

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 2 (2017)

Павлодар

МАЗМҰНЫ**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано

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

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

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

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

Абдикулова З. Қ., Шырынбекова Б. Ж. Кентау қаласы ЖЭО-ның күлді қалдықтарын залалсыздандыру	9
Абдуллина А. А., Сейтенова Г. Ж., Жапсарбаева С. С. «5977 А масс-селективті детектормен Agilent 7890 В» заманауи құралы газдық хроматографтың негізіндегі физикалық және химиялық зерттеу әдістері	16
Абишев К. К., Балабаев О. Т., Саржанов Д. К., Олжатай М. Ж., Сәрсенқызы А., Кожухова М. В. Автокөліктерге арналған балкон тәрізді көтергіштің құрылысын жетілдіру .	21
Аджанов А. У., Байниязов Б. А., Казиев А. С. Сүйрегіш құрылғысы үшін электржетегінің қуатын таңдау әдістемесі	29
Ауельбек М. А., Байниязов Б. А., Исенов С. С., Искаков Р. М., Акаев А. М. Электр энергиясын тасымалдау кезінде көшірме электрберіліс желілерін қолдану	34
Ахметбаев Д. С., Досанкулов Ж., Сагнаева Н. К., Ажаев А. Б. Тармақталған генерация желілерін синтездеу	39
Ахметбаев Д. С., Досанкулов Ж., Сагнаева Н. К., Туркебаева З. Т. Күрделі электр тізбегінің сипаттамалық теңдеуін құрастыратын топологиялық тәсіл	49
Байниязов Б. А., Аджанов А. У., Байгузова Ж. Ж., Смагулова А. Т., Казбекова А. К. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу құбылысы	55
Герасимова Ю. В., Ивель В. П., Петров П. А. Жәрдемші оператор әдісі арқылы асинхрондық электр жетегінің жылдамдығын реттейтін бейімделген жүйесіні жобалау	66
Глазырина Н. С., Глазырин С. А. Тым қиын параметрлі қазан үшін суды дайындау бар сызба жобасының пайдалану мәселесі	73
Достаева А. М., Балбекова Б. К., Абильдин Д. Р., Набоко Е. П. Темір негізді ұнтақ материалдарды диффузиялық хромдауды зерттеу	83
Дюрягин С. П., Бейсембаев М. К. Лазерлік процестердің саласындағы техникалық қызметкерлердің қауіпсіздік мәселелері	90
Дюрягин С. П., Мустафин А. Х. Ротордың діріл жетегінің үйкелісін ескере отырып динамикалық зерттеу ...	95
Кибисов А. Т., Абдикулова З. Қ. Электр беріліс желісінде заманауи қорғаныс құрылғыларын қолдану	103
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Акаев А. М., Кислов А. П. Асинхронды қозғалтқыштардың эксцентри анықтау үшін әдістері	111

СОДЕРЖАНИЕ

Манбетова Ж. Д., Касимова Г. Д.
Телекоммуникациядағы NFC технологиясын дамыту жолдары 118

Машрапов Б. Е., Исабеков Д. Д.
Геркондарда тоқты қорғауының баптауды орнату үшін
лабораторлық стенд 128

Мустафина Р. М., Оразова Г. О.
Экономиканың тұрақты дамуын қамтамасыз ететін энергетикалық және
экологиялық қауіпсіздік 132

Мухамеджанов Н. Б., Жалымбетов Б. Р.
Қайта жаңғырылатын энергия көздеріне
негізделген гибриді жүйені құру 138

Рындин В. В.
Газ тұрақтылары: меншікті, көлемдік, молярлық және молекулярлық 145

**Самуратов Е. К., Байсанов А. С., Ақуов А. М., Жумағалиев Е. У.,
Келаманов Б. С.**
Кесектелген марганецті материалдардың электрлік
қасиеттерін зерттеу 153

Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М., Туркебаева З. Т.
Гибриді электрлік станциялардың құрамында аккумуляторлық
батареяларды қолдану жайындағы мәселе 161

Үкібасова Ф. С.
Кәсіпорында электрондық құжат айналымы жүйесін енгізу мәселелері ... 178

Авторларға арналған ережелер..... 187

Абдикулова З. К., Шырынбекова Б. Ж.
Утилизация зольных отходов ТЭЦ г. Кентау 9

Абдуллина Г. Г., Сейтенова Г. Ж., Жапсарбаева С. С.
Физико-химические методы исследования на основе
современного оборудования газового хроматографа
«Agilent 7890B с масс-селективным детектором 5977A» 16

**Абишев К. К., Балабаев О. Т., Саржанов Д. К., Олжатай М. Ж.,
Сарсенқызы А., Кожухова М. В.**
Совершенствование конструкции подъемника
балконного типа для автомобилей 21

Аджанов А. У., Байниязов Б. А., Казиев А. С.
Методика выбора мощности электропривода для волоочильного стана 29

**Ауельбек М. А., Байниязов Б. А., Исенов С. С.,
Искаков Р. М., Акеев А. М.**
Применение дублирующих линий электропередачи
при транспортировке электрической энергии 34

Ахметбаев Д. С., Досанкулов Ж., Сагнаева Н. К., Ажаев А. Б.
К синтезу сетей с распределенной генерацией 39

Ахметбаев Д. С., Досанкулов Ж., Сагнаева Н. К., Туркебаева З. Т.
Топологический метод формирования характеристического уравнения
сложной электрической цепи 49

**Байниязов Б. А., Аджанов А. У., Байгузова Ж. Ж.,
Смагулова А. Т., Казбекова А. К.**
Явление самозапуска электродвигателей 55

Герасимова Ю. В., Ивель В. П., Петров П. А.
Проектирование адаптивной системы регулирования скорости
асинхронного двигателя при помощи
метода вспомогательного оператора 66

Глазырина Н. С., Глазырин С. А.
Проблемы эксплуатации существующих проектных схем
подготовки воды для котлов сверхкритических параметров 73

Достаева А. М., Балбекова Б. К., Абильдин Д. Р., Набоко Е. П.
Исследование диффузионного хромирования
порошковых материалов на основе железа 83

Дюрягин С. П., Бейсембаев М. К.
Вопросы безопасности технического персонала
в зоне работы лазерной технологической установки 90

Дюрягин С. П., Мустафин А. Х.
Динамическое исследование вибропривода ротора с учётом трения 95

Кибишов А. Т., Абдикулова З. К.
Применение современных защит линии электропередачи 103

Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Акаев А. М., Кислов А. П. Способы обнаружения эксцентриситета асинхронных двигателей	111
Манбетова Ж. Д., Касимова Г. Д. Способы развития технологии NFC в телекоммуникации	118
Машрапов Б. Е., Исабеков Д. Д. Лабораторный стенд для наладки токовых защит на герконах	128
Мустафина Р. М., Оразова Г. О. Энергетическая и экологическая безопасность для обеспечения стабильного развития экономики	132
Мухамеджанов Н. Б., Жалымбетов Б. Р. Создание гибридной системы с возобновляемым источником энергии ...	138
Рындин В. В. Газовые постоянные: удельная, объёмная, молярная и молекулярная ...	145
Самуратов Е. К., Байсанов А. С., Акуев А. М., Жумагалиев Е. У., Келаманов Б. С. Изучение электрических свойств окискованных марганцевых материалов	153
Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М., Туркебаева З. Т. К вопросу об использовании аккумуляторных батарей в составе гибридных электрических станций	161
Укубасова Г. С. Проблемы внедрения системы электронного документооборота на предприятии	178
 Правила для авторов	187

CONTENT

Abdikulova Z. K., Shirinbekova B. G. Utilization of wastes in Kentau HPS	9
Abdullina A. A., Seitenova G. Zh., Zhapsarbaeva S. S. Physical-chemical methods of research on the basis of modern equipment of gas-chromatograph «Agilent 7890 B with a mass-selective detector 5977 A»	16
Abishev K. K., Balabaev O. T., Sarzhanov D. K., Olzhatay M. Zh., Sarsenkyzy A., Kozhukhova M. V. Improving the design lift of balcony type for cars	21
Adzhanov A., Bainiyazov B., Kaziyev A. Methodology of power selection for electric drive of drawing mill	29
Auelbek M. A., Bainiyazov B. A., Issenov S. S., Iskakov R. M., Akayev A. M. Application of reserved electrical power lines in transportation of electrical energy	34
Akhmetbaev D. S., Dosankulov Zh., Sagynaeva N. K., Azhayev A. B. To the synthesis of networks with distributed generation	39
Akhmetbayev D. S., Dossankulov Zh., Sagnayeva N., Turkebayeva Z. Topological method of forming the characteristic equation of the composite electrical circuit	49
Bayniyazov B. A., Adzhanov A. U., Bayguzova Zh. Zh., Smagulova A. T., Kazbekova A. K. Self-starting phenomenon of electric motors	55
Gerasimova Y., Ivel V., Petrov P. Design of an adaptive system of speed control for asynchronous engine by means of subsidiary operator method	66
Glazyrina N. S., Glazyrin S. A. The problem of exploitation of existing design schemes of water treatment for boilers of supercritical parameters	73
Dostayeva A. M., Balbekova B. K., Abildin D. R., Naboko E. P. Study of diffusive chrome plating powder materials on the basis of iron	83
Dyuryagin S. P., Beisembaev M. K. Safety issues of technical personnel in the area of laser process unit	90
Dyuryagin S. P., Mustafin A. H. Dynamic study of the rotor vibration drive with friction	95
Kibishov A. T., Abdikulova Z. K. Application of modern protection to power lines	103
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Akayev A. M., Kislov A. P. Methods for detecting the eccentricity of induction motors	111
Manbetovs Zh. D., Kasimova G. D. Ways to develop NFC technology in telecommunications	118

Mashrapov B. E., Isabekov D. D.	
Laboratory stand for adjustment of current protection on reed switches	128
Mustafina R. M., Orazova G. O.	
Energy and environmental safety for ensuring stable economic development	132
Muhamedzhanov N. B., Zhalymbetov B. R.	
Creation of hybrid system with renewable energy sources	138
Ryndin V. V.	
Gas constants: specific, molar, volumetric and molecular	145
Samuratov Ye. K., Baisanov A. S., Akuov A. M., Zhumagaliev Ye. U., Kelamanov B. S.	
Study of electrical properties of the screwed manganese materials	153
Sarsikeyev E. Zh., Mustafina R. M., Turkebayeva Z. T.	
To the issue of accumulator batteries application in the hybrid electrical power plants	161
G. S. Ukubassova	
Problems of implementation of electronic document management system in the enterprise	178
Rules for authors	187

З. К. Абдикулова¹, Б. Ж. Шырынбекова²

¹к.т.н., доцент, кафедра «Электротехники»; ²ст. преподаватель, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан
e-mail: ¹Azagipa@mail.ru; ²beysenkul66_66@mail.ru

УТИЛИЗАЦИЯ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ Г. КЕНТАУ

В данной статье рассматривается проблема утилизации зол ТЭЦ и разработка ресурсо-энергосберегающей, безотходной технологии производства керамических строительных материалов.

Воздействие тепловых электростанций ТЭС на окружающую среду зависит от используемого топлива. При сжигании твердых видов топлива в атмосферу поступают летучая зола, частицы несгоревшего топлива, сернистый и серный ангидриды, окислы азота, фтористые соединения. Для установления равновесия в окружающей среде технологические процессы должны обеспечивать возврат сырья путем утилизации промышленных отходов.

Основным требованием, обеспечивающим успешное применение твердых отходов ТЭЦ, является стабильность их физико-химических показателей. Эти промышленные твердые отходы, которые зачастую не перерабатываются, а складываются на плодородных землях, являются минеральными ресурсами, и их можно рассматривать как техногенные месторождения достаточно экономичного сырья для производства различных строительных материалов и изделий.

Ключевые слова: отходы ТЭЦ, утилизация, химический состав золы, золоотвалы, промышленные отходы.

ВВЕДЕНИЕ

Добыча и потребление угля в Казахстане увеличивается с каждым годом. Только на Экибастузе добыча угля по прогнозу на 2015 год составит 42 млн. т. На тепловых электростанциях Казахстана, работающих на каменном угле, образуется до 10 млн. т в год зольных отходов, а используется только около 4%. Остальное размещается на территории золошлакоотвалов.

Золошлаковые отходы предприятий теплоэнергетических комплексов являются серьезной проблемой в цикле этого производства [1].

На сегодняшний день вывоз и утилизация золошлаковых отходов является одной из важнейших проблем технологического и экологического плана. Между тем золоотходы ТЭЦ представляют собой ценные сырьевые источники – готовые продукты или полуфабрикаты для использования в различных материалах и изделиях. Основным требованием, обеспечивающим успешное применение твердых отходов ТЭЦ, является стабильность их физико-химических показателей. Эти промышленные твердые отходы, которые зачастую не перерабатываются, а складываются на плодородных землях, являются минеральными ресурсами, и их можно рассматривать как техногенные месторождения достаточно экономичного сырья для производства различных материалов и изделий.

Состав золы и шлаков определяется минеральным составом углей, который зависит от месторождения, глубины залегания пластов, методов добычи и обогащения, причем зольность угля постоянно повышается.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследований является зола-уноса Кентауской ТЭЦ, образующаяся в результате сжигания Экибастузского угля, средняя зольность которого 21,4 %

При сжигании твердого топлива его минеральная часть подвергается различным превращениям: дегидратации, окислению, полиморфным изменениям, взаимодействию в твердой фазе, в расплаве. В углях железо представлено дисульфидом (пирит), сидеритом (FeCO_3); кремний в основном сосредоточен в виде алюмосиликатов и кварца; алюминий – в виде оксида; кальций – в виде CaCO_3 и доломита; сера, в основном, сосредоточена в виде сульфидов (пирит, мерказит), незначительно в виде сульфатов, присоединяется к органическому веществу углей различными типами связей. При сжигании угля практически вся органическая и дисульфидная сера окисляется, а сульфат восстанавливается до диоксида серы.

На Кентауской ТЭЦ сжигание углей происходит при температуре 1100-1600 °С [2]. При сгорании органической части углей образуются летучие соединения в виде дыма и пара, а негорючая минеральная часть топлива выделяется в виде твердых очаговых остатков, образуя пылевидную массу – золу, а также кусковые шлаки. Количество твердых остатков для каменных и бурых углей колеблется от 15 до 40 %. Уголь перед сжиганием измельчается и в него, для лучшего сгорания, часто добавляют в небольшом (0,1-2 %) количестве мазут.

При сгорании измельченного топлива мелкие и легкие частицы золы уносятся дымовыми газами, и они носят название золы уноса.

Зола уноса представляет собой типичную мелкодисперсную гетерогенную смесь.

Размер частиц золы уноса колеблется от 3-5 до 100-150 мкм. Количество более крупных частиц обычно не превышает 10-15 %. Частицы размером до 40 мкм составляют около 90 %.

Насыпная плотность золы уноса от котлов с жидким шлакоудалением 0,824-0,892 г/см³ и 1,040-1,050 г/см³ от котлов с твердым шлакоудалением.

Минеральная часть состоит из остеклованных силикатов и алюмосиликатов сложного состава, оксидов кремния и оксидов металлов, ферритов, образующихся в твердой фазе при высокой температуре. В золе уноса с жидким шлакоудалением присутствуют до 1 % алюмосиликатных полых микросфер, образующихся при пылевидном сжигании твердого топлива.

Зола уноса плохо смачивается водой и практически не растворима в ней, слабо растворима в растворах щелочей и кислот.

Потеря массы при прокаливании при температуре 800°C составляет 5-8 % [3]. Улавливается зола уноса золоуловителями.

На Кентауской ТЭЦ золоулавливание мокрое на скрубберах с трубами Вентури. Более тяжелые частицы золы оседают на подтопки и сплавляются в кусковые шлаки, представляющие собой агрегированные и сплавившиеся частицы золы размером от 0,15 до 30 мм. Шлаки размельчаются и удаляются водой. Зола уноса и размельченный шлак удаляются вначале раздельно, потом смешиваются, образуя золошлаковую смесь.

В составе золошлаковой смеси кроме золы и шлака постоянно присутствуют частицы несгоревшего топлива, количество которого составляет 10-25 %. Количество золы-уноса, в зависимости от типа котлов, вида топлива и режима его сжигания может составлять 70-85 % от массы смеси, шлака 10-20 %.

Золошлаковая пульпа удаляется на золоотвал по трубопроводам.

Зола и шлак при гидротранспорте и на золошлакоотвале взаимодействуют с водой и углекислотой воздуха. Они быстро поддаются выветриванию и при осушении при скорости ветра 3 м/сек начинают пылить.

Цвет золошлаковых отходов темносерый, в разрезе слоистый, обусловленный чередованием разнозернистых слоев, а также осаждением белой пены, состоящей из алюмосиликатных полых микросфер.

Зола экибастузских углей содержит значительное количество алюмосиликатов, соли железа, кальция и магния, имеет высокую температуру плавления, обладает абразивными свойствами. Ее химический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав золы экибастузких углей

Пласты	Химический состав золы, %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
I	58,40	26,29	8,82	3,35	1,53	1,58
II	61,63	27,11	5,67	3,21	0,49	0,95
III	58,98	29,76	9,17	1,28	0,37	0,29

В составе золошлаковых отходов различаются кристаллическая, стекловидная и органическая составляющие [4, 5].

Кристаллическое вещество представлено как первичными минералами минерального вещества топлива, так и новообразованиями, полученными в процессе сжигания и при гидратации и выветривании в золоотвале. Всего в кристаллической составляющей золошлаковых отходов устанавливается до 150 минералов.

Преобладающие минералы – это мета- и ортосиликаты, а также алюминаты, ферриты, алюмоферриты, шпинели, дендритовидные глинистые минералы, оксиды: кварц, тридимит, корунд, γ-глинозем, окиси кальция, магния и другие [6]. Часто отмечаются, но в небольших количествах, рудные минералы – вольфрамит, станин и другие; сульфиды – пирит, пирротин, арсенопирит и другие; сульфаты, хлориды, очень редко фториды.

В результате гидрохимических процессов и выветривания в золоотвалах появляются вторичные минералы – кальцит, гидроокислы железа, цеолиты и другие. Большой интерес представляют самородные элементы и интерметаллиды, среди которых установлены: свинец, серебро, золото, платина, алюминий, медь, ртуть, железо, никелистое железо, хромферриды, медистое золото, различные сплавы меди, никеля, хрома с кремнием и другие.

Нахождение капельно-жидкой ртути, несмотря на высокую температуру сгорания угля, довольно частое явление, особенно в составе тяжелой фракции продуктов обогащения. Вероятно этим объясняется ртутное заражение почв при использовании золошлаковых отходов в качестве удобрения без специальной очистки.

Стекловидное вещество – продукт незавершенных превращений при горении, составляет существенную часть зол [7]. Представлено разноокрашенным, преимущественно черным стеклом с металлическим блеском, разнообразными шарообразными стекловидными, перламутроподобными микросферами и их агрегатами. Они слагают основную массу шлаковой составляющей золошлаковых отходов. По составу – это оксиды алюминия, калия, натрия и, меньше, кальция. К ним же относятся некоторые продукты термообработки глинистых минералов.

Часто микросферы полые внутри и образуют пенистые образования на поверхности золоотвала.

Органическое вещество представлено несгоревшими частицами топлива - недожог. Преобразованное в топке органическое вещество весьма отлично от исходного и находится в виде кокса и полукокса с очень малой гигроскопичностью и выходом летучих. Количество недожега в исследуемых золошлаковых отходах составляло 10-15 % [8].

ВЫВОДЫ

Химический анализ зольных отходов показывает, что большая часть состоит из оксидов кремния и алюминия.

Поэтому в последние годы зола и шлаки ТЭЦ стали использоваться в качестве стройматериалов, а также в кирпичном производстве, где добавка 25-30 % позволяет увеличить прочность изделий и снизить температуры их обжига.

Золошлаковые отходы (ЗШО) можно использовать в производстве различных бетонов, строительных растворов керамики, теплогидроизоляционных материалов, дорожном строительстве, где они могут быть использованы взамен песка и цемента. Больше применение находит сухая зола уноса с электрофильтров ТЭЦ. Но использование таких отходов в хозяйственных целях пока ограничено, в том числе и в связи с их токсичностью. В них накапливается значительное количество опасных элементов. Отвалы постоянно пылят, подвижные формы элементов активно вымываются осадками, загрязняя воздух, воды и почвы. Использование таких отходов – одна из наиболее актуальных проблем. Это возможно путем удаления или извлечения из золы вредных и ценных компонентов и использование оставшейся массы золы в строительной индустрии и производстве удобрений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Агурейкин, С. С. Теплоэнергетические установки. – М. : Экос, 2008. – 320 с.
- 2 Агурейкин, С. С, Кабашев, Р. А. Теплотехника. – Алматы, 2006. – 247 с.
- 3 Под редакцией В. А. Локшина, Д. Ф. Петерсона, А. Л. Шварца. Гидравлический расчет котельных агрегатов. – М. : Энергия, 1978. – 168 с.
- 4 Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. – М. : Феникс, 2009.

5 Сайбулатов, С. Ж., Соколова, С. Е., Носкова, В. П. Об использовании зол ТЭС в производстве керамических стеновых материалов. // Комплексное использование минерального сырья. – 1981.

6 Сайбулатов, С. Ж. Золы ТЭС – керамическое топливосодержащее сырье. // Стекло и керамика. – 1984. – № 6. – С. 58-64.

7 Сайбулатов, С. Ж., Жанкубаева, Т. А. Особенности фазовых превращений и формирование прочной и пористой структуры при обжиге золокерамических материалов. // Комплексное использование минерального сырья. – 1982. – № 12. – С. 46-67.

8 Сайбулатов, С. Ж. Ресурсосберегающая технология керамического кирпича на основе зол ТЭС. – М. : Стройиздат, 1990.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Z. K. Abdikulova, B. G. Shirinbekova

Кентау қаласы ЖЭО-ның күлді қалдықтарын залалсыздандыру

Қожа Ахмет Ясауи атындағы
Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

Z. K. Abdikulova, B. G. Shirinbekova

Utilization of wastes in Kentau HPS

A. Yesevi International
Kazakh-Turkish University, Turkestan.
Material received on 05.06.17.

Бұл мақалада ЖЭО-ның күлді қалдықтарын залалсыздандыру және табиғи шикізатты күл қалдықтарымен ауыстыру арқылы қалдықсыз керамикалық құрылыс материалдар технологиясын жасау мәселелері қарастырылған.

Көмірді дайындау және жоғарғы температурада өңдеу нәтижесінде атмосфераға газды тастандылардан басқа күл, түтінді газды микробөлшектер түзіледі. Бұл микробөлшектер әртүрлі улы заттар, мысалы мышьяк, кальцийдің бос оксиді, сонымен қатар канцерогенді заттардан және қосылыстардан тұрады. ЖЭО аймағындағы үйінділерде жиналған күл қалдықтары қоршаған ортаға үлкен қауіп төндіреді. Олар үлкен көлемді аумақты алып жатады, қосымша тасымалдау шығынын қажет етеді, ал өзіндік баға деңгейінен асып түсуі мүмкін. Күл үйінділерінің шаңы және тозаңы – жақын аудандардағы халықтың денсаулығына және өсімдіктер мен

жануарлар әлеміне тікелей қауіп төндіреді. Су бассейіне жақын жердегі күл үйінділері қауіп төндіруі мүмкін, сондықтан ЖЭО-ның күлді қалдықтарын залалсыздандыру мәселесі туындап отыр.

Күл қалдықтары – химиялық, минералогиялық және гранулометриялық құмды минералды шикізат. Күлдің физикалық және химиялық құрамдары ЖЭО-ның өндіріс қалдықтарын пайдаланудың негізгі көрсеткіштері болып табылады.

In the article there is considered the problem of waste utilization way of pollution in Heat Power Station, elaboration of resource energy savings and non-waste technology of manufacturing ceramic construct materials.

The HPS effect to the environment depends on the usage of fuel. When we burn solid fuel flying ash, unburned fuel particles, nitrogen oxides, fluoride enter into the atmosphere. To establish balance in the environment the technology processes must provide return of raw material through recycling industrial waste.

The main requirements, which provide successful usage of solid wastes of HPS, are stabilization of their physico-chemical parameters. These industrial solid wastes, which are not often recycled, but in contrast are stored, are mineral resources, and they can be considered as technogenic deposits of raw material sufficient for producing different building materials and products.

Г. Г. Абдуллина¹, Г. Ж. Сейтенова¹, С. С. Жапсарбаева²

^{1,2}ассоц. профессоры, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ²магистр, врач-лаборант пищевых продуктов, ФРГП на ПХВ «Национальный центр экспертизы» КЗПП МНЭ РК по Павлодарской области
e-mail: Asaltik@bk.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОВОГО ХРОМАТОГРАФА «AGILENT 7890B С МАСС-СЕЛЕКТИВНЫМ ДЕТЕКТОРОМ 5977A»

В настоящей статье авторы рассматривают физико-химические методы исследования на основе современного оборудования газового хроматографа, а именно «Agilent 7890 B с масс-селективным детектором 5977A».

Ключевые слова: хроматография, основы хроматографии, принципиальное устройство прибора, детектор, метод газовой хроматографии.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время применяют различные физико-химические методы исследования для определения любого вещества, как количественного, так и качественного состава. Это позволяет нам идентифицировать какое название носит то или иное вещество, при этом показывая свой количественный состав.

На сегодняшний день самым распространенным и современным физико-химическим методом исследования является – газовая хроматография.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Хроматография (от греч. chromatós – цвет) – физико-химический метод разделения и анализа смесей, основанный на распределении их компонентов между двумя фазами – неподвижной и подвижной.

Метод разработан в 1903 г. М. Цветом, который показал, что при пропускании смеси растительных пигментов через слой бесцветного сорбента индивидуальные вещества располагаются в виде отдельных окрашенных зон. Полученный таким образом послойно окрашенный столбик сорбента Цвет назвал хроматограммой, а метод – хроматографией. Впоследствии термин

«хроматограмма» стали относить к разным способам фиксации результатов видов хроматографии.

В зависимости от природы взаимодействия, обуславливающего распределение компонентов между элюентом и неподвижной фазой, различают следующие основные виды: адсорбционную, распределительную, ионообменную, эксклюзионную (молекулярно – ситовую) и осадочную [1].

Адсорбционная хроматография основана на различии сорбируемости разделяемых веществ адсорбентом (твёрдое тело с развитой поверхностью);

Распределительная хроматография – на разной растворимости компонентов смеси в неподвижной фазе (высококипящая жидкость, нанесенная на твёрдый макропористый носитель) и элюенте;

Ионообменная – на различии констант ионообменного равновесия между неподвижной фазой и компонентами разделяемой смеси;

Эксклюзионная (молекулярно – ситовая) – на разной проницаемости молекул компонентов в неподвижную фазу.

Основными частями хроматографа являются: система для ввода исследуемой смеси веществ (пробы); хроматографическая колонка: детектирующее устройство (детектор); системы регистрации и термостатирования. В соответствии с агрегатным состоянием используемой подвижной фазы существуют газовые и жидкостные хроматографы.

В газовом хроматографе газ-носитель из баллона через регуляторы расхода и давления непрерывно с постоянной или переменной скоростью подаётся в хроматографическую колонку-трубку (диаметром 2-5 мм), заполненную сорбентом и помещенную в термостат, позволяющий поддерживать заданную температуру (вплоть до 500 °С). Принципиальную схему газового хроматографа смотрите на рисунке 1.

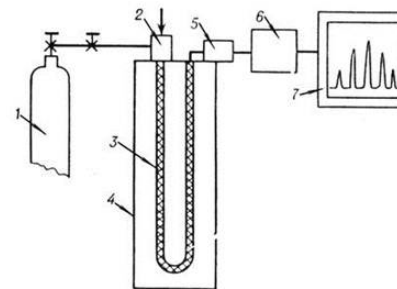


Рисунок 1 – Принципиальная схема газового хроматографа
1 – баллон с инертным газом; 2 – устройство для ввода пробы в хроматографическую колонку; 3 – хроматографическая колонка; 4 – термостат; 5 – детектор; 6 – преобразователь сигналов; 7 – регистратор.

Рассмотрим метод газовой хроматографии на основе определения массовой концентрации нефтепродуктов в питьевой воде, в том числе расфасованной в емкости, природной (поверхностной и подземной) воде, в том числе воде источников питьевого водоснабжения, а также в сточной воде с массовой концентрацией нефтепродуктов не менее 0,02 мг/дм³.

Нефтепродукты (НП) относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих природные воды. Нефть и продукты ее переработки представляют собой сложную, непостоянную смесь предельных и непредельных углеводородов и их различных производных. Понятие «нефтепродукты» в гидрохимии условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические и ациклические), составляющей главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки. В международной практике содержание в воде нефтепродуктов определяется термином «углеводородный нефтяной индекс» (hydrocarbon oil index).

В связи с неблагоприятным воздействием нефтепродуктов на организм человека и животных, на биоценозы водоемов, контроль за содержанием нефтепродуктов в водах обязателен и регламентируется приказом № 209 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов»».

Предельно допустимые концентрации (ПДК) нефтепродуктов в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования 0,3 мг/дм³.

Метод основан на экстракционном извлечении нефтепродуктов из пробы воды экстрагентом, очистке экстракта от полярных соединений сорбентом, анализе полученного элюата на газовом хроматографе, суммировании площадей хроматографических пиков углеводородов в диапазоне времен удерживания равным и (или) более n-октана () и расчете содержания нефтепродуктов в воде по установленной градуировочной зависимости. Этот метод позволяет определить не только общее содержание нефтепродуктов, но и проводить идентификацию состава нефтепродуктов [3, с. 10].

Исходя из всех существующих методов для определения нефтепродуктов в воде, наиболее современным и точным является метод газовой хроматографией.

На рисунке 2 представлен газовый хроматограф Agilent 7890 В с масс-селективным детектором 5977 А.



Рисунок 2 – Газовый хроматограф Agilent 7890 В с масс-селективным детектором 5977 А

Процесс разделения и определения компонентов смеси производится при помощи газового хроматографа, который в свою очередь состоит из 3 этапов:

- 1) Ввод пробы (впускной канал);
- 2) Разделение пробы на отдельные компоненты (выполняется внутри колонки);
- 3) Определение соединений, содержащихся в пробе, как количественно так и качественно.

Газовый хроматограф Agilent 7890 В с масс-селективным детектором 5977А обладает рядом преимуществ, такими как:

- обладает большой скоростью потока, что позволяет ускорить цикл анализа;
- определяет состав сложных смесей;
- одновременно можно проводить качественный и количественный анализ смесей;
- обладает большой гибкостью, которая позволяет использовать его для решения самых разнообразных задач анализа.

Таким образом, круг аналитических задач, решаемых в нефтехимической промышленности с применением газового хроматографа чрезвычайно широк. Метод основан на разделении смеси в колонках, где в результате получают хроматограмму, состоящую из ряда пиков, каждый из которых характеризует количество и качество самого компонента.

ВЫВОДЫ

В качестве физико-химических методов исследования на основе современного оборудования, а именно газового хроматографа «Agilent 7890 В с масс-селективным детектором 5977 А» позволяет определять нам наиболее точно и качественно наличие любого вещества, например нефтепродуктов в воде, также обладает большой гибкостью, которая позволяет использовать его для решения самых разнообразных задач анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СТ РК ГОСТ Р 51797-2005. Вода питьевая. Метод определения содержания нефтепродуктов.

2 <http://nortest.pro/stati/voda/opredelenie-nefteproductov-v-vode.html> [2]

3 ИСО Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии. – С. 10.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

А. А. Абдуллина¹, Г. Ж. Сейтенова¹, С. С. Жансарбаева²

«5977 А масс-селективті детектормен Agilent 7890 В» заманауи құралы газдық хроматографтың негізіндегі физикалық және химиялық зерттеу әдістері

¹С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

²Павлодар облысы бойынша филиал

«Ұлттық сараптама орталығы» ШЖҚ РМК, Павлодар қ.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

A. A. Abdullina¹, G. Zh. Seitenova¹, S. S. Zhapsarbaeva²

Physical-chemical methods of research on the basis of modern equipment of gas-chromatograph «Agilent 7890 В with a mass-selective detector 5977 А»

¹S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar

²RSE on the REU «National centre for Expertise»

Pavlodar Regional Branch, Pavlodar.

Material received on 05.06.17.

Бұл мақалда автор заманауи құралға газдың хроматографтың оның ішінде «5977 А масс-селективті детекторымен Agilent 7890 В» құралының негізіндегі физикалық және химиялық зерттеу әдістері қарастырады.

In this article the author considers physical and chemical methods of research on the basis of modern equipment «Agilent 7890 В with a mass-selective detector 5977 А».

ӘОЖ 629.1.06

**К. К. Абишев¹, О. Т. Балабаев², Д. К. Саржанов³,
М. Ж. Олжатай⁴, А. Сәрсенқызы⁵, М. В. Кожухова⁶**

¹т.ғ.к., қауымд. профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.; ²т.ғ.к., аға оқытушы, ³т.ғ.к., аға оқытушы, ⁴магистр, ⁵магистр, ⁶магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

e-mail: ¹a.kairatolla@mail.ru; ²balabaev.ot@mail.ru; ³dauren78@mail.ru;

⁴o_miras@mail.ru; ⁵erke_sarsenkyzy@mail.ru; ⁶kozuhova.mariya@mail.ru

АВТОКӨЛІКТЕРГЕ АРНАЛҒАН БАЛКОН ТӘРІЗДІ КӨТЕРГІШТІҢ ҚҰРЫЛЫСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Мақалада автокөлікке техникалық қызмет көрсетуге және жөндеуге арналған балкон тәрізді көтергіштің құрылысын жетілдіру бағытында авторлар орындаған ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелері көрсетілген. Жұмыста автокөлік көтергіштердің құрылысы және жетек түрі бойынша топтастырмасы, сонымен қатар автокөлік көтергішті таңдау кезінде ескерілетін техникалық сипаттамалар қарастырылған. Авторлар ұсынған автокөлік көтергішінің артықшылығы – құрал-жабдықтар мен қор саймандарды сақтау мүмкіндігі. Бұл шешім автосервистің жұмыс тиімділігін жогарылатады.

Кілтті сөздер: автокөлік көтергіші, балкон тәрізді көтергіш, стационарлы көтергіш, технологиялық жабдық, төрттіректі көтергіш.

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда Қазақстан Республикасында автокөлікке техникалық қызмет көрсету және жөндеу жұмыстарына қолданылатын автокөлік көтергіштері Ресей, Қытай, Оңтүстік Корея және Германия кәсіпорындарынан кең ассортиментте келтірілген. Автосервистерде автокөлікке техникалық қызмет көрсету және жөндеуде көтергіштер технологиялық жабдықтардың негізгі түрі болып есептеледі.

Бүгінгі таңда автосервиске кірудің 80 % автокөлікті көтергішпен көтеру қажеттілігімен байланысты [1]. Автокөлік көтергіштері құрылысы бойынша келесі түрлерге жіктеледі:

1) Біртіректі көтергіштер (сурет 1, а). Олар бір негізгі тіректен тұрады. Бұндай көтергіштердің негізгі артықшылығы – аз орын алуы. Біртіректі көтергіштер стационарлы және жылжымалы болады. Стационарлы көтергіштер (2,5 т дейін) жылжымалылармен (250 кг-ға дейін) салыстырғанда үлкен жүккөтергіштікке ие болады. Автокөлікті осындай біртіректі көтергішпен көтеру автокөліктің бір жағы, доңғалақтары немесе босағысы арқылы іске асырылады. Аумақтары шектелген техникалық қызмет көрсету бекеттері мен гараждарда біртіректі көтергішпен автокөлікке техникалық қызмет көрсету жұмыстарын орындауға, автокөліктің астын антикоррозиялық өңдеуге және доңғалақты жөндеу жұмыстарына қолданылады [2].

2) Екітіректі көтергіштер (сурет 1, б). Олар көтеруге арналған кронштейндармен (табандар) жабдықталған екі негізгі тіректен тұрады. Көтергіштің түріне байланысты олардың жүккөтергіштігі 5 т-ға дейін жетеді. Бұндай көтергіштерде автокөлікті қапсыра көтеру домкратастындағы алаңдар арқылы іске асырылады. Көтергіштің алдыңғы табандарының 180 градусқа бұрылу мүмкіндігі бар, ұзын немесе қысқа базалы автокөліктерді жылдам орналастыруды қамтамасыз етеді. Екітіректі автокөлік көтергіштері симметриялы және ассиметриялы түрлеріне бөлінеді. Ассиметриялы құрылыстағы екітіректі көтергіштері ұзынбазалы жеңіл автокөліктерге қызмет көрсету үшін қолданылады. Ассиметриялы көтергіштердің тіректері автокөліктің артқы жағына қарай бұрылған, осыған сәйкес көтергіштің телескопиялық табандары әртүрлі ұзындықта болады (алдыңғысы қысқа). Бұл автокөлік есіктеріне кеңірек ашылуға мүмкіндік береді. Осындай автокөлік көтергіштерді орташа салмақты автокөліктерге (3 т-ға дейін) ұсынуға болады. Ал салмағы ауыр және ұзынбазалы автокөліктерге симметриялы көтергіштерді ұсынуға болады. Симметриялы көтергіштерді қолданғанда көтергіш табандарында орналасқан автокөліктің орнықтылығы жоғары болады. Екітіректі көтергіштер құрылысы бойынша қаңқасы еденүстінде орналасқан және қаңқасы еденастында орналасқан болып екі түрге бөлінеді. Екітіректі көтергіштері жалпысервистік, шиномонтажды және арматуралық жұмыстары үшін арналған.

3) Параллелограммды (қайшы тәрізді) көтергіштер (сурет 1, в). Олардың негізгі артықшылығы – жұмыссыз күйінде орын алмайды (баспалары еден астында орналасқан). Еден үстінде орналасқан түрінде еден бетінде тек қана баспалар мен көтерілу аппарателдер көрінеді. Қайшы тәрізді көтергіштер әдетте гидравликалық жетекпен жабдықталады. Себебі,

қондырғы жұмысының ұзақберіктігі мен дыбыссыздығын қамтиды. Қайшы тәрізді көтергіштің екі жағының біркелкі жұмыс істеуі гидравлика немесе электроника көмегімен іске асырылады. Қайшы тәрізді көтергіштер қосымша автокөлік доңғалақтарын көтеруге арналған көтерілу үстелдермен және стендка арналған «жантаю-сүйірлену» кешенімен жабдықталады. Қайшы тәрізді көтергіштертер автокөлік доңғалақтарының орнату бұрыштарын реттеу стендтерімен бірге жұмыс істеуге, сонымен қатар жалпысервистік жұмыстарға да кеңінен қолданылады.



Сурет 1 – Автокөлік көтергіштері

4) Плунжерлы көтергіштер (сурет 1, г). Оларда көтеру табандары, баспалары немесе платформалары гидроцилиндр плунжерінің шетіне бекітіледі, ал гидроцилиндрлер еденнің астына тік күйінде бекітілген. Плунжерлы көтергіштерде екі орындалу түрі болуы мүмкін – көтеру құралдары еден үстінде және еден астында орналасады. Еден астында орналасқанда көтергіштің жұмыссыз күйінде еден бетінде ештеңе орналаспайды. Автокөлік көтергіштің

үстінде болғанда, оған барлық жағынан жұмыс жүргізуге болады. Басқару пульты сыртқа шығарылғандықтан осындай көтергіштерді автокөлікті жөндеу және жуу бөлмелерінде пайдалануға болады. Арнайы қосылу схемаларын қолданып плунжерлы көтергіштері қызмет көрсету үшін бір үлкен жүйеге біріктіруге болады. Мысалы, ұзынбазалы және ірі габаритті көліктері үшін.

5) Төрттіректі көтергіштер (сурет 1, д). Олар төрт тіректен тұрады және осы тіректер үстіне автокөлікке арналған платформа орнатылады. Платформаға гидравликалық жүйе бекітілгендіктен ол өте тыныш жұмыс істейді, ал платформаның биіктігі төмен болғандығы аз клиренсті автокөліктерге, мысалы спорт автокөліктеріне қызмет көрсетуіне мүмкіндік береді. Төрттіректі көтергіш әр түрлі платформалармен жабдықталады: тегіс платформалар, тегіс ұзын платформалар, қосымша микрокөтергішпен жабдықталған платформалар.

Әдетте төрттіректі көтергіштерді жүк техникасына қызмет көрсетуге және доңғалақтардың орнату бұрыштарын (жантаю-сүйірлену) реттеу үшін қолданылады.

Автокөтергіштері жетек түрі бойынша келесі түрлерге жіктеледі:

1) Электрмеханикалық жетекті көтергіш. Бұл көтергіштердің артықшылығы – құрылыс қарапайымдылығы мен төмен бағасы. Көтергіштің жұмыс органы – бұрамда-гайка жұбы. Осы жұпқа мезгіл сайын қызмет көрсетуіне жоғары талаптар қойылады.

2) Электргидравликалық жетекті көтергіш. Электргидравликалық көтергіштердің электрмеханикалық жетекті көтергіштерінің ұқсас модельдерімен салыстырғанда біршама артықшылықтары бар: төмен энергия пайдалануы, жұмыс жатықтығы мен дыбыссыздығы, көтеру-түсіру жылдамдығы, жұмыс атқару мерзімі, электр энергия сөнген кезде түсіру мүмкіндігі, қызмет көрсетудің төмен бағасы мен қарапайымдылығы, жоғары қауіпсіздік деңгейі [3].

3) Пневматикалық жетекті көтергіш. Көтергіштің бұл түрі пантографты немесе қайшы тәрізді көтергіштерге жатады. Гидравликалық көтергіштерден айырмашылығы платформаның көтерілуі тығыздалған ауа көмегімен іске асырылады. Бұл автокөлікке қызмет көрсету жылдамдығын ұзартады. Көтергішті әр түрлі техникалық қызмет көрсету станцияларында қолдануға болады. Платформаның көмегімен автокөліктің жүріс бөлігін көтеріп, біртегісінде барлық доңғалақтарына қызмет көрсетуге болады. Көтергіштің құрылысында сақтандырғыш стопор ескерілген. Көтергіш бетонды, асфальтты немесе басқа алдын-ала дайындалған қатты және тегіс еденге қажетті орынға бекітіледі.

Автокөлік көтергіштерін таңдау кезінде келесі техникалық сипаттамаларды ескеру қажет: жүккөтергіштік, электрқозғалтқыштың пайдалану қуаты, көтергіштің салмағы, автокөлікті максималды көтеру биіктігі, максималды

жүктемемен максималды көтеру биіктігіне дейінгі көтеру уақыты, еденнен көтергіш табанының жоғарғы жағына дейінгі минималды қашақтық, көтергіштің геометриялық өлшемдері, бөлменің минималды биіктігі, көтергішті орнату фундаментіне қойылатын талаптар [4, 5].

Жоғарыда қарастырылған автокөлік көтергіштері қарау орларымен салыстырғанда автокөлікке техникалық қызмет көрсету және жөндеу кезінде көптеген ыңғайлылықты қамтиды, өйткені жұмыстар жеткілікті жарықта бөлменің еден деңгейінде және қызмет атқаратын персоналдың еркін жылжуында жүргізіледі. Бірақ бұндай көтергіштерді қолданғанда біртегісінде автокөліктің астынан және үстінен жұмыстарды жүргізу мүмкін емес. Аталған кемшілік балкон тәрізді көтергіштерде жоқ. Оларды төрттіректі көтергіштермен салыстырғандағы ерекшелігі сорапты қаңқамен бірге жұмыс алаңы (балкон) көтеріледі. Бұл біртегісінде жұмыстарды әр түрлі деңгейлерде (автокөліктің астымен үстінен) жүргізуге мүмкіндік береді. Осындай көтергіштерде атқарылған жұмыс өнімділігі қарау орлары және балконсыз көтергіштермен салыстырғанда жоғары.

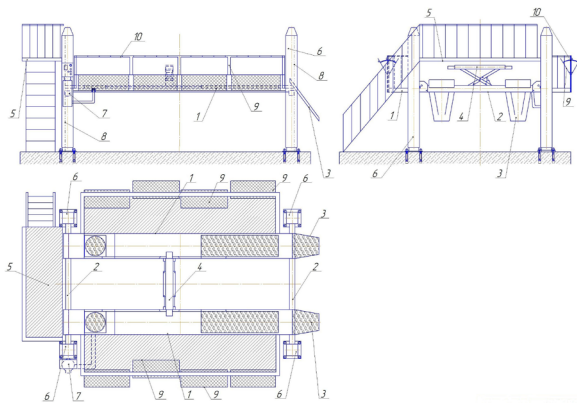
2015 жылы С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің «Көлік техникасы және технологиялар» кафедрасында автокөлікке арналған балкон тәрізді көтергіштің құрылысы жобаланды. Көтергіш көтеру-тасымалдау жабдықтарға жатады және автокөлік жөндеу кезінде қолданылуы мүмкін.

Ұсынылған инженерлік шешім автокөліктерге арналған балкон тәрізді көтергішті жетілдіруге бағытталған. Шешімнің негізі – бүйір жағындағы балкон алаңдарына тартпа жәшіктерін орнату [6, 7].

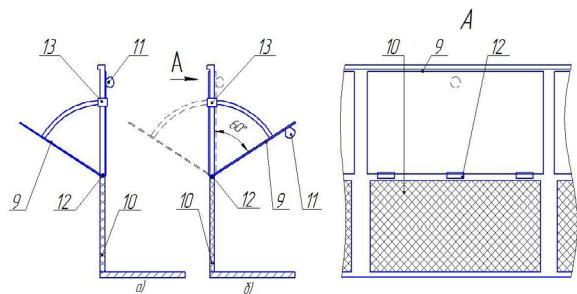
Автокөліктерге арналған балкон тәрізді көтергіштің жұмыс істеуі келесі тәртіп бойынша іске асырылады (сурет 2): жылжымалы балконды алаңдары бар платформалар көлденең жақтауларда орнатылған; платформаларға автокөліктің көтергішке көтерілу орындарында көтерілу баспалар бекітілген; платформалардың арасында автокөлікті қосымша көтеру үшін траверса орнатылған; алдыңғы жылжымайтын балкон алаңы көтергіштің екі алдыңғы бағаналарына бекітілген; алдыңғы сол жақтағы басқару бағанасында гидравликалық күш агрегаты орнатылған; көтерілетін автокөлік көтерілу платформаларына орнатылады; гидравликалық күш агрегаты көлденең жақтауларды бір-біріне қатарлас көтерілуін қамтитын арқанды көтеру жүйесін іске қосады; жылжымалы балкон алаңдары бар платформалары қажетті биіктікке жеткенде блоктаушы жүйе іске қосылады; бұл жүйе жұмыс жүргізудің қауіпсіз жағдайын қамтиды; қажет болған жағдайларда гидравликалық күш агрегатының көмегімен автокөлікті қосымша көтеру траверсасы іске қосылады; платформалардың көтеруін балкон алаңдарында тұрған жұмысшылармен бірге іске асыруға болады; балкон алаңдарының бүйір жағындағы қоршауында құрал-жабдықтар мен қор

саймандарға арналған тартпа жәшіктері орнатылады; тартпа жәшіктері төрт секция түрінде балкон алаңдарының бүйір жағындағы қоршауының барлық ұзындығы бойынша орналасқан; әр секция бір-бірінен тәуелсіз жасалған; секция полкасының тұтқасы бар және үш топса көмегімен бүйір жағындағы қоршауға бекітіледі; әр полканың шетінің үстінде балкон алаңының ішіне жылжуға мүмкіндік беретін бекіткіштер орнатылған. Автокөлікке арналған балкон тәрізді көтергіштің құрылысын жетілдіру нәтижесінде Қазақстан Республикасының пайдалы модель патентіне өтініш берілді [8].

