

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

1997 ж. құрылған
Основан в 1997 г.



İ İ Ó
ÕÀÀÀÐØ ÛÑÛ

ÃÃÑÒÍ ÈÊ Ì ÃÓ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

4 2014

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия

Республики Казахстан

17 апреля 2014 года

Кислов А.П., к.т.н., доцент (главный редактор);

Леньков Ю.А., к.т.н., доцент (заместитель главного редактора);

Акаев А.М., (ответственный секретарь);

Редакционная коллегия:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, зав.каф.НГТУ (г. Новосибирск, Россия);

Боровиков Ю.С., к.т.н., профессор, Национальный исследовательский

ТПУ, проректор-директор Энергетического института (г. Томск, Россия);

Новожилов А.Н., д.т.н., профессор;

Горюнов В.Н., д.т.н., профессор, ОмГТУ, директор Энергетического

института (г. Омск, Россия);

Говорун В.Ф., д.т.н., профессор;

Захаров И.В., д.т.н., профессор;

Клецель М.Я., д.т.н., профессор;

Никифоров А.С., д.т.н., профессор;

Тастенов А.Д., к.т.н., доцент;

Хацевский В.Ф., д.т.н., профессор;

Нургожина Б. В. (тех. редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи и дискеты не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

МАЗМҰНЫ

Алтыбасаров К. М.

Солтүстік Қазақстандағы желдік генерациясының тәуліктік режимдерінің
энергोजүйе қуатының балансы болуына ықпалы9

Байгулжаев О., Исенов Ж. С., Ақаев А. М.

Бағдарламаланатын логикалық интегралды схемалардағы МПС
хабарлағыштың және қабылдағыштың функционалдық түйіндерін
жобалау әдістері17

Байматаева Ш. М.

Тренажер үшін бу генераторының радиациялық
аумағының үлгісін зерттеу23

**Бай Ю. М., Расулов Н. Н., Носов А. Н., Кайдар А. Б., Кислов А. П.,
Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Акаев А. М.**

Каскадты Н-көпірлік көпдеңгейлі инверторлық жетегі27

Березанцева Л. И., Касенов А. Ж., Искакова Д. А.

«Құбыр-жалғастырғыш» бұрандалық қосылысының
өміршеңдігін, беріктігін, герметикалығын жоғарылату33

Глазырина Н.С.

Иониттық фильтрдің жұмыс тәртібін оңтайландырудың кешен
бағдарламалық-аппараттық кешені36

**Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Говорун В. Ф.,
Шапкенов Б. К., Волгин М. Е., Падруль Н. М., Жумадилова А. К.**

MLID диагностикалық және жағдайын бақылау кезіндегі жасанды
интеллектіні қолдану43

**Копырин В. С., Кайдар А. Б., Иванова Е. В., Новожилов А. Н.,
Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Акаев А. М.**

Каскадты MLID шығу кернеуі бойынша бұзылу
жері және ақаулықтар түрлерін диагностикалау49

Лоскутова Л. А., Хаймулдинова А. Қ., Жуламанов А. Қ.

ЖШС «Тенгизшевройл» қызметкерлерінің еңбек
қорғауы мен қауіпсіздік техникасының сапалық жүйесі59

**Лукутин Б. В., Шандарова Е. Б., Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М.,
Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Акаев А. М.**

Статикалық жиілік түрлендіргіштерін қолдану
есебінен микроГЭС шығу кернеуін тұрақтандыру66

Люлина О. Ю., Мусин А. Х.

Автоматтық ажыратқыштардың түйіспелерінде
электрэнергия шығындарын ескеру қажеттілігі туралы71

Мусин А. Х., Зарубин А. А.

Кернеуі 6-10 кВ кабельдік желілердің оқшауламасын
үзілссіз бақылау жүйелеріне арналған кедергі релесі77

Никитин К. И., Поляков Д. А., Кислов А. П.

Электрқондырғы оқшауламасының қызмет ету мерзімін есептеу81

Новожилов А. Н., Исупова Н. А.

Асинхронды қозғағыш роторының эксцентриситетінің
диагностикалау тәсілі88

Новожилов А. Н., Потапенко А. О.

«Тиіннің торының» бұзылу кезінде асинхронды
қозғағыштағы токтарды модельдеу әдісі95

**Пястолова И. А., Тлеуова А. А., Исенов С. С., Акаев А. М.,
Стрельцов А. И.**

Қазақстан Республикасындағы жаңартылған
энергия көздерін дамытудың мәселелері101

Саринова А. Ж.

Нейронды желіні қолданумен статистикалық ерекшеліктерін
фрагментациялық жолмен гиперспектралды аэроғарыштық
бейнесін қысу108

**Сарсикеев Е. Ж., Лукутин Б. В., Обухов С. Г., Кислов А. П.,
Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Акаев А. М., Кайдар А. Б.**

Kaimal функциясымен желдің турбулентті құрастырушысы120

Тоқтағанов Т. Т., Садуұлы М.

Қозғалыс және динамикалық күйі жағдайында теміржол құрамын
бағалау кезіндегі динамикалық құбылысты жүйелеу126

Утегулов Б. Б., Бейсенбаев Д. Е., Сабитов И. М.

Альтернативті электрэнергия көздері137

Хацевский В. Ф., Гоненко Т. В., Маденов С. А.

Электростанция қуатын реттеудің тұйық сызықты
электротехнологиялық жүйесін үлгілеуді жетілдіру145

Авторлар үшін ереже149

СОДЕРЖАНИЕ**Алтыбасаров К. М.**

Влияние суточных режимов ветровой генерации в
Северном Казахстане, на баланс мощности энергосистемы9

Байгулжаев О., Исенов Ж. С., Акаев А. М.

Методы проектирования функциональных узлов передатчика и приемника
МПС на программируемых логических интегральных схемах17

Байматаева Ш. М.

Исследование модели радиационного участка
парогенератора для тренажера23

**Бай Ю. М., Расулов Н. Н., Носов А. Н., Кайдар А. Б., Кислов А. П.,
Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Акаев А. М.**

Каскадные H-мостовые многоуровневые инверторные приводы27

Березанцева Л. И., Касенов А. Ж., Искакова Д. А.

Повышение герметичности, прочности, долговечности
резьбового соединения «труба-муфта»33

Глазырина Н. С.

Программно-аппаратный комплекс оптимизации
режима работы ионитного фильтра36

**Кайдар А. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Говорун В. Ф.,
Шапкенов Б. К., Волгин М. Е., Падруль Н. М., Жумадилова А. К.**

Применение искусственного интеллекта при контроле
состояния и диагностике MLID43

**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 напряжению49

Лоскутова Л. А., Хаймулдинова А. К., Жуламанов А. К.

Система качества охраны труда и техники безопасности
рабочего персонала ТОО «Тенгизшевройл»59

**Лукутин Б. В., Шандарова Е. Б., Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М.,
Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Акаев А. М.**

Стабилизация выходного напряжения микроГЭС за счет применения
статических преобразователей частоты66

Люлина О. Ю., Мусин А. Х.

О необходимости учета потерь электроэнергии на контактах
автоматических выключателей71

Мусин А. Х., Зарубин А. А.

Реле сопротивления для систем непрерывного контроля
изоляции кабельных линий напряжением 6-10 кВ77

Никитин К. И., Поляков Д. А., Кислов А. П.

Расчет срока службы изоляции электроустановки81

Новожилов А. Н., Исупова Н. А. Способ диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя	88
Новожилов А. Н., Потапенко А. О. Метод моделирования токов в асинхронном двигателе при повреждении «беличьей клетки»	95
Пястолова И. А., Тлеуова А. А., Исенов С. С., Акаев А. М., Стрельцов А. И. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан	101
Саринова А. Ж. Сжатие гиперспектральных аэрокосмических изображений путем фрагментации статистических особенностей и использованием нейронных сетей	108
Сарсикеев Е. Ж., Лукутин Б. В., Обухов С. Г., Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Акаев А. М., Кайдар А. Б. Турбулентная составляющая ветра с функцией Kaimal	120
Токтаганов Т. Т., Садуулы М. Систематизация динамических явлений при движении и критериев оценки динамического поведения рельсовых экипажей	126
Утегулов Б. Б., Бейсенбаев Д. Е., Сабитов И. М. Альтернативные источники электроэнергии	137
Хацевский В. Ф., Гоненко Т. В., Маденов С. А. Совершенствование моделирования замкнутой линейной электротехнологической системы регулирования мощности электростанции	145
Правила для авторов	149

CONTENT

Altybassarov K. M. Influence of diurnal regimes of wind generation in the Northern Kazakhstan, on the balance of capacity of a power system	9
Baigulzhaev O., Issenov Z. S., Akayev A. M. Design techniques of functional units of the transmitter and receiver ICS on the programmable logic integrated circuits	17
Baimatayeva Sh.M. Study of a steam generator radiation section's model for a simulator development	23
Bay Yu. M., Rasulov N. N., Nosov A. N., Kaidar A. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Shapkenov B. K., Akayev A. M. Cascaded H-bridge multilevel inverter drives	27
Berezantseva L. I., Kasenov A. Zh., Iskakova D. A. Increased tightness, strength and durability of the threaded connections «pipe-coupling»	33
Glazyrina N. S. Software-hardware complex of optimization of the operation mode of an ion-exchange filter	36
Kaidar A. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Govorun V. F., Shapkenov B. K., Volgin M. E., Padrul' N. M., Zhumadirova A. K. Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis of MLIDs	43
Kopyrin V. S., Kaidar A. B., Ivanova E. V., Novozhilov A. N., Kislov A. P., Markovsky V. P., Shapkenov B. K., Akayev A. M. Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform	49
Loskutova L. A., Hajmuldinova A. K., Zhulamanov A. K. «Tengizchevroil» LLP employees labour protection and safety measures quality system	59
Lukutin B. V., Shandarova E. B., Sarsikeev E. Zh., Mustafina R. M., Kislov A. P., Markovsky V. P., Shapkenov B. K., Akayev A. M. Output voltage regulation through the use of micro hydro static frequency converter	66
Lyulina O. Yu., Mussin A. Kh. The need to address the loss of electricity on breakers contact	71
Mussin A. Kh., Zarubin A. A. Relay resistance for continuous insulation monitoring of the cable lines 6-10 kV	77
Nikitin K. I., Polyakov D. A., Kislov A. P. Calculation of electrical insulation lifetime	81
Novozhilov A. N., Isupova N. A. Way of diagnostics of eccentricity of a rotor of the asynchronous engine	88

Novozhilov A. N., Potapenko A. O.	
Method of a current simulation in an induction motor with damaged «squirrel cage»	95
Pyastolova I. A., Tleuova A. H., Isenov S. S., Akayev A. M., Streltsov A. I.	
The problems of renewable power sources development in the Republic of Kazakhstan	101
Sarinova A. Zh.	
Compression of hyperspectral aerospace images by fragmentation of statistical characteristics and the use of neural networks	108
Sarsikeyev Y. Zh., Lukutin B. V., Obukhov S. G., Kislov A. P., Marcovsky V. P., Shapkenov B. K., Akayev A. M., Kaidar A. B.	
Turbulent wind component using Kaimal's function	120
Toktaganov T. T., Saduuly M.	
Systematization of the dynamic phenomena in motion and evaluation criteria of the dynamic behaviour of the railway vehicles	126
Utugulov B. B., Beissenbayev D. E., Sabitov I. M.	
Alternative sources of electric energy	137
Khatsevskiy V., Gonenko T., Madenov S.	
Improvement of modelling of the closed linear electrotechnological system of the power regulation of the power plant	145
Rules for authors	149

УДК 621.311

К. М. Алтыбасаров

Павлодарская областная дирекция телекоммуникаций – филиал АО «Казакхтелеком», г. Павлодар

ВЛИЯНИЕ СУТОЧНЫХ РЕЖИМОВ ВЕТРОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ, НА БАЛАНС МОЩНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Суточная неравномерность электрической нагрузки в энергосистеме, создает технические трудности, в обеспечении соответствия производимой и потребляемой мощности. Большой дисбаланс в эти процессы будет оказывать ветровая генерация в регионах Северного Казахстана, из-за характерных ветровых режимов. В качестве решения, рассмотрено использование регулировочных функций ГАЭС.

Ключевые слова: электрическая нагрузка, энергосистема, электрогенерирующий источник, балансовый переток мощности.

Суточная неравномерность нагрузки, наличие пиков и резких снижений уровня электропотребления, а так же аварийные ситуации с отключением электрогенерирующих источников, создает технические трудности для энергопроизводящих организаций, связанные с необходимостью обеспечения соответствия производства и потребления электроэнергии. Для согласования этих процессов обеспечивается оптимизация суточных режимов всех типов электростанций для покрытия суточного графика нагрузки, с заданной степенью надежности и качества электроэнергии, с использованием резервов маневренной мощности.

Опыт зарубежных энергосистем показывает, что доля всех высокоманевренных электростанций (в первую очередь ГЭС и ГТЭС) должна составлять не менее 25% от суммарной установленной мощности энергосистемы [1], тогда как в Казахстане около 18% с учетом ввода новых мощностей и пуска 3-го энергоблока ЭГРЭС-2 [2]. Но не все ГЭС имеют зарегулированный сток, работая в базовом режиме. К тому же существуют регионы, зависимые от балансовых перетоков мощности пиковых электростанций, рассмотрим некоторые из них – это центральные и северные районы Казахстана.

Предполагалось, что «покрытие переменной части графика нагрузок Северного и Центрального Казахстана (рисунок 1), а также северо-востока [3], в основном будет обеспечиваться гидроэлектростанциями

с зарегулированными мощностями Восточного Казахстана» [4], так как «гидроэнергоресурсы рассматриваемых регионов небольшие и для развития значительной энергетики на их основе практического значения не имеют» [4]. В данный момент балансирование мощности в основном осуществляется Бухтарминской ГЭС [5]. Планируется строительство Булакской ГЭС – контррегулятора ШГЭС, которая позволит последней работать в пиковом режиме, а так же усиление их электрической связи с северными и центральными областями, с помощью ВЛ 500кВ Экибастуз – ШГЭС – Усть-Каменогорск [2,5,6].



Рисунок 1 – Суточный график нагрузки энергосистемы Акмолинской области, среднегодовой зимний максимум (использовались данные АО КазНИПИИТЭС «Энергия») [5,7]

Но при балансовых перетоках мощности с каскада крупных ГЭС расположенных на востоке (в часы максимальных нагрузок), по протяженным высоковольтным линиям (ВЛ), на расстояние нескольких сотен километров, происходят значительные потери электроэнергии, а также повышается вероятность технологических и аварийных отказов, в результате стихийных бедствий и определенных погодных условий («пляска» проводов, обледенение).

Согласно ветровому атласу Республики Казахстан [8], обширные северные территории (Костанайская, Акмолинская, Северо-Казахстанская и Павлодарская области) обладают достаточно высоким ветровым потенциалом. Также имеются разветвленные электрические сети, с номенклатурой напряжений до 1150 (500) кВ. Все это позволяет развивать ветроэнергетику в данных регионах в больших масштабах, с выдчей электроэнергии в энергосистему. Если предположить, что ВЭС будут выполнять функции по регулированию вырабатываемой мощности (частично), то в этом случае в составе ВЭС должны применяться ВЭУ обладающие увеличенным диапазоном регулирования активной и реактивной мощности, а также

увеличенным быстродействием регулирующих функций. Такие возможности имеют ВЭУ некоторых производителей.

Например, модели ВЭУ типа D [9] (с переменной скоростью вращения и полнофункциональным преобразователем частоты) компании «Vestas», оборудуются преобразовательной системой GridStreamer™, с помощью которой можно регулировать выдаваемую в сеть электрическую мощность в диапазоне 20–100 % от номинальной мощности. Кроме этого, в течение половины секунды ВЭУ может работать без подключения к сети. Избыточная мощность преобразуется в тепловую энергию, без превышения допустимой нагрузки на компоненты трансмиссии [10]. Подобные возможности имеют и некоторые модели ВЭУ других изготовителей. Более глубокое регулирование выдаваемой в энергосистему мощности ВЭС, возможно с помощью отключения (остановки) определенной части ВЭУ.

Однако балансирование мощности с помощью ВЭС (в составе других типов электростанций) будет возможно, если будет обеспечиваться достаточно точное прогнозирование скорости ветра (соответственно ветровой генерации). Информация относительно выработки необходима как в режиме реального времени, так и спрогнозированная на 1–24 ч. вперед. Прогнозирование на день вперед требуется, чтобы составить график балансирования генерации и нагрузки. Прогнозирование на 1–2 ч. вперед помогает операторам системы поддержать на высоком уровне оптимальное количество регулируемой мощности и дает достаточно времени, чтобы реагировать на изменяющуюся выработку [7].

В настоящее время существуют только штормовые прогнозы, которые являются региональными и покрывают очень большую территорию Казахстана [7]. Следует развивать точность прогнозов, как можно ближе к месту установки ВЭС. Для этого необходимо большее количество метеоданных (со спутников и с распределенных по территории Казахстана метеорологических автоматических станций), для мониторинга и сбора в прогностических центрах по распределенной энергии, таких как METEOROLOGICA. В данных центрах, данные обрабатываются с помощью систем прогнозирования, и передаются системному оператору.

При регулировании вырабатываемой мощности ВЭС, которое будет заключаться в понижении мощности, уменьшится и без того относительно небольшой коэффициент использования установленной мощности (КИУМ). Из результатов предварительных исследований, для наиболее эффективной ВЭУ (Enercon E-101) установленной в районе п. Боровской и г. Ерейментау, КИУМ составит 45% и 48% соответственно, для единичной ВЭУ не учитывая долгосрочные потери в составе ВЭС [11]. Потери от аэродинамического взаимодействия отдельных ВЭУ (Vestas V82) в составе ВЭС могут составить 1,7–13,7%, а общие потери ВЭС 12,2–15,3% [12]. Поэтому для ВЭС (с ВЭУ

Vestas V82) на исследованных площадках в районе г. Ерейментау КИУМ составит 37,6%, в районе г. Астана 32%, в районе г. Аркалык 33,9% [12].

Согласно закону РК «О поддержке использования ВИЭ», всю вырабатываемую ВЭС электроэнергию должна выкупать РЭК и КЕГОС. При выдаче ВЭС всей вырабатываемой электроэнергии в энергосистему, не используя свои регулировочные свойства для балансирования мощности, ВЭС с относительно большой установленной мощностью будут вносить дополнительный дисбаланс в энергосистему, из-за характерных особенностей режима ветрового потока на территории Северного Казахстана.

Скорость ветра, следовательно, и вырабатываемая мощность ВЭС, подвержены случайным колебаниям (имеющие все же определенные закономерности), которые в большинстве случаев, не совпадают с изменениями текущих электрических нагрузок [13]. Если посмотреть на среднегодовые суточные графики скорости ветра г. Ерейментау и п. Боровской (рисунок 2) то видно, что повышение ветровой активности, на уровне расположения оси ветроколеса (что эквивалентно увеличению вырабатываемой мощности ВЭС), наблюдается в ночное время суток, а снижение скорости ветра происходит в утренние (дневные) и вечерние часы, диаметрально не совпадая с графиками нагрузок потребителей (рисунок 1).

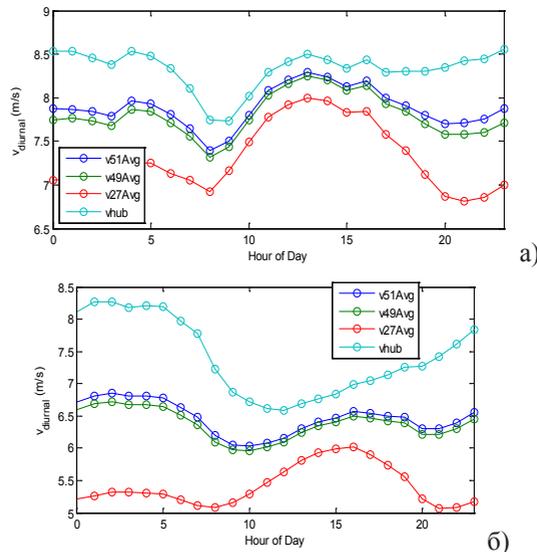


Рисунок 2 – Среднегодовые суточные графики скорости ветра на уровне оси ветроколеса (светло синий), на высоте 51 (синий), 49 (зеленый), и 27 (красный) метров над уровнем земли: а) в районе г. Ерейментау; б) в районе п. Боровской [11]

Нужно заметить, что высота оси ветроколеса для расчетов была взята средняя (80 м), тогда как башни ВЭУ достигают 120 и более метров. При увеличении высоты, исходя из тенденций в изменении графиков, значение среднегодовой суточной скорости ветра в ночные часы суток будет еще более увеличиваться.

В графиках среднегодовых суточных скоростей ветра для исследованных площадок в районе Астана, Аркалык, кривой для высоты оси ветроколеса нет (расчеты не проводились) [14]. Но сравнивая их кривые для трех уровней метеомачты (рисунок 3), будем наблюдать практически, их идентичность с аналогичными кривыми графика для п. Боровской и г. Ерейментау (рисунок 2). Из чего можно предположить, что кривые суточных средних скоростей ветра, для уровня оси ветроколеса для площадок в районе Астаны и Аркалыка, будут иметь ту же закономерность, что и графики для г. Ерейментау и п. Боровской – увеличение средней скорости ветра приблизительно в период с 23 часов до 7–8 часов утра, т.е. в часы ночного провала электрической нагрузки, и понижение скорости ветра в часы утреннего и вечернего пика потребления.

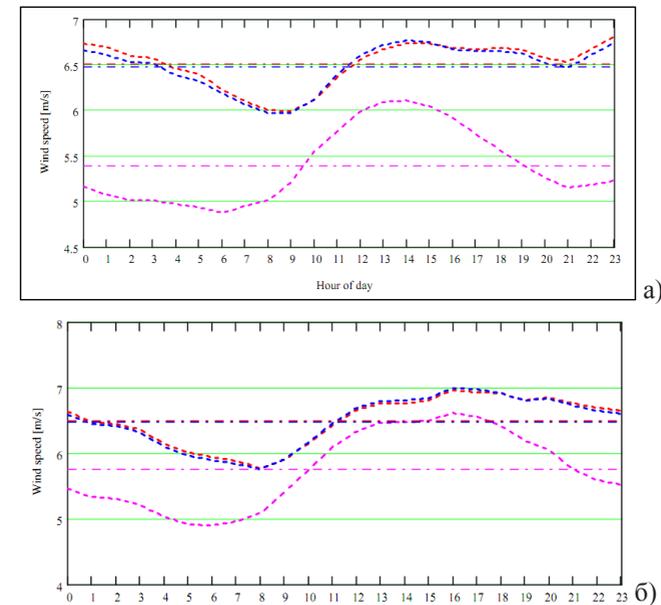


Рисунок 3 – Среднегодовые суточные графики скорости ветра на высоте 51 (красный), 49 (синий), и 22 (сиреневый) метров над уровнем земли, на площадках проведения ветромониторинга: а) в районе г. Астана; б) в районе г. Аркалык [12]

Измерения на рассматриваемых выше площадках проводились в разные годы, в г. Ерейментау, г. Астана, г. Аркалык (2006–2007 г.г.), а в п. Боровской (2009–2010 г.г.), из чего следует, что характерные режимы скорости ветра в суточном разрезе имеют долгосрочную перспективу.

Если режимы скоростей ветра, эквивалентные изменению вырабатываемой мощности ВЭС, не совпадают с переменной частью графиков нагрузок потребителей, то посмотрев на характерный суточный график режима работы ГАЭС (рисунок 4), увидим следующее. Ниже оси времени, находится кривая работы ГАЭС в насосном режиме, в часы ночного провала нагрузки. В насосном режиме во время ночного провала графика нагрузок, ГАЭС может потреблять излишние генерирующие мощности энергосистемы (выдаваемые недогруженными энергоблоками КЭС), в том числе ветровой генерации. Выше оси времени, находится кривая работы ГАЭС в режиме генерации электроэнергии, в часы утреннего и вечернего пика нагрузки, т.е. ГАЭС может выдавать мощность в энергосистему, при уменьшении вырабатываемой мощности ВЭС (при утренних и вечерних снижениях скоростей ветра).



Рисунок 4 – Характерный суточный график режима работы ГАЭС

Но надо заметить, что проведенные исследования еще в начале 80-х годов в ФРГ показали, что аккумулирование энергии с помощью ГАЭС является экономически выгодным решением для всей энергосистемы, а не только для компенсации непостоянства выработки ВЭС. По опыту Китая и Индонезии, ГАЭС может входить в состав национальной электросетевой компании, с предоставлением права распоряжения регулирующей мощностью системному оператору (KEGOC), ответственному за формирование оптимальных электрических режимов [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Синюгин, В. Ю., Магрук, В. И., Родионов, В. Г. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике, 2008.
- 2 Бокенбаев, Ж. Энергия свершений, Электроэнергетика Казахстана. – №1. 2011. – С. 8-12, www.kgen.gov.kz.
- 3 Чокин, Ш. Ч., Сартаев, Т. С., Шкрет, А. Ф. Энергетика и электрификация Восточного Казахстана, 1986.
- 4 Чокин, Ш. Ч., Сартаев, Т. С., Шкрет, А. Ф. Энергетика и электрификация Северного и Центрального Казахстана, 1988.
- 5 АО КазНИПИИТЭС «Энергия», «Вопросы интеграции ветропарков в энергосистему», 2011 г.
- 6 www.kegoc.kz
- 7 Ханнеле Холттинен, Санна Уски-Йоутсенвуо, Юха Кивилуома. Оценка энергосистемы в свете развития ветроэнергетики в Казахстане. Презентация финального отчета научно-технического центра Финляндии VTT (2010). www.windenergy.kz.
- 8 Ветровой Атлас Республики Казахстан, www.atlas.windenergy.kz.
- 9 Ackerman, T. Wind Power in Power Systems, Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2005.
- 10 «V112-3.0 MW», www.vestas.com.
- 11 Алтыбасаров, К. М. Определение эффективных ветроэлектрических установок, для регионов Северного Казахстана, в среде MATLAB (часть вторая), Вестник ПГУ. – 2014. – № 2.
- 12 UNDP WIND MONITORING SITES. Wind Resource and Energy Assessment, PB POWER, 2008.
- 13 Алтыбасаров, К. М., Зигангирова, Е. В. Роль гидроаккумулирующих электростанций в развитии ветроэнергетики, Вестник ИнЕУ. – №1. – 2012.

Материал поступил в редакцию 18.11.14.

К. М. Алтыбасаров

Солтүстік Қазақстандағы желдік генерациясының тәуліктік режимдерінің энергожүйе қуатының балансы болуына ықпалы

«Қазақтелеком» АҚ филиалы –

Павлодар облыстық телекоммуникация дирекциясы, Павлодар қ.

Материал 18.11.14 баспаға түсті.

К. М. Altybassarov

Influence of diurnal regimes of wind generation in the Northern Kazakhstan, on the balance of capacity of a power system

The Pavlodar regional management of telecommunications –
JSC «Kazakhtelecom» branch, Pavlodar.
Material received on 18.11.14.

Энергожүйесіндегі электр жүктемесінің тәуліктік біркелкі еместігі қорытын шығаратын және пайдаланатын қуатын бір-біріне сәйкестігін қамтамасыз етуге техникалық проблемалар тудырады. Бұл процестардағы үлкен дисбаланс Солтүстік Қазақстан аймақтарындағы желдік генерацияның, олардың өзіндік желдік режимдерінің әсерінен болады. Шешім ретінде гидроаккумуляциялаушы электрстанция реттеуші функцияларын пайдалану қарастырылады.

Daily irregularity of electric loading in an electric power system creates technical problems, in support of correspondence between the produced and consumed power. The large disbalance in these processes will be rendered by wind generation in the regions of Northern Kazakhstan, because of characteristic wind regimes. As the decision, use of adjusting functions of the pumped hydroelectric energy storage (PHES) is considered.

УДК 621.3.049.77.001.63

О. Б. Байгулжаев¹, Ж. С. Исенов¹, А. М. Акаев²

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

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

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ ПЕРЕДАТЧИКА И ПРИЕМНИКА МПС НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

В статье рассматриваются основные проблемы разработки методов синтеза программируемых логических интегральных схем, а также рассмотрена возможность конфигурации этих устройств, что позволяет инженерам-разработчикам решать прикладные задачи.

Ключевые слова: логические интегральные схемы, цифровые устройства, программируемые микросхемы, матрица.

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) представляют собой одно из самых интересных и быстроразвивающихся направлений современной цифровой микроэлектроники. За последнее десятилетие наблюдался бурный рост рынка этих устройств и существенное улучшение их характеристик. Прогнозы в этой области на ближайшее время представляются самыми оптимистичными [1, 2].

ПЛИС представляют собой цифровые интегральные микросхемы, состоящие из программируемых логических блоков и программируемых соединений между этими блоками. Возможность конфигурировать эти устройства позволяет инженерам-разработчикам решать множество различных задач.

С появлением ПЛИС проектирование цифровых микросхем перестало быть уделом исключительно крупных предприятий с объемами выпуска в десятки и сотни тысяч кристаллов. Проектирование и выпуск небольшой партии уникальных цифровых устройств, стал возможен в условиях проектно-конструкторских подразделений промышленных предприятий, в исследовательских и учебных лабораториях и даже в условиях домашних радиолюбительских рабочих мест. Промышленно выпускаемые «заготовки» программируемых микросхем с электрическим программированием и автоматизированным процессом перевода схемы пользователя в

последовательность импульсов программирования делают проектирование новых цифровых устройств, сравнимым с разработкой программного обеспечения [1, 2].

ПЛИС занимают промежуточное положение между программируемыми логическими устройствами и заказными интегральными схемами. С одной стороны, их функциональность может быть задана непосредственно на месте в соответствии с требованиями заказчика-пользователя. С другой стороны, они могут содержать миллионы логических вентилях и, следовательно, реализовывать чрезвычайно большие и сложные функции, которые изначально могли быть реализованы только с помощью заказных интегральных схем. К началу второго тысячелетия появились высокопроизводительные ПЛИС, которые содержат миллионы вентилях. Некоторые из них содержат встроенные микропроцессорные ядра, высокоскоростные интерфейсы ввода/вывода и другие устройства. Современные ПЛИС находят применение практически в любой сфере, включая устройства связи и программируемые радиостанции. ПЛИС применяют в радиолокации, обработке изображений и в других приложениях цифровой обработки сигналов.

