производиться в черном цвете и будет предназначен для защиты обуви от внешней агрессивной окружающей среды и для косметической покраски обуви.

В перспективе в целях развития производственных процессов для выпускаемой продукции будет определен бренд, марка.

В рамках настоящего бизнес-проекта предполагается реализация предпринимательской идеи по созданию инновационного малого предприятия, производственные мощности которого будут ориентированы на выпуск импортозамещающей продукции – обувного крема в ассортименте и

номенклатуре. Выпуск продукции будет осуществлен на основе переработки отходов – автомобильных шин, а также по возможности прочих видов резина-технических изделий.

Генеральная цель проекта – создание в городе Павлодаре и регионе инновационных импортозамещающих производств в системе функционирования химической отрасли промышленности.

Потенциальными источниками инвестиций в бизнес-проект выступают:

- собственные средства;
- кредитные ресурсы, полученные по целевым программам государственной поддержки малого и среднего бизнеса в Республике Казахстан;
- привлеченные средства (финансовые ресурсы, полученные по грантовым программам).

Ориентировочная структура финансирования проекта представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Ориентировочная структура финансирования проекта по выпуску обувного крема

Также результирующими аспектами предпринимательской деятельности будет являться дополнительная продукция, часть из которой будет использоваться во внутренних производственно-технологических системах.

Основные виды плановой продукции представлены в рисунке 2.



Рисунок 2 – Основные виды плановой продукции

Широкий спектр дополнительной продукции будет создавать условия для диверсификации предпринимательской деятельности.

В современных условиях существуют вариативные (выборочные) технологии переработки шин, такие как: водоструйный метод; бародеструкционный метод; механическое дробление; термический способ.

Общая характеристика современных технологий представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика современных технологий переработки шин

Наименование метода	Характеристика
Водоструйный метод	Технология представляет собой экологически чистый процесс. В специальной камере шина подвергается атаке струй воды под высоким давлением. Вода вырывает мелкие элементы резины, которые в последующем отделяются в специальном сепараторе. В результате получается крошка размером 0,05–1 мм. Энергозатраты составляют 1 кВт/час на 1 кг. получаемой резины. Данная технология отличается высоким качеством получаемого продукта и не требует больших производственных площадей
Бародеструкционный способ	Данная технология предусматривает предварительное дробление шин на крупные элементы, которые в дальнейшем загружаются в специальную камеру, где под действием высокого давления и температуры резина подобно жидкости отжимается из металлокорда. Получаемая крошка имеет размеры до 0,8 мм. В рамках данной технологии полной очистки металлокорда достичь не удается, поэтому следует предусматривать дополнительную очистку металлокорда или его утилизацию. Озонная технология считается одной из перспективных. После удаления бортового кольца шину режут на 4 части и помещают в специальную камеру, где подвергают воздействию озоносодержащего газа и одновременному механическому воздействию. В процессе обработки озон разрушает связи в резине, а механическое воздействие позволяет развиваться микротрещинам. В итоге резина просто осыпается с металлического каркаса. Получаемый порошок не слипается, а размер частиц не превышает 0,1–0,2 мм.

Механическое дробление	После удаления бортовых колец шину разрезают на 4 части и пропускают через специальные вальцы, разрушающие ее. Далее крупные элементы резинокордной конструкции дробят и отделяют резину от корда. Отделенную резину измельчают и получают крошку. Резиновая крошка используется для производства вторичных резинотехнических изделий (коврики, втулки, резиновая плитка). При данной технологии не удается полностью очистить металлокорд, поэтому его вторичное использование в качестве лома черных металлов затруднительно, а иногда невозможно. В то же время одно из основных достоинств механического способа – низкая себестоимость
Термический способ (пиролиз)	Обработка шин высокой температурой сопряжена с необходимостью приобретения дорогостоящего оборудования. Результатом технологического процесса является разложение резины на составляющие. Газ, получаемый в процессе пиролиза, используется здесь же. Система полностью замкнута, и вредных выбросов в атмосферу нет. Энергетический баланс позволяет создавать на базе предприятия новые производства и снабжать тепловой энергией местных потребителей.