а)



б)



Сурет 2 – Автокөліктерге арналған балкон тәрізді көтергіш

а) балкон тәрізді көтергіш; б) құрал-жабдықтар мен қор саймандарға арналған тартпа жәшігі; 1 – бүйір жағындағы балкон алаңдары; 2 – көлденең жақтау; 3 – көтерілу баспасы; 4 – траверса; 5 – алдыңғы балкон алаңы; 6 – бағана; 7 – гидравликалық күш агрегаты; 8 – арқанды көтеру жүйесі; 9 – тартпа жәшіктері; 10 – қоршаулар; 11 – тұтқалар; 12 – топсалар; 13 – бекіткіштер

ҚОРЫТЫНДЫ

Авторлар ұсынған автокөлік көтергішінің артықшылығы – құрал-жабдықтар мен қор саймандарды сақтау мүмкіндігі. Бұл шешім автосервистің жұмыс тиімділігін жоғарлатады. Ұсынып отырған қондырғыға Қазақстан Республикасының пайдалы модель патентіне тапсырыс берілді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Кузнецов, Е. С.** Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов. – М. : Наука, 2001. – 535 с.

2 RU 2228898. Two post lift for passenger car / Petrossov V. V., Ivliev V. A., Petrosov G. B. – Derwent Innovations Index (Thomson Reuters, USA). – 20.05.2004.

3 RU 2399578. Hydraulic hoists / Ptashninchenko V. P., Semenov G. I., Badylov S., Rybak A. V. – Derwent Innovations Index (Thomson Reuters, USA). – 20.09.2010.

4 **Мамзиков, А. Г.** Оборудование и инструменты для автосервиса [Электронный ресурс]. – 2009. – URL: <http://www.ladato.ru/articles/165> (дата обращения: 05.05.2016).

5 **Lee, J. H., Cho, J. U.,** Convergence Technique Study through CAE due to the Shape of Lift for Car. Journal of the Korean Convergence Society. – Vol. 6. No. 5. – P. 49-54, 2015.

6 **Балабаев, О. Т.** Совершенствование подъемника балконного типа для автомобилей / О. Т. Балабаев, Д. К. Саржанов, К. К. Абишев, О. Н. Костюченкова, М. В. Кожухова // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения, посвященная 20-летию Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева: Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. – Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2016. – Ч. 2. – С. 232-233.

7 **Балабаев, О. Т.** Improvement of the lift balcony type for vehicles / О. Т. Балабаев, Д. К. Саржанов, К. К. Абишев, О. Н. Костюченкова, М. В. Кожухова // Сейфуллинские чтения – 12: Молодежь в науке – инновационный потенциал будущего: Матер. Республ. научно-теор. конф. – Астана : КазАТУ им. С. Сейфуллина, 2016. – Т. 1., – Ч. 2. – С. 87-89.

8 Подъемник балконного типа для автомобилей: заявление о выдаче патента Республики Казахстан на полезную модель / О. Т. Балабаев, Д. К. Саржанов, К. К. Абишев, О. Н. Костюченкова, М. В. Кожухова; регистр. № 2016/0305.2; зарегистр. 01.06.2016.

К. К. Абишев¹, О. Т. Балабаев², Д. К. Саржанов², М. Ж. Олжатай²,
А. Сарсенкызы², М. В. Кожухова²

Совершенствование конструкции подъемника балконного типа для автомобилей

¹Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар:

²Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

К. К. Abishev¹, O. T. Balabaev², D. K. Sarzhanov², M. Zh. Olzhatay²,
A. Sarsenkyzy², M. V. Kozhukhova²

Improving the design lift of balcony type for cars

¹S. Toraihyrov Pavlodar State Univeristy, Pavlodar;

²S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana.

Material received on 05.06.17.

В данной статье представлены результаты научно-исследовательской работы выполненных авторами по совершенствованию подъемника балконного типа для технического обслуживания и ремонта автомобилей. В работе рассмотрены классификации автомобильных подъемников по типу конструкции и по типу привода, технические характеристики учитываемые при выборе автомобильного подъемника. Разработанный автомобильный подъемник имеет преимущество в виде возможности хранения инструментов и запасных частей, что соответственно повышает эффективность работ в автосервисах. На разработанное устройство подана заявка на патент Республики Казахстан на полезную модель.

The results of the research executed by authors in the field of improving the lift of balcony type for maintenance and repair of vehicles are presented in this article. The research discusses the classification of automotive lifts by type of construction and type of drive, technical specifications taken into account when choosing a car lift. Designed automobile lift has the advantage of being able to store tools and spare parts, which increases the efficiency of works in car services. Application for a patent of the Republic of Kazakhstan for useful model is applied on designed device.

А. У. Аджанов¹, Б. А. Байниязов², А. С. Казиев³

¹к.т.н., ²к.т.н., ³магистрант, Казахский агротехнический университет имени
С. Сейфуллина, г. Астана

e-mail: ²bainiyazov69@mail.ru

МЕТОДИКА ВЫБОРА МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ВОЛОЧИЛЬНОГО СТАНА

В настоящей статье автор описывает методику расчета общей мощности процесса многократного волочения для дальнейшего определения мощности преобразователя частоты, также описанного в статье.

Ключевые слова: электродвигатель, волочильный стан, преобразователь частоты.

ВВЕДЕНИЕ

Нынешнее производство невозможно без автоматизации, которая повышает производительность труда. Электропривод требует работы по управлению частотой вращения электродвигателя. Эта задача решается частотным преобразователем. В преобразователях частоты используется частотный метод регулирования скорости асинхронного двигателя, заключающийся в том, что, изменяя частоту питающего напряжения, можно координировать угловую скорость вращения. Регулирование скорости не вызывает увеличения коэффициента скольжения асинхронного двигателя, поэтому потери мощности при регулировании малы. На основании этого можно сделать вывод, что устройство дает значительную экономию электроэнергии и увеличивает эффективность использования этих средств.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Перед выбором преобразователя частоты необходимо рассчитать мощность двигателя. Все виды энергетических затрат отражены в процессе многократного волочения со скольжением проволоки. Поэтому далее приведен вывод формулы, определяющей мощность привода машины для многократного волочения со скольжением. В такой машине мощность, передаваемая приводом расходуется на:

- 1) осуществление процесса волочения;
- 2) потери на трение, возникающее между витками проволоки и шайбами;
- 3) изгиб проволоки на шайбу и сбегании с нее;

- 4) потери на трение в механизмах машины;
- 5) холостой ход машины.

В общем виде необходимая мощность на валу двигателя волочильной машины определяется выражением [1]:

$$N = \frac{N_{\text{вол}} + N_{\text{тр}} + N_{\text{изг}}}{\eta} + N_{\text{х.х}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{вол}}$ – мощность, необходимая на осуществление процесса волочения всеми тяговыми шайбами,

$N_{\text{тр}}$ – потери на трение на всех шайбах,

$N_{\text{изг}}$ – мощность, требуемая на изгиб и разгибание витка проволоки на всех шайбах и приемнике,

$N_{\text{х.х}}$ – мощность для осуществления холостого хода,

P_n – сила волочения при n-иточном процессе,

$f_{\text{ш}}$ – коэффициент трения между проволокой и шайбой,

m – число витков на шайбе,

V_n – скорость тяговой шайбы,

B_n и B_k – скорость проволоки до входа в волоку и после выхода из нее соответственно,

S_{T_n} и S_{T_k} – сопротивление пластической деформации металла в состоянии до входа в волоку и после выхода из нее соответственно,

$$W_S = CW, \quad (2)$$

где W – момент сопротивления упругого изгиба,

C – коэффициент, равный 1,7 для круглого сечения и 1,5 для прямоугольного сечения,

$r_{\text{пр}}$ – средний радиус приемника.

На осуществление процесса волочения в каждой тяговой шайбе расходуется мощность, равная:

$$(P_n - Q_n)B_n = P_n \left(1 - \frac{1}{e^{2\pi m f_{\text{ш}}}}\right) B_n, \quad (3)$$

где Q_n – сила противонапряжения при n-иточном процессе.

На осуществление процесса волочения всеми тяговыми шайбами, учитывая, что $Q_k = 0$, расходуется мощность:

$$N_{\text{вол}} = \sum_{n=1}^{n=k} (P_n - Q_n) B_n = \sum_{n=1}^{n=k-1} P_n \left(1 - \frac{1}{e^{2\pi m f_{\text{ш}}}}\right) B_n + P_k B_k. \quad (4)$$

Так как скорость взаимного перемещения шайбы относительно проволоки равна $(B_n - B_n)$, то потери на трение между витками проволоки и каждой шайбой определяются выражением:

$$(P_n - Q_n)(B_n - B_n) = P_n \left(1 - \frac{1}{e^{2\pi m f_{\text{ш}}}}\right) (B_n - B_n). \quad (5)$$

Потери на трение на всех шайбах равны:

$$N_{\text{тр}} = \sum_{n=1}^{n=k-1} (P_n - Q_n)(B_n - B_n) = \sum_{n=1}^{n=k-1} P_n \left(1 - \frac{1}{e^{2\pi m f_{\text{ш}}}}\right) (B_n - B_n). \quad (6)$$

На изгиб или разгибание витка проволоки около одной шайбы расходуется мощность, определяемая следующим образом.

Окружная сила M на шайбе радиуса r , необходимая для изгиба полосы, имеющей момент сопротивления пластическому изгибу W_S , определяется из равенства моментов:

$$M_r = S_T W_S, \quad (7)$$

Откуда при скорости движения проволоки после n-й волоки B_n мощность, необходимая для изгиба проволоки на n-й шайбе, определится выражением:

$$M B_n = \frac{S_{T_k} W_{S_k}}{r_{\text{пр}}} B_k. \quad (8)$$

Мощность, расходуемая на изгиб и разгибание проволоки на всех шайбах и приемнике, определится выражением:

$$N_{\text{изг}} = \sum_{n=1}^{n=k-1} 2 \frac{S_{T_n} W_{S_n}}{r_{\text{пр}}} B_n + \frac{S_{T_k} W_{S_k}}{r_{\text{пр}}} B_k. \quad (9)$$

Для определения мощности на валу двигателя машины без скольжения с синхронизацией скоростей достаточно в формуле (1) величинам B_n придать значения средних скоростей каждой шайбы.

Для определения мощности на валу двигателя машины без скольжения с магазинными шайбами достаточно в формуле (1) исключить член $\frac{1}{e^{2m} f_{ш}}$, так как при большом числе витков он практически превращается в нуль.

Для определения мощности на валу двигателя однократной машины с круговым движением металла ($k=1$) преобразуем общую формулу [2]:

$$N = \frac{1}{\eta} \left[PB + \frac{S_{Гк} W_{Ск}}{r_{пр}} \right] + N_{х.х.} \quad (10)$$

Для определения мощности на валу двигателя однократной машины с прямолинейным движением металла ($k=1$, $r_{пр} = \infty$) формула принимает вид:

$$N = \frac{PB}{\eta} + N_{х.х.} \quad (11)$$

После определения мощности двигателя необходимо рассчитать и выбрать преобразователь частоты для волочильного стана.

Имеется два критерия расчета и выбора преобразователя частоты, зависящие от характеристик двигателя [2]:

1) выбор преобразователя частоты на основе номинального тока

$$I_{ном ПЧ} \geq I_{ном Д}; \quad (12)$$

2) выбор преобразователя частоты на основе полной мощности

$$S_{ПЧ} \geq S_{Д}. \quad (13)$$

Эти два условия должны выполняться и только после этого мы можем выбрать тип и мощность ПЧ.

ВЫВОДЫ

В этой статье приведена общая методика вычисления мощности электродвигателя, необходимого для волочильного стана, а также выбор преобразователя частоты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Перлин, И. Л., Ерманок, М. З.** Теория волочения. – М. : Металлургия, 1971. – 448 с.

2 **CHRP.RU** // Выбор преобразователя частоты. – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.chrp.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=343&Itemid=16.

3 **Wright, R. N.** Wire Technology: Process Engineering and Metallurgy. – Amsterdam : Elsevier, 2011. – 320 с.

4 Преобразователь частоты Altivar 312. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.schneider-electric.ru/ru/product-range-selector/2656-altivar-312> (дата обращения: 25.02.2017).

5 Electrical engineering portal // EdvardCsanyi. What size of a frequency converter do I need? (4 methods to find out). – [Electronic resource]. URL: <http://electrical-engineering-portal.com/what-size-of-a-frequency-converter-do-i-need>.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

А. У. Аджанов, Б. А. Байниязов, А. С. Казиев

Сүйрегіш құрылғысы үшін электржетегінің қуатын таңдау әдістемесі

С. Сейфуллин атындағы
Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

A. Adzhanov, B. Bainiyazov, A. Kaziyeu

Methodology of power selection for electric drive of drawing mill

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana.
Material received on 05.06.17.

Бұл мақалада автор жиілікті түрлендіру қуатын анықтау үшін бірнеше сүйреулеу үрдісінің жалпы қуатын есептеу әдістемесін сипаттайды.

In the given article the author describes the procedure for calculating the total power of the multiple drawing process for further determination of the power of the frequency converter, also described in the article.

**М. А. Ауельбек¹, Б. А. Байниязов¹, С. С. Исенов¹,
Р. М. Исаков¹, А. М. Акаев²**

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана;

²доктор PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ПРИМЕНЕНИЕ ДУБЛИРУЮЩИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В данной статье рассмотрены вопросы применения дублирующих линий электропередачи при транспортировке электрической энергии.

Ключевые слова: линии электропередачи, транспортировка электрической энергии, электростанция, подстанция.

Концентрация крупных генерирующих мощностей на северо-востоке страны, удаленность центров потребления от электростанций обуславливают необходимость передачи электроэнергии на довольно большие расстояния и как следствие высокие потери электроэнергии в электрических сетях по сравнению с наиболее передовыми государствами. Затраты на покупку электроэнергии для компенсации потерь в электросетевых компаниях Республики Казахстан составляют существенную долю (более 30 %) от общих расходов. В связи с изложенным в Республике Казахстан актуальной является задача снижения технологического расхода электроэнергии на передачу по электрическим сетям (потерь электроэнергии) [1, 2].

Одним из способов снижения потерь электроэнергии в электрических сетях является стимулирование создания конфигурации и состава сетей, обеспечивающих наиболее эффективную доставку электроэнергии потребителям при заданном расположении последних. В настоящей работе рассмотрен один из вопросов, сдерживающий оптимальное развитие электрических сетей в стране. Действующая процедура согласования строительства дублирующих линий электропередачи, анализ ее недостатков и возможности улучшения.

Дублирующей (шунтирующей) линией называется такая линия электропередачи, по которой возможна передача электроэнергии потребителю (потребителям) в обход существующим линиям электропередачи [1, 2]. Пример дублирующей линии показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Дублирующая линия

В настоящее время в Республике Казахстан существуют ограничения на строительство дублирующих линий. Такие ограничения обусловлены действующей моделью рынка электроэнергетики, а именно: при строительстве дублирующей линии могут существенно снизиться доходы энергопередающей компании – владельца линии, которую дублирует (шунтирует) новая линия, поскольку основной доход электросетевых компаний составляет плата за переданный объем электроэнергии по своей сети [1, 2].

Касательно проектирования и строительства дублирующих (шунтирующих) линий электропередачи в Законе «Об электроэнергетике» (далее – Закон) указано следующее [1]:

- проектирование и строительство дублирующих (шунтирующих) линий электропередачи и подстанций осуществляются с предварительного согласования с уполномоченным органом, государственным органом, осуществляющим руководство в сферах естественных монополий и на регулируемых рынках, и системным оператором (пункт 1 Статьи 9 Закона);

- местные исполнительные органы выдают заключения о технической целесообразности строительства дублирующих (шунтирующих) линий электропередачи и подстанций для объектов 110 кВ и ниже, 220 кВ и выше (подпункт 4 пункта 10-1 Статьи 6 Закона).

На практике имеются случаи, когда потребитель в ущерб своим экономическим интересам из-за наличия запрета на строительство дублирующей линии вынужден выбирать или более дорогую схему внешнего электроснабжения, или присоединяться к сетям с заведомо более высоким тарифом на передачу электроэнергии (явление монополии).

Вместе с тем, чем больше количество питающих линий электропередачи приходит к потребителю, тем ниже суммарные потери электроэнергии на передачу и выше надежность электроснабжения.

По сути запрет на строительство дублирующих линий препятствует оптимальному развитию электрических сетей в Республике Казахстан и снижает надежность электроснабжения потребителей. Продемонстрируем это на следующем примере.

Рассмотрим схему на рисунке 1. Энергопередающая компания владеет двумя линиями электропередачи ЛЭП-1 и ЛЭП-2 и подстанцией, ее потребитель получает питание по ЛЭП2.

Если потребитель имеет намерение построить дублирующую линию (показана на рисунке 1 пунктиром), то он, согласно Закону, должен пройти все процедуры согласования, указанные выше. И не высока вероятность, что будет получено одобрение на строительство такой линии. Следовательно основными факторами, рассматриваемыми при оценке возможности строительства дублирующих линий, будут вероятно следующие [1, 2]:

- снижение доходов электросетевой компании;
- возможное увеличение стоимости электроэнергии для населения и прочих потребителей в регионе.

Вместе с тем, имеются очевидные недостатки запрета строительства дублирующих линий [1, 2]:

1) После ввода в эксплуатацию дублирующей линии повышается надежность электроснабжения как самого потребителя компании, так и потребителей электросетевой компании, поскольку электроснабжение осуществляется не по одной линии, а по двум (рисунок 1);

2) В случае наличия дублирующей линии, потери электроэнергии на передачу по электрической сети снижаются. Для схемы на рисунке 1 возможно снижение потерь примерно в 2 раза. Например, возьмем среднестатистические исходные данные для расчета: среднегодовая мощность потребления 10 МВт, годовой объем потребления электроэнергии порядка 87,6 млн. кВт·ч, $\cos \varphi=0,9$, длина дублирующей ЛЭП $L=50$ км, длина ЛЭП-1 и ЛЭП-2 – $0,5L$, провод на всех ЛЭП АС70, $U_{ном} = 110$ кВ. Тогда потери электроэнергии без дублирующей ЛЭП составят порядка 1,9 млн. кВт·ч в год, а потери со всеми включенными линиями, включая дублирующую, составят 0,96 млн.кВт·ч, что в 2 раза меньше потерь без дублирующей линии. Излишние потери электроэнергии также будут равны 0,96 млн. кВт·ч в год или примерно 1,1 % от потребления. При цене за киловатт-час на уровне 10 тенге, лишняя оплата потребителями компании 1 переданной электроэнергии составит 9,6 млн. тенге в год. Может быть кому эта цифра покажется маленькой, но в масштабах страны 1 % от годового потребления (90,85 млрд.кВт·ч в 2015 г.) составит уже до 900 млн. кВт·ч в год или до 9 млрд.тенге в год [2]. Эта оценочная величина является грубо приближительной, но надо учитывать тот факт, что в сетях с номинальным напряжением ниже 110 кВ относительные потери в несколько раз выше [2].

Одним из возможных решений является необходимость внедрять такие механизмы оплаты за услуги по передаче электроэнергии, чтобы энергопередающим организациям было выгодно строительство

дублирующих и параллельных линий. Возможно распределение платы за переданную электроэнергию или за пользование электрической сетью в зависимости от суммарной протяженности сети, ее пропускной способности и/или суммарной мощности трансформаторов [3].

По рассматриваемому вопросу имеется успешный опыт зарубежных электроэнергетических рынков, который целесообразно использовать и в нашей Республике Казахстан [3].

Основными выгодами будут являться для [2, 3]:

1 Потребителей. При строительстве новых линий электропередач появляется возможность выбирать вариант с наименьшими капитальными затратами вне зависимости от энергопередающей компании, к сетям которой будет произведено подключение.

Снижается цена на электроэнергию по причине исключения из тарифа на передачу излишних потерь электроэнергии и повышается надежность электроснабжения.

2 Энергопередающих организаций. Обеспечивается более стабильная база для поступления доходов компаний вне зависимости от фактического распределения перетоков электроэнергии, что снижает риски при долгосрочных инвестициях. Кроме того, снижаются потери электроэнергии в сети, увеличивается эффективность работы компаний (в перспективе повышается инвестиционная привлекательность компаний), увеличивается пропускная способность сети, повышается надежность электроснабжения.

3 Энергопроизводящих организаций. Увеличивается надежность работы сетей, что влечет за собой более стабильную нагрузку электростанций из-за снижения вероятности отключения потребителей.

4 Государственных органов. Снижаются капитальные вложения хозяйствующих субъектов в электроснабжение, повышается эффективность и конкурентоспособность экономики страны, увеличивается кредитный рейтинг страны, создаются предпосылки для повышения позиции страны в совокупном мировом рейтинге благоприятности ведения бизнеса по разделу «Подключение к системе электроснабжения».

В заключении хотелось отметить следующее:

1 Действующая процедура согласования строительства дублирующих линий электропередачи не способствует оптимальному развитию электрических сетей в стране.

2 Совершенствование существующего электроэнергетического рынка Республики Казахстан, в части стимулирования строительства дублирующих линий электропередачи, возможно. При реформировании необходимо учесть интересы всех субъектов этого рынка.

1 Закон Республики Казахстан «Об электроэнергетике» от 9 июля 2004 года № 588.

2 Справка об итогах деятельности Министерства энергетики Республики Казахстан за 2015 год и задачах на 2016 год [Электронный ресурс]. <http://energo.gov.kz>.

3 **Тукенов, А. А.** Рынок электроэнергии: от монополии к конкуренции. – М. : Энергоатомиздат, 2009. – 416 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

М. А. Ауельбек¹, Б. А. Байниязов¹, С. С. Исенов¹, Р. М. Искаков¹, А. М. Акаев²

Электр энергиясын тасымалдау кезінде көшірме электрберіліс желілерін қолдану

¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.;

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

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

М. А. Auelbek¹, В. А. Bainiyazov¹, S. S. Issenov¹, R. M. Iskakov¹, A. M. Akayev²

Application of reserved electrical power lines in transportation of electrical energy

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 05.06.17.

Берілген мақалада электр энергиясын тасымалдау кезінде көшірме электрберіліс желілерін қолдану қарастырылған.

In this article the issues of application of reserved electrical power lines in transportation of electrical energy are considered.

Д. С. Ахметбаев, Ж. Досанкулов, Н. К. Сагнаева, А. Б. Ажаев

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана

К СИНТЕЗУ СЕТЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

В работе даются основные определения синтеза электрических сетей и формализуется поставленная задача. Приводятся основные уравнения ограничений и целевой функции. Синтез распределительной электрической сети представляется в виде задачи линейного программирования. Приводится пример расчета параметров и топологии сети с распределенной генерацией по наименьшему расходу цветного металла на основе симплекс-метода.

Ключевые слова: электрические цепи; синтез; уравнения ограничения; целевая функция; линейное программирование.

ВВЕДЕНИЕ

Задача синтеза цепей с распределенной генерацией заключается в определении структуры и параметров электрической цепи при заданных возмущениях и реакциях [1].

Как известно, задача анализа заключается в определении реакции цепи на возмущения, которая решается однозначно для заданной схемы электрической цепи на основе уравнений ее электрического состояния. В отличие от задачи анализа, задача синтеза может иметь несколько решений, характеризующие технически реализуемые варианты схем. Отсюда возникает необходимость выбора наиболее оптимального варианта на основе сопоставления полученных результатов [2].

1 Формализация задачи синтеза

Аналитическая связь между возмущениями и реакцией цепи для схемы произвольной сложности устанавливается узловым уравнением, в форме баланса тока, который записывается в матричной форме в виде [3]:

$$\underline{Y} \underline{U}_{\Delta} = \underline{J}, \quad (1)$$

где $\underline{J} = \frac{\hat{S}}{\sqrt{3U}}$ – задающие узловые токи, принятые в качестве возмущения;

\dot{U}_{Δ} – узловые падения напряжения, называемые реакцией цепи на возмущения;

\underline{Y} – матрица узловых проводимостей.

Целью преобразования является получение уравнений относительно параметров линии передачи в функции исходных параметров задачи синтеза.

Матрица узловых проводимостей зависит от геометрического образа схемы и может быть выражена относительно искомым параметров ветвей в виде [3]:

$$\underline{Y} = \underline{M} \underline{Y}_g \underline{M}^t, \quad (2)$$

Тогда, матричное уравнение (1) с учетом (2) запишется в виде системы линейных уравнений [4]:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^m M_{1j} Y_j M_{j1}^t \dot{U}_{\Delta 1} + \sum_{j=1}^m M_{1j} Y_j M_{j2}^t \dot{U}_{\Delta 2} + \dots + \sum_{j=1}^m M_{1j} Y_j M_{jn}^t \dot{U}_{\Delta n} &= \dot{J}_1 \\ \sum_{j=1}^m M_{2j} Y_j M_{j1}^t \dot{U}_{\Delta 1} + \sum_{j=1}^m M_{2j} Y_j M_{j2}^t \dot{U}_{\Delta 2} + \dots + \sum_{j=1}^m M_{2j} Y_j M_{jn}^t \dot{U}_{\Delta n} &= \dot{J}_2 \\ \dots & \dots \\ \sum_{j=1}^m M_{nj} Y_j M_{j1}^t \dot{U}_{\Delta 1} + \sum_{j=1}^m M_{nj} Y_j M_{j2}^t \dot{U}_{\Delta 2} + \dots + \sum_{j=1}^m M_{nj} Y_j M_{jn}^t \dot{U}_{\Delta n} &= \dot{J}_n \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

и после несложных преобразований приводим к виду:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \dot{U}_{11} \underline{Y}_1 + \Delta \dot{U}_{12} \underline{Y}_2 + \dots + \Delta \dot{U}_{1m} \underline{Y}_m &= \dot{J}_1 \\ \Delta \dot{U}_{21} \underline{Y}_1 + \Delta \dot{U}_{22} \underline{Y}_2 + \dots + \Delta \dot{U}_{2m} \underline{Y}_m &= \dot{J}_2 \\ \dots & \dots \\ \Delta \dot{U}_{n1} \underline{Y}_1 + \Delta \dot{U}_{n2} \underline{Y}_2 + \dots + \Delta \dot{U}_{nm} \underline{Y}_m &= \dot{J}_n \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где $\Delta \dot{U}_{11} = M_{11} \sum_{j=1}^n M_{\Delta j}^t \dot{U}_{\Delta j}$, $\Delta \dot{U}_{12} = M_{12} \sum_{j=1}^n M_{2j}^t \dot{U}_{\Delta j}$, $\Delta \dot{U}_{ik} = M_{ij} \sum_{j=1}^n M_{ij}^t \dot{U}_{\Delta j}$ – фиктивные

падения напряжения ветвей;

n – количество независимых узлов;

m – количество ветвей.

Полученная система линейных алгебраических уравнений (4) называются ограничениями задачи синтеза. Для заданной структуры электрической цепи,

система (4) становится линейной системой алгебраических уравнений с постоянными коэффициентами.

Количество ветвей сложной схемы всегда больше, количества независимых узлов. Следовательно, искомые переменные системы (4) больше, чем количество уравнений в ней. Решение такой системы алгебраических уравнений может быть получено на основе метода Гаусса [5, 6].

2 Синтез электрической сети – как задача линейного программирования

Предположим, необходимо решить такую задачу. На выбранных площадках строятся электрические станции различной мощности, работающие на основе возобновляемых источников энергии. Известны мощности, напряжения и расположения станции. Требуется определить конфигурацию и параметров распределительной сети исходя из обеспечения минимума затрат цветного металла.

В постановке задачи синтеза электрической цепи нетрудно заметить нечто общее с формулировкой задачи линейного программирования. С целью нахождения наиболее выгодного варианта, система уравнений электрического состояния цепи (5) дополняется линейным уравнением, называемым целевой функцией [7,8]:

$$F = g_1 \underline{Y}_1 + g_2 \underline{Y}_2 + \dots + g_m \underline{Y}_m = \min, \quad (5)$$

где \underline{Y}_m – проводимости линии,

g – коэффициент пропорциональности.

Линейное программирование – это математическая дисциплина, изучающая методы нахождения экстремума целевой функции нескольких переменных [8, 9]:

Таким образом, задача синтеза электрической цепи, с точки зрения математической формулировки задачи линейного программирования, выглядит следующим образом.

Требуется найти такое неотрицательное решение

$$\underline{Y}_1 \geq 0, \underline{Y}_2 \geq 0, \underline{Y}_m \geq 0$$

системы (4), при котором функция F принимает наименьшее значение, т.е. целевая функция минимизируется.

Уравнения (4) называются ограничениями оптимизационной задачи. Любое неотрицательное решение системы ограничений называется допустимым. Допустимое решение, дающее минимум функции F называется оптимальным. Отыскание минимума F на границе допустимых решений

превращается в самостоятельную задачу. Одним из методов решения задачи линейного программирования является симплекс-метод.

3 Идея симплекс-метода в общем виде

Для начала работы по симплекс – методу, исходную систему ограничений (4), а также целевую функцию F удобно записать в виде [9]

$$\left. \begin{aligned} \underline{Y}_1 &= \underline{J}_1 - (\Delta \underline{U}_{1r+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \Delta \underline{U}_{1m} \underline{Y}_m) \\ \underline{Y}_2 &= \underline{J}_2 - (\Delta \underline{U}_{2r+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \Delta \underline{U}_{2m} \underline{Y}_m) \\ &\dots \\ \underline{Y}_r &= \underline{J}_r - (\Delta \underline{U}_{rr+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \Delta \underline{U}_{rm} \underline{Y}_m) \\ F &= G_0 - (G_{r+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + G_m \underline{Y}_m), \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где $\underline{J}_1 \geq 0, \underline{J}_2 \geq 0, \dots, \underline{J}_r \geq 0$

Неизвестные $\underline{Y}_1, \underline{Y}_2, \dots, \underline{Y}_r$ находящиеся в левой части (6) называются базисными, остальные неизвестные – небазисными или свободными.

Предположим, что все небазисные неизвестные равны нулю

$$\underline{Y}_{r+1} = 0, \underline{Y}_{r+2} = 0, \dots, \underline{Y}_m = 0,$$

тогда

$$\underline{Y}_1 = \underline{J}_1, \underline{Y}_2 = \underline{J}_2, \dots, \underline{Y}_r = \underline{J}_r$$

называется базисным решением, а значение целевой функции F для этого базисного решения равно

$$F_b = G_0$$

Возможны два случая:

1) все числа $G_{r+1}, G_{r+2}, \dots, G_m$ неположительные. Тогда минимальное значение целевой функции F достигается при $\underline{Y}_{r+1} = 0, \dots, \underline{Y}_m = 0$, т.е. первое базисное решение является оптимальным.

2) среди чисел G_{r+1}, \dots, G_m имеются положительные. Пусть $G_j > 0$, где j – одно из чисел r+1, ..., m, тогда можно попытаться, не изменяя нулевых значений всех небазисных неизвестных, кроме \underline{Y}_j , уменьшить значение целевой функции F за счет увеличения \underline{Y}_j . Однако следует соблюдать некоторую осторожность, так как выбор значения \underline{Y}_j влияют на значения $\underline{Y}_1, \dots, \underline{Y}_r$, и нужно следить за тем, чтобы ни одно из этих значений не стало отрицательным.

предполагая в уравнениях (6) и (7) все числа $\underline{Y}_{r+1}, \dots, \underline{Y}_m$ равны нулю, кроме \underline{Y}_j , получим

$$\left. \begin{aligned} \underline{Y}_1 &= \underline{J}_1 - \Delta \underline{U}_{1j} \underline{Y}_j \\ \underline{Y}_2 &= \underline{J}_2 - \Delta \underline{U}_{2j} \underline{Y}_j \\ &\dots \\ \underline{Y}_r &= \underline{J}_r - \Delta \underline{U}_{rj} \underline{Y}_j \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$F = G_0 - G_j \underline{Y}_j, \quad (9)$$

Здесь, в свою очередь, могут быть два случая [8, 9,]:

1 Все величины неположительные. Тогда при любом положительном \underline{Y}_j имеем:

$$\underline{Y}_1 \geq \underline{J}_1, \underline{Y}_2 \geq \underline{J}_2, \dots, \underline{Y}_r \geq \underline{J}_r$$

Следовательно, значения $\underline{Y}_1, \underline{Y}_2, \dots, \underline{Y}_r$ неотрицательные. Что же касается целевой функции F, то принимая как угодно большое положительное число \underline{Y}_j , можно получить неограниченное большое по абсолютной величине отрицательное число. Таким образом, целевая функция F равна $-\infty$, иначе говоря, минимум целевой функции не достигается.

2 Среди величин $\Delta \underline{U}_{1j}, \Delta \underline{U}_{2j}, \dots, \Delta \underline{U}_{rj}$ имеются положительные.

Пусть

$$\Delta \underline{U}_{kj} > 0, \text{ где } k - \text{одно из чисел } 1, 2, \dots, r.$$

Тогда \underline{Y}_j нельзя увеличить более чем до $\frac{\underline{J}_k}{\Delta \underline{U}_{kj}}$, в противном случае \underline{Y}_k станет отрицательным. Найдем среди всех отношений $\frac{\underline{J}_k}{\Delta \underline{U}_{kj}}$ наименьшее.

Пусть это будет $\frac{\underline{J}_i}{\Delta \underline{U}_{ij}}$. Таким образом, $\frac{\underline{J}_i}{\Delta \underline{U}_{ij}}$ определяет число $\Delta \underline{U}_{ij}$, которое называется разрешающим элементом. В целях краткости обозначим указанный минимум через $\rho \geq 0$

$$\rho = \frac{\underline{J}_i}{\Delta \underline{U}_{ij}} \geq 0$$

Теперь ясно, что \underline{Y}_j можно увеличить до ρ , иначе \underline{Y}_i станет меньше нуля. Учитывая, что

$$\underline{Y}_{r+1} = 0, \dots, \underline{Y}_{j-1} = 0, \underline{Y}_j = \rho, \underline{Y}_{j+1} = 0, \dots, \underline{Y}_m = 0$$

найдем значения остальных неизвестных в виде:

$$\left. \begin{aligned} \underline{Y}_1 &= \underline{J}_1 - \Delta \underline{\dot{U}}_{1j} \rho \\ \underline{Y}_2 &= \underline{J}_2 - \Delta \underline{\dot{U}}_{2j} \rho \\ &\dots \\ \underline{Y}_r &= \underline{J}_r - \Delta \underline{\dot{U}}_{rj} \rho \\ &\dots \\ \underline{Y}_r &= \underline{J}_r - \Delta \underline{\dot{U}}_{rj} \rho \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Теперь новый базис B' состоит из неизвестных $\underline{Y}_1, \underline{Y}_2, \dots, \underline{Y}_{i-1}, \underline{Y}_j, \underline{Y}_{i+1}, \dots, \underline{Y}_r$. Соответствующее базисное решение определяется выражениями (8). Значение целевой функции F для этого решения равно

$$F_{A'} = G_0 - G_j \rho, \quad (11)$$

Чтобы завершить первый шаг расчета необходимо систему ограничений (6) и целевую функцию (7) переписать применительно к новому базису. С этой целью из системы (4) находим \underline{Y}_j :

$$\underline{Y}_j = \frac{\underline{J}_j}{\Delta \underline{\dot{U}}_{jj}} - \left(\frac{\Delta \underline{\dot{U}}_{jr+1}}{\Delta \underline{\dot{U}}_{jj}} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \frac{1}{\Delta \underline{\dot{U}}_{ji}} \underline{Y}_i + \dots + \frac{\Delta \underline{\dot{U}}_{jm}}{\Delta \underline{\dot{U}}_{jj}} \underline{Y}_m \right)$$

и подставляем это выражение вместо \underline{Y}_j в относительные уравнения. В результате система оказывается разрешенной относительно нового базиса:

$$\left. \begin{aligned} \underline{Y}_1 &= \underline{J}'_1 - (\Delta \underline{\dot{U}}'_{1r+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{1i} \underline{Y}_i + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{1m} \underline{Y}_m) \\ \underline{Y}_2 &= \underline{J}'_2 - (\Delta \underline{\dot{U}}'_{2r+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{2i} \underline{Y}_i + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{2m} \underline{Y}_m) \\ &\dots \\ \underline{Y}_j &= \underline{J}'_j - (\Delta \underline{\dot{U}}'_{jr+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{ji} \underline{Y}_i + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{jm} \underline{Y}_m) \\ &\dots \\ \underline{Y}_r &= \underline{J}'_r - (\Delta \underline{\dot{U}}'_{rr+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{ri} \underline{Y}_i + \dots + \Delta \underline{\dot{U}}'_{rm} \underline{Y}_m) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$F = G'_0 - (G'_{r+1} \underline{Y}_{r+1} + \dots + G'_i \underline{Y}_i + \dots + G'_m \underline{Y}_m), \quad (13)$$

На этом заканчивается первый шаг расчета. Затем все рассуждения повторяются. Как будет указано ниже, что наиболее трудная часть процедуры может быть сведена к минимуму применением симплекс – таблиц.

5 Применение симплекс – таблицы.

Симплекс – таблицы могут быть успешно использованы для решения задачи синтеза электрической сети, представленной на рисунке 1. В узлах нагрузки 1, 2, 3 заданы возмущения и реакции проектируемой распределительной сети, запитанной от базисного узла, напряжением равным нулю. Нужно найти такую структуру и параметры сети, при которых суммарная проводимость ветвей схемы принимает наименьшее значение. Предполагается что линии электропередачи выполнены из одного того же материала.

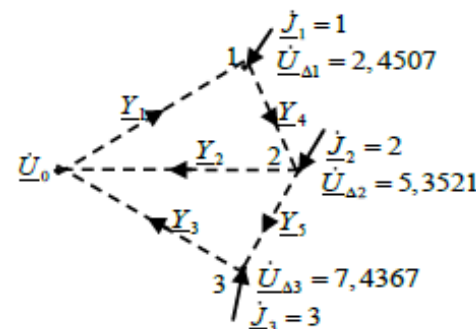


Рисунок 1

Первая матрица инцидентий графа проектируемой сети имеет вид [3]:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{M}' = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Подставляя значения первой матрицы инцидентий в уравнение (4) получим систему ограничений в виде:

$$\left. \begin{aligned} \underline{Y}_1 2,4507 - \underline{Y}_4 2,0914 &= 1 \\ \underline{Y}_2 5,3521 + \underline{Y}_4 2,0914 - \underline{Y}_5 2,0846 &= 2 \\ \underline{Y}_3 7,4367 + \underline{Y}_5 2,0846 &= 3 \end{aligned} \right\}$$

и целевую функцию

$$F = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3 + \underline{Y}_4 + \underline{Y}_5 = \min$$

Систему ограничений и целевую функцию приведем к удобному, для составления симплекс – таблиц, виду:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_1 \quad \quad \quad -\underline{Y}_4 0,8533 \quad \quad \quad &= 0,4080 \\ \underline{Y}_2 \quad \quad \quad \underline{Y}_4 0,3907 \quad -\underline{Y}_5 0,3883 &= 0,3736 \\ \underline{Y}_3 \quad \quad \quad \underline{Y}_5 0,2797 &= 0,4034 \\ F - \underline{Y}_4 0,6093 - \underline{Y}_5 0,7203 &= 1,1853 \end{aligned}$$

По этим данным составим симплекс-таблицу.

Таблица 1

Базисные неизвестные	свободные члены	\underline{Y}_1	\underline{Y}_2	\underline{Y}_3	\underline{Y}_4	\underline{Y}_5
\underline{Y}_1	0,4080	1	0	0	-0,8533	0
\underline{Y}_2	0,3736	0	1	0	0,3907	-0,3883
\underline{Y}_3	0,4037	0	0	1	0	0,2797
F	1,1853	0	0	0	-0,6093	-0,7203

Согласно алгоритму симплекс – таблицы выясняем, имеются ли в последней строке положительные числа при небазисных переменных. При этом первое число (свободный член) не принимается во внимание. Обнаруживаем, что такое число отсутствует. Это свидетельствует о том, что найдено оптимальное решение.

$$\underline{Y}_1 = 0,4080, \underline{Y}_2 = 0,3736, \underline{Y}_3 = 0,4037, \underline{Y}_4 = 0, \underline{Y}_5 = 0,$$

этому решению соответствует минимальное значение F равное 1,185.

Расчетное сечение проводника определяется по формуле [1, 2]:

$$S = \rho l G,$$

где ρ – удельное сопротивление проводника;

l – длина линии;

G – расчетная активная проводимость линии.

В результате получим схему проектируемой электрической цепи, соответствующей минимуму суммарной проводимости ветвей с параметрами, изображенной на рисунке 2.

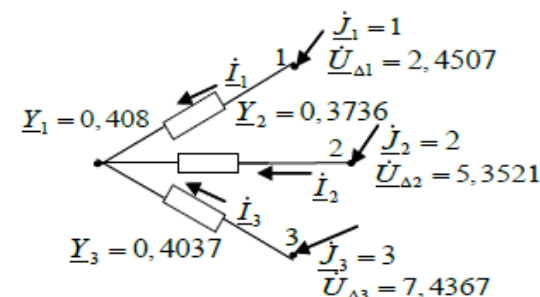


Рисунок 2

ВЫВОДЫ

- 1 Задача синтеза сети с распределенной генерацией сформулирована в виде задачи линейного программирования.
- 2 Получены уравнения ограничений целевой функции на основе преобразования уравнений узловых напряжений.
- 3 Эффективность подхода продемонстрирована на наглядном примере с использованием симплекс-таблиц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Идельчик, В. И.** Электрические сети и системы – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
- 2 **Лыкин, А. В.** Электрические сети и системы. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. – 363 с.
- 3 **Мельников, Н. А.** Матричный метод анализа электрических цепей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1972. – 232 с.
- 4 **Ахметбаев, Д. С.** Математические модели анализа и синтеза режимов электрических цепей энергосистем. – Павлодар : ИП Сытина, 2010. – 208 с.
- 5 **Вентцель, Е. С.** Исследование операций. – М. : Сов. Радио, 1972. – 550 с.
- 6 **Кузнецов, Ю. Н., Кузубов, В. И., Волощенко, А. Б.** Математическое программирование. – М. : Высшая школа, 1976. – 352 с.
- 7 **Чуев, Ю. В., Спехова, Г. П.** Технические задачи исследования операций. – М. : Сов. Радио, 1971. – 244 с.

8 **Вагнер, Г.** Основы исследования операций. – Т. 1. – М. : Мир, 1972. – 337 с.

9 **Солодовников, А. С.** Введение в линейную алгебру и линейное программирование – М. : Просвещение, 1966. – 185 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Д. С. Ахметбаев, Ж. Досанкулов, Н. К. Сагнаева, А. Б. Ажаев

Тармақталған генерация желілерін синтездеу

С. Сейфуллин атындағы
қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

D. S. Akhmetbaev, Zh. Dosankulov, N. K. Sagynaeva, A. B. Azhaye

To the synthesis of networks with distributed generation

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana.
Material received on 05.06.17.

Жұмыста электрлік желістер синтезін негізгі анықтамалары берілген және есептің мақсаты қойылған. Мақсат функциясының шектеулік теңдеулері алынған. Таратушы электр желісінің синтезі сызықты программалау есебіне келтірілген. Таратылған желістің жергілікті энергия көздерін ескере отырып, топологиясы мен параметрлерінің анықталуы түсті металдар шығынын азайту мақсаты симплекс-методпен шешелген.

The research gives the basic definitions of the synthesis of electric networks and formalizes the task. Presents the principal constraint equations and objective function. Synthesis of power distribution networks is presented in the form of a linear programming problem. An example of calculation of parameters and topology of the network with distributed generation according to the least consumption of non-ferrous metal based on the simplex method is given in the research.

УДК 621.3.01

**Д. С. Ахметбаев, Ж. Досанкулов, Н. К. Сагнаева,
З. Т. Туркебаева**

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Характеристическое уравнение для сложных цепей формируется приведением детерминантных функций матриц узловых проводимостей к аналитической форме, которая является достаточно трудоемкой задачей. Поэтому, разработка более простых методов формирования характеристического многочлена для сложных схем, является актуальной как для учебного процесса, так и для научных исследований.

В данной работе предлагается простой метод формирования характеристического многочлена системы дифференциальных уравнений, на основе всевозможных деревьев ненаправленного графа сложной электрической цепи.

Ключевые слова : ток, напряжение, переходный процесс, характеристическое уравнение, дерево графа.

ВВЕДЕНИЕ

Переходный процесс в электрической цепи возникает при изменении амплитуды, частоты, формы источника питания и конфигурации электрической цепи.

Мгновенное изменение конфигурации электрической цепи не может привести к мгновенному возникновению нового установившегося режима. Переход из одного состояния в другое, сопровождается возникновением переходного процесса. С энергетической точки зрения это объясняется тем, что энергия в емкостях и индуктивностях скачком изменится, не может [1].

Аналитическое исследование переходного процесса в линейных электрических цепях производится классическим и операторным методами. Одним из основных этапов расчета переходных процессов, на основе вышеуказанными методами, является формирование характеристического многочлена системы дифференциальных уравнений. Корни характеристического многочлена определяет поведение свободного процесса,

который является решением системы однородных дифференциальных уравнений. [2]. Формирование характеристического уравнения, для схемы с элементами небольшой сложности требует выполнения достаточно большого объема работ и студентам остается незначительное время на анализ переходного процесса в цепи. Эта ситуация может быть изменена в лучшую сторону, если сократить время на получение характеристического уравнения. Предлагаемый простой метод формирования характеристического уравнения основан на известных принципах отыскания деревьев графа сложной электрической цепи и может быть использован для этой цели теория структурных чисел.

1 Функциональный анализ

Характеристическое уравнение можно представить с помощью определителей матриц контурных сопротивлений и узловых проводимостей электрической цепи:

$$\begin{aligned} \det Z(p) &= 0, \\ \det Y(p) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Решение приведенных уравнений относительно оператора p представляет собой нули входного сопротивления или полюсы входной проводимости пассивной цепи. При этом входные сопротивления и проводимости определяются относительно любой ветви схемы электрической цепи. Указанный способ определения характеристического уравнения используется при аналитическом решении практических задач [1,2].

Приведение детерминантных функций матриц контурных сопротивлений и узловых проводимостей (1) к аналитической форме – задача трудоемкая, а для сложных цепей – практически непригодная.

Применение топологического метода может существенно упростить решение поставленной задачи. Основы топологии электрических цепей были заложены в классических работах Кирхгофа и Максвелла [3,4]. Ими впервые получены топологические выражения для определителей матрицы проводимостей узлов и матрицы сопротивлений контуров, которые изложены на основе теории графов.

Главное преимущество применения топологических методов для расчета электрических цепей состоит в том, что при разложении определителя сразу получается только положительные члены. При этом расчеты элементов многочлена существенно упрощаются.

2 Характеристическое уравнение типовых схем

С целью обеспечения наглядности и простоты изложения сущности предлагаемого топологического метода, сравнительный анализ произведем на основе типовых схем, принятых в учебниках по теории электрических цепей.

На основе алгебраизации дифференциальных уравнений, составляемых по законам Кирхгофа, формируется характеристический многочлен (1).

Пусть требуется найти характеристическое уравнение для электрической цепи второго порядка, изображенная на рисунке 1.