Архитектура ПЛИС семейства Spartan-3 (рисунок 1) содержит 5 фундаментальных программируемых элементов [3, 4]:

- конфигурируемый логический блок – КЛБ;
- блоки ввода/вывода – БВВ. БВВ осуществляют коммутацию выводов корпуса микросхемы с внутренней конфигурируемой логикой. БВВ поддерживают большинство сигнальных стандартов ввода/вывода, существующих в настоящее время;
- блок памяти. Каждый блок может конфигурироваться как двухпортовое ОЗУ ёмкостью 18 Кбит;
- блок умножителя. Встроенный умножитель 18x18 бит;
- цифровые блоки управления синхронизацией – DCM (Digital Clock Manager).

Все эти элементы расположены в кристалле.

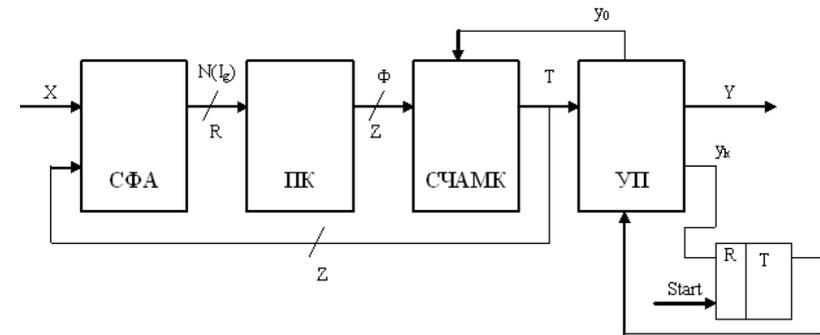


Рисунок 1 – Структурная схема U2

Блоки ввода/вывода расположены вокруг регулярной матрицы конфигурируемых логических блоков. В кристаллах от XC3S200 до XC3S2000 имеется 2 столбца модулей блочного ОЗУ, встроенных в матрицу, а в кристаллах от XC3S4000 до XC3S5000 – 4 столбца. Каждый столбец состоит из нескольких блоков памяти по 18 Кбит каждый. Каждый блок памяти ассоциирован с блоком умножения 18x18. Модули управления синхронизацией располагаются рядом с крайними столбцами памяти. Кристалл XC3S50 не имеет ни блочной памяти, ни встроенных умножителей, ни модулей управления синхронизацией.

Для проведения исследований метода синтеза с модифицированной системой микрокоманд разработана специальная САПР, в основу которой положены два независимых модуля – графический редактор (ГР) граф-схем алгоритмов (ГСА), а так же генератор аппаратного описания автомата на языке VHDL на основе собранной схемы [5,6,7].

Графическое представление ГСА строится из таких элементов как эллипс, ромб и прямоугольник, соединяемых стрелками, представляющими связи.

Кроме того, одним из дополнительных модулей разработанной САПР является генератор алгоритмов (рисунок 2), который позволяет оперировать определённым набором заданных величин, таких как число операторных вершин, число условных вершин, общее число вершин и степень разветвлённости графа (доля операторных в общем количестве вершин), и на основе этих данных создавать ГСА с необходимыми параметрами. Генератор алгоритмов полезен для проведения исследований, так как позволяет оценить эффективность применения предложенного метода на различных типах ГСА [5,6,7].

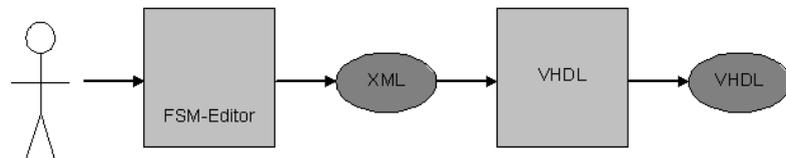


Рисунок 2 – Структурная схема предложенной САПР

Оценка аппаратурных затрат в схеме устройства управления производилась путём подсчёта площади кристалла матричным методом. Для этого использовались следующие формулы [5,6,7]:

$$S(U_1) = S_{C\Phi A}^{Bx} + S_{C\Phi A}^{Bxx} + 0,1 * S_{VII} \quad (1)$$

$$S(U_2) = S_{C\Phi A}^{Bx} + S_{C\Phi A}^{Bxx} + 0,1 * S_{IIIK} + 0,1 * S_{VII} \quad (2)$$

Так как СФА реализуется с использованием ПЛМ, то состоит из двух частей – матрицы входов и матрицы выходов, площади которых в (1) и (2) обозначены как $S_{C\Phi A}^{Bx}$ и $S_{C\Phi A}^{Bxx}$.

Применяя к (1) и (2) введенные обозначения:

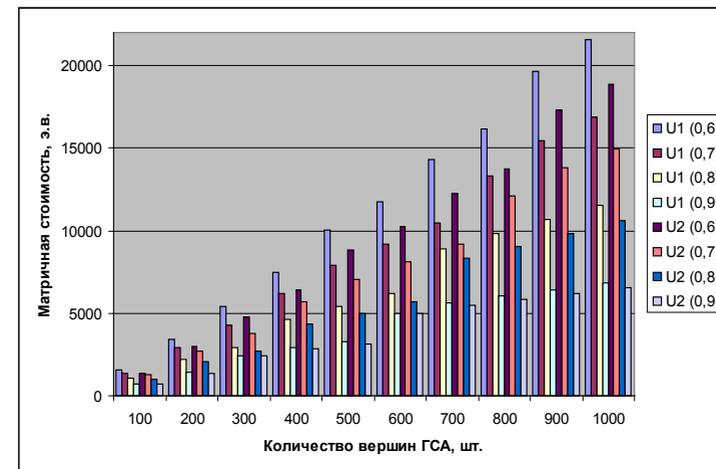
$$S(U_1) = 2 * H * (L + Z) + H * Z + 0,1 * 2^Z * (N + 2) \quad (3)$$

$$S(U_2) = 2 * H * (L + Z) + H * R + 0,1 * 2^R * Z + 0,1 * 2^Z * (N + 2) \quad (4)$$

Из (3) и (4) видно, что разница в площадях U_1 и U_2 составляет:

$$S(U_1) - S(U_2) = H(Z - R) - 0,1 * 2^R * Z \quad (5)$$

Проведенные исследования показали, что при увеличении числа операторных вершин в исходной ГСА Γ эффективность применения структуры U_2 увеличивается (рисунок 3) [7].

Рисунок 3 – Сравнительная характеристика аппаратурных затрат в КМУУ с базовой структурой (U_1) и модифицированной системой микрокоманд (U_2)

Заключение. В результате проведенных исследований определено, что наибольший эффект от применения структуры U_2 в сравнении со структурой U_1 достигается при разветвленности ГСА, составляющей 60%, а наименьший – при 90%. На всём исследованном промежутке (рисунок 3) очевидно преимущество предложенной структуры в сравнении с базовой, что поясняется уменьшением на величину разности $Z-R$ числа входов матрицы СФА.

Дальнейшие направления исследований заключаются в определении эффективности реализации с модифицированной системой микрокоманд в базе стандартных ПЛИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 http://ru.wikibooks.org/wiki/Xilinx_WebPACK_ISE
- 2 Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы XILINX. Материал взят с интернет-ресурса.
- 3 **Зотов, В. Ю., Бибило, П. Н.** «Основы Языка VHDL».
- 4 **Поляков, А. К.** «Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры».
- 5 **Сергиенко, А. М.** «VHDL Для Проектирования Вычислительных Устройств».
- 6 **Каршенбойм, И.** «Шпаргалка для перехода от AHDL к VHDL»
- 7 **Сергиенко, А. М.** «Изучение VHDL».

Материал поступил в редакцию 29.10.14.

О. Байгулжаев¹, Ж. С. Исенов¹, А. М. Ақаев²

Бағдарламаланатын логикалық интегралды схемалардағы мпс хабарлағыштың және қабылдағыштың функционалдық түйіндерін жобалау әдістері

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

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 29.10.14 баспаға түсті.

O. Baigulzhaev¹, Z. S. Issenov¹, A. M. Akayev²

Design techniques of functional units of the transmitter and receiver ICS on the programmable logic integrated circuits

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technical university, Astana;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 29.10.14.

Бұл мақалада инженер-өңдеушілерге қолданбалы есептерді шешуге мүмкіндік беретін бағдарламаланатын логикалық интегралды схемалардың синтездік әдістерін әзірлеудің негізгі мәселелері, сонымен қатар осы құрылымдардың кескіндер мүмкіндігі қарастырылған.

The article discusses the main problems of development of the synthesis methods of programmable logic integrated circuits, as well as considers the possibility of configuration of these devices, which allows design engineers to solve applied problems.

УДК 681.51:621.311.22

Ш. М. Байматаева

к.т.н., доцент, кафедра «Информационные технологии», Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ РАДИАЦИОННОГО УЧАСТКА ПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ТРЕНАЖЕРА

В статье рассмотрены вопросы исследования моделей парогенератора тепловых электрических станций для тренажера. Рассмотрена модель тепловых каналов радиационного участка парогенератора в предположении сосредоточенных параметров. Для определения динамической погрешности используется нормальный закон распределения.

Ключевые слова: парогенератор, тепловые электрические станции, модель тепловых каналов, линейные и нелинейные модели, теплообменник.

Математическая модель процессов в технологических агрегатах тепловой станции является одним из основных элементов программно-технического комплекса для обучения операторов. Система дифференциальных уравнений, описывающих динамику теплообменников, состоит из уравнений энергии и теплового баланса. Различие моделей заключаются на этапе выбора уравнений сохранения. Этот выбор касается вида, количества и размерности уравнений и определяется характером физических допущений. Применение распределенных моделей для составления математических моделей парогенераторов приводит к увеличению объема и точности информации, получаемой на основе решения уравнений сохранения. Наряду с рассмотрением нагреваемых элементов как объектов с распределенными параметрами распространено также их рассмотрение в предположении сосредоточенных параметров [1,2].

Для реализации линейных и нелинейных моделей парогенераторов используются численные методы решения систем дифференциальных уравнений. При численном интегрировании систем обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих процессы управления в парогенераторах как совокупность теплообменников с сосредоточенными параметрами, возникает проблема устойчивости решения. Для сложных систем с большим количеством интегрируемых переменных и обратных связей наиболее радикальным способом обеспечения устойчивости остается уменьшение шага интегрирования по времени, что приводит к увеличению затрат машинного времени [3,4].

Исходные уравнения динамики теплообменника с сосредоточенными параметрами включают уравнения энергии для рабочей среды и теплового баланса [5]. При решении исходной системы уравнений в качестве основного исходного допущения принято предположение об одномерности потока рабочей среды. Характеристики участков задаются параметрами, определяющими состояние среды на входе и на выходе участка. Остальные параметры зависят от конструктивных особенностей участка и теплофизических данных (теплоемкость металла, внутренняя поверхность труб, коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности труб и др.). Масса и энергия всех элементов парогенератора считают сосредоточенными в материальной точке. Решение системы в виде передаточных функций по каналам $t \rightarrow t_1$, $t \rightarrow Q$, $t \rightarrow D_{a1}$, $t \rightarrow p_1$ имеют следующий вид:

$$\begin{cases} W_{t1} = \frac{T_M s + 1}{\Lambda(s)} \\ W_{tQ} = \frac{\xi K Q}{\Lambda(s)} \\ W_{tDa} = \frac{\xi K_a (1s + 1)}{\Lambda(s)} \\ W_{tp1} = \frac{\xi T_a \hat{E} s (T_M s + 1)}{\Lambda(s)} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь введены следующие обозначения: $\xi = 1/L_a v = (1-n)T_M$.

$\Lambda(s) = \xi T_M T_a s^2 + [\xi(T_M + T_a) + T_M]s + 1$ – изображение левой части дифференциального уравнения относительно Δt (характеристическое уравнение). Здесь приняты следующие обозначения: w_{t1} , w_{tQ} , w_{tDa} , w_{tp1} – представляют собой передаточные функции по каналам: температура на выходе – температура на входе, температура на выходе – тепловая нагрузка, температура на выходе – расход пара на входе, температура на выходе – давление на входе соответственно.

Полученные передаточные функции теплообменника с сосредоточенными параметрами выражаются рациональными дробями, что позволяет перейти к временным зависимостям с помощью таблиц [6]. Например, для канала «температура на выходе – температура на входе» передаточная функция имеет вид:

$$h_{t1} = 1 - \frac{s_1 c_2 e^{s_2 \tau} - s_2 c_1 e^{s_1 \tau}}{s_1 - s_2}, \quad (2)$$

Значения s_1 и s_2 являются корнями характеристического уравнения:

$$\Lambda(s) = \xi T_M T_a (s - s_1)(s - s_2), \quad (3)$$

К комплексам, определяющим переходный процесс, относятся: постоянная времени T_M , характеризующая аккумуляцию теплоты в металле, параметр протяженности ξ . Изменение T_M ведет лишь к изменению масштаба по оси времени; форма кривой остается прежней, поскольку она полностью определяется значением ξ .

Для определения возможности применения модели в тренажере необходимо определить адекватность модели. Для определения динамической погрешности использовались эталонные процессы и его модельные реализации, отличающиеся друг от друга значениями коэффициента изменения масштаба времени процесса. В качестве эталонов использовались реальные процессы, рассматривались также случаи упрощающих аппроксимаций. В состав эталонов входят колебательные и монотонные процессы. Для монотонных процессов построение улучшенного пространства признаков выполнялось с использованием метода площадей. Для определения динамической погрешности с учетом случайных факторов выбран нормальный закон распределения. Возможность использования модели парогенератора в составе тренажера была проверена для различных случаев аппроксимации эталона в виде апериодического звена второго порядка [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Френкель, А. Я. Численно-аналитический метод решения систем дифференциальных уравнений с нелинейной правой частью и его использование при моделировании тепловых процессов // Теплоэнергетика. – 1974. – №11. – С. 56-59.
- 2 Шевяков, Ю. В., Байматаева, Ш. М. Программно-технический комплекс (ПТК) для систем подготовки операторов тепловых электростанций // Труды международной научно-практической конференции. – Алматы : КазНТУ, 2008. – С. 409-413.
- 3 Шевяков, Ю. В., Байматаева, Ш. М. Имитационная модель пароводяного тракта котла БКЗ-420 для полномасштабного тренажера системы подготовки операторов // Энергетика, телекоммуникации и высш. обр. в совр. условиях: тр. 3-ей межд. конф. – Алматы, 2002. – С. 89-91.
- 4 Байматаева, Ш. М., Шевяков, Ю. В. Моделирование тепловых процессов в парогенераторе тренажера для подготовки персонала // Новости науки Казахстана. – Алматы, 2005. – Вып.1. – С. 99-103.
- 5 Sholpan M. Baimatayeva, Yuriy V. Shevyakov: Study of Models for Heating Power Station Operator Training Systems. – Journal of Energy and Power Engineering, Vol. 7, No. 1, 2013, 162-167.

6 Серов, Е. П., Корольков, Б. П. Динамика парогенераторов. – 2-изд., перераб. – М. : Энергоиздат, 1981. – 408 с.

7 Baimatayeva, Sh. M., Khissarov, V., Kopesbayeva, A. A. Development of heating power station process mathematical model for personnel training simulator. – Mediterranean Journal of Social Sciences. Vol. 5, No. 23, 2014, 1490-1497.

Материал поступил в редакцию 15.12.14.

Ш. М. Байматаева

Тренажер үшін бу генераторының радиациялық аумағының үлгісін зерттеу

Қ. И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ.

Материал 15.12.14 баспаға түсті.

Sh. M. Baimatayeva

Study of a steam generator radiation section's model for a simulator development

Kazakh National Technical University
named after K. I. Satpayev, Almaty.

Material received on 15.12.14.

Мақалада тренажер үшін жылу электр станциялары бу генераторының үлгілерін зерттеу сұрақтары қарастырылған. Жинақталған параметрлер жорамалында бу генераторының радиациялық аумағының жылу каналдарының үлгісі қарастырылған. Динамикалық қателікті анықтауда нормальді үлестіру заңы қолданылады.

The article considers the issues of study of the heating power plant steam generator models for a simulator development. There is described a model of thermal channels in a steam generator radiation section on the assumption of lumped constants. Gaussian distribution law is applied for determination of dynamic errors.

UDC 621.32

**Yu. M. Bay¹, N. N. Rasulov², A. N. Nosov³, A. B. Kaidar⁴,
A. P. Kislov⁵, V. P. Markovsky⁶, B. K. Shapkenov⁷,
A. M. Akayev⁸**

¹head of an electric shop, ²foreman of relay protection and automation 6/0,4 kw crew, ³head of human resource management and organizational development, ⁴undergraduate, relay protection and automation of a boiler-turbine plant 0,4 kw, JSC «Euroasian Energy Corporation», Pavlodar, ⁵c.t.s., professor, Dean, corresponding member of International Informatization Academy and RF Academy of Electrotechnical sciences, ⁶c.t.s., professor, head of department «Electroenergetics», ⁷c.t.s., associate professor, Full member of WAS of Integrated Safety, department of «Electroenergetics», ⁸graduate student, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar

CASCADED H-BRIDGE MULTILEVEL INVERTER DRIVES

The results of analysis of the multi-stage multilevel second H-bridge inverter; the voltage unbalance causes have been discussed in the paper.

Keywords: Cascaded H-bridge, multilevel inverter, voltage output.

A single-phase structure of an m-level cascaded inverter is illustrated in Figure 1 Each separate DC source (SDCS) is connected to a single-phase full-bridge, or H-bridge, inverter. Each inverter level can generate three different voltage outputs, +Vdc, 0, and –Vdc by connecting the DC source to the AC output by different combinations of the four switches, S1, S2, S3, and S4. To obtain +Vdc, switches S1 and S4 are turned on, whereas –Vdc can be obtained by turning on switches S2 and S3. By turning on S1 and S2 or S3 and S4, the output voltage is 0. The AC outputs of each of the different full-bridge inverter levels are connected in series such that the synthesized voltage waveform is the sum of the inverter outputs. The number of output phase voltage levels m in a cascade inverter is defined by $m = 2s + 1$, where s is the number of separate DC sources.

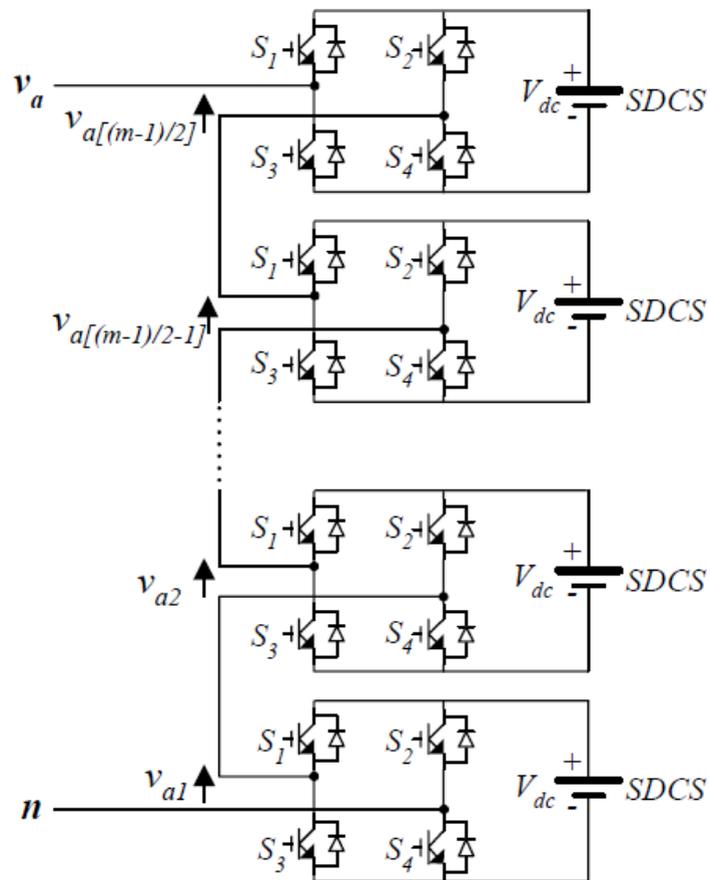


Figure 1 — Single-phase structure of a multilevel cascaded H-bridges inverter

Cascaded inverters have also been proposed for use as the main traction drive in electric vehicles, where several batteries or ultracapacitors are well suited to serve as SDCSs [1]. The cascaded inverter could also serve as a rectifier/charger for the batteries of an electric vehicle while the vehicle was connected to an ac supply as shown in Figure 2. Additionally, the cascade inverter can act as a rectifier in a vehicle that uses regenerative braking.

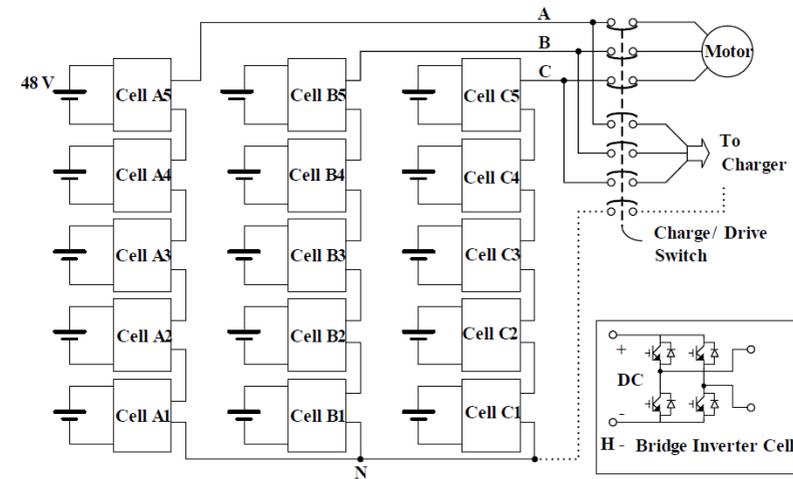


Figure 2 — Three-phase wye-connection structure for electric vehicle motor drive and battery charging

The main advantages and disadvantages of multilevel cascaded H-bridge converters are as follows [1].

Advantages: The number of possible output voltage levels is more than twice the number of dc sources ($m = 2s + 1$). The series of H-bridges makes for modularized layout and packaging. This will enable the manufacturing process to be done more quickly and cheaply.

Disadvantages: Separate DC sources are required for each of the H-bridges. This will limit its application to products that already have SDCSs readily available.

Faults and their consequences

Before continuing discussion in this research, it should be noted that the word *fault* is used to refer to a semiconductor power switch used in the MLID that fails to operate when provided gate drive signals and includes faults such as *short circuit* or *open circuit*. One particular effect on a faulty switch is unbalance output voltage of a MLID. In a balanced MLID system, the three line to neutral output voltages are equal in magnitude and are phase displaced from each other by 120 degree as illustrated in Figure 3 [2-3].

On the other hand, if a fault occurs at a semiconductor power switch in a cell, it will cause an unbalanced output voltage; for instance, the MLID system as shown in Figure 2 has fault (open or short circuit) on cell 5 at phase B, then the magnitude of line to neutral output voltages of phase B (V_{BN}) are not equal with other phases. This causes the line to line output voltages to also be unbalanced as shown in Figure 4 [4].

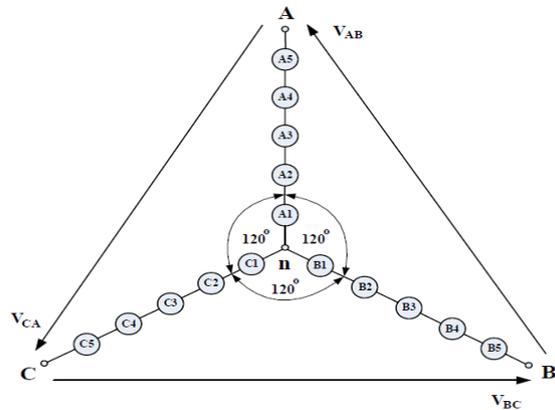


Figure 3 — Balanced output voltage available for 5 cells per phase

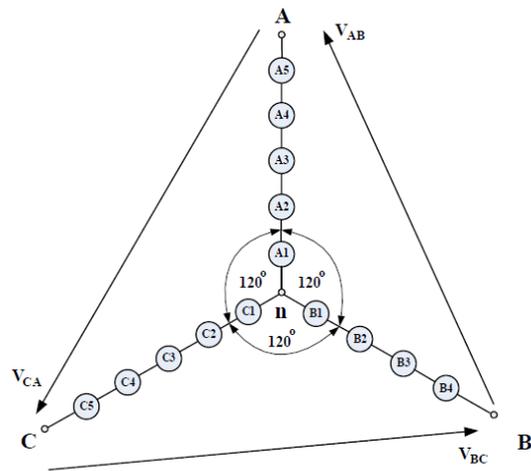


Figure 4 — Unbalanced output voltage on VBC when a faulty cell occurs on phase B

Voltage unbalance also has an impact on a conventional inverter drive system where the front end consists of three-phase rectifier systems. The triplen harmonic line currents which are uncharacteristic to these rectifier systems can exist in these situations leading to unexpected harmonic problems [4].

An excessive level of unbalanced output voltage can have serious impacts on mains connected to an induction motor. The level of an unbalanced current may

have several times the level of an unbalanced voltage. The unbalanced current in a line current can lead to disproportionate losses in the rotor and stator of the induction motor. Some induction motors are designed to tolerate a small level of unbalanced voltages and currents; however, they have to be derated if the unbalance is excessive. An induction motor that operates at its nameplate rated capacity without derating even though required load is not at rated capacity because of the unbalance voltages from a MLID will result in the useful lifetime of such an induction motor to be quite short. If the induction motor operates at full load all the time, the stator windings and the rotor may carry more current than that is permitted: this situation can lead to a reduction in induction motor efficiency and can reduce the insulation life caused by overheating. The average expected life of insulation halves for every 10° C of temperature increase as reported in [5]. Moreover, an induction motor operating under unbalanced voltage condition will be noisy in its operation caused by torque and speed pulsation. Obviously, in such situations the effective torque and speed will be less than normal.

LIST OF REFERENCES

- 1 Shapkenov, B. K., Kaidar, A. B., Smagulov, K. T., Zhakupov, T. B., Zhantemirov, F. D. High-frequency generator in resonant regimes. Materials of the international scientific-practical conference «Science and education: no language barriers», Pavlodar, 2011, v. 3, P. 170-174.
- 2 Kaidar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markowski, V. P. Experimental studies inverter with pulse width modulation for power supply systems with renewable energy sources. Materials International scientific and technical conference «VI readings of Sh Shokina». October 10, 2014, P. 134-140.
- 3 Shapkenov, B. K., Kaliev, B. Z., Kaidar, A. B. Monograph «The Theory and Practice of energy converters». – Saarbrücken, Germany: Publishing house «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 p.
- 4 Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. Выбор топологии инвертора с аккумуляторными накопителями. – Вестник ПГУ, № 2, 2014.
- 5 Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П. Многоуровневые инверторы для фотопреобразователей. Материалы международной научно-теоретической конференции «VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова, Т1, 2013, – С. 392-401.

Ю. М. Бай¹, Н. Н. Расулов¹, А. Н. Носов¹, А. Б. Кайдар¹, А. П. Кислов²,
В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. М. Акаев²

Каскадты Н-көпірлік көпдеңгейлі инверторлық жетегі

¹«Евроазиаттық энергетикалық корпорациясы» АҚ;
²С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 24.11.14 баспаға түсті.

Ю. М. Бай¹, Н. Н. Расулов¹, А. Н. Носов¹, А. Б. Кайдар¹, А. П. Кислов²,
В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. М. Акаев²

Каскадные Н-мостовые многоуровневые инверторные приводы

¹АО «Евроазиатская энергетическая корпорация»;
²Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 24.11.14.

Мақалада симметриялық емес кернеулердің көп каскадты көп деңгейлі Н-көпірлік инвертордың, себептің жұмыстар талдаудың нәтижелері келтіріген.

В статье авторы рассматривают каскадные Н-мостовые многоуровневые инверторные приводы.

UDC 621.88.082:621.6

L. I. Berezantseva¹, A. Zh. Kasenov², D. A. Iskakova³

¹master's degree student, ²candidate of technical sciences, ³senior lecturer,
S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar

INCREASED TIGHTNESS, STRENGTH AND DURABILITY OF THE THREADED CONNECTIONS «PIPE-COUPLING»

This article provides an overview of the existing methods of improving the quality of threaded joints. The tightness of the threaded joints is generally achieved by two ways: thread sealing by using different sealing materials and creation of «Premium» threaded connections with tightness components. It also deals with the main advantages of threading of «Premium» series.

Keywords: threaded joints, tightness, reliability, durability, «Premium» series.

Threaded joints to a large extent determine the reliability of drilling, casing and tubing pipes. Today, in drilling and developing wells special tapered threading or threads with interlocks are mainly used [1].

The problem of tightness and strength of threaded connections of OCTG is highly relevant, since it is inextricably linked with trouble-free wiring and fixtures, durable and safe operation of oil and gas wells.

The tightness of threaded joints is generally achieved by two ways:

1. Thread sealing by using different sealing materials;
2. Creation of «Premium» threaded connections with tightness components.

To reduce the permeability of the contact elements of threaded connections in practice a variety of fillers for structural and technological gaps called threaded lubricants are used. Thread lubricants apart from filling gaps must prevent scuffing and galling of threaded pipe joints, so they are supposed to meet the following requirements:

- a) good lubricity (covering) capacity;
- b) retention of lubricant properties over time and with changes in temperature within certain limits;
- c) fixed consistency to ensure that the pressure of liquid or gas could not force the lubricant from the gaps of the thread;
- g) prevention of sticking during screwing of threaded connections;
- d) corrosion protection and etc.

Experimental data and international practice of pipes operation show that the use of thread lubricants does not always provide and certainly guarantee that threaded connections will possess the required tightness [2].

Increasingly, there is a need to use more advanced designs of threaded connections with high technical performance in terms of reliability, durability and service life. That is why in many instances the pipe market segment began to develop threaded connections of «Premium» series offering the best screwing, high resistance to bending, tensile and compressive loads, as well as to high temperatures and pressures. Another difference of Premium threads from the standard ones is independence of sealing surfaces of the thread profile that provides for more reliable indicators of hydro and especially gas sealing and other benefits [1].

Taking into consideration the large-scale plans of Kazakhstan connected with development of Kazakhstan's Caspian Sea offshore, for our country it is extremely relevant. The KSP Steel Company is carrying out talks for cooperation with a number of companies possessing the technology and know-how for production of premium connections. In addition, they are developing their own connections of that kind and rapidly developing in this direction [3].

The main advantages of Premium threads:

1. Premium thread connections for casing and tubing pipes are a high-tech product that combines the results of practical and theoretical research.