В рамках рассматриваемого проекта будет применяться технология – пиролиза.

Пиролиз позволяет разложить покрышки на составляющие компоненты, каждый из которых можно использовать в определенных производственно-предпринимательских целях.

В результате пиролиза резины будут получены следующие компоненты:

– технический углерод, который используется в качестве наполнителя в производстве неответственных резин, транспортерных лент, технических пластин, и многого другого. Так же он является пигментом для производства красящих компонентов. Технический углерод более низкого качества широко используется в строительстве (из него делается тротуарная плитка, бетонные изделия и кирпич);

– термолизный газ, который является аналогом природного газа. Данный газ достаточно чистый, и может свободно использоваться на мини-котельных для получения тепло и электроэнергии;

– прессованный металлокорд, используемый для нужд металлургической промышленности. Он может реализовываться как металлолом, так и как вязальная проволока (при условии его дополнительного обжига);

В общем виде технологический процесс производства продукции представлены в рисунке 3.



Рисунок 3 – Система организации производственно-технологического процесса

ВЫВОДЫ

Таким образом, система организации производственно-технологического процесса будет иметь высокий уровень экологической безопасности.

В процессе становления и развития предпринимательской деятельности на предприятии будет внедрена современная система экологического менеджмента ISO 14001.

В рамках технологических процессов и производственно-хозяйственной деятельности предприятия, внедрение системы менеджмента экологической безопасности будет иметь следующие целевые ориентиры:

- улучшение отношений государства и общества к предприятию и его руководству;
- улучшение экологической обстановки в регионе, снижение негативного воздействия факторов производства на природу и здоровье граждан;
- экономия ресурсов, направляемых на природоохранные мероприятия;

– оптимальное использование энергетических и материальных ресурсов предприятия;

– эффективное использование отходов предприятия и разработка специальных программ их переработки, в том числе использование их во вторичных производственных процессах;

– снижение затрат на выплату штрафов в связи с нарушением требований экологического законодательства.

В стратегической перспективе, с учетом самообеспечения предприятия энергоресурсами, на предприятии будет внедрена система энергетического менеджмента – ISO 50001.

Предметом энергетического менеджмента на предприятии будут выступать:

- энергоемкость производственно-технологических процессов;
- эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
- поддержка и стимулирование программ энергосбережения;
- планирование энергосбережения;
- реализация механизмов по использованию альтернативных источников энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

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

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

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

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

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

7 <http://www.tkomplex.ru/ru/products/pirotex>

8 <http://www.tkomplex.ru/ru/price>

*М. А. Сулейменов, М. А. Елубай, Д. Т. Төлегенов, А. Солтанхан,
Д. Ж. Жаркенова*

Қалдықсыз өндіру және аяқ киім кремін алуға шиналардың қайта өңдеуі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

*M. A. Suleimenov, M. A. Elybai, D. T. Tolegenov, A. Soltanhan,
D. Zh. Zharkenova*

Waste-free production and processing of tires for obtaining shoe cream

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада аяқ киімнің кремдерін алу үшін автокөлік шиналарын қалдықсыз өндіру және өңдеу шарттары қарастырылып, автокөлік шиналарын өңдеудің заманауи әдістері қарастырылады.

In this article, conditions for non-waste production and processing of automobile tires for obtaining shoe creams are considered and modern methods of processing automobile tires are also considered.

О. М. Талипов

докторант, Павлодарский государственный университет имени
С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: talipov1980@mail.ru

ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ БЕЗ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Рассмотрены токовые защиты получающие информацию о первичном токе от нетрадиционных датчиков, таких как катушки индуктивности (КИ), магнитные трансформаторы тока (МТТ), датчики Холла, катушки Роговского, герконы и др. Рассмотрены все достоинства и недостатки традиционных токовых защит на трансформаторах тока (ТА) и защит без ТА, сделаны выводы.

Ключевые слова: токовые защиты, трансформатор тока, преобразователи тока, геркон, катушка индуктивности.