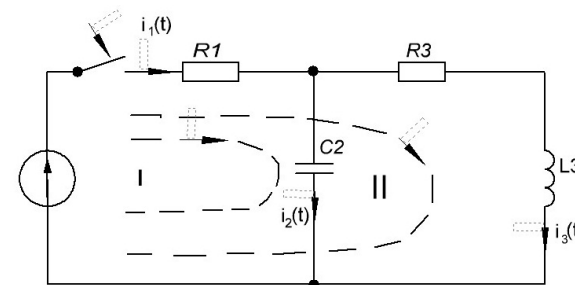


Рисунок 1 – Электрическая цепь второго порядка

Формируем характеристическое уравнение, составив главный определитель системы уравнений по методу контурных токов, в виде:

$$\det Z(p) = \begin{vmatrix} R_1 + \frac{1}{pC_2} & R_1 \\ R_1 & R_1 + R_3 + pL_3 \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

Отсюда имеем:

$$\det Z(p) = R_1 L C p^2 + (R_1 R_3 C + L)p + R_1 + R_2 = 0 \quad (3)$$

Такое же решение можно получить в виде суммы возможных деревьев графа, изображенного на рисунке 2.

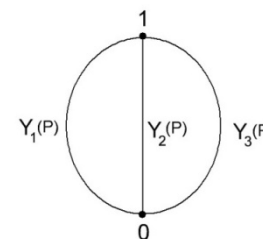


Рисунок 2 – Ненаправленный граф схемы

Суммарное значение возможных деревьев графа, изображенного на рис. 2, определяется как [7]:

$$F(p) = Y_1(p) + Y_2(p) + Y_3(p) = \frac{1}{R_1} + pC_2 + \frac{1}{R_3 + L_3p} = 0, \quad (4)$$

отсюда

$$F(p) = R_1LCp^2 + (R_1R_3C + L)p + R_1 + R_2 = 0 \quad (5)$$

Как видно, что выражения (3) и (5) тождественно равны между собой. Преимущество топологического метода ярче проявляется по мере усложнения схемы электрической цепи.

3 Определение характеристического уравнения сложной цепи

Применение топологического метода существенно сокращает объем выполняемых работ. Деревья графа могут быть выделены различными существующими методами и на основе теорий структурных чисел [5, 6, 7].

Деревом называется совокупность соединенных $(n - 1)$ ветвей, касающихся всех узлов графа, без образования каких-либо контуров. Величина дерева равна произведению проводимостей отдельных ветвей дерева [8, 9].

Рассмотрим граф сложной схемы электрической цепи, изображенной на рисунке 3. Формируем характеристический многочлен при известных параметрах схемы:

$$Z_1=R_1; Z_2=R_2; Z_3=R_3; Z_4=Lp; Z_5=1/Cp; Z_6=R_6.$$

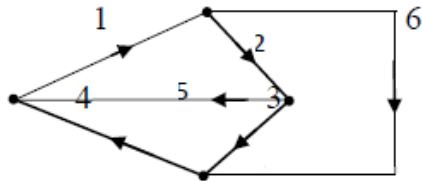


Рисунок 2 Граф схемы

Возможные деревья графа представлены в виде матрицы:

$$F = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 4 & 4 & 5 & 3 & 3 & 4 & 4 & 5 & 4 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 6 & 4 & 5 & 5 & 6 & 6 & 4 & 5 & 5 & 6 & 6 & 5 & 6 & 6 \end{vmatrix} \quad (6)$$

Для определителя матрицы узловых проводимостей справедливо выражение [9]:

$$\det Y(p) = \frac{1}{Z_1Z_2Z_3} + \frac{1}{Z_1Z_2Z_4} + \frac{1}{Z_1Z_2Z_6} + \frac{1}{Z_1Z_3Z_4} + \frac{1}{Z_1Z_3Z_5} + \frac{1}{Z_1Z_4Z_5} + \frac{1}{Z_1Z_4Z_6} + \frac{1}{Z_1Z_5Z_6} + \frac{1}{Z_2Z_3Z_4} + \frac{1}{Z_2Z_3Z_5} + \frac{1}{Z_2Z_4Z_5} + \frac{1}{Z_2Z_4Z_6} + \frac{1}{Z_2Z_5Z_6} + \frac{1}{Z_3Z_4Z_5} + \frac{1}{Z_3Z_4Z_6} + \frac{1}{Z_3Z_5Z_6} = 0$$

Не трудно убедиться в том, что условие равенства нулю определителя матрицы узловых проводимостей выполняется при условии

$$D(p) = Z_4Z_5Z_6 + Z_3Z_5Z_6 + Z_3Z_4Z_5 + Z_2Z_5Z_6 + Z_2Z_4Z_6 + Z_2Z_3Z_6 + Z_2Z_3Z_5 + Z_2Z_3Z_4 + Z_1Z_5Z_6 + Z_1Z_4Z_6 + Z_1Z_3Z_6 + Z_1Z_3Z_5 + Z_1Z_3Z_4 + Z_1Z_2Z_6 + Z_1Z_2Z_5 + Z_1Z_2Z_4 = 0. \quad (7)$$

Подставляя исходных данных в топологическое выражение (7) и после несложных преобразований получим искомое характеристическое уравнение:

$$D(p) = (R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3 + R_1R_6 + R_2R_6)LCp^2 + ((R_2 + R_3 + R_6)L + (R_1R_2R_3 + R_1R_6R_3 + R_2R_6R_3)C)p + R_1R_2 + R_1R_3 + R_1R_6 + R_2R_6 + R_3R_6 = 0. \quad (8)$$

ВЫВОДЫ

Разработан простой метод формирования характеристического многочлена системы однородного дифференциального уравнения, составляемой для схемы электрической цепи произвольной сложности.

Методика формирования характеристического уравнения может быть внедрена в учебный процесс, при подготовке кадров электротехнического и электроэнергетического направления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Теоретические основы электротехники: учебник для вузов. В 3 т. / К. С. Демирчан, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. – Т. 1. – СПб. : Питер, 2003. – 463 с.
- 2 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Учебник для студентов энергетических вузов. – М. : Высшая школа, 1973. – 752 с.
- 3 Kurchhoff, G., Poggendorf Annulen. – 1845. – Bd 64. – s. 512; 1847, – S. 497.
- 4 Maxwell, J. C. Electricity and magnetism. – 1892. – V. 1. – P.403.
- 5 Percival, W. S. Solution of passive electrical networks by means of mathematical tress // Proceedings IEE (London). – 1953. – V.100. – Pt.III. – N 65. – P. 143-150.

6 **Percival, W. S.** Improved matrix and determinant methods of solving networks // Proceedings IEE (London). – 1954. – V. 101. – pt.IV. – N 7. – P. 258-265.

7 **Alvarado, F. L.** Computational complexity in power system. – Transactims IEEE. – 1976. – v.PAS-95. – N4. – P. 1028-1037.

8 **Bellert, S., Wozniacki, H.** Analysis and synthesis of electrical circuits by structural numbers. – M.: Mir, 1972. S.327.

9 **Ahmetbayev, D. S.** Method of calculation of the established modes of electric power distribution networks on the Basis of the coefficients. – Electricity. – N 11. – 2010. – P. 23-27.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Д. С. Ахметбаев, Ж. Досанкулов, Н. К. Сагнаева, З. Т. Туркебаева

Күрделі электр тізбегінің сипаттамалық теңдеуін құрастыратын топологиялық тәсіл

С. Сейфуллин атындағы
қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

D. S. Akhmetbayev, Zh. Dossankulov, N. Sagnayeva, Z. Turkebayeva

Topological method of forming the characteristic equation of the composite electrical circuit

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana.
Material received on 05.06.17.

Сипаттамалық теңдеулер түйіндік өткізіштер матрицасының детерминантық функциясын аналитикалық түріне келтіру арқылы алынады, бұл өте ауыр жол. Сол себепті, күрделі схемаға арналған сипаттамалық теңдеулерді құрастыратын жеңіл әдістемелердің қажеттілігі оқу жүйесі үшін, ғылыми жұмыстар үшін актуалды болып табылады.

Бұл жұмыста дифференциалды теңдеулердің сипаттамалық көпмүшеліктерін күрделі электр тізбегінің бағытталмаған графының ағаштары арқылы анықтауын жеңіл тәсілі берілген.

In the learning process, because of lack of time and complexity of the formation of the characteristic equation, it has to be confined to the consideration of quite simple circuits. Therefore, the development of simpler methods of formation of the characteristic polynomial for composite circuits is relevant for the educational process and scientific researches.

In this paper, we propose a simple method for the formation of the characteristic polynomial of the differential equation system on the basis of all kinds of undirected graph trebles of the composite electrical circuit.

ӘОЖ 621.313.1(045)

**Б. А. Байниязов¹, А. У. Аджанов², Ж. Ж. Байгузова³,
А. Т. Смагулова⁴, А. К. Казбекова⁵**

^{1,2}т.ғ.к., ³магистр, ^{4,5}магистранттар, С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
e-mail: ¹bainiyazov69@mail.ru

ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ӨЗДІГІНЕН ІСКЕ ҚОСЫЛУ ҚҰБЫЛЫСЫ

Мақалада электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігіне электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосылу үрдісінің әсер келтіретіндігі көрсетілген. Электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосылуын сапалы түрде жүзеге асыру үшін, қойылатын талаптарын ескере отырып, өздігінен іске қосылуды есептеудің тиімді жолдары қарастырылған.

Кілтті сөздер: электр қозғалтқыш, өздігінен іске қосылу, айналдырушы момент, айналу жиілігі, сырғанау шамасы.

КІРІСПЕ

Тұтынушыларды жоғары сапалы әрі үздіксіз, қажет мөлшерде электр энергиясымен қамтамасыз ету сұлбаларын құрастыру кезінде қорек көздерінің санын, түрін және апатты жағдайлар пайда болған кездерде резервтеу мүмкіндіктерін қарастыру қажет. Бұл кезеңде резервті автоматты түрде қосу және қайталап автоматты қосу құрылғыларының атқаратын маңызы өте зор. Бірақ мұндай қондырғылардың іске қосылуы және әсер етуі үшін белгілі бір уақыт мөлшері қажет болады. Осы уақыт ішінде технологиялық процесс немесе өндіріс барысы тоқтамау қажет, себебі өндірістің қандай да бір уақыт мезетіне тоқтап қалуы немесе технологиялық процесстердің бұзылуы және баяулауы көптеген қаржылық шығындар мен басқа да келенсіз жағдайларға әкеліп соқтыратыны мәлім.

Асинхронды және синхронды электр қозғалтқыштар өнеркәсіп орындарында кеңінен таралған. Көптеген өнеркәсіп орындарында

асинхронды электр қозғалтқыштар маңызды технологиялық тізбектерді, конвейерлерді қозғалысқа келтіреді. Сондықтан өндіріс орындарындағы электр қозғалтқыштардың сенімді әрі үздіксіз жұмыс істеуі жалпы өндіріс процессінің тиімділігіне тікелей әсер етеді [1].

Өнеркәсіп орындарының қалыпты өндіріс үрдісін бұзбау үшін электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессінің атқаратын маңызы өте зор. Электр қозғалтқыштың өздігінен іске қосылуы –қоректену қысқа уақыт мезетіне тоқтатылып немесе кернеу шамасы қысқа уақыт мезетіне күрт төмендеген кезде, қоректену қайтадан жаңартылғаннан немесе кернеу шамасы өзінің номинал шамасына дейін қалпына келгеннен кейін пайда болатын режим [2].

Қоректенудегі үзіліс ұзақтығы нақты жағдайлар үшін ондық секундтардан бір-екі секундқа дейін созылуы мүмкін. Электр қозғалтқыштар қоректену 0,2-2,5 с уақыт мезетіне тоқтатылған кезде немесе кернеу шамасы осы уақыт мезетіне күрт төмендеген кезде өздігінен қайта қосыла алады. Өздігінен қайта қосылу уақыты 30-35 с дейін жетеді. Яғни осы уақыт ішінде электр қозғалтқыш өзінің номинал айналу жиілігіне дейін үдетіліп, қалыпты жұмыс режиміне кіреді.

Электр қозғалтқыштар өздігінен іске қосылу кезінде жүктелген күйінде болады, фазалық роторлы электр қозғалтқыштар іске қосқыш реостатсыз іске қосылады және де бірнеше электр қозғалтқыш бір уақытта өздігінен қосылған кезде пайда болатын іске қосылу токтары желідегі кернеу шамасының төмендеуіне әкеледі. Аталған мәселелер электр қозғалтқыштардың іске қосылу моменттерінің төмендеуіне және жалпы іске қосылу процессінің ауырлауына әкеледі. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы қалдық айналу жиілігінен басталады, яғни электр қозғалтқыш тоқтап тұрмайды, оның роторында белгілі бір инерциялық момент сақталады да, ол жүктеменің әсерінен бірден тоқтап қала алмайды.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Электр қозғалтқыштың немесе бір топ электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы жүзеге асуы үшін: қалпына келген кернеу шамасы электр қозғалтқыштың қайтадан айналуына жеткілікті болу керек; электр қозғалтқыштардың қорғаныстары оларды өздігінен іске қосылу токтарының әсерінен желіден ажыратпау керек.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы жүзеге асуы үшін релелік қорғаныс пен автоматика құрылғыларына да бірқатар талаптар қойылады: қысқа тұйықталу және резервті автоматты түрде қосу құрылғысы әсер еткен кезде уақыт ұстамдылығы мүмкіндігінше аз болу қажет; релелік қорғаныс өздігінен іске қосылу токтарын және өздігінен іске қосылуға

кететін уақыт мөлшерін ескере отырып сәйкестендірілуі керек; өздігінен іске қосылу процессі кезінде ажыратылу тиіс электр қозғалтқыштар минимал кернеу қорғаныстарының уақыт ұстамдылығы шамамен 0,5-1 с. болуы керек; өздігінен іске қосылу процессіне қатысатын электр қозғалтқыштардың минимал кернеу қорғаныстарының уақыт ұстамдылығы 2-10 с-қа жетуі мүмкін.

Электр қозғалтқыштар өздігінен іске қосылу үшіншіналардағы немесе электр қабылдағыштар түйіспелеріндегі қалдық кернеуінің шамасы, электр қозғалтқыштардың айналдыру моменті механизмдердің статикалық моментінен артық болатындай болуы керек. Ол үшін өздігінен іске қосылу режимінде тек маңызды электр механизмдердің электр қозғалтқыштарын ғана қалдырады. Қауіпсіздік техникасы шарттары бойынша өздігінен іске қосылуына тыйым салынатын электр қозғалтқыштар міндетті түрде релелік қорғаныс аппараттарымен ажыратылады.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын есептеу кезінде $M_{\text{козг.}} > M_{\text{ст.}}$ шартын қанағаттандыратын $U_{\text{калд.}}$ кернеу шамасы сақталатын қорытындылаушы қуат мөлшерін анықтайды [3].

Электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосылуын есептеген кезде екі түрлі есеп құрастыруға болады:

1 Қоректену аз уақытқа тоқтатылғаннан кейін секциядағы кернеу мен өздігінен іске қосылу тоғының шамаларын анықтау және есептелген мәліметтер негізінде электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу мүмкіндігін қарастыру;

2 Электр қозғалтқыштар қозғалысқа келтіретін кейбір механизмдердің қайтадан номинал айналу жиіліктеріне дейін үдетілу уақытын және электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессінің толық аяқталу мерзімін есептеу, яғни өздігінен іске қосылу процессінің динамикасын қарастыру.

Бірінші есеп қарастырылып отырған объекттің қорек көзі және орнатылған электр қозғалтқыштардың паспорттық мәліметтері негізінде оңай жолмен шешіледі. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу мүмкіндігі анықталған мәліметтер негізінде қарастырылады. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процесі жүзеге асу үшін қоректендіру тоқтатылған уақыт көп дегенде 2,5-3 с құрау керек және қоректендіру қайтадан жаңартылғаннан кейін кернеу мөлшері ең аз дегенде $(0,55-0,65)U_{\text{ном}}$ болу қажет. Тәжірибе жүзінде өндіріс орындарында негізгі қорек көзі істен шыққан кезде қоректендіруші қосалқы станцияда орнатылған релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының жұмыс істеу уақыты маңызды механизмдерді қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы үшін жеткілікті болады, яғни релелік қорғаныс пен автоматиканың әсер ету уақыттары 2,5-3 с-тан көп болмайды. Электр қозғалтқыштардың

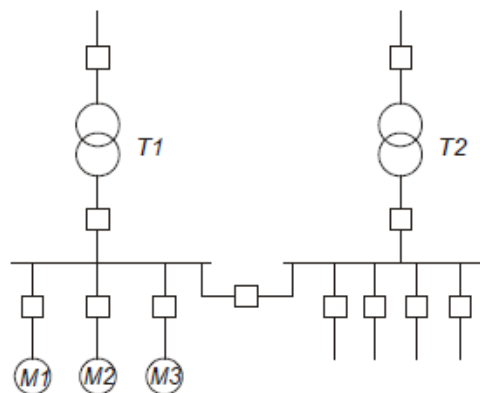
өздігінен іске қосылу процессінің тек негізгі параметрлерін анықтау бүкіл құбылыстың толық сипаттамасын бере алмайды, сондықтан өздігінен іске қосылу процессінің динамикасын қарастыру қажет.

Екінші есеп бірінші есепке қарағанда күрделі болып табылады. Бұл есепті шешу үшін төмендегі теңдеуді негізге алу керек:

$$M_{қалд} = M_{айн} - M_{ст} \quad (1)$$

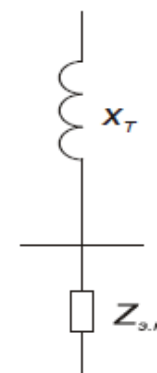
Есепті шешу барысында электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессінің толық сипаттамасын алу үшін қажет қосымша параметрлер мен мәліметтер анықталады. Есептеу нәтижелері бойынша өздігінен іске қосылу процессінің басталу кезеңінен бастап аяқталу кезеңіне дейінгі динамикасын байқауға болады. Анықталған мәліметтер негізінде желідегі ток пен кернеу шамаларының өзгеру графиктерін, электр қозғалтқыштар біліктеріндегі айналдырушы моменттердің өзгеру графиктерін және өнеркәсіп орынының өндіріс процессінің өзгеру графиктерін тұрғызуға болады. Төменде кернеуі 110/10 кВ қосалқы станциясының төменгі кернеу шиналарынан қоректеніп жатқан электр қозғалтқыштар үшін осы екі есептің шешілу жолы қарастырылған.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу токтары мен бастапқы кернеу шамасын есептеу. Электр қозғалтқыштардың қосалқы станцияның төменгі кернеу шиналарынан қоректену сұлбасы 1-суретте бейнеленген. 10 кВ шиналарына қосылған электр қозғалтқыштар қуаттарының бір-бірінен айырмашылығы шамамен 10 % құрайды. Сондықтан олардың іске қосылу токтарының еселіктері де шамамен бірдей болады [4].



Сурет 1 – Электр қозғалтқыштарының қоректену сұлбасы

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын есептеу 2 - суретте көрсетілген есептік сұлба бойынша жүргізіледі.



Сурет 2 – Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын есептеу сұлбасы

Сұлбада қоректендіруші трансформаторлардың кедергілері және кернеуі 10 кВ шиналарына қосылған электр қозғалтқыштардың қорытындылаушы кедергілері бейнеленген. Жүйенің кедергісі көрсетілмеген және нольге тең деп алынған, себебі жүйенің кедергісі барлық электр қозғалтқыштардың қорытындылаушы кедергісінен әлдеқайда артық.

Есептік сұлбадағы $Z_{\Sigma э.к.}$ мәні электр қозғалтқыштың сырғанауына тәуелді болады, яғни бұл шама қоректендіру тоқтатылған уақытта электр қозғалтқыштың айналу жиілігі қаншалықты азайғанына байланысты болады және қорытындылаушы кедергі параллель қосылған барлық электр қозғалтқыштардың толық кедергілерінің қосындысына тең [5]:

$$Z_{\Sigma э.к.} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{э.к.1}} + \frac{1}{Z_{э.к.2}} + \dots + \frac{1}{Z_{э.к.n}}} \quad (2)$$

Әрбір жеке электр қозғалтқыштың толық кедергісі келесі формула бойынша анықталады:

$$Z_{э.к.} = \frac{U_{ном.э.к.}}{\sqrt{3} \cdot I_{\Sigma i.к.}} \quad (3)$$

мұндағы $U_{ном.э.к.}$ – электр қозғалтқыштың номинал кернеуі;

$I_{i.к.}$ – электр қозғалтқыштың іске қосылу тоғы.

Қоректендіруші күштік трансформатордың кедергісі төмендегі формула бойынша анықталады:

$$Z_T = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ном}}} \quad (4)$$

мұндағы $U_{\text{ном}}$ – трансформатордың номинал кернеуі; U_k – қысқа тұйықталу кернеуі; $I_{\text{ном}}$ – трансформатордың номинал жұмыс тоғы.

Қоректендіру тоқтатылғаннан кейін қайтадан жаңартылған уақыт мезетіндегі қалдық кернеу шамасы келесі формула бойынша анықталады:

$$U_{\text{ө.і.к.}} = \frac{Z_{\Sigma \text{э.к.}} \cdot U_{\text{ном.э.к.}}}{Z_T + Z_{\Sigma \text{э.к.}}} \quad (5)$$

Өздігінен іске қосылу тоғының шамасы төмендегі формула бойынша анықталады:

$$I_{\text{ө.і.к.}} = \frac{U_{\text{ном.э.к.}}}{\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_{\Sigma \text{э.к.}})} \quad (6)$$

Кернеуі 110/10 кВ қосалқы станцияның төменгі кернеу шиналарына қосылған электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу токтары мен қалдық кернеу шамасын есептеу барысын қарастырайық. Қоректендірудің тоқтатылу уақыты 2,5 с құрайды.

Қоректендіруші күштік трансформатордың параметрлері:

ТДН-40000/110; $I_{\text{ном}} = 1154,7 \text{ A}$; $U_k = 10,5\%$.

Есептеуді ВАО2 560 LA-4 типті электр қозғалтқышы үшін жүргіземіз.

$P_{\text{ном}} = 630 \text{ кВт}$; $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$; $I_{\text{ном}} = 70 \text{ A}$; $I_{\text{л.к.}}/I_{\text{ном}} = 6,5$ [6].

Қоректендіруші трансформатордың кедергісі:

$$Z_T = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 1154,7} = 0,525 \text{ Ом}$$

Қоректендіру 2,5 с-қа тоқтатылғаннан кейін электр қозғалтқыштардың кедергісі 0,2 есе кемиді:

$$Z_{\text{э.к.}} = \frac{0,2 \cdot 10000}{\sqrt{3} \cdot 1830} = 0,631 \text{ Ом}$$

Өздігінен іске қосылу процессінің бастапқы кезеңіндегі электр қозғалтқыш түйіспелеріндегі кернеу шамасы:

$$U_{\text{ө.і.к.}} = \frac{0,631 \cdot 1,05 \cdot 10000}{0,525 + 0,631} = 5731 \text{ В}$$

Бұл номинал жұмыс кернеудің шамамен 57 %-ын құрайды, яғни бұл кернеу электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы үшін жеткілікті болып табылады.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу тоғының шамасы:

$$I_{\text{ө.і.к.}} = \frac{1,05 \cdot 10000}{\sqrt{3} \cdot (0,525 + 0,631)} = 5244,0985 \text{ A}$$

Жоғарыда орындалған есептеулер нәтижесінде қоректендіру 2,5 с уақыт мезетіне тоқтатылған кезде электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы жүзеге асырылатыны анықталды. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы нәтижесінде желідегі ток шамасы рұқсат етілген мәндер аумағында сақталды және бұл релелік қорғаныс пен автоматиканың жалған іске қосылуына әкеліп соқтырмады. Яғни жалпы жүйенің тұрақтылығы бұзылған жоқ.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы токтары мен кернеу шамаларын есептеу барысында келесі амалдар орындалды:

- Қоректендіруші жүйенің кедергісі нольге тең деп алынған, себебі жүйенің кедергісі барлық электр қозғалтқыштардың қорытындылаушы кедергісінен әлдеқайда артық;

- Резервті қоректендіру шиналарының кедергілері ескерілмеді;

- Күштік трансформатор және электр қозғалтқыштардың кедергілері екі құраушыдан тұратыны ескерілмеді.

Бұл фактілерді ескеру тек есептеудің дәлдігіне ғана әсер етеді, бірақ қорытынды нәтижеге тигізетін кері әсері жоқ. Сондықтан жоғарыда аталған жайттарды ескермеуге де болады.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын қозғалыстың негізгі теңдеуі көмегімен есептеу. Есептеуді орындау үшін электр жабдықтардың $M_{\text{аин}^*} = f(s)$, $M_{\text{с}^*} = f(s)$, $Z_{\text{э.к.}} = f(s)$ электромеханикалық сипаттамаларын және агрегаттың Та механикалық тұрақтысын білу қажет.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын қозғалыстың негізгі теңдеуінің көмегімен есептеу келесі ретпен орындалады:

1 Агрегаттарды қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқыштардың жеке тоқтау кисықтары $n = f(t)$ бойынша қоректендіру қайтадан жаңартылған уақыт мезеті үшін әр қозғалтқыштың сырғанау шамасы анықталады:

$$S_1 = \frac{n_c - n}{n_c} = \frac{\omega_c - \omega}{\omega_c} \quad (7)$$

2 Электр қозғалтқыштардың эквивалентті қорытындылаушы кедергісі төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$Z_{\Sigma \text{э.к.}} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{\text{э.к.1}}} + \frac{1}{Z_{\text{э.к.2}}} + \dots + \frac{1}{Z_{\text{э.к.n}}}} \quad (8)$$

3 Егер резервті трансформатор қарастырып отырған секциядан басқа жүктемелерді қоректендіріп отырса, бұл жүктемені электр қозғалтқыштардың кедергісін есептеген кезде ескеру қажет. Қоректендіру белгілі бір уақыт мезетіне тоқтатылған кезде электр қозғалтқыштардың айналу жиілігі азаятыны белгілі. Сондықтан кедергі азаяды. Кедергінің азаю шамасын $k = 0,8$ коэффициенті арқылы ескеруге болады, онда өздігінен іске қосылу процессіне қатысатын электр қозғалтқыштардан басқа жүктеменің кедергісі келесі формула бойынша анықталады:

$$Z_{\text{жүк.}} = \frac{k \cdot U_c}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{жүк.}}} \quad (9)$$

мұндағы U_c – қосымша жүктеме қосылып тұрған секциядағы кернеу шамасы; $I_{\text{жүк.}}$ – өздігінен іске қосылуға дейінгі қосымша жүктемедегі ток шамасы.

4. Параллель жұмыс істеп тұрған электр қозғалтқыштар мен жүктемелердің қорытындылаушы кедергісі анықталады:

$$Z_{\Sigma \text{жүк.}} = \frac{Z_{\Sigma \text{э.к.}} \cdot Z_{\text{жүк.}}}{Z_{\text{жүк.}} + Z_{\Sigma \text{э.к.}}} \quad (10)$$

5 Сұлбаның қорытындылаушы кедергісі Z_{Σ} , электр қозғалтқыштың өздігінен іске қосылу процессінің бастапқы уақыт мезетіндегі ток шамасы $I_{\text{ө.і.к.}}$ және өздігінен іске қосылудың бастапқы кернеу шамасы $U_{\text{ө.і.к.}}$ төмендегі формулалар бойынша анықталады:

$$Z_{\Sigma} = Z_T + Z_{\Sigma \text{жүк.}}$$

$$I_{\text{ө.і.к.}} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} \quad (12)$$

$$U_{\text{ө.і.к.}} = \frac{Z_{\Sigma \text{жүк.}} \cdot U_c}{Z_{\Sigma}} \quad (13)$$

6 Агрегаттарды қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқыштардың электромеханикалық сипаттамалары бойынша сырғанаудың және өздігінен іске қосылу кернеуінің шамалары үшін $M_{\text{айн*}}$ және $M_{\text{калд*}}$ мәндері анықталады. Өздігінен іске қосылу шамасына келтірілген $M_{\text{айн*}}$ шамасы келесі формула бойынша анықталады:

$$M_{\text{айн}U_{\text{ө.і.к.*}}} = M_{\text{айн}U_{\text{ном.*}}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ө.і.к.}}}{U_{\text{ном.}}} \right)^2, \text{ онда} \quad (14)$$

$$M_{\text{калд*}} = M_{\text{айн}U_{\text{ө.і.к.*}}} - M_{\text{с*}} \quad (15)$$

Егер барлық агрегаттар үшін $M_{\text{калд}} \geq 1,1M_c$ шарты орындалса, электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессі жүзеге асырылады. Әрі қарай жеке электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу уақыттарын және секциядағы кернеу шамасының тұрақталуын есептеу жүргізіледі. Есептеу тізбектей интервалдар әдісімен жүргізіледі. Ол үшін бүкіл процесс шағын Δt интервалдарына бөлінеді. Қарастырылып отырған жағдай үшін уақыт интервалын $\Delta t = 0,2$ с деп аламыз. Әрбір Δt уақыт интервалдарына $M_{\text{калд*}}$ шамасы тұрақты деп алынады да, қозғалыстың негізгі теңдеуі бойынша әр электр қозғалтқыштың Δs сырғанау шамасының өзгеруі төмендегі формула бойынша есептеледі:

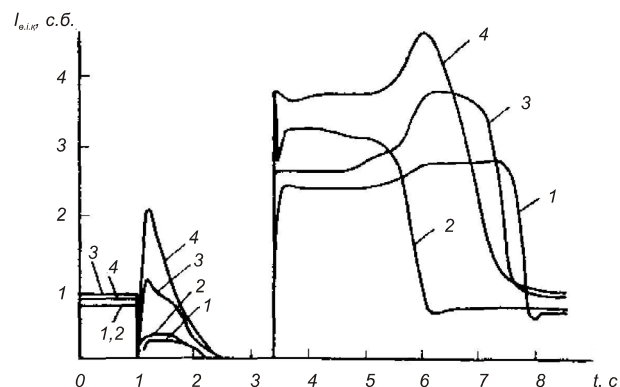
$$\Delta S_1 = \frac{M_{\text{калд1*}} \cdot \Delta t_1}{T_a} \quad (16)$$

Содан кейін бірінші уақыт интервалы соңындағы сырғанау шамасы:

$$S_2 = S_1 + \Delta S_1 \quad (17)$$

Сырғанаудың жаңа мәндері үшін электр қозғалтқыштың кедергісі анықталып, есептеу жоғарыда келтірілген әдістеме бойынша орындалады. Өздігінен іске қосылу процессін есептеу электр қозғалтқыштардың сырғанау шамалары белгілі бір тұрақты мәнге жеткен кезде аяқталады.

Жоғарыда орындалған есептеулер нәтижелерін негізге ала отырып, қарастырып отырған электр қозғалтқыштар үшін өздігінен іске қосылу тоғы шамасының уақытқа байланысты өзгеру графигін тұрғызамыз.



Сурет 3 – Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу токтары шамаларының уақытқа байланысты өзгеру графиктері:

- 1 – қуаты 800 кВт электр қозғалтқыш; 2 – қуаты 2500 кВт электр қозғалтқыш; 3 – қуаты 4000 кВт электр қозғалтқыш; 4 – қуаты 6300 кВт электр қозғалтқыш

Электр қозғалтқыштарды қоректендіру белгілі бір уақыт мезетіне тоқтатылып, қайтадан жаңартылғаннан кейін өздігінен іске қосылу кезінде пайда болатын токтар шамасын қысқа тұйықталу токтар шамасынан өзгеру жылдамдығы бойынша ажыратуға болады. Нәтижесінде релелік қорғаныс пен автоматиканың іске қосылуы немесе қосылмауы туралы белгі беріледі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Кернеуі 110/10 кВ қосалқы станциясының төменгі кернеу шиналарынан қоректеніп жатқан электр қозғалтқыштары үшін өздігінен іске қосылу үрдісінің негізгі параметрлері анықталынып, үрдістің басталу кезеңінен бастап, аяқталу кезеңіне дейінгі динамикасы қарастырылды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Басс, Э. И.** Релейная защита электроэнергетических систем: Учебное пособие / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев, А. Ф. Дьяков. – 2-е изд., стереот. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 296 с.

2 **Курбангалиев, У. К.** Самозапуск электродвигателей собственных нужд электростанций / У. К. Курбангалиев. – М. : НТФ «Энергопрогресс», 2001. – 64 с.

3 **Мусин, А. М.** Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты / А. М. Мусин. – М. : Колос, 1979. – 112 с.

4 **Копылов, И. П.** Электрические машины: Учебник для вузов / И. П. Копылов. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 360 с.

5 **Прохоров, С. Г.** Электрические машины: Учебное пособие для студентов заочного и очного обучения / С. Г. Прохоров, Р. А. Хуснутдинов. – Казань : изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2002. – 140 с.

6 **Неклепаев, Б. Н.** Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – 4-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

Б. А. Байниязов, А. У. Аджанов, Ж. Ж. Байгузова, А. Т. Смагулова, А. К. Казбекова

Явление самозапуска электродвигателей

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

B. A. Bayniyazov, A. U. Adzhanov, Zh. Zh. Bayguzova, A. T. Smagulova, A. K. Kazbekova

Self-starting phenomenon of electric motors

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana.

Material received on 05.06.17.

В статье рассматривается влияние процесса самозапуска электродвигателей на надежность систем электроснабжения. Представлены эффективные методы расчета самозапуска электродвигателей с учетом требований, предъявляемых к процессу самозапуска электродвигателей.

The article considers the influence of self-starting process of electric motors on the reliability of the power supply systems. To create effective self-start, it is necessary to compute the calculations taking into account the requirement of the electric motors presented to the process of self-starting.

Ю. В. Герасимова¹, В. П. Изель², П. А. Петров³

¹к.т.н., доцент, ²д.т.н., профессор, ³докторант, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск
e-mail:¹julyvic@mail.ru; ²ivelvic@mail.ru; ³paolo190988@gmail.com

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОПЕРАТОРА

В статье рассматривается один из самых перспективных и распространенных беспойсковых компенсационных методов идентификации – метод вспомогательного оператора. Данный метод планируется использовать при разработке адаптивной системы регулирования скорости асинхронного двигателя.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, адаптивная система, методы идентификации.

ВВЕДЕНИЕ

Результаты исследований, представленные в [1], показали, что наиболее эффективным средством синхронизации вращения двух взаимосвязанных приводов при повышенном моменте нагрузки на одном из приводов, является одновременное снижение скорости до величины, при которой повышенный момент нагрузки не оказывает влияние на эту скорость. При этом необходимо синхронизировать не только скорость, но и абсолютное число оборотов вала обоих двигателей. Для этого в обратной связи используется интегрирующее звено, которое преобразует угловую скорость в число оборотов. Однако быстроедействие переходных процессов оставляет желать лучшего. Для увеличения быстрогодействия необходимо в обратную связь включить также пропорционально-дифференцирующее (ПД) звено. Расчет этого звена или выбор параметров представляет собой определенную проблему, поскольку, в идеальном случае, коэффициент усиления дифференцирующей составляющей должен быть равен постоянной времени привода, которая, в свою очередь, пропорциональна моменту нагрузки. В то же время, момент нагрузки на валу двигателя зависит от многих факторов [2] и может колебаться в широких пределах. В реальной системе управления вращением-подъемом вагонов (СУВПВ) непосредственно измерить момент

нагрузки не представляется возможным. В работе [3] предварительно рассматривался вопрос об идентификации этого параметра специальными методами. Однако в том случае передаточная функция строилась с учетом других входной и выходной переменных. Поэтому необходимо подробно рассмотреть технологию параметрической идентификации применительно к конкретной поставленной задаче – идентификация постоянной времени асинхронного двигателя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методы идентификации [4] обычно подразделяются на следующие четыре группы: аналитические и компенсационные; статистические и нестатистические (детерминированные); градиентные и неградиентные, поисковые и беспойсковые.

При аналитических методах идентификация объектов производится на основе анализа переходных процессов, частотных и статистических характеристик входных и выходных сигналов. Оценки параметров объекта определяют по соотношениям, связывающим характеристики выходного сигнала с параметрами объекта и характеристиками входного сигнала.

Недостатком аналитических методов является то, что они обычно требуют математического описания входных и выходных сигналов или их статистических характеристик. Неточность идентификации при этом подходе непосредственно связана с погрешностью вычислений, неточностью математического описания сигналов, обусловленной неучетом нестационарности и наличием помех. Поскольку, было определено, что задачей идентификации в данном конкретном случае является определение оценки нестационарных параметров объекта, аналитические методы можно исключить из дальнейшего рассмотрения.

При компенсационных методах применяют модели объекта, соединенные с ним параллельно или последовательно. На рисунке 1 изображена компенсационная схема идентификации с параллельной моделью объекта управления ОУ.

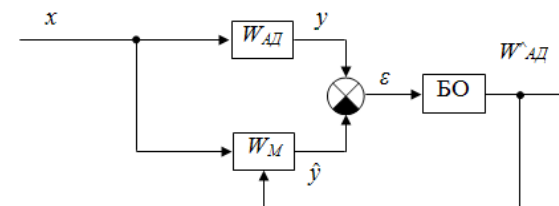


Рисунок 1 – Объект идентификации с параллельной моделью

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:
 – x – входной сигнал ОУ;
 – y и \hat{y} – выходной сигнал и его оценка;
 – ε – ошибка рассогласования выхода объекта и модели;
 – $W_{АД}$ и W_M – операторы (передаточные функции) асинхронного двигателя АД и его модели;
 – БО – блок оптимизации.

Значения параметров модели, при которых мера качества J имеет оптимальное значение, принимают в качестве оценок параметров объекта.

Компенсационные методы относятся к замкнутым методам, так как с их помощью производят идентификацию на основе слежения за мерой качества J . Достоинством компенсационных методов является то, что они не требуют математического описания сигналов. Их быстродействие зависит, в основном, от начального состояния модели и скорости сходимости алгоритма оптимизации J .

При выборе алгоритмов оптимизации необходимо учитывать, что градиентные методы идентификации по сравнению с неградиентными имеют повышенную скорость сходимости алгоритма оптимизации J .

При поисковых методах идентификации для организации движения к оптимальному состоянию применяют специальные пробные параметрические колебания, с чем связан их основной недостаток. Эти методы не используются, когда нельзя применить или реализовать пробные воздействия.

Беспоисковые методы не требуют применения специальных поисковых параметрических сигналов, и поэтому они лишены недостатков, связанных с последними. Для целей идентификации обычно используют входные сигналы объекта. Это значит, что помехи, которые складываются с полезным сигналом на входе объекта и модели, являются полезными сигналами для идентификации. При информативных входных сигналах беспоисковые методы имеют быстродействие выше быстродействия поисковых методов.

С учетом изложенного, наиболее подходящим методом идентификации для системы регулирования скорости асинхронного двигателя можно считать беспоисковый компенсационный метод, учитывая его преимуществами и удобство реализации.

Одним из самых перспективных и распространенных беспоисковых компенсационных методов идентификации является метод вспомогательного оператора [4].

Метод вспомогательного оператора основан на использовании самонастраивающейся модели с настройкой параметров по градиенту функционала рассогласования выходов объекта и модели при общем входном сигнале и специальных (вспомогательных) операторах для

получения частных производных по настраиваемым параметрам от сигнала рассогласования выходов объекта модели.

В соответствии с компенсационным принципом (рисунок 2) минимизируется некий функционал J ошибки ε с помощью градиентной настройки параметров $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$. Компоненты градиента функционала $J(\varepsilon)$ определяются по обычному правилу дифференцирования сложной функции $J(\varepsilon)$ по аргументу α_i ($i = 1, 2, \dots, n$)

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_i} = \frac{\partial J(\varepsilon)}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha_i} \quad (1)$$

С учетом того, что выходными сигналами объекта и его модели являются знакопеременные величины (скорость и число оборотов) следует выбрать квадратичный критерий оптимизации [5]

$$J = \frac{1}{2} \varepsilon^2, \quad (2)$$

здесь добавлен множитель 1/2 для удобства дальнейших преобразований, а черта символически обозначает операцию усреднения во времени. Уравнение (1) с учетом (2) примет вид

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha_i} = \varepsilon \cdot \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha_i}. \quad (3)$$

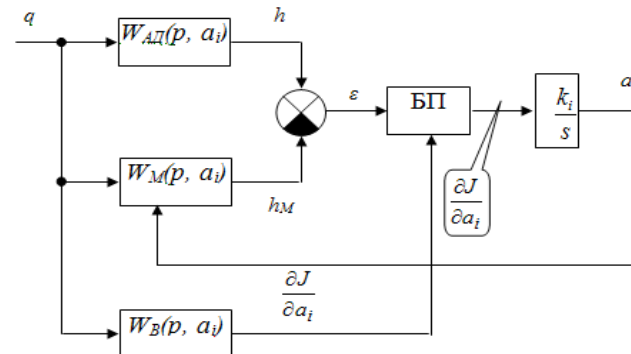


Рисунок 2 – Структурная схема идентификации параметров

Общая форма организации движения к экстремуму по градиентным методам сводится к такому изменению вектора параметров

$\mathbf{A} = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T$, при котором его скорость изменения связана с градиентом функции J соотношением

$$d\mathbf{A} / dt = \mathbf{B}(\mathbf{A}) \underset{\mathbf{A}}{\text{grad}} J(\mathbf{A}), \quad (4)$$

где \mathbf{B} – некоторая квадратная n -матрица с зависящими в общем случае от \mathbf{A} элементами, $\underset{\mathbf{A}}{\text{grad}} J(\mathbf{A}) = \left(\frac{\partial J}{\partial a_1}, \frac{\partial J}{\partial a_2}, \dots, \frac{\partial J}{\partial a_n} \right)^T$ – вектор столбец частных

производных J по a_i . В зависимости от конкретного вида матрицы \mathbf{B} получают тот или иной алгоритм движения к экстремуму. Одним из распространенных методов достижения экстремума является метод градиента [5]: в этом случае вектор \mathbf{A} изменяется так, что скорость его изменения оказывается пропорциональной градиента по правилу

$$d\mathbf{A} / dt = \mathbf{K} \underset{\mathbf{A}}{\text{grad}} J(\mathbf{A}), \quad (5)$$

где

$\mathbf{K} = \text{diag} \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ – диагональная матрица постоянных коэффициентов (коэффициентов усиления) в контуре самонастройки;

$$\underset{\mathbf{A}}{\text{grad}} J(\mathbf{A}) = \nabla J(\mathbf{A}) = \begin{pmatrix} \frac{\partial J}{\partial a_1} \\ \vdots \\ \frac{\partial J}{\partial a_n} \end{pmatrix} \text{ – вектор-столбец частных производных } J \text{ по } a_i;$$

$\mathbf{a} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – вектор параметров.

Скалярная запись алгоритма (5) для функционала (2) с применением оператора дифференцирования s имеет следующий вид

$$s\alpha_i = -k_i \varepsilon \frac{\overline{\partial \varepsilon}}{\partial \alpha_i} \quad (6)$$

Другими словами, движение к оптимальному значению I осуществляется по градиенту в сторону его оптимального значения со скоростью, пропорциональной градиенту I . Причем операцию умножения в (6) выполняет блок перемножения (БП) (рисунок 2).

Сомножитель $\frac{\overline{\partial \varepsilon}}{\partial \alpha_i}$ в выражении (6) определяется следующим образом

$$\begin{aligned} \frac{\overline{\partial \varepsilon}}{\partial \alpha_i} &= \frac{\partial}{\partial \alpha_i} (h - h_M) = \frac{\partial h}{\partial \alpha_i} - \frac{\partial h_M}{\partial \alpha_i} = \frac{\partial h}{\partial \alpha_i} - \frac{\partial [W_M(s, a)q]}{\partial \alpha_i} = \\ &= \frac{\partial h}{\partial \alpha_i} - \frac{q \partial W_M(s, a)}{\partial \alpha_i} - W_M(s, a) \frac{\partial q}{\partial \alpha_i}, \end{aligned} \quad (7)$$

так как $\frac{\partial h}{\partial \alpha_i} = 0$ и $\frac{\partial q}{\partial \alpha_i} = 0$, то уравнение (7) можно упростить

$$\frac{\overline{\partial \varepsilon}}{\partial \alpha_i} = -\frac{q \partial W_M(s, a)}{\partial \alpha_i} = q W_{Bi}(s, a), \quad (8)$$

где $W_{Bi} = -\frac{\partial W_M(s, a)}{\partial \alpha_i}$ – вспомогательный оператор.

Для асинхронного двигателя, как объекта управления, порядок вектора градиента n равен единице, а параметр a_1 соответственно равен электромеханической постоянной времени нагруженного двигателя.

ВЫВОДЫ

На основе проектируемой адаптивной системы регулирования скорости асинхронного вывода, сделан вывод, что наиболее оптимальным методом идентификации, связывающим входные и выходные сигналы системы, является метод вспомогательного оператора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Петров, П. А., Ивель, В. П.** Синтез адаптивной системы управления вращением-подъемом железнодорожных вагонов // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. LXV междунар. науч.-практ. конф. № 12(60). – Новосибирск : СибАК, 2016. – С. 21-27.

2 **Ивель, В. П., Герасимова, Ю. В. и др.** Высокоточная автоматизированная система вращения-подъема грузовых железнодорожных вагонов. Отчет промежуточный по проекту. – Петропавловск : 2012. – 55 с.

3 **Ивель, В. П., Герасимова, Ю. В. и др.** Высокоточная автоматизированная система вращения-подъема грузовых железнодорожных вагонов. Отчет промежуточный по проекту. – Петропавловск : 2013. – 45 с.

4 **Иванов, В. А., Фалдин, Н. В.** Теория оптимальных систем автоматического управления. – М. : Наука, 1981. – 330 с.

5 Сыздықов, Д. Ж., Юсупов, Р. М. Идентификация технических объектов. – Алматы : Принта, 1994. – 228 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Ю. В. Герасимова, В. П. Ивель, П. А. Петров

Жәрдемші оператор әдісі арқылы асинхрондық электр жетегінің жылдамдығын реттейтін бейімделген жүйесіні жобалау

М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавл қ.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

Y. Gerasimova, V. Ivel, P. Petrov

Design of an adaptive system of speed control for asynchronous engine by means of subsidiary operator method

M. Kozybayev North Kazakhstan state university, Petropavlovsk.

Material received on 05.06.17.

Мақалада іздеусіз отемақылық сәйкестендіру әдістерден ең перспективалық және кең таралған бірі жәрдемші оператор әдісі қаралды. Ұсынылған әдісі асинхрондық электр жетегінің жылдамдығын реттейтін бейімделген жүйесіні жасағанда пайдаланып жобалайды.

This paper shows one of the most promising and widespread searchless compensation methods of identification – the method of subsidiary operator. This method is planned to be used in the design of adaptive system of speed control for asynchronous engine.

УДК 620.9:66.081:66.02

Н. С. Глазырина¹, С. А. Глазырин²

¹доктор PhD, и.о. доцента; ²к.т.н., и.о. доцента, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана

e-mail: ¹glazirinan@yandex.ru; ²glan-sergey@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОЕКТНЫХ СХЕМ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ КОТЛОВ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В статье приведены результаты исследований существующей технологии очистки воды на тепловой электростанции. Приведены параметры переключения режимов работы фильтров, а именно: объем пропущенной воды или раствора; в катионитных фильтрах – кислотность, на первой ступени и содержание катионов натрия на второй и третьей ступенях; в анионитных фильтрах – щелочность, содержание анионов хлора на первой ступени, содержание анионов кремния на второй и третьей ступенях. В результате исследований определено, что используемые параметры не позволяют эксплуатировать оборудование схемы очистки воды в режиме, даже приближенном к оптимальному. На основе проведенных исследований схемы трехступенчатого обессоливания были определены новые параметры оптимизации технологического процесса подготовки воды.