2. High strength properties make this type of connections suitable for deep and very deep wells.

3. A good seal performance enables the use of them in high pressure gas wells, oil wells and production wells of fields developed by thermal methods.

4. High resistance to bending allows the use of Premium thread connections for directional wells, wells with displacements and horizontal wells.

5. Premium thread connections are easily and fast installed, it is difficult to cross-thread them, so they are suitable for drilling operations in harsh environments, such as deserts, oceans, etc.

6. Resistance to bonding of thread allows repeated twisting/untwisting of connections without any harm to the thread.

7. Premium thread connections are characterized by high torque resistance and excellent corrosion resistance [4].

But, nevertheless, the development and testing of premium products have involved considerable resources, both financial and intellectual. All Premium connections are protected by patents and have been successfully tested in specialized testing centers. As for production of Premium-products it is also expensive: it requires flawless accuracy of connections, care for sealing surface, other additional operations – it takes much more time to process pipes with premium threads. It is necessary to establish a production facility where only Premium products will be manufactured. There is also a need to select corresponding close control equipment aimed at forming tubes before cutting and special treatment. Premium production practices differ at all stages – from site and personnel selection to further control, packaging and delivery to the customer [5].

Thus, to enhance tightness, strength, reliability and durability of threaded connections for drilling, casing, tubing pipes special thread lubricants and Premium thread connections are used.

LIST OF REFERENCES

1 Премиум-резьбы уберегут от аварий. – [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.oilandgaseurasia.com/ru/tech_trend.

2 Новое решение проблемы герметичности резьбовых соединений обсадных колонн с использованием «Технологии чистого свинчивания» [Электронный ресурс]: журн. «Бурение и нефть» // – Электрон. журн. – 2012. – режим доступа к журн.: <http://www.urn.ru/ru/75journal186article2011>

3 Абсолютная демонстрация качества и надежности отечественного производителя. – [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.kspsteel.kz/PRESS/news_and_press/87.

4 Соединения Класа «Премиум». – [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://jst-pipes.ru/premium-connection.html>.

5 **Рекин, С.** Мы не стоим на месте [Текст] // Уральский рынок металлов. – 2011. – №5. – С. 8-11.

Material received on 08.12.14.

Л. И. Березанцева, А. Ж. Касенов, Д. А. Искакова

«Құбыр-жалғастырғыш» бұрандалық қосылысының өміршеңдігін, беріктігін, герметикалығын жоғарылату

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 08.12.14 баспаға түсті.

Л. И. Березанцева, А. Ж. Касенов, Д. А. Искакова

Повышение герметичности, прочности, долговечности резьбового соединения «труба-муфта»

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайғырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 08.12.14.

Бұл мақалада бұрандалық қосылыстардың сапасын жоғарылатудың бар әдістері көрсетілген. Бұрандалық қосылыстардың герметикалығы туралы сұрақтар негізінен екі бағытта шешіледі: әр түрлі герметикалық материалдарды қолдану арқылы бұрандаларды герметикалау және герметикалық түйіні бар

«Premium» бұрандалық қосылыстарды жасау арқылы. «Premium» классындағы бұрандалардың негізгі артықшылықтары.

В настоящей статье приводится обзор существующих способов повышения качества резьбовых соединений. Вопросы герметичности резьбовых соединений в основном решают в двух направлениях: герметизацией резьб путем применения различных герметизирующих материалов и созданием резьбовых соединений «Premium», которые имеют узлы герметичности. Основные преимущества резьб класса «Premium».

УДК 621.311.22

Н. С. Глазырина

докторант, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА РАБОТЫ ИОНИТНОГО ФИЛЬТРА

В настоящей статье представлен разработанный программно-аппаратный комплекс оптимизации режима работы ионитного фильтра.

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, ионитный фильтр, оптимизация режима работы, датчик, объем сточных вод.

Ионитные фильтры используются для выработки обессоленной или умягченной воды, для восполнения ее потерь в рабочем цикле тепловых электростанций [1]. При этом эксплуатационные расходы реагентов, используемых для регенерации ионообменных материалов, загруженных в фильтр, превосходят в 2-3 раза стехиометрическое число, равное количеству удаляемых из воды ионов. В результате регенерации образуются высокоминерализованные, кислотные или щелочные сточные воды. При непрерывном круговороте воды через производство, когда из поверхностных источников для нужд производства берется вода, а возвращается высокоминерализованный водный раствор, в реках и озерах происходит повышение соленосодержания, а соответственно, ухудшение качества воды, что очень отрицательно воздействует на окружающую среду [2].

Становится актуальным вопрос оптимизации и контроля режима работы ионитных фильтров.

Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет оператору (аппаратчику) контролировать и регулировать производительность установки, осуществлять автоматический контроль за подачей регенерационного раствора, а также контроль за качеством обрабатываемой воды, следить за режимом работы фильтра, что позволяет минимизировать объемы регенерационных растворов и отмывочных вод.

В 2012-2013 годах были проведены исследования режимов работы ионитных фильтров на действующей тепловой станции, расположенной в г. Аксу, Павлодарской области, Казахстан.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема ионитного фильтра.

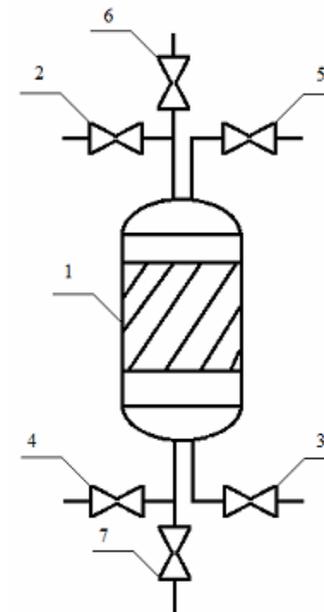


Рисунок 1 – Принципиальная схема ионитного фильтра

Здесь 1 – ионит, 2 – подвод осветленной воды/ввод отмывочной воды, 3 – отвод отмывочной воды, 4 – подвод воды на взрыхление, 5 – отвод воды после взрыхления, 6 – подвод регенерационного раствора, 7 – отвод отработанного регенерационного раствора.

Для оптимизации режима работы ионитного фильтра, разработана новая технология повторного использования сточных вод, на основе которой построен алгоритм работы программно-аппаратного комплекса,

рассмотрены математические модели процесса фильтрации, взрыхления, регенерации и отмывки и определены оптимальные параметры режима работы ионитного фильтра. В результате математических исследований разработана лабораторно-промышленная установка с учетом автоматизации процесса работы, которая представлена на рисунке 2.

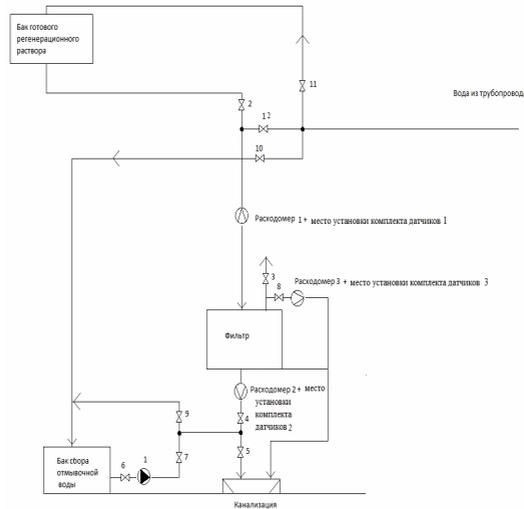


Рисунок 2 – Схема лабораторно-промышленной установки

Здесь 1 – механизм собственных нужд (насос), 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 – запорно-регулирующая арматура, комплект датчиков 1 включает в себя датчики жесткости воды, содержания Na, кислотности воды, pH воды, комплект датчиков 2 включает в себя датчики жесткости воды, кислотности воды, содержания Na, pH воды, содержания железа, алюминия, комплект датчиков 3 включает датчики прозрачности и взвешенных веществ.

Аппаратно-программный комплекс управления работой лабораторно-промышленной установки создан на основе продукции, разработанной совместно с ЗАО «Модульные Системы Торнадо» (г. Новосибирск, Россия).

Для разработки комплекса, была составлена информационная база данных, в которой учтены все входные и выходные сигналы, запорно-регулирующая арматура (ЗРА) и механизмы собственных нужд (МСН). Для идентификации все сигналы, ЗРА и МСН закодированы с помощью системы кодов и кодирования (СКК) [3]. Разработаны алгоритмы блокировок и технологических защит, дистанционного управления объектом.

Структурная схема программно-аппаратного комплекса управления работой ионитного фильтра приведена на рисунке 3. Структурная схема комплекса состоит из технологического объекта управления (фильтр), датчиков для определения качественных показателей воды (на входе фильтра установлены датчики жесткости воды, содержания Na, кислотности воды, pH воды, на выходе из фильтра установлены датчики жесткости воды, кислотности воды, содержания Na, pH воды, содержания железа, алюминия), модулей распределенных устройств сопряжения с объектом (УСО), установленных в шкафы УСО.

Для обработки входных аналоговых сигналов от датчиков используются два модуля MIRage-NAI. Модуль MIRage-NAI предназначен для ввода аналоговых сигналов и преобразования их в цифровую форму при построении распределенных информационных и управляющих систем. Модуль рассчитан на измерение унифицированных значений напряжений и токов и передачу измеренных значений по витой паре через дублированный интерфейс Ethernet 10/100. Модуль MIRage-NAI имеет 16 дифференциальных или 32 униполярных входных измерительных каналов.

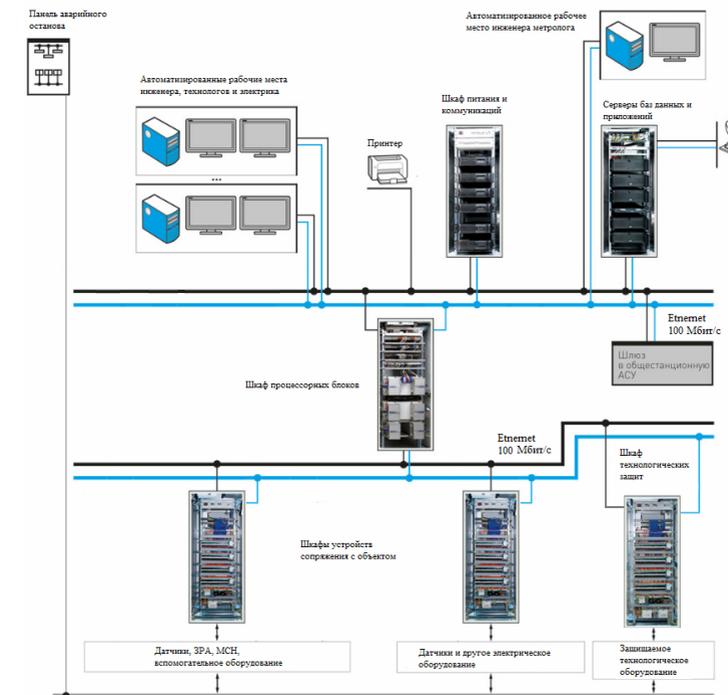


Рисунок 3 – Структурная схема аппаратно-программного комплекса управления работой ионитного фильтра

Для ввода и/или вывода дискретных сигналов используются три модуля распределенного ввода/вывода MIRage-NDIO. Чтение состояний сигналов дискретных вводов и выдача команд управления на дискретные выходы производится через дублированный цифровой интерфейс Ethernet 10/100 по витой паре с использованием протокола ModBus. Модуль MIRage-NDIO имеет 24 канала. Каждый канал индивидуально сконфигурирован по направлению.

Для измерения температур с помощью термодатчиков и передачи измеренных значений через дублированный цифровой интерфейс Ethernet 10/100 по витой паре с использованием протокола ModBus используем один модуль MIRage-NTHERM. Модуль MIRage-NTHERM имеет 8 измерительных каналов.

Питание используемых модулей осуществляется от внешнего источника и через витую пару Ethernet в соответствии со стандартом IEEE 802.3af (Power Over Ethernet).

Установлен шкаф процессорных блоков контроллеров, в качестве которых используются два промышленных компьютера Advantech. Также в аппаратно-программном комплексе используются коммутаторы нижнего и верхнего уровней, серверы приложений и баз данных, автоматизированные рабочие места операторов, инженера и метролога.

Передача измеренных значений происходит через дублированный цифровой интерфейс Ethernet 10/100 по витой паре с использованием протокола ModBus.

Программная часть аппаратно-программного комплекса выполнена с помощью инструментальной системы программирования логических контроллеров ISaGRAF. ISaGRAF поддерживает все пять языков стандарта IEC 61131-3. Использование стандарта IEC 61131-3 полностью соответствует концепции открытых систем, а именно делает программу для контроллера независимой от конкретного оборудования, ни от типа процессора, ни от операционной системы, ни от плат ввода-вывода.

Для разработки программного кода использовались язык блок-диаграмм FBD (Functional Block Diagram) и язык структурированного текста ST (Structured Text).

Для взаимодействия операторов с системой контроля и управления используется SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – система InTouch.

На рисунке 4 приведен график процесса регенерации катионитного фильтра 1 ступени: первая кривая построена на основе данных экспериментальных исследований, проведенных на действующей тепловой электростанции, вторая кривая построена на основе данных полученных в ходе проведения исследований на программно-аппаратном комплексе.

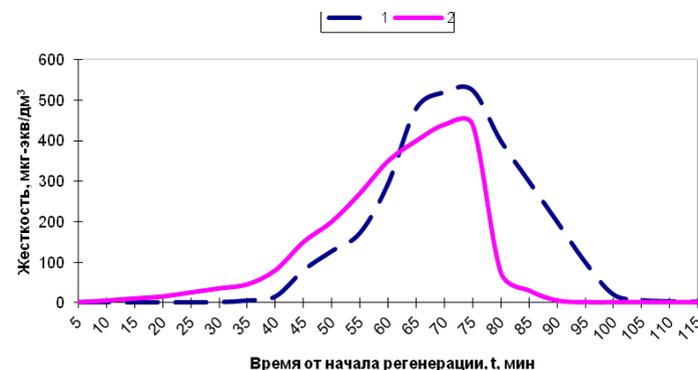


Рисунок 4 – Анализ работы катионитного фильтра в процессе регенерации

Вторая кривая показывает, что на стадии взрыхления ионитного материала с использованием 60% отмывочной воды, за счет смещения равновесия одновременно начинается процесс регенерации, и в тот момент, когда через 25 минут начинается подача регенерационного раствора, фильтр отрегенирован уже на 10%, что снижает расход как реагентов, так и количества воды на приготовление регенерационного раствора, а также количества отмывочной воды. При этом, время процесса восстановления фильтра в рабочее состояние сокращается, и фильтр выходит в режим фильтрации не к 115 минуте, а к 95-й.

Таким образом, применение разработанного программно-аппаратного комплекса управления работой ионитного фильтра позволяет сократить общее время процесса «взрыхление-регенерация-отмывка», быстрее вывести фильтр в работу, уменьшить расход реагентов на 10%, уменьшить расход воды на собственные нужды на 15%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Лифшиц, О. В.** Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1976. – 288 с. с ил..
- 2 **Громогласов, А. А.** и др. Водоподготовка: Процессы и аппараты: Учеб. пособие для вузов/ А. А. Громогласов, А. Ц. Копылов, А. Б. Пильщиков; Под ред. О. И. Мартыновой. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.: ил. – ISBN 5-283-00082-6.
- 3 **Нестеров, Ю. В., Радин, Ю. А., Сергиевская, Е. Н., Хювяринен, Р.** Кодирование энергооборудования / Теплоэнергетика. – 2003. – №10. – С. 33-37. – ISSN 0040-3636.

Материал поступил в редакцию 04.12.14.

Н. С. Глазырина

Иониттық фильтрдің жұмыс тәртібін оңтайландырудың бағдарламалық-аппараттық кешені

Л. Н. Гумилев атындағы
Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.
Материал 04.12.14 баспаға түсті.

N. S. Glazyrina

Software-hardware complex of optimization of the operation mode of an ion-exchange filter

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.
Material received on 04.12.14.

Осы мақалада иониттық фильтрдің жұмыс тәртібін оңтайландырдығы өңделген бағдарламалық – аппараттық кешені көрсетілген.

In this article a software-hardware complex of optimization of the operation mode of ion-exchange filter is described.

UDC 621.32

**A. B. Kaidar¹, A. P. Kislov², V. P. Markovsky³, V. F. Govorun⁴,
B. K. Shapkenov⁵, M. E. Volgin⁶, N. M. Padrul⁷,
A. K. Zhumadirova⁸**

¹undergraduate, ²c.t.s., professor, Dean, corresponding member of International Informatization Academy and RF Academy of Electrotechnical sciences, ³c.t.s., professor, head of the department «Electroenergetics», ⁴d.t.s., professor, ⁵c.t.s., associate professor, Full member of WAS of Integrated Safety, ⁶c.t.s., professor, ⁷docent, senior lecturer, ⁸c.t.s., docent, department of «Electroenergetics», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar

ARTIFICIAL INTELLIGENT APPLICATIONS IN CONDITION MONITORING AND DIAGNOSIS OF MLIDS

We offered the fault diagnostic, fault detection, and fault reconfiguration paradigm for the cascaded H-bridge multilevel inverter drive by applying artificial intelligent based techniques. Diagnostics of the fault locations in a MLID from its output voltage waveforms.

Keywords: diagnostics, MLID cascaded H-bridge, artificial, fault detection.

Since MLID (multilevel inverters drive) multilevel inverters contain several semiconductors connected in series to achieve medium voltage and high power demand, one might consider that multilevel inverters are less reliable. In contrast, multilevel cascaded H-bridge inverters using modular series- cells with separated dc sources as depicted in Figure 2 could improve reliability if the MLID has the ability to detect and bypass the faulty cell. If one of the power cells fails, it can be bypassed and operation can continue at reduced voltage capacity. The amount of reduction in capacity that can be tolerated depends upon the application; however, in most cases a reduction in capacity is more preferable than a complete shutdown.

The reliability of a multilevel inverter having the bypass function in each cell has been described in [1]. The article explains how the bypass function improves the drive reliability. The major idea to improve reliability is to bypass the damaged cells by using a magnetic contactor. The proposed solution in [1, 3] protects the failure of all components in the faulty cells, rather than the damage to some power switches. The definition of reliability given by [2] is «*the probability of a device performing its purpose adequately for the period of time intended under the operating condition encountered*». The word adequately permits some application at reduced capacity to be included in the probability calculations [1].

The engineering reliability analysis in a system is usually concerned with the reliability R and/or the probability of failure P . As a system is considered reliable unless it fails, the reliability and probability of failure sum to unity as explained in equation (1.1) [2].

$$\begin{aligned} R(t) + P(t) &= 1, \\ R(t) &= 1 - P(t), \\ P(t) &= 1 - R(t), \end{aligned} \quad (1.1)$$

where $P(t)$ is probability of a system will fail by time t ,

$R(t)$ is probability of a system will still be operational by time t . Therefore, (1.1) can be applied in MLID system reliability analysis. Suppose that the cascaded H-bridge MLID system as shown in Figure 2 contains N cells and can not tolerate any failures;

then, if the probability of a single cell will function properly during a time interval is R , so that the probability all N cells will function properly during the same time interval is R^N because the MLID system is considered as series system in this case. $P(t)$ and $R(t)$ can be defined as the point density functions; then, $P = \frac{dP(t)}{dt}$ and, $P = \frac{dR(t)}{dt}$. Next, if the MLID has a cell which can tolerate failures, the MLID reliability will become

$R^N + [N \times R^{(N-1)} \times (1 - R)]$ instead of R^N . It is obvious that the MLID with a tolerated failure cell has a higher reliability than the one without tolerance for failures. A numerical reliability example of a MLID can be illustrated in Table 1. Assume that the MLID in Table 1 has a cell reliability R of 99% and it contains totally 15 cells. As can be seen, with one extra cell in each phase, the reliability of the MLID can increase from 86% to 99.0%; therefore, a fault diagnostic and fault reconfiguration (bypass) system can improve the reliability of the MLID system. In addition, for the case of m tolerated cells, the reliability function can be written as

$$R_m = \sum_{i=0}^m \left(\frac{N!}{(N-i)! \times i!} \times R^{(N-i)} \times (1 - R)^i \right), \quad (1.2)$$

where m is number of tolerated cells,

N is number of cells in MLIDs,

R_m is total reliability of the system.

Table 1 – Numerical example of 15 cells MLID with 99% reliability (R) in each power cell

Number of tolerated cell faults	Reliability Function	Reliability (Percentage)
0	$R_0 = R^N$	86,00 %
1	$R_1 = R_0 + [N \times R^{(N-1)} \times (1 - R)]$	99,04 %
2	$R_{1,2} = R_{1,1} + [(N - 1) \times (R^{(N-2)}) \times (0.5 \times (1 - R)^2)]$	99,96 %
3	$R_{1,3} = R_{1,2} + [(N - 1) \times (N - 2) \times (R^{(N-3)}) \times (0,1667 \times (1 - R)^3)]$	99,99 %

Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis

The application of artificial intelligent (AI) in inverter drives is mostly based on speed or position controller applications. Fuzzy-logic (FL) and neuron network (NN) are mostly applied to such applications. Genetic algorithm is also applied on PI controller tuning and parameter estimation problems. The AI-based controllers could lead to improved performance, enhanced tuning and adaptive capabilities; however, there are additional possibilities in other aspects of AI-based applications in inverter drives or other power electronic areas.

It is possible that AI-based technique can be applied in condition monitoring and diagnosis. By using condition monitoring, vast savings may be made through improved maintenance procedures and policies. AI-based condition monitoring and diagnosis have several advantages; for instance, AI-based techniques do not require any mathematical models, therefore the engineering time and development time could be significantly reduced. AI-based techniques utilize the data sets of the system or expert knowledge. Moreover, the reliability of the system can also improve by using diagnosis; for example, in MLID applications, several types of signals such as voltage, current, noise, vibration, temperature, and flux signals which can convey valuable information for diagnosis on the electrical and mechanical state of a MLID system including motor, multilevel inverter and controller. The voltage and/or current signals could be used to diagnose a drift of power semiconductor switches in the multilevel inverter which contains numerous semiconductor switches.

AI-based fault diagnostic areas should include two different types of main tasks as follows:

- *Fault classification (detection)*: The purpose of this task is to detect any selected signals (electrical or mechanical) in the system. This could permit the system to be scheduled maintenance and might also prevent incipient system fault and would allow improving safety and reliability of the system;

• *Fault localization:* The purpose of this task is to identify the location of occurring faults. This specifies the cause of the detected abnormal behaviors.

AI-based techniques can be applied to both diagnostic tasks. Fault classification is a part of a protection paradigm and can also be considered as pattern recognition problems or non-linear problems [4]. Therefore, artificial neuron network (ANN) can be used to perform the fault classification. ANN techniques permit input/output mapping with a nonlinear relationship between nodes; also, ANN techniques provide the ability to recognize anomalous situations because of their intrinsic capacity to classify and generalize. Especially, the sensitivity and response time of the original procedure presented for the on-line analysis of fault set repetition enable on-line fault location techniques to be developed [5]. The normal and abnormal data or signals can be used to train the ANN, so that the ANN can have ability to classify the difference between normal and abnormal condition of the system.

Conclusion

We offered the fault diagnostic, fault detection, and fault reconfiguration paradigm for the cascaded H-Bridge multilevel inverter drive by applying artificial intelligent based techniques. We diagnosed the fault locations in a MLID from its output voltage waveforms is considered. MLID open circuit and short circuit faults at each switch are considered. An example of a MLID open circuit fault at switch S_{A+} is represented in Figure 1.

S_{A+} fault will cause unbalanced voltage and current output, while the induction motor is operating.

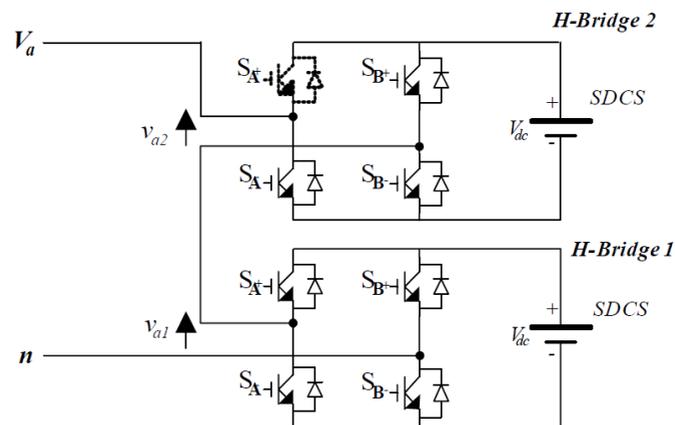


Figure 1 – H-Bridge 2 Switch S_{A+} open circuit fault at second level of single-phase multilevel-inverter

This unbalanced voltage and current may result in vital damage to the induction motor if the induction motor is run like this for a long time. The unbalanced condition from fault S_{A+} can be solved if the fault location is correctly identified. Switching patterns and the modulation index of other active switches in the MLID can be adjusted to maintain output voltage and current in a balanced condition. Therefore, the MLID can operate in a balanced condition at reduced power while the fault occurs until the operator knows and repairs the inactive switch.

All occurring fault features can be classified based on their effects of the output voltages; for that reason, one can use the output voltage signals as learning/training data to a neural network. A neural network has the ability to recognize anomalous situations because of their intrinsic capacity to classify and generalize. Genetic algorithm and principal component analysis can also be applied in feature extraction process in order to rate signals as an important feature. Thus, by applying the proposed AI-based techniques in a fault diagnostic system, a better understanding on fault behaviors, detections, and reconfigurations of a multilevel inverter drive system can be accomplished.

LIST OF REFERENCES

- 1 Shapkenov, B. K., Kaidar, A. B., Smagulov, K. T., Zhakupov, T. B., Zhantemirov, F. D. High-frequency generator in resonant regimes. Materials of the international scientific-practical conference “Science and education: no language barriers”. – Pavlodar, 2011, V. 3, P. 170-174.
- 2 Kaidar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markowski, V. P. Experimental studies inverter with pulse width modulation for power supply systems with renewable energy sources. – Materials of international scientific and technical conference «VI reading of Sh Shokin.” – October 10, 2014, P. 134-140.
- 3 Shapkenov, B. K., Kaliev, B. Z., Kaidar, A. B. Monograph “The Theory and Practice of energy converters.” – Saarbrücken, Germany: Publishing house «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 p.
- 4 Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. Выбор топологии инвертора с аккумуляторными накопителями. Вестник ПГУ. – № 2. – 2014.
- 5 Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П. Многоуровневые инверторы для фотопреобразователей. Материалы международной научно-теоритической конференции «VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова. – Т1. – 2013. –с. 392-401.

Material received on 05.12.14.

*А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, В. Ф. Говорун,
Б. К. Шапкенов, М. Е. Волгин, Н. М. Падруль, А. К. Жумадилова*

MLID диагностикалау және жағдайын бақылау кезіндегі жасанды интеллектіні қолдану

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 05.12.14 баспаға түсті.

*А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, В. Ф. Говорун,
Б. К. Шапкенов, М. Е. Волгин, Н. М. Падруль, А. К. Жумадилова*

Применение искусственного интеллекта при контроле состояния и диагностике MLID

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 05.12.14.

Біз негіздеген диагностикада ақаулықтарын парасаттылық қолданумен әдістерін ұсындық және де ақаулық өзгеріспен сызбаны каскадты H- көп деңгейлі инверторге еріксіз келтірудің ақау схемалар өзгеріс енгізілді. Ақаулықтың орындарында диагностика оның шығу кернеу бойынша MLID іске асып жатыр.

Мы предложили методы, основанные на диагностике неисправностей с применением искусственного интеллекта, обнаружением неисправностей и изменением дефектной схемы каскадного H-мостового многоуровневого инверторного привода. Диагностика места неисправности в MLID осуществляется по его выходному напряжению.

UDC 621.32

**V. S. Kopyrin¹, A. B. Kaidar², E. V. Ivanova³, A. N. Novozhilov⁴,
A. P. Kislov⁵, V. P. Markovsky⁶, B. K. Shapkenov⁷,
A. M. Akayev⁸**

¹c.t.s., professor, Ural Federal University, LLCRPE «Energy and Ecology», Russia, ²undergraduate, ³d.t.s., professor, Novosibirsk State Academy of water transport, ⁴d.t.s., professor, ⁵c.t.s., professor, Dean, corresponding member of International Informatization Academy and RF Academy of Electrotechnical sciences, ⁶c.t.s., professor, head of the department «Electroenergetics», ⁷c.t.s., associate professor, Full member of WAS of Integrated Safety, ⁸graduate student, department of «Electroenergetics», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar

DIAGNOSTICS OF THE FAULT TYPES AND FAULT LOCATIONS IN A CASCADED MLID FROM ITS OUTPUT VOLTAGE WAVEFORM

In the article the fault types and fault locations in a cascaded MLID inverter from its output voltage are viewed. The classification technique using a neural network is applied for diagnostics.

Keywords: MLID, cascade, output voltage, diagnostics, fault.

The multilevel carrier-based sinusoidal PWM is used for controlling gate drive signals for the cascaded MLID as shown in Figure 2. It should be noted that other modulation strategies can be used to control a cascaded MLID as well; one unique method to balance a switching loss of other levels, particularly at low modulation index, has been proposed in manuscript [1].