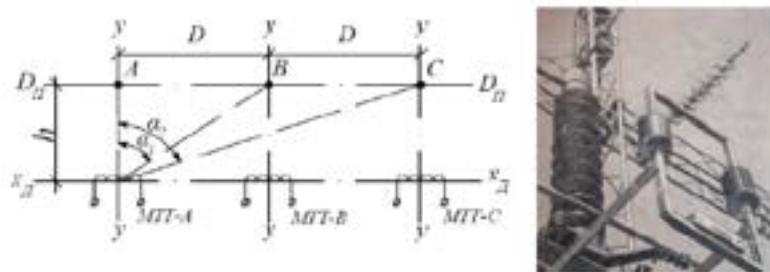
ВВЕДЕНИЕ

В 2006 году на Международной конференции по большим энергетическим системам (CIGRE) проблема построения устройств РЗ без ТА была названа одной из первостепенных нерешенных задач электроэнергетики. Дело в том, что ТА металлоемки – могут весить до 120 кг и иметь недопустимые погрешности в переходных режимах и опасные напряжения на концах разомкнутой вторичной цепи. В предыдущие 50 лет предлагались варианты использования вместо ТА различных датчиков тока, таких как катушки индуктивности (КИ) [1], магнитные трансформаторы тока (МТТ) [2], датчики Холла [3], катушки Роговского [4], герконы [5–8] и др., но только ММТ были доведены до промышленного выпуска, который впоследствии был прекращен из-за ряда недостатков [2]. Рассмотрим эти предложения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Токовые защиты на магнитных трансформаторах тока

Магнитный трансформатор тока (МТТ) – преобразовывает создаваемое электромагнитное поле вокруг проводника с током в э.д.с. Этот проводник в [2] называется первичным проводом МТТ, а измеряемый в ней ток – первичным током МТТ. Основной элемент МТТ – это магнитный датчик, выполненный в виде проволочной обмотки намотанной на ферромагнитный сердечник, установленный на некотором расстоянии h от проводника с контролируемым током (рисунок 1 а) [2].



а)

б)

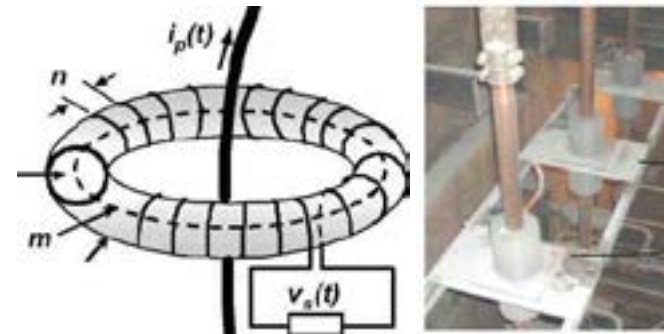
Рисунок 1, а – Расположение фазных МТТ в для линий 35–220 кВ;
б – Расположение установки ТВМ на стойке разъединителя.

На рисунке 1 а [2, 9] показано размещение магнитных датчиков относительно фазных проводов, расположенных в горизонтальной плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа. Их центры находятся на оси $D_{II}-D_{II}$. Магнитные трансформаторы тока расположены так, что их оси $x-x$ и $y-y$ находятся в плоскости чертежа, а оси $z-z$ перпендикулярны плоскости чертежа. Их центры находятся, как правило, на линии x_D-x_D совпадающей с осями $x-x$ МТТ. Линия x_D-x_D параллельна линии $D_{II}-D_{II}$ и находится от нее на расстоянии h , минимально необходимом по условиям изоляции МТТ от проводов линии. Устройство максимальной токовой защиты на МТТ МТЗ-М подробно описано в [9].

Недостатком защит на МТТ является малая выходная мощность самого датчика, и то что насыщение сердечника происходит при очень большой кратности первичного тока [2, 9], что ограничивает возможности использования данных защит, большие размеры датчика и вес, что ограничивает область их применения, наличие блока питания в схеме порождает необходимость в не зависимом источнике тока [2, 9, 10, 11].

Токковые защиты на катушках Роговского.

Стандартная катушка Роговского это провод, обмотанный вокруг немагнитного сердечника. Катушка размещается вокруг проводников, токи которых необходимо измерить (рисунок 3 а) [4]. На рисунке 3 б показаны катушки Роговского с неразборными сердечниками закрепленных на специальной раме вокруг шин трех фаз, состоящие из печатных плат (РСВ) с отпечатанными в плате витками и проходных изоляторов [4].