Ключевые слова: предварительная очистка, глубокая очистка, схема трехступенчатого обессоливания, режим работы, ионитный фильтр, водоподготовительная установка.

ВВЕДЕНИЕ

В течение 2012 и 2013 г.г. были проведены исследования существующей схемы подготовки воды на тепловой электростанции АО «Евразийская энергетическая корпорация» (АО «ЕЭК»). Для подготовки добавочной воды котлов сверхкритического давления тепловой электростанции АО «ЕЭК», которая удовлетворяет заданным требованиям, применяют трехступенчатую схему глубокого химического обессоливания производительностью основной водоподготовительной установки (ВПУ) 300 т/ч и дополнительной цепочки – обессоливающей установки ОУ-2, производительностью 150 т/ч. Подготовка воды как в схеме основной ВПУ, так и в схеме ОУ-2, ведется

по одной технологии, только с разными производительностями. Обработка исходной воды ведется в две стадии:

- на первой стадии (предварительная очистка) – осажением в осветлителях под действием реагентов – коагулянта и флокулянта и последующей фильтрацией в механических фильтрах (МФ);

- на второй стадии (глубокая очистка) – фильтрацией через ионитные фильтры, загруженными специальными ионообменными материалами. Схема глубокой очистки предусматривает последовательную обработку воды на:

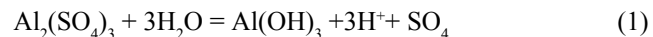
- Н-катионитных фильтрах первой ступени (Н1);
- ОН-анионитных фильтрах первой ступени (ОН1);
- удаление угольной кислоты в декарбонизаторах (Д);
- Н-катионитных фильтрах второй ступени (Н2);
- ОН-анионитных фильтрах второй ступени (ОН2);
- Н-катионитных фильтрах третьей ступени (Н3);
- ОН-анионитных фильтрах третьей ступени (ОН3).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Предварительная обработка воды

К предварительной обработке воды относятся процессы осветления последовательно: в осветлителях методами коагуляции и флокуляции и в осветлительных фильтрах методом механической фильтрации. Коагуляцией примесей воды называется процесс укрупнения коллоидных и взвешенных частиц дисперсной системы, происходящий в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты.

На АО «ЕЭК» в качестве коагулянта используют сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. При добавлении к воде сернокислого алюминия происходит его гидролиз с образованием труднорастворимого гидроксида алюминия, формула (1)



Присутствие в воде бикарбонатов приводит к реакции



Как видно из вышеприведенной формулы, в воде после коагуляции увеличивается концентрация сульфатов, соответственно уменьшается щелочность и увеличивается содержание угольной кислоты.

Флокулянтами в технологии очистки воды называют высокомолекулярные вещества, интенсифицирующие процесс хлопьеобразования гидроксидов

алюминия, они принадлежат к классу линейных полимеров, для которых характерна цепочечная форма макромолекул. На ТЭС АО «ЕЭК» применяют синтетический анионный флокулянт – органический полимер полиакриламид (ПАА).

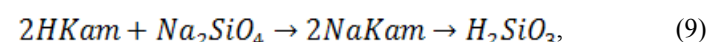
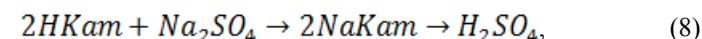
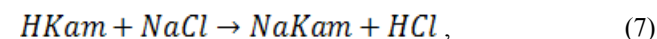
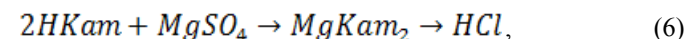
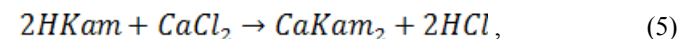
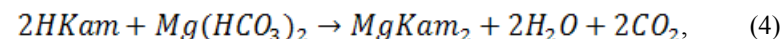
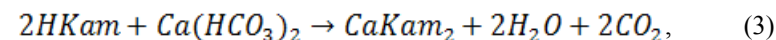
Обработанная в осветлителе вода даже при нормальной работе осветлителя, содержит какое-то количество механических примесей, находящихся в форме взвешенных различной степени дисперсности – от невидимых глазом до мелких хлопьев – остатков процесса коагуляции. Для удаления этих примесей используют осветлительные фильтры, загруженные антрацитом.

Глубокая очистка

Схема глубокого химического обессоливания предусматривает последовательную обработку воды на прямоточных ионитных фильтрах.

Н-катионитные фильтры первой ступени.

Н-катионитные фильтры первой ступени, загруженные сильнокислотным катионитом КУ-2-8, находящимся в Н-форме, используются для удаления из воды катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ . При фильтровании воды через отрегенированный катионит в начале происходит замена всех катионов, содержащихся в воде, на обменные катионы водорода, содержащиеся в катионите при этом, протекают следующие реакции, формула (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9) [1]



где *Kam* – катионит.

Как видно из приведенных реакций, катионы жесткости Ca^{2+} , Mg^{2+} обмениваются на водород, бикарбонатный ион, разрушается с образованием углекислоты, а анионы солей постоянной жесткости образуют эквивалентное количество минеральных кислот.

При прохождении воды через водород-катионит, в фильтрате образуются минеральные кислоты (серная, соляная, угольная, кремневая и др.), вода имеет кислотность по метилоранжу, практически эквивалентную суммарному содержанию в Н-катионированной воде анионов кислот (SO_4^{2-} , Cl^- и др.). Это указывает на полную замену всех катионов водорода в зернах катионита.

При дальнейшей работе Н-катионитного фильтра все большее число обменных катионов водорода в катионите замещается катионами природных вод. Наконец катионит перестает поглощать из фильтруемой через него воды все катионы, часть их проскакивает в Н-катионированную воду. При этом кислотность Н-катионированной воды начинает уменьшаться. В соответствии с рядом селективности катионов первыми в фильтрат проскакивают катионы щелочных металлов Na^+ [2].

В этот момент в целях достижения полного обессоливания и стабильного качества обессоленной воды Н-катионитные фильтры отключаются на регенерацию.

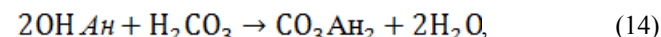
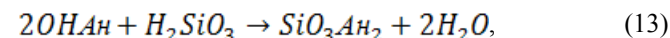
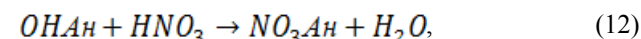
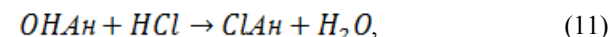
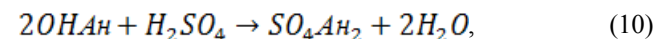
Практически отключение Н-катионитных фильтров первой ступени на регенерацию производится при снижении кислотности фильтрата на значение от 0,2 до 0,3 мг-экв/дм³, и одновременном росте щелочности на ОН-анионитовых первой ступени до значения 200 мкг-экв/дм³ или снижении на них кислотности до значения 35-40 мкг-экв/дм³.

Взрыхление фильтрующего материала КУ-2-8 в Н-катионитных фильтрах первой ступени производится из бака повторного использования кислых отмывочных вод с расходом 60 т/ч, через каждые три фильтроцикла, а два фильтроцикла в качестве взрыхляющей воды используется чистая вода из бака частично обессоленной воды (БЧОВ). Взрыхление производится 30 минут до окончания выноса мелких частиц катионита и достижения прозрачности пробы сбросной воды значения 30 см по шрифту. Регенерация катионитных фильтров производится путем пропуска через слой катионита раствора 4 %-ой серной кислоты H_2SO_4 , который готовится на частично обессоленной воде. Расход воды на приготовление регенерационного раствора составляет 55 тонн на одну регенерацию.

Образующиеся при регенерации соли и избыток регенерационного раствора серной кислоты удаляются из Н-катионитового фильтра при отмывке частично-обессоленной водой с расходом воды 55 т/ч в течение 60 минут.

ОН-анионитные фильтры первой ступени.

ОН-анионитные фильтры первой ступени загружены слабоосновным анионитом Амберлайт IRA-96, находящимся в ОН-форме, и обеспечивают удаление из воды анионов сильных кислот SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- . При анионировании протекают реакции, формулы (10), (11), (12), (13), (14) [3]



где An – анионит.

Из приведенных реакций видно, что в результате образуется углекислота, удаление которой необходимо перед фильтрами, загруженными высокоосновным анионитом, так как при наличии углекислоты, обменная способность анионита непроизводительно расходуется на удаление CO_2 .

Практически отключение ОН-анионитных фильтров первой ступени на регенерацию производится при увеличении концентрации анионов Cl^- в фильтрате до значения 3,0 мг/дм³, и одновременном росте кислотности до значения 250 мкг-экв/дм³. Взрыхление ОН-анионитных фильтра первой ступени длится 30 минут с расходом воды на взрыхление 65 т/ч. Восстановление обменной емкости фильтрующего материала IRA-96, проводится 4 %-м раствором едкого натра $NaOH$, который готовится на частично обессоленной воде, с расходом 21 тонна на одну регенерацию. Отмывка фильтрующего материала производится частично обессоленной водой: в начале в течение одного часа с расходом 21 т/ч, затем в течение второго часа с расходом 55 т/ч. При этом, отмывка с таким расходом воды продолжается до значения щелочности по фенолфталеину, равной 150-200 мкг-экв/дм³, или по значению концентрации анионов Cl^- , равной 3 мг/дм³.

Н-катионитные фильтры второй ступени.

Катионы Na^+ , прошедшие через Н-катионитные фильтры первой ступени, задерживаются Н-катионитными фильтрами второй ступени, загруженные сильнокислотным катионитом КУ-2-8, находящимся в Н-форме. Присутствие катионов Na^+ в воде после первой ступени обессоливания, возможно по следующим причинам:

- 1) несвоевременное отключение на регенерацию Н-катионитных фильтров первой ступени, пропущено начало проскока катионов натрия;
- 2) включение в работу недомытых от регенерационного раствора едкого натра анионитовых фильтров первой ступени, в результате чего в фильтрат будут проникать остатки невымытой щелочи;

3) снижение обменной емкости анионита на первой ступени ОН-анионирования. В результате эксплуатации и «старения» фильтрующего материала, он, при пропуске регенерационного раствора едкого натра, наряду с заменой ранее поглощенных им анионов гидроксильным ионом OH^- будет частично поглощать катион натрия, который при последующем включении анионитового фильтра в работу будет попадать в фильтрат, вследствие вытеснения его ионами H^+ водород-катионированной водой.

Отключение Н-катионитных фильтров второй ступени на регенерацию производится при значении концентрации в обработанной воде катионов Na^+ 200 мкг/дм³, или при пропуске очищаемой воды через Н-катионитный фильтр второй ступени в количестве 20000 м³.

Взрыхление фильтрующего материала производится частично-обессоленной водой с входного коллектора Н-катионитных фильтров второй ступени с расходом 70 м³/час в течение 60 минут. Н-катионитные фильтры второй ступени регенерируются раствором серной кислоты H_2SO_4 концентрацией 4 %. Расход воды на приготовление регенерационного раствора составляет 42 т/ч.

Отмывка фильтрующего материала от продуктов регенерации и избытка кислоты производится в течение двух часов: в первый час – с расходом 42 т/ч, далее отмывка ионита продолжается в течение второго часа с расходом 55 т/ч, или до значения показателей по кислотности 100-150 мкг-экв/дм³.

ОН-анионитные фильтры второй ступени.

ОН-анионитные фильтры второй ступени загружены высокоосновным анионитом АВ-17-8. Из фильтрата на ОН-анионитном фильтре этой ступени удаляются анионы кремнекислоты HSiO_3^- , анионов сильных кислот, проскочивших после ОН-анионитных фильтров первой ступени и остатка и углекислоты HCO_3^- после декарбонизатора. Отключение ОН-анионитных фильтров второй ступени на регенерацию производится при увеличении концентрации анионов SiO_2^- в фильтрате до значения 200 мг/дм³, или по количеству пропущенной воды через фильтр в количестве 10000 м³. Взрыхление ОН-анионитных фильтров второй ступени производится в течение 30 минут с расходом воды 70 т/ч. Регенерация фильтрующего материала АВ-17-8 проводится 4 %-м раствором едкого натра, который готовится на частично-обессоленной воде. Расход воды на приготовление регенерационного раствора равен 21 тонна на одну регенерацию. Отмывку фильтрующего материала проводят в течение двух часов: в течение первого часа – с расходом воды, равным 21 т/ч, далее продолжают отмывку с расходом 55 т/ч, или до отсутствия щелочности по фенолфталеину и значением концентрации SiO_2^- , равным 200 мкг/дм³.

Н-катионитные фильтры третьей ступени

Катионы Na^+ , прошедшие через Н-катионитные фильтры второй ступени, задерживаются Н-катионитными фильтрами третьей ступени, загруженные сильнокислотным катионитом КУ-2-8, находящимся в Н-форме. Отключение Н-катионитных фильтров третьей ступени на регенерацию производят, когда катионы натрия Na^+ в фильтрате находятся со значением концентрации не более 10 мкг/дм³, или через фильтр пропущено 100000 м³ очищаемой воды. Взрыхление Н-катионитных фильтров третьей ступени производится частично обессоленной водой в течение 60 минут с расходом воды на взрыхление 70 м³/ч. Регенерация фильтрующего материала проводится 4 %-м раствором серной кислоты H_2SO_4 . Расход воды на приготовление регенерационного раствора равен 42 тонны на одну регенерацию. Отмывка ионита от продуктов регенерации и избытка кислоты производится в течение двух часов: в течение первого часа – с расходом 42 т/ч, а далее в течение второго часа отмывку фильтрующего материала продолжают с расходом 55 т/ч, или до значения показателей по кислотности, равным 100 мкг-экв/дм³ и значения жесткости, равным 10 мкг-экв/дм³.

ОН-анионитные фильтры третьей ступени

ОН-анионитные фильтры третьей ступени, загруженные высокоосновным анионитом в АВ-17-8, используются для поглощения остатков анионов кремниевой кислоты, прошедших через ОН-анионитные фильтры второй ступени. Отключение ОН-анионитных фильтров третьей ступени на регенерацию производится при увеличении значения концентрации анионов SiO_2^- в фильтрате до 20 мг/дм³, или количеству пропущенной очищаемой воды через фильтр 100000 м³. Взрыхление фильтрующего материала ОН-анионитных фильтров производят в течение 60 минут с расходом воды 70 м³/ч. Регенерация фильтрующего материала АВ-17-8, проводится 4 %-м раствором едкого натра, который готовится на частично-обессоленной воде. Расход воды на приготовление регенерационного раствора равен 21 тонне на одну регенерацию. После пропуска регенерационного раствора, фильтрующий материал оставляют на настаивание. Через двое суток начинается отмывка ионита в течение двух часов. В первый час отмывается анионит с расходом воды 21 т/ч, затем отмывку продолжают с расходом 55 т/ч, или до значения щелочности по фенолфталеину, равным 5 мкг-экв/дм³ и до значения концентрации анионов SiO_2^- , равным 25 мкг/дм³, после этого ОН-анионитный фильтр третьей ступени переводится на циркуляцию через бак частично обессоленной воды (БЧОВ) до значения электропроводности 0,5 мксм/см². Отмывка по линии циркуляции происходит до значения показателей щелочности по фенолфталеину – отсутствие, значения концентрации анионов SiO_2^- , равным 25 мкг/дм³, и содержание концентрации катионов Na^+ в фильтрате не более 10 мкг/дм³.

В таблице 1 приведены данные по расходу воды на собственные нужды фильтров химводоочистки ТЭС АО «ЕЭК». Данные взяты из инструкции по эксплуатации.

Таблица 1 – Расходы воды на собственные нужды фильтров химводоочистки

Наименование фильтра	Количество работающих фильтров, шт	Количество воды на 1 взрыхление, м ³ /взр.	Количество воды на 1 регенерацию, м ³ /рег.	Количество воды на 1 отмывку, м ³ /отм.	Количество регенераций/отмывок в сутки, рег/сут.	Итого в год
Н-катионитный фильтр первой ступени	5	30	55	55	1,463	74759,3
ОН -анионитный фильтр первой ступени	4	32,5	21	76	1,223	57808,2
Н-катионитный фильтр второй ступени	3	70	42	97	2,1	160198,5
ОН-анионитный фильтр второй ступени	4	35	21	76	0,149	7178,8
Н-катионитный фильтр третьей ступени	3	70	42	97	0,099	7552,2
ОН-анионитный фильтр третьей ступени	2	70	21	213,5	0,089	9891,7
Всего						317388,7

ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследований существующей технологии очистки воды показал, что при эксплуатации при переключении режимов работы фильтров используются следующие параметры:

- объем пропущенной воды или раствора;
- в катионитных фильтрах – кислотность, на первой ступени и содержание катионов натрия на второй и третьей ступенях;
- в анионитных фильтрах – щелочность, содержание анионов хлора на первой ступени, содержание анионов кремния на второй и третьей ступенях.

Используемые параметры не позволяют эксплуатировать оборудование схемы очистки воды в режиме, даже приближенному к оптимальному режиму, по следующим причинам:

- в связи с длительной периодичностью проведения анализов очищаемой воды, переключение режимов работы фильтра происходит с большой задержкой, что приводит к резкому ухудшению качества очищаемой воды;

– тот факт, что скорость пропуска воды через фильтр не используется в качестве параметра оптимизации, приводит к тому, что не соблюдаются оптимальные скорости фильтрации, что в свою очередь приводит к увеличению количества работающих фильтров, а, соответственно, и к увеличению расходов воды на собственные нужды.

В результате проведенных исследований схемы трехступенчатого обессоливания определили новые параметры оптимизации технологического процесса подготовки воды:

- количество сбросной воды с ионитных фильтров после взрыхления;
- количество сбросной воды с ионитных фильтров после отмывки;
- скорость пропуска воды при фильтрации, что позволит снизить количество работающих фильтров;
- удельный расход реагентов на регенерацию ионита.

Используя новые параметры оптимизации режима работы ВПУ, были разработаны новые алгоритм работы ионитных фильтров, схема и технология очистки воды для котлов сверхкритических параметров с повторным использованием сбросных вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Лифшиц, О. В.** Справочник по водоподготовке котельных установок. – Изд. 2-е. – М. : Энергия, 1976. – 288 с.
- 2 **Самуэльсон, О.** Ионообменные разделения в аналитической химии / пер. с англ. А. Б. Шейнина; под ред. С. М. Черноброва. – М. : Химия, 1966. – 416 с.
- 3 Пособие для изучения «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» (тепломеханическая часть). – 2-е изд. / под ред. Л.Б. Герцвольфа. – М. : НЦ ЭНАС, 2000. – 480 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Н. С. Глазырина, С. А. Глазырин

Тым қиын параметрлі қазан үшін суды дайындау бар сызба жобасының пайдалану мәселесі

Л. Н. Гумилев атындағы
Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

The problem of exploitation of existing design schemes of water treatment for boilers of supercritical parameters

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 05.06.17.

Мақалада жылу электр станциясында суды тазартудың бар технологиясын зерттеу нәтижесі берілген. Сүзгі жұмысының режимін айырып – қосу көрсетілген, атап айтқанда: жіберілген су немесе ерітінді көлемі; катионитті сүзгі – қышқылдық, бірінші сатыдағы және екінші, үшінші сатыда катион натрийдің болуы; анионитті сүзгіде – сілтілік, бірінші сатыда анионды хлордың болуы, екінші, үшінші сатыда анион кремнийдің болуы. Режимде қолданылған суды тазарту сызбасының қолданылған параметрлері жабдықтардың пайдаланылмайтынын, шамалыдан ұтымдыға дейін зерттеу нәтижесінде анықтады. Үш сатылы тұзсыздандыру сызбасын зерттеу нәтижесінің негізінде, технологиялық процесстерде суды дайындауды оңтайландырудың жаңа параметрлерін анықтады.

The article presents research results of the existing technology of water purification on thermal power plant. Shows the options for switching modes of operation of filters, namely: the volume of the omission of water or solution; in cationite filters – acidity, on the first stage and the content of sodium cations on the second and third stages; in anionite filters – alkalinity, the content of anions of chlorine in the first stage, the content of anions of silicon in the second and third steps. The studies determined that the parameters used do not allow to operate the water purification equipment in a mode, even close to optimal. On the basis of studies of scheme of three-stage desalting, been the new parameters of optimization of technological process of water preparation have been defined.

УДК 621.762

**А. М. Достоева¹, Б. К. Балбекова², Д. Р. Абильдин³,
Е. П. Набоко⁴**

¹доктор PhD, ст. преподаватель, кафедра «Нанотехнологии и металлургия»;
²к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Нанотехнологии и металлургия»; ³магистрант
кафедра «Нанотехнологии и металлургия»; ⁴к.т.н., доцент, кафедра
«Нанотехнологии и металлургия», Карагандинский государственный
технический университет, г. Караганда
e-mail: ardak_erkekyz@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОГО
ХРОМИРОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА**

В статье описана исследование диффузионного хромирования порошковых материалов на основе железа. Исследовали фазы порошкового материала, которые образуются из-за проведения диффузионного хромирования. Фазы получают при различных параметрах. Изучались структуры этих порошковых материалов и их поверхностных слоев. При проведении термической обработки получают некоторые структурные изменения. С помощью рентгенофазового анализа изучалось распределение элементов в диффузионном слое. Проверялось микротвердость.

Ключевые слова: химико-термическая обработка, порошковая металлургия, рентгенофазовый анализ, диффузионное хромирование, микротвердость.

ВВЕДЕНИЕ

По мнению зарубежных ученых порошковая металлургия начала свое развитие с использованием порошка из металла. Например, в Америке до 2013 года рост производства металлических порошков был в пределах 8-9 % [1].

Самым крупным потребителем продуктов порошковой металлургии – промышленность автомобиля. На сегодняшний день доля составляет около 67 % от общего объема продукции металлических порошков.

Из металлических порошков для автотранспорта производят следующие детали: корпуса подшипников, шестерни, шатуны, звездочки валов, кольца и другие. В 1996 году автотранспорт из Америки содержал около 13 кг деталей из металлических порошков. Сейчас во многих моделях фирмы «Ford» масса

деталей из металлического порошка составляет 17,9 кг [2]. Использование методов порошковой металлургии в производстве во многом зависит от человеческого фактора [2].

Проведение химико-термической обработки повысит срок службы деталей, машин и механизмов. При химико-термической обработке из-за изменения химического состава наружных слоев, то есть диффузированием повышается механические и технологические свойства.

Качественной и количественной оценкой диффузионного хромирования металлов является глубина диффузии, оцениваемая насыщенностью хромированного слоя и концентрацией хрома в твердом растворе. Насыщенность металла хромом зависит от скорости поступления атомов хрома в активной форме из хромосодержащей среды к поверхности металла и скорости диффузии атомов хрома в металл.

Образование активных атомов хрома при диффузионном хромировании сплавов может происходить вследствие диссоциации газообразных соединений хрома, граничащих с поверхностью металла, в результате реакционного взаимодействия химических соединений хрома (газообразных или жидких) с поверхностью металла или при их взаимодействии с газами-восстановителями, а также в результате испарения металлического хрома [3].

Существует несколько возможных элементарных механизмов диффузии: обменный (простой и циклический), вакансионный, простой межузельный, межузельный механизм вытеснения, краудсионный [4-6]. Наиболее вероятным механизмом диффузии при хромировании является вакансионный [7], так как хром образует с железом твердый раствор замещения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исходным материалом при проведении исследований использовался железный порошок распыленный марки ПЖР2.200.28 ГОСТ 9849-86, полученный из кафедры ПМиФП МИСиС. Химический состав ПЖР2.200.28 представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав ПЖР2.200.28

Марка	Железо	Массовая доля, %, не более				
		C	Si	Mn	S	P
ПЖР2	Основа	0,02	0,05	0,15	0,02	0,02

Для получения порошка из стали готовили шихту, в состав которого входит специальный искусственный малозольный графит, и порошок из стали. В этом графите по сравнению с графитом карандашной марки примесей поменьше.

На скорость диффузионного хромирования влияет насыщенность. В частности, он влияет на следующие факторы:

- на скорость протекания химических реакций при насыщении, а значит и на поверхностную концентрацию элемента, природу образующихся на поверхности фаз и глубину хромирования;
- на давление газовой среды, при возрастании которого количество адсорбируемых атомов возрастает, и глубина диффузионного слоя увеличивается;
- на подвод активной среды к поверхности изделия и своевременный отвод продуктов реакции [8].

В электрической печи с температурой 1100 °С перед началом горячей штамповки нагревали образцы. Диссоциированный аммиак использовали для защитной восстановительной среды. Температура при этом от -30 до -40 °С.

На лабораторном копере с массой 49 кг и в молоте с массой 79 кг проводили горячую штамповку образцов. По следующей формуле определяли высоты максимума молота

$$H = \frac{W \cdot V}{Q} + h, \quad (1)$$

где W – удельная работа уплотнения, W = 250 МДж/м³;

V – объем образца, м³;

Q – сила тяжести падающих частей молота, МН;

h – высота пресс-формы, м.

Плотность порошкового материала после горячей штамповки 6,9 – 7,7×10³ кг/м³.

Для исследования структуры порошков из металла имеются различные методы. Вид исследования выбирают по поставленной задаче. В этой статье приведены исследование фаз порошкового материала, которые образуются из-за проведения диффузионного хромирования. Фазы получаются при различных параметрах. Изучались структуры этих порошковых материалов и их поверхностных слоев. При проведении термической обработки получают некоторые структурные изменения. С помощью рентгенофазового анализа изучалось распределение элементов в диффузионном слое. Проверялось микротвердость.

На микроскопе «Альтами СМ0870-Т» получали фотографии микроструктурного анализа в разных увеличениях. Перпендикулярно диффузионному потоку вырезали из деталей прямоугольники. Толщину слоя прошедшую диффузионное хромирование увеличивали в 1/3 раза.

Рентгенофазовый анализ образцов проводился на рентгеновском дифрактометре ЕМРУРЕАН. Рентгеновский дифрактометр предназначен для определения количественного и качественного состава разных материалов с высокой скоростью и высокой разрешением [9].

Зона диффузионного хромирования (Cr) в α -Fe охватывает область выше границы основного элемента, а ниже – фаза α -Fe полиморфного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения при охлаждении (рисунок 1). Концентрация Cr составляет $14,9 - 15,9 \pm 2 \%$.

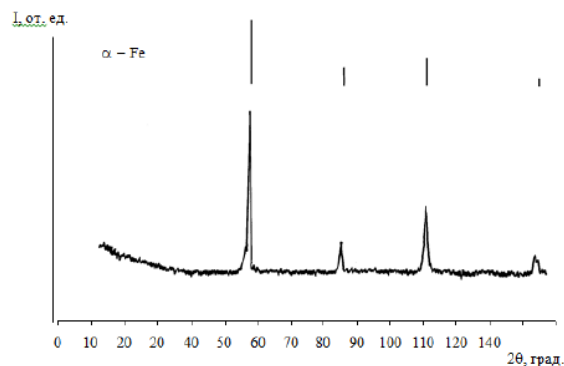


Рисунок 1 – Результаты рентгенографического анализа железных порошков с диффузионным хромированием

В образце с диффузионным хромированием количество хрома составила $16,9-17,8 \pm 2 \%$. При температуре выше 1000°C при проведении диффузионного хромирования с продолжительностью 30 минут глубина диффузионного слоя, то есть при концентрации хрома около $14,9-15,9 \%$, соответственно 119 мкм.

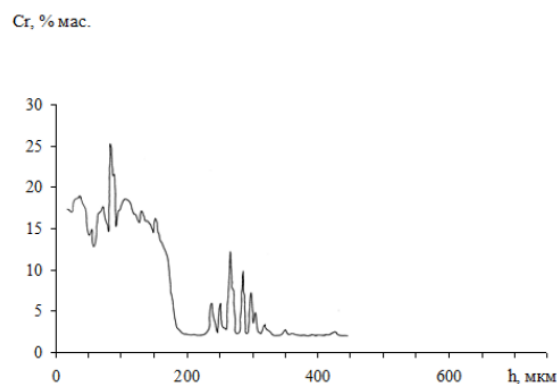


Рисунок 2 – Результаты измерения количество хрома в диффузионно-хромированным железном порошке

Как видно из рисунка на самой границе появления диффузионного слоя концентрация хрома уменьшается на несколько процентов (рисунок 2).

По фазовой диаграмме хрома – железа происходит превращения $\gamma \rightarrow \alpha$ фазу. При достижении предельной растворимости Cr в γ -фазе ($12,8 \%$) происходит полиморфное $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение. В дальнейшем диффузия протекает в α -фазе. Однако было установлено, что при создании неравновесных условий хромирования (в частности, при интенсификации процесса) образуются диффузионные слои с неравновесной структурой. Концентрация Cr в γ -фазе после ДХ не превышает $1-2 \%$ по массе. Это может быть объяснено с точки зрения реакционной диффузии. Г. Н. Дубинин [10] объясняет это тем, что скорость диффузии Fe в Cr больше, чем Cr в Fe. Поэтому концентрация Cr в поверхностном слое несколько уменьшается, несмотря на компенсацию из источника насыщение. Авторы работы [10] отмечают, что на поверхности образцов в зависимости от режима насыщения достигается равновесная концентрация хрома составляет $15,7 \%$ при температуре процесса 1150°C в течение 30 мин. Это доказано и в нашей статье. То есть, при диффузионном хромировании порошковых материалов на основе железа появляется неравновесная структура диффузионного хромированного слоя.

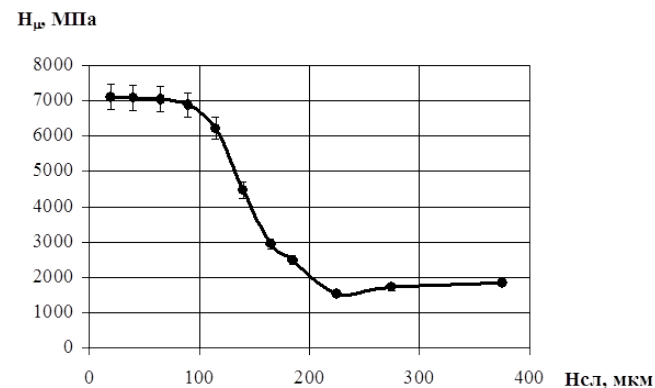


Рисунок 3 – Микротвердость после диффузионного хромирования с углеродом 0,5% порошкового металла

На среднеуглеродистых порошковых сталях диффузионно-хромированный слой, как и на низкоуглеродистых, при насыщенности представляют собой высоколегированный хромом аустенит. В слое также имеется оста точный аустенит, что подтверждается данными

рентгеноструктурного анализа. Больше содержание хрома и углерода в диффузионном слое данного материала, по сравнению с порошковой сталью 20п, способствует повышению его твердости. Данные послойного измерения микротвердости стали 40п представлены на рисунок 3.

Микротвердость диффузионного слоя находится на уровне 7000 МПа на протяжении 90 мкм от поверхности, что соответствует участку с максимальной концентрацией Сг около 30-33 %. Затем она постепенно снижается до 4500 МПа на расстоянии 140 мкм от поверхности (рисунок 3.). Переходная зона с перлитной структурой имеет микротвердость 2500 - 2950 МПа. Далее идет зона без углерода, структур этой зоны легированный феррит, с микротвердостью 1540 МПа. Постепенно она переходит в перлитно-ферритную основу, в последствии повышается микротвердость до 1900 МПа. Оптимальное сочетание С и Сг для достижения максимальной микротвердости приходится на первую половину диффузионного слоя.

ВЫВОДЫ

В этой статье рассмотрена использование нагрева токами высокой частотой для диффузионного хромирования горячедеформированных железных порошков в солевой расплаве изменяет скорость появления диффузионного слоя в 3-16 раз.

Если увеличить время проведения диффузионного хромирования возрастет и глубина хромированного слоя. Учитывая, насыщенность слоя в течении 35-50 минут можно уменьшить рост слоя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Головин, Г. Ф., Замятин, М. М. Высоочастотная термическая обработка. – М.-Л. : Машгиз, 1959. – 186 с. с ил.

2 Ермаков, С. С., Вязников, Н. Ф. Металлокерамические детали в машиностроении. – Л. : Машиностроение, 1975. – 232 с.

3 Дубинин, Г. Н. Диффузионное хромирование сплавов. – М. : Машиностроение, 1964. – 452 с.

4 Бокштейн, Б. С. Диффузия в металлах. – М. : Металлургия, 1978. – 248с.

5 Свойства материалов на основе TiC, предназначенных для работы при высокой температуре / Исагулов А. З., Куликов В. Ю., Квон С. С., Филиппова Т. С., Сидорина Е. А. / Литейное производство, Издательский дом «Металлургия машиностроения». – М., 2013. – № 3. – С. 23-25.

6 Чалмерс, Б. Физическое металловедение. – М. : Гос. науч. техн. изд. литературы по черной и цветной металлургии, 1963. – 456 с.

7 Криштал, М. А. Диффузионные процессы в железных сплавах. – М. : Металлургия, 1963. – 278 с.

8 Дубинин, Г. Н. О механизме формирования диффузионного слоя// Защитные покрытия на металлах. – 1976. – Вып. 10. – С. 12-17.

9 Материалдарды қазіргі заманғы зерттеу әдістері/ А.М. Достоева// Карагандинский государственный технический университет. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2016. – 96 с.

10 Прогрессивные методы химико-термической обработки / Под ред. Г. Н. Дубинина, Я. Д. Когана. – М. : Машиностроение, 1979. – 184 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

А. М. Достоева, Б. К. Балбекова, Д. Р. Абильдин, Е. П. Набоко

Темір негізді ұнтақ материалдарды диффузиялық хромдауды зерттеу

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

A. M. Dostayeva, B. K. Balbekova, D. R. Abildin, E. P. Naboko

Study of diffusive chrome plating powder materials on the basis of iron

Karaganda State Technical University, Karaganda.
Material received on 05.06.17.

Мақалада темір негізді ұнтақ материалдарды диффузиялық хромдауды зерттеу жазылған. Диффузиялық хромдау жүргізгенде түзілетін ұнтақты материалдардың фазалары зерттелді. Фазалар әртүрлі параметрлермен алынады. Осы ұнтақты материалдардың және беткі қабатының құрылымдары зерттелді. Термиялық өңдеу жүргізу кезінде кейбір құрылымдық өзгерістер болды. Рентгенфазалық талдау көмегімен диффузиялық қабатта элементтердің таралуы зерттелді. Микроқаттылығы тексерілді.

The article describes a study of the diffusion chromium plating of powder materials based on iron. Researched phase of the powder material, which are formed due to the diffusion of chromium. Phases are obtained by different parameters. Studied the structure of these powder materials and their surface layers. When carrying out the heat treatment obtained by a few structural changes. Using x-ray diffraction we studied the distribution of elements in the diffusion layer. Tests for microhardness have ben conducted.

С. П. Дюрягин¹, М. К. Бейсембаев²

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

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА В ЗОНЕ РАБОТЫ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В статье рассматриваются вопросы охраны труда и обеспечения безопасности технического персонала, обслуживающего работу лазерной технологической установки при выполнении операций по термической обработке металлов.

Ключевые слова: лазерное излучение, опасное воздействие, охрана труда.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного производства обуславливает все возрастающее внедрение наукоёмких технологий. К ним относится лазерная обработка материалов. Такая обработка является одной из технологий, которые определяют современный уровень производства в промышленно развитых странах. Использование лазерной обработки материалов позволяет обеспечить высокое качество получаемых изделий, заданную производительность процессов, экологическую чистоту, а также экономию людских и материальных ресурсов [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время применение лазерных технологий в машиностроительном производстве чрезвычайно разнообразно. В их число входят сварка, термоупрочнение, легирование, наплавка, резка, размерная обработка, маркировка, гравировка, прецизионная микросварка и многие другие. В некоторых случаях лучевые технологии находятся вне конкуренции, так как с помощью лазеров можно получить технические и экономические результаты, которые нельзя достичь другими техническими средствами [2].

При эксплуатации лазеров и лазерных установок персонал может подвергаться воздействию большого числа опасных и вредных производственных факторов. Степень их воздействия зависит от

пространственно-энергетических характеристик лазерного излучения, условий эксплуатации лазерных установок и их конструктивных особенностей. При этом можно выделить два типа опасных и вредных производственных факторов.

К первому типу относятся факторы, воздействующие в основном на отдельные органы, ко второму- на весь организм. Первый тип факторов включает лазерное излучение, аэродисперсные системы, вредные химические вещества и шум.

Ко второму типу факторов относят вибрацию, электромагнитные поля, повышенное напряжение, ионизирующее излучение, микроклиматические условия.

Лазерное излучение является определяющим при оценке степени безопасности технологических процессов при использовании лазерных установок [3].

Основную опасность лазерное излучение представляет при воздействии на орган зрения. Повреждение глаз может произойти в результате действия как прямого, так и отражённого излучения. В производственных условиях облучение прямым лазерным излучением возможно лишь при грубом нарушении правил техники безопасности. Влияния этого фактора опасности определяется плотностью энергии (мощности) излучения лазера, длиной волны, условиями его использования и режимом работы (импульсный, непрерывный).

Оптические свойства глаза играют большую роль при определении повреждения сетчатки. При этом учитываются также качество изображения, размер зрачка (соответственно освещённость, создаваемая на сетчатке), спектральное поглощение и рассеяние средами глаза, а также спектральная отражательная способность глазного дна и рассеяние в различных слоях сетчатки.

Размер зрачка в значительной мере определяет количество энергии излучения, попадающей в глаз и, следовательно, достигающей сетчатки. Для глаза, адаптированного к темноте, диаметр зрачка колеблется от 2 до 8 мм; при дневном свете обычно диаметр зрачка составляет 2-3 мм, при взгляде на Солнце зрачок сужается до 1,6 мм в диаметре. Величина поступающей внутрь глаза световой энергии пропорциональна площади зрачка. Следовательно, суженный зрачок пропускает световой поток в 15-25 раз меньше, чем зрачок расширенный.

Основную опасность лазерное излучение представляет для глаз человека. В диапазоне волн от 0,4 до 1,4 мкм глаз прозрачен, так что лазерное излучение фокусируется на сетчатке. При этом образуется фокальное пятно диаметром около 10 мкм, плотность мощности увеличивается примерно

в 500000 раз (диаметр зрачка ~7 мм, увеличение плотности мощности составляет $(7 \cdot 10^3 / 10)^2$).

Таким образом, в диапазоне от 0,4 до 1,4 мкм лазерное излучение чрезвычайно опасно, даже небольшие мощности ~1 мВт при неблагоприятных условиях могут привести к повреждению сетчатки. Особую осторожность следует проявлять в случае невидимого света. В инфракрасных областях (свыше 1,4 мкм) излучение активно поглощается тканевой жидкостью, поэтому лучи проникают в верхние слои роговицы. Предельные значения с точки зрения опасности для глаз здесь выше, поскольку отпадает фокусировка через хрусталик.

В ультрафиолетовых областях спектра имеет место сильное поглощение в роговице. Предельные значения в данном случае довольно низкие, однако причиняемый вред носит аккумулятивный характер, даже незначительное облучение в течение длительного времени может стать причиной тяжелого заболевания.

Предельные показатели безопасности лазерных устройств в соответствии с международными нормами.

В отношении эксплуатации лазеров действуют европейские нормы «Безопасность лазерных устройств DIN EN 60 825-1». Одновременно разработаны собственные правила техники безопасности «Лазерное излучение BVG B2 (VBG 93)». Согласно установленным нормам существуют предельные показатели безопасности лазеров для глаз.

Максимально допустимая величина облучения зависит от длины волны и продолжительности облучения. Значения максимально допустимой величины облучения в случае воздействия одиночных импульсов представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Значения максимально допустимой величины облучения роговицы глаза по нормам BVG B2 (VBG 93)

Диапазон длин волн, нм	Длительность импульсов, с	Плотность мощности, Вт/м ²	Длительность импульсов, с	Плотность мощности, Вт/м ²	Длительность импульсов, с	Плотность мощности, Вт/м ²
180...315	≥ 30000	0,001	< 10 ⁻⁹	3 · 10 ¹⁰	10 ⁻⁹ ... 3·10 ⁻⁴	10 ⁹ ... 10 ⁵
315...1400	> 5·10 ⁻⁴ ... 10	10	< 10 ⁻⁹	5 · 10 ⁶	10 ⁻⁹ ... 5·10 ⁻⁴	10 ⁶ ... 10 ⁴
1400...10 ⁶	> 0,1 ... 10	1000	< 10 ⁻⁹	10 ¹¹	10 ⁻⁹ ... 0,1	10 ¹² ... 10 ⁸

При определении плотности мощности и плотности энергии средние значения должны быть получены на основе площадей круга со следующими диаметрами :

$$D = 1 \text{ мм } (\lambda = 180...315 \text{ нм});$$

$$D = 7 \text{ мм } (\lambda = 315...1400 \text{ нм});$$

$$D = 10 \text{ мм } (\lambda = 1400...10^4 \text{ нм}).$$

Классы лазеров и потенциал опасности

В зависимости от потенциальной опасности лазеры делят на классы 1, 1М, 2, 2М (символ «М» – от англ. magnification – усиление), 3R (символ «R» – от англ. relaxation – ослабление), 3В и 4, (таблица 2). Отнесение лазера к тому или иному классу определяется не только длиной волны, но и временем, в течение которого осуществляется излучение.

Таблица 2 – Классы лазеров и их потенциальная опасность

Класс	Опасность
1	Доступное лазерное излучение опасности не представляет.
1М	Лазерное излучение не опасно, пока не используются оптические инструменты (светодиоды, системы с коллимированными лучами большого поперечного сечения).
2	Этот класс определен только в видимой области спектра. Лазеры данного класса при облучении до 0,25 с (рефлекторное смыкание век) не опасны. Предельная мощность 1 мВт.
2М	Этот класс определен только в видимой области спектра. Лазеры данного класса при облучении до 0,25 с (рефлекторное смыкание век) не опасны, если не используются оптические инструменты.
3R	В видимой области спектра выходные значения (при времени облучения до 0,25 с) в 5 раз выше, чем у лазера класса 2 (5 мВт). В видимой области выходные значения при времени облучения до 100 с в 5 раз выше, чем у лазера класса 1.
3В	Доступное лазерное излучение опасно для глаз, а в особых случаях и для кожи. Верхний предел мощности составляет 0,5 Вт
4	Лазерное излучение опасно для глаз и для кожи. Опасность может представлять и диффузно рассеянное излучение. Излучение лазеров данного класса способно вызвать пожары и взрывы.

Средства защиты и основные правила техники безопасности

Пространство, в котором превышаются максимально допустимые величины облучения, называют «зоной лазерного излучения». Над входом в опасное с этой точки зрения помещение должны быть установлены таблички с соответствующим предупреждением либо сигнальные лампы. В случае лазеров класса 3В и 4 дополнительно предусматривается ограждение.

К индивидуальным средствам защиты относят специальные очки, которые должны носить все лица, подвергающиеся потенциальной опасности со стороны лазерного излучения. Лазерные защитные очки должны соответствовать нормам DIN EN 207.

Их классифицируют в зависимости от присвоенной им степени защиты L1...L10; цифра указывает оптическую плотность.

ВЫВОДЫ

В этой статье рассмотрены опасные факторы лазерного излучения и меры обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов. – М. : Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.
- 2 Григорьянц, А. Г., Шиганов, И. Н., Мисюров, А. И. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. Пособие для вузов / Под ред. А. Г. Григорьянца. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 663 с.: ил.
- 3 Коваленко, В. С. Упрочнение деталей лучом лазера. Киев :Техника, 1981.
- 4 Мышковец, В. Н. Лазерная технология обработки материалов. – Гомель : ГГУ, 2001. – 81 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

С. П. Дюрягин, М. К. Бейсембаев

Лазерлік процестердің саласындағы техникалық қызметкерлердің қауіпсіздік мәселелері

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

S. P. Dyuryagin, M. K. Beisembaev

Safety issues of technical personnel in the area of laser process unit

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 05.06.17.

Мақалада еңбек қорғау жөнінде сұрақтар және техникалық персоналдың қауіпсіздігін қамтамасыз ету, лазерлік технологияның қызметін атқару неізіндегі термиялық материалдарды өңдеу жайлы қарастырылады.

In the article there are risen issues of safety and security of its technical personnel, service of the laser processing unit when performing heat treatment of metals operations.

УДК 621.839

С. П. Дюрягин¹, А. Х. Мустафин²

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

ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОПРИВОДА РОТОРА С УЧЁТОМ ТРЕНИЯ

В статье рассматриваются вопросы исследования влияния фрикционных автоколебаний на динамические характеристики вибропривода, состоящего из пьезокерамического вибродвигателя и ротора.

Ключевые слова: вибродвигатель, трение, фрикционные автоколебания.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного производства обуславливает всё возрастающее внедрение наукоёмких технологий. К ним относится применение компактных вибродвигателей, обеспечивающих высокую разрешающую способность по перемещению, широкий температурный диапазон, полное отсутствие паразитных магнитных или электрических (в частности радиационных) полей. Но главной особенностью вибродвигателей следует считать высокое динамическое качество в переходных режимах движения (т.е. при пуске и остановке, в старт-стопных и шаговых режимах), так как колеблющийся элемент с момента отключения питания становится тормозящим [4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одной из задач совершенствования вибродвигателей является повышение равномерности вращения ротора 4 (рисунок 1) [3]. Поскольку вращение ротора обеспечивается силой трения, возникающей в паре трения между пьезопластиной 5 на упругих опорах 2 и ротором, то на равномерность вращения существенное влияние оказывает нестационарность процессов трения. Для уменьшения влияния фрикционных автоколебаний, возникающих в процессе трения и существенно влияющих на динамические характеристики вибропривода, предложена конструкция вибродвигателя с дополнительным демпфирующим элементом 7, представляющий собой упругую прокладку с коэффициентом жёсткости в 10-12 раз ниже жёсткости поджимающей пружины 1.

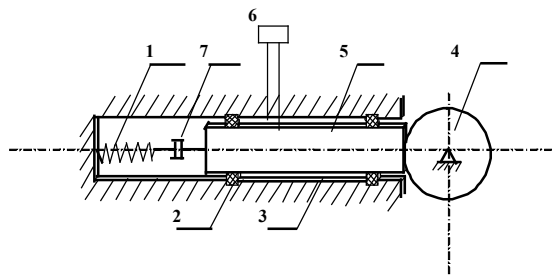


Рисунок 1 – Схема вибродвигателя с демпфирующим элементом.