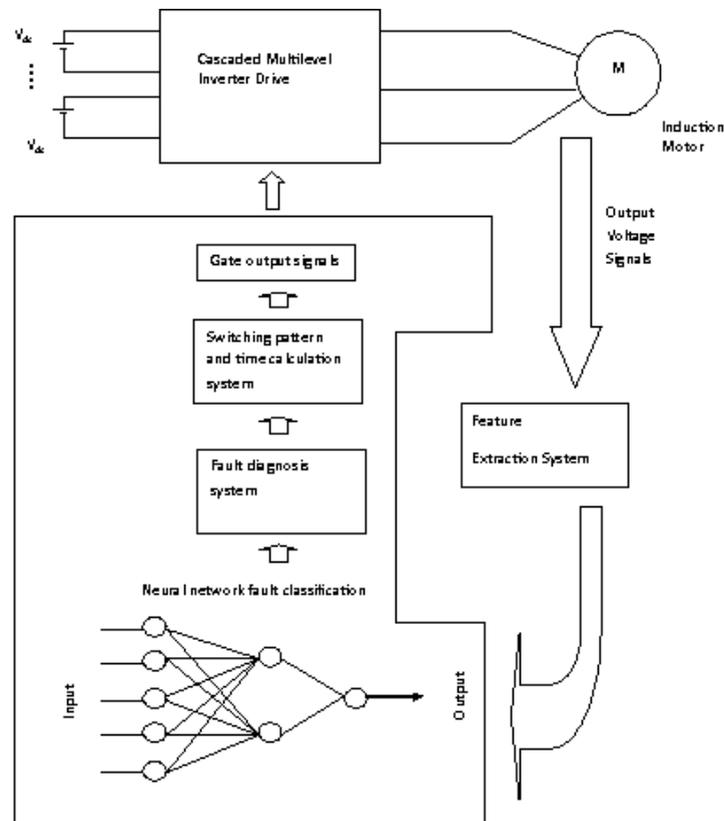
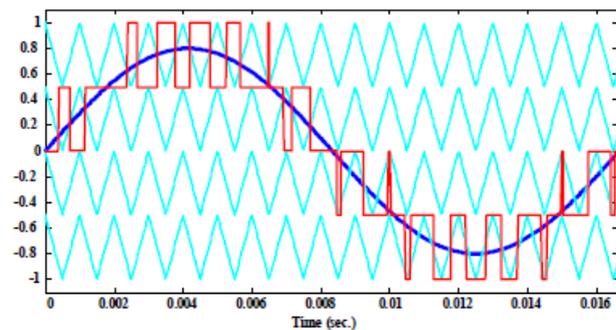
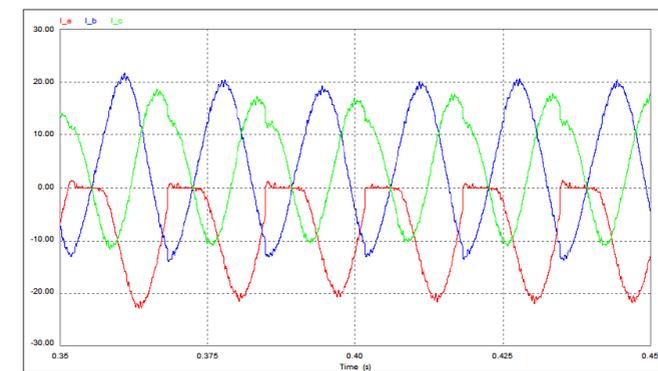


Figure 1 – Structure of fault diagnosis system

Figure 2 – Multilevel carrier-based sinusoidal PWM showing carrier bands, modulation waveform, and inverter output waveform ($m_a = 0.8/1.0$)

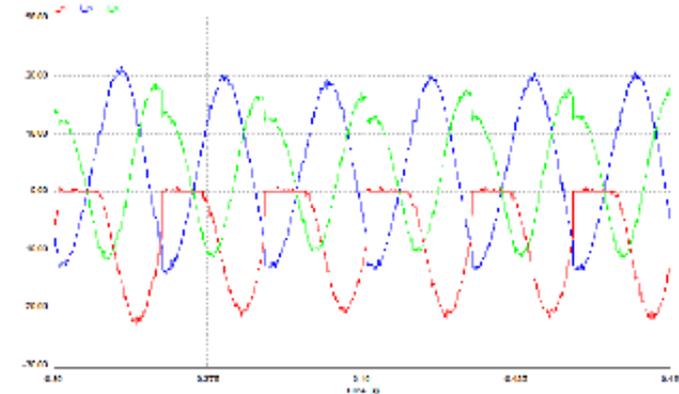
The modulation index (m_a) is the ratio between an amplitude modulation waveform and an amplitude combination of carrier bands; for instance, the 0.8 out of 1.0 m_a is represented in Figure 2. The number of carrier bands depends upon the number of separate dc source (SDCS); the two SDCS cascaded MLID requires two carrier bands on positive side and two carrier bands on negative side and each band has equal amplitude.

The selection of diagnostic signals is very important because the neural network could learn from unrelated data to classify faults which would result in improper classification. Simulation results of input motor current waveforms during an open circuit fault at different locations of a MLID (shown in Figure 5) are illustrated in Figure 3 and Figure 4.

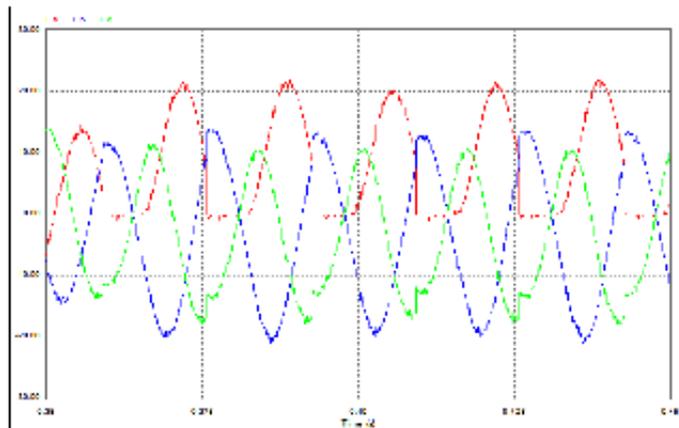
Figure 3 – Input motor currents during open circuit fault at switch S_{A+} of H-bridge 2

The simulation model is illustrated in Figure 3; Power simulation (PSIM) from Power sim Inc is used as power circuit of a MLID and Matlab-Simulink from Matworks is used to generate gate drive signals. As can be seen in Figure 3 and 4, the input motor currents can classify open circuit faults at the same power cell by tracking current polarity (see Figure 4); however, it is difficult to classify the faults at different power cells; the current waveform for a fault of S_{A+} in H-bridge 2 (Figure 3) looks identical to that for a fault of S_{A+} in H-bridge 1 (Figure 4, a). As a result, the detection of fault locations could not be achieved with only using input motor current signals. Also, the current signal is load dependent; the load variation may lead to misclassification; for instance, light load operation as reported in a central interruptible demand (CID) case in [1]. Auspiciously, Figure 2 indicates that an output phase PWM voltage is related to turn-on and turn-off time of associated switches; hence, a faulty switch can not generate a desired output voltage; The output voltage for a particular switch is zero if the switch has a short

circuit fault, whereas the output voltage is about V_{dc} of SDCS if the switch has an open circuit fault. For this reason, the output phase voltage can convey valuable information to diagnose the faults and their locations.



(a)



(b)

Figure 4 – Input motor currents during open circuit fault at H-bridge 1:
(a) switch SA+, (b) switch SB+

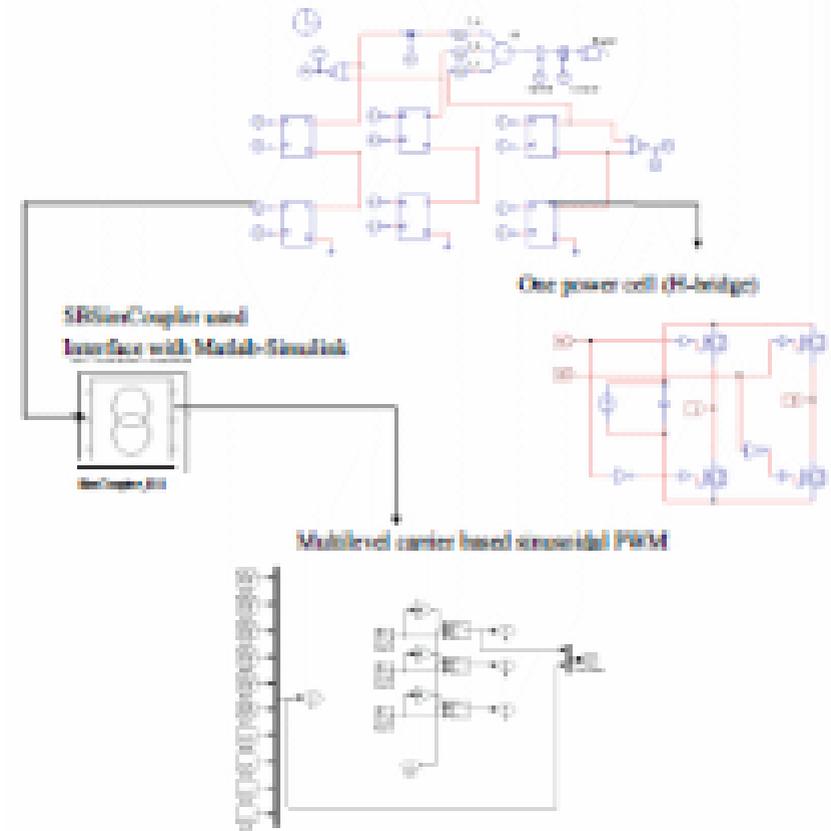
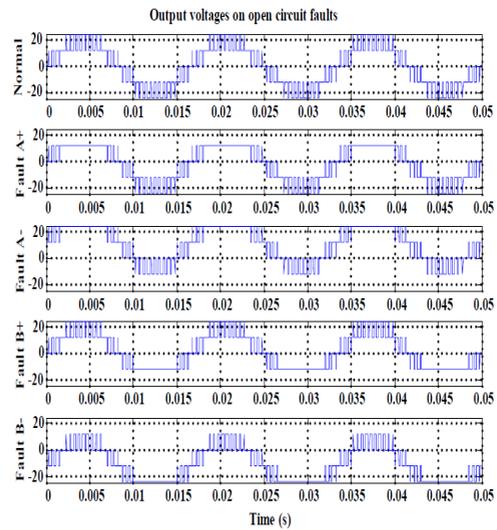
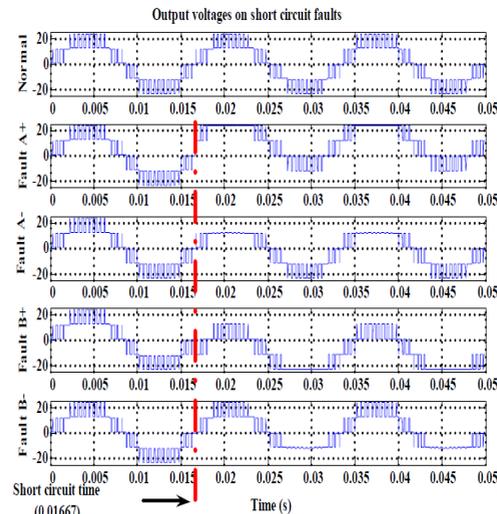


Figure 5 — Simulation model using Psim and Matlab-Simulink

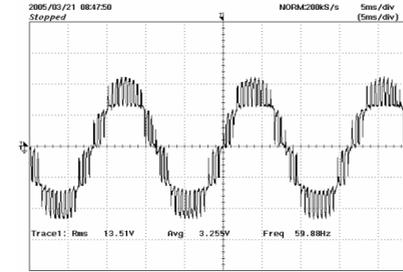


a)

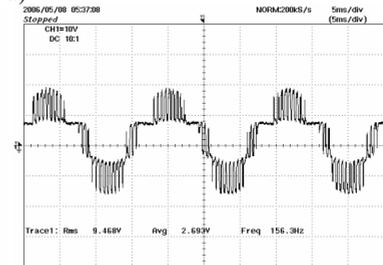
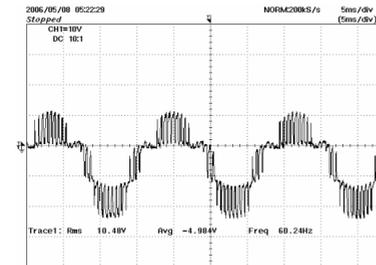


b)

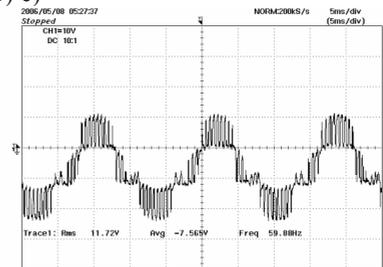
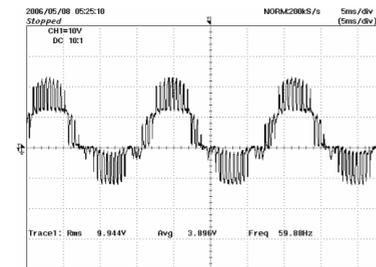
Figure 6 – Simulation of output voltages signals showing fault features at SA+, SA-, SB+, and SB- of H-bridge 2 with modulation index = 0.8 out of 1.0.: (a) open circuit faults, (b) short circuit faults



a)

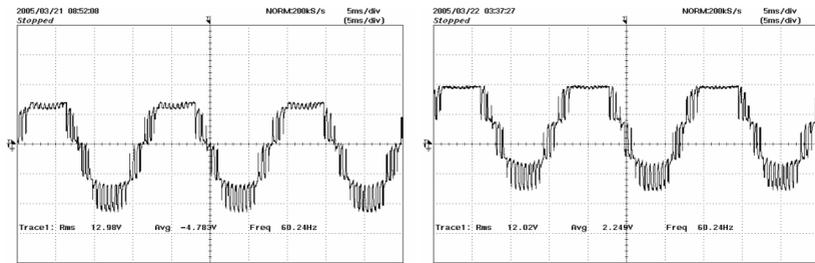


b) c)

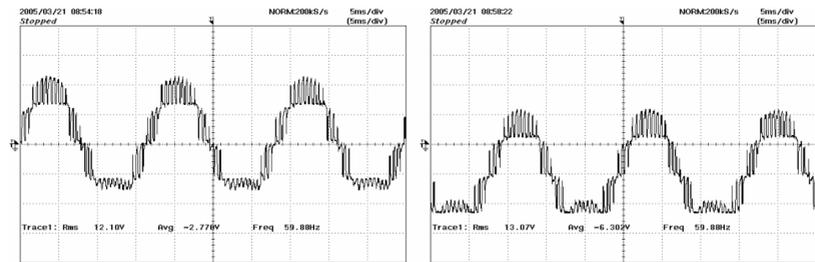


d) e)

Figure 7 — Experiment of open circuit fault of H-bridge 1 with modulation index = 0.8 out of 1.0: (a) normal, (b) SA+ fault, (c) SA- fault, (d) SB+ fault, and (e) SB- fault



a) b)



c) d)

Figure 8 – Experiment of open circuit fault of H-bridge 2 with modulation index = 0.8 out of 1.0: (a) S_{A+} fault, (b) S_{A-} fault, (c) S_{B+} fault, and (d) S_{B-} fault

The simulation results of output voltages are shown for an MLID with open circuit faults and short circuit faults in Figure 6. One can see that all fault features in both open circuit and short circuit cases could be visually distinguished [2]. Also, experimental results of output voltage signals of open circuit faults in each location of two 12 V separate dc source (SDCS) MLID as shown in Figure 5 with multilevel carrier-based sinusoidal PWM gate drive signals are shown in Figure 7 and Figure 8.

Obviously, the results show that the output phase voltage signals are related to the fault locations and fault types (open circuit and short circuit) [3, 4]. One can see that all fault features can be visually distinguished in both fault types and fault locations via the output phase voltage signals; however, the computation unit cannot directly visualize as a human does.

A neural network is one suitable AI-based technique which can be applied to classify the fault features. Besides, a classification technique using a neural network offers an extra degree of freedom to solve a nonlinear problem; the failure of a single neuron will only partially degrade performance. If an input neuron fails, the network can still make a decision by using the remaining neurons.

In contrast, if only a single input, for instance the dc offset of signals, is used as the input data to classify the faults, the diagnosis system may not perform classification when the input data has drifted or the single sensor has failed [5]. Furthermore, a neural network also permits parallel configuration and seasonal changes. Additional H-bridges and fault features (short circuit) can be conveniently extended into the system with more training data and parallel configuration. Therefore, the fault types and fault locations in a cascaded MLID will be attempted to diagnose from its output voltage waveform.

Diagnostics the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform.

LIST OF REFERENCES

1 **Shapkenov, B. K., Kaliev, B. Z., Kaidar, A. B.** Monograph “The Theory and Practice of energy converters.” – Saarbrucken, Germany: Publishing house «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 p.

2 **Kaidar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markowski, V. P.** Experimental studies inverter with pulse width modulation for power supply systems with renewable energy sources. Materials International scientific and technical conference «YI reading Sh Shokina.» October 10, 2014, pp 134-140.

3 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Применение силового модуля на IGBT транзисторах в автономных инверторах напряжения с повышенной эффективностью преобразования электроэнергии. Вестник ПГУ. – № 3. – 2014.

4 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Оценка средних и действующих значений тока, мощности статических потерь на этапах коммутации инвертора с широтно-импульсной модуляцией для систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии. Вестник ПГУ. – № 3. – 2014.

5 **Шапкенов, Е. В. Иванова, А. Б. Кайдар, А. Е. Вахитов.** Нейросетевое моделирование электрических нагрузок для оперативного прогнозирования и управления режимами электроэнергетических систем. Б.К. Энергетическое обследование как первый этап реализации концепции энергосбережения: материалы Международной молодежной конференции/ Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во ООО «СПБ Графикс», 2012. – с. 341-345.

Material received on 21.11.14.

В. С. Копырин¹, А. Б. Кайдар², Е. В. Иванова³, А. Н. Новожилов²,
А. П. Кислов², В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. М. Акаев²

Каскадты MLID шығу кернеуі бойынша бұзылу жері және ақаулықтар түрлерін диагностикалау

¹Ресейдің бірінші президенті Б. Н. Ельцин атындағы
Уральск федералды университеті;

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

³Су транспортының Сібір мемлекеттік академиясы.
Материал 21.11.14 баспаға түсті.

В. С. Копырин¹, А. Б. Кайдар², Е. В. Иванова³, А. Н. Новожилов²,
А. П. Кислов², В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. М. Акаев²

Диагностика типов неисправностей и места повреждений в каскадном MLID по выходному напряжению

¹Уральский федеральный университет
имени первого президента России Б. Н. Ельцина, Россия;

²Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар;

³Новосибирская государственная Академия водного транспорта.
Материал поступил в редакцию 21.11.14.

Мақалада ақаулықтардың диагностика және бұзылулардың орындарын MLID каскадты инверторде шығатын кернеу сұрақтары қарастырылған. Диагностика үшін нейрон желіден көмекпен ақаулықтардың теңестірулері әдістемесі қолданған.

В статье рассмотрены вопросы диагностики неисправностей и места повреждений в каскадном MLID инверторе по его выходному напряжению. Для диагностики применена методика идентификации неисправностей с помощью нейронной сети.

УДК 628.5

Л. А. Лоскутова¹, А. К. Хаймулдинова², А. К. Жуламанов³

¹к.т.н., доцент кафедры инженерных технологий и транспорта, ²к.т.н., ст. преподаватель кафедры горного дела и БЖД, ³магистрант, Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова, г. Кокшетау

СИСТЕМА КАЧЕСТВА ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОЧЕГО ПЕРСОНАЛА ТОО «ТЕНГИЗШЕВРОЙЛ»

В данной статье рассматриваются результаты исследования по некоторым вопросам охраны труда и технике безопасности рабочего персонала ТОО «Тенгизшевройл» и соответствия охраны труда и техники безопасности со стандартами промышленной безопасности в мире, включая использование средств индивидуальной защиты и воздушно-дыхательного оборудования.

Ключевые слова: опасные газы, промышленная безопасность, техника безопасности, охрана труда.

Предприятие ТОО «Тенгизшевройл» (ТШО), являясь флагманом промышленности республики, придерживается на производстве норм международных стандартов семейства ИСО, включая стандарты экологического менеджмента ИСО14000 и Международный стандарт OHSAS, установленный на разработку системы управления охраной здоровья и безопасности персонала.

Наряду с вышеперечисленными стандартами ТШО на практике использует и собственные программы в сфере промышленной и экологической безопасности. Эти стандарты в отличие от стандартов ИСО, которые носят рекомендательный характер, на порядок жестче. Это продиктовано особенностью самой нефтедобычи, как производства, сопряженного с рядом опасных факторов – сложные метеорологические условия, давление, температура, газы и т.д.



Диаграмма 1 – Добыча нефти на месторождении «Тенгиз»

Тенгизское нефтегазовое месторождение в Атырауской области Республики Казахстан, было открыто в 1979 году, в апреле 1991 года в эксплуатацию был введен Тенгизский нефтегазоперерабатывающий завод и промысел, что положило начало промышленной добыче нефти.

Глубина скважин достигает 5 – 6 км, в составе добываемой нефти имеется высокое пластовое давление, растворенный газ с большим содержанием сероводорода (молекулярный 12%, общий 19%) и других сернистых соединений.

При переработке нефти и газа возникают многие характерные опасности, от взрывоопасности до ядовитых испарений. При добыче нефти газопрооявления возможны почти на всех стадиях технологического процесса.

Коэффициент нефтенасыщенности	• 0,82
Начальный дебит нефти	• 500 м ³ /сут при 10 мм штуцере
Начальное пластовое давление	• 84,24 МПа
Температура	• 105°С
Плотность нефти	• 789 кг/м ³
Нефть сернистая	• 0,7 %
Нефть парафинистая	• 3,69 %
Нефть малосмолистая	• 1,14 %
Асфальтены	• 0,13 %

Рисунок 1 – Состав и характеристика нефти Тенгизского месторождения

Опасными газами в Тенгизе являются сероводород, метан, бутан и так называемые попутные нефтяные газы. Приведем краткую характеристику упомянутых газов.

Сероводород (H₂S) – высокотоксичный, бесцветный, взрывоопасный, коррозионный газ. Концентрация 10 чнм (часть на миллион) приведет к раздражению глаз, дыхательных путей.



Рисунок 2 – Воздействие сероводорода на организм человека (ppm)

Концентрация 500 – 800 чнм (часть на миллион) является опасной, вплоть до летального исхода в результате остановки дыхания. Именно проблеме сероводорода уделяется большое внимание в вопросе безопасности персонала. Курсы, посвященные данной теме, выводятся в отдельный блок, и являются обязательными для всех категорий работников.

Метан (CH₄) – простейший углеводород, бесцветный газ, без запаха. Малорастворимый в воде, легче воздуха, взрывоопасен. Человек может погибнуть от недостатка кислорода в воздухе при вдыхании высоких концентраций метана.

Бутан (C₄H₁₀) – органическое соединение класса алканов. В больших концентрациях ядовит. Содержится в природном газе, образуется при крекинге нефтепродуктов, при разделении попутного нефтяного газа. Взрывоопасен, малотоксичный, имеет специфический характерный запах.

Газы нефтяные попутные – углеводородные газы, сопутствующие нефти и выделяющиеся при ее добыче на газонефтяных месторождениях. Газы этого типа находятся в растворенном виде и выделяются вследствие

снижения давления при подъеме нефти на поверхность земли. В газонефтяных месторождениях на 1 т нефти приходится 30-300 куб. м газа. Состав газов попутных отличается от состава природных газов меньшим содержанием метана, но повышенным содержанием этана, пропана, бутанов и углеводородов.

В современных условиях нефтедобыча и последующая переработка нефти представляет собой целый промышленный комплекс, оснащенный современной техникой и аппаратурой. При этом нефтедобыча была и остается производством с высокими рисками возникновения опасных ситуаций в сфере промышленной и экологической безопасности. Такие виды работ, как например, бурение, ремонт нефтяных и газовых скважин оказывает на людей, задействованных в этих процессах, неблагоприятное влияние. Климат региона (высокая температура летом от +40° С и выше летом плюс высокая влажность, холодная и малоснежная зима с до -20 – -30°С), постоянный производственный шум - все это усугубляет значительные физические нагрузки людей. Помимо этого выхлопные газы различных двигателей также негативно сказываются на показателях воздуха рабочей зоны. Есть еще одна значительная опасность - опасность выброса в воздух веществ, характерных для газоперерабатывающего завода и промысла в целом, которые могут оказаться опасными для здоровья людей. Поэтому с развитием нефтегазового промысла стали применяться различные способы защиты от опасных факторов (ядовитые пары, газы, взрывоопасные вещества и т.д.), начиная от простых тканевых повязок, примитивных противогазов, заканчивая дыхательными аппаратами, средствами индивидуальной защиты (СИЗ) и систем обнаружения газов. Рабочий персонал, находясь на территории ТШО, обязан быть в соответствующей характеру производства одежде, защитной каске и специальной обуви. Дополнительной защите служат очки, ушные беруши, перчатки. Каждый работник проходит обучение по правильному применению средств защиты органов дыхания, причем практика в этом вопросе имеет большее значение. В случае возникновения угрозы работники имеют доступ к средствам защиты органов дыхания – одноразовые респираторы, фильтрующие противогазы, воздушно-дыхательные аппараты (ВДА). Все эти средства призваны защитить органы дыхания рабочего персонала на определенный период времени, которого достаточно для проведения краткосрочных аварийно-спасательных работ и эвакуации.

ТШО использует «Систему управления оптимизацией производства» (ОЕМС), являющуюся одной из форм системного управления всеми процессами на производстве. Направлений у данной системы несколько, перечислим лишь те, что касаются вопросов безопасности: безопасность персонала и активов компании, обеспечение безопасности на стадии проектирования и строительства, безопасность на производстве, контроль за изменениями, соблюдение подрядчиками требований безопасности

ТШО, расследование происшествий, управление в условиях чрезвычайных ситуаций, соблюдение норм законодательства и сотрудничество с государственными органами.

Программа «Основополагающие принципы эксплуатации» направлена, прежде всего, на обеспечение выполнения работ без травм и происшествий. Главной целью этой программы является внедрение определенных поведенческих стереотипов для защиты здоровья персонала, таких как, например, предварительное планирование работы, передача опыта безопасных приемов работы. Помимо этого в ТШО внедрена Программа Безопасного Поведения (ПБП) и Анализ степени опасности работ (АСОР), целью которых является обеспечение безопасности рабочего персонала на всех его объектах. Соответствующие отделы ведут постоянную работу по повышению общей культуры безопасного поведения: организованы специальные курсы, проводятся семинары и презентации, выпускаются бюллетени. Применение данных систем помогает ставить ТШО высокую планку в достижении показателей в промышленной безопасности и охране здоровья рабочего персонала.

ТОО «Тенгизшевройл» стремится в своей деятельности достичь нулевого показателя производственного травматизма.

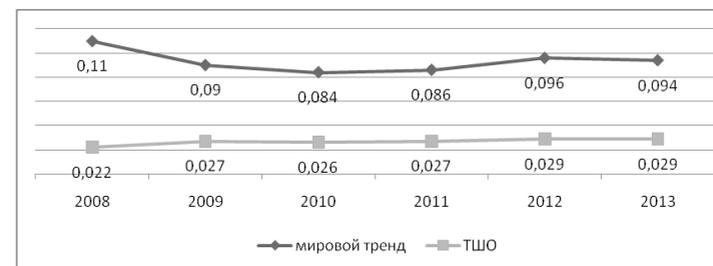


Рисунок 3 – Показатель производственного травматизма в мировой нефтяной отрасли и в ТШО за 2008-2013 гг. (на 200 тысяч человеко-часов)

Так, в 2013 году на производстве 19000 человек отработали в совокупности более 50 миллионов часов, при этом показатель по травматизму составил семь случаев происшествий с потерей рабочих дней. Эти показатели служат основой для анализа соответствующими службами по технике безопасности, которые в дальнейшем в своей работе включают их в приоритетные направления своей деятельности с целью недопущения повторения подобных инцидентов.

Следует отметить, что в состав предприятия, помимо самого нефтепромысла Тенгиз, входит нефтегазоперерабатывающий комплекс,

внешние объекты, обеспечивающие выполнение производственной программы, строительные-монтажные фирмы, объекты культурно-бытового назначения. Вся эта инфраструктура поддерживается соответствующей транспортной сетью. Примерно 1800 единиц техники ежедневно обслуживают различные объекты компании. При этом используется неэтилированный бензин, исключая выделение свинцовых соединений. На транспорте ТШО установлены системы спутникового мониторинга, звуковые сигналы которых предупреждают водителей о нарушении параметров безопасного режима движения.

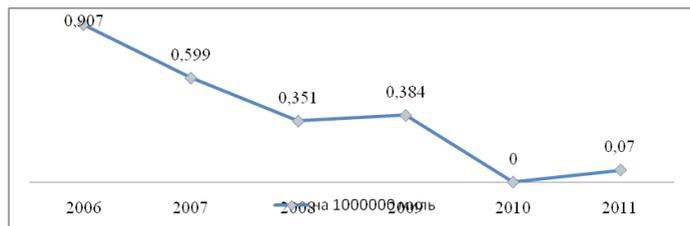


Рисунок 4 – Статистика ДТП в ТШО за 2006-2011 гг.

С целью профилактики дорожно - транспортных происшествий водители в обязательном порядке проходят обучение, маршруты планируются заблаговременно, ведется постоянное наблюдение. Показатель по дорожно-транспортным происшествиям является важным внешним критерием политики безопасности рабочего персонала и отражается во всех отчетах ТШО.

С применением данных систем сотрудники ТШО и работники подрядных организаций прилагают большие усилия в области решения задач по технике безопасности и оптимизации производства, благодаря чему ТШО обеспечивает надежные результаты в своей работе.

Заключение

На основании приведенных данных по технике безопасности и охране труда следует полагать, что на нефтегазовом месторождении Тенгиз используется сертифицированное и соответствующее международным требованиям оборудование. Важным приоритетом для ТОО «Тенгизшевройл» является охрана труда и здоровье сотрудников, так как вопросы охраны труда, техники безопасности и охраны окружающей среды на таком производстве как «Тенгизшевройл» тесно взаимосвязаны. ТШО постоянно проводятся мероприятия по обеспечению безопасности персонала, безаварийной работе производства и охране окружающей среды, целью которых является повышение эффективности производственной дисциплины для предотвращения смертельных случаев и обеспечение безопасности технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Экологический кодекс Республики Казахстан от 09.01.2007 г.
- 2 Официальный сайт ТОО «Тенгизшевройл» // <http://www.tengizchevroil.com>
- 3 Официальный сайт Ассоциации «KAZENERGY» // <http://www.kazenergy.com>
- 4 **Надилов, Н. К.** Нефтегазовый комплекс Казахстана // Нефть и газ. 2000. – №3. – С. 9-14.
- 5 **Надилов, Н. К., Головкин, А. К., Горбунова, Л. В., Камьянов, В. Ф., Огородников, В. Д.** Состав и структурные особенности компонентов разнотипных нефтей Западного Казахстана. – // Нефть и Газ, 2007. – №2. – с. 66-79.
- 6 Официальный сайт ИСО – Международная организация по стандартизации // <http://www.iso.org>
- 7 **Воронкова, Л. Б. Тароева, Е. Н.** Охрана труда в нефтехимической промышленности. – М. : ИЦ Академия, 2012. – с.3-5.
- 8 **Ахметов, С. Б.** Обеспечение промышленной безопасности при разработке нефтегазовых месторождений Северо-Восточного Каспия // Безопасность в промышленности, – 2010. – №2. – с. 2-3.