а)

б)

Рисунок 3 – Катушка Роговского

Катушка Роговского имеет ряд преимуществ перед ТТ, например выходной сигнал катушки имеет минимальное напряжение, которое безопасно, и это напряжение не увеличивается когда вторичная цепь размыкается, при этом ширина и масса катушки Роговского меньше, чем у ТТ. Катушка Роговского имеет такое же по размеру окно как и ТТ, но больший диапазон по току, она не насыщается, но точность измерения низка [4, 10, 11].

Токковые защиты на катушках индуктивности (индукционных датчиках).

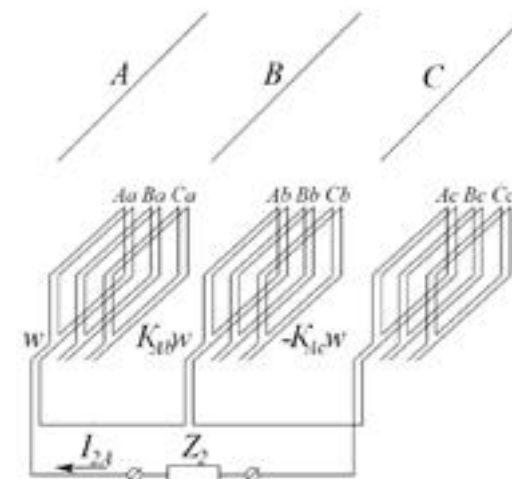


Рисунок 4 – Схема измерения токов в фазах линии на КИ

Вместо трансформаторов тока предлагаются индукционные датчики, отличающиеся наибольшей простотой выполнения, предназначенные для измерения величины тока в одной из фаз. Они подвержены влиянию токов от других фаз, в особенности на линиях 220 кВ и более, требующих больших изоляционных расстояний. Поэтому в целях устранения этого влияния предлагается следующее устройство [1].

Для измерения тока каждой фазы одноцепной линии, например фазы *A* (рисунок 4) [1], на некотором, определяемом по условиям изоляции расстоянии от проводов *A*, *B*, *C* помещаются три катушки индуктивности, которые автор называет контурами *Aa*, *Ab*, *Ac*. Рамки соединяются между собою последовательно и включаются через усилитель или непосредственно на измерительный прибор или реле защиты. Соотношение чисел витков рамок и полярность их включения определяются на основании соображений, изложенных в [1].

Недостатком при осуществлении схемы измерения токов на КИ является влияние внешних магнитных полей, например, при наличии близко расположенных других линий, КИ необходимо экранировать, нет разработанных конструкций для крепления рамок (КИ) возле защищаемого элемента [1] и не дан выбор уставок срабатывания защиты.

Токовые защиты на элементах Холла.

Э.д.с. Холла возникает вследствие взаимодействия движущихся электронов с магнитным полем (рисунок 5 а) [3]. При этом электроны твердого тела, например полупроводниковой пластины *I* с электронной проводимостью, перемещаются в его кристаллической решетке под воздействием электрического поля. При показанных на рисунке 5 а направлениях тока *i* и магнитного поля *B*, электроны отклоняются на боковую грань *a*, удлиненной полупроводниковой пластинки прямоугольной формы, и образуют на ней отрицательный заряд, при этом противоположная грань *б* заряжается положительно [3].

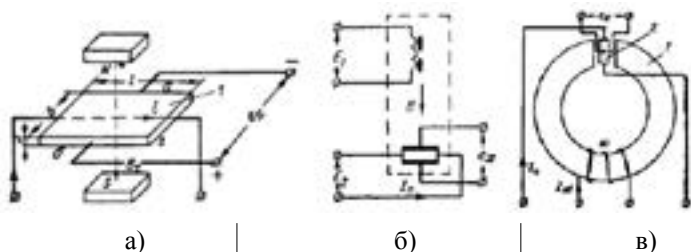


Рисунок 5 – а – Расположение полупроводника в магнитном поле при наблюдении эффекта Холла; б – Принципиальная схема датчика Холла; в – Схема конструкции датчика Холла

К недостаткам использования датчиков Холла относятся необходимость в стабильном питании, сложность измерительных схем, высокая чувствительность к изменениям температуры, наличие остаточного напряжения, большой разброс параметров в пределах одной партии датчиков Холла, что вынуждает определять характеристики каждого датчика в отдельности и усложняет взаимозаменяемость [3, 10, 11].