Для определения колебаний скорости вращения ротора проводился эксперимент [1]. Свет от источника по световоду попадал на риски, нанесённые на поверхности ротора. При вращении ротора риски вызвали мерцание отражённого света, передаваемого обратно по световоду на фотодиод. Фотодиод превращает световой сигнал в электрический, который повышается в усилителе и подаётся на шлейфовый осциллограф. Отражённые импульсы света записаны в виде пиков. По периоду импульсов и скорости ленты определялась скорость вращения ротора. Замерив длину осциллограммы за один оборот ротора S и зная скорость перемещения ленты осциллограммы V_l , можно определить время одного оборота t , число оборотов в минуту n и угловую скорость ротора ω по следующим формулам:

$$t = S / V_l$$

$$n = 60 / t$$

$$\omega = \pi \cdot n / 30 = 60 \cdot \pi / 30 \cdot t = 2 \cdot \pi \cdot V_l / S$$

максимальная и минимальная угловые скорости будут соответственно равны:

$$\omega_{max} = \pi \cdot V_l / 6 \cdot S_{min}$$

$$\omega_{min} = \pi \cdot V_l / 6 \cdot S_{max}$$

коэффициент неравномерности вращения ротора δ определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{cp}}$$

где

$$\omega_{cp} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2};$$

Характеристики трения (рисунок 2) получены по результатам экспериментальных исследований с демпфирующим элементом, установленным с пружиной поджима пьезометрической пластины к ротору (на рисунке 2 показаны звёздочкой), и без него (треугольником). Сила трения определялась по усилию прижатия и коэффициенту трения пары: сталь – металлокерамика $R = f \cdot N$. Скорость скольжения принималась равной окружной скорости точки контакта ротора с накладкой пьезометрического элемента.

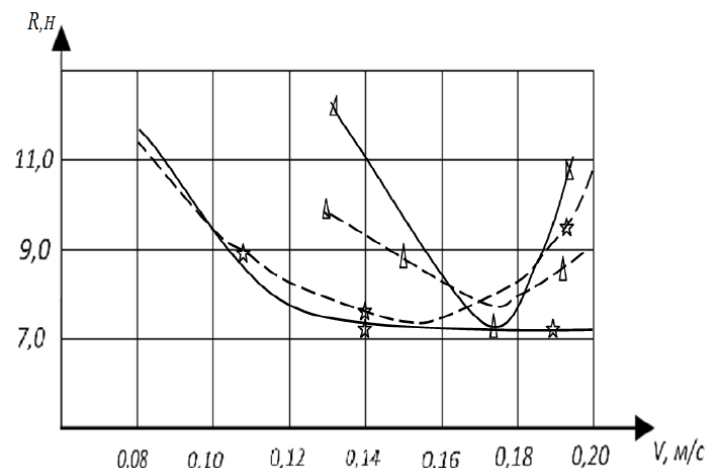


Рисунок 2 – Характеристики трения

При скорости $V > 0$ характеристики трения (на рисунке 2 показаны штриховой линией) с достаточной для расчётов точностью можно аппроксимировать в виде кубической функции

$$R = 3R_* \left(1 - \frac{V}{V_*} + \frac{V^3}{3V_*^3} \right)$$

где R_* – наименьшая величина силы трения;

V_* – соответствующая минимальной силе трения скорость скольжения.

Дифференциальное уравнение возмущённого движения системы имеет вид:

$$m y'' + \Delta R(\vartheta_0, y') + c y = 0$$

В уравнении разность

$$\Delta R(V_0, y') = R(V_0) - R(V_0 - y')$$

представляет приращение силы трения из-за изменения скорости скольжения. На падающем участке характеристики эта разность отрицательна, что способствует появлению автоколебаний. При автоколебаниях скорость скольжения колеблется возле среднего значения V_0 . Для определения амплитуды установившихся автоколебаний используется уравнение энергетического баланса [2]

$$\int_0^{\frac{2\pi}{p}} \Delta R y' dt = 0$$

После подстановки в уравнение энергетического баланса значения R

$$\int_0^{\frac{2\pi}{p}} \left[y' \left(1 - \frac{\vartheta_0^2}{\vartheta_*^2} \right) + \frac{\vartheta_0 y'^2}{\vartheta_*^2} - \frac{y'^3}{3\vartheta_*^2} \right] y dt = 0$$

с учётом скорости при допущении, что колебания носят гармонический характер

$$y = -ap' \sin pt$$

амплитуда автоколебаний

$$a = \frac{2\vartheta_*}{p} \sqrt{1 - \frac{\vartheta_0^2}{\vartheta_*^2}}$$

При известных условиях закрепления пьезопластины, представленной в виде балки, и формах её колебаний частота имеет следующий вид:

$$p = C_1 \sqrt{\frac{EI}{m^4}}$$

где EI – изгибная жёсткость сечения балки;

m – интенсивность массы балки;

C_1 – численный коэффициент, зависящий от способа закрепления балки и форм её колебаний. Для балки со свободными концами (плавающий стержень) и имеющей три узла колебаний согласно таблице 20 [2] коэффициент $C_1 = 61,67$.

Тогда для пьезоэлемента вибродвигателя:

$$p = 61,67 \sqrt{\frac{1,15 \cdot 10^{11} \cdot 1,06 \cdot 10^{-10}}{0,78 \cdot 0,07^4}} = 41119 c^{-1}$$

Скорость автоколебаний не должна быть больше скорости скольжения ϑ_0 . Условие существования автоколебаний

$$\vartheta_* \sqrt{1 - \frac{\vartheta_0^2}{\vartheta_*^2}} < \vartheta_0 < \vartheta_*$$

или

$$0,895\vartheta_* < \vartheta_0 < \vartheta_*$$

Автоколебания невозможны при нарушении правого неравенства, при нарушении левого неравенства автоколебания будут носить релакционный характер, т.е. существенно отличаться от гармонических, и возможны появления интервалов полного сцепления (отсутствия скольжения). Вибродвигатели, имеющие демпферную прокладку между пружиной поджима и пьезоэлементом, создают меньшую амплитуду автоколебаний. Это явление обусловлено смещением скорости скольжения контактной зоны – пластины и ротора в область меньших скоростей (от $0,16 - 0,18$) · 10^{-6} м до $(0,12 - 0,14)$ · 10^{-6} м.

При увеличении силы поджима или силы трения автоколебания из квазилинейных, т.е. носящих гармонический характер, превращаются в релакционные. При значительном падении характеристики трения можно пренебречь инерционной слагаемой уравнения и рассматривать его как дифференциальное уравнение первого порядка

$$R(\vartheta_0) - R(\vartheta_0 - \dot{y}) + cy = 0$$

Решение дифференциального уравнения представлено в следующем виде

$$y = \frac{t}{T} a$$

где $T = \frac{2\pi}{p}$ – период пилообразной характеристики, частота колебаний которой принимается равной частоте собственных колебаний. Скорость изменения амплитуды

$$\dot{y} = \frac{a}{T}$$

После подстановки приращения силы трения в уравнение энергетического баланса

$$\int_0^T \left[y' \left(1 - \frac{\vartheta_0^2}{\vartheta_*^2} \right) + \frac{\vartheta_0 y'^3}{\vartheta_*^2} - \frac{y'^3}{3\vartheta_*^2} \right] y' dt$$

И производной функции y

$$\int_0^T \left[\left(\frac{a}{T} \right)^2 \left(1 - \frac{\vartheta_0^2}{\vartheta_*^2} \right) + \left(\frac{a}{T} \right)^3 \left(\frac{\vartheta_0^2}{\vartheta_*^2} \right) - \left(\frac{a}{T} \right)^4 \frac{1}{3\vartheta_*^2} \right] dt$$

Получают следующее уравнение

$$T \left(1 - \frac{\vartheta_0^2}{\vartheta_*^2} \right) + a \left(\frac{\vartheta_0}{\vartheta_*} \right) - \left(\frac{a}{T} \right)^4 \frac{1}{3\vartheta_*^2} = 0$$

Отсюда амплитуда колебаний

$$a = \frac{3\pi}{p} \left(\sqrt{\frac{4}{3}\vartheta_*^2 - \frac{1}{3}\vartheta_0^2} - \vartheta_0 \right)$$

Для релакционных автоколебаний из-за значительного поджатия пластины к ротору скорость скольжения по сравнению с квазилинейными уменьшается, а амплитуды колебаний увеличиваются. Диапазон изменения амплитуд колебаний вибродвигателя без демпфера составляет $(4,2 \div 7,8) \cdot 10^{-6}$ м, а вибродвигателя с демпфером около $(1,2 \div 3,8) \cdot 10^{-6}$ м.

На участках скорости $\vartheta_0 > \vartheta_*$ кривая трения (рисунок 2) вибродвигателя без демпфера имеет практически линейно возрастающую характеристику, а

на аналогичном участке кривой трения с демпфером характеристика остается почти постоянной. Приняв силу трения в зоне контакта пьезопластины с ротором за внешнюю нагрузку, можно по известной жёсткости пластины определить статическое смещение (начальную амплитуду вынужденных колебаний). Так при

$$R(v) = 7,2 \text{ Н}$$

Амплитуда

$$a = \frac{7,2}{3,2 \cdot 10^5} = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

аналогично определяются амплитуды колебаний конца пластины для остальных дискретных значений $R(v)$. Амплитуды колебаний пластин обоих вариантов вибродвигателей во всем диапазоне скорости скольжения ротора и пьезопластины совмещают с кривыми изменений коэффициентов неравномерности вращения ротора полученных экспериментальным путём (рисунок 3).

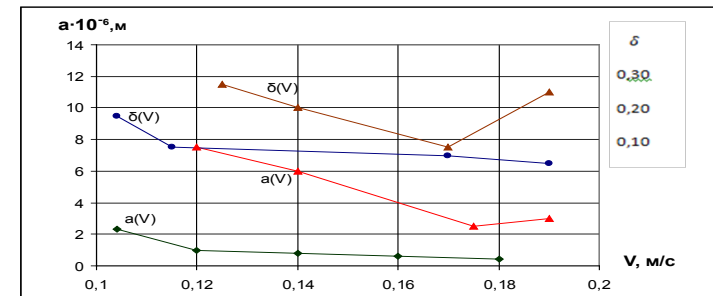


Рисунок 3 – Амплитудно-скоростная характеристика вибраций

Из анализа характеристик следует, что между кривыми изменений $a(v)$ и $b(v)$ имеется определённая корреляционная зависимость, выражающаяся в соответственном совместном увеличении или уменьшении этих параметров. Необходимо отметить хорошее совмещение амплитуд колебаний на граничных участках характеристик трения: квазилинейные автоколебания-релакционные-вынужденные. При этом важным остаётся, что для вибродвигателей с демпфером амплитуда колебаний на всех участках скоростей в $1,5 \div 3,0$ раза, а коэффициент неравномерности в $1,5 \div 2,0$ раза меньше, чем для вибродвигателя без демпфера.

ВЫВОДЫ

В этой статье рассмотрены вопросы исследования динамических характеристик вибропривода ротора с учётом трения в зоне контакта пьезокерамической пластины вибродвигателя с ротором. Исследования показали, что применение демфирующего элемента в вибродвигателе позволило улучшить равномерность вращения ротора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Дюрягин, С. П., Сорокин, А. Н., Мустафин, А. Х., Макушева, Т. А. Вибродвигатель с улучшенными динамическими характеристиками.
- 2 Биргер, И. А., Пановко, Я. Г. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник в 3 т. – 1968.
- 3 Дюрягин, С. П., Алисин, В. В., Явелов, И. С. «Вибродвигатель», авторское свидетельство на изобретение № 1769677; ВНИИГПЭ 15.06.1992 г.
- 4 Бансявичюс, Р., Рагульскис, К. Вибродвигатели. – Вильнюс : Мокслас, 1981. – 193 с.: ил.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

С. П. Дюрягин, А. Х. Мустафин

Ротордың діріл жетегінің үйкелісін ескере отырып динамикалық зерттеу

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

S. P. Dyuryagin, A. H. Mustafin

Dynamic study of the rotor vibration drive with friction

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 05.06.17.

Мақалада пьезокерамикалық діріл қозғалтқыштан және ротордан тұратын, діріл жетектің динамикалық мінездемесіне фрикционды авто ауытқу әсер етуін зерттеу мәселесі қарастырылған.

The article deals with the investigation of the effect of frictional self-oscillations on the dynamic characteristics of a vibration drive consisting of a piezoceramic vibrating motor and a rotor.

УДК 53.082.743

А. Т. Кибишов¹, З. К. Абдикулова²

¹преподаватель; ²к.т.н., доцент, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан
e-mail: ¹Adilhan@mail.ru; ²Azagipa@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЗАЩИТ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В статье рассматриваются применение дифференциальной защиты линии электропередачи, принцип действия этой защиты, приведены показатели технического совершенства устройств релейной защиты, устойчивость их функционирования, которая характеризует способность сохранять основные свойства защиты – селективность, чувствительность и быстрдействие, при воздействии ряда факторов, приводящих к искажению входных сигналов.

Исследованы основные свойства дифференциальной защиты, сделан анализ достоинств и недостатков современных устройств дифференциальной защиты линии электропередачи.

В результате проведённого анализа исполнений дифференциальной защиты, авторами предложена разработка новых алгоритмов функционирования дифференциальной защиты линии, реализация которых возможна на базе микропроцессорной техники и с использованием прогрессивных способов обработки информации, сделан выбор функциональной схемы дифференциальной защиты и пути совершенствования существующих алгоритмов работы основных логических узлов защиты. Совершенствование алгоритмов дифференциальной защиты линии обеспечит селективность защиты при внешних КЗ, сопровождающихся насыщением ТТ; повышением быстрдействия и чувствительности защиты, исключением зависимости чувствительности и быстрдействия дифференциальной защиты от уровня отстроенности при внешних КЗ.

Ключевые слова: токовая защита трансформаторов, дифференциальная защита, короткое замыкание, линии электропередачи, релейная защита и автоматика.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективная работа систем электроснабжения промышленных предприятий и электроэнергетических систем в определяющей мере

связана с функционированием устройств релейной защиты и автоматики, предназначенными осуществлять быструю и селективную автоматическую ликвидацию повреждений в перечисленных системах [1].

Для выявления и отключения повреждений в пределах всей защищаемой ЛЭП напряжением 110-220 кВ без выдержки времени применяют защиты с абсолютной селективностью. Главным свойством таких защит является их селективность, то есть способность выявлять повреждённую ЛЭП и отключать только её, не действуя при коротких замыканиях на смежных элементах системы электроснабжения [2].

Защита электрических сетей от коротких замыканий занимает важнейшее место в системе защитных мероприятий. Короткие замыкания являются основным видом аварии в электрических сетях как по частоте возникновения, так и по масштабу вредных последствий. Защитные мероприятия развиваются в двух направлениях: возможно более быстрое отключение поврежденного участка сети и искусственное ограничение силы тока короткого замыкания. Сокращение времени действия тока короткого замыкания облегчает тепловой режим элементов сети и способствует поддержанию устойчивой параллельной работы станций. На линиях 500 кВ, например, применяется релейная защита, время срабатывания которой составляет 0,04 сек; при времени действия выключателя 0,06-0,08 сек полное время отключения около 0,1 сек. Селективность защиты обеспечивает рабочий режим возможно большей части неповрежденной сети и отключение поврежденного её участка.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Эффективное функционирование современных устройств ДЗЛ обеспечивается при выполнении определённых требований к некоторым свойствам защиты. При повреждениях на защищаемой линии (внутренних КЗ) ДЗЛ должна обладать свойствами быстрого действия и чувствительности. При повреждениях вне защищаемой линии (внешних КЗ) к ДЗЛ предъявляется требование селективности [3]. Сложность в обеспечении селективности ДЗЛ при внешних КЗ обусловлена насыщением электромагнитных трансформаторов тока (ТТ) в переходных режимах, что может привести к существенным искажениям входных токов ДЗЛ, и, как следствие, неселективной работе защиты. Обзор литературы показал, что селективность современных устройств ДЗЛ при внешних КЗ достигается путём уменьшения быстрого действия и чувствительности защиты. Отсюда следует, что свойства современных устройств ДЗЛ (селективность, быстрое действие, чувствительность) находятся в сложной зависимости друг от друга.

С учётом сказанного выше задача совершенствования алгоритмов ДЗЛ актуальна и связана прежде всего с обеспечением селективности защиты при внешних КЗ, сопровождающихся насыщением ТТ; повышением быстродействия и чувствительности защиты; исключением зависимости чувствительности и быстрого действия ДЗЛ от уровня отстроенности при внешних КЗ. Проведённый анализ известных исполнений ДЗЛ привёл также к выводу о целесообразности изменения функциональной схемы ДЗЛ и совершенствования существующих алгоритмов работы основных логических узлов защиты.

Анализ достоинств и недостатков современных устройств ДЗЛ позволил выявить факторы, обуславливающие необходимость исследования и разработки новых алгоритмов функционирования ДЗЛ, реализация которых возможна на базе микропроцессорной техники с использованием прогрессивных способов обработки информации. К таким факторам следует отнести искажение входных токов ДЗЛ, обусловленных насыщением электромагнитных трансформаторов тока в переходных режимах КЗ, а также заниженная чувствительность защиты при КЗ на защищаемой линии вследствие использования в алгоритме функционирования защиты тормозного сигнала с повышенными коэффициентами торможения.

Дифференциальная защита – один из видов релейной защиты, отличающийся абсолютной селективностью и выполняющейся быстродействующей (без искусственной выдержки времени). Применяется для защиты трансформаторов, автотрансформаторов, генераторов, генераторных блоков, двигателей, линий электропередачи и сборных шин (ошиновок). Различают продольную и поперечную дифференциальные защиты [4, 5].

В качестве основных защит транзитных линий 110-220 кВ применяются дифференциально-фазные высокочастотные (в.ч.) защиты типа ДФЗ-2, ДФЗ-201 и направленные защиты с высокочастотной блокировкой (ЭПЗ-1643, ПДЭ-2802). ДФЗ являются быстродействующими защитами, срабатывающими при всех видах коротких замыканий по всей длине линии с временем не более 0,1 сек. ДФЗ не реагирует на качания и асинхронный ход по линии.

Принцип действия этих защит основан на сравнении фаз токов по концам защищаемой линии с передачей информации о фазе тока с одной стороны ВЛ на другую по высокочастотному каналу. Для организации высокочастотного канала производится высокочастотная обработка линии, то есть установка по концам линии высокочастотных заградителей, конденсаторов связи, фильтров присоединения, высокочастотного кабеля, через которые подключаются высокочастотные приемопередатчики, управляемые релейной

частью защиты. Направленная защита с высокочастотной блокировкой реагирует на направление мощности короткого замыкания по концам защищаемой линии.

Защита состоит из двух полукомплектов, каждый полукомплект содержит релейную часть, реагирующую на направление мощности короткого замыкания и высокочастотную часть, генерирующую и принимающую токи высокой частоты. При коротком замыкании на линии или в ближайшей сети происходит пуск высокочастотных передатчиков на обоих концах линии. Если короткое замыкание на защищаемой линии, реле направления мощности или направленные реле сопротивления, срабатывая, останавливают высокочастотные передатчики, снимают блокирующий высокочастотный сигнал, разрешая релейной части действовать на отключение. При внешнем коротком замыкании со стороны линии, где мощность направлена к шинам, реле мощности или реле сопротивления не срабатывают и высокочастотный передатчик остается пущенным в течение всего времени короткого замыкания, блокируя релейные части защиты по обоим концам защищаемой линии. Направленная защита с высокочастотной блокировкой, как и ДФЗ, работает при всех видах короткого замыкания по всей длине линии с временем действия не более 0,2 сек [6].

Дифференциальная защита применяется в качестве основной быстродействующей защиты трансформаторов. Ввиду ее сравнительной сложности дифференциальная защита устанавливается в следующих случаях: на одиночно работающих трансформаторах мощностью 6300 кВА и выше; на параллельно работающих трансформаторах мощностью 4000 кВА и выше; на трансформаторах мощностью 1000 кВА и выше, если токовая отсечка не обеспечивает необходимой чувствительности при КЗ на выводах низшего напряжения ($kч < 2$), а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 1 с [7]. При параллельной работе трансформаторов дифференциальная защита обеспечивает не только быстрое, но и селективное отключение поврежденного трансформатора, что поясняется на рисунке 1.

Если параллельно работающие трансформаторы Т1 и Т2 оснащены только максимальными токовыми защитами, то при повреждении на вводах низшего напряжения трансформатора, например в точке К, подействуют максимальные токовые защиты обоих трансформаторов, а так как их выдержки времени одинаковы, отключатся оба трансформатора.

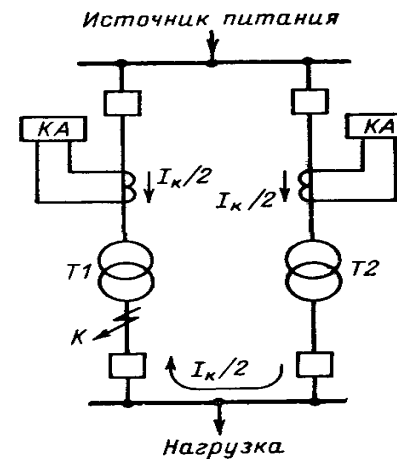


Рисунок 1 – Прохождение тока КЗ и действие максимальной токовой защиты при повреждении одного из параллельно работающих трансформаторов

Дифференциальная защита, действующая без выдержки времени, обеспечивает в рассмотренном случае отключение только поврежденного трансформатора.

Защиты трансформаторов на современных полупроводниковых дифференциальных реле ДЗТ – 21 обладают более совершенной системой отстройки от токов небаланса и бросков тока намагничивания, и как следствие обладают в 3-5 раз большей чувствительностью по сравнению с защитами на электромеханических реле ДЗТ-11.

Трансформаторы имеют систему регулирования под нагрузкой (РПН) на стороне ВН $\pm 9\text{Ч}1,783\%$ номинального и регулирование напряжения на стороне СН $\pm 2\text{Ч}2,25\%$ номинального (при отключенном трансформаторе) [8].

Определение первичных токов для всех сторон защищаемого трансформатора, соответствующих его номинальной мощности.

$$I_{НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$$

где, $S_{НОМ}$ – номинальная мощность защищаемого трансформатора, кВА;
 $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение высокой, средней или низкой стороны трансформатора, кВ.

Ток на стороне ВН:

$$I_{НОМ}^{ВН} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 316 \text{ А.}$$

Ток на стороне СН:

$$I_{НОМ}^{СН} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 945 \text{ А.}$$

Ток на стороне НН:

$$I_{НОМ}^{НН} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 6,6} = 5511 \text{ А.}$$

В соответствии со схемой соединения обмоток силового трансформатора $Y/Y/\Delta$ выбираем схему соединения вторичных обмоток трансформаторов тока (ТА) $\Delta/\Delta/Y$. При этом устанавливаем в дифференциальные цепи три реле ДЗТ-21.

ВЫВОДЫ

Проблема повышения коэффициента чувствительности дифференциальных защит трансформаторов является актуальной на сегодняшний день, так как практика показывает, что чувствительность защиты с реле ДЗТ-11 лишь с трудом удовлетворяет предельным минимальным значениям.

В настоящее время в качестве основной релейной защиты с абсолютной селективностью на ЛЭП напряжением 110-220 кВ находит применение дифференциальная защита линии с цифровым каналом связи. Одним из основных показателей технического совершенства устройств релейной защиты и, в частности, ДЗЛ, является устойчивость их функционирования, которая характеризует способность сохранять основные свойства защиты – селективность, чувствительность и быстродействие, при воздействии ряда факторов, приводящих к искажению входных сигналов. Для дифференциальных защит к такого рода факторам, например, относятся интенсивные электромагнитные переходные процессы, имеющие место при коротких замыканиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Васильев, А. А., Крючков, И. П., Наяшкова, Е. Н. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебник для ВУЗов. / – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

2 Липкин, Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М. : Высшая школа, 1990.

3 Басс, Э. И., Дорогунцев, В. Г. Релейная защита электроэнергетических систем/ Под ред. А. Ф. Дьякова. – М. : Изд-во МЭИ, 2002 – 296 с.

4 Овчаренко, Н. И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2000.

5 Чернобровов, Н. В., Семенов, В. А. Релейная защита энергетических систем. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.

6 Фигурнов, Е. П. Релейная защита. М. : Желдориздат, 2002. – 720 с.

7 Овчинников, В. В. Защита электрических сетей. 0,4-35 кВ. – Ч 1, Ч 2. – М. : Издательство редакции журнала «Энергетик», 2002. – 35 с.

8 Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2006. – 639 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

А. Т. Кибиров, З. Қ. Абдикулова

Электр беріліс желісінде заманауи қорғаныс құрылғыларын қолдану

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

A. T. Kibishov, Z. K. Abdikulova

Application of modern protection to power lines

A. Yesevi International
Kazakh-Turkish University, Turkestan.
Material received on 05.06.17.

Бұл мақалада электр қондырғылардың бұзылулары, басқа қалыпты режимдердің бұзылулары, асқын жүктеме, бейтараптамасы оқшауламаланған желідегі бір фазасы жерге тұйықталуы және релелік қорғаныстың орындалу принциптері, түрлері, оларға қойылатын талаптар қарастырылған. Қазіргі заман принциптері бойынша релелік қорғаныстың құрылуы зерттелініп, релелік қорғанысын баптау үшін электр желідегі параметрлердің қорытынды есебі жүргізілді; дұрыс әдістерін таңдау және релелік қорғаныстың құралы; релелік қорғанысының таңдалғандығы туралы сенімділігі мен тиімділігі бағаланды.

Электр құралдары мен электр желілерді пайдалану кезінде олардың бұзылуы мен қалыптан тыс жұмыс режимдерін алдын алуға болмайды. Ең қауіптісі қысқа тұйықталу, оның ішінде оқшауламаның бұзылуы мен асқын жүктің түсуі болып табылады. ҚТ кезінде бұзылған маңайға мыңдаған ампермен өлшенетін токтар жетіп келеді, олар бұзылмаған тоқты бағыттаушы бөліктерді қыздырады және де тағы бұзылудың қаупін тудыруы мүмкін, содан апат пайда болады. Сондықтан, электр станциялардың күштік құрылғылары, қосалқы станциялары және де электр желілері ҚТ-дан және қалыптан тыс жұмыс режимдері бұзылуынан релелік қорғаныс құрылғылармен қорғалуы қажет. Релелік қорғаныс сенімділігін жоғарылату мақсатында максималды режимдегі ток қорғанысының есебі жүргізілген, релелік қорғаныс түрі таңдалған.

In the article there is considered application of differential protection of power lines, its operating principle, given indicators of relay protective sophisticated devices, stability of their functioning which characterizes ability to maintain key properties protection – selectiveness, sensitivity and speed performance, when exposed to a variety of factors causing distortion of input signals.

Studied the main properties of differential protection, done analysis of advantages and disadvantages of modern devices of differential protection for power lines.

As a result of the carried out analysis of performance for differential protection, elaboration of new algorithmic functioning of differential protection of power lines has been offered by authors, implementation of which is possible on the basis of microprocessor technology by using progressive methods of information processing, done choice for functional diagram of the differential protection and ways to improve existing algorithms of basic logical protection units. Improving the differential protection algorithms provides the selectivity of protection at external faults, accompanied by saturation of TT; increasing speed and sensitivity of protection; except according to sensitivity and speed of the differential bus protection detuned level whereas external faults.

UDC 621.32

**A. B. Kaidar¹, M. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³,
A. M. Akaev⁴, A. P. Kislov⁵**

¹general manager, JSC «MC SEZ HimPark Taraz», Shu; ²manager, JSC «KazTransGas», Astana; ³candidate of technical sciences, professor, full member of the World Academy of Integrated Security Sciences; ⁴Ph.D., associate professor; ⁵candidate of technical sciences, professor, dean of the Faculty of Energy, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar
e-mail: argin_intel@mail.ru

METHODS FOR DETECTING THE ECCENTRICITY OF INDUCTION MOTORS

In this article the condition monitoring and fault detection of induction motors based on signal processing techniques. The aim of this study is to investigate the fault detection of induction motors using a variety of methods.

Keywords: monitoring, induction motor, the signal processing techniques, fault detection, the signal processing, the fault frequency components.

INTRODUCTION

In this article, condition monitoring and fault detection of induction motors is based on the signal processing techniques. The signal processing techniques have advantages that these are not computationally expensive and these are simple to implement. Therefore, fault detection based on the signal processing techniques is suitable for an automated on-line condition monitoring system. Signal processing techniques usually analyze and compare the magnitude of the fault frequency components, where the magnitude tends to increase as the severity of the fault increase. Therefore, the third aim of this thesis is to utilize the various signal processing techniques for detection of common faults of induction motor.

Signal processing techniques have their limitations. For example, some faults could be not diagnosed using Fast Fourier Transform, if the loading condition is too low or the fault is not too severe. Therefore, the final aim of this thesis is to investigate new features using different techniques, to find better features for detecting common faults under different loading conditions.

MAIN PART

According to the JSC «TNK» Kazchrome» [1], the most common faults and their statistical occurrences are listed in Table 1. This table is based on a survey on various motors in industrial applications. According to the table, most faults happen to bearings and windings.

In 2015, a statistical study of JSC NC «KazMunayGas» provides similar results, i.e., bearing (41 %), stator (37 %), rotor (10 %) and other (12 %) [1]. Several contributions deal with these faults (Table 1).

Fault diagnosis is a determination of a specific fault that has occurred in system.

A typical condition monitoring and fault diagnosis process usually consists of four phases as shown in Figure 1. Condition monitoring has great significance in the business environment due to following reasons [2]:

Table 1 – Statistics on motor faults/failure modes

Types of faults	Number of faults/failures				
	Induction motor	Synchronous motor	Wound rotor motors	DC motors	All motors
Bearing	152	2	10	2	166
Winding	75	16	6	--	97
Rotors	8	1	4	-	13
Shaft	19	-	--	-	19
Brushes or slip rings	—	6	8	2	16
External device	40	7	1	-	18
Others	10	9	--	2	51

- To reduce the cost of maintenance;
- To predict the equipment failure;
- To improve equipment and component reliability;
- To optimize the equipment performance;
- To improve the accuracy in failure prediction.

Condition monitoring is defined as the continuous evaluation of the health of the plant and equipment throughout its service life. It is important to be able to detect faults while they are still developing. This is called incipient failure detection [1]. The incipient detection of motor failures also provides a safe operating environment. It is becoming increasingly important to use comprehensive condition monitoring schemes for continuous assessment of the electrical condition of electrical machines. By using the condition monitoring, it is possible to provide adequate warning of imminent failure. In addition, it is also possible to schedule

future preventive maintenance and repair work. This can result in minimum down time and optimum maintenance schedules [2]. Condition monitoring and fault diagnosis scheme allows the machine operator to have the necessary spare parts before the machine is stripped down, thereby reducing outage times. Therefore, effective condition monitoring of electric machines is critical in improving the reliability, safety, and productivity.

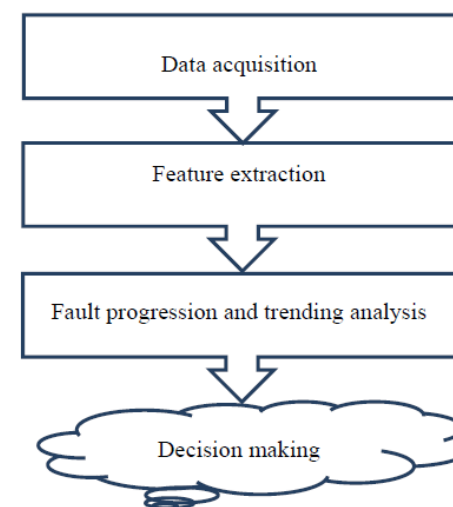


Figure 1 – The process for fault diagnosis

The condition monitoring of electrical and mechanical devices has been in practice for quite some time now. Several methods have evolved over time but the most prominent techniques are thermal monitoring, vibration monitoring, and electrical monitoring, noise monitoring, torque monitoring and flux monitoring.

Thermal monitoring

The thermal monitoring of electrical machines is accomplished either by measuring the local or bulk temperatures of the motor, or by parameter estimation. A stator current fault generates excessive heat in the shorted turns, and the heat promulgates the severity of the fault until it reaches a destructive stage. Therefore, some researcher developed thermal model of electric motors. Generally, thermal models of electric machines are classified into two categories [3]:

- finite element Analysis based model;
- lumped parameter thermal models.

Finite element analysis (FEA) based models are more accurate, but highly computational intensive. A lumped parameter thermal model is equivalent to

thermal network that is composed of thermal resistances, capacitances, and corresponding power losses. The accuracy of model is generally dependent on the number of thermally homogenous bodies used in model [4].

This thermal model is used to estimate the temperature of the motor and identify faults.

Thermal monitoring can, in general, be used as an indirect method to detect some stator faults (turn-to-turn faults) and bearing faults. In a turn-to-turn fault, the temperature rises in the region of the fault, but this might be too slow to detect the incipient fault before it progresses into a more severe phase-to-phase or phase-to-neutral fault. In the case of detecting bearing faults, the increased bearing wear increases the friction and the temperature in that region of the machine. This increase in temperature of motor can be detected by thermal monitoring.

Torque monitoring

All types of motor faults produce the sidebands at special frequencies in the air gap torque. However, it is not possible to measure the air gap torque directly. The difference between the estimated torques from the model gives an indication of the existence of broken bars. From the input terminals, the instantaneous power includes the charging and discharging energy in the windings. Therefore, the instantaneous power cannot represent the instantaneous torque. From the output terminals, the rotor, shaft, and mechanical load of a rotating machine constitute a torsional spring system that has its own natural frequency. The attenuations of the components of air gap torque transmitted through the torsional spring system are different for different harmonic orders of torque components [5].

Noise monitoring

Noise monitoring is done by measuring and analyzing the acoustic noise spectrum. Acoustic noise from air gap eccentricity in induction motors can be used for fault detection. However, the application of noise measurements in a plant is not practical because of the noisy background from other machines operating in the vicinity. This noise reduces the accuracy of fault detection using this method. In [6] were detected the air gap eccentricity using this method. They verified from a test carried out in an anechoic chamber that slot harmonics in the acoustic noise spectra from a small power induction motor were functions of static eccentricity.

Vibration monitoring

All electric machines generate noise and vibration, and the analysis of the produced noise and vibration can be used to give information on the condition of the machine. Even very small amplitude of vibration of machine frame can produce high noise. Noise and vibration in electric machines are caused by forces which are of magnetic, mechanical and aerodynamic origin [7]. The largest sources of vibration and noise in electric machines are the radial forces due to the air gap field. Since the air gap flux density distribution is product of the resultant m.m.f.

(magneto motive force) wave and total permeance wave. The resultant m.m.f. also contains the effect of possible rotor or stator asymmetries, and permeance wave depends on the variation of the air gap as well, the resulting magnetic forces and vibrations are also depends on these asymmetries. Thus by analyzing the vibration signal of an electric machine, it is possible to detect various types of faults and asymmetries [8]. Bearing faults, rotor eccentricities, gear faults and unbalanced rotors are the best candidates for vibration based diagnostics. The vibration monitoring of electric machines is accomplished through the use of broad-band, narrow-band, or spectral (signature) analysis of the measured vibration energy of the machine. Vibration-based diagnostics is the best method for fault diagnosis, but needs expensive accelerometers and associated wiring. This limits its use in several applications, especially in small machines where cost plays a major factor in deciding the condition monitoring method.

The major disadvantage of vibration monitoring is cost. For example, a regular vibration sensor costs several hundred dollars.

A high product cost can be incurred just by employing the necessary vibration sensors for a large number of electric machines. Another disadvantage of vibration monitoring is that it requires access to the machine. For accurate measurements, sensors should be mounted tightly on the electric machines, and expertise is required in the mounting [9] In addition, sensors themselves may fail.

Electrical monitoring Current Park's vector, zero-sequence and negative-sequence current monitoring, and current signature analysis, all fall under the category of electrical monitoring. These methods are used stator current to detect various kind of machine and inverter faults. In most applications, the stator current of an induction motor is readily available since it is used to protect machines from destructive over-currents, ground current, etc. Therefore, current monitoring is a sensor-less detection method that can be implemented without any extra hardware [10].

CONCLUSION

In article presented a review of existing induction motor condition monitoring methods. This literature review covered a variety of topics, techniques, methods, and approaches. The literature was basically categorized into two major themes: types of faults of induction motor, and practical use of various condition monitoring methods for fault diagnosis of electric machines. The review presented in this chapter indicates that previously proposed methods of fault diagnosis for electric machines still remains an unexplored area. The usage of electric motors is rapidly increasing in a wide variety of industrial and transit applications. Therefore, the demand for reliable fault detection methods for electric machines is increasing.

1 **Шапкенов, Б. К., Акаев, А. М., Кайдар, А. Б., Динмуханбетова, А. Ж.** Электрлік жүйелерде ақпарат пен энергетикалық процесстердің тығыз байланысы // Материалы МНК молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». – Т. 26. – Павлодар, 2016. – С. 393-396.

2 **Siddique, A., Yadava, G. S., Singh, B.** Identification of three phase induction motor incipient faults using neural network, // USA : IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 2004, P. 30-33.

3 **Cusido, J., Romeral, L., Ortega, J. A., Rosero, J. A., Espinosa, A. G.** Fault Detection in Induction Machines Using Power Spectral Density in Wavelet Decomposition, // IEEE Transactions on Industrial Electronics, VOL. 55. – NO. 2. – 2008. – P. 633-643

4 **Новожилов, А. Н., Акаев, А. М., Новожилов, Т. А.** Синхронды генератордың орамаларындағы орамдық тұйықталулардан қорғанысты іске асыру кезінде бір өлшегіш түрлендіргішті қолдану // Материалы МНК молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». – Т. 26. – Павлодар, 2016. – С. 371-373.

5 **Bossio, G., Angelo, C. De, Solsona, J., Valla, M. I.** Effects of rotor bar and end-ring faults over the signals of a position estimation strategy for induction motors, // IEMDC'03, IEEE Electric Machines and Drives Conference. – Vol. 1. – 2003. – P. 151-155.

6 **Шапкенов, Б., Кайдар, А.** Монтаж и ремонт электроустановок. Учебник. – Saarbrücken, Germany : Изд. Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 462 с.

7 **Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K.** Diagnostics the fault types and fault locations in a cascaded mlid from its output voltage waveform. // Вестник ПГУ. – № 4. – 2014. – С. 49-59.

8 **Копырин, В. С., Кайдар, А. Б., Иванова, Е. В., Новожилов, А. Н., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Акаев, А. М.** Диагностика типов неисправностей и места повреждений в каскадном MLID по его выходному напряжению. // Вестник ПГУ, Энергетическая серия. – 2014. – С. 49-59.

9 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Several techniques of fault diagnosis and reconfiguration in CIDS. // Вестник ПГУ. – № 1. – 2015. – С. 161-174.

10 **Kaidar, A. B., Beissenbayev, D.E., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Ashimova, A. K.** Power electronics for electrical equipment and electrical drives. // Вестник ПГУ. – № 1. – 2015. – С. 175-185.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, А. М. Акаев³, А. П. Кислов³
Асинхронды қозғалтқыштардың эксцентри анықтау үшін әдістері

¹АҚ «БС ЕЭЖА ХимПарк Тараз», Шу қ.;

²АҚ «ҚазТрансГаз», Астана, менеджер;

³С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

А. Б. Кайдар¹, М. Б. Кайдар², Б. К. Шапкенов³, А. М. Акаев³, А. П. Кислов³
Способы обнаружения эксцентриситета асинхронных двигателей

¹АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу;

²АО «КазТрансГаз», г. Астана;

³Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Бұл мақалада асинхронды қозғалтқыштардың жағдайы мониторингі және ақаулық анықтау әдістерінің негізінде сигналдарды өңдеу. Осы зерттеудің мақсаты түрлі әдістерді пайдалана отырып, асинхронды қозғалтқыштардың кінәлі анықтау тергеу болып табылады.

В этой статье рассмотрен мониторинг состояния и обнаружения неисправностей асинхронных двигателей, основанный на методах обработки сигналов. Целью данной работы является исследование обнаружения неисправностей асинхронных двигателей с использованием различных методов.

Ж. Д. Манбетова¹, Г. Д. Касимова²

¹т.ғ.м., ²т.ғ.м., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

e-mail: ¹ret12016@mail.ru; ²fabulous_mail@mail.ru

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯДАҒЫ NFC ТЕХНОЛОГИЯСЫН ДАМУ ЖОЛДАРЫ

Мақалада еңбекте жылжымалы байланыс желілеріне NFC интерфейсі қолдана отырып, қосалқы қызметтерді іске асыру амалдарының бірі, оны іске асыру жолдары және артықшылықтары қарастырылған.

Кілтті сөздер: NFC телебайланыс, сауда, стандарт, ұялы жылжымалы байланыс (ҰЖБ), желі, қызметтер, қауіпсіздік, есептер, басқару.

КІРІСПЕ

Соңғы кездері байланыс желілерінің операторлары мен қызметтерді жеткізушілердің NFC технологиясын пайдалана отырып, түрлі қызметтерді ұсынуға қатысты назары артқан (Near Field Communication). Жақыннан әрекеттесу технологиясын байланыс желілері бойынша әрекеттесумен біріктіру бірталай қызықтырарлық перспектива ашпақ. Бұл, ең алдымен, ұялы байланысқа қатысты. NFC интерфейсімен жабдықталған заманауи ұялы гаджеттер көптеген жаңа қосымшаларға жаңа мүмкіндік ашты. Ұялы телефон, смартфон және т.с.с. терминалдарды өндірушілердің бірқатары өздерінің өмініне осы интерфейсті енгізіп, оны қауіпсіздік функцияларын іске асыратын қуатты жадымен және микросхемалармен жабдықтаған.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

NFC технологиясы мен ұялы байланыс мүмкіндіктерін біріктірудің арқасында дамитын қосымшалардың қолданылу ауқымы кең екені байқалады. Осы және электронды сауданың түрлі кестелері (ойын-сауық шараларына және т.б. көлікте билеттерді сату және бақылауды қоса алғанда), сондай-ақ алуан түрлі ақылы және тегін анықтамалық-ақпараттық қызметтерді алу, жарнама, қашықтықтан бақылау жүйесі және т.с.с. ұялы телефондар ҰЖБ интерфейсі арқылы белгілі бір контентті алу үшін қолданылуы мүмкін деп күтіледі, олар кейіннен NFC интерфейсі арқылы сәйкес интерфейсмен

жабдықталған стационарлы терминалдарға жолданады, мысалы, мәтінді – принтерге, бейне клиптерді – теледидарға және т.с.с.

Егер NFC технологиясының, көбінесе, ұялы саудада қолданылуын қарастыратын болсақ, онда бұл технологияның тұтынушылық мәні жеткізушінің өз бизнесіне ыңғайлы орындарға NFC интерфейсімен (белгілер) салыстырмалы қарапайым әрі арзан көптеген құрылғыларды (тауарлар, қызметтер, ақпарат) орналастыру мүмкіндігін айтуға болады. Белгілер жеке өзі немесе төлем терминалы не болмаса басқа құрылғыға қосымша ретінде қолданылуы мүмкін. NFC интерфейсімен жабдықталған телефонды белгіге жақындатсақ (1 сурет), белгі мен телефон арасындағы ақпаратпен алмасу активтендіріледі, соның нәтижесінде абоненттің қатысуынсыз жеткізушінің ақпараттық жүйесімен телефон аппаратына жазылған (мидлет) қосымшаның өзара әрекеттесуі орындалады.

Шетелде ұялы желілердің операторлары NFC қолданатын ұялы қызметтердің жобаларын іске асыру жұмыстарына 2006-2007 жылдардан бастап белсенді түрде кіріскен. Бірқатар мақалаларда NFC технологиясын желілерде [1] қолданудың мүмкіндіктері мен артықшылықтары толығымен ұсынылған, сондай-ақ іске асырылатын жобалар қарастырылған. Отандық операторлар да осы бағыттағы жұмыстарын шамамен сол уақытта бастаған, сөйтіп, қазір осындай бірнеше жобалар іске асырылу сатысында.

Қызметтерді дамытудағы міндеттер

Отандық операторлардың осы саладағы күш-жігерін қуана қарсы алуға да болар еді, бірақ операторлардың таңдаған жолына күмән тудыратын ойлар бар. Бар мәселе енгізілетін жобалардың белгілі бір қызмет көлемін ғана қарастыратындығында және нақты қызмет жеткізушіге ғана бағытталуында. Соның нәтижесінде әрбір ірі оператордың абоненттері үшін тек «өзінің» жеткізушісінің аясындағы қызметпен шектелетіндей жағдай туындауы мүмкін. ҰЖБ желілері мұнда бақылаушы ақпаратты және қызмет контентін жіберумен ғана айналысатын болады.

Қайткенде де, біздің жетекші операторларымыз алғашқы қадамды жасады. Бұл қызметтердің осындай түрін және оны іске асырудан туындайтын мәселелерді бағалауға мүмкіндік береді. Енді мәселеге неғұрлым жалпы көзқараспен қарап, NFC қызметтерінің жүйесін іске асыру стратегиясын анықтаған жөн.

Біздің көзқарасымызша, мұндай стратегия кез келген оператордың абонентіне кең ауқымдағы жеткізушілерден қызмет алуға мүмкіндікті қамтамасыз етуі тиіс. Жеткізушілер нақты бір операторға байланып қалмауы керек. Тек осындай жүйе ғана қызметтердің шектелген көлемін алу мүмкіндігімен салыстырғанда тұтынушыны көптеген мүмкіндіктерімен

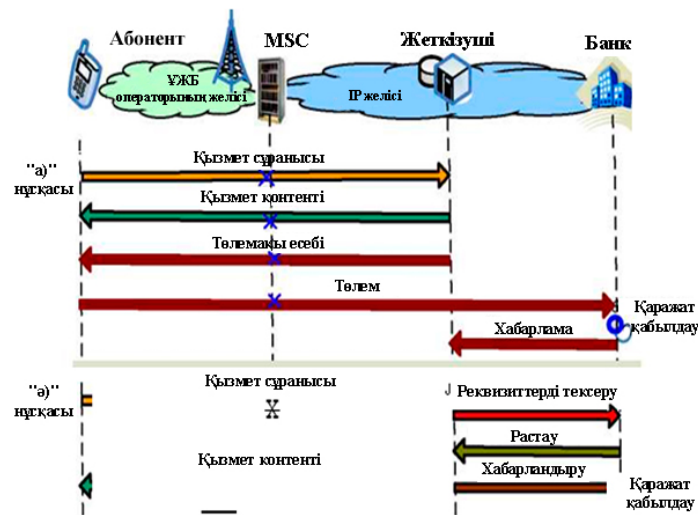
қызықтыратын синергизмнің арқасында нарықтың бүкіл қатысушылары үшін экономикалық тиімді бола алады. Бір-екі қызметке бола NFC гаджеттер мен виджеттерге шығындалғысы келетін абоненттер көп емес.

Нарықта бар қызметтермен қатар NFC болашақта пайда болатын кез келген қызметтері де алдағы уақытта қолжетімді болатынын абонент білсе, онда оның жөні бір бөлек. Ортақтық құрылғыларды, БҚ жеткізушілер үшін де, қызметтердің өзі үшін де маңызды. Жаңа қызметтерді абоненттік терминалдағы теңшелімдерді өзгертусіз-ақ ұсынылатын қызметтердің қатарына қарапайым ғана қосу мүмкіндігі және оператор желісіндегі аз стандартты теңшелімдерде қосу мүмкіндігі қызметтің осы түрінің жылдам таралуына жәрдемдеседі.

Мұндай жүйе қызметтің осы түрі бойынша нарық қатысушыларының арасындағы ашық интерфейстердің концепциясының негізінде құрылуы мүмкін. Ол үшін интерфейстер стандарттар түрінде бекітілуі тиіс. Мұнда бүкіл қосалқы әрекеттесулер құрылатын орталық қатысушы ҰЖБ желісінің операторы болады.