Материал поступил в редакцию 27.10.14.

Л. А. Лоскутова, А. Қ. Хаймулдинова, А. Қ. Жуламанов

ЖШС «Тенгизшевройл» қызметкерлерінің еңбек қорғауы мен қауіпсіздік техникасының сапалық жүйесі

Ш. Уәлиханов атындағы
Көкшетау мемлекеттік университеті.
Материал 27.10.14 баспаға түсті.

L. A. Loskutova, A. K. Hajmuldinova, A. K. Zhulamanov

«Tengizchevroil» LLP employees labour protection and safety measures quality system

Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau.
Material received on 27.10.14.

Осы мақалада ЖШС «Тенгизшевройл» қызметкерлерінің еңбек қорғауы мен қауіпсіздік техникасы саласындағы кейбір мәселелері, сонымен қатар, тыныс алу жабдықтары мен жеке қорғау құралдарын пайдалану туралы талдау берілді және олардың өнеркәсіптік қауіпсіздігінің халықаралық стандарттарына сәйкестігі туралы зерттеу жасалынды.

This article reviews the results of research on some questions of labor protection and safety measures of the «Tengizchevroil» LLP employees and labor protection and safety measures compliance with the standards of industrial safety in the world, including using personal protecting equipment and self-contained breathing equipment.

УДК 621.314.26

**Б. В. Лукутин¹, Е. Б. Шандарова², Е. Ж. Сарсикеев³,
Р. М. Мустафина⁴, А. П. Кислов⁵, В. П. Марковский⁶,
Б. К. Шапкенов⁷, А. М. Акаев⁸**

¹д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий», ²к.т.н., доцент кафедры электрических сетей и электротехники (ЭСиЭ), ³к.т.н., ст. преподаватель кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, ⁴к.т.н., профессор кафедры «Электротехники и автоматизации», ⁵к.т.н., профессор, декан, действительный член Международной академии информатизации, член – корреспондент Академии электротехнических наук РФ, ⁶к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», действительный член Международной академии информатизации, ⁷к.т.н., ассоциированный профессор, действительный член ВАН комплексной безопасности, кафедра «Электроэнергетика», ⁸докторант кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

СТАБИЛИЗАЦИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ МИКРОГЭС ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

Статья посвящена актуальности применения и повышения энергоэффективности микроГЭС со статическими преобразователями частоты.

Ключевые слова: энергоэффективность микроГЭС, статистические преобразователи частоты, электрохимический аккумулятор, системе электроснабжения.

Расширение масштабов и областей использования преобразовательной техники в электроэнергетике вообще и в возобновляемой энергетике в частности, актуализирует применение статических преобразователей частоты в микроГЭС. Очевидная структура такой машинно-вентильной системы представлена на рис. 1.

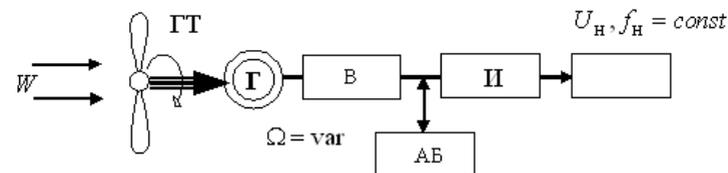


Рисунок 1 – МикроГЭС со статическим преобразователем частоты выпрямительно-инверторного типа

Принцип действия генерирующей системы заключается в преобразовании нестабильного по величине и частоте напряжения гидрогенератора с нерегулируемой турбиной в постоянный ток с помощью выпрямителя «В» с последующим инвертированием инвертором «И» в переменный ток стабильной частоты. Для оптимизации энергетического баланса системы возможно применение накопителей электрической энергии – чаще электрохимических аккумуляторов [1, 2].

Достоинствами такой микроГЭС являются высокое качество выходного напряжения, определяемое инвертором, и способность работы в условиях изменяющихся параметров рабочего потока воды.

Способность работы гидроагрегата микроГЭС в широком диапазоне частот вращения позволяет формировать рабочие режимы станции, обеспечивающие максимум генерируемой мощности в соответствии с текущим значением скорости (расхода) рабочего потока воды. Это обстоятельство выгодно отличает подобные микроГЭС от энергоустановок с автобалластной системой стабилизации, наиболее эффективных для гидроагрегатов с напорным трубопроводом.

Для формирования режимов работы гидрогенератора в максимуме мощности необходимо регулировать электрическую нагрузку станции в соответствии с текущими параметрами рабочего потока воды. Это требует разработки соответствующих регулирующих устройств и интеллектуальных систем управления.

Новые возможности повышения энергоэффективности микроГЭС с преобразованием частоты появляются в автономных системах электроснабжения. Автономная электрическая нагрузка, как правило, весьма неравномерно распределена по времени. Так, наиболее типичный объект для электроснабжения от микроГЭС – сельскохозяйственный поселок – характеризуется типовым графиком электропотребления в течение суток по сезонам года (см. таблицу 1). Данные приведены в относительных единицах относительно максимума, принятого за 1.

Таблица 1 – Типовой график активных нагрузок сельского потребителя

Часы	Мощность, о.е.			
	зима	весна	лето	осень
0-1	0,25	0,25	0,2	0,25
1-2	0,25	0,25	0,2	0,25
2-3	0,25	0,25	0,2	0,25
3-4	0,25	0,25	0,2	0,25
4-5	0,25	0,25	0,2	0,25
5-6	0,35	0,35	0,3	0,35
6-7	0,5	0,45	0,4	0,45
7-8	0,6	0,5	0,45	0,55
8-9	0,4	0,4	0,4	0,4
9-10	0,3	0,3	0,3	0,3
10-11	0,3	0,3	0,3	0,3
11-12	0,35	0,35	0,3	0,35
12-13	0,4	0,4	0,35	0,4
13-14	0,3	0,3	0,3	0,3
14-15	0,3	0,3	0,3	0,3
15-16	0,3	0,3	0,3	0,3
16-17	0,4	0,3	0,3	0,3
17-18	0,7	0,4	0,3	0,4
18-19	1	0,5	0,35	0,7
19-20	0,95	0,7	0,4	1
20-21	0,7	1	0,7	0,85
21-22	0,5	0,2	1	0,6
22-23	0,35	0,5	0,6	0,4
23-0	0,3	0,3	0,25	0,3
$P_{\text{ср}}$	0,45	0,38	0,36	0,38

Как следует из типовых графиков сельского электропотребителя, в среднем генерирующий энергоисточник, в рассматриваемом случае – микроГЭС, загружен на 36-45% в зависимости от сезона относительно максимума мощности, продолжительность которого составляет всего 1 час в сутки. Следовательно, при автобалластном способе регулирования, более половины производимой энергии микроГЭС будет рассеиваться на балластных нагрузках. При этом полезное использование установленной мощности гидрогенератора не превышает 4-5% рабочего времени.

Очевидно, что столь невысокие показатели использования установленной мощности энергетического оборудования существенно ухудшают технико-экономические характеристики микроГЭС.

С другой стороны, основную часть времени микроГЭС работает на комплексную нагрузку, около половины которой составляет вентильный автобалласт. Для этого режима характерны максимальные искажения формы кривой генерируемого напряжения. Точность стабилизации величины и частоты генерируемого напряжения при малых полезных нагрузках микроГЭС с фазорегулируемым автобалластом так же имеет худшие показатели по сравнению с режимами загрузки, близкими к номиналу.

Таким образом, интеграция микроГЭС с фазорегулируемым автобалластом в систему электроснабжения встречает определенные затруднения. Дискретный автобалласт способен лишь несколько улучшить качество генерируемого напряжения, не снимая проблем с использованием установленной мощности энергетического оборудования.

Гидроагрегат со статическим преобразователем частоты полностью снимает проблемы с качеством выходного напряжения и позволяет повысить коэффициент использования его установленной мощности. Это достигается использованием аккумуляторной батареи для покрытия пиковой нагрузки потребителя. Тогда величина установленной мощности гидрогенератора может выбираться исходя из средней величины его электрической нагрузки. Такая возможность, предположительно, позволит практически в два раза снизить установленную мощность гидрогенератора, а не пиковую мощность нагрузки, рассчитывая только преобразователь частоты.

Величина емкости аккумуляторной батареи должна выбираться исходя из баланса энергии: энергия расхода – энергия заряда с учетом КПД рациональных режимов работы аккумуляторов. Учитывая кратковременность пиковых нагрузок станции, можно прогнозировать относительно небольшие значения емкости аккумуляторной батареи.

Для определения рациональных параметров таких микроГЭС необходимы комплексные исследования для оптимизации их состава и режимов работы.

Состав микроГЭС и параметры ее энергетического оборудования должны определяться требованиями объекта электрификации, при условии оптимальности технических и экономических характеристик локальной системы электроснабжения.

Обеспечение рациональных режимов функционирования оборудования должно осуществляться по специальным алгоритмам, учитывающим логику взаимодействия блоков, составляющих микроГЭС, и обеспечивающим их надежную работу при максимальном сроке службы.

1 Лукутин, Б. В., Шандарова, Е. Б. Качество напряжения микрогидроэлектростанций с вентильной балластной нагрузкой [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №3. – С. 0. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/103-6326> [3734-2012]

2 Патент 2035821 Российская Федерация, МПК6 H02J15/00. Способ работы энергетической установки на возобновляемом источнике энергии в электроэнергетической системе / Жарков С. В.; заявитель и патентообладатель Сибирский энергетический институт СО РАН. – № 5026884/07; заявл. 01.07.1991; опубл. 20.05.1995, Бюл. № 24.

Материал поступил в редакцию 13.11.14.

Б. В. Лукутин¹, Е. Б. Шандарова¹, Е. Ж. Сарсикеев¹, Р. М. Мустафина²,
А. П. Кислов², В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. М. Акаев²

Статикалық жиілік түрлендіргіштерін қолдану есебінен микроГЭС шығу кернеуін тұрақтандыру

¹Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Томск қ., Ресей;
²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ..
Материал 13.11.14 баспаға түсті.

B. V. Lukutin¹, E. B. Shandarova¹, E. Zh. Sarsikeev¹, R. M. Mustafina²,
A. P. Kislov², V. P. Markovsky², B. K. Shapkenov², A. M. Akayev²

Output voltage regulation through the use of micro hydro static frequency converter

¹NR Tomsk Polytechnical University, Tomsk, Russia;
²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.11.14.

Мақала статикалық жиілік түрлендіргіштерімен микроГЭС энергетикалық тиімділігін арттыру және қолдану өзектілігіне арналған

The article is devoted to improving the energy efficiency and the use of micro hydro static frequency converters

О. Ю. Люлина¹, А. Х. Мусин²

¹студент, кафедра «Электрификации производства и быта», энергетический факультет, ²д.т.н., профессор, ФГБОУВПО «Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова», Россия, Алтайский край, г. Барнаул

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА КОНТАКТАХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Оцениваются потери электроэнергии на контактах автоматических выключателей 0.4 кВ. Показано, что данные потери могут достигать существенных значений.

Ключевые слова: энергосбережение, потери электроэнергии, сопротивление контактных систем, автоматические выключатели.

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший экономический показатель их работы. В процессе обследований, проводимых на предприятиях электрических сетей, оцениваются по установленной методике технические потери. Однако при этом не учитываются потери в контактных соединениях. Данную составляющую необходимо учитывать при обследовании электрических сетей, но узаконенной методики пока не существует.

Высокий уровень приоритетности энергосберегающей политики в современной России обусловлен рядом факторов. В частности, тем, что в некоторых отраслях промышленности доля суммарных энергозатрат в себестоимости отдельных видов продукции значительна и составляет более 50 %.

Данная статья посвящена оценке величины потерь электроэнергии на контактах автоматических выключателей. Пример такого выключателя приведен на рисунке 1, а его кинематическая схема – на рисунке 2.



Рисунок 1 – Автоматический выключатель

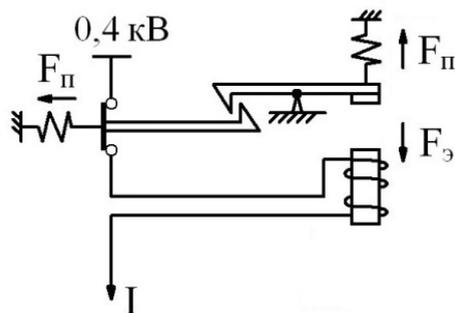


Рисунок 2 – Кинематическая схема автоматического выключателя

Понятие «электрический контакт» означает надежное соединение двух проводников, позволяющее проводить ток. Исследователей всегда интересовали процессы, которые происходят на поверхности контактирования при коммутации электрической цепи [1].

Наука об электрическом контакте основывается на изучении механических, химических, тепловых и электрических процессов, протекающих на соприкасающихся поверхностях. Механические свойства контактных материалов обуславливают в первую очередь структуру поверхностей и ее влияние на площадь контактирования. Химические свойства выражены тем, что на поверхности контактов могут образовываться окисные, сульфидные или другие защитные пленки. Тепловые и электрофизические процессы на контактах вызваны прохождением тока от одного вида проводника к другому и могут проявляться в виде различных эффектов (Ленца-Джоуля, Томсона, Пельтье, Колера и др.) [1].

Одной из главных характеристик металлических поверхностей является шероховатость. Независимо от способа изготовления на поверхности металлов всегда имеются неровности. Природа контакта двух твердых тел в значительной степени зависит от шероховатости соприкасающихся поверхностей, которые, прежде всего, коснутся друг друга в тех местах, где

микровыступ одной поверхности встретит соответствующий микровыступ другой. Интенсивное местное давление вызовет деформацию металла в этих микрообластях контактных точек. При дальнейшем сближении поверхностей площади контактных точек будут увеличиваться и создавать новые контактные пятна по мере соприкосновения других неровностей. Весь процесс происходит до тех пор, пока силы сопротивления смятию не сравняются с внешней приложенной силой. Но даже тогда, когда процесс закончен и уже произошла значительная деформация металла, большая часть соприкасающихся поверхностей все же отделена друг от друга расстояниями, во много раз превосходящими расстояния, на которых начинают действовать межатомные силы. Лишь небольшая площадка обеспечивает настоящий металлический контакт за счет имеющихся микронеровностей [1].

При размыкании контактов площадь поверхности соприкосновения начинает уменьшаться, вследствие чего плотность тока в области стягивания растет по мере расхождения контактов. Джоулево тепло, выделяющееся в этой области, столь быстро растет, что микронеровности успевают расплавиться и образовать между контактами жидкий металлический токопроводящий мостик. Под действием сил поверхностного натяжения мостик сначала имеет бочкообразную форму, которая, по мере расхождения контактов, превращается в гиперболоидальную с седловиной примерно в середине мостика. Эти формы мостика были рассмотрены Левелином Джонсоном при медленном разведении контактов. Джонс экспериментально подтвердил для многих металлов справедливость формулы Хольма, выведенной из закона Видемана – Франца – Лоренца [1]:

$$\alpha \cdot (T_p^2 - T_0^2) = \frac{U^2}{4}, \quad (1)$$

где T_p – температура мостика перед его разрушением, ° К ;

T_0 – температура противоположного конца контакта;

U – падение напряжения на мостике, В;

$\alpha = 2,4 \cdot 10^{-8}$ В/град² – постоянная Лоренца.

Этой формулой выражена зависимость между температурой и падением напряжения на каком-либо участке жидкого металла, в нашем случае на расплавленном мостике.

Известно, что электрическая износоустойчивость и работоспособность контактов аппаратов зависят от многих факторов: материала контактов; условий работы, в том числе, частоты циклов (включений – отключений), величин тока и напряжения; от параметров аппаратов, в том числе, скорости расхождения контактов при отключении, времени и амплитуды вибрации контактов при включении; среды, в которой происходит коммутация тока контактами и т.д. [3].

Автоматические выключатели должны длительно находиться в замкнутом состоянии при различных внешних условиях. Это обуславливает жесткие требования к стабильности и уровню переходного сопротивления контактного соединения. Из-за большой протяженности и разветвленности цеховых сетей низкого напряжения с множеством последовательных узлов с контактными соединениями доля сопротивлений последних в общем сопротивлении цеховой сети достаточно высока. Поэтому при определении потерь электроэнергии в цеховых сетях напряжением до 1000 В следует учитывать сопротивление контактных соединений автоматических выключателей [2].

Считается, что контактное сопротивление состоит из двух составляющих [1]:

$$R_k = R_T + R_{\Pi}, \quad (2)$$

где R_T – сопротивление тела контактов;

R_{Π} – переходное сопротивление мест контактирования.

Сопротивление R_{Π} в отличие от R_T имеет значительные вариации по абсолютной величине и способно вызвать неприятные явления, связанные с отказом контактов. Детальное исследование показывает, что переходное сопротивление, в свою очередь, состоит из двух составляющих:

$$R_{\Pi} = R_{\Pi\Pi} + R_c \quad (3)$$

где $R_{\Pi\Pi}$ – сопротивление поверхности пленок;

R_c – сопротивление стягивания.

Ранее указывалось, что поверхностные пленки, образующиеся на контактных поверхностях, могут препятствовать протеканию тока и тем самым определять величину $R_{\Pi\Pi}$.

Составляющая R_c вызвана тем, что соединенные встык контакты соприкасаются не по всей кажущейся поверхности, а лишь в отдельных точках.

Расчет сопротивления стягивания произведем на основе известного из теоретических основ электротехники положения о том, что связь между сопротивлением стягивания контакта R_c и емкостью C проводниковых элементов одинаковой конфигурации, образующих контакт, определяется соотношением [1]

$$R_c = \rho / 4\pi C, \quad (4)$$

где ρ – удельное сопротивление проводника.

При длинной области стягивания

$$C = f/\pi.$$

Тогда полное сопротивление стягивания двух контактирующих электродов

$$R_c = \frac{\rho}{2f} \quad (5)$$

Ниже приведены результаты расчета сопротивлений стягивания для некоторых типов автоматических выключателей по выражению (5).

Для автомата серии АЕ2040 на номинальный ток 63 А, для которого $f = 0,067$ мм, $\rho = 0,033$ мОм·мм, $R_c = 0,25$ мОм.

Для автомата серии ВА 57-35 на номинальный ток 250 А, для которого $f = 0,12$ мм, $\rho = 0,028$ мОм·мм, $R_c = 0,12$ мОм.

Для автомата серии ВА 57-39 на номинальный ток 400 А, для которого $f = 0,16$ мм, $\rho = 0,021$ мОм·мм, $R_c = 0,07$ мОм.

Таким образом, полученные результаты позволяют оценить величину сопротивления стягивания автоматических выключателей некоторых типов в общем сопротивлении контактных соединений аппарата. Так, например, для автоматического выключателя ВА 57-35 с $I_{ном} = 250$ А, сопротивление силовой цепи составляет 1,2 мОм, а сопротивление стягивания – 0,12 мОм [3].

Оценим зависимость величины потерь мощности автоматических выключателей от пропускаемой мощности через аппарат. Мощность, передаваемая одним полюсом автомата, определяется по выражению [1]

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi. \quad (6)$$

где U – напряжение сети, кВ;

I – ток, проходящий через автомат, А;

при неизвестном $\cos\varphi$ нагрузки будем использовать значение его, равное 0,8.

На основе характеристик для различных автоматических выключателей построим среднюю кривую зависимости потерь мощности в автоматических выключателях от пропускаемой мощности приведенную на рисунке 3.

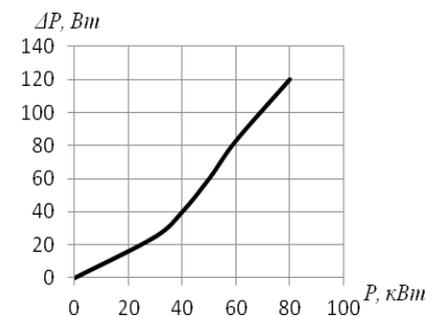


Рисунок 3 – Средняя кривая зависимости потерь мощности от пропускаемой мощности в автоматических выключателях

Таким образом, полученная зависимость показывает, что при пропускаемой мощности равной, к примеру, 50 кВт потери в активном сопротивлении автоматических выключателей составят около 60 Вт, что равнозначно мощности соответствующей лампы накаливания. Такие потери электроэнергии являются существенными, поэтому при разработке

энергосберегающих мер потери в автоматических выключателях необходимо учитывать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Хольм, Р. Электрические контакты [Текст] / Пер. с англ.: под ред. Д. Э. Брускина. – М.: Энергия, 1978. – 456 с.

2 Шевченко, В. В. Определение сопротивлений контактных соединений низковольтных коммутационных аппаратов [Текст] / В. В. Шевченко, Е. И. Грачева // Промышленная энергетика. – 2002. – №1. – С. 42 – 43.

3 Грачева, Е. И. Оценка величины потерь электроэнергии в низковольтных коммутационных аппаратах [Текст] / Е. И. Грачева // Проблемы энергетики. – 2009. – № 7–8. – С. 74–81.

Материал поступил в редакцию 05.12.14.

О. Ю. Люлина, А. Х. Мусин

Автоматтық ажыратқыштардың түйіспелерінде электрэнергия шығындарын ескеру қажеттілігі туралы

ЖКБФМББМ «И. И. Ползунов атындағы Алтай мемлекеттік техникалық университеті, Алтай өлкесі, Барнаул қ., Ресей.
Материал 05.12.14 баспаға түсті.

O. Yu. Lyulina, A. Kh. Mussina

The need to address the loss of electricity on contact breakers

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Altai region, Russia.
Material received on 05.12.14.

0.4 кВ автоматтық ажыратқыштардың түйіспелеріндегі электрэнергия шығындары бағаланады. Осы шығындар едәуір мәндерге жете алатыны көрсетілген.

The loss of power on the contacts of circuit breakers 0.4 kV is estimated. It is shown that these losses may be substantial.

УДК 621.31

А. Х. Мусин¹, А. А. Зарубин²

¹д.т.н., профессор, энергетический факультет, кафедра «Электрификация производства и быта», ²аспирант, ФГБОУВПО «Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова», г. Барнаул, Алтайский край, Россия

РЕЛЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ

Предлагается устройство реле сопротивления изоляции кабельных линий напряжением 6-10 кВ. Дано описание реле сопротивления изоляции, а так же результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: контроль изоляции, источник зондирующих сигналов, датчик сопротивления изоляции.

Одним из способов поддержания кабельных линий напряжением 6-10 кВ в работоспособном состоянии является непрерывный контроль их изоляции под рабочим напряжением. Одна из реализаций такого контроля описана в [1]. Идея способа состоит в наложении на контролируруемую электрическую сеть некоторого контрольного напряжения промышленной частоты от специального источника (источника зондирующих сигналов – ИЗС). Наложение осуществляется путем подключения ИЗС между нейтральной точкой электрической сети и землей (рисунок 1). Под действием наложенного напряжения U_0 через изоляцию электрической сети протекают токи утечки I_a, I_b, I_c . В [1] предлагается судить о состоянии изоляции по значениям токов утечки. Однако, при колебаниях наложенного напряжения U_0 будут изменяться и значения токов утечки, что не соответствует изменению состояния изоляции. Избежать этого недостатка можно, если судить о состоянии изоляции по его сопротивлению, то есть по отношению $U_0 / (I_a + I_b + I_c)$. Для этого авторами предлагается использовать реле сопротивления С, включив его в схему так, как показано на рисунке 1.

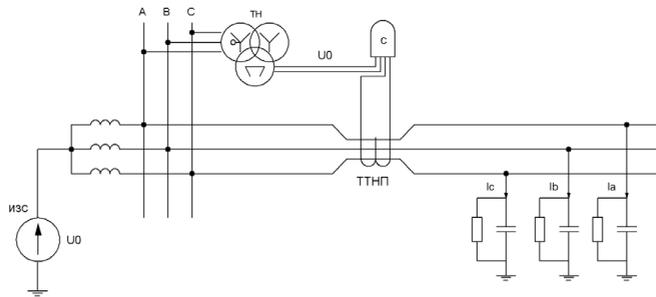


Рисунок 1 – Система непрерывного контроля изоляции

В технике релейной защиты применяются различные типы реле сопротивления с разными техническими характеристиками [2]. В нашем случае желательно иметь реле максимально простое, технологичное в изготовлении и наладке, способное работать в неотапливаемых помещениях.

Ниже описывается такое реле (рисунок 2).

Принцип действия всех разновидностей реле сопротивления основан на сравнении по абсолютному значению или по фазе двух векторов напряжений \dot{U}_I и \dot{U}_Π являющихся функциями тока и напряжения сети \dot{I}_p и \dot{U}_p . В общем случае:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_I &= k_1 \dot{U}_p + k_2 \dot{I}_p; \\ \dot{U}_I &= k_3 \dot{U}_p + k_4 \dot{I}_p. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Меняя коэффициенты k в выражениях (1), можно получать реле сопротивления с различными характеристиками.

Для дальнейшего исследования нами выбран магнитный способ сравнения напряжений \dot{U}_I и \dot{U}_Π .

Входными сигналами реле являются (рисунок 1) напряжение U_0 , накладываемое на сеть от ИЗС, вторым сигналом является ток утечки, подаваемый на реле от трансформатора тока нулевой последовательности ТТНП. Оба сигнала выпрямляются (рисунок 2) диодными мостами VDS1 и VDS2 и подаются на катушки L1, L2 геркона S. Как видно из рисунка 2, отличительной особенностью данного реле является использование в качестве нуль-индикатора геркона S.

В общем случае в качестве нуль-индикатора могут быть использованы:

- электронные схемы;
- герконы;
- поляризованное реле и другие.

Все они обладают теми или иными недостатками.

Как указано выше, в качестве нуль-индикатора авторами рассматривается вариант применения геркона, реагирующего на разность магнитных потоков катушек L1 и L2 (рисунок 2).

Для проверки работоспособности реле сопротивления были проведены исследования на физической модели, реализованной по схеме на рисунке 2.

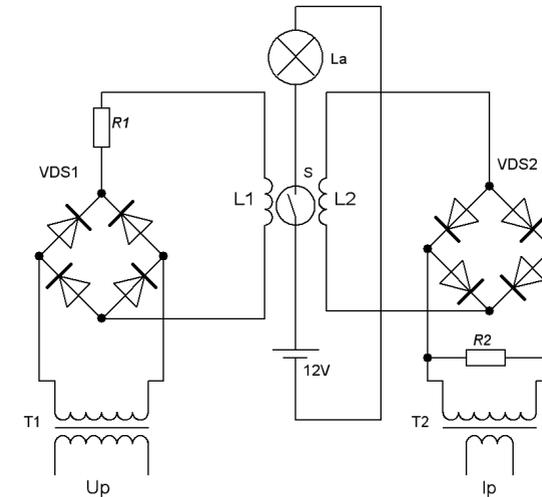


Рисунок 2 – Реле сопротивления изоляции

Входное напряжение датчика U_p подавалось от автотрансформатора ЛАТР-1М. Входной ток I_p подавался от устройства проверки релейной защиты УПЗ. В выпрямителях использованы диоды: Д-215А (VDS1), Д-242 (VDS2). Тип использованного геркона: КЭМ-2 гр.В (МДС срабатывания 32-64 А). Для обозначения факта срабатывания геркона, через него была подключена лампа накаливания 12 В, питание которой осуществлялось от источника постоянного напряжения 12 В. Сопротивления резисторов R1 и R2 равны по 1 Ом. Измерения тока и напряжения осуществлялось измерительным прибором Ц4360. Количество витков обмоток L1 и L2 принято по 10 штук.

Нами экспериментально установлена величина тока, необходимая для срабатывания геркона, равная 4,5А, что соответствует напряженности магнитного поля, воздействующего на геркон $4,5 \text{ А} \cdot 10 \text{ вит} = 45 \text{ А} \cdot \text{вит}$.

При значениях токов I_1 и I_2 , протекающим по катушкам L1 и L2, соответственно, по 4,5А геркон разомкнут (что фиксировалось погасанием лампы La). При увеличении тока I_1 до значения 6А лампа загоралась вновь, т.е. геркон замыкался.

Таким образом, геркон размыкался при токах $I_1=I_2=4,5A$; чему соответствует $U_p=4,5B$. Отсюда следует, что сопротивление срабатывания испытуемой схемы равно: $Z_{ср}=U_p/I_p=4,5B/4,5A=1\text{Ом}$.

Описанный опыт повторялся при других значениях U_p и I_p . Например, для $U_p=10B$ и $I_p=10A$ получено также сопротивление срабатывания: $Z_{ср}=U_p/I_p=10B/10A=1\text{Ом}$.

Таким образом, описанная выше схема может быть использована как реле сопротивления с уставкой 1Ом .

Изменяя соотношения витков обмоток L_1 и L_2 можно изменить величину сопротивления срабатывания $Z_{ср}$. Например, при увеличении количества витков обмоток геркона с 10 до 20 штук, получено экспериментально: $Z_{ср}=U_p/I_p=10B/5A=2\text{Ом}$.

Таким образом, подтверждена работоспособность предлагаемого реле сопротивления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Мусин, А. Х., Мусин, М. А.** Способ контроля изоляции в трёхфазной электрической сети с изолированной нейтралью. – Патент на изобретение №2125271. Россия, 20.01.99 г.

2 **Чернобровов, Н. В.** Релейная защита [Текст]: учебное пособие для техникумов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1971. – 624 с. с ил.

3 **Мусин, А. Х.** Системы электроснабжения городов: технология ресурсосберегающего обслуживания по реальной потребности. Научно-производственное издание /Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1999.

Материал поступил в редакцию 12.11.14.

A. X. Mussin, A. A. Zarubin

Кернеуі 6-10 кВ кабельдік желілердің оқшауламасын үзіліссіз бақылау жүйелеіне арналған кедергі релесі

ЖКБФМБМ «И. И. Ползунов атындағы Алтай мемлекеттік техникалық университеті», Барнаул қ., Алтай өлкесі, Ресей.

Материал 12.11.14 баспаға түсті.

A. Kh. Mussin, A. A. Zarubin

Relay resistance for continuous insulation monitoring of the cable lines 6-10 kV

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Altai region, Russia.

Material received on 12.11.14.

Кернеуі 6-10 кВ кабельдік желілер оқшауламасының кедергі релесінің құрылысы ұсынылады. Оқшауламаның кедергі релесінің суреттелуі, сондай-ақ эксперименталдық зерттеулерінің нәтижелері берілген.

Provided a device relay insulation resistance of cable lines 6-10 kV. The description of the relay insulation resistance, as well as experimental results is given.