Токовые защиты на магнитотранзисторах.

Как альтернатива ТТ предлагается магнитотранзисторный измерительный преобразователь тока в напряжение, для измерения тока в большом динамическом диапазоне с выдачей информации о токе в виде аналогового сигнала или цифрового кода, что особенно актуально для микропроцессорных релейных защит. Магнитотранзисторные преобразователи тока принципиально отличаются от электромагнитных измерительных преобразователей тока (ТТ, трансреакторов, индукционных датчиков тока и других) наличием чувствительного элемента (первичного преобразователя) – магнитотранзистора (МТ), выходной сигнал которого в широких пределах пропорционален не производной, а мгновенному значению магнитной индукции поля, созданного контролируемым током, и следовательно, мгновенному значению этого тока. Это свойство МТ и обеспечивает возможность одинаково успешного измерительного преобразования токов любого рода [12, 13].

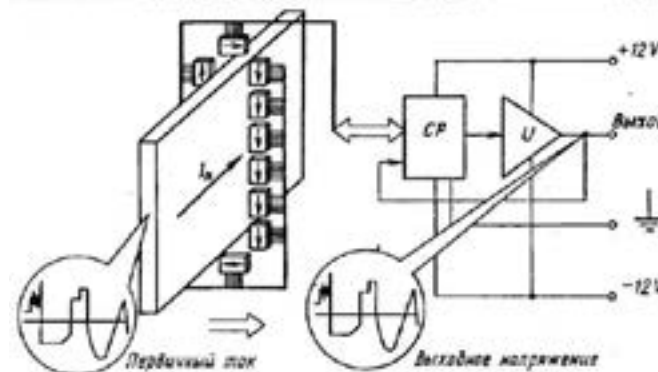


Рисунок 6 – Магнитотранзисторный преобразователь тока в напряжение

Отсутствие магнитопровода и обмоток в МТПТ значительно уменьшило его размеры и массу по сравнению с традиционными ТТ при одинаковых номинальных первичных токах и напряжениях. Кроме того, преобразователь может быть изготовлен разъемным, что позволяет легко и быстро

монтировать его в электроустановках, а также использовать в переносных измерительных устройствах. Однако МТПТ могут успешно конкурировать с традиционными ТТ только в тех случаях, когда не требуется большая выходная мощность, в других – предпочтение отдается ТТ [12]. Есть и другие недостатки: необходим источник питания постоянного тока, наличие шумов, зависимость параметров магнитотранзисторов от температуры, большое количество самих датчиков [10, 11, 12, 13].

Токовые защиты на герконах.

Геркон (герметизированный контакт) представляет собой электромеханическое коммутационное устройство, изменяющее состояние подключённой электрической цепи при воздействии внешнего магнитного поля. Геркон состоит из упругих ферромагнитных контактов, впаянных в герметичную стеклянную колбу. При увеличении внешнего магнитного поля свыше порогового упругие контакты геркона «слипаются», замыкая электрическую цепь. При уменьшении внешнего поля за счет упругости контактов происходит размыкание цепи.