Бизнес-моделі

1 суретте сауда транзакцияларын жүзеге асырудың екі нұсқасы келтірілген, мұнда оператор қосалқы қызметті жеткізушіге қызметті немесе тауарды сұрату ақпаратын беру және керісінше – қызмет ақпаратын (контентті) беру бойынша «ақпараттық құбыр» қызметін ғана жүзеге асырады. Мұндай кесте қазір енгізіліп жатқан жобаларда кейбір түрлендірмелермен қоса қолданылуда. Егер тұтынушы мен жеткізуші арасындағы қаржылық қатынастар тікелей жүзеге асырылса («а» нұсқасы), не болмаса, қолданыстағы ақшасыз төлем жүйелерін қолдану арқылы жүзеге асырылса («ә» нұсқасы), бұл әбден қанағаттандырылғы жағдай.



1 сурет – Сауда транзакцияларын жүзеге асырудың екі нұсқасы

Алайда ұялы сауда сызбасындағы тұтынушы мен жеткізушінің тікелей өзара әрекеттері бір қосалқы процестің бөлігі болып табылатын, бірі – жеткізушінің ақпараттық жүйесінде, ал екіншісі – қызметті тұтынушының телефонында орналасқан қосалқы бағдарламалардың өзара әрекеттесуі арқылы ғана жүзеге асырылуы мүмкін. Жеткізушілер өте көп болса, мұндай жүйені елестетудің өзі қиын. Сондықтан сауда сызбалары әдетте белгілі бір делдалдың – қызметтердің және электронды (ұялы) төлем жүйесінің интеграторының болуын шамалайды. Алайда әрбір операцияға жедел қатысатын делдалдың қажеті жоқ. Керісінше, бұл бүкіл жүйені қиындатады және қаржы делдалымен қауіпсіз транзакцияларды жүргізумен байланысты болып келеді. Қызмет алу уақыты ұлғаяды, бұл NFC негізіндегі қызметтерге тән.

Неғұрлым тиімді түрде қызмет интеграторының функциясын ұялы байланыс операторы өзінің төмен деңгейлі мүмкіндіктерін пайдалана отырып орындай алады. Оған қоса, электронды есеп айырысу әлі де кең тарала қоймаған Қазақстанда көптеген абоненттер үшін оператордағы өздерінің есеп шотындағы қаржыны қолданған әлдеқайда ыңғайлы болуы мүмкін.

Бұл абоненттерге басқа себептермен қажет болмаған жағдайда ұялы төлем жүйелерінде шот ашпай-ақ қоюға мүмкіндік береді. Дәл осындай жағдай, біздің көзқарасымызша, басқа төлем кестелерін қарастыруды жоққа шығармаса да, NFC негізіндегі қызметтерді стандарттаудағы негізгісі ретінде қарастырған дұрыс.

Абонент пен қызметтерді жеткізуші арасындағы сауда операцияларының бүкіл ақпараттық алмасуы ҰЖБ операторы арқылы өтетіндіктен, оператор өткізуші буынның рөлін атқарып қана қоймай, сонымен қатар абоненттің қызметті жеткізушімен ақпараттық әрекеттесуіне де белсенді түрде қатыса алады, бұл, негізінен, IMS концепциясымен қарастырылған.

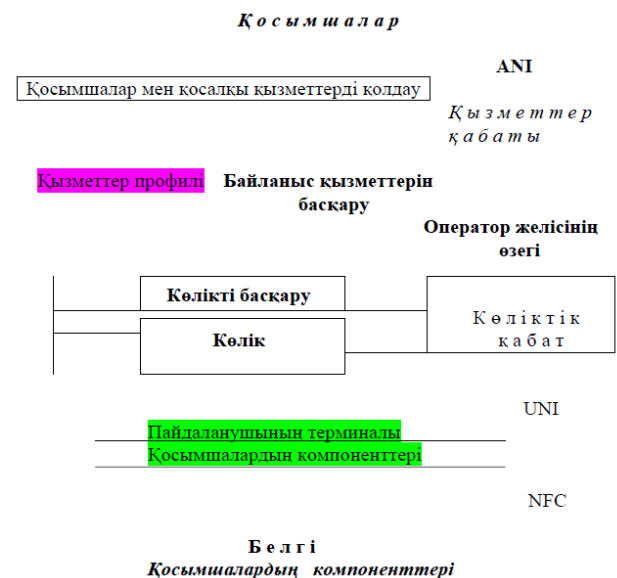
Мұндай амалдың мақсаттылығы байланыс желілерінің өзгермелі функцияларынан туындайды, себебі қызметтерді басқарудың қиындатылған процедураларымен қатар енді контентті беру, сондай-ақ оны өңдеу, контентті басқару және контентті-тәуелді беру процедуралары жиі орындалады. Бұл МСЭ-Т Y.110 [3] ұсыныстарында сипатталған, онда қосымшалар мен желілі сервистердің арасында аралық орынды алатын функцияларға қосалқы қызметтердің функционалының ауысуының тенденциясы көрсетілген (middleware). Нәтижесінде байланыс операторы қызметтерді бірігіп жеткізушіге айналады.

Іс жүзінде оператор не қызметтердің реселлері, не оны бірігіп жеткізуші ретінде әрекет ететін бизнес-модельді ҰЖБ операторлары мен Ғаламтор провайдерлері қолдануда, ендігі жерде АКТ қызметтерінің көптеген бағыттары бойынша NFC қарамай-ақ дамитын болады. Шын мәнінде, АКТ қызметінің қарқынды даму ортасы көптеген жеткізушілердің қызметін пайдаланатын көптеген тұтынушыларды біріктіретін болады. Тұтынушылар – байланыс операторының абоненттері – келісімшарт құрып, есеп шоты ашылған өзінің дербес байланыс операторы арқылы қызметті жеткізушілерден ақпарат алу мүмкіндігі болады. Бұл есеп шот оператор жеткізетін бүкіл байланыс қызметтері мен қосалқы қызметтер үшін бірыңғай төлем құралы болып табылады. Ал оператор болса, қосалқы қызметтерді ұсына отырып, өзінің абоненттерінің алдында ол үшін жауапкершілікте болады, бұл қызмет нарығындағы қарым-қатынасты реттейді.

Құрылысы

NFC технологиясын пайдалана отырып қызметтерді ұсыну моделін байланыс желілерінің технологиясының даму мәнмәтімен бірге қарастырған жөн. Бүгінгі таңда 3G желілерінің концепциясы және бұдан әрі NGN [4] концепциясымен бірге даму бағдары бола алады. Онда көліктік, байланыс қызметі және қосымша сияқты қабаттарға бөлінген (Stratum) деңгейлі құрылыс қарастырылған. Алғашқы екі қабат байланыс желілерінің құралдарымен іске асады. Қосымша қабат түрлі қызмет жеткізушілер пайдаланушыларға құрастырып, жеткізетін бүкіл қосалқы қызметтердің жиынтығын білдіреді. NFC негізіндегі қызметтер үшін контентті құрастыратын қосымшалар қосымша қабатта орналасқан және қызметтер қабатында осы қосымшалардың ерекшелігін қолдау (middleware) функциясымен әрекеттеседі. Соңғысы қызметтің бастапқы функционалдылығына желілі пайдаланушыға қызметті жеткізуге қажетті өзінің

функционалдылығын қосады. Бұл функционалдылық, мәселен, хаттамаларды құрастыру, пайдаланушылар мен жеткізушілердің аутентификациясын, пайдаланушының аппаратындағы сәйкес мидлетті басқаруды, талап етілетін сапа мен қауіпсіздікті, есептеулер мен өзара есептесулермен байланысты қызметтерді, міндеттерді есептеуді қамтамасыз ете алады. Мұндай желілік деңгейдің функционалымен әрекеттесетін айрықша функционал құрастырылып, ҰЖБ операторының платформасына бекітілуі тиіс. IMS концепциясы мен интерфейсдердің стандарттауынан бастау алатын болсақ, онда осы жаңадан құрастырылатын функционал құрылғының желілік өзегінде қолданылатын өндірушіге және ҰЖБ операторына тәуелді болмауы керек. NFC технологиясы қолданылатын қызметтерде ұялы байланыс аясындағы көптеген басқа қызметтер сияқты (Ғаламтор аясындағы сияқты) пайдаланушының аппаратында тек осы қызмет тобына жататын бірталай арнайы функциялардың болуын қарастырады. Демек, қосымшалар байланыс желілерінің қарапайым құралдарымен ғана іске асырылмайды, сонымен қатар пайдаланушының терминалында арнайы бағдарламаның (мидлет) болуын талап етеді, ол бағдарлама бір жағынан NFC интерфейсін бойынша өзара әрекеттесуді, ал екінші жағынан, желілік құрылғыда қосымшаларды қолдау функциясымен әрекеттесуді жүзеге асырады. Осыған байланысты МСЭ-Т және ETSI ұсыныстарында ұсынылған деңгейлік құрылым 2 суретте көрсетілгендей, кеңейеді.



2 сурет – Деңгейлік құрылымның кеңейюі

NFC интерфейсі төменгі дәрежелерде стандартталған. UNI (User-Network Interface) және ANI (Application Network Interface) интерфейстері эталонды нүктелерге ұқсайды, онда нақты жүзеге асырылуына сәйкес қандай да бір физикалық интерфейс болуы мүмкін. Жүйені ашық түрде жасау үшін NFC интерфейсі мен UNI және ANI эталонды нүктелеріне жоғары дәрежелі шешімдерді стандарттау қажет. Яғни, стандарттау әрекеттесу процедурасына және қосымшалар деңгейіндегі хабарламалар форматына қатысты болуы керек.

Ұялы байланыс операторы арқылы жүзеге асырылатын NFC қызметінің бүкіл түрлілігі келесі негізгі сценарийлер аясына енеді:

- Кез келген пайдаланушының тегін ақпаратты сұратуы және алуы,
- Авторландырылған пайдаланушының тегін ақпаратты сұратуы және алуы,
- Алынуы кейінге қалдырылған ақылы қызметті сұрату,
- Ақылы қызметті сұрату және дереу алу,
- Ерте тапсырыс берілген және ақысы төленген қызметті алу.

Бұл сценарийлер қауіпсіздік пен өзара есеп айырысу мәселелеріне жататын кейбір бөлшектермен ажыратылады, бірақ интерфейстерді стандарттау кезінде көрініс табуы тиіс негізгі процедуралар мен қызметті және контентті басқару деректеріне қатысты бірдей болып келеді. Бұл бүкіл жүйені айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік береді.

Қауіпсіздікті қамтамасыз ету

Қауіпсіздік қызметтерді жеткізушіні де, қызметтерді тұтынушыны да алаяқтықтан және қызметкерлердің қателіктерінен қорғайтын арнайы шаралардың қолданылуын білдіреді. Ұсынылатын қызмет түрінде абоненттің шотынан ақша ұрлау, басқа абоненттің есебінен қызмет алу, қызметті тегін алу, қызметке қолжетімділікті тыю (абонент дәрежесінде немесе жеткізуші дәрежесінде), абонентті төленген қызметті пайдалану мүмкіндігінен айыру (мысалы, жол жүру билеті) қызметтің осы түріне тән айрықша қатер болып табылады.

Осы қатерлердің келтірілген талдауы алмасудың қарастырылған сызбасын пайдаланғанда, олардың басым бөлігі жүргізілетін транзакцияларда әрбір хабарламаны жіберушінің дәйекті аутентификациясы арқылы шешілуі мүмкін екенін көрсеткен. Мұнда негізгі рөл өзара әрекеттесу кестесінде орталық орынды иемденетін нысана ретіндегі ҰЖБ операторына беріледі. Және де ешқандай ақпарат оператор арқылы ашық түрде өтпейді. Қосалқы ақпаратпен мәнмәтінде бірге жүретін хабарламаны жолдаушының желілік сәйкестендіргіштері (ISIM, URI) мұндай аутентификацияның негізі бола алады. Желілік хаттамалар құрамында жіберілетін (желілік дәрежеде) желілік сәйкестендіргіштер қарастырылып отырған қатерлерге қатысты

белгілі бір қорғанысқа ие. Авторландырудың басқа факторларын пайдалану (PIN және т.с.с.) қызметтердің басым бөлігі үшін қолдануды қажет етпейді, өйткені, қауіпсіздіктің жеткілікті дәрежесі басқа құралдармен қамтамасыз етілуі мүмкін, ал бірыңғай PIN көптеген қызметтерде қосымша қорғанысты құрмайды. Бірақ ол бірталай ақшалай қаражатты тартатын және осындай қызметке қолжетімділік құқығын жекелей тіркеудің сауда транзакциясын жүргізуде қажет болуы мүмкін. Операторда осы деректерді абоненттің профилінде белгілеу және авторландыруды орындау мүмкіндігі болуы керек.

Қызметті сұрату кезінде NFC интерфейсінде алмасудың қарастырылып отырған сызбасында өздігінен құнды болып табылатын қандай да бір ақпарат болмайды. Алайда қаржылық маңызды транзакцияларды алаяқтықтан қорғауды қамтамасыз ету керек, ол дегеніміз қоңырауды пайдаланушының сұранысына сәйкес келмейтін бағытқа бағыттайтын жалған белгіні қою болып табылады. Алмасудың ұсынылған сызбасында бұл өте оңай шешіледі.

ҰЖБ операторы мен қызметті жеткізуші арасындағы желі аймағындағы ақпараттық қауіпсіздік жалпыға ортақ желілік шаралармен қамтамасыз етілуі тиіс. Егер дұрыс пайдаланса, олар ұялы төлемнің қарастырылып отырған сызбасында пайдаланушылардың транзакциясын қорғауға толығымен жетеді.

Басқару

Қызметтердің ұсынылған моделінің пайдасына тағы бір дәлел қызметтерді басқару мүмкіндігінің ашылуы болып табылады.

Жоғарыда айтылғандай, телефон аппаратында NFC қосымшаларын қолдауды жүзеге асыратын белгілі бір бағдарлама (мидлет) болуы керек. Түрлі жеткізушілерден келіп түсетін қосымшалар біртұтас пайдаланылатын болса, онда олардың әрқайсысына жеке өзінің бағдарламасы қажет болады. Қазіргі заманғы ұялы терминалдар көптеген осындай бағдарламаларды құруға және іске қосуға мүмкіндік береді. Бірақ оларды пайдаланушының өзі орнатуы оңай іс емес, екіншісі бірінің қолынан келе бермейді. Бұл өмірлік айналым процесінен туындайтын бағдарламалардың көбінің өзгерісін қадағалауды да қиындатады. Оған қоса, жеткілікті түрде нақты жазылмаған немесе телефонның нақты моделінің мүмкіндіктеріне сәйкес келмейтін мидлет ұялы телефонның қауіпсіздігіне нұқсан келтіруі не болмаса оның толықтай істен шығуына әкелуі мүмкін екенін естен шығармаған жөн.

Телефонда оператор басқаратын қосымшалармен әрекеттесетін бір немесе бірнеше бағдарлама болған жағдайда жоғарыда аталған қатерлер азаяды. Осы мақсатпен OTA (Over the Air) технологиясы пайдаланылуы мүмкін, ол операторға телефонға қашықтықтан бағдарламаларды, параметрлерді, криптокілттерді және т.с.с. орнатуға және диагностика жасауға мүмкіндік береді. Мұндай техникалық саясат кереғарлық

жағдайларды азайтып, оператордың жауапкершілігінің кепілдемесіне қатысты талаптарға толықтай сай келеді.

Есептеулер

Ұсынылған қызметтердің есебі байланыс желілеріне тән ұсынылған қызметтердің есебі негізінде жүзеге асырылуы мүмкін, ол байланыстың әрбір оқиғасы бойынша толық деректердің тіркелуінен құралады.

Осы деректер (CDR – Call Date Record) белгілі бір уақытта жиналып, есеп орталығына жолданады, онда осылардың негізінде басқа байланыс операторларының есеп айырысу сияқты қызметті жеткізушімен есеп айырысуға қажет төлем құжаттары құрылады. Мұның ерекшелігі CDR жеткізушіден алынатын хабарламалардың қызмет бағасына енгізілетіндігі.

Қызметті жеткізуші мен оператор арасындағы есеп айырысулар қызметті жеткізушінің шығындарын азайтуды қамтамасыз ететін олардың біріккен қызметінен келіп туындауы мүмкін. Демек, оператор қызметті бірігіп жеткізуші ретінде осы технологияны енгізуден жеткізушіде туындайтын шығындардың қысқаруына сәйкес өтемақы ала алады. Бұл қызметтің осы түрінің тұтынушылық сапаларын дамытуға операторды ынталандырады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қызметтерді ұйымдастырудың қарастырылған сызбасы NFC интерфейсін ҰЖБ желілерімен біріктіріп пайдалануға негізделеді. Мұнда ҰЖБ желілік элементтері пайдаланушы мен қызметті жеткізушінің арасында жүзеге асырылатын транзакцияларды өңдеуге тікелей енгізілген. Қызметтің осы түрін кең көлемде енгізуді қамтамасыз ету үшін UNI және ANI сыртқы желілік интерфейстерін стандарттау және ұсынылған қызметтерді ҰЖБ абонентінің дербес шотынан төлеу керек. Ұсынылған шешім қызметтің осы түрінің нарығындағы бүкіл қатысушыларды жаңа мүмкіндіктермен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Тұтынушыларға сауда операцияларын орындауда және ақпаратты алуда уақытын, күшін және қаражатын үнемдеуді қамтамасыз ететін көптеген қызметтерге еркін мүмкіндік алады.

Қызметтерді жеткізушілер үшін NFC қызметінің нарығы қолжетімді болады, нәтижесінде олар сату көлемін ұлғайтып, қасалық операциялар мен инкассация шығындарын азайта алады.

ҰЖБ операторы қызметті жеткізушінің сауда сызбасына белсенді түрде қатысу есебінен қосымша кіріс алады, абоненттердің дербес шотындағы қаражат сомасын ұлғайтады. Экономикалық тиімділік интерфейстердің стандартталуы және ашықтығымен шартталған қызмет нарығының кеңеюінің арқасында бірнеше есеге көбейеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 ISO/IEC 18092 Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Near Field Communication – Interface and Protocol (NFCIP-1).

2 www.cforum.ru/newlist/cfnews/mcommerce.

3 Рекомендация МСЭ-Т Y.110 Global Information Infrastructure principles and framework architecture.

4 Рекомендация МСЭ-Т Y.2011. Next Generation Networks - Frameworks and functional architecture models. General principles and general reference model for Next Generation Networks ITU-T.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

Ж. Д. Манбетова, Г. Д. Касимова

Способы развития технологии NFC в телекоммуникации

Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Zh. D. Manbetova, G. D. Kasimova

Ways to develop NFC technology in telecommunications

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana.

Material received on 05.06.17.

В статье рассматривается один из возможных подходов к реализации прикладных услуг с использованием интерфейса NFC в сетях подвижной связи, его реализация и преимущества.

The article considers one of the possible approaches to the implementation of application services using the NFC interface in mobile communication networks, its implementation and benefits.

Б. Е. Машрапов, Д. Д. Исабеков

¹доктор PhD; ²магистр, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹bokamashrapov@mail.ru; ²Dauren_pvl2012@mail.ru

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ НАЛАДКИ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ НА ГЕРКОНАХ

В данной статье авторы рассматривают методику наладки токовых защит на герконах и схему лабораторного стенда.

Ключевые слова: токовая защита, геркон, промежуточное реле, наладка, задержка на срабатывание.

ВВЕДЕНИЕ

Токковые защиты широко применяются на электрических станциях и подстанциях, а также промышленных и сельскохозяйственных предприятиях. Однако они, как и подавляющее большинство устройств релейной защиты, получают информацию от трансформаторов тока (ТТ), которые имеют общепризнанные недостатки [1]. Работы по созданию ресурсосберегающих защит на основе других датчиков тока ведутся еще с 60-х годов 20-го столетия, например [2], и являются актуальными и по сей день [1, 3, 4]. При этом одним из направлений по созданию таких защит является их построение на герконах, чем уже 30 лет занимаются в Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова. За эти годы были разработаны основы построения ряда защит [4, 5, 6, 7, 8]. Однако их реализация, как и наладка, имеет свои особенности. В данной работе предлагается лабораторный стенд для наладки токовых защит на герконах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Лабораторный стенд (рис. 1) состоит из катушки индуктивности L с количеством витков $W=5000$ и длиной 20 см, подключенной через автоматический выключатель SA1 и амперметр А, типа Fluke 87V, к лабораторному автотрансформатору Т1 типа ЛАТР-1М; источника Т2 постоянного напряжения 220 В, в качестве которого использовался РЕТОМ-21; двухканального осциллографа РГ типа АКПП-4115/4А; резисторов R1, R2 ($R1 < R2$). Плюс источника Т2 постоянного напряжения подключен к клемме «1», минус – к клемме «2». Резисторы R1 и R2 включены последовательно и подключены к клеммам «3» и «4». Один из входов осциллографа РГ подключен параллельно резистору R1.

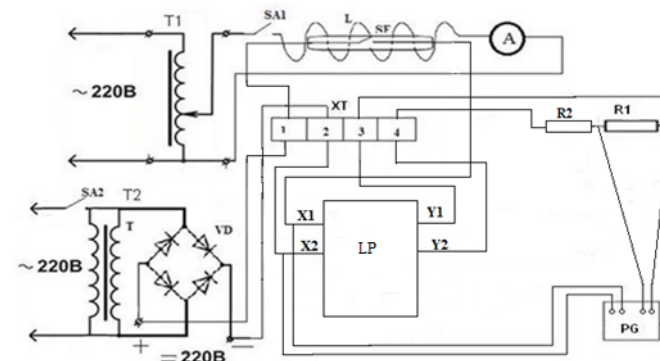


Рисунок 1 – Принципиальная схема лабораторной установки и токовой отсечки

Методика наладки. Перед проведением наладки токовой защиты на герконах задаются параметрами, которым она должна соответствовать. Затем геркон SF устанавливают внутрь катушки индуктивности L. К клеммам «1» и «2» через контакты геркона подключают входы питания логической части защиты. К клеммам «3» и «4» подключают выходы логической части защиты LP. Второй вход осциллографа РГ подключают параллельно входам питания логической части защиты LP.

После выполнения необходимых подключений включают автоматический выключатель SA1 и на катушку индуктивности L с лабораторного автотрансформатора Т1 подают напряжение (при этом источник питания постоянного напряжения Т2 находится в отключенном состоянии). Изменяя напряжение на катушке индуктивности L фиксируют с помощью амперметра А ток, при котором геркон SF начинает срабатывать. Указанный ток принимают за ток срабатывания защиты. Однако при этом токе проверку соответствия защиты заданным параметрам не осуществляют, так как исходя из обеспечения чувствительности, минимальный ток короткого замыкания, при котором требуется срабатывание защиты должен быть больше тока срабатывания защиты как минимум в k_q раз (k_q – коэффициент чувствительности настраиваемой защиты). Поэтому повышают ток в катушке индуктивности L в k_q раз и отключают автоматический выключатель SA1.

Включают источник постоянного напряжения Т2, путем замыкания контактов выключателя SA2. Включают автоматический выключатель SA1, и записывают кривые изменения напряжения на переменном резисторе R1 и входах питания логической части защиты LP с помощью осциллографа РГ. Отключают автоматические выключатели SA1, SA2. По снятым

осциллограммам измеряют необходимые напряжение и время. Если эти значения не соответствуют заданным изначально, то изменяют параметры элементов логической части защиты LP и повторяют указанные выше действия.

После подбора необходимых параметров элементов устройства защиты проверяют выполнение указанных выше условий при токах в катушке индуктивности L, превышающих ток срабатывания защиты в 3-40 раз. Для этого, не включая источник постоянного напряжения T2, включают автоматический выключатель SA1 и в катушку индуктивности L подают ток, постепенно повышая его до необходимого значения, и отключают автоматический выключатель SA1. Затем повторяют действия, описанные выше. Если при всех значениях тока в катушке индуктивности обеспечивается выполнение заданных условий, то защита считается налаженной и готовой к установке.

ВЫВОДЫ

Предложенная методика наладки токовых защит на герконах позволяет обеспечить необходимые параметры защиты на любом типе геркона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Дьяков, А. Ф.** Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по материалам 39-й сессии СИГРЭ, Париж). – Энергетика за рубежом, 2004, № 4-5.

2 **Казанский, В. Е.** Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. – М. : Энергия, 1969. – 184 с.

3 **Кожович Л. А., Бишоп М. Т.** (Cooper Power Systems, США). Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского. Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем. – Сборник докладов конференции CIGRE. – М. : Научно-инженерное информационное агентство, 2009. – С. 49-59.

4 **Клецель, М. Я.** Основы построения релейной защиты на герконах. Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем. // Сборник докладов конференции, CIGRE. – Екатеринбург, 2013.

5 **Клецель, М. Я. Мусин В. В.** О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока. – Электротехника, 1987. – № 4. – С. 11-13.

6 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах // Промышленная энергетика – 1990. – № 4. – С. 32-36.

7 **Клецель, М. Я., Майшев, П. Н.,** Особенности построения дифференциально-фазных защит трансформаторов. – Электротехника, 2007, – № 12. – 2-7.

8 Патент 2014114265 Российской Федерации, МПК H02H 3/34 G01R 29/16. Фильтр тока обратной последовательности / А. Б. Жантлесова, М. Я. Клецель, Б. Е. Машрапов; заявл. 10.04.2014; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29. – 8 с.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Б. Е. Машрапов, Д. Д. Исабеков

Геркондарда тоқты қорғауының баптауды орнату үшін лабораторлық стенд

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 05.06.17 баспаға түсті.

B. E. Mashrapov, D. D. Isabekov

Laboratory stand for adjustment of current protection on reed switches

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar. Material received on 05.06.17.

Бұл мақалада авторлар герконда лабораторлық стенд схемасын және тоқтық қорғаныстардың баптауды әдісін талқылайды.

In this article, the authors consider the method of setting current protection on reed switches and the scheme of a laboratory stand.

Р. М. Мустафина¹, Г. О. Оразова²

¹т.ғ.к, профессор; ²аға оқытушы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

e-mail: ¹mustafina_rm@mail.ru; ²orazova_gauhar@mail.ru

ЭКОНОМИКАНЫҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТЕТІН ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК

Мақалада экономиканың тұрақты дамуын қамтамасыз ету мақсатында энергетикада энергетикалық және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету сұрақтары қарастырылған.

Кілтті сөздер: экономика, энергетика, қауіпсіздік, нарық, қаржы.

КІРІСПЕ

Экономиканың тұрақты дамуы экологиялық және энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін белгілі талаптар қояды. Тұрақты даму шеңберінде энергетикалық қауіпсіздік – бұл саланың адам өмір тіршілігіне, экономикаға және қоршаған ортаға қауіпті болып келетін жағдайларда алдын алатын қасиеті.

Энергетика – экономиканың дамуын қамтамасыз ететін, және жалпылай әлеуметтік жүйенің барлық жүйелеріне энергетикалық саланың өту салдарынан кез-келген мемлекеттің тұрақты дамуын қамтамасыз ететін өнеркәсіптің маңызды саласы; өндіріс (өнеркәсіптік, ауылшарушылық) және қоғам энергетикаға толығымен тәуелді. Бірақ отын-энергетикалық кешен жердің экожүйесіне жағымсыз әсерін тигізеді. Биосфера ластануларының 40 % астамы осы кешеннің кәсіпорындарына тиесілі, олар жыл сайын он мыңдаған гектар жерді бұзып жатады, олардың 40 % жуығы мұнайөндіру саласына тиесілі. Электр-энергетикалық сала электр магниттік өрістер себебінен туындайтын территориялар ластауына әкеледі. Көмірсутекті шикізат негізінде жұмыс жасайтын жылулық электр станциялары – парниктік эффектін дамуына әсер ететін, адамға ғана емес, сонымен қатар бүкіл табиғи ортаға жағымсыз әсер тигізетін зиянды заттардың атмосферараға түсуіне себеп болатын көздер. Станция сұрақтары (мысалы, көмір жағудан кейін болатын күл) үлкен территорияларды ластайды, сонымен қатар зиянды заттардың көздері болып табылады.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Табиғи жүйелерін сақтау және қалпына келтіру мемлекет пен қоғамдық әрекеттерінің басты бағыттары болып табылады. Мемлекеттік саясаттың экология саласындағы стратегиялық мақсаты табиғи жүйелерді сақтауға, қазіргі уақытта және болашақта адам қоғамын тұрақты дамуы үшін өмірді қамсыздандыру функцияларын және тұтастығын сақтап қалуға, өмір сапасын жақсартуға, тұрғындар денсаулығын және демографияны жақсартуға, елдің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге негізделген.

Қоршаған ортаны қорғау және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану бойынша маңызды мемлекеттік мәселені шешуге ҚР-ның 1997 ж. 15 шілдеде қабылданған «Қоршаған ортаны қорғау туралы» Заңы, ҚР-ның 2001 ж. 4 маусымда қабылданған «Қоршаған ортаны қорғау туралы» Заңына өзгертулер мен толықтырулар енгізу туралы» Заңы, 2004-2015 жылдарға арналған ҚР экологиялық қауіпсіздік Концепциясы, 2007 ж. 09 қаңтардан ҚР-ның Экологиялық кодексі бағытталған.

Елдің ұлттық және экономикалық қауіпсіздігі басты қоғамдас бөліктерінің бірі болып табылатын энергетикалық қауіпсіздікпен байланысты аса өткір мәселелер ХХ ғасырдың 90 жылдарында күн тәртібінің жүйесіне енгізілді. Жаңа экономикалық қатынастар елдегі электр энергетикалық жүйелерді реформалаудың негізі болды, 1995 жылы электроэнергетика кәсіпорындарын қайта құрылымдау мен жекешелендіру мемлекеттік бағдарламасы бастамасы болды.

Өнеркәсіптің энергетика саласындағы нарықтық қатынастар бәсекелестік үшін объективті негіз қызметін атқарады, ол энергетикалық объектілердің жұмыс тиімділігін ынталандырады, бірақ бұл фактор тұтынушыларды энергиямен жабдықтау сенімділігіне кері әсер тигізеді. Жеке компаниялар мен табиғи монополияларда резервті қуаттарға деген және қосымша тарату желілерін кіргізуде қызығушылықтары жоқ, ал бұл сенімділікті қамтамасыз етудің негізгі шарттарының бірі. Содан басқа, электрлік энергияны өндіретін, тарататын және жіберетін тәуелсіз компаниялардың өзара қатынастарын регламенттейтін келісім шарттарда сенімділікті қамтамасыз етудің түрлі амалдар мен нормалары бар. Электр энергетикалық саланың жүйесін ұйымдастырудың индустриалды моделі кезінде электрлік жүйенің сенімділігін қамтамасыз ету сұрақтары техникалық тапсырма ретінде қарастырылды. Энергетиканы ұйымдастырудың бәсекелестік моделіне қатысты жаңа экономикалық қатынастар энергия жүйелерінің функционирлеу сенімділігі техникалық факторларға ғана емес, сонымен қатар экономикалық факторларға тәуелді.

Энергетикалық нарықтағы бәсекелестік тұтынушылардың энергиямен жабдықтау мәселесін күрделендіре түскендіктен, халықаралық энергетикада тұтынушылардың энергиямен жабдықтау сенімділігін қамтамасыз етудің негізгі

мәселелері анықталған, олардың мәні келесіде, бәсекелестік жағдайында қалыптты жағдайда сенімділікті ұстап тұратын амалдар мен құралдарға талаптарды өзгерту қажеттілігінде (қуаттарды резервтеу, қондырғылар, желілер, сенімділік бойынша заманауи нормативтер және т.б.). Осында басқа, одан да жетілдірілген, нарықтық экономиканың талаптарына жауап беретін қабылдағыштардың электрэнергетика мен энергия жабдықтау жүйелерінің сенімділігін басқаратын формаларды, электрэнергия нарығында нормативті-құқықтық қатынастарды ғана емес сонымен қатар сенімділікті қамтамасыз етудің қажетті жағдайларын (техникалық, ұйымдастырушылық, экономикалық және т.б.), ойлап табу керек.

Осыдан шығатыны, нарықтық экономика жағдайларында электрмен жабдықтауды қамтамасыз ету – елдің энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды мәселелерінің бірі. Энергетикалық қауіпсіздіктің гаранты ретінде елдің бірегей энергетикалық жүйесі болып табылады, ол арқылы өндіретін қуаттардың минималды резервтері кезінде электрэнергетиканың сенімділігі мен ұзақтығын қамтамасыз етіледі. Бірыңғай энергетикалық жүйе алып жататын аймақтарда ортанылған қуат шеңберінде минималды резервтер кезінде электрмен жабдықтаудың сенімділігі дамыған жүйе аралық энергетикалық байланыстар жүйесімен, энергия жүйенің барлық бөліктерінің тұрақты жұмысымен қамтамасыз етіледі. Осында бірегей энергетикалық жүйеде көбінесе назар аударылады: жұмыс мерзімдерін ұзарту үшін және техникалық модернизациялау, қайта қаруландыру, жаңа қондырғылармен ескерген және моральды тозған қондырғыларды ауыстыру үшін қондырғының диагностика мен жоспарлық-алдын алу жөндеу жұмыстарына, мамандарды дайындау және қайта дайындауға назар аударылады.

Энергетикалық қамсыздандыру мәселелері республиканың жеке аймақтары үшін маңызды, өйткені отын-энергетика ресурстарының және жылулық және электрлік энергия көздерінің орналасу біркелсіздігі жағдайларында аймақтарды энергия молшылық немесе энергия жетіспейтін аймақтарға жатқызады. Елдің және оның алты аймағында электрлік энергияның бір басқа тұтыну мен 1990 базалық жылға қатыста электрэнергияның балансындағы өзіндік көздер үлесінің энергетикалық қауіпсіздігінің орындалған талдауы энергетикалық қауіпсіздіктің мониторинг жүйесін құрастыруға иетрмелеп тұр.

Еліміз бойынша электрлік энергияның бір басқа тұтыну индикаторының ең нашар мәні 1999 жылы орын алды – 46,2 %, ол кризистік жағдайдың қатерлі кезеңіне сәйкес келеді. 2000 жылдан бастап осы көрсеткіш жақсарып келеді, бірақ кризистік жағдай аймағында болып тұр (59 % жуық). Аймақтан тыс орналасқан, электрлік энергия көздеріне тәуелді аймақтарға республиканың батыс, оңтүстік және орталық территориялары жатады, осы аймақтар аталған индиктор бойынша кризистік жағдай аймағында жатыр; электрлік энергия балансындағы өзіндік көздердің үлесі осы аймақтарда 9,35 % – 63,4 % шеңберінде жатыр. Солтүстік-

шығыс аймағында ғана электрлік энергияның бір басқа тұтыну индикаторы қалыптты жағдай аймағында орналасқан, екінші көрсеткіш бойынша (электрлік энергия балансындағы өзіндік көздерді үлесі) аймақ донор (231 %) болып келеді.

Энергетика саласына орталықтандырылған мемлекеттік қаржыландырудың азаюы саланың даму деңгейінің төмендеуіне әкелді, техникалық қамсыздандырудың төмендеуіне, менгерілетін қаржыландырудың азаюына және өткен жылдың 90-шы жылдарында және 2000 жылдардың басында жаңа қуаттарды енгізудің төмендеуіне әкелді. Жаңа қуаттарды енгізудің болмауы мен жаңа қондырғылардың орнатылмауы, төмен техникалық деңгей мен электртехникалық қондырғының және жөндеуінің төмен сапасы, оның моральдік және физикалық тозуы сол уақыт кездерінде аймақтар мен бүкіл елдің энергетикалық қауіпсіздіктің деңгейін төмендетті.

Республика экономикасының заманауи даму кезеңі ел шаруашылығының бүкіл салаларында тұрақты экономикалық өсуіне бағытталуымен сипатталады, сонымен қатар осы үрдістің аймақтық аспектілеріне басты назар аударылады, өйткені жеке аймақтардың өміртіршіліктері жалпы елдің экономикасына жағдайын анықтайды. Энергетикалық салаға қаржыландырусыз оның әрі қарай дамуы және ел экономикасының тұрақты дамуы мүмкін емес, ал бұл елдің экономикалық және энергетикалық қауіпсіздігіне әсерін тигізеді. Энергетикалық жобалардың жоғары құны, энергетика объектілерінің ұзақ құрылысы мен эксплуатациясы күрделі қаржыландыруды талап етеді. Бірақ елде нарықтық экономиканың тұрақтану жағдайында қосымша қуаттарды енгізу қажеттілігін, олардың мерзімдерін және көлемдерін жобалау мүмкін емес, сондықтан қаржыландыруды тәуекелін жоғарылатады.

Энергетика саласындағы тәуекелді азайту және инвестициялық үрдістерді белсендіру үшін мемлекеттің жеңілдікті шарттармен, мемлекеттің бюджеттен қайтара алу негізінде, қаржылық қолдауы қажет. Содан басқа, белгілі мерзімге берілетін салықтық жеңілдіктер ірі қайта құрылымдарды жүзеге асыруға және энергетика кәсіпорындарының жаңаруына себеп болушы еді. Энергетикалық кешеннің объектілерін жаңарту бағдарламалары жеңілдікті несиелендіру бойынша жүзеге асырылатын инвестициялық жобалардың мемлекеттік тізіміне қосылу керек.

Өздігінен қаржыландыратын энергетика кәсіпорындарының жұмысын қарастыратын нарықтық жағдайында тарифтердегі маңызды бөлігін, құрастыру мерзімдерінің ұзақтығын және электрэнергетика объектілерінің өзін өтеу мерзімдерін есепке ала, энергетикалық салаға маңызды қаржыландыру жасау үшін экономикалық дәлелденген инвестициялық құраушысы құрау керек. Тарифтік саясат, әрі қарай дамуға және ел экономикасының энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған, энергетика саласындағы болатын реформалармен тура байланысты болу керек [1].

Электрлік энергия өндірудің өсуі елдегі өндірудің өсу қарқындылығынан артта қалып жатыр (2004 ж. жалпы ішкі өнім 2003 ж. қарағанда 27,28 % өсті; ал 2005 ж. өсу 2004 қарағанда 29,31 % өсті) [2]. Қазіргі кезде республикада электрэнергиясының сұраныс пен ұсыныстың теңгерімі бар, бұл өткен жүзжылдықтың 90-шы жылдары мен 2000 жылдардың басында өндірістің күрт төмендеуімен және төлек қабілеттігінің азаюымен түсіндіріледі. Электрлік энергияны генерациялау қарқындылығының өсуі елдегі өндірісі өсуінен артта қалатын болса осы теңгерім бұзылады, ал бұл энергетикалық және экономикалық қауіпсіздік деңгейіне кері әсерін тигізеді. Бірыңғай энергетикалық жүйедегі электрлік энергия тұтынудың өсуі бірыңғай энергетикалық жүйенің құрамына кіретін электрлік станциялардың орнатылған қуаттарын арттыру арқылы қамтамасыз етілу керек. Электрлік станцияның қуаттарын кеңейтетін резервілер бар. Электрлік станцияларда орнатылған қуаттың пайдалану коэффициентінің тиімділігі жылдан жылға шамалы өсіп жатады (2005 жылы 2004 жылмен салыстырғанда 0,6 %), қазіргі уақытта бұл коэффициенттің шамасы 40 % аса құрайды. Сондықтан, жақын болашақта электрлік энергияны тұтынуының өсуін әрекеттегі электрстанциялардың орнатылған қуаттарын пайдалану тиімділігін жоғарылату арқылы қамтамасыз етуге болады. Бұл рұқсат етілген шектерде электрэнергиямен қамсыздандыру жағынан энергетикалық қауіпсіздікті сақтауға және алдағы бірнеше жылда осы бағыттағы болу мүмкін қауіпті алдына алуға көмектеседі.

Энергетикалық қауіпсіздікке қатерлі болып келетін кризистік құбылыстардың бірі республика экономикасының ысырапшылдығы болып табылады. Батыстың дамыған елдері мен ТМД энергия тұтынуды салыстырғанда, ТМД елдерінің ішкі бүкіл өнімнің меншікті энергия сыйымдылығы әлемдік көрсеткіштерінен асып жатқанын көреміз (Жапонияда – 4 есе, АҚШ – 2,5 есе).

ҚОРЫТЫНДЫ

Өткен жүзжылдықтың 70-шы жылдардың басындағы болған энергетикалық кризиспен байланысты орын алған энергия ресурстарына деген жоғары баға мен олардың жетіспеушілігі салдарынан, батыс елдерінде энергияны үнемдеу шараларын жүзеге асыру арқылы энергияны тұтыну төмендеді. 1981 ж. дамыған елдерде толық тұтыну 1977-1978 ж. деңгейіне дейін төмендеді, АҚШ-та – 1974 ж. деңгейіне дейін, Англияда – 1970 ж. дейінгі деңгейіне дейін төмендеді. Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, энергия көзінің ең арзан әрі экологиялық таза энергия үнемдеу болып табылады. Қазіргі уақытта энергиятасушыларына кететін шығындар ТМД елдеріндегі кәсіпорындарда негізгі болып тұр. Мамандардың болжамдарына сәйкес көптеген жағдайда энергия үнемдеу шаралары қуат көзі мен энергияға деген өсіп келе жатқан сұранысты қамтиды.

Өркениетті елдердің үшін тұрақты даму – энергия үнемдеу және энергия тиімділік саласында даму болып табылады. Энергияны шығындаушы технологиялардан аз энергия сыйымдылықты технологияларға алмастыру арқылы Республиканың тұрақты даму жолына ауысу өндіруші қуаттарды арттыру үшін қажетті қаржылардың жетіспеушілігі кезінде маңызды, содан басқа электрлік энергияға деген сұраныс төмендейді және энергетикалық және экологиялық қауіпсіздік жоғарылайды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Тиесов, С. А.** О принципах тарифной политики в электроэнергетике / С. А. Тиесов // Саясат. – 1998. – № 3. – С. 29-32.

2 **Кенжегузина, К. М.** Реформирование экономики Казахстана: проблемы и их решения / М. Б. Кенжегузин, А. К. Кошанов, М. Г. Исаева, Н. К. Нурланова. – Алматы : НАН РК, 1997. – С. 77-81.

3 **Сибикин, Ю., Сибикин, М.** О Важнейших направлениях энергосберегающей политики Российской Федерации / Ю. Сибикин, М. О Сибикин // Промышленная энергетика. 1994. – № 11, – С. 15-19.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

Р. М. Мустафина, Г. О. Оразова

Энергетическая и экологическая безопасность для обеспечения стабильного развития экономики

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

R. M. Mustafina, G. O. Orazova

Energy and environmental safety for ensuring stable economic development

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 05.06.17.

В статье рассмотрены вопросы обеспечения энергетической и экологической безопасности в энергетике с целью обеспечения стабильного развития экономики

The article considers the issues of ensuring energy and environmental safety in the energy sector in order to ensure stable development of the economy.

Н. Б. Мухамеджанов¹, Б. Р. Жалымбетов²

¹оқытушы, Х. А. Ясави атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.; ²оқытушы, Кентау көпсалалы колледжі, Кентау қ.

e-mail: ¹nuri_1992.92@mail.ru; ²zhalymbetov75@mail.ru

ҚАЙТА ЖАҢҒЫРЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ГИБРИДТІ ЖҮЙЕНІ ҚҰРУ

Бұл мақалада қайта жаңғырылатын энергия көздері, қайта жаңғырылатын энергия көздерін пайдаланған жағдайда энергияны үнемдеу, күн, жел, биогаз энергиясын пайдалануға негізделген төмен қуатты гибридті электр станцияны жобалау дәстүрлі энергия көздерінен алыс қашықтықта орналасқан фермерлік шаруа қожалықтарының электрмен қамтамасыз ететін тиімділігі жоғары, сенімді және экологиялық таза жүйені құру мәселелері қарастырылған.

Дәстүрлі емес энергия көздеріне негізделген гибридті энергетикалық станция тұтынушыларға энергия көзін барынша жоғары деңгейде сапалы жеткізуді қамтамасыз етеді. Күн сәулесінен, желіден және биогаздан қолайлы жағдайда тұтынушыларға энергия жеткізіп береді.

Қазіргі таңда қолжетімді қайта жаңғырылатын энергия көздері ретінде күн энергиясы, жел энергиясы және биомасса энергиясы танылады.

«Күн-жел-биогаз» гибридті электр энергия көзі жаңадан құрылып жатқан және фермерлік шаруа қожалықтарында қолдануға бағытталған, себебі, біріншіден ауылды аймақтарда күн батареяларын орналастыруға қажетті жер аумағы жеткілікті, екіншіден жел генератордың жұмыс жасауына кедергі жасайтын биік ғимараттар жоқ, сондықтан аса биік мұнаның қажеті болмайды, үшіншіден биогазды қондырғыға қажетті шикізат, яғни мал тезегінің қоры мол.

«Күн – жел – биогаз» гибридті электр энергия көзінің сұлбасы жасалған.

Кілтті сөздер: қайта жаңғырылатын ресурстар, күн, жел, биогаз, гибридті энергия көздері, жел генераторы, гибридті электр станция.

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда адам өмірін электр энергиясыз елестету мүмкін емес, сонымен қатар жылу энергияға деген сұраныс жоғары деңгейде. «Күн-

жел-биогаз» гибридті электр энергия көзі жаңадан құрылып жатқан және фермерлік шаруа қожалықтарында қолдануға бағытталған, себебі, біріншіден ауылды аймақтарда күн батареяларын орналастыруға қажетті жер аумағы жеткілікті, екіншіден жел генератордың жұмыс жасауына кедергі жасайтын биік ғимараттар жоқ, сондықтан аса биік мұнаның қажеті болмайды, үшіншіден биогазды қондырғыға қажетті шикізаты, яғни мал тезегінің қоры мол [1]. Осылайша, фермерлік шаруа қожалықтары үшін «Күн-жел-биогаз» гибридті электр энергия көзі тиімді болып табылады және де шаруа қожалықты кеңейтуге мүмкіндік береді.

Күн, жел, биогаз энергиясын пайдалануға негізделген төмен қуатты гибридті электр станцияны жобалау дәстүрлі энергия көздерінен алыс қашықтықта орналасқан фермерлік шаруа қожалықтарын электрмен қамтамасыз ететін тиімділігі жоғары, сенімді және экологиялық таза жүйе жасауға мүмкіндік береді [2].

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Гибридті электр станцияны жобалаудан алдын әрбір қайта жаңғыртылатын энергия көзінен жекелеп электр энергия өндіру технологиясын талдап шығайық.

Электр энергиясын пайдалану оңай болғандықтан, күн сәулесін тікелей электр энергиясына түрлендіру жолы едәуір басымдылыққа ие. Күндізгі уақытта күн батареялары өндіретін электр энергиясы аккумулятор батареяларда жинақталады. Жинақталған электр энергия айнымалы 50Гц 220В кернеуге түрлендіріліп, тұрмыстық қажеттіліктерге жұмсалады. Жүйе жарық күндері ғана емес, бұлтты уақытта да энергия өндіру мүмкіншілігіне ие [3, 4].