УДК 621.316

К. И. Никитин¹, Д. А. Поляков², А. П. Кислов³

¹д.т.н., заведующий кафедрой «Теоретическая и общая электротехника», ²ассистент, кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, Омск, ³к.т.н., профессор, декан энергетического факультета, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

РАСЧЕТ СРОКА СЛУЖБЫ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Проведен расчет срока службы полиэтиленовой изоляции высоковольтного электрооборудования в условиях эксплуатации на основе разработанной модели ее старения в электрическом поле. В основу модели положен анализ молекулярных структур и свойств полиэтиленовой изоляции с учетом факторов, влияющих на нее. Для моделирования процессов, происходящих при старении изоляции был взят ее срез размером 100x100 молекул (СН₂), в котором был смоделирован пробой изоляции при накоплении усталостных явлений при микроразрушении этих молекул под воздействием электрического поля. Исходя из данных, полученных в ходе моделирования, был произведен расчет среднего срока службы изоляции. Расчетные теоретические результаты близки к реальным срокам службы изоляции высоковольтного электрооборудования в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: изоляция электроустановки, электрическое поле, моделирование, эксплуатация, полиэтилен.

Актуальность. Все электротехнические установки содержат проводник и изоляционные материалы. Одним из распространенных материалов является полиэтилен с различными модификациями. Исследование природы

его разрушения под воздействием электрического поля, определение срока службы является актуальной задачей, так как от этого зависит надежность работы всей электроустановки. Знание процесса старения изоляции поможет разработать и использовать защиту, которая будет определять остаточный ресурс изоляции электроустановки [1, 2, 3].

Модель процесса старения изоляции. Ухудшение изоляционных свойств происходит по известным причинам: температура, электрическое и магнитное поля, механическое воздействие, световое (в большей степени ультрафиолетовое) воздействие, естественная радиация, влажность и некоторые другие факторы.

Зависимость температурного воздействия на скорость химических реакций описана известным законом Аррениуса:

$$K_t = K \cdot e^{\frac{-W_a}{kT}} \quad (1)$$

где K_t – средняя вероятность распада одной молекулы в единицу времени, определяющая скорость химических реакций, K – постоянная, зависящая от структуры веществ, вступающих в реакцию; W_a – энергия активации; k – постоянная Больцмана.

Пользуясь методом аналогий, можно предположить, что и другие факторы воздействия могут иметь подобный закон ухудшения изоляционных свойств материалов. Причины старения в полиэтиленовой изоляции неизбежны по временным параметрам и по технологическим. К таким дефектам относятся микроразмерные воздушные полости, посторонние включения, трещины и др. Они появляются в изоляции в процессе ее изготовления или прокладки и функционирования кабелей вследствие, например, периодических сжатий и расширений материала в режимах нагрузки. Эти микропустоты заполнены газом из-за возникновения водяного пара и наличия летучих продуктов в производственных процессах сшивки и экструзии изоляции. [4]

Приведем частный случай процесса старения изоляции в электрическом поле (ЭП) высокой напряженности. Под действием ЭП старение происходит за счет развития в изоляции частичных разрядов. [5] Периодически повторяющиеся частичные разряды разрушают изоляцию путем появления в ней микротрещин, что приводит в итоге к ее пробое.

Для определения степени ухудшения изоляции, ведущей в последствии к его пробое, найдем закон распределения появления дефектов в диэлектрике на примере насыщенного полимера - полиэтилена. В химической формуле полиэтилена, представленной на рис. 1, при пробое разрушаются связи атома углерода с соседними атомами углерода и образуются свободные атомы водорода, которые могут стать причиной возникновения микровкраплений пузырьков. [6]

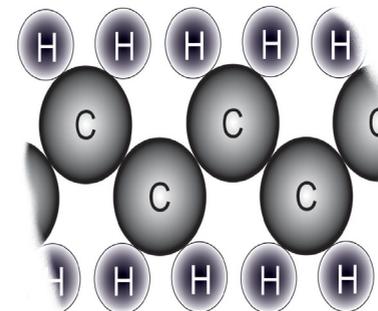


Рисунок 1 – Молекула полиэтилена

Образующийся несвязанный водород выбивается в качестве положительно заряженного иона H^+ , который, в свою очередь, способствует ионизации и дальнейшему разрушению молекулярной структуры полиэтилена в целом и, впоследствии, захватывая свободный электрон становится нейтральным, а углерод становится проводящей микрочастицей. При этом соседние атомы углерода сохраняют связи между собой.

Кроме того, возможен вариант, когда свободный водород образует связи с соседним атомом углерода в неразрушенных молекулах и образует концевые группы. При разрушении такой связи под воздействием электрического поля образуется свободный водород и концевая группа с соседним атомом углерода. Упрощенная модель изоляции из полиэтилена как срез размерами 100×100 молекул CH_2 , в которых может произойти пробой под воздействием электрического поля изображена на рисунке 2. Квадрат (100×100) удобно взять за основу, как систему координат, где координаты пробоя определяются случайно.

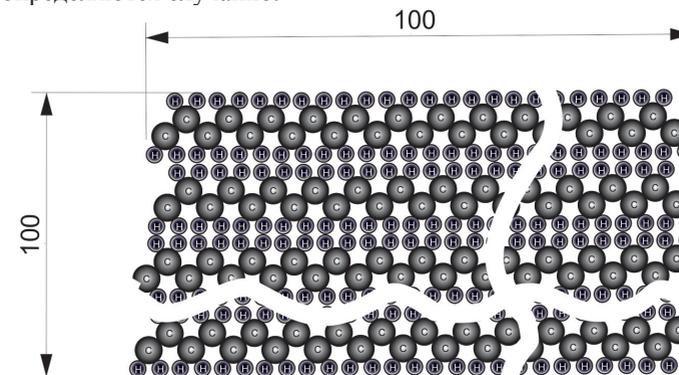


Рисунок 2 – Модель изоляции в виде среза 100×100 молекул CH_2

Электрическая прочность полиэтилена составляет 45...60 кВ/мм [7]. Толщина изоляции жилы кабелей с рабочим напряжением 10 кВ составляет 5,5 мм. Однако для проверки таких кабелей используют повышенное напряжение 25 кВ. Тогда на 1 мм толщины изоляции кабеля приходится напряжение $25/5,5 = 4,55$ кВ/мм. Следовательно, необходимо пробить $(4,55/45) \cdot 100\% = 10\%$ клеток, что при размере 100×100 составляет $100 \cdot 0,1 \approx 10$ клеток.

Для сбора статистических данных по пробую изоляции была написана программа, в которой с использованием случайной функции $\text{random}(x,y)$ были получены различные комбинации координат, записывалась статистика количества выпавших до пробоя координат. Полученный график (рис. 3) показывает, что пробой указанного участка изоляции происходит по нормальному закону распределения.

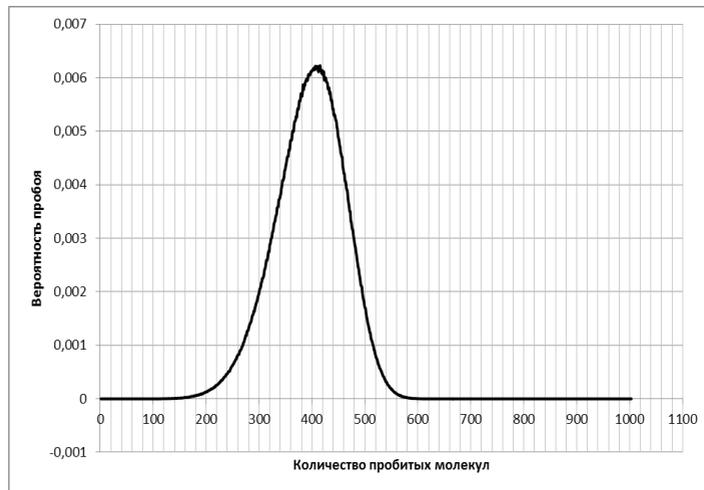


Рисунок 3 – График зависимости вероятности пробоя участка изоляции от количества пробитых молекул CH_2

По результатам полученной зависимости, основная часть пробоев изоляции приходится в промежутке от 300 до 500 пробитых молекул. Для расчета примем среднее значение в 400 молекул. Размер поля для расчета составляет 100×100 клеток, то есть всего на поле 10 000 молекул. Таким образом, для пробоя изоляции достаточно пробить 4 % молекул, при условии, что при каждом частичном разряде будет пробиваться только одна молекула, когда в действительности за один частичный разряд может пробиться большее количество молекул. В связи с этим, примем, что для полного пробоя изоляции необходимо пробить 1 % молекул.

Рассчитаем количество молекул в квадрате со стороной 5,5 мм полиэтилена, что составляет $30,25 \text{ мм}^2$. Размеры молекулы этилена составляют $0,2534 \text{ нм}$. Расстояние между молекулами CH_2 $l = 0,2534/2 = 0,1267 \text{ нм}$ [7], следовательно, количество молекул CH_2 в 5,5 мм можно рассчитать по формуле:

$$n = \frac{h}{l} = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{0,1267 \cdot 10^{-9}} = 4,34 \cdot 10^7$$

где h – толщина полиэтиленовой изоляции, l – длина связей между молекулами CH_2 .

Найдем количество молекул CH_2 в $30,25 \text{ мм}^2$.

$$m = n^2 = (4,34 \cdot 10^7)^2 = 1,88 \cdot 10^{15}$$

Зная количество молекул (CH_2) в $30,25 \text{ мм}^2$ и принимая, что для полного пробоя изоляции необходимо пробить 1 % клеток, получаем, что в среднем нужно пробить $1,88 \cdot 10^{13}$ молекул.

Согласно [9], появление частичных разрядов во многом зависит от фазового угла напряжения, особенно при возрастании напряжения от 0 до амплитудного значения, причем независимо от полярности. Частота сигналов частичных разрядов лежит в диапазоне 30-40 кГц [10]. Однако сигналы частичных разрядов представляют собой не непрерывный сигнал, а кратковременные всплески тока. Исходя из этого, для расчета срока службы изоляции примем среднюю частоту появления частичных разрядов за все время эксплуатации электрооборудования в размере 8 кГц.

Средний срок службы изоляции можно рассчитать по формуле:

$$T = \frac{m_{cp}}{f \cdot t_1 \cdot t_2} = \frac{1,88 \cdot 10^{13}}{8 \cdot 10^3 \cdot 3600 \cdot 8760} = 74,5 \text{ года}$$

где m_{cp} – среднее количество молекул полиэтилена, которое нужно пробить, для того чтобы изоляция вышла из строя, t_1 – количество часов в году, t_2 – количество секунд в одном часе, f – средняя частота появления частичных разрядов.

Выводы. Расчетные данные близки к реальным эксплуатационным срокам службы изоляции высоковольтного оборудования. Поэтому данная модель может быть использована для расчета остаточного ресурса службы и проведения последующих исследований с учетом внешних и внутренних факторов, влияющих на изоляцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Никитин, К. И. Опережающий автоматический ввод резерва собственных нужд электрических станций и подстанций / В. Н. Горюнов,

К. И. Никитин, М. М. Сарычев // Омский научный вестник. – 2011. – № 3 (103). – С. 211-213.

2 **Никитин, К. И.** Возможные направления совершенствования релейной защиты / К. И. Никитин, О. А. Сидоров, А. А. Вырва, М. М. Сарычев // Омский научный вестник. – 2009. – № 1 (77). – С. 130-133.

3 **Никитин, К. И.** Принципы построения, алгоритмы и модели токовых защит электроэнергетических систем: Монография. – Омск : ОмГТУ, 2012. – 240 с. : ил. – ISBN 978-5-8149-1260-2.

4 **Кучерявая, И. Н.** Численное исследование распределения электрического и температурного поля в полиэтиленовой изоляции силового кабеля с микровключением // Труды Института электродинамики НАН Украины Вып. 31. – Киев, 2012. – С. 30-36.

5 **Кучинский, Г. С.** Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. // Изд. «Энергия», 1979.

6 **Тютнев, А. П.** Подвижность избыточных носителей заряда в полиэтилене низкой плотности / А. П. Тютнев, В. С. Саенко, Ю. Ф. Кундина, Е. Д. Пожидаев, А. В. Ванников // Химическая физика. – 2002. – Т. 21, № 7. – С. 30-40.

7 Справочник по электротехническим материалам под ред. Корицкого и др. // Л., «Энергия», 1976.

8 **Конкин, А. А., Зверев, М. П.** Полиолефиновые волокна. // Изд. «Химия». – М., 1966.

9 **A. S. Deshpande, H. A. Mangalvedekar, A. N. Cheeran** Partial discharge analysis using energy patterns // Electrical Power and Energy Systems 53 (2013) 184–195.

10 Hung-Cheng Chen, Feng-Chang Gu, Meng-Hui Wang A novel extension neural network based partial discharge pattern recognition method for high-voltage power apparatus // Expert Systems with Applications 39 (2012) 3423–3431.

Материал поступил в редакцию 06.11.14.

К. И. Никитин¹, Д. А. Поляков¹, А. П. Кислов²

Электрқондырғы оқшауламасының қызмет ету мерзімін есептеу

¹ЖКБФМББМ «Омбы мемлекеттік техникалық университеті», Омбы, Ресей;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 06.11.14 баспаға түсті.

К. I. Nikitin¹, D. A. Polyakov¹, A. P. Kislov²

Calculation of electrical insulation lifetime

¹Omsk State Technical University, Omsk, Russia;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 06.11.14.

Электрлік алдағы оның ескеруінің құрастырылған моделінің негізінде пайдалану жағдайындағы жоғары вольтты электроқұрылғыны полиэтиленді ажыратудың қызмет мерзімін есептеу жүргізілген. Модель негізіне әсер ететін факторларды есептегендегі полиэтиленді ажыраудың қасиеттері және молекулалық құрылым сараптауы салынған. Зертеу барысындағы теоретикалық есептеу нәтижесі жоғары вольтты электроқұрылғының пайдалану жағдайындағы ажырату қызметінің шанайы мерзіміне жақын болып келді.

*The calculation was made of the operation life of the high-voltage electric polyethylene insulation on the basis of the developed model of its aging in an electric field. The model is based on the analysis of molecular structures and properties of polyethylene insulation, taking into account the factors affecting it. For the simulation of the processes during the insulation aging its slice of 100*100 molecules (CH₂) was taken. There was modeled an insulation breakdown in the accumulation of fatigue phenomena in micro fracture of these molecules under the electric field influence. Based on the data collected during the simulation was calculated an average life of the insulation. The calculated theoretical results are close to the actual life of the insulation of high-voltage electrical equipment in operation.*

А. Н. Новожилов¹, Н. А. Исупова²

¹д.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», ²докторант, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Предложен способ диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя с датчиком в виде индукционного преобразователя.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, эксцентриситет, диагностика, индукционный преобразователь.

В электроэнергетике и на промышленном производстве в качестве электропривода чаще всего используются асинхронные двигатели (АД) [1]. Как известно около половины из них длительное время работают со статическим эксцентриситетом ротора [2]. Обычно смещение их ротора на величину равную 80% воздушного зазора не приводит к немедленному выводу АД из строя, но сопровождается перерасходом электроэнергии. В результате чего стоимость потерь электроэнергии за год становится соизмеримой со стоимостью этого двигателя [3].

Если при эксцентриситете ротор задевает за статор, то происходит разогрев их сердечников. В результате в статоре выгорают пазовые клинья, происходит ускоренное старение изоляции обмотки статора, а затем возникает однофазное замыкание или междуфазное короткое замыкание. При значительном разогреве сердечника литая обмотка ротора расплавляется, а паянная распаивается. Большая часть этих повреждений приводит к дорогостоящему ремонту, а иногда к полному выводу АД из строя. Диагностирование эксцентриситета ротора на ранних стадиях возникновения без остановки АД позволяет ограничиться только заменой подшипников или регулировкой воздушного зазора [4,5].

Таким образом, своевременное выявление эксцентриситета ротора чрезвычайно важно. Однако в настоящее время простых и надежных способов решения этой проблемы нет [6]. Очевидно поэтому, международный совет по большим электрическим системам считает, что работы по созданию таких систем актуальны [7]. В настоящей работе эту проблему предлагается решить следующим образом.

Известно, что токи в обмотках статора и ротора создают не только основное магнитное поле, но и поля рассеяния внутри и снаружи АД. Эксцентриситет ротора приводит к появлению в них дополнительных гармонических. Однако выделить эти гармонические достаточно сложно из-за появления в АД аналогичных, вызванных колебаниями нагрузки АД и параметров питающей сети [8]. От колебаний нагрузки можно отстроиться, если измерять параметры магнитного поля рассеяния в режиме холостого хода. Избавиться от влияния колебаний параметров сети можно следующим образом [9]. Измеренный сигнал преобразуется в однополярный, а затем из него удаляется постоянная составляющая величиной $U_{оп}$ и выделяются гармонические составляющие с частотами $f_v = 2f_c (v \pm 1/p)$. По среднеквадратической величине этих составляющих судят о наличии и величине эксцентриситета ротора.

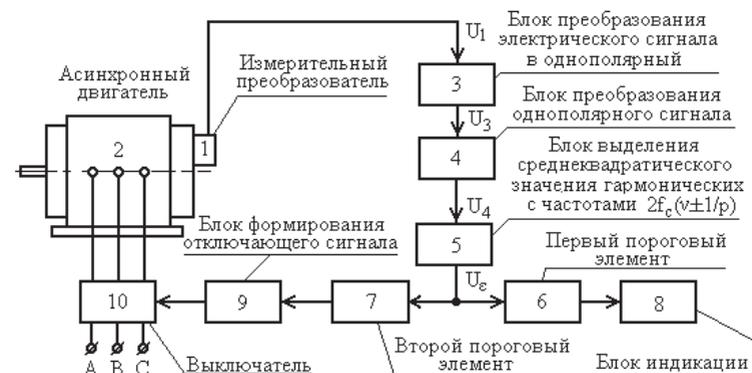


Рисунок 1 – Блок-схема для реализации способа диагностики эксцентриситета ротора АД

На рисунке 1 приведена блок-схема устройства, реализующего предлагаемый способ, где измерительный преобразователь 1 устанавливается на внутренней или внешней поверхности АД 2. Его выводы подключаются к входу блока 3 преобразования электрического сигнала в однополярный. В свою очередь выход блока 3 через блок 4 преобразования однополярного сигнала и блок 5 выделения среднеквадратического значения гармонических с частотами $f_v = 2f_c (v \pm 1/p)$ присоединяется к входам первого 6 и второго 7 пороговых элементов, где v – номер гармоники сети. При этом выход первого порогового элемента подключается к блоку индикации 8, а второго – через блок 9 формирования отключающего сигнала к цепи отключения выключателя 10.

Измерительный преобразователь представляет собой катушку индуктивности, а блок 3 двухполупериодный выпрямитель. Блок 4 имеет источник опорного напряжения $U_{оп}$ и уменьшает поступающий на его вход сигнал на эту величину. Блок 5 является фильтром с частотами пропускания $f_v = 2f_c (v \pm 1/p)$ и определителем их среднеквадратического значения. Пороговые элементы 6 и 7 могут выполняться в виде реле с фиксированным порогом срабатывания, причем у первого порогового элемента порог срабатывания ниже. Блок 8 представляет собой несколько светодиодов, который начинает светиться при наличии эксцентриситета ротора и при достижении им предельной величины опасной для дальнейшей эксплуатации АД. Блок 9 выполняется в виде промежуточного реле, которое срабатывает при появлении сигнала со второго порогового элемента 7.

На рисунках 2 и 3 приведены осциллограммы напряжений U_1 , U_3 и U_4 на выходе преобразователя 1, а также блоков 3 и 4 неповрежденного АД с числом пар полюсов $p=3$ и с эксцентриситетом ротора и с двухполупериодным преобразованием сигнала. Кроме того, на этих же рисунках приведена зависимость $U_v(f_v)$ в виде спектра гармонических напряжения U_v .

Устройство диагностики работает следующим образом. Магнитное поле работающего на холостом ходу АД индуцирует в измерительном преобразователе ЭДС, и на его выходе появляется напряжение U_1 . Это напряжение выпрямляется в блоке 3, а в блоке 4 из нее убирается постоянная составляющая величиной $U_{оп}$. Из полученного сигнала выделяются гармонические составляющие напряжения $U_{(v \pm 1/p)}$ с частотами $2f_c(v \pm 1/p)$, а затем вычисляется их среднеквадратическое значение в виде

$$U_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum U_{(v \pm 1/p)}^2}{v}}.$$

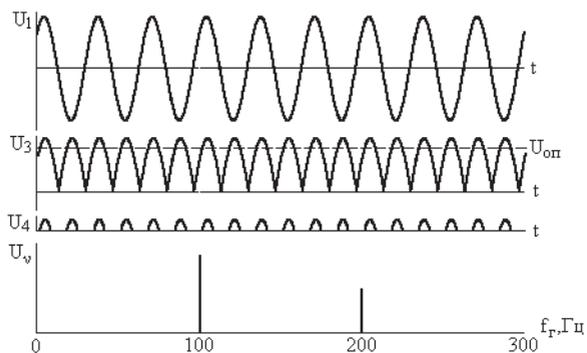


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжения и спектра гармонических сигнала неповрежденного АД

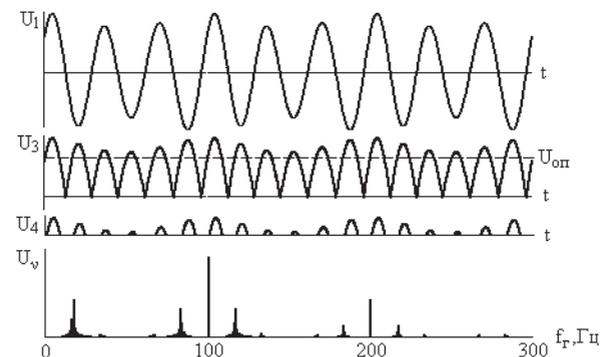


Рисунок 3 – Осциллограммы напряжения и спектра гармонических сигнала АД при эксцентриситете ротора

Если эксцентриситет ротора в АД отсутствует, то при включении его в сеть среднеквадратическое значение гармонических с частотами $2f_c(v \pm 1/p)$ на выходе блоков 4 и 5 также будет отсутствовать. Поэтому сигнала не будет и на выходах первого и второго пороговых элементов 6 и 7, а также на выходе блоков 8 и 9 блока индикации и формирования отключающего сигнала. Машина остается в работе, а блок индикации указывает на нормальный режим работы.

При появлении эксцентриситета ротора в работающем АД в однополярном сигнале появятся гармонические с частотами $2f_c(v \pm 1/p)$. И если их среднеквадратическое значение превысит порог срабатывания первого порогового элемента 6, то на блоке индикации 8 появится сигнал о наличии эксцентриситета ротора. При этом машина остается в работе.

Если в однополярном сигнале среднеквадратическое значение этих гармонических превысит порог срабатывания второго порогового элемента, то блок 9 сформирует отключающий сигнал и выключатель 10 отключит АД от сети.

Пороги срабатывания блоков 6 и 7 определяются по рисунку 4 следующим образом. Первоначально строится зависимость $U_\varepsilon = f(\varepsilon)$. Достаточно точно для любого АД ее можно получить на заводе - изготовителе экспериментальным путем. Для крупных АД со сварным корпусом и подвижными опорами ротора ее можно построить по данным непосредственно на месте использования, получаемых путем смещения одной из опор. Менее точны, но более удобны в получении результаты моделирования зависимости $I_\varepsilon = f(\varepsilon)$, осуществляемые по методам [10-12].

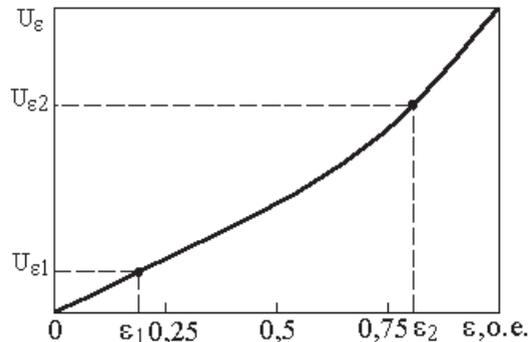


Рисунок 4 – Критерии для оценки величины эксцентриситета ротора

В качестве порога срабатывания первого порогового элемента используется величина $U_{\varepsilon 1}$, которую определяют по значению технологического эксцентриситета ε_T [2]. Под технологическим эксцентриситетом понимается тот эксцентриситет, который АД получает в процессе изготовления. Его величина зависит от точности изготовления и установки статоров, роторов и подшипниковых щитов на заводе изготовителе. В общем случае для АД с небольшим зазором [2] можно принять $\varepsilon_T = 0,1$. В этом случае

$$\varepsilon_1 = k_H \varepsilon_T,$$

где k_H - коэффициент надежности, который можно принять равным 1,2-1,3.

В качестве порога срабатывания второго порогового элемента используется величина $U_{\varepsilon 2}$. Она определена величиной эксцентриситета ротора

$$\varepsilon_2 = (1 - \varepsilon_1),$$

так как после такого смещения резко возрастает вероятность задевания ротора за статор с тяжелыми последствиями для АД из-за наличия вибраций и прогиба вала.

Текущая величина эксцентриситета ε определяется по зависимости $U_\varepsilon = f(\varepsilon)$ и величине U_ε , получаемой на выходе блока 5.

Выводы.

1. Наиболее перспективным в диагностике эксцентриситета ротора следует считать то направление, в котором в качестве источника информации используется магнитное поле рассеяния внутри или снаружи АД, в качестве измерительного преобразователя используется катушка индуктивности, а в качестве диагностирующего признака – гармонические с частотами $2f_c(v \pm 1/p)$, где f_c – частота основной гармонической сети; p – число полюсов машины переменного тока; v – номер гармоники сети.

2. Значительно повысить надежность диагностирования эксцентриситета ротора можно, если измеренный сигнал преобразовать в однополярный, вычесть из него постоянную составляющую заданной величины и из полученного сигнала выделить информационный параметр

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Иванов-Смоленский, А. В.** Электрические машины. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.
- 2 **Ермолин, Н. П., Жерихин, И. П.** Надежность электрических машин. – Л. : Энергия, 1976. – 247 с.
- 3 **Новожилов, А. Н., Исупова, Н. А.** Потери электроэнергии от технологического эксцентриситета ротора асинхронных двигателей // Вестник ПГУ. – 2010. – №3. – С. 64-68.
- 4 **Корогодский, В. И., Кужеков, С. П., Паперно, Л. Б.** Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1000 В. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.
- 5 **Гемке, Р. Г.** Неисправности электрических машин. – Л. : Энергия, 1975. – 296 с.
- 6 **Новожилов, А. Н., Полищук, В. И., Исупова, Н. А.** Обзор способов диагностики эксцентриситета ротора машин переменного тока // Изв. вузов. Электромеханика. – 2011. – № 6. – С. 26-29.
- 7 **Дьяконов, А. Ф., Ишкин, В. Х., Мамиконянц, Л. Г.** Электроэнергетика мира – состояние, проблемы (по материалам 38-й сессии СИГРЭ, Париж). – Энергетика за рубежом, 2001, вып. 5-6.
- 8 **Новожилов, А. Н., Крюкова, Е. В., Новожилов, Т. А.** Способ диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Электротехника. – 2014. – № 7. – С. 40-44.
- 9 Инновационный патент РК. №24411, МПК G01R 31/00, H01N 71/00. Способ защиты от эксцентриситета ротора электрической машины переменного тока [Текст] /Новожилов А. Н., Исупова Н. А. Заявитель и патентообладатель Павлодарский государственный университет им. С. Торагырова (KZ). – № 2010/1006.1; заявл. 06.08.2010 ; опубл. 15.08.2011, Бюл. № 8. – 5 с. : ил
- 10 **Геллер, Б., Гамата, В.** Высшие гармоники в асинхронных машинах. – М. : Энергия, 1981. – 351 с.
- 11 **Клецель, М. Я., Мануковский, А. В., Новожилов, А. Н.** Защита асинхронного двигателя от эксцентриситета ротора //Электричество. – 2006. – №7. – С. 63-67.
- 12 **Новожилов, А. Н.** Токи асинхронного двигателя при статическом эксцентриситете // Электротехника. – 1994. – №11. – С. 45-47.

13 Ермолин, Н. П., Жерихин, И. П. Надежность электрических машин.
– Л. : Энергия, 1976. – 247 с.

Материал поступил в редакцию 13.10.14.

A. N. Novozhilov, N. A. Isupova

**Асинхронды қозғағыш роторының эксцентриситетінің
диагностикалау тәсілі**

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 13.10.14 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov, N. A. Isupova

Way of diagnostics of eccentricity of a rotor of the asynchronous engine
S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 13.10.14.

*Асинхронды қозғағыштың роторының эксцентриситетін
диагностикалау индукциялық түрлендіргіш түріндегі бергішпен
ұсынылған.*

*The way of diagnostics of eccentricity of a rotor of the asynchronous
engine with the sensor in the form of the induction converter is offered.*

УДК 621.313

А. Н. Новожилов¹, А. О. Потапенко²

¹д.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», ²докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОКОВ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ «БЕЛИЧЬЕЙ КЛЕТКИ»

В статье представлен новый метод моделирования режима работы асинхронного двигателя с поврежденной «беличьей клеткой» на основе «лестничных схем», который позволяет получать токи в ее элементах не только при обрыве стержня, но и при разрыве короткозамыкающего кольца.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, «беличья клетка», обрыв стержней, повреждение колец, метод математического моделирования.

В промышленности и электроэнергетике Казахстана в качестве электропривода практически всегда используют асинхронный двигатель (АД). Одним из основных его отказов является повреждение «беличьей клетки». Оно не приводит к немедленному выходу АД из строя, но сопровождается значительным перерасходом электроэнергии. Для построения системы диагностики от этого повреждения необходимо знать токи в элементах «беличьей клетки». Однако известные методы [1,2] определения этих токов не дают возможности определять их при разрывах короткозамкнутого кольца. Эту проблему предлагается решать следующим образом.

Аналогично тому, как это делается в [1,2] при повреждении «беличьей клетки» токи в ее n-м стержне и элементе короткозамкнутого кольца, показанные на рисунке 1, представляются как

$$\dot{I}_{cn}^* = \dot{I}_{cn} + \dot{I}_{cnd}, \quad \dot{I}_{kn}^* = \dot{I}_{kn} + \dot{I}_{knd}, \quad (1)$$

где \dot{I}_{cn} и \dot{I}_{kn} – ток в ее n-м стержне и элементе короткозамкнутого кольца в естественных эксплуатационных режимах работы; \dot{I}_{cnd} и \dot{I}_{knd} – дополнительные токи в этих элементах при повреждении «беличьей клетки» в этих режимах.