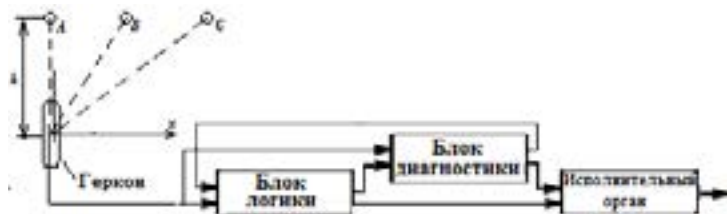


Рисунок 7 – Схема МТЗ на герконах

Герконы широко применяются в технике, но их свойства связанные со спецификой использования в РЗ в полной мере были исследованы в [14] (Клецель М.Я. и др.). Поскольку число КЗ в год на одной ЭУ не превышает 10, и в основном защиты имеют $I_{сз} > I_{р.аб.макс}$, геркон можно было бы использовать десятилетиями. Но так как на геркон под шинами защищаемой ЭУ (рисунок 7) в нормальном режиме работы постоянно действует МП, которое заставляет пластины герконы колебаться (хотя и без замыкания), что со временем вызывает изменение его параметров. Чтобы исключить последствия колебания пластин в течение, например, 10 лет непрерывной работы герконов до его замены, он должен иметь (считая для гарантии, что срабатывает каждую полуволну переменного тока, т.е. за год $3,2 \cdot 10^9$) ресурс срабатывания $P_{ср} = 3,2 \cdot 10^{10}$. Исходя из результатов экспериментов [14] можно использовать обычные герконы с $P_{ср} = 10^6$, если менять герконы каждые два-три года. В результате исследований выяснилось, что параметры

герконов при воздействии на них магнитных полей токами КЗ лежат в пределах, позволяющих использовать их для построения токовых защит, при необходимости можно увеличить чувствительность геркона в 8-10 раз [14].

Герконы имеют следующие преимущества перед рассмотренными выше датчиками тока: не нуждаются в усилителях для передачи сигнала и могут совмещать функции измерительного и аналого-дискретного преобразователей, не требуют специальных источников питания, большой срок службы при высокой надежности, малая мощность управления, высокие сопротивления изоляции и механическая устойчивость, большой диапазон рабочих температур, отсутствие гальванической связи между цепями управления и нагрузки, малая себестоимость, высокая устойчивость к кратковременным перегрузкам по току и напряжению, поэтому мы отдаем предпочтение построению простейших токовых защит на герконах [5, 15].

Вопросы построения токовых защит высоковольтных установок на герконах были рассмотрены в [15], геркон в таких защитах выполняет функции преобразователя тока и реле тока, срабатывает под действием магнитного поля, созданного токами в шинах электроустановок. Использование геркона в качестве реагирующего органа или коммутационного устройства позволяет в некоторых случаях улучшить характеристики защит и уменьшить затраты на материалы. Для высоковольтных установок предлагается устанавливать герконы на безопасном по технике безопасности расстоянии от шин фаз электроустановки. Также предлагается метод расчета токов срабатывания и способ уменьшения влияния помех, показывается возможность построения защит реагирующих на симметричные составляющие токов, и по чувствительности герконов определяется область возможного использования защит на герконах в высоковольтных установках без ТА [15].

В [16] были заложены основы для создания МТЗ на герконах, реагирующих на увеличение тока протекающего по защищаемому элементу. Рассмотрены выбор тока $I_{сз}$ срабатывания и рассмотрены вопросы настройки МТЗ на герконах. При этом ток $I_{сз}$ срабатывания и возврата $I_{вз}$ защиты и коэффициент K_q чувствительности, временные характеристики $t = f(I)$ остаются теми же, что и для МТЗ с ТА. При расчете $I_{сз}$ используется напряженность срабатывания $H_{ср}$, которая будет неизменной для определенного геркона. Рассмотрены режимы настройки МТЗ на герконах в зависимости от места установки геркона и вида КЗ на фазах линии. Также были рассмотрены вопросы влияния соседних электроустановок на изменение величины магнитных полей в точке установки геркона [16]. Далее был разработан способ настройки токовой защиты электроустановок на герконах [17], позволяющий повысить точность настройки токовой защиты на герконах, в результате которой уменьшаются повреждения при КЗ.

Исходя из того, что герконы должны срабатывать при КЗ, для выявления токов КЗ необходимо закрепить чувствительный элемент защиты – геркон в оптимальной точке, с учетом конструкции электроустановки, исполнения токоведущих частей, расположения шин фаз, выбора уставок и чувствительности [18]. Учитывая все эти факторы были необходимы конструкции для крепления герконов в электроустановках, вблизи токоведущих частей с учетом безопасного изоляционного расстояния согласно ПУЭ. Такие конструкции уже разработаны для комплектных распределительных устройств и закрытых токопроводов [6, 7]. Однако в разработанных схемах МТЗ на герконах нет диагностики исправности устройства. Нами предложено устройство [8] для токовой защиты электроустановки, в котором введен блок диагностики, выявляющий некоторые повреждения и сигнализирующий о них, тем самым повышая надежность работы устройства (рисунок 7). Однако опытный образец устройства не создан и не исследован.