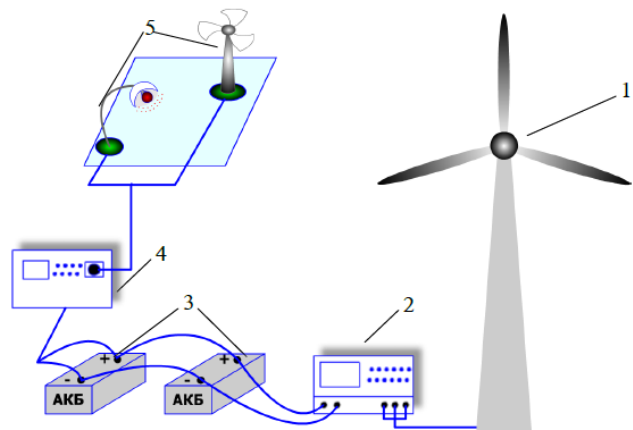
Жел энергиясы – Жер атмосферасының ауа температурасы мен қысымының әр түрлі болуынан пайда болған күн энергиясының жанама түрі. Жер бетіне келетін күн энергиясының шамамен 2%-ы жел энергиясына түрленеді. Жел – өте қуатты қайта жаңғыртылатын энергия көзі. Бұл энергияны Жер бетінің кез келген аймағында пайдалану мүмкіншілігі бар [5]. Жел энергиясы арқылы электр энергиясын өндіру өте тартымды идея болғанымен, техникалық тұрғыдан күрделі мәселе болып табылады. Бұл қиындық жел энергиясының шашыраңқы және тұрақсыз болуымен түсіндіріледі.

Желдің көмегімен электр энергияны өндіру және пайдалану принципі 1-суретте көрсетілген.

Жел энергетикалық қондырғылардың жұмыс жасау принципі қарапайым: жел генератордың қалақшаларына жел көтергіш күшпен әсер етіп, оны қозғалысқа келтіреді, қалақшалар бекітілген жел доңғалақтың

білігі электр генератордың роторын айналдыру арқасында электр энергия туындайды, осылайша, жел энергиясы электр тогына түрленеді [6].

Ауыл шаруашылығы мен тағам өнеркәсібінің қалдықтары энергия өндіруге мүмкіншілік береді.



Сурет 1 – Желдің көмегімен электр энергияны өндіру және пайдаланудың жалпы принциптік сұлбасы: 1 – жел генератор; 2 – заряд реттеуші; 3 – АКБ; 4 – инвертор; 5 – электр энергия тұтынушылары

Мұндай қалдықтарға құс, шошқа, іріқара малдың тезегі, кәріздегі шайынды сулар, қызылша қыспасы, сыра өндірісінің түбі және т.б. жатқызылады.

Биомасса дегеніміз жинақталған күн энергиясы деп есептеуге болады. Биомассаны сұйық газ тәріздес отын ретінде пайдалануға немесе тікелей жағу арқылы энергия өндіруге пайдалануға болады. Биомасса жергілікті энергия көздеріне жатқызылады. Органикалық қалдықтарды шіріту арқылы биогаз өндіруге болады [7].

Күн, жел биогаз энергиясын бір мезгілде, бір жүйенің құрамына біріктіретін болсақ, оның сенімділігі жоғарылап, күн сәулесі мен желдің уақытша болмай қалуы энергия өндіру үшін кедергі келтірмес еді.

Бір-біріне тәуелсіз үш түрлі қайта жаңғыртылатын энергия көздерін гибриртеу, әрбір энергетикалық жүйенің құрылымдық моделін бір жүйеге біріктіруді талап етеді [8].

Қайта жаңғырылатын энергия негізінде жұмыс жасайтын кез-келген электр энергетикалық жүйенің құрамында негізгі болып саналатын күн батареясы, жел генераторы және биогенератормен қоса міндетті болып

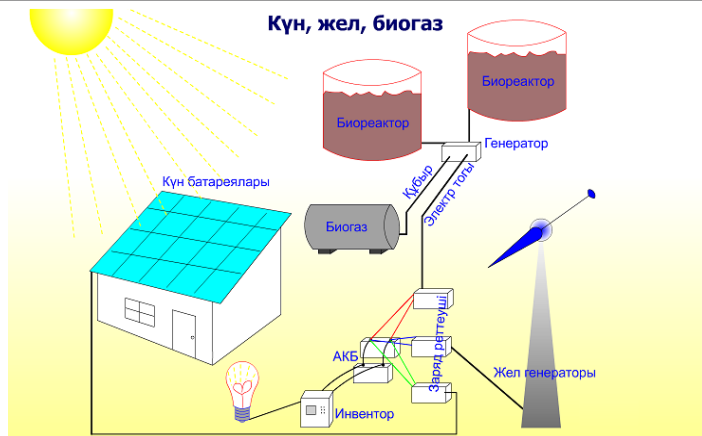
саналатын жабдықтар болады, олар – заряд реттеуші, аккумулятор батареялары және айнымалы ток тұтынушылары үшін инвертор. Жекелеген қайта жаңғыртылатын энергия көздерін гибридрлі электр энергия көзіне біріктіру – энергетикалық қондырғының құрылысын жеңілдетеді, яғни гибридрлі электр станцияда күн батареялары, жел генераторы және биогазды қондырғы бір жүйе құрамында жұмыс жасайды. Олай болса, инвертор, аккумулятор батареялары және заряд реттеушінің параметрлері гибридрлі электр станция үшін ортақ болып табылады.

Қайта жаңғырылатын энергия есебінен жұмыс жасайтын гибридрлі электр станцияның құрылымы модульді болып табылады, сондықтан мұндай жүйені құрастыру үлкен қиындық туындатпайды. Бірақ станция құрамындағы энергия көздері үйлесімді жұмыс жасауы үшін әрбір модульдің қуаттылығын сауатты түрде таңдау қажет. Мысалы, жылдық орташа жел жылдамдығы 2-3 м/с аспайтын аудандарда негізгі жүктемені жел генераторына артқанмен одан пайда болмайды, сол сияқты күн батареясын таңдағанда қателік жасамау қажет, оның себебі бірінші кезекте станция құнының жоғары болуымен түсіндіріледі [9]. Егер күн батареялары немесе жел генераторы табиғи қолайсыз аудандарда орналастырылған болса, энергия өндірмейді, осылайша, жұмсалған қаражатты ақтамайды. Бұл дегеніміз қайта жаңғыртылатын энергия негізіндегі электр станцияларды құрастыру үшін жан-жақты зерттеулер жүргізіп, есептеулер жасау қажет.

«Күн – жел – биогаз» гибридрлі электр энергия көзінің сұлбасы 2- суретте көрсетілген.

Электр станция, электр желілер, қосалқы трансформаторлық станция, және электр энергия тұтынушылары дәстүрлі электрмен қамтамасыз ету жүйесінің құрамына кіреді.

Энергия шығыны органикалық отынның энергиясы электр станциядағы генераторды айналдырып, электр энергияға түрленуі кезінде басталады. Мысалы, ЖЭС-ның ПЭК-і шамамен 30 %, ал ЖЭО-ның ПЭК-і 80 %-ға жуық [10]. Өндірілген электр энергия тасымалдану барысында 3-4 қосалқы трансформатор станциядан, мындаған км-ге созылып жатқан желілерден өте отырып тағы да шығынға ұшырайды.



Сурет 2 – «Күн-жел-биогаз» гибриді электр энергия көзінің жалпы сұлбасы

Сонымен қатар, электр энергияның негізсіз шығындалуы тұтынушыларға да байланысты.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қайта жаңғыртылатын энергия көздерін қолданған жағдайда энергияны үнемді пайдалану мәселесі бірінші орынға шығады. Бұл жерде тек электр энергиясы емес, жылу энергиясына қатысты үнемділік мәселесі де өзекті болып табылады.

Бұл жұмыста үш түрлі қайта жаңғыртылатын энергия көздері: күн сәулесі, жел және биогаз энергияларын гибриді электр энергия көзіне біріктіріп пайдалану мүмкіншілігі қарастырылған. Жұмыс барысында Қазақстан Республикасының қазіргі таңдағы энергетикалық жағдайына және сонымен қоса, еліміздің жасыл энергетикасына шолу жасалынған. Автономды тұтынушыларды электрмен қамтамасыз ету мақсатында қайта жаңғыртылатын энергия көздері негізінде шағын қондырғылар пайдалану тиімді екені және түрлі қайта жаңғыртылатын энергия көздерінің периодтылығынан туындайтын қиындықтарды шешу үшін бір-біріне тәуелсіз күн сәулесін, жел энергиясын және биогазды бір қондырғы құрамына біріктіру өте тиімді шешім болып табылады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Аналитическое исследование «Казахстан: Энергетическая безопасность, энергетическая независимость и устойчивость развития

энергетики. Состояние и перспективы.» под ред. Б. К. Алиярова. Институт энергетических исследований. – Алматы, 2009. – 370 с.

2 Қойшиев, Т. Қ. Қайта жаңғырылатын энергия көздері. – Түркістан : Туран баспасы, 2015.

3 Аvezов, Р. Р., Орлов, А. Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. – Ташкент : ФАН, 1988. – 288 с.

4 Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М. : КНОРУС, 2012.

5 Қойшиев, Т. Қ. Жаңғырылатын энергия көздері. – Алматы : ҚР ЖОО қауымдастығы, 2013.

6 Основы энергетики. – М. : ИНФРА-М, 2007.

7 Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел, А. С. Теплопередача. – М. : Энергия, 1975. – 488 с.

8 Рустамов, Н. Т., Конусов, Б. Р. Малогабаритная анаэробная биогазовая установка // Вестник МКТУ им. А. Ясауи. – № 2. – 2013. – С. 37-41.

9 Аvezов, Р. Р., Аvezова, Н. Р., Самиев, К. А. Расчет коэффициента пропускания светопрозрачной изоляции плоских гелиоустановок диффузионной солнечной радиации // Гелиотехника. – 2007. – № 1. – С. 11-13.

10 Хожин, Г. Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр бөлігі. – Алматы : АЭЖБИ, 2010.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

Н. Б. Мухамеджанов, Б. Р. Жалымбетов

Создание гибридной системы с возобновляемым источником энергии

¹Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясауи, г. Туркестан;

²Кентауский многопрофильный колледж, г. Кентау.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

N. B. Muhamedzhanov, B. R. Zhalymbetov

Creation of hybrid system with renewable energy sources

¹A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

²Kentau multi-disciplinary college, Kentau.

Material received on 05.06.17.

В данной статье рассматривается использование возобновляемых источников энергии, принципы и пути создания энергосберегающей, надежной, экологически чистой гибридной системы с возобновляемым источником энергии.

Разработка эффективных конструкций возобновляемых источников энергии для улучшения социально-бытовых условий людей, находящихся в отдаленных регионах Казахстана, а также поиск новых энергосберегающих технологий и применение гибридных энергетических систем являются одной из актуальных проблем использования возобновляемых источников энергии. Возобновляемым источником энергии могут быть солнце, ветер и биотопливо.

Модульно-гибридная энергосистема имеет три модуля: модуль, используемый солнечную энергию с помощью солнечных панелей и солнечных водонагревательных коллекторов для выработки электричества и теплой воды, модуль, используемый ветровую энергию и модуль, используемый биотопливо для выработки электроэнергии.

В статье вместо традиционных возобновляемых источников энергии предложено гибридное использование возобновляемых источников энергии с оптимизированными конструктивно-теплотехническими параметрами.

Разработана система электроснабжения с питанием от: солнечных фотоэлектрических батарей ветроэлектрических установок различной мощности биогазовых установок.

In the article there is considered the use of renewable energy sources, principles and ways to create energy-efficient, safe, ecological clear hybrid system with renewable energy sources.

The development of effective designs of renewable energy sources in order to improve people's social conditions which are in each region of Kazakhstan, also the search for new energy-saving technologies and the use of hybrid energy systems are one of the actual problems of using renewable energy sources. Renewable energy sources are The Sun, Wind and Bio-fuel.

The modular-hybrid power system has three modules: a module used solar energy by means of solar panels and solar water-heating collectors for generating electricity and warm water, a module used by wind energy and a module used by bio-fuel for generating electricity.

In the article, instead of traditional renewable energy sources, the hybrid use of renewable energy sources with optimized design and heat engineering parameters has been proposed.

The development of power supply system powered by:

- 1 Solar photovoltaic cells*
- 2 Wind power plants of different capacities*
- 3 Biogas installations*

UDC 621.1:621.43

V. V. Ryndin

candidate of technical sciences, professor, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar

e-mail: rvladvit@yandex.kz

GAS CONSTANTS: SPECIFIC, MOLAR, VOLUMETRIC AND MOLECULAR

The systematization of gas constants is given. The volumetric gas constant and the corresponding equation of state allowing to determine unambiguously the volume and density of an ideal gas at normal physical conditions are entered.

Keywords: gas constants, Boltzmann constant, volumetric gas constant, the equation of state of an ideal gas.

INTRODUCTION

The equation which connects the pressure p , the volume V and the temperature T of a thermodynamic system is called as an equation of state of a thermodynamic system: $f(p, V, T) = 0$. Historically the equation of state was received, proceeding from laws of Boyle and Gay-Lussac. Let's consider some methods of receiving an equation of state. It is noted in work [1, p. 3]:

The three empirical laws were as follows:

1 Mariott's law, which was anglo-saxonized into Boyle's law by Tait, asserts that at constant temperature the product of the pressure and volume remains constant

$$pV = \text{const.} \quad (1)$$

2 Gay-Lussac's law, which again was anglo-saxonized into Charles's law by the same Tait, states that for all permanent gases, the empirical temperature t is proportional to the fractional increase in volume at constant pressure,

$$t = \frac{1}{\alpha} \frac{V - V_0}{V_0}, \quad (2)$$

Where α is a constant, known as the coefficient of thermal expansion, which was same constant for all permanent gases.

Combining (1) and (2) gives

$$pV = p_0 V_0 \alpha (1/\alpha + t). \quad (3)$$

The unit of mass is known as the gram-molecule, or simply «mol». A mole is just molecular weight in grams. If there are n moles of substance, the specific molal volume is $v = V/n$. If we call

$$R = p_0 V_0 \alpha, \quad (4)$$

then (3) can be written as

$$pV = nR(1/\alpha + t), \quad (5)$$

and R is referred to as the gas constant. We will normally refer to one mole of substance.

3. Avogadro's number, which is the third of the three empirical laws, says that the molal volume, v , is nearly the same for all permanent gases under «normal» conditions of $p = 1$ atm, $t = 0$ °C, and $v_0 = 22,41$ cm³. Therefore, the gas constant is also universal. One mole of any substance contains the same number of molecules N_A , known as Avogadro's number. It is roughly 6×10^{23} , and Boltzmann's constant, which was actually discovered by Plank, is the gas constant per molecule, $\kappa = R / N_A$.

In [2, p. 26] is noted:

«It was found that three parameters (pressure, volume and temperature) satisfy, to a good approximation, the following equation:

$$pV = B(t_C + 273.15 \text{ }^\circ\text{C}), \quad (6)$$

where B is constant for a given amount of gas. Moreover, it was shown that

$$B = nR,$$

where n is the number of moles of the gas, and $R = 8.31472$ JK⁻¹mol⁻¹ is called the *gas constant*. It is easy to recognize that the temperature in Eq. (6) is actually expressed in the Kelvin scale, hence, (6) can be rewritten as follows:

$$pV = nRT \text{ »}.$$

In [3, p. 75] is noted:

«It has been observed experimentally that, to a close approximation, a very-low-density gas behaves according to the ideal-gas equation of state

$$pV = n\bar{R}T, \quad p\bar{v} = \bar{R}T, \quad (7)$$

in which n is the number of kmol of gas, or

$$n = \frac{m}{M} \frac{\text{kg}}{\text{kg/kmol}}. \quad (8)$$

In Eq. (7) \bar{R} is the universal gas constant, the value of which is, for any gas, $\bar{R} = 8.3145 \frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}}$ and T is the absolute (ideal-gas scale) temperature in kelvins (i.e., $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$). It is important to note that T must always be the absolute temperature whenever it is being used to multiply or divide in an equation.

Substituting Eq. (8) into Eq. (7) and rearranging, we find that the ideal-gas equation of state can be written conveniently in the form

$$pV = mRT, \quad pv = RT,$$

where

$$R = \frac{\bar{R}}{M}$$

in which R is a different constant for each particular gas».

The equation of state is written in textbook [4, p. 10] in the form

$$pv = RT,$$

The specific gas constant R , J/(kg.K), is described by equation $R = \frac{R_M}{M}$,

in which $R_M = 8314$ J/(kmol.K), is the universal (molar) gas constant; M is the molar mass of gas, kg/kmol.

As it follows from the contexts, when writing the equation of state ideal gas, the gas constants are used for the whole body, for one mole, and for one kilogram of substance. At the same time various gas constant are often denoted by the same symbol R , and the technical terms of these magnitudes are not systematized. The systematization of the gas constants is included below.

MAIN PART

The following systematization of physical quantities is accepted depending on the selected portion of substance in science (designations of quantities are accepted according to recommendations about development of uniform system of alphabetic designations of quantities [5]).

It is accepted to call the ratio of any quantity B to the body mass of m a specific quantity and to use for her designation a lower case letter of the main symbol

$$b = \frac{B}{m}. \quad (9)$$

It is accepted to call the ratio of any quantity B to the amount of substance μ a molar quantity and to designate a symbol

$$B_\mu = \frac{B}{\mu}. \quad (10)$$

It is accepted to call the ratio of any quantity B to the volume of substance V a volume quantity and to designate a lower case letter of the main symbol with a prime.

$$b' = \frac{B}{V}. \quad (11)$$

It is accepted to call the ratio of any quantity B to the particle number N (molecules) a molecular quantity and to designate a symbol

$$B_N = \frac{B}{N}. \quad (12)$$

Such systematization (9)–(12) is conducted for heat capacities, at that the following types of heat capacity are introduced:

$$C_{\text{body}} = \frac{Q}{\Delta T}, \text{ – heat capacity of body, J/K;}$$

$$c = \frac{C_{\text{body}}}{m} = \frac{Q}{m \Delta T} \text{ – specific heat capacity, J/(kg.K);}$$

$$C_{\mu} = \frac{C_{\text{body}}}{\mu} = \frac{Q}{\mu \Delta T} \text{ – molar heat capacity, J/(mol.K);}$$

$$c' = \frac{C_{\text{body}}}{V_0} = \frac{Q}{V_0 \Delta T} \text{ – volumetric heat capacity, J/(m}^3 \cdot \text{K);}$$

$$C_N \equiv c_i = \frac{C_{\text{body}}}{N} = \frac{Q}{N \Delta T} \text{ – molecular heat capacity, J/K.}$$

It has been established by combining the gas laws ideal gas Gay-Lussac and Boyle-Marriott that the ratio of product of the pressure on the volume to the thermodynamic temperature is a constant magnitude. We will call this constant, since it refers to the entire body (system), the gas constant of body (gaseous body) and will denote R_{body} (J/K)

$$\frac{pV}{T} = \text{const} = R_{\text{body}}.$$

The general equation of the ideal gas follows from here

$$pV = R_{\text{body}} T. \quad (13)$$

We, by comparing (3) and (13), conclude that under R in (4) it is necessary to understand the gas constant of a body R_{body} , and in the expression (5) there is already other gas constant – molar and therefore they cannot be designated by one symbol R .

The origin of thermodynamics associated with the name of Carnot, who published in 1824 his work «Memoir about a driving force of fire and about machines capable to develop this force». In his memoir Carnot for the first time brings together into a single equation the laws of Boyle and Gay-Lussac, which he recorded in the form of [6, p. 138].

$$p = N(t + 267)/V, \quad (14)$$

or in modern writing $pV = R_{\text{body}}(t + 273,15) = R_{\text{body}}T$, where N is «the constant quantity depending on the weight of steam and the chosen units»; t is Celsius temperature; 267 is the reciprocal number to coefficient of the volumetric expansion of gases 1/267 (by data for that time).

Carnot died, and did not hear any response to his work. Fact sad but not single in the history of science. In 1834 Klaperyon processed Carnot's work and almost under the same name («Memoir about a driving force of fire») published in works of Polytechnical school in Paris.

Klaperyon writes in his memoir united equation in the form

$$pV = A(t^0 + 267), \quad (15)$$

where A is a constant for a given mass of gas. He calls this equation the «equation of state of the Gay-Lussac-Marriott», and it is widely used in this study.

It is obvious that Klaperyon's equation (15) is identical to Carnot's equation (14). Klaperyon, being engaged the theory of Carnot in his work, does not say anywhere that the author of the first integrated equation is Carnot, however, and to himself he does not attribute it. Carnot's book quickly became a rare book and very few people were familiar with her. Therefore no wonder that the equation of the integrated law of Boyle-Mariott-Gay-Lussac began to attribute Klaperyon. It would be more correct to call the ideal gas equation, which is written down through gas constant of body, Carnot-Klaperyon's equation.

According to the general expressions (9)–(12) the following gas constants are entered into thermodynamics:

– specific gas constant, J/(kg.K)

$$R = \frac{R_{\text{body}}}{m} = \frac{pV}{mT}; \quad (16)$$

– molar (universal) gas constant, J/(mol.K),

$$R_{\mu} = \frac{R_{\text{body}}}{\mu} = \frac{pV}{\mu T} = \frac{pV_{\mu}}{T}; \quad (17)$$

– «volumetric gas constant»¹, $J/(m^3 \cdot K)$,

$$R' = \frac{R_{\text{body}}}{V_o} = \frac{pV}{V_o T}; \quad (18)$$

– molecular gas constant, J/K .

$$R_N = \frac{R_{\text{body}}}{N} = \frac{pV}{NT}. \quad (19)$$

Connection between gas constants can be established if in relations (16)–(19) R_{body} to replace on $Rm = R_{\mu} \mu = R'V_o = R_N N$:

$$R = R_{\mu} \mu / m = R_{\mu} / M; \quad (20)$$

$$R' = R_{\mu} \mu / V_o = R_{\mu} / V_{\mu o}, \quad R' = Rm / V_o = \rho_o R \quad (21)$$

$$R_N = R_{\mu} \mu / N = R_{\mu} / k_A = k_B; \quad (22)$$

where $V_{\mu o} = V_o / \mu$ is molar volume of ideal gas given to a normal physical conditions ($p_o = 101325 \text{ Pa}$, $T_o = 273,15 \text{ K}$);

$k_A = N / \mu = N_{\mu}$ is Avogadro constant (molar number of particles), which value depends on the value of the unit amount of substance (1 mol or 1 kmol = 1000 mol);

$N_A = 6,022140857 \times 10^{23}$ is Avogadro number², numerically equaling to constant Avogadro for 1 mol [7].

According to the Avogadro's law, with the same pressure and temperatures, molar volumes of different gases are also identical. At normal physical conditions molar volume is equal $V_{\mu o} = 22,413962 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$ [7]. The value of molar gas constant is determined by known molar volume from the expression (17)

$$R_{\mu} = \frac{p_o V_{\mu o}}{T_o} = \frac{101325 \cdot 22,413962 \cdot 10^{-3}}{273,15} = 8,3144598 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \quad [7].$$

Since the molar volume $V_{\mu o}$ is identical for all gases, then and the molar gas constant R_{μ} is constant for all gases, from here and it is original name – the universal gas constant.

The specific gas constant is given by (20), for example, for air $M = 28,966 \text{ kg}/\text{kmol}$ [8],

$$R = R_{\mu} / M = 8314,4598 / 28,966 = 287,04 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}).$$

¹ The term "volumetric gas constant" and quantity itself R' are introduced for the first time.

² Avogadro number N_A , whose value consistently, often identified with the Avogadro constant k_p , the value of which depends on the adopted unit, and represent the same symbol N_p . This introduces uncertainty when considering the formulas with these quantities.

The value of the volumetric gas constant is determined from the expression (21)

$$R' = R_{\mu} / V_{\mu o} = 8,3144598 / 22,413962 \cdot 10^{-3} = 370,950027 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}).$$

Because here it is taken the ratio of the two magnitudes identical for all gases, the volumetric gas constant could be called the «second universal gas constant», that makes the term «universal gas constant» ambiguous and it is not recommended to be applied.

From (22) it follows that the molecular gas constant is defined as the ratio of two constants and, therefore, is itself a "universal" constant, which is called Boltzmann's constant $R_N = k_B = R_{\mu} / k_A = 8,3144598 / 6,022140857 \cdot 10^{23} = 1,38064852 \cdot 10^{-23} \text{ J}/\text{K}$ [7]. Consequently, the Boltzmann constant k_B , in accordance with the expressions (19) and (22), is none other than the molecular gas constant, determined by the ratio of gas constant of the body to the number of gas molecules (19).

Volumetric quantities (for example, c'_p , h'), along with the volume V_o , is used in the theory of combustion, as well as densities component products of combustion under normal physical conditions, which can be determined from the relation (21) $\rho_{oi} = R' / R_i$.

For example, the air density under the normal physical conditions

$$\rho_{oB} = R' / R_B = 370,95 / 287 = 1,2925 \text{ kg}/\text{m}^3.$$

The traditional calculation gives

$$\rho_{oB} = \frac{p_o}{R_B T_o} = \frac{101325}{287 \cdot 273,15} = 1,2925 \text{ kg}/\text{m}^3.$$

CONCLUSION

1 The classification of gas constants (body, specific, volumetric, molar, molecular) depending on the accepted portion of substance is given.

2 The new «volumetric gas constant», identical to all gases, – «the second universal gas constant» – is entered.

3 The new equation of state for perfect gas $pV = V_o R' T$ allowing to determine directly the volume of gas V_o and its density $\rho_o = R' / R$ at standard physical conditions is received.

REFERENCES

1 **Bernard, H.** Lavenda. A New Perspective on Thermodynamics. – Springer Science+Business Media, LLC. – 2010. – 219 p.

2 **Holyst, R, Poniewierski, A.** Thermodynamics for Chemists, Physicists and Engineers. – Dordrecht : Science+Business Media, – 2012. – 343 p.

3 **Borgnakke, C.** Fundamentals of thermodynamics. – 7-th edition / Borgnakke C. Sonntag R. – University of Michigan : Willey, 2009. – 894 p.

4 **Мазур, Л. С.** Техническая термодинамика и теплотехника: Учебник. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2003. – 352 с. : ил.

5 **Рындин, В. В.** Основные принципы построения единой системы буквенных обозначений величин / Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2015. – Т. 3. – № 2. – С. 55-60.

6 **Гельфер, Я. М.** История и методология термодинамики и статистической физики: Учеб. пособие. – Т. 1. – М. : Высш. школа, 1969. – 475 с. : ил.

7 Fundamental Physical Constants from NIST. The 2014 CODATA recommended. [Electronic resource] Access mode: <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/>.

8 **Рындин, В. В.** Теплотехника : учебное пособие. – Омск : Изд. ОмГТУ, 2012. – 460 с.: ил.

Material received on 05.06.17.

В. В. Рындин

Газ тұрақтылары: меншікті, көлемдік, молярлық және молекулярлық

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

В. В. Рындин

Газовые постоянные: удельная, объёмная, молярная и молекулярная
Павлодарский государственный университет
имени С. Торайғырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Газ тұрақтыларын жүйелеу келтірілген. Көлемдік газ тұрақтысы енгізілуде және теңдеуің жағдайына сәйкес келетін, көлемді анықтауға мүмкіндік беретін және қалыпты физикалық жағдайларға газ тығыздық анықтау.

Приводится систематизация газовых постоянных. Вводится объёмная газовая постоянная и соответствующее уравнение состояния, позволяющее однозначно определять объём и плотность идеального газа при нормальных физических условиях.

УДК 669.168:669.046

**Е. К. Самуратов¹, А. С. Байсанов², А. М. Акуев³,
Е. У. Жумагалиев⁴, Б. С. Келаманов⁵**

¹к.т.н., ст. преподаватель, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе; ²к.т.н., зав. лабораторией, Химико-металлургический институт имени Ж. Абишева, г. Караганды; ³к.т.н., ст. преподаватель; ⁴к.т.н., зав. кафедрой; ⁵к.т.н., заместитель декана по науке и связью с производством, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе
e-mail: ¹samuratov.ek@mail.ru; ²akuov.am@mail.ru; ³erlan_zhumagalie@mail.ru; ⁴kelamanov-b@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКУСКОВАННЫХ МАРГАНЦЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье приведены результаты исследования электрических свойств окускованных термомагнитных марганцевых концентратов (брикет, агломерат) и шихт на их основе в сравнении с шихтовыми материалами, применяемые в настоящее время на ферросплавных заводах РК для выплавки марганцевых ферросплавов. Получены температурные зависимости удельного электросопротивления как для исследуемых материалов, так и для шихт на их основе.

Ключевые слова: брикет; агломерат; удельное электро-сопротивление; шихта; фазовые превращения.

ВВЕДЕНИЕ

В руднотермическом процессе производства марганцевых сплавов скорость и степень восстановления полезных компонентов исходного марганецсодержащего сырья зависит, от таких технологических факторов, как распределение мощности и максимальная температура в ванне печи [1, 2], температуры начала шлакообразования, температурного интервала размягчения шихтовых материалов [2].

Раннее шлакообразование и широкий интервал размягчения вызывает расстройство хода плавки, затрудняет, а в ряде случаев делает невозможным достижения в ванне печи требуемого теплового режима процесса. Распределение мощности и максимальная температура печи определяются электропроводностью шихтовых материалов, так как в ферросплавных печах часть электрического тока проходит через шихту [1]. Электрическое

сопротивление шихты для выплавки марганцевых ферросплавов определяется главным образом сопротивлением их рудной части.

Способ подготовки, тип окускованных материалов, безусловно, отражаются на электросопротивлении шихты [3]. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований по изучению электросопротивления окускованных шихтовых материалов применяемых в настоящее время на отечественных ферросплавных заводах для выплавки сплавов марганца.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Изучение электросопротивления шихтовых материалов и шихт проводилось по методике, предложенной В.И. Жучковым [4], которая позволяет определять электросопротивление материалов и шихт при температурах до 1800 °С в насыпном слое с одновременной фиксацией степени их размягчения (усадки). Давление на материал составляло 0,02-0,04 МПа, скорость нагрева 20-25 град/мин, внутренний диаметр корундовой трубки 0,03 м, высота слоя материала 0,025 м. Метод широко применяется для определения электросопротивления материалов и шихт различными исследователями [7, 8, 10].

Объектами исследования были окускованные термомагнитные марганцевые концентраты в виде брикета и агломерата [13] для выплавки ферросиликомарганца и углеродистого ферромарганца соответственно, химический состав которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав окускованных материалов

Материал	Содержание, %								
	Mn _{общ}	Fe _{общ}	MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	S	C _{тв}
Агломерат	43,06	3,05	0,49	11,54	14,26	-	0,032	0,021	0,32
Брикет	27,6	2,23	2,99	7,57	25,4	3,92	0,034	0,025	11,98

Так для сравнения электрического сопротивления шихты с марганцевым агломератом и брикетом были взяты шихтовые материалы, применяемые в промышленных условиях, в сравнении с традиционными шихтовыми материалами используемые в ферросплавных заводах РК. Например, для выплавки ферросиликомарганца используют кусковую руду месторождения Восточный Камыс. Для выплавки ферромарганца использовали марганцевую руду месторождения Мынарал. В качестве восстановителя использовали металлургический кокс.

Во время опыта измерялось электросопротивление, как отдельных компонентов, так и всей шихты. При этом устанавливались все факторы, повлиявшие на сопротивление шихты: температура, агрегатное

состояние, степень восстановления. Для объяснения причин изменения электросопротивления ведется постоянное наблюдение за изменением объема материалов.

При измерении электрического сопротивления шихты крупность ее компонентов подбиралась такой, чтобы она была пропорциональна крупности компонентов шихты, применяемой в производственных условиях (таблица 2).

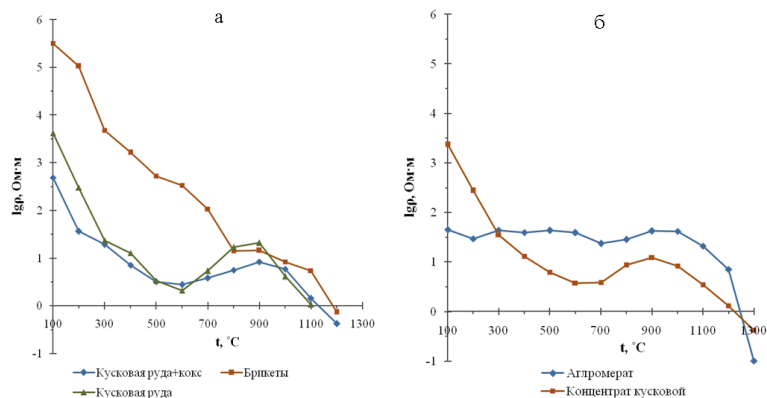
Таблица 2 – Крупность компонентов шихты

Наименование материалов	В условиях производства	В условиях опыта
Марганцевая руда кусковая месторождения Восточный Камыс	10-80	1-6
Марганцевый концентрат кусковой месторождения Мынарал	10-80	1-6
Брикет	8-50	1-5
Агломерат	8-50	1-5
Металлургический кокс	5-25	0,5-2
Доломит	10-50	1-3

По результатам экспериментальных данных построены графики зависимости удельного сопротивления от температуры (рисунок 1), а также приведены кривые размягчения руд, шихт и конгломератов (рисунок 2).

Температура является одним из основных факторов, влияющих на электросопротивление исследуемых материалов, так как при комнатной температуре оно очень высоко, а по мере нагрева резко уменьшается. Также существенное влияние на электросопротивление оказывают химический и минералогический составы материалов [1].

На рисунке 1 (а) представлена температурная зависимость удельного электросопротивления (УЭС) брикетов, кусковой марганцевой руды месторождения Восточный Камыс и смеси руды с коксом с таким же количеством твердого углерода (C_{тв}) как и в брикетах. Из графика зависимости УЭС от температуры видно, что почти во всем температурном интервале наибольшим сопротивлением обладают брикеты. Сравнительно низкое сопротивление имеет кусковая руда с коксом, что соответствует содержанию наибольшего количества пиролюзита MnO₂, минерала с высокой проводимостью [1, 5] и содержанию проводимой частью шихты - кокса. На характер изменения электросопротивления влияют и фазовые превращения, происходящие в рудах при нагреве [1].



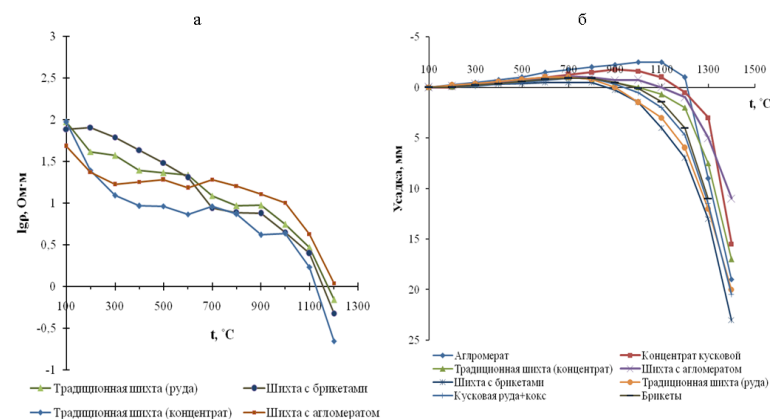
а) брикет, кусковая руда и ее смесь с коксом;
 б) – агломерат и кусковый концентрат
 Рисунок 1 – Изменение УЭС марганецсодержащих материалов при нагревании

При сравнении кривых УЭС марганцевой руды и его смеси с коксом можно заметить, что с нагревом до 600 °С идет почти параллельное снижение их удельного сопротивления. При дальнейшем нагреве в интервале от 600 до 900 °С вызывает некоторое ее увеличение, что соответствует фазовым превращениям в руде перехода пиролюзита (MnO_2) в β -курнакит ($\beta-Mn_2O_3$) [9, 11]. При температуре выше 900 °С наблюдается заметное снижение УЭС, что можно объяснить образованием β -гаусманита и уже при 1100 и 1130 °С оно составило 0,028 и 0,012 Ом·м соответственно. В то время как у брикетов минимальное УЭС наблюдается лишь при температуре 1200 °С, и не имеет таких выраженных пиков соответствующих фазовым переходам, что говорит об отсутствии высших окислов в термомагнитных марганцевых концентратах.

Брикет при низких температурах и до 800 °С обладает высоким УЭС, которая снижается с меньшей интенсивностью в сравнении с кусковой рудой и ее смеси с коксом (рисунок 1, а). В интервале 800-950 °С электросопротивление брикета и кусковой марганцевой руды выравниваются, но уже при более высокой температуре обладает меньшей проводимостью (0,74 Ом·м при 1100 °С). При температурах выше 1100 °С наблюдается резкое снижение УЭС брикета, что объясняется началом оплавления брикетов, сопровождающийся заметным изменением объема брикета.

Исследования по определению удельного сопротивления полученного марганцевого агломерата, также проводили в сравнении с марганцевым

концентратом месторождения Мынарал, с содержанием марганца как и в исследуемом агломерате. В результате проведенных экспериментов установлено, что кусковой марганцевый концентрат обладает наименьшим удельным электросопротивлением почти во всем температурном интервале чем агломерат (рисунок 1, б). С 300 °С до 600 °С уменьшение УЭС концентрата соответствует наибольшему содержанию минерала пиролюзита. В интервале 600-900 °С электросопротивление концентрата возрастает, что сопровождается диссоциацией пиролюзита до окиси марганца Mn_2O_3 , как это наблюдается в предыдущем случае. При дальнейшем увеличении температуры наблюдается интенсивное снижение электросопротивления кускового концентрата, значение которого при 1220 °С составляет 0,04 Ом·м.



а) Изменение УЭС исследуемых шихт при нагревании;
 б) Кривые размягчения исследуемых марганецсодержащих материалов и шихт на их основе

Рисунок 2 – Температурные зависимости электросопротивления шихт

УЭС агломерата до 1000 °С находится примерно на одном уровне (в интервале 1,20-1,46 Ом·м), но при температурах выше 1100-1200 °С УЭС резко снижается, что можно объяснить с началом оплавления агломерата, сопровождающимся с заметным изменением его объема.

Также нами проведены исследования по определению удельного электросопротивления шихты с брикетами и с агломератом, применяемые при выплавке из них стандартных сплавов из расчета состава шихты, в сравнении с традиционными шихтовыми материалами с кусковой рудой и с концентратом применяемые на заводах. Температурные зависимости электросопротивления шихт приведены на рисунке 2. Как видно,

электросопротивление шихт в определенной степени зависит от УЭС применяемых видов марганецсодержащих материалов, особенно при высоких температурах.

Из полученных экспериментальных данных установлено, что шихта с агломератом по такому важному показателю для электротермических процессов, как УЭС, имеет большую ее величину, чем шихта с марганцевым концентратом. В свою очередь, сопротивление шихты с брикетами имеет примерно одинаковое значение УЭС с шихтой из марганцевой руды, тем самым не уступая традиционным шихтовым материалам.

Кроме того, при высоких температурах проявляется влияние размягчения рудной части шихты на их электросопротивление, выражающееся резким уменьшением последнего. Кривые размягчения исходных материалов и шихт на их основе приведенные на рисунке 2 (б), из которых видно, что температура размягчения варьируется в пределах 800-1100 °С. Из исследуемых кускованных материалов брикеты имеют одинаковые значения температуры начала размягчения относительно смеси руды с коксом, которая соответствует температуре 800 °С, а температурный интервал размягчения составил 400 °С, от 800 до 1200 °С.

Температура начала размягчения агломерата и кускового концентрата соответствует температурам 1100 и 900 °С соответственно, с разницей в 200 °С. Их температурный интервал размягчения также различен, так как агломерат более устойчив при высоких температурах, но при этом имеет узкий интервал размягчения (100 °С) от 1100 до 1200 °С относительно кускового концентрата, температурный интервал размягчения которого соответствует 300 °С (от 900 до 1200 °С). Кривые размягчения шихт занимают промежуточные положения между ними.

Исследования показали, что на значение электросопротивления при заданной температуре в значительной мере влияет химический и минералогический составы кускованных материалов (брикетов и агломерата) и фазовые превращения, протекающие при их нагревании.

ВЫВОДЫ

1 Проведены исследования по изучению электросопротивления кускованных термомагнитных марганцевых концентратов (брикет, агломерат) и шихт на их основе в сравнении с шихтовыми материалами применяемые в настоящее время на ферросплавных заводах РК для выплавки ферросиликомарганца и углеродистого ферромарганца.

2 Получены температурные зависимости УЭС марганцевых руд, исследуемых кускованных марганецсодержащих материалов, а также шихт на их основе.

3 Электросопротивление шихт зависит от УЭС применяемых видов марганецсодержащих рудных материалов особенно при высоких температурах. Шихта с брикетами (и с агломератом) по такому важному показателю для электротермических процессов, как УЭС, относительно превосходит марганцевую руду (и концентрат).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Букетов, Е. А., Габдулин, Т. Г., Такенов, Т. Д.** Металлургическая переработка марганцевых руд Центрального Казахстана. – Алма-Ата : Наука, 1979. – 184 с.

2 **Емлин, Б. И., Гасик, М. И.** Справочник по электротермическим процессам. – М. : Metallurgia, 1978. – 288 с.

3 **Жучков, В. И., Розенберг, В. Л.** Энергетические параметры и конструкции рудовосстановительных электропечей. – Челябинск : Metall, 1994. – 192 с.

4 **Жучков, В. И., Микулинский, А. С.** Методика определения электрического сопротивления кусковых материалов и шихт // Экспериментальная техника и методы высокотемпературных измерений. – М. : Наука, 1966. – С. 43-46.

5 **Кекелидзе, М. А., Николайшвили, Г. У.** Электрическое сопротивление Чиатурских марганцевых руд и продуктов их окискования // Metallurgia и коксохимия. – М. : Марганец, 1967. – №11. – С. 87-95.

6 **Микулинский, А. С.** К теории электрических и карбидных печей // Труды УНИХИМ. – 1954. – № 11. – С. 33-39.

7 **Мизин, В. Г., Серов, Г. В.** Углеродистые восстановители для ферросплавов. – М. : Metallurgia, 1976. – 272 с.

8 **Нурмуханбетов, Ж. У. Ким, В. А., Толымбеков, М. Ж.** Электрическое сопротивление углеродистых восстановителей // Новости науки Казахстана. – Алматы : 2005. – № 2. – С. 35-40.

9 **Николайшвили, Г. У., Кекелидзе, М. А.** Электропроводность марганцевых окислов. // Metallurgia и коксохимия. – М. : АН СССР, 1970. – № 2. – С. 393-395.

10 **Павлинский, Н. И., Ганцеровский, О. Г.** Электросопротивление шихт для выплавки углеродистого ферромарганца // Metallurgia и коксохимия. – М, 1974. – № 39. – С. 84-86.

11 **Роде, Е. А.** Кислородные соединения марганца. – М. : Изд. АН СССР, 1952. – 398 с.

12 **Сисоян, Г. А.** Электрическая дуга в электрической печи. – М. : Metallurgia, 1974. – 304 с.

13 Самуратов, Е. К., Акуов, А. М., Абигов, С. Б., Жумагалиев, Е. У., Келаманов, Б. С., Алдангаров, Е. М. Выплавка стандартных марок марганцевых ферросплавов из окискованных термомангнитных марганцевых концентратов // IX Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития научных исследований в 21 веке». – Махачкала : 2015. – С.57-61.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Е. К. Самуратов¹, А. С. Байсанов², А. М. Акуов¹, Е. У. Жумагалиев¹, Б. С. Келаманов¹

Кесектелген марганецті материалдардың электрлік қасиеттерін зерттеу

¹Қ. Жұбанов атындағы

Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қ.;

²Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Караганды қ.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

Ye. K. Samuratov¹, A. S. Baisanov², A. M. Akuov¹, Ye. U. Zhumagaliev¹, B. S. Kelamanov¹

Study of electrical properties of the screwed manganese materials

¹K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe;

²Zh. Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Karaganda.

Material received on 05.06.17.

Мақалада марганец ферроқорытпаларын балқыту үшін қазіргі таңдағы ҚР ферроқорытпа зауыттарында қолданылатын шикіқұрам материалдарымен салыстырғандағы кесектелген термомангнитті марганец концентраттары (брикет, агломерат) мен олардың негізіндегі шикіқұрамның электрлік қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттелініп отырған материалдардың және олардың негізіндегі шикіқұрамның меншікті электр кедергісінің температуралық тәуелділіктері алынды.

The paper presents the results of the study of the electrical properties of agglomerated thermomagnetic manganese concentrates (briquettes, agglomerates) and batch based on them in comparison with the charge materials currently used at ferroalloy plants in the Republic of Karelia for the smelting of manganese ferroalloys. The temperature dependences of the specific electrical resistivity are obtained both for the materials under study and for the charges based on them.

УДК 621.311.61, 621.311.26

Е. Ж. Сарсикеев¹, Р. М. Мустафина², З. Т. Туркебаева³

¹PhD, ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; ²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ³ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: ¹sarsikeev.ermek@yandex.ru; ²mustafina_rm@mail.ru; ³turkebaeva@inbox.ru.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СОСТАВЕ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

В статье рассматриваются схемы сопряжения аккумуляторов для автономных энергетических комплексов и особенности их выбора. В общем виде даны рекомендации по построению структуры и алгоритмов управления с целью достижения наибольшей энергетической эффективности с учетом местных природных ресурсов. В работе приведены результаты апробации предлагаемой методики.

Ключевые слова: накопитель, аккумулятор, методика выбора, автономная электростанция.

ВВЕДЕНИЕ

Применение накопителей энергии в системах децентрализованного электроснабжения потребителей является сложной многофакторной задачей, решением которой становится вопрос о выборе режима работы накопителя и его техническая и экономическая эффективность [1, 2]. Техническая эффективность проектов с накопителями энергии обуславливается необходимостью гарантированного электроснабжения децентрализованных потребителей, исключая краткосрочные и долгосрочные дефициты электроэнергии [3, 4].

Схемы сопряжения накопителей энергии с генерирующими и потребляющими энергоустановками достаточно разнообразны и зависят от ряда факторов, что, соответственно, отражается на методике выбора и рациональных параметрах накопителей энергии [5].

Выбор рациональной емкости накопителей требует проведения технико-экономических расчетов, которые должны выполняться на стадии

проектирования совместно с разработкой технической части проекта. При этом рациональный тип, режимы работы и параметры накопителей энергии должны быть обязательно согласованы с принятой схемой построения электростанции.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Применение накопителей энергии в автономных электроэнергетических системах с возобновляемыми энергоисточниками необходимо не только для сохранения и накопления выработанной электроэнергии, но и для обеспечения согласованности величины и времени поступления электроэнергии от источников к потребителю, стабильности выходного напряжения при разных режимах эксплуатации, что предотвращает выход из строя электрооборудования при недопустимых отклонения показателей качества электроэнергии.

Одним из наиболее распространенных и эффективных видов накопителей энергии являются электрохимические источники тока, которые представлены на рынке в широком ассортименте. Особенно популярны в автономных энергетических системах герметичные аккумуляторы, отличающиеся пониженным газовыделением и практически не требующие обслуживания. В настоящее время наибольшее применение в автономной энергетике находят следующие типы свинцово-кислотных аккумуляторных батарей: аккумуляторные батареи типа AGM (Absorbed Glass Mat), гелевые батареи и аккумуляторные батареи с жидким электролитом и намазными пластинами (солнечная серия OPzS).

В мировой практике принято различать два основных режима работы накопителей энергии:

1) буферный режим – обеспечение устойчивости на малых промежутках времени при небалансах мощности генерирующих и потребляющих установок;

2) резервный режим – резервирование генерирующих мощностей на длительных интервалах времени при недостаточном потенциале первичного энергоресурса.