Неповрежденная обмотка короткозамкнутого ротора АД симметрична, а токи в элементах распределяются, как показано на рисунке 1.

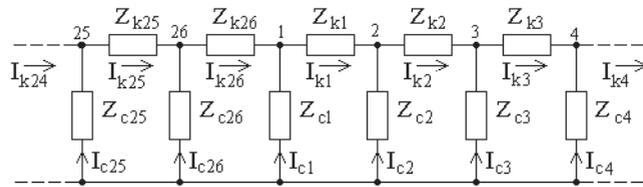


Рисунок 1 – Схема распределения токов в элементах неповрежденной «беличьей клетке» при числе стержней $Z_2 = 26$

Для определения токов в обмотках статора I_1 и ротора I_2 при произвольном его скольжении s можно использовать круговые диаграммы [3], схемы замещения [4] или математические модели с фазной системой координат [4-6]. При этом амплитудные значения токов в элементах кольца и стержнях [3,4] определяются как

$$I_{mk} = I_2 k_1 \text{ и } I_{mc} = 2I_{mk} \sin(\pi p / Z_2) \quad (2)$$

где p - число пар полюсов АД;

$v_i = (m_1 w_1 k_{01}) / (m_2 w_2 k_{02})$ – коэффициент приведения по току; m_1 и m_2 – число фаз в обмотках статора и ротора; w_1 и w_2 – число витков в обмотках статора и ротора; k_{01} и k_{02} – обмоточные коэффициенты статора и ротора.

В соответствии с [4] у АД с короткозамкнутым ротором

$$m_2 = Z_2, w_2 = 1 \text{ и } k_{02} = \sin(\pi p / Z_2). \quad (3)$$

Сдвиг [4] по фазе между токами в соседних стержнях и элементах кольца равен $\alpha_2 = \pi p / Z_2$. Поэтому токи в n -ом стержне и элементе кольца на рисунке 1

$$\dot{I}_{cn} = I_{mc} e^{j\{\alpha_2(n-1) + \omega t\}} \text{ и } \dot{I}_{kn} = I_{mk} e^{j\{\alpha_2(n-1) + \omega t\}}. \quad (4)$$

Активное сопротивление стержня и элемента кольца

$$R_c = \rho_c \frac{l_\delta}{S_c}, \quad R_k = \rho_k \frac{\pi(D_k - b_k)}{Z_2 s_k}, \quad (5)$$

где ρ_c и ρ_k – удельное сопротивление материала стержня и кольца; S_c и S_k – площадь поперечного сечения стержня и кольца; l_δ – полная длина стержня; D_2 и b_k – внешний диаметр и высота кольца.

Индуктивное сопротивление стержня и элемента кольца по [5]

$$X_c = 7,9 f_1 l_\delta 10^{-6} (\lambda_n + \lambda_d) \text{ и } X_k = 7,9 f_1 \frac{\pi(D_2 - b_k)}{Z_2} \lambda_n, \quad (6)$$

где f_1 – частота сети, λ_n , λ_d и λ_n – пазовый, дифференциальный и лобовой коэффициенты удельной магнитной проводимости.

Полные сопротивления стержня и элемента кольца

$$Z_c = R_c + jX_c \text{ и } Z_k = R_k + jX_k \quad (7)$$

Определение добавочных токов при обрыве стержня по существу сводится к определению распределения токов этого стержня до аварии по деформированной «беличьей клетке» [7]. Если считать, что оборван первый стержень, то для этого можно воспользоваться схемой на рисунке 2.

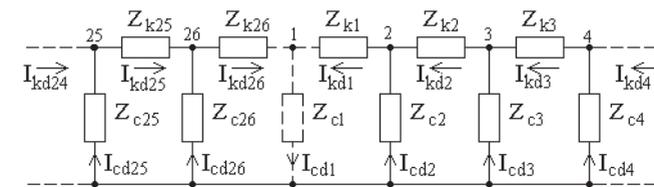


Рисунок 2 – Схема распределения дополнительных токов в элементах «беличьей клетки» при обрыве первого стержня.

В этом случае отмеченный пунктиром элемент удаляется, а токи в остальных определяются из условия, что

$$I_{cd1} = -I_{c1}, I_{kd1} = I_{cd1}/2 \text{ и } I_{kd26} = I_{cd1}/2. \quad (8)$$

Моделирование легко реализуется на ЭВМ. В случае повреждения нескольких стержней дополнительные токи от каждого из них определяются отдельно, а затем используется принцип наложения.

Экспериментальная проверка результатов моделирования сопряжена со значительными сложностями. Поэтому вместо нее используются результаты моделирования по методу Богуславского И. З. На рисунке 3,а и рисунке 3,б приведены результаты расчета токов по методу [2] и изложенному. Они представлены в виде среднего значения токов в стержнях (кривая 1) и участках кольца (кривая 2).

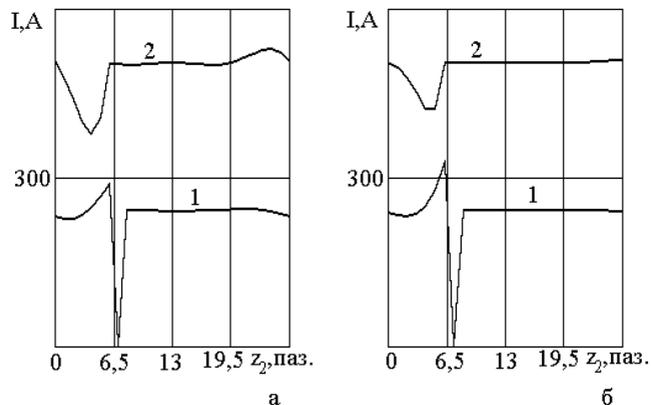


Рисунок 3 – Токи в стержнях и элементах кольца при обрыве седьмого стержня ротора АД АО-31-4

Сопоставление результатом моделирования показывает, что предлагаемым методом вполне можно пользоваться для моделирования работы систем диагностики повреждения «белчьей клетки» АД. Что является веским обоснованием для моделирования аналогичным образом разрыва короткозамыкающего кольца.

Определение добавочных токов при разрыве короткозамкнутого кольца сводится к определению распределения токов разорванного элемента кольца до аварии по деформированной «белчьей клетке» [7]. Если считать, что разорван первый элемент кольца, то для этого можно воспользоваться схемой на рисунке 4.

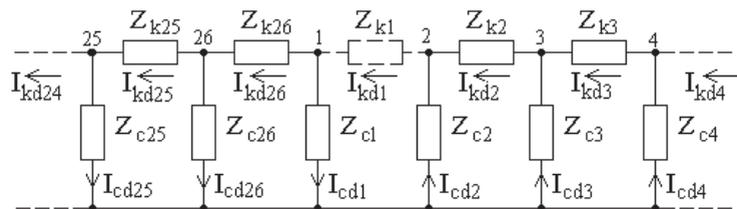


Рисунок 4 – Схема распределения дополнительных токов в элементах «белчьей клетки» при обрыве первого стержня

В этом случае отмеченный пунктиром элемент удаляется, а токи в остальных элементах определяются из условия, что

$$I_{kd1} = I_{cd1} + I_{kd26} \text{ и } I_{kd1} = I_{cd1} + I_{kd2} \quad (9)$$

Моделирование также легко реализуется на ЭВМ. В случае повреждения нескольких стержней дополнительные токи от каждого из них определяются отдельно, а затем используется принцип наложения.

На рисунке 5 приведены результаты моделирования среднего значения токов в стержнях (кривая 1) и элементах кольца (кривая 2), при разрыве первого элемента.

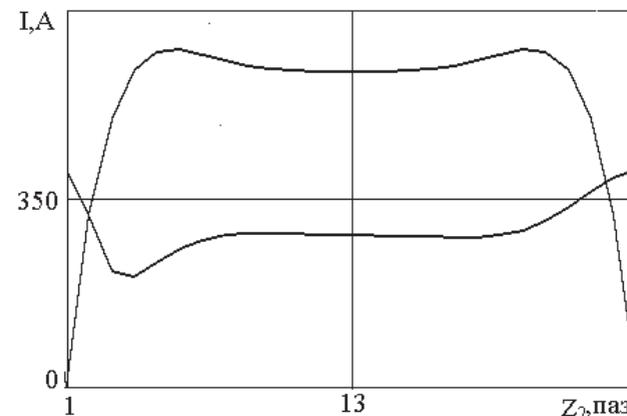


Рисунок 5 – Токи в стержнях и элементах кольца «белчьей клетки» при разрыве первого элемента кольца ротора

Выводы

1. Точность предлагаемого метода моделирования токов в элементах «белчьей клетки» асинхронного двигателя сопоставима с точностью метода Богуславского И. З.
2. Предлагаемый метод обладает более широкими возможностями по сравнению с методом Богуславского И. З., так как позволяет моделировать токи в элементах «белчьей клетки» асинхронного двигателя при разрывах короткозамыкающего кольца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Демирчан, К. С., Богуславский, И. З. Расчет токов и потерь в роторе короткозамкнутого асинхронного двигателя с помощью обобщенной характеристики МДС ротора // Электричество. – 1980. – №5. – С. 58-60.
- 2 Богуславский, И. З. Токи в несимметричной короткозамкнутой клетке ротора// Энергетика и транспорт. Изв. АН СССР. – 1982. – №1. – С. 71-76.
- 3 Петров, Г. Н. Электрические машины. Ч.2. Асинхронные машины и синхронные машины. – М. - Л. : Энергия, 1968. – 224 с.

4 **Иванов-Смоленский, А. В.** Электрические машины. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.

5 **Копылов, И. П., Горяинов, Ф. А., Клоков, Б. К. и др.** Проектирование электрических машин. – М. : Энергия, – 1980. – 495 с.

6 **Новожилов, А. Н.** Математическое моделирование эксплуатационных и аварийных режимов работы асинхронных двигателей // Электричество. – 2000. – №5. – С. 37-41.

7 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – М. : Высшая школа, 1973. – 401 с.

Материал поступил в редакцию 24.12.14.

A. N. Novozhilov, A. O. Potapenko

«Тиіннің торының» бұзылуы кезінде асинхронды қозғағыштағы токтарды модельдеу әдісі

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 24.12.14 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov, A. O. Potapenko

Method of a current simulation in an induction motor with damaged «squirrel cage»

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 24.12.14.

Мақалада асинхронды қозғағыштың жұмысының режимін модельдеуінің жаңа әдісі бұзылған «тиіннің торы», «баспалдақтың сызбасы» негізінде ұсынған, қысқатұйықталған сақинаның жұлынғаны кезінде өзектің жарқабағының элементтерінде токтарды алуға болатыны көрсетілген.

In the paper there is presented a new method of modeling the induction motor mode with damaged «squirrel cage» on a «ladder logic», which produces currents in its elements, not only at the broken bar, but also to break the end ring.

УДК 621.311

**И. А. Пястолова¹, А. А. Тлеуова², С. С. Исенов³,
А. М. Акаев⁴, А. И. Стрельцов⁵**

¹к.т.н, и.о. профессора, ²к.т.н., ³к.т.н., декан, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, ⁴докторант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, ⁵магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Ресурсы возобновляемой энергии огромны и доступны каждой стране. На пути развития рынка возобновляемых источников энергии существуют психологический, экономический, технологический, законодательный и информационный барьеры.

Государственная поддержка развития возобновляемой энергетики заключается не в увеличении расходов бюджетных средств, а в создании благоприятных условий производителям и потребителям оборудования, использующим возобновляемые источники энергии.

В качестве методов исследования и источников информации были приняты: анализ первичной информации; экспертные опросы; мониторинг СМИ; специализированные базы данных; мониторинг официальной статистики; специальные и отраслевые издания; материалы конференций; собственные базы знаний и исследований.

Ключевые слова: скорость ветра, мощность ветрового потока, энергия ветрового потока, ветровой кадастр, получение электрической энергии.

Ресурсы возобновляемой энергии огромны и доступны каждой стране. Количество солнечной энергии, поступающей на территорию Республики Казахстан за неделю, превышает энергию всех запасов нефти, газа, угля и урана.

Электроэнергия и жидкое топливо имеют первостепенное значение для жизни человечества, так как эти два источника энергии с учетом КПД представляют собой свободную энергию, которую можно превратить в работу.

Человечеству не грозит энергетический кризис, связанный с истощением запасов нефти, газа, угля и урана, если оно освоит технологии использования возобновляемых источников энергии и сможет найти оптимальное сочетание

использования возобновляемых и истощаемых ресурсов. В этом случае будут решены проблемы загрязнения среды обитания выбросами электростанций и транспорта, обеспечения качественными продуктами питания, получения образования, медицинской помощи, увеличения продолжительности и качества жизни.

Новой тенденцией развития мировой энергетики является увеличение доли децентрализованного производства электрической и тепловой энергии экологически чистыми электростанциями [1]. Число крупных экологически опасных электростанций будет сокращаться. Эта тенденция объясняется, с одной стороны, изменением климата и необходимостью выполнения Киотского протокола по снижению выбросов парниковых газов, с другой стороны, децентрализация поставок топлива и энергии увеличивает энергетическую безопасность регионов и страны в целом. Кроме того, распределенное и бестопливное производство энергии с использованием местных энергоресурсов снижает затраты и риски стран-импортеров нефти и увеличивает экспортный потенциал стран-экспортеров топливно-энергетических ресурсов.

На пути развития рынка возобновляемых источников энергии существуют психологический, экономический, технологический, законодательный и информационный барьеры [2].

Традиционная энергетика, в основе которой лежат истощаемые источники энергии, по своей сути является наиболее консервативной отраслью. В настоящее время энергетические компании являются монополистами в области производства и передачи электрической энергии. В своей деятельности производители электрической энергии абсолютно не учитывают интересы потребителей этой энергии, хотя если не будет потребления производимой энергии, то теряется всякий смысл в ее производстве. Опыт 90-х годов наглядно показал это, когда в связи с резким сокращением потребления электрической энергии энергетические мощности были загружены на 20-30 % и в результате простоя приходится для увеличения производства энергии производить замену морально и физически устаревшего оборудования. Игнорирование интересов потребителей электрической энергии приводит также к очень низкому общему КПД энергетической системы.

Тенденция увеличение доли децентрализованного производства электрической и тепловой энергии экологически чистыми электростанциями и существующая нормативная база не отвечает интересам этих компаний.

Также одним из психологических барьеров является почти полное отсутствие единой государственной политики, направленной на энергосбережение и рациональное использование энергии, сохранения природной среды обитания человека. Одним из подтверждений этого

является отсутствие подготовки в Республике Казахстан специалистов в области энергетического менеджмента. Руководители энергетической отрасли должны понять, что развитие энергетики должно идти не по пути введения в эксплуатацию крупных традиционных электростанций (тем более ориентация на атомную энергетику), а за счет разумного сочетания традиционных и возобновляемых источников энергии, переход на энергосберегающие технологии и энергоэффективное оборудование.

Экономические барьеры связаны с относительно высокой удельной стоимостью оборудования возобновляемой энергетики. Внутренний рынок возобновляемых энергоресурсов не развивается из-за низкого платежеспособного спроса и отсутствия законодательства, защищающего права независимых производителей экологически чистой энергии.

Действительно, оборудование возобновляемой энергетики определяет возможность ее использования, но за последние годы ситуация на этом рынке поменялась коренным образом. Так, если в 80-90 х годах прошлого столетия мировая цена 1 кВт установленной мощности ветроэлектрических установок в среднем составляла более 10 тыс. долл. США, то в настоящее время она составляет 800-1500 долл. США. Это можно отнести и к другим возобновляемым источникам энергии.

Страны, всерьез озабоченные изменением климата и уменьшением природных запасов топлива, а также увеличением числа техногенных катастроф, ищут альтернативу традиционным источникам энергии. Так Китайская народная республика в прошлом году вложила в развитие ВИЭ порядка 36 млрд. долларов. Такое внимание к ВИЭ в КНР позволило ему занять лидирующее положение в мире в вопросах использования ВИЭ, опередив такие страны как Германия, США и др. [3].

Технологические барьеры могут быть преодолены с помощью новых энергетических технологий, которые при их освоении промышленностью повышают конкурентоспособность возобновляемой энергетики на рынке энергоресурсов и способствуют снижению экономических барьеров. Примером этого является использование геотермальной энергии посредством тепловых насосов для теплообеспечения.

Законодательный барьер связан с отсутствием законодательных и нормативных актов и экономических регуляторов, обеспечивающих свободную поставку и продажу электроэнергии в энергосистему малыми и независимыми производителями энергии, а также отсутствием рынка и конкуренции между производителями электроэнергии.

В стратегии развития Республики Казахстан до 2020 года указано, что одним из приоритетов должна стать оптимизация системы управления устойчивого развития и внедрение «зеленой» политики низкоуглеродной экономики, в том числе в вопросах привлечения инвестиций, решения

экологических проблем, снижения негативного воздействия антропогенной нагрузки, усиления ответственности природопользователей по снижению эмиссии в окружающую среду, комплексной переработки отходов [4].

Для выполнения плана развития в 2009 году был принят закон РК «О поддержке использования возобновляемых источников энергии».

Вместе с тем закон о ВИЭ только определил идею о том, что возобновляемые источники энергии необходимо использовать, но отсутствуют акты о механизмах реализации. Все это привело к тому, что почти за два года со времени принятия закона, не было реализовано ни одного крупного проекта по ВИЭ.

Существенного увеличения тарифов, как предрекают некоторые пессимисты возобновляемой энергетики, не ожидается. Рассмотрим это на примере Германии. Тариф на электроэнергию для населения складывается из следующих компонентов, которые отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Составляющие тарифа на электроэнергию для населения

Наименование составляющих	Доля в процентах, %	Цена, евро центов/кВтч
1. Производство и распределение электрической энергии (остается в энергокомпаниях)	59.6	10.25
2. Экологический налог	11.6	2.0
3. Отчисления на ВИЭ	2.5	0.43
4. Лицензия	10.4	1.8
5. Отчисления в фонд когенерационных установок	1.5	0.26
6. НДС	13.8	2.37
Всего:	100	17.2

Эффективность тарифного стимулирования очень высока. В Германии введение тарифного регулирования в 2000 г. привело к увеличению годового объема производства, продаж и использования солнечных фотоэлектрических систем почти в 20 раз (с 12.0 МВт в 1999 до 200 МВт в 2004 г.). Государство не затрачивает никаких бюджетных средств на развитие рынка [5].

Роль государства сводится к гарантированию правил игры на финансовом рынке энергоресурсов и страховании рисков. Оно оживляет неработающий частный капитал, создает тысячи новых рабочих мест, улучшает климат и экологию городов за счет снижения выбросов CO₂ на 0,16 Мт/МВт*ч и замещения грязных электростанций экологически чистыми, сохраняет ископаемое топливо для следующих поколений, повышает энергетическую безопасность страны за счет рассредоточенного бестопливного производства

энергии. Государство улучшает материальное благополучие и физическое здоровье своих граждан.

Выигрывает и сетевая компания. У нее уменьшаются потери на передачу энергии и пиковая нагрузка на электростанции. Финансовые механизмы реализации новых энергетических технологий включают лизинг, льготное кредитование, налоговые льготы и региональные субсидии.

В качестве информационных барьеров необходимо отметить, что у значительной части энергетиков Казахстана и населения в силу отсутствия достоверной информации и соответствующих знаний складывается неверное представление об энергетике на возобновляемых источниках энергии. Энергетика на возобновляемых источниках энергии строится совсем на иных принципах в отличие от традиционной. Поэтому отсутствие основополагающих знаний теоретических и практических проблем применения возобновляемых источников энергии приводит к тому, что некоторые из отечественных экспертов высказали предположение, что ВИЭ в Казахстане почти не имеет шансов. Обосновав это тем, что, во-первых, себестоимость электроэнергии, произведенной с помощью ветра и биомассы, по предварительным расчетам, будет выше себестоимости «традиционного» электричества в 2-4 раза и еще выше у солнечных установок. А, во-вторых, Республика Казахстан обладает весьма значительными запасами недорогих углеводородов [6]. Однако во многих странах приходят к мнению, что выгодно уже сейчас вкладывать инвестиции в «зеленую энергетику».

Вопросы использования ВИЭ актуальны для всех стран мира в силу различных обстоятельств. Для промышленно развитых стран мира, зависящих от импорта топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – это, прежде всего, энергетическая безопасность. Для промышленно развитых стран мира, богатых энергоресурсами, – это экологическая безопасность, завоевание рынков сбыта оборудования.

Для развивающихся стран – это наиболее быстрый путь к улучшению социально-бытовых условий населения, возможность развития промышленности по экологически приемлемому пути. А для всего мира в целом – это возможность снижения эмиссии парниковых газов и избежание глобального энергетического и экономического кризиса в недалеком будущем. Черты этого кризиса уже становятся очевидными для многих, так, например, Семнадцатый мировой нефтяной конгресс (Рио-де-Жанейро, 1-5 сентября 2002 г.) констатировал следующее: мировые балансовые запасы нефти составляют более 400 млрд. т. Ежегодная добыча нефти в мире – около 3 млрд. т. С учетом современных технологий разработки месторождений при существующих ценах на нефть этих запасов хватит на 50-75 лет. Аналогичная ситуация наблюдается по газу. И лишь истощение угля может произойти через 400-500 лет. Вывод очевиден: необходимо возможно быстрыми

темпами развивать использование возобновляемых источников энергии. ВИЭ – это не альтернатива существующей энергетике, это существенная часть энергетике не такого уже далекого будущего.

Энергетикой не исчерпывается роль ВИЭ. Они активнейшим и положительным образом влияют на решение трех глобальных проблем человечества: энергетике, экологию, продовольствие [2].

В заключении неотложные потребности в развитии ВИЭ можно сформулировать следующим образом:

1) Обеспечение устойчивого, соответствующего принятым в аналогичных климатических условиях тепло- и электроснабжения населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения.

2) Обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства (особенно сельскохозяйственного) в зонах неустойчивого централизованного энергоснабжения (главным образом в дефицитных энергосистемах), предотвращение ущерба от аварийных и ограничительных отключений, особенно в сельской местности и сельской перерабатывающей промышленности.

3) Снижение вредных выбросов от энергетических установок в отдельных городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Безруких, П. П., Стребков, Д. С.** Возобновляемая энергетика: Стратегия, Ресурсы, Технологии. – Москва, ВИЭСХ, 2005. – 204 с.

2 **Тлеуов, А. Х., Безруких, П. П., Стребков, Д. С., Пястолова, И. А.** Проблемы использования возобновляемых источников энергии. – Научный журнал КазНАУ «Исследования, результаты», №2, 2007. – с. 105-108.

3 Технический прогресс. Нетрадиционная энергетика. Сайт Министерства энергетике РФ. – <http://www.mte.gov.ru/ntp/energo/vetro.htm>

4 Закон Республики Казахстан от 4 июля 2009 г № 165- IV « О поддержке использования возобновляемых источников энергии» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.01.2014 г.). – <http://online.zakon.kz/Document/>

5 Альтернативная энергетика. – <http://www.alternativenergy.ru/>

6 **Тлеуов, А. Х., Тлеуов, Т. Х.** Использование нетрадиционных видов энергии в Казахстане. – Алматы : Білім, 1998. – 204 с.

Материал поступил в редакцию 06.11.14.

И. А. Пястолова¹, А. А. Тлеуова¹, С. С. Исенов¹, А. М. Акаев², А. И. Стрельцов¹

Қазақстан Республикасындағы жаңартылған энергия көздерін дамытудың мәселелері

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті;

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 06.11.14 баспаға түсті.

I. A. Pyastolova¹, A. H. Tleuova¹, S. S. Isenov¹, A. M. Akayev², A. I. Streltsov¹

The problems of renewable power sources development in the Republic of Kazakhstan

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technical University;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar. Material received on 06.11.14.

Әр елге жаңартылған энергия қорлары зор және қолайлы. Жаңартылған энергия көздерінің нарығын дамыту жолында психологиялық, заңнамалық және ақпараттық тосқауылдар болады.

Жаңартылған энергетикасының дамуына мемлекет тарапынан көмегі ақшалай қаражат бюджетінің ұлғаюында емес, керісінше жаңартылған энергия көздерінің пайдаланатын жабдықтардың тұтынушылары мен өндірушілеріне қолайлы жағдайларды жасау болып табылады.

Зерттеу әдістері және ақпараттар көзі ретінде төмендегілер алынды: бірінші ретті ақпарат анализі, эксперттік сұрастыру; БАҚ мониторингі; мамандырылған берілгендер базасы; ресми статистика мониторингі; арнайы және салалы шығарылымдар конференция материалдары; білім мен зерттеулердің меншікті базасы.

Renewable energy resources are enormous and available for each nation. There are psychological, economical, technology, legislative and information challenges while developing the market of renewable power sources.

Government support for renewable energy sources development is not contained in the increasing of budget funds only but in the creating of favorable conditions for producers and consumers of the equipment using renewable energy sources.

Research methods and information sources are as follows: basic information analysis, expert survey, mass media monitoring, specialized data base, official statistics monitoring, special and branch issue, materials of the conferences, personal base of knowledge and researches.

А. Ж. Саринова

старший преподаватель, кафедра «ВТиП», магистр информатики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

СЖАТИЕ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПУТЕМ ФРАГМЕНТАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Пересмотрена задача сжатия гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли и предложен модифицированный многоэтапный алгоритм. Увеличение степени сжатия алгоритма достигается путем фрагментации с использованием нейронной сети и ее обучением для наиболее оптимального разделения каналов гиперспектрального аэрокосмического изображения (АИ) на определенное количество фрагментов. Замена сформированных фрагментов, содержащих наименее низкую степень градации уникальных парных групп значений на фрагменты имеющих наиболее высшую степень градации. Приведены некоторые результаты исследований эффективности сжатия гиперспектральных аэрокосмических изображений, выполненные модифицированным алгоритмом сжатия в сравнении с универсальными алгоритмами и специализированными форматами сжатия.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, гиперспектральные аэрокосмические изображения, сжатие, фрагментация, нейронная сеть, степень градации.

Введение

Для повышения коэффициента сжатия без потерь гиперспектральных аэрокосмических изображений с последующем восстановлением без потери качества необходимо совершенствовать методы и алгоритмы обработки таких данных за счет варьирования и уменьшения избыточности исходных данных, что является перспективным направлением в развитии разработки таких программ для данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Одним из таких направлений является сжатие данных ДЗЗ, имеющих статистические особенности [1-2]. Большой интерес к созданию такого программного

и алгоритмического обеспечения для сжатия данных ДЗЗ без потери качества проявляет большое количество университетов, коммерческих предприятий и других организаций для решения научных, образовательных и коммерческих задач [4-7]. Трудности создания систем заключается в том, что вычислительные ресурсы не предполагают возможности сжимать большие объемы данных с коэффициентом сжатия не более ($r = [2..3]$), а малый объем памяти не позволяет хранить большие объемы информации.

Необходимость сжатия гиперспектральных АИ, получаемых в задачах дистанционного зондирования Земли, обусловлена ростом генерируемых современными космическими системами ДЗЗ информационных потоков (до нескольких сотен Мбит/с). Это связано с увеличением как пространственного, так и спектрального разрешения съемочной аппаратуры при сохранении широкой полосы обзора, сравнительно невысокой пропускной способности радиоканалов и ограниченности частотного диапазона при передаче данных на наземные приемные станции. Специфика таких систем накладывает ограничения на вычислительную сложность применяемых алгоритмов, что приводит к необходимости создания новых эффективных систем сжатия и передачи данных ДЗЗ.

К примеру, в некоторых геоинформационных системах используются такие специализированные форматы, такие как PNG и HDF для архивации больших массивов аэрокосмической информации. PNG (portable network graphics) – формат хранения изображений, использующий сжатие без потерь по алгоритму Deflate. PNG – свободный формат пришедший для замены. Формат PNG спроектирован для замены устаревшего и более простого формата GIF, а также, в некоторой степени, для замены значительно более сложного формата TIFF. Алгоритм Deflate заключается в комбинированном применении алгоритма LZ77 и алгоритма Хаффмана. Так, например формат HDF – Hierarchical Data Format (Иерархический формат данных) разрабатываемый The National Center for Supercomputing Applications с 1987г. и довольно широко используемый в настоящее время научным сообществом [8]. Для данных дистанционного зондирования этот формат позиционируется как формат для любых сложных составных данных, включающих разнотипные типы данных, использующиеся расширения формата адаптированные NASA: например расширение HDF-EOS. HDF-Earth Observing System – это специальная надстройка для формата HDF, позволяющая более эффективно хранить данные получаемые со спутников системы EOS (Terra, Aqua и другие). В связи с существующими форматами таких данных, имеющих невысокий коэффициент архивации необходимо пересмотрение яркостных характеристик самих данных АИ, как геометрических размеров, пикселей и т.д.

Также для усовершенствования алгоритма сжатия предварительно предлагается использование нейронных сетей. Нейронная сеть, в случае искусственных нейронов называемая искусственной нейронной сетью (ИНС) или смоделированной нейронной сетью, являющаяся взаимосвязанной группой естественных или искусственных нейронов, которая использует математические и вычислительные модели для обработки информации на основе коннективистского подхода к вычислению. В большинстве случаев ИНС является адаптивной системой, которая изменяет свою структуру под влиянием внешней или внутренней информации, которая течет через сеть, а именно учитывая характерные особенности гиперспектральных данных. С практической точки зрения нейронные сети являются нелинейными статистическими системами моделирования данных или системами принятия решений [9]. Они могут быть использованы для моделирования сложных систем между входными и выходными данными или для нахождения закономерностей в данных. Ощутимый эффект от применения ИНС возникает только при решении очень сложных задач высокой и сверхвысокой размерности исходных данных. Алгоритм сжатия такого подхода предлагается рассмотреть в данной работе.

Описание усовершенствованного алгоритма сжатия

Постоянно растущая сложность задач сжатия без потерь, большой объем гиперспектральных данных и их размерности оставляют актуальной задачу повышения эффективности алгоритмов сжатия, используемых с применением алгоритмов обучения нейронных сетей. Основной задачей становится не просто обучение, а нахождение нейронной сети, наилучшим (в некотором смысле) образом решающей поставленную задачу повышения коэффициента сжатия [10-12]. При этом совокупность действий (создание, обучение и применение нейронной сети) используется для нахождения наиболее подходящей пары замены четырех фрагментов на других два. Усовершенствованный алгоритм сжатия гиперспектральных АИ, учитывающих их статистические особенности предлагается модифицировать путем фрагментации [13]:

1) Разбиение каждого канала на четыре фрагмента, при этом для каждого участка определение степени повторяемости уникальных парных групп значений, например: наивысшей, высокой, средней и низкой градации.

2) Формирование базы знаний (БЗ) табличной структуры статистических особенностей для каждого последующего канала, созданной в пределах некоторой нейронной сети для каждого канала гиперспектрального АИ:

а. создание семейства нейронных сетей (n каналов), ≈ 4 входа (фрагмента), на выходе 2 фрагмента;

б. алгоритм обучения: нахождение функции активации нейронной сети, которая используется для преобразования уровня активации фрагмента (нейрона) в выходной фрагмент; обычно функция активации имеет

«сжимающее» действие; пост-синаптическая потенциальная функция (PSP) применяется к входным значениям фрагментов (нейронов), его весам и порогам, выдает уровень активации фрагмента (нейрона).

с. использование такого алгоритма обучения является предварительной операцией в решении задачи фрагментации структуры гиперспектральных данных, сеть оптимизируется путем разбиения изображений на участки фрагментов, подготовка последних к межструктурной замене поканально.

3) Замена массивов фрагментов на основе преобразованного исходного изображения, участков низкой степени градации на более высокую степень с использованием нейронных сетей.

Суть первого этапа заключается в том, что формируется массив уникальных парных групп значений исходного изображения в байтовом представлении, состоящий из четырех сформированных фрагментов наивысшей степени градации, высокой, средней и низкой.

Для изложения пошагового преобразования этапа необходимо ввести следующие параметры:

– исходное изображение – $I[m,n,k]$, где m,n,k – индексы строк, столбцов и каналов, причем $m = 1,2,\dots,M$, $n = 1,2,\dots,N$, $k = 1,2,\dots,K$;

– $M[j,k]$ – массив уникальных парных групп значений исходного изображения в байтовом представлении;

– $N_1[j,k]$ – фрагмент массива уникальных парных групп значений исходного изображения [наивысшей степени градации];

– $N_2[j,k]$ – фрагмент массива уникальных парных групп значений исходного изображения [высокой степени градации];

– $N_3[j,k]$ – фрагмент массива уникальных парных групп значений исходного изображения [средней степени градации];

– $N_4[j,k]$ – фрагмент массива уникальных парных групп значений исходного изображения [низкой степени градации];

Пошаговый алгоритм этапа преобразований следующий (рис.1):

Шаг 1. Сформировать (на основе $I[m,n,k]$) массив $M[j,k]$, последовательно и для каждого канала K добавляя уникальные парные группы значений в битовом представлении из массива $I[m,n,k]$. Результат разместить в $M[j,k]$, $j = 1,2,\dots,J$.

Шаг 2. Разбить массив (на основе $I[m,n,k]$ и $M[j,k]$) $M[j,k]$ для каждого канала K на четыре фрагмента уникальных парных групп значений. Результат каждого созданного фрагмента разместить в массивы $N_1[j,k]$, $N_2[j,k]$, $N_3[j,k]$ и $N_4[j,k]$ различной степени градации соответственно, $k = 1,2,\dots,K$.

Из рис. 1 видно, что в основе применения предлагаемого алгоритма положена концептуальная модель, которая состоит из трех шагов. На первом шаге выполняется разбиение для каждого канала аэрокосмического изображения на некоторое количество фрагментов.

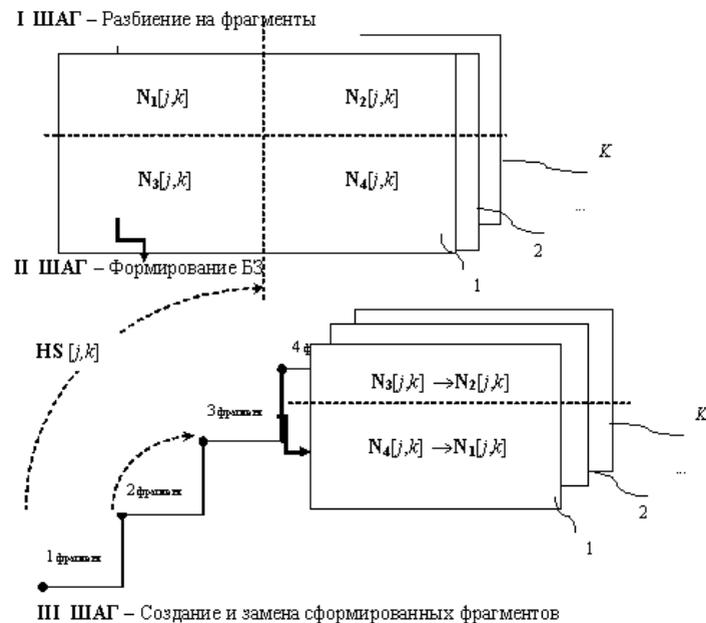


Рисунок 1 – Процесс фрагментации каждого канала гиперспектрального АИ

А именно тетрадой фрагментов массивов уникальных парных групп значений различной степени градации. Во втором и третьем шаге используя преимущества созданных нейронных сетей для обучения фрагментированной базы знаний включается процесс замены наиболее низкой степени градации на более высокую степень градации.

Таким образом результатом первого этапа является анализ данных для каждого фрагмента массива значений для каждого канала, определяющий замену таких фрагментов при условии, что каждый фрагмент содержит значения последующего фрагмента по вычислению степени повторяемости уникальных парных групп значений.

В основу второго этапа легло формирование фрагментированной базы знаний табличной структуры статистических особенностей, созданной в пределах некоторой НС для каждого канала гиперспектрального АИ. Наиболее часто используются линейные (взвешенная сумма входов минус порог) и радиальные (промасштабированный квадрат расстояния от вектора весов до входного вектора) PSP-функции [2]. В предложенном алгоритме используются линейные с учетом предыдущего этапа преобразований.

Для изложения данного этапа преобразований необходимо ввести следующие параметры:

- ρ_1^k – степень повторяемости фрагмента для каждого канала;
- $P[j,k]$ – массивы ρ_1^k для каждого фрагментированного канала;
- $V[j,k]$ – массив для фрагментированной базы знаний для каждого канала уникальных парных групп значений;
- f_a – функция активации ИНС;
- N – нейрон;
- $d[j,k]^H$ – желаемое выходное состояние нейрона.
- $F[j,k]$ – массив для размещения функций активации ИНС для каждого канала;
- $HS[j,k]$ – массивы нейронных сетей.

Шаг 1. Определить степень повторяемости ρ_1^k (на основе $N_1[j,k]$, $N_2[j,k]$, $N_3[j,k]$ и $N_4[j,k]$) для каждой фрагмента канала гиперспектрального АИ. Разместить результат в массивы значений $P[j,k]$, $P[j,k] = \sum_{m,n} \rho_1^k$ для каждого из фрагментов $N_1[j,k]$, $N_2[j,k]$, $N_3[j,k]$ и $N_4[j,k]$, где $k=1,2,\dots,K$.

Шаг 2. Формирование промежуточной фрагментированной базы знаний $V[j,k]$ (на основе ρ_1^k и $P[j,k]$), созданной в пределах некоторой нейронной сети для каждого канала гиперспектрального АИ, где $k=1,2,\dots,K$. Результат фрагментов массивов $N_1[j,k]$, $N_2[j,k]$, $N_3[j,k]$, $N_4[j,k]$ с учетом $P[j,k]$ разместить в $V[j,k]$, $V[j,k] = N_1[j,k] + N_2[j,k] + N_3[j,k] + N_4[j,k]$.

Шаг 3. Нахождение функции активации f_a (на основе $V[j,k]$) для каждой нейронной сети НС. Для преобразования уровня активации фрагмента (нейрона) в выходной фрагмент вычисляется величина $f_a = \sum_{m,n} (N_i[j,k] - d_{(i,k)}^1)$.

Результат разместить в массив $F[j,k]$, $F[j,k] = \sum_{m,n} f_a$. (табл.1).

Шаг 4. Формирование массивов нейронных сетей (на основе f_a и $F[j,k]$) $HS[j,k]$, для каждого канала гиперспектрального АИ, где $k=1,2,\dots,K$. Результат разместить в массивы $HS[j,k]$, $HS[j,k] = \sum_{m,n} F[j,k]$.

На рисунке 2 представлена схема нейрона. Искусственный нейрон, состоит из синапсов, связывающих входы нейрона $N[1..n]$ с ядром, осуществляющее обработку входных сигналов (фрагментов одного канала k) и аксона V , который связывает нейрон с нейронами следующего слоя. Каждый синапс имеет вес w_p , определяющий насколько соответствующий вход нейрона (заменяемый фрагмент N) влияет на его состояние S .

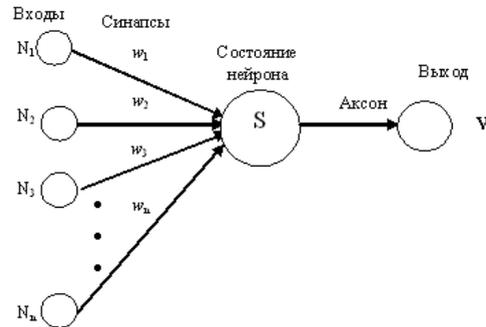


Рисунок 2 – Схема нейрона

Состояние нейрона определяется по формуле: $S = \sum_{i=1}^n N_i \cdot w_i$, где n – число входов нейрона, N_i – значение входа нейрона, w_i – вес синапса. Затем определяется значение аксона нейрона по формуле $V = f(S)$.

После многократного тестирования примеров веса нейронной сети стабилизировались по канално $I[m, n, k]$, причем нейронная сеть выдала верные ответы на все (или почти все) примеры фрагментированной базы данных. В процессе обучения величина ошибки (сумма квадратов ошибок по всем выходам) постепенно уменьшается. Когда величина ошибки достигает нуля, обучение прекращается, полученная нейронная сеть обучена и готова к применению.

Суть третьего этапа состоит в том, что на основе созданных нейронных сетей производится замена фрагментов массивов, содержащий последние два фрагмента на первые два. В результате формируется массив уникальных парных групп значений исходного изображения, состоящий только из наивысшей и высокой степени градации.

– $D[j, k]$ – массив для записи адресных ссылок (на уникальные парные группы значений), содержащий адресные ссылки первых двух массивов $N_1[j, k]$ и $N_2[j, k]$;

Шаг 1. Заменить уникальные парные группы значений (на основе фрагментированной базы знаний $B[j, k]$ и $HS[j, k]$) сформированных фрагментов $N_3[j, k]$ на $N_2[j, k]$ и $N_4[j, k]$ на $N_1[j, k]$, $N_3[j, k] \rightarrow N_2[j, k]$, $N_4[j, k] \rightarrow N_1[j, k]$.

Шаг 2. Формирование массивов $D[j, k]$ (на основе $N_2[j, k]$ и $N_1[j, k]$). Результат разместить в массив $D[j, k]$. $D[j, k] = N_2[j, k] + N_1[j, k]$.

При этом для более полного понимания и необходимости применения такого модифицированного алгоритма сжатия, данные каналов гиперспектрального АИ представлены в физическом формате в таблице 1.

Таблица 1 – Создание физических данных гиперспектрального АИ:

Исходное изображение	Вычисляемый коэффициент повторяемости	Сформированный фрагмент	Байтовое представление	Длина (в байт)
$I[m, n, k]$	ρ_1^k	N_1	0101...01	$72 + [1..255] = 02550255...0255$
		N_2	1010...10	72
		N_3	1111...11	72
		N_4	255255255255...255255	72

Результаты экспериментов

Эксперименты выполнялись на основе тестовых гиперспектральных данных в различном геометрическом размере и количества каналов, созданных в известной геоинформационной системе Idrisi Kilimangaro Selva. Выполнено сравнение предложенного алгоритма с результатами экспериментов, полученных для специализированных форматах PNG и HDF, а также универсальных алгоритмов сжатия архиваторов WinRar, WinZip и компрессора Lossless JPEG. Эксперименты выполнены на ПК с процессором IntelCore i5 2,5 ГГц и объемом оперативной памяти 4 Гб под управлением операционной системы Windows 7(пакет обновления 3).

Характеристики тестовых данных представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Примеры тестовых гиперспектральных данных

Название гиперспектрального АИ	K	M×N, пикс	Размер файла, байт
f970619t01p02_r07_sc01	224	100×100	6140096
f970619t01p02_r07_sc02	224	200×200	36199296
f970619t01p02_r07_sc03	224	300×300	61178496
f970619t01p02_r07_sc04	224	400×400	94077196
f970619t01p02_r07_sc05	224	500×500	135088124
f970619t01p02_r07_sc06	224	600×600	180746396
f970619t01p02_r07_sc07	224	700×700	210959876
f970619t01p02_r07_sc08	224	800×800	251673728
f970619t01p02_r07_sc09	224	900×900	272828879
f970619t01p02_r07_sc10	224	1000×1000	281673728

На рис. 3 приведены некоторые результаты сравнительных экспериментов, показывающие превосходство усовершенствованного алгоритма сжатия над специализированными форматами и архиваторами в степени сжатия Dсж при различном геометрическом размере гиперспектральных АИ. При различном геометрическом размере все алгоритмы показывают нижеследующие результаты, которые фактически не меняются.

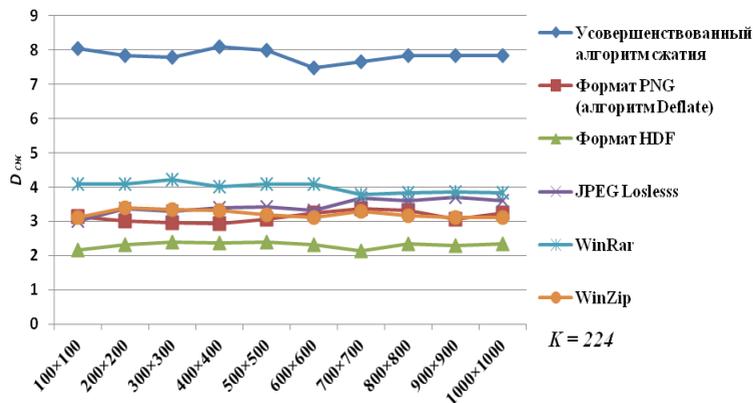


Рисунок 3 – Результаты экспериментов степени сжатия $D_{сж}$ гиперспектрального АИ при различном геометрическом размере и количестве каналов

Экономия вычислительных ресурсов

Предыдущая версия алгоритма при проведении экспериментов показывала большие траты вычислительных ресурсов при сжатии и различном ее применении, ≈ 600 сек.

- последовательности реализации этапов;
- варьируемых геометрических размерах;
- количества каналов.

В модифицированной же версии алгоритма в сравнении со специализированными форматами сжатия HDF и алгоритмом Deflate (применяемых в геоинформационных системах, ориентированных и работающих с аэрокосмическими изображениями) результаты экспериментов показывают уменьшение времени на сжатие гиперспектрального АИ в 20 и более раз, максимальное время t_{calc} не превышает 30 сек, рис. 4. Данная экономия вычислительных ресурсов объясняется тем, что усовершенствованный алгоритм сжатия превосходит предыдущий благодаря процессу фрагментации гиперспектрального АИ и алгоритму обучения созданных нейронных сетей.

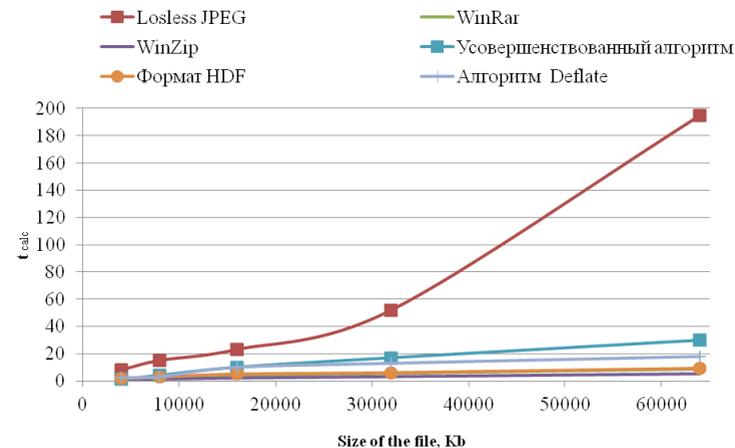


Рисунок 4 – Результаты экспериментов времени сжатия t_{calc}

Как видно из рис.4 предлагаемый алгоритм в вычислительной эффективности: уступает специализированным форматам и алгоритмам сжатия, универсальным архиваторам сжатия; превосходит Losless JPEG. Таким образом перечисленные выше программные средства сжатия не обладают алгоритмами и методами сжатия данных, выполняющем усовершенствованным алгоритмом сжатия и таких действий не выполняют.

Выводы:

Разработан многоэтапный усовершенствованный алгоритм сжатия гиперспектральных АИ, использующий предварительную фрагментацию данных, позволяющий до 55% увеличить степень сжатия данных по сравнению с специализированными форматами и алгоритмами сжатия, на 100% превосходит Losless JPEG.

Особый вклад внес второй этап, показывающий что этап создания фрагментированной базы знаний, создание нейронных сетей и их использование позволяет наилучшим образом с помощью алгоритма обучения сформировать архив гиперспектрального АИ.

Анализ вычислительной эффективности показал, в сравнении с специализированными алгоритмами сжатия и универсальными архиваторами незначительно уступает $t_{calc} \approx 10..15$ сек, превосходит значительно результатов сжатия аналогу *Losless JPEG* в 3 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Златопольский, А. А.** Новые возможности технологии LESSA и анализ цифровой модели рельефа. Методический аспект // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. – Т.8. – № 3. – С. 38-46.

2 **Златопольский, А. А.** Методика измерения ориентационных характеристик данных дистанционного зондирования (технология LESSA) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2008. – Т.1. – № 5. – С. 38-46.

3 **Лупян, Е. А., Саворский, В. П., Шокин, Ю. И., Алексанин, А. И., Назиров, Р. Р., Недолужко, И. В., Панова, О. Ю.** Современные подходы и технологии организационной работы с данными дистанционного зондирования Земли для решения научных задач. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2012. – Т.9. – № 5. – С. 21-44.

4 **Остриков, В. Н., Михайлов, В. В., Смирнов, С. И.** Применение рандомизированного метода главных компонент для сжатия и тематической обработки гиперспектральных данных // Доклады Одиннадцатой Всероссийской Открытой конференции. 11-15 ноября 2013г., Москва, ИКИ РАН.

5 **Балашов, И. В., Бурцев, М. А., Кашницкий, А. В., Лупян, Е. А., Толпин, В. А., Прошин, А. А.** Базовые средства создания интерфейсов, обеспечивающих интерактивный анализ и обработку данных распределенных архивов спутниковой информации // Доклады Одиннадцатая Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса» 11-15 ноября 2013 г. – Москва, ИКИ РАН.

6 **Добрецов, Н. Н., Кихтенко, В. А., Смирнов, В. В., Суторихин, И. А., Чубаров, Д. Л., Чубаров, Л. Б.** Потенциальные возможности систем аналитической обработки для больших дисковых архивов данных мониторинга Земли // Доклады Одиннадцатая Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса» 11-15 ноября 2013 г. – Москва, ИКИ РАН.

7 **Миклашевич, С. Э., Балашов, И. В., Бурцев, М. А., Ефремов, В. Ю., Мазуров, А. А. и др.** Программно-аппаратный комплекс для сбора, обработки, архивации и распространения спутниковых данных и продуктов их тематической обработки. Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. – 2012. – Т.9. – № 4. – С. 47-56.

8 Интернет – ресурс [http://www.ncsa.uiuc.edu] Режим доступа: свободный.

9 **Шустов, В. А.** Алгоритмы обучения нейронных сетей распознаванию изображений по равномерному критерию. – Институт систем обработки изображений РАН. Выпуск 25, 2003. – С. 183-189.

10 **Чобану, М.** Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов. – Москва : Техносфера, 2009. – 480 с.

11 **Кобзарь, А. И.** Прикладная и математическая статистика. Для инженеров и научных сотрудников. – М. : ФИЗМАТЛИТ. 2012. – 816 с.

12 **Мезенцева, О. С., Алексеев, А. И.** Математические модели хранения и обработки данных большой размерности с высокой степенью достоверности. Инфокоммуникационные технологии». – Т.6. – № 1. – 2008. – С. 28-35.

13 **Замятин, А. В., Саринова, А. Ж.** Алгоритм сжатия гиперспектральных аэрокосмических изображений с учетом междиапазонной корреляции «Прикладная информатика». – Москва, 2013. – № 5 (47). – С. 35-42.

Материал поступил в редакцию 12.11.14.

А. Ж. Саринова

Нейронды желіні қолданумен статистикалық ерекшеліктерін фрагментациялық жолмен гиперспектралды аэроғарыштық бейнесін қысу

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 12.11.14 баспаға түсті.

A. Zh. Sarinova

Compression of hyperspectral aerospace images by fragmentation of statistical characteristics and the use of neural networks

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 12.11.14.

Мақалада нейронды желіні қолданумен статистикалық ерекшеліктерін фрагментациялық жолмен гиперспектралды аэроғарыштық бейнесін қысу қарастырылған.

In the paper the issues of compression of hyperspectral aerospace images by fragmentation of statistical characteristics and the use of neural networks have been considered.

**Y. Zh. Sarsikeyev¹, B. V. Lukutin², S. G. Obukhov³,
A. P. Kislov⁴, V. P. Marcovsky⁵, B. K. Shapkenov⁶, A. Akayev⁷,
A. B. Kaidar⁸**

¹c.t.s., senior lecturer, ²d.t.s., professor, head of the department of «Industrial Electric Power Supply», ³d.t.s., associate professor, NK Tomsk Polytechnic University, Russia, ⁴c.t.s., professor, Dean, Full member of International Informatization Academy and Corresponding member of RF Academy of Electrotechnical sciences, ⁵ c.t.s., professor, head of the department «Electroenergetics» Full member of International Informatization Academy, ⁶ c.t.s., associate professor Full member of WAS of Integrated Safety, ⁷graduate student, department of «Electroenergetics», ⁸undergraduate, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar

TURBULENT WIND COMPONENT USING KAIMAL'S FUNCTION

The paper deals with the development of the dynamic model of wind by modeling the longitudinal component of wind speed. Statistical description of turbulent wind component using Kaimal's function is represented. All necessary parameters for model performing are calculated. The results of modeling in the form of dynamic characteristics are presented.

Keywords: renewable energy sources, wind power plant, wind speed, longitudinal component, air flow, dynamic model.

Introduction

There are a lot of technical problems to solve in the process of wind power plants design. The problems are connected with the choice of optimal relation between the power of energy sources and energy storages power, tuning of system's automatics, optimization of control system, etc. Most of the problems can be solved only on the basis of modeling the wind power plants operating modes. For that reason the dynamic wind model is needed.

Complicated multi-dimension wind models usage is redundant for the problems identified above. They are based on the differential Navier-Stocks equations which describe non-stationary movement of air flow in space and time.

From the position of wind power engineering the longitudinal component of wind speed is of great interest. Present paper is dedicated to modeling of the component under consideration. The aim of investigations conducted is universal model of wind speed longitudinal component development, which can be implemented in popular mathematical software packages.

Theoretical justification

Oscillations of basic meteorological factors such as wind speed, pressure, humidity, etc. contain components with periods in the range from fractions of a second to tens of thousands of years. From the point of view of wind power plants operating modes modeling time intervals from seconds up to several hours are of interest.

Micrometeorological oscillations of wind speed with periods from fractions of a second to several minutes are defined by small-scale turbulence. Its energy spectrum in surface atmosphere layer has maximum at about 1 minute.

In mezometeorological time interval with periods from minutes to hours intensive oscillations of meteorological components are relatively seldom. It allows to get stable average values of wind speed, temperature, etc., using the period averaged for 10...20 minutes.

Spectral distribution of horizontal wind speed plotted by Van-der-Hoven according to measurement readings at 125-meter meteorological tower in Bruckhaven, given in [1, 2] shows that the maximums of the energy spectrum of synoptic and daily oscillations of wind speed are significantly different from the maximum of high-frequency oscillations of turbulence. That allows the use of independent time sampling followed by the superposition for mathematical description of the oscillations. At given assumptions dynamic wind model can be represented by the expression:

$$V(t) = \bar{V} + v(t), \quad (1)$$

where \bar{V} is average wind speed in 10 minutes interval, $v(t)$ is dynamic or turbulent wind speed component.

For statistical description of turbulent wind component in wind power engineering empirical models of the spectral density $S(f)$ are mainly used. The most famous are functions of Davenport, Karman and Kaimal. For wind velocity dynamic component modeling in the present work recommended by international standard spectral Kaimal's model is used [3].

In accordance with the model of normal turbulence, it is assumed that the turbulent fluctuations of the wind speed field is stationary field of random vectors. Their components have Gaussian random distribution with zero expectation.

Spectral densities of components' power in normalized form for the Kaimal's model are described by expression:

$$\frac{f \cdot S(f)}{\sigma^2} = \frac{4 \cdot f \cdot L / \bar{V}}{(1 + 6 \cdot f \cdot L / \bar{V})^{5/3}}, \quad (2)$$

where f is frequency in Hz; $S(f)$ – one-sided spectrum of the longitudinal wind speed vector component, σ – standard RMS deviation of longitudinal wind speed vector component; L – integral turbulence scale parameter.

Spectral decomposition shows stationary random function decomposed into harmonic oscillations of different frequencies $f_1, f_2, \dots, f_k, \dots$, while the harmonic amplitudes are random values.

According to the Fourier theorem, any function with period π can be represented as a series:

$$f(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cdot \cos(\omega_k t + \varphi_k), \quad (3)$$

where A_k is amplitude of k -th harmonic oscillation, ω_k is circular frequency of harmonic oscillation; φ_k is initial phase of the k -th oscillation; A_0 is free component representing the expectation of the function in the interval $0 \dots \pi$.

On the other hand the dispersion of a stationary random function is equal to the sum of dispersions of all harmonics of its spectral decomposition:

$$D = \sigma^2 = \int_0^{\infty} S(f) \cdot df = \sum_{k=0}^{\infty} D_k = \sum_{k=0}^{\infty} S(f_k) \cdot \Delta f, \quad (4)$$

If one and the same set of frequencies for the spectral decomposition of function and for Fourier series is used, it follows from Ex. (3)–(4) that the amplitude of k -th harmonic oscillation of the Fourier series equals to the standard RMS deviation of corresponding spectrum harmonic:

$$A_k = \sqrt{D_k} = \sqrt{S(f_k) \cdot \Delta f}, \quad (5)$$

where Δf is the spacing between adjacent frequencies.

Performing transformations and passing to a finite number of frequencies N , we obtain the equation for the longitudinal wind speed component defined within time interval T :

$$V(t) = \bar{V} + \sum_{k=1}^N A_k \cdot \cos(\omega_k t + \varphi_k), \quad (6)$$

where \bar{V} is wind speed, averaged in 10 minutes interval.

In Ex. (6) simulation time T corresponds to a half period of the fundamental harmonic: $T = \pi$. Thus the number N determines the sampling frequency of the timing signal:

$$\Delta t = \frac{T}{N}; \quad \Delta \omega = \frac{\pi}{T}; \quad \Delta f = \frac{1}{2 \cdot T}; \quad t = k \cdot \Delta t \quad k=1 \dots N \quad f_k = \frac{k}{2 \cdot T} \quad (7)$$

Ex. (2)–(6) allow to construct simulation model of longitudinal wind speed component if spectral parameters of turbulence are known.

The amplitude of the spectral density for the respective frequency f_k is determined by Ex. (2). Phase angle φ_k is a random number ranging from 0 to 2π .

Spectral parameters of the turbulence for Kaimal's model are determined in accordance with the requirements specified in [3]. According to the requirements all wind power plants in conformity with the turbulence intensity are divided into three sub-classes A, B, C. Each sub-class is characterized by its expected value of the intensity of air flow turbulence at the height of the wind wheel axis I_{ref} .

Sub-class A corresponds to wind power plants with increased turbulence ($I_{ref}=0,16$) and is adopted for urban areas, where the roughness of the earth's surface is $z_0 > 0,3$ [4]. Sub-class B corresponds to a more open area ($0,1 < z_0 < 0,3$) and its turbulence intensity is assumed to be equal to $I_{ref}=0,14$. Sub-class C is characterized by open countryside ($z_0 < 0,1$) with turbulence intensity $I_{ref}=0,12$.

Standard RMS deviation of the wind speed longitudinal component at the height of wind wheel axis for 90% quantile of the standard wind power plant is given by the expression:

$$\sigma = I_{ref} \cdot (0,75 \cdot \bar{V}_{hub} + b), \quad b=5,6 \text{ m/s}, \quad (8)$$

where \bar{V}_{hub} is average wind speed at the height of wind wheel axis.

Longitudinal scale factor of turbulence airflow at the height of wind wheel axis Z is expressed by the relation:

$$\Lambda = \begin{cases} 0,7 \cdot \frac{Z}{42 \text{ m}} & Z \leq 60 \text{ m} \\ \frac{Z}{Z > 60 \text{ m}} & Z > 60 \text{ m} \end{cases}, \quad (9)$$

For integral scale factor of longitudinal wind speed vector component L calculation the next expression is used:

$$L = 8,1 \cdot \Lambda, \quad (10)$$

Initial data for the turbulence parameters calculation are the sub-class of wind power plant, which is determined by the place of its location, the height of the wind wheel axis Z and the average wind speed \bar{V}_{hub} for a given simulation time interval.

Practical implementation

Software implementation of the model developed above is carried out in two stages. At the first stage the values of amplitudes A_k and phase angles φ_k corresponding to harmonic components of simulated signal are calculated. At the second stage the synthesis of the signal is performed.

To perform the calculations it is necessary to create two numeric data arrays: $M1[m, N]$, $M2[N, Nt]$.

Parameter m in the array $M1$ is determined by the amount of calculated variables: f_k , $S(f_k)$, A_k , etc. The value N determines the number of harmonic oscillations, which are taken into account for the decomposition of function. At small value of N we obtain the low accuracy of the calculation, while the large value of N requires additional resources of PC. For the class of problems the number of harmonics taken into account $N = 100$ is quite acceptable.

Parameter Nt corresponds to a given number of calculation points of the process used for output. Importantly, the synchronization of frequencies adopted during the development of the model requires the fulfillment of certain relations between N and Nt .

For example, the purpose of modeling is to simulate