ВЫВОДЫ

Среди магниточувствительных датчиков тока наиболее перспективным для использования в релейной защите являются герконы. Разработка токовых защит на герконах как альтернатива защита с ТА актуальна. Нами разработаны конструкции для для крепления герконов в комплектных распределительных устройствах и закрытых токопроводах [6, 7, 18], разработан новый способ настройки токовой защиты электроустановок на герконах [17], предложено новое устройство для токовой защиты электроустановки [8], которое необходимо исследовать в лабораторных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Сирота, И. М.** Схемы индукционного измерения токов в трехфазных цепях высокого напряжения. // Электричество. – 1967. – № 4.
- 2 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 240 с. – с ил.
- 3 **Кобус, А., Тушинский, Я.,** Датчики Холла и магниторезисторы. / Пер. с польск. В. И. Тихонова и К. Б. Макидонский, под ред. О. К. Хомерики, М. : «Энергия», 1971.
- 4 **Коджович, Л. А., Бишоп, М. Т.** Современная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского. Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем: Сб. докл. Междунар. Научно-технич. конф. CIGRE (Москва, 7–10 сентября 2009). М. : Научно-инженерное информатизированство. – С. 39–48.

- 5 **Клецель, М. Я.** Основы построения релейной защиты на герконах. // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем: Сб. докл. IV Междунар. Научно-технич. конф. CIGRE. – Екатеринбург. – 2013, 3–7 июня.
- 6 Инновационный патент РК, KZ 30577 A4, H02H 3/08, опубл. 16.11.2015. Устройство для крепления измерительных органов релейной защиты. Клецель М. Я., Бергузинов А. Н., Нефтисов А. В., Талипов О. М.
- 7 Патент 2584548 РФ, опубл. 20.05.2016., бюл. № 14. Устройство для максимальной токовой защиты электроустановок. Клецель М. Я., Бергузинов А. Н., Машрапов Б. Е., Талипов О. М.
- 8 Патент 2629958 РФ, опубл. 05.09.2017., бюл. № 25. Устройство для токовой защиты электроустановки. Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Калтаев А. Г., Барукин А. С., Талипов О. М.
- 9 **Кудрявцев, А. А., Кузнецов, А. П., Григорьев, Н. Г.** Максимальная токовая защита с магнитными трансформаторами тока. – М. : Энергоиздат. 1981. – 56 с. – ил.
- 10 **Новожилов, Т. А., Новожилов, А. Н., Ляшков, А. А., Волгина, Е. М.** Измерение переменного тока в проводнике для нужд релейной защиты. // Омский научный вестник, 2016. – № 3. – С. 67–73.
- 11 **Лебедев, В. Д., Филатова, Г. А., Нестерихин, А. Е.** Измерительные преобразователи тока для цифровых устройств релейной защиты и автоматики. // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : Сб. докл. IV Междунар. Научно-технич. конф. CIGRE. – Екатеринбург. – 2013, 3–7 июня.
- 12 **Гречухин, В. Н., Нурдин, В. Н., Глускина, В. В., Новожилов, И. А., Дмитриев, К. С.** Опыт разработки преобразователей тока в напряжение на магнитотранзисторах для устройств релейной защиты и измерения // Энергетик. – 1997. – № 6. – С. 14–16.
- 13 **Егназарян, Г. А.** Магнитодиоды, магнитотранзисторы и их применение / Г. А. Егназарян, В. И. Стафеев. – М. : Радио и связь, 1987. – 88 с.
- 14 **Клецель, М. Я., Алишев, Ж. Р., Мануковский, А. В., Мусин, В. В.** Свойства герконов, применяемых в релейной защите. // Электричество. – 1993. – № 9. – С. 18–21.
- 15 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока // Электротехника. – 1987. – № 4. – С. 11–13.
- 16 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах. // Промышленная энергетика. – 1990. – № 4. – С. 32–36.