При определении емкости аккумуляторной батареи необходимо учитывать зависимость ее емкости от запасенной электроэнергии при заряде

$$C_{AB} = f(W_{AB,зар}^{макс}).$$

Количество запасенной энергии у заряженного аккумулятора будет равно:

$$W_{AB}^{макс} = C_{AB} \cdot U_{AB}, [Вт \cdot ч = А \cdot ч \cdot В],$$

где U_{AB} – напряжение аккумуляторной батареи.

Емкость аккумуляторных накопителей энергии подбирается в зависимости от величины суточного потребления электроэнергии, учитывая глубину разряда (не более 70 %) и интервал времени, в течение которого система должна работать без подзарядки.

Суточный график электрических нагрузок определяет режим работы электростанции, поэтому определение закономерностей их формирования является базовой задачей для последующего решения вопросов, связанных с повышением эффективности работы основного генерирующего оборудования.

Основными характеристиками для классификации суточного графика электрических нагрузок принято считать:

- максимальную мощность $P_{макс}$;
- минимальную мощность $P_{мин}$;
- среднюю мощность $P_{ср}$;
- среднеквадратичную мощность $P_{ср.кв}$;
- коэффициент неравномерности нагрузки $K_n = P_{мин} / P_{макс}$;
- коэффициент формы графика нагрузки $K_f = P_{ср.кв} / P_{ср}$;
- коэффициент максимума нагрузки $K_m = P_{макс} / P_{ср}$.

Кроме того, на выбор емкости накопителей электрической энергии непосредственное влияние оказывают используемые схемные решения построения энергетической системы, т.е. в каких энергетических объектах предполагается его установка. К рассмотрению приняты типовые схемы генерации электрической энергии для нужд децентрализованной энергетики: автономные дизельные, автономные солнечные, ветро-дизельные и солнечно-дизельные электростанции.

Автономные дизельные электростанции

Автономные дизельные электростанции (ДЭС) в общем случае можно классифицировать на два типа: первый – с неизменной частотой вращения вала дизельного двигателя; второй – с переменной частотой вращения вала дизельного двигателя (инверторного типа). Указанные факторы влияют на схему сопряжения автономной дизельной электростанции и накопителя энергии, в частности аккумуляторной батареи.

На рисунке 1 показана схема сопряжения дизельной электростанции классического типа с блоком аккумуляторных батарей.

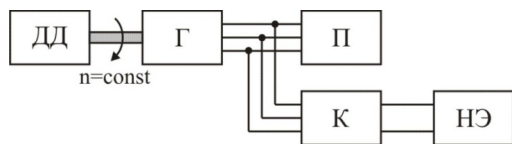


Рисунок 1 – Схема сопряжения накопителя энергии с классической ДЭС
 ДД – дизельный двигатель; Г – генератор; П – потребитель;
 К – двунаправленный конвертер; НЭ – накопитель энергии.

Для ДЭС классического типа характерно поддержание частоты вращения вала дизельного двигателя за счет регулирования подачи топлива с целью обеспечения стабильной частоты вырабатываемого тока генератором. В качестве генератора, как правило, используется синхронная машина с электромагнитным возбуждением как от независимого источника, так и электромашинного возбудителя. В некоторых случаях в качестве генераторов используется асинхронные машины с возбуждением от конденсаторов или от сети.

Накопителем электрической энергии в простейшем случае подразумевается блок аккумуляторных батарей различного вида. Кроме того не исключается возможность параллельного подключения к аккумуляторной батарее быстродействующих накопителей, например, обычных конденсаторов или суперконденсаторов.

Представленный на схеме конвертер является ведомым автономной сетью, который согласует выходные параметры накопителя энергии с общей сетью.

На рисунке 2 показана схема сопряжения инверторной дизельной электростанции с блоком аккумуляторных батарей.

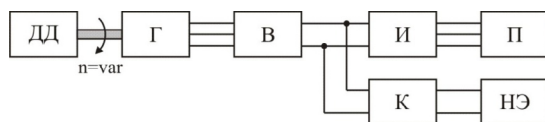


Рисунок 2 – Схема сопряжения накопителя энергии с инверторной ДЭС
 ДД – дизельный двигатель; Г – генератор; В – выпрямитель; И – инвертор;
 П – потребитель; К – конвертер напряжения; НЭ – накопитель энергии.

Отличием приведенной на рисунке 2 схемы является регулирование частоты вращения вала дизельного двигателя в зависимости от мощности нагрузки. Для обеспечения надлежащего качества электроэнергии в структуру ДЭС включается выпрямительно-инверторный каскад, позволяющий

сопрягать накопитель с потребителем через двунаправленный конвертер, который также выполняет функции зарядно-разрядного устройства, и стабилизировать частоту генерируемого тока.

Накопитель энергии для классического и инверторного типов ДЭС может выполнять функции либо сглаживания пиков нагрузки, либо резервирования источника питания.

Накопитель энергии, сглаживающий пики нагрузки, целесообразнее выполнять на базе мгновеннодействующих элементов таких как, конденсаторы, ионистры.

При использовании накопителей энергии в резервном режиме возможно снижение суммарной установленной мощности генерирующих источников станции в целом, или единичной мощности отдельных силовых агрегатов, поскольку номинальная мощность дизельных генераторных установок выбирается по максимальной мощности нагрузки. Когда график нагрузки подключенных потребителей имеет характерные пики в неизменные или малоизменяемые интервалы времени на протяжении суток и характеризуется как резкопеременный, то в таком случае эффективно использовать параллельное включение на общую шину накопителя электроэнергии.

При резервном назначении аккумуляторов целесообразно отключение дизельной электростанции в период малых нагрузок, например в ночное время.

Для автономных дизельных электрических станций мощность накопителей электрической энергии и установленная мощность дизельных генераторных установок выбирается по графику электрических нагрузок, пример которого приведен на рисунке 3.

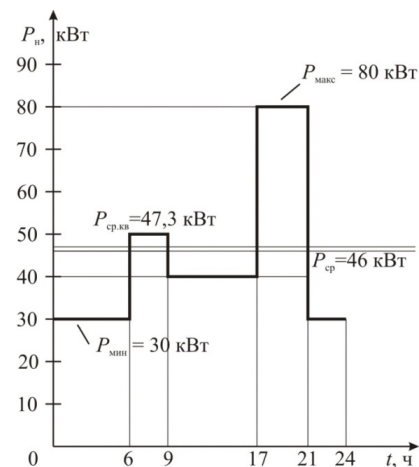


Рисунок 3 – График активной мощности потребителя

На основании вышесказанного мощность рабочих дизельных агрегатов при наличии накопителя энергии, работающего в резервном режиме, определяется по средней мощности потребителя:

$$P_{\text{ДГУ}} = k_{\text{рез}} \cdot P_{\text{ср}},$$

где $k_{\text{рез}}$ – коэффициент резервирования, принимаемый в пределах от 1,2 до 1,3 с учетом наиболее эффективной загрузки дизельных генераторов 70-80 %.

Стратегия управления электростанцией предлагаемого типа заключается в поддержании режима загрузки дизельного двигателя на уровне средней мощности нагрузки $P_{\text{ср}}$. При этом в режимах, когда выходная мощность рабочих дизель-генераторов превышает мощность нагрузки, избыток энергии аккумулируется в накопителе энергии, а в режимах, когда выходная мощность дизель-генераторов меньше мощности нагрузки, энергия из накопителя отдается потребителю.

В таком случае требуемая мощность накопителя энергии определяется согласно выражению:

$$P_{\text{НЭ}} = P_{\text{макс}} - P_{\text{ДГУ}}.$$

По минимальному значению мощности нагрузки определяется коэффициент загрузки дизельных установок

$$k_{\text{з,ДГУ}} = \frac{P_{\text{мин}}}{P_{\text{ДГУ}}}.$$

Если коэффициент загрузки дизельных агрегатов меньше 0,3, то целесообразно на данный период времени генераторную установку отключить, и обеспечить питание потребителей от накопителя энергии. Возможна проверка значений коэффициента загрузки дизельных установок на каждом интервале времени с целью отключения генерирующих мощностей. Возникающий в момент отключения дефицит электроэнергии восполняет накопитель энергии.

При выполнении накопителем энергии функций полного резервирования дизельных генераторных установок его мощность определяется согласно требуемой мощности нагрузки:

$$P_{\text{НЭ}} = P_{\text{н}},$$

где $P_{\text{н}}$ – величина максимальной электрической нагрузки ДЭС на временном интервале резервирования $t_{\text{разр}}$ (питания потребителей от накопителя).

Таблица 1 – порядок определения емкости накопителей энергии для применения в автономных ДЭС

№ п/п	Наименование этапа	Примечание
1	Определение характеристик графиков электрических нагрузок потребителя	$P_{\text{макс}}; P_{\text{мин}}; P_{\text{ср}}$
2	Определение суммарной мощности рабочих силовых агрегатов ДЭС	$P_{\text{ДГУ}} = k_{\text{рез}} \cdot P_{\text{ср}}$
3	Определение мощности накопителя	$P_{\text{НЭ}} = P_{\text{макс}} - P_{\text{ДГУ}}$ или $P_{\text{НЭ}} = P_{\text{н}}$
4	Определение коэффициента загрузки дизельных агрегатов на каждый час по графику нагрузки	$k_{\text{з,ДГУ}} = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{ДГУ}}}$
5	Определение интервала работы накопителя в режиме разряда по графику нагрузки	$t_{\text{разр}}$
6	Определение суммарной емкости накопителя энергии с учетом его разрядных характеристик	$C_{\Sigma\text{АБ}} = \frac{P_{\text{НЭ}} \cdot t_{\text{разр}}}{U_{\text{АБ}}} \cdot k_{\text{разр}}$
7	Определение количества аккумуляторных батарей в составе накопителя	$n = \frac{C_{\Sigma\text{АБ}}}{C_{\text{АБ,ном}}}$

Резервируя основные генерирующие мощности, накопителем энергии в виде аккумуляторных батарей следует помнить, что мощность ее разряда экспоненциально снижается по индивидуальным характеристикам, приводимых производителем.

Суммарная емкость накопителя энергии определяется по выражению

$$C_{\Sigma\text{АБ}} = \frac{P_{\text{НЭ}} \cdot t_{\text{разр}}}{U_{\text{АБ}}} \cdot k_{\text{разр}}$$

где $t_{\text{разр}}$ – время разряда; $k_{\text{разр}}$ – коэффициент разряда, учитывающий индивидуальные разрядные характеристики.

Последовательность определения емкости накопителя электрической энергии для применения в автономных дизельных электростанциях в общем случае представлена в таблице 1.

Автономные фотоэлектростанции

Автономные солнечные электростанции являются электроустановками, преобразующими радиацию солнечного излучения в электрическую энергию за счет фотоэлектрических модулей, также называемых фотоэлектрическими преобразователями, фотоэлектрическими панелями и пр.

Поскольку номинальное напряжение фотоэлектрических модулей как отечественных, так и зарубежных производителей составляет 12 или 24 В, в этом случае значительно упрощается процесс сопряжения накопителя электроэнергии с потребляющими устройствами. Для обеспечения номинального напряжения 220/380 В на шинах потребителя используется автономный инвертор с входным напряжением 12-48 В.

В схеме, приведенной на рисунке 4, накопитель энергии в первую очередь предназначен для резервного питания потребителей на длительных интервалах времени, например, при недостаточном потенциале солнечного излучения в дневное время или отсутствии в ночное время.

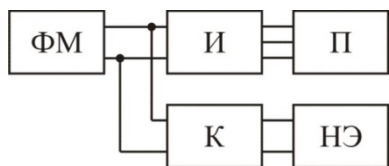


Рисунок 4 – Схема сопряжения накопителя энергии с ФЭС
 ФМ – фотоэлектрический модуль; И – инвертор; П – потребитель;
 К – двунаправленный конвертер; НЭ – накопитель энергии

Сложность согласования процессов генерации и потребления электроэнергии обусловлена стохастичностью изменения параметров электрических нагрузок и неравномерностью распределения приходящего солнечного излучения в течение суток и месяцев.

Энергетический баланс для автономной фотоэлектрической станции в период заряда накопителя выглядит следующим образом:

$$W_{\text{ФМ}} = W_{\text{П}} + W_{\text{НЭ}},$$

где $W_{\text{ФМ}}$ – энергия, поступающая от фотоэлектрических модулей; $W_{\text{НЭ}}$ – энергия заряда накопителя энергии; $W_{\text{П}}$ – потребляемая энергия.

Мощность фотоэлектрической станции определяется гелиоэнергетическим потенциалом размещения и мощностью нагрузки. Поэтому к рассмотрению принимаются месяцы с наименьшей солнечной радиацией и наибольшей мощностью нагрузки, как правило, при круглогодичном применении это зимние месяцы: январь или декабрь.

Численные значения удельной солнечной радиации для местности определяется по наземным метеорологическим данным или базам данных спутниковых систем.

Интегральное значение потребляемой энергии $W_{\text{П}}$ определяется по имеющимся данным электропотребления или по типовым суточным графикам нагрузки с учетом необходимого временного интервала резервирования (количество дней без солнца).

Таблица 2 – порядок определения емкости накопителей энергии для применения в автономных фотоэлектрических системах

Ном.	Наименование этапа	Примечание
1	Определение характеристик графиков электрических нагрузок потребителя	$P_{\text{макс}}, P_{\text{мин}}, P_{\text{ср}}$
2	Определение удельной мощности солнечного излучения, приходящей на определенную площадку с учетом географических особенностей местности	$P_{\text{уд.си}} [\text{Вт}/\text{м}^2]$
3	Определение запасаемой электроэнергии в накопителе	$W_{\text{НЭ}} = k_{\text{м}} \cdot k_{\text{зап}} \cdot k_{\text{вр}} \cdot W_{\text{П}}$
4	Определение интервала работы накопителя в режиме разряда	$t_{\text{разр}}$
5	Определение суммарной емкости накопителя энергии с учетом его разрядных характеристик	$C_{\text{САБ}} = \frac{k_{\text{разр}} \cdot W_{\text{НЭ}}}{U_{\text{АБ}}}$
6	Определение количества аккумуляторных батарей в составе накопителя	$n = \frac{C_{\text{САБ}}}{C_{\text{АБ.ном}}}$

Запасаемая накопителем электрическая энергия определяется по выражению:

$$W_{\text{НЭ}} = k_{\text{м}} \cdot k_{\text{зап}} \cdot k_{\text{вр}} \cdot W_{\text{П}},$$

где $k_{\text{м}}$ – коэффициент максимума нагрузки, обычно для децентрализованных потребителей принимается равным от 1,5 до 1,8; $k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса для предотвращения глубокого разряда НЭ (принимается равным от 1,3 до 1,5); $k_{\text{вр}}$ – временной коэффициент, учитывающий длительность заряда НЭ; $W_{\text{П}}$ – потребляемая активная энергия.

Временной коэффициент учитывает время заряда накопителя энергии в период максимальной выработки электроэнергии от фотоэлектрической станции и определяется по выражению

$$k_{вр} = \frac{t_{зар}}{24},$$

где $t_{зар}$ – время заряда накопителя энергии (для свинцово-кислотных батарей обычно 10-12 часов).

Последовательность определения емкости накопителя электрической энергии для автономной фотоэлектрической системы представлена в таблице 2.

Ветро-дизельные электростанции

Для электроснабжения потребителей в инженерной практике обычно используются две наиболее характерные схемы параллельной работы ветровой и дизельной станций.

Первая схема, представленная на рисунке 5 используется при относительно малой доли ветровой генерации в виду незначительного ветроэнергетического потенциала или значительного преобладания мощности дизельной станции. В данной схеме дизельная генераторная установка работает с неизменной частотой вращения вала и является основным источником энергии. Ветровая энергетическая установка является дополнительным источником энергии и предназначена для экономии дизельного топлива. Сопряжение ветровой установки производится через выпрямительно-инверторный каскад.

Роль накопителя энергии в рассматриваемой схеме заключается в резервировании источников энергии, например, когда в ночное время с целью экономии топлива отключается дизельная электроустановка.

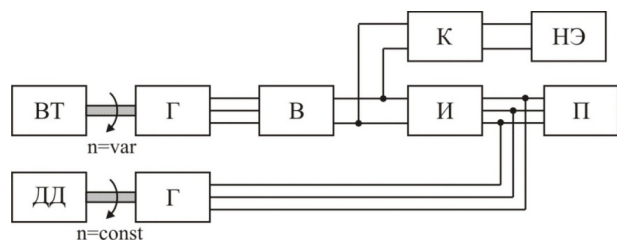


Рисунок 5 – Схема сопряжения накопителя энергии с ВДЭС
 ВТ – ветротурбина; Г – генератор; В – выпрямитель; И – инвертор;
 П – потребитель; К – конвертер; НЭ – накопитель энергии;
 ДД – дизельный двигатель.

Баланс электрической энергии в ветро-дизельной электростанции в период заряда накопителя энергии выглядит следующим образом:

$$W_{вэс} + W_{дэс} = W_{п} + W_{нэ},$$

где $W_{вэс}$ – генерируемая энергия от ветровой электростанции; $W_{дэс}$ – генерируемая энергия от дизельной электростанции; $W_{нэ}$ – потребляемая энергия накопителем; $W_{п}$ – потребляемая энергия.

Вторая схема ВДЭС, представленная на рисунке 6, отличается тем, что установленная мощность ветровых станций соизмерима с мощностью дизельных установок. В первую очередь это связано с наличием достаточного ветрового ресурса местности. Кроме того, дизельная электростанция работает с переменной частотой вращения вала с целью экономии дизельного топлива.

Сопряжение генерирующих установок производится на общей шине постоянного тока, что обуславливает включение в схему двунаправленного конвертера напряжения с входными и выходными значениями напряжения 500-700/12 В. Накопитель в подобных схемах зачастую работает для сглаживания пиков нагрузки, выполняя роль буферного устройства.

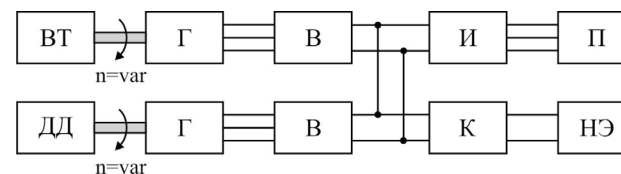


Рисунок 6 – Схема сопряжения накопителя энергии с ВДЭС
 ВТ – ветротурбина; Г – генератор; В – выпрямитель; И – инвертор;
 П – потребитель; К – конвертер; НЭ – накопитель энергии;
 ДД – дизельный двигатель.

Если накопитель энергии выполняет функции кратковременного буферного устройства для сглаживания набросов нагрузки, то в этом случае возможно снижение его суммарной емкости, а также использование не только традиционных кислотных и щелочных аккумуляторов, а современных малоинерционных накопительных устройств.

Мощность ветроэлектрической станции определяется на основании технико-экономических расчетов, учитывающих ветроэнергетический потенциал местности и экономические условия реализации проекта электроснабжения. В общем случае величина коэффициента замещения $k_{зам} = P_{вэу}/P_{дгу}$, который характеризует соотношение установленных мощностей ВЭУ и ДЭС, может изменяться в широких пределах от 0 до 4.

При малых значениях $k_{зам}$ (системы с низким уровнем замещения) основным генерирующим источником электростанции являются дизельные генераторы и рациональная емкость накопителя выбирается аналогично автономным ДЭС.

В энергетических системах с высоким уровнем замещения основным источником питания потребителей являются ветрогенераторы, выдача мощности которых имеет явно выраженный пульсирующий характер. Важнейшей функцией накопителя для таких систем является демпфирование колебаний напряжения на сборных шинах электростанции. Поэтому в состав ВДЭС с высоким уровнем замещения, как правило, входит синхронный компенсатор, который реализует функции быстродействующего буферного накопителя энергии, а также обеспечивает баланс реактивной мощности в системе. Аккумуляторный накопитель в таких системах предназначен для работы в резервном режиме, он должен обеспечивать покрытие нагрузки на время, необходимое для запуска и вывода на рабочий режим дизельных агрегатов. Необходимая емкость накопителей в таких системах определяется составом, типом и мощностью основного энергетического оборудования, которое выбирается на стадии проектирования для каждой конкретной электростанции. В настоящей работе рассмотрен выбор емкости накопителей энергии только для электростанций такого типа.

Таблица 3 – Порядок определения емкости накопителей энергии для применения в ветро-дизельных электростанциях с низким уровнем замещения

Ном.	Наименование этапа	Примечание
1	Определение характеристик графиков электрических нагрузок потребителя	$P_{\max}, P_{\min}, P_{\text{ср}}$
2	Определение суммарной мощности рабочих силовых агрегатов ДЭС	$P_{\text{ДГУ}} = k_{\text{рез}} \cdot P_{\text{ср}}$
3	Определение мощности накопителя	$P_{\text{НЭ}} = P_{\text{макс}} - P_{\text{ДГУ}}$
4	Определение коэффициента загрузки дизельных агрегатов на каждый час по графику нагрузки	$k_{з, \text{ДГУ}} = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{ДГУ}}}$
5	Определение интервала работы накопителя в режиме разряда по графику нагрузки	$t_{\text{разр}}$

6	Определение суммарной емкости накопителя энергии с учетом его разрядных характеристик	$C_{\Sigma \text{АБ}} = \frac{P_{\text{НЭ}} \cdot t_{\text{разр}}}{U_{\text{АБ}}} \cdot k_{\text{разр}}$
7	Определение количества аккумуляторных батарей в составе накопителя	$n = \frac{C_{\Sigma \text{АБ}}}{C_{\text{АБ, ном}}}$

На основании вышесказанного мощность рабочих дизельных агрегатов определяется по средней мощности потребителя с учетом коэффициента резервирования:

$$P_{\text{ДГУ}} = k_{\text{рез}} \cdot P_{\text{ср}}$$

В таком случае мощность накопителя энергии определяется согласно выражению:

$$P_{\text{НЭ}} = P_{\text{макс}} - P_{\text{ДГУ}}$$

Длительность работы накопителя энергии, работающего в резервном режиме, определяется с учетом коэффициента загрузки дизельных агрегатов, которая не должна быть ниже 30 %. В периоды малой загрузки ДЭС рекомендуется их отключение и питание нагрузки от накопителя энергии.

В целом выбор емкости накопителя сводится к следующей последовательности, представленной в таблице 3.

Солнечно-дизельные электростанции

Для условий Сибири и Северного Казахстана наиболее применимый способ согласования дизельной и солнечной генерации представлен на рисунке 7. В такой схеме дизельная генераторная установка работает с постоянной частотой вращения и ее установленная мощность значительно больше установленной мощности фотоэлектрической станции, назначение которой сводится к дополнительной генерации энергии и вследствие этого экономии дизельного топлива.

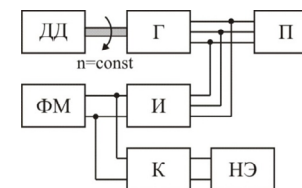


Рисунок 7 – Схема сопряжения накопителя энергии с солнечно-дизельной электростанцией

ДД – дизельный двигатель; Г – генератор; П – потребитель; ФМ – фотоэлектрический модуль; И – инвертер; К – конвертер; НЭ – накопитель энергии.

Баланс электрической энергии для гибридной солнечно-дизельной станции во время заряда накопителя выглядит следующим образом

$$W_{ДЭС} + W_{ФМ} = W_{П} + W_{НЭ},$$

где $W_{ДЭС}$ – генерируемая от ДЭС электрическая энергия; $W_{ФЭС}$ – генерируемая от ФЭС электроэнергия; $W_{НЭ}$ – потребляемая электроэнергия накопителем; $W_{П}$ – потребляемая электроэнергия.

Аналогичным образом, как и для ветро-дизельной станции, определяется мощность накопителя энергии,

$$P_{НЭ} = P_{\max} - P_{ДГУ}.$$

Установленная мощность фотоэлектрической станции должна быть не меньше мощности накопителя энергии с учетом особенностей заряда данных накопителей, а также солнечного излучения. Однако окончательный выбор установленной мощности фотоэлектрической станции должен быть обоснован технико-экономическими расчетами.

В общем виде последовательность выбора суммарной емкости накопителя энергии представлена в таблице 4.

Таблица 4 – порядок определения емкости накопителей энергии для применения в солнечно-дизельных электростанциях

Ном.	Этап	Примечание
1	Определение характеристик графиков электрических нагрузок потребителя	$P_{\max}; P_{\min}; P_{\text{ср}}$.
2	Определение суммарной мощности рабочих силовых агрегатов ДЭС	$P_{ДГУ} = k_{\text{рез}} \cdot P_{\text{ср}}$
3	Определение мощности накопителя	$P_{НЭ} = P_{\max} - P_{ДГУ}$
4	Определение коэффициента загрузки дизельных агрегатов на каждый час по графику нагрузки	$k_{з,ДГУ} = \frac{P_{н}}{P_{ДГУ}}$
5	Определение интервала работы накопителя в режиме разряда по графику нагрузки	$t_{\text{разр}}$
6	Определение суммарной емкости накопителя энергии с учетом его разрядных характеристик	$C_{\Sigma АБ} = \frac{P_{НЭ} \cdot t_{\text{разр}}}{U_{АБ}} \cdot k_{\text{разр}}$
7	Определение количества аккумуляторных батарей в составе накопителя	$n = \frac{C_{\Sigma АБ}}{C_{АБ, \text{ном}}}$

В качестве примера приведены расчеты для рассматриваемого графика нагрузки на рисунке 3.

Мощность дизельной генераторной установки

$$P_{ДГУ} = k_{\text{рез}} \cdot P_{\text{ср}} = 1,25 \cdot 46 = 57,5 \text{ кВт.}$$

Округляем до ближайшего стандартного значения 60 кВт.

Мощность накопителя энергии составляет

$$P_{НЭ} = P_{\max} - P_{ДГУ} = 80 - 60 = 20 \text{ кВт.}$$

Коэффициент загрузки дизельной генераторной установки для самой минимальной мощности нагрузки составляет

$$k_{з,ДГУ} = \frac{P_{н}}{P_{ДГУ}} = \frac{30}{60} = 0,5.$$

В таком случае накопитель энергии будет работать в режиме компенсации пиковых набросов нагрузки, т.е. в период с 17 до 21 ч по графику нагрузки.

Суммарная установленная емкость накопителя энергии будет равна

$$C_{\Sigma АБ} = \frac{P_{НЭ} \cdot t_{\text{разр}}}{U_{АБ}} \cdot k_{\text{разр}} = \frac{20 \cdot 4}{12} \cdot 1,3 = 8666,7 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Принимая к установке аккумуляторные батареи номинальной емкостью 200 А·ч, количество аккумуляторных батарей будет равно

$$n = \frac{C_{\Sigma АБ}}{C_{АБ, \text{ном}}} = \frac{8666,7}{200} = 44 \text{ шт.}$$

В качестве примера рассмотрим электрическую нагрузку с суточным потреблением энергии 20 кВт·ч.

Временной коэффициент заряда аккумуляторных батарей равен

$$k_{\text{вр}} = \frac{t_{\text{зар}}}{24} = \frac{12}{24} = 0,5.$$

Запасаемая накопителем энергия будет равна

$$W_{НЭ} = k_{\text{м}} \cdot k_{\text{зар}} \cdot k_{\text{вр}} \cdot W_{П} = 1,8 \cdot 1,3 \cdot 0,5 \cdot 20 = 23,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Суммарная емкость накопителя составляет

$$C_{\Sigma АБ} = \frac{k_{\text{разр}} \cdot W_{НЭ}}{U_{АБ}} = \frac{1,3 \cdot 23,4}{12} = 2,53 \text{ кА} \cdot \text{ч.}$$

Количество аккумуляторных батарей

$$n = \frac{C_{\Sigma АБ}}{C_{АБ, \text{ном}}} = \frac{2530}{200} \approx 13 \text{ шт.}$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, уровень сложности технико-экономического обоснования проектов электроснабжения с участием возобновляемых источников энергии зависит от множества факторов, в частности, от конфигурации схемы, наличия и точности исходных данных по источникам питания и потребителю электроэнергии, а также от предъявляемых требований к расчетам.

Очевидно, что создание универсальной методики и средств ее реализации является сложной и трудозатратной работой, выполнение которой под силу квалифицированному персоналу, имеющему знания и навыки проведения технико-экономических расчетов в области возобновляемой и малой энергетики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сарсикеев, Е. Ж., Романенков, А. И. Применение накопителей электроэнергии в составе микроГЭС // В сборнике: Гидроэлектростанции в XXI веке Сборник материалов Второй Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов. – 2015. – С. 336-339.

2 Лукутин, Б. В., Сарсикеев, Е. Ж., Шандарова, Е. Б. Оценка технико-экономической эффективности использования накопителей электроэнергии в автономной микрогидроэлектростанции // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 145.

3 Шолохова, И. И., Сарсикеев, Е. Ж., Молдованова, Е. А. Анализ и обработка экспериментальных данных по исследованию энергетических характеристик дизельной электростанции инверторного типа // В сборнике: Наука. Технологии. Инновации Сборник научных трудов: в 9 частях. Под редакцией М. Э. Рояка. – 2015. – С. 41-44.

4 Лукутин, Б. В., Сарсикеев, Е. Ж., Тентиев, Р. Б. Моделирование электрической нагрузки микрогидроэлектростанции для электроснабжения автономных потребителей // В сборнике: Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 5-й научно-практической internet-конференции. Ответственный редактор Ю. С. Нагорнов, – 2015. – С. 178-181.

5 Сарсикеев, Е. Ж., Лукутин, Б. В., Мустафина, Р. М. Методика выбора количества и мощности дизельных генераторов // В сборнике: Электротехника. Электротехнология. Энергетика сборник научных трудов VII международной научной конференции молодых ученых. Новосибирский государственный технический университет; Межвузовский центр содействия

научной и инновационной деятельности студентов и молодых ученых Новосибирской области. – 2015. – С. 390-394.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Е. Ж. Сарсикеев¹, Р. М. Мустафина², З. Т. Туркебаева¹

Гибридті электрлік станциялардың құрамында аккумуляторлық батареяларды қолдану жайындағы мәселелер

¹С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 05.06.17 баспаға түсті.

E. Zh. Sarsikeev¹, R. M. Mustafina², Z. T. Turkebayeva¹

To the issue of accumulator batteries application in the hybrid electrical power plants

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technological University, Astana;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 05.06.17.

Мақалада автономды энергетикалық кешендерге арналған аккумуляторлардың түйісу сұлбалары мен оларды таңдау ерекшеліктері қарастырылады. Жалпы түрде жергілікті табиғи ресурстарды ескерумен ең үлкен энергетикалық тиімділікке жету мақсатында басқарудың құрылымы мен алгоритмдерін тұрғызу бойынша ұсынымдар берілген. Жұмыста ұсынылатын әдістемені апробациялаудың нәтижелері келтірілген.

In the paper the accumulator coupling schemes for autonomous power complexes and selection features are considered. Recommendations to structure and control algorithms design are provided in common to reach the maximal power performance due to the local natural resources. In the paper the approbation results of this approach are provided.

Г. С. Укубасова

Ph.D, профессор, Университет Нархоз, г. Алматы

e-mail: galiya.ukubasova@narhoz.kz

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

В статье рассматриваются проблемы внедрения систем электронного документооборота (СЭД) на предприятиях, и предлагаются практические методики и подходы для оценки эффективности внедрения СЭД, приводящие к ускорению оборота документов, снижению затрат на работу с бумажными документами, сокращению времени поиска документов и повышению исполнительской дисциплины.

Ключевые слова: система электронного документооборота (СЭД), эффективность, автоматизация, бизнес-процесс.

ВВЕДЕНИЕ

Системы электронного документооборота (СЭД) в любой современной организации становятся обязательным элементом ИТ-инфраструктуры, являясь залогом эффективной работы предприятия из-за правильно организованного делопроизводства. Автоматизация делопроизводства в последние годы все чаще стали привлекать к себе внимание широкой аудитории, так как главным стимулом перехода на электронное делопроизводство является необходимость повышения конкурентоспособности бизнеса.

Решению задач автоматизации в государственном секторе, способствует повсеместное распространение компьютерной техники, что ведет к снижению затрат государственных организаций и оптимизируют их работы [1].

При использовании систем электронного документооборота можно почти полностью отказаться от бумажных копий документов, и, тем самым, очень сильно снизить денежные расходы. Сокращение расходов на бумагу, является одним из главных преимуществ электронного делопроизводства. Но это лишь один из плюсов электронного делопроизводства, и как показывает практика, далеко не самый важный.

Автоматизация делопроизводства кардинально меняет скорость обработки потоков документов на предприятии. Такое ускорение дает

совершенно другое качество работы предприятия в целом, сокращаются издержки, снижается нагрузка на работников предприятия, следовательно, улучшается качество их работы, приводящее не только к улучшению финансовых показателей, но и к росту имиджа предприятия. Кроме движения документов, системы электронного документооборота содержат инструменты автоматизации бизнес-процессов, которые выходят за рамки традиционного делопроизводства, и позволяют автоматизировать все задачи управления предприятием [2].

При электронном делопроизводстве, другой важной особенностью является контроль исполнения документов. При автоматизации делопроизводства, задачи контроля исполнения документов переходят на качественно новый уровень. В связи с централизацией процессов регистрации и обработки документов, и ведению единой базы, стало возможным получение отчетов о движении документов за любой период времени, в том числе и получение отчетов в реальном времени. Все это помогает руководителям оперативно отслеживать выполнение задач своими сотрудниками и своевременно реагировать на задержки и нарушения сроков исполнения [3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Специфика внедрения СЭД заключается в том, что масштабы ее применения выходят за рамки одного отдела и в работе с данной системой принимают участие сотрудники разных отделов, служб, подразделений и филиалов. Когда автоматизируемый процесс выходит за границы одного подразделения, начинаются проблемы взаимоотношений, в результате которых СЭД не работает, т.е. программой не пользуются, и продолжают работать так, как работали раньше.

Очень часто задача внедрения возлагается на силы внутреннего IT подразделения, и внедрение сводится к раздаче пользователям учётных записей и уровней доступа к серверу документооборота. Дальше пользователи начинают сами разбираться с программой. Если руководство компании стоит в стороне от проекта внедрения, то такое внедрение, может длиться очень долго, и результат его непредсказуем.

К сожалению, аналогичных примеров из опыта внедрения системы документооборота не мало. После проведения всех обучений и семинаров в программе остаются работать только секретари руководителей и канцелярия. Остальные сотрудники просто наблюдают за их работой в системе. У них была установлена программа, они имели свои логины, им приходили уведомления. Они заходили в программу, смотрели поступившие им сообщения и поручения, но ничего в ней не делали. То есть не формировали

отчёты об исполнении поручений, не писали ответы на запросы и т.п. Всё это за них в программу вносили секретари. Естественно, они не успевали делать это своевременно.

Занимаясь внедрением СЭД, разработчики выработали эффективную методику внедрения, которая сформировалась в результате многолетней практики, опыта управления проектами, знаниями тонкостей данного предмета и понимания психологии пользователей:

1) СЭД это не просто программа, это инструмент руководителя для обеспечения порядка в работе компании, создающий возможность для роста бизнеса. Внедрение системы документооборота регламентирует внутреннюю деятельность компании. Поэтому внутренним Заказчиком внедрения СЭД должно выступать руководство компании, а не канцелярия или юридический отдел и тем более, не IT подразделение.

2) вести контроль над проектом внедрения должен осуществлять Генеральный директор или его первый заместитель. Руководитель канцелярии или директор по IT не имеет достаточных полномочий и авторитета для внедрения СЭД в компании.

3) в связи с тем, что система документооборота одна из самых массовых по числу пользователей, применяемых в организации, то необходимо провести обучение сотрудников и мотивировать их к работе с СЭД.

4) бизнес-процессы в каждой компании имеют свою специфику и успешность внедрения СЭД зависит от возможности её быстрой адаптации к бизнес-процессам предприятия.

5) использование СЭД в ежедневной практике сотрудниками компании необходимо закрепить на юридическом уровне в виде должностных инструкций и регламентов.

Естественно, это далеко не полный перечень того, что приведёт проект внедрения к успеху.

По данным статистики, большая часть проектов, проводимых заказчиками самостоятельно, или имеют отрицательный результат или, очень сильно растягиваются во времени. Это связано с неправильной оценкой имеющихся в компании ресурсов на внедрение системы документооборота.

Показатели для оценки эффекта от внедрения СЭД подразделяются, на качественные и количественные.

К количественным показателям можно отнести следующее: уменьшение затрат рабочего времени в связи с сокращением времени на поиск документов и их согласование; уменьшение числа бумаг, ведущее к сокращению расходных материалов, уменьшение объема рутинных операций, что высвобождает время для выполнения других, более интеллектуальных задач, дающих большую прибыль предприятию [2].

Примеры качественных показателей – повышение имиджа современной организации; улучшение качества обслуживания клиентов; упорядочивание работы предприятия, повышение лояльности персонала и т.д. (рис. 1).

Обычно при внедрении СЭД и методик управления, показатели чаще всего бывают качественные, хотя большее впечатление производят количественные. Большинство перечисленных критериев оценки качества внедрения и количественных показателей для оценки эффекта от внедрения могут быть рассчитаны по достаточно простой формуле, например [4]:

$$T = (t_0 - t_1)k,$$

где T – экономия времени сотрудников на согласование документов после внедрения системы электронного документооборота;

t_0 и t_1 – время, затрачиваемое сотрудником на сбор подписей и согласование документа соответственно до и после внедрения системы электронного документооборота;

k – количество документов, согласуемых в месяц.

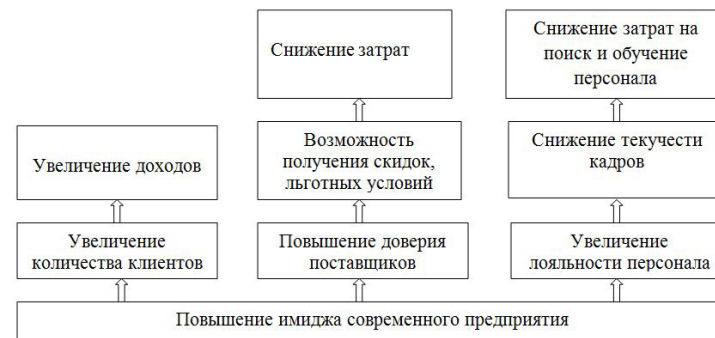


Рисунок 1 – Взаимосвязь показателей эффективности внедрения СЭД

Однако, собрать исходные данные, задача не простая, так как такая статистика не ведется и поэтому можно использовать прямые измерения и экспертные оценки.

Например, чтобы провести прямые измерения можно использовать анализ данных внедренной системы, такие как, количество созданных документов, просроченных заданий, отчеты по загрузке персонала, секундомер для оценки времени, потраченного сотрудником на операцию, подсчет расходных материалов по бухгалтерским данным и т.д.

Для этого, определим структуру подчиненности выделенных подразделений и разграничим их функции по видам выполняемых работ. Полученная группировка видов документов по основным подразделениям представлена в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, самая большая доля документов приходится на бухгалтерию, производственно-сбытовой отдел, отдел материально-технического снабжения и комплектации, а также планово-экономический отдел предприятия. Мы видим, что очень высока доля документов в бухгалтерии, это связано с тем, что каждый внутренний документ, а финансовый – обязательно, должен быть заверен в бухгалтерии для отслеживания движения финансово-материальных потоков предприятия.

В ходе проведения обследования мы заметили, что не все показатели поддаются прямым измерениям, наиболее достоверные результаты в нашем случае может дать метод экспертной оценки. Опрос экспертов можно провести в виде анкет-исследований или в виде интервью. Затем, в дальнейшем оценки экспертов обобщаются с использованием методов математической статистики, и формируется некая интегральная оценка проекта.

Исходя из движения входящих, исходящих и внутренних документов, был проведен анализ движения внутренних документов с учетом выполнения подразделениями функций планирования и оперативного учета и на основе этого, составлена организационная структура. Для каждой связи на схеме движения внутренних документов был определен «вес», при выполнении всеми подразделениями функций планирования и оперативного учета (рис. 2).

Таблица 1 – Группировка видов документов по основным подразделениям

№	Основные подразделения предприятия	Доля документов, %
1	Отдел делопроизводства	5
2	Бухгалтерия	9
3	Планово-экономический отдел	9
4	Отдел организации труда и заработной платы	8
5	Отдел материально-технического снабжения и комплектации	9
6	Производственно-сбытовой отдел	9
7	Административно-хозяйственный отдел	2
8	Отдел главного конструктора	5
9	Отдел техники безопасности	4
10	Отдел главного механика	2

11	Отдел главного энергетика	1
12	Отдел материальных нормативов	2
13	Отдел АСУ	1
14	Отдел главного технолога	2
15	Центральная лаборатория	1
16	Отдел кадров	5
17	Отдел технического контроля	3
18	Юридический отдел	2
19	Прочие отделы и службы	21
	Итого:	100

Из рисунка 2 видно, что связи между заместителями генерального директора по экономике и по производству хорошо налажены: движение потоков документов не затруднено. Но, при передаче данных заместителю генерального директора по экономике для формирования производственной программы и оперативного учета, у директора по производству нет возможности обрабатывать их для предоставления в требуемом виде. Он не обладает временем, необходимым для выборки из всей имеющейся информации той части, которая необходима для предоставления заместителю генерального директора по экономике. Данные функции также не могут быть возложены на производственно-сбытовой отдел из-за отсутствия всей необходимой информации и реального времени для выполнения данных функций. В этой ситуации необходимо рассмотреть вариант, согласно которому данные функции следует передать производственно-сбытовому отделу.

Связи между заместителем генерального директора по экономике и планово-экономическим отделом налажены, однако наблюдается небольшое замедление передачи необходимой информации со стороны заместителя генерального директора по экономике. Это можно наблюдать из схемы и выявить с определенной точностью, какие связи к этому приводят.

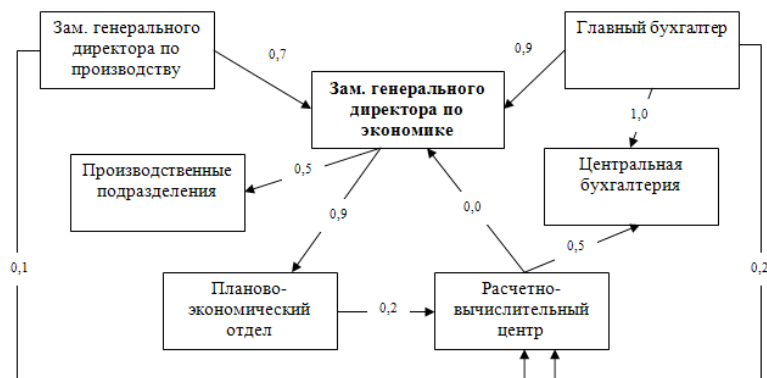


Рисунок 2 – Схема движения внутренних документов, ранжированных по весу [5]

Из данного рисунка мы также можем наблюдать, что при работе бухгалтерии с главным бухгалтером, и главного бухгалтера с заместителем генерального директора по экономике, процедура документооборота работает очень эффективно, учитываются как «прямые», так и «обратные» связи.

В связи с тем, что бухгалтерия выступает наиболее перегруженным документами участком, фактически расчетно-вычислительный центр подчиняется главному бухгалтеру.

Оценка схемы показала, что в основном нарушение документооборота при выполнении подразделениями функции планирования и оперативного учета вызвано неэффективной работой расчетно-вычислительного центра. Следовательно, необходима коренная реорганизация данного подразделения, путем расширения штата сотрудников.

ВЫВОДЫ

В связи с невозможностью в ближайшее время внедрить на предприятии автоматизированную систему управления рекомендуются следующие методы совершенствования системы документооборота путем автоматизации, наиболее «перегруженных» информационных потоков собственными силами:

- 1) сформулировать цели и задачи, которые должен решать расчетно-вычислительный центр предприятия;
- 2) сформировать перечень контактов между всеми службами предприятия с предоставлением документов, отражающих содержание данных контактов;

- 3) систематизировать и проанализировать полученные данные, выделив наиболее значимые и «перегруженные» информационные потоки.
- 4) по возможности автоматизировать собственными силами выбранные информационные потоки;
- 5) распределить ответственность между работниками отдела с закреплением каждого за конкретным участком.
- 6) определить круг лиц, которые будут вовлечены в процесс разработки и контроля над созданием СЭД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Майкл, Дж. Д.** Саттон. «Корпоративный документооборот. Принципы, технологии, методология внедрения». – СПб. : Азбука, 2002 г.
- 2 **Жеребенкова, В.**, Документооборот на предприятии. / В. Жеребенкова – Вершина, 2010 г.
- 3 **Чернов, В. Н.**, Системы электронного документооборота / В. Н. Чернов – М. : РАГС, 2009. – 84 с.
- 4 **Петров, А. Б., Сонис, Р. Г.** Построение эффективной банковской системы управления документооборотом // Современные проблемы информатизации в непромышленной сфере и экономике: Матер. X Междунар. окр. конф. – Воронеж, РФ, 2005. – С. 20-21.
- 5 **Сонис, Р. Г.** Модель открытой эффективной системы управления документооборотом // Научно-технический журнал «Информационные технологии в моделировании и управлении». – Воронеж : Изд.: ООО «Научная книга», 2006. – № 1 (26). – С. 107-109.

Материал поступил в редакцию 05.06.17.

Ғ. С. Үкібасова

Кәсіпорында электрондық құжат айналымы жүйесін енгізу мәселелері

Нархоз университеті, Алматы қ.
Материал 05.06.17 баспаға түсті.

G. S. Ukubassova

Problems of implementation of electronic document management system in the enterprise

Narxoz University, Almaty.
Material received on 05.06.17.

Мақала кәсіпорындарында электрондық құжат айналымы жүйесін енгізу мәселесімен мәмілелер, сондай-ақ практикалық әдістерін ұсынады және құжаттарды жедел айналысқа жетекші, электронды құжат айналымы жүйесін енгізу тиімділігін бағалау үшін лайықты жер, құжат іздеу уақытын қысқарту, қағаз құжаттармен жұмыспен қамту шығындарды азайтуға және атқару тәртібін арттыру.

The article deals with the problem of the introduction of electronic document management systems in enterprises, and offers practical techniques and approaches for assessing the effectiveness of the introduction of electronic document management systems, leading to accelerated circulation of documents, reducing employment costs with paper documents, reducing document search time and increase performance discipline.

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 подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

11. **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор. **Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.** Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу: **140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: kereku@psu.kz.

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова	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 HSBKZZKX
Кбе 16	Кбе 16
Код 16	Код 16
КНП 861	КНП 861

УДК 316:314.3

А. Б. Есімова

к.п.н., доцент, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Яссави, г. Туркестан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщин сквозь призму семейно-родственных связей. Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие. Постепенно среда проектирования в области мобильной ...
Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в...
Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного робототехнического комплекса...
Продолжение текста

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения

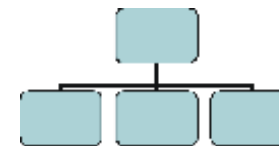
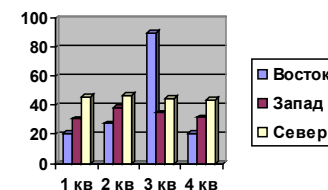


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).
- 2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.
- 3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.
- 4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есімова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық казах-түрік университеті, Түркістан қ.

A. B. Yessimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлқында айырмашылықтарын талдайды.

In the given article the author analyzes distinctions of reproductive behavior of married women of Kazakhstan through the prism of the kinship networks.

Теруге 05.06.2017 ж. жіберілді. Басуға 15.06.2017 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 11.05 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
Тапсырыс № 3031

Сдано в набор 05.06.2017 г. Подписано в печать 15.06.2017 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 11.05 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
Заказ № 3031

«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