17 Патент РК, KZ В 32310, H02Н 3/08, опубл. 15.08.2017, бюл. № 15. Способ настройки токовой защиты электроустановок на герконах. Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Талипов О. М.

18 Инновационный патент 30578, Республика Казахстан, МПК7 H02Н 3/08. Устройство для крепления герконов в отсеках комплектных распределительных устройств / М. Я. Клецель, А. Н. Бергузинов, Б. Е. Машрапов, О. М. Талипов ; заявитель и патентообладатель «Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова» ; – № 2014/1780.1 ; заявл. 02.12.2014 ; опубл. 16.11.2015, бюл. № 11. – 4 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

О. М. Талипов

Тоқ трансформаторларсыз тоқтық қорғаулар

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

О. М. Talipov

Overcurrent protection without current transformers

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Дәстүрлі емес датчиктер арқылы бастанқы тоқ туралы ақпаратты алатын тоқтық қорғаулар қаралады, мысалы индуктивтілік катушкалар (КИ), магнитті тоқ трансформаторлары (МТТ), Холл датчиктері, Роговский катушкалары, геркондар және т. б. Тоқ трансформаторларында (ТА) дәстүрлі тоқ қорғаулар мен дәстүрлі емес қорғаулардың барлық артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылып, қорытындылар жасалды.

There is reviewed current protection' receiving information about the primary current from non-traditional sensors such as inductor (I), magnetic current transformers (MCT), Hall sensors, Rogowski coils, reed switches, etc. Also, there are considered all the advantages and disadvantages of the traditional overcurrent protection of the current transformers (CT) and protection without current transformers, conclusions are drawn.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА («ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА», «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **10-12 страниц печатного текста**. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Статья должна содержать:

1. **УДК** по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. **Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, см. образец*);
3. **Ученую степень, ученое звание, место работы** (учебы), **город** (страна для зарубежных авторов);
4. E-mail;
5. **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, заглавными прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, на трех языках: русский, казахский, английский, см. образец*);
6. **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском языках (*рекомендуемый объем аннотации – 30-150 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

7. **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см.*). Рекомендуемое

количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

8. **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (не более 1 страницы).

– слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (не более 10 страниц).

– слово ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

9. **Список использованных источников** включает в себя:

– слово СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАҢҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем не более чем из

20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

10. **Иллюстрации, перечень рисунков** и подписанные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

11. **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор. **Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.** Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу: **140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: kereku@psu.kz.

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова
РНН 451800030073	РНН 451800030073
БИН 990140004654	БИН 990140004654
АО «Цеснабанк»	АО «Народный Банк Казахстана»
ИИК KZ57998FTB00 00003310	ИИК KZ156010241000003308
БИК TSESKZK A	БИК HSBKZKX
Кбе 16	Кбе 16
Код 16	Код 16
КНП 861	КНП 861

УДК 316:314.3

А. Б. Есимова

к.п.н., доцент, Международный Казахско-Турецкий университет имени
Х. А. Яссави, г. Туркестан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

*В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей
репродуктивного поведения женщин сквозь призму семейно-родственных связей.
Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие.
Постепенно среда проектирования в области мобильной ...
Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов
с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость
корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре
со студентами, посещающими специальные медицинские группы в...

Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного
робототехнического комплекса...
Продолжение текста

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения

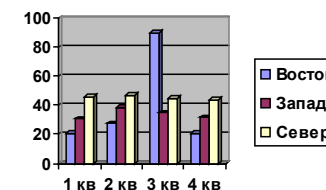


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).
- 2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.
- 3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.
- 4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есимова

**Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге
асырудағы әлеуметтік капитал ретінде**

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық
қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.

A. B. Yessimova

**The family-related networks as social capital for realization of reproductive
behaviors**

A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

*Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық
қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықта 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 18.09.2017 ж. жіберілді. Басуға 28.09.2017 ж. қол қойылды.
Форматы 70х100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 9,2 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3092

Сдано в набор 18.09.2017 г. Подписано в печать 28.09.2017 г.
Формат 70х100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 9,2 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3092

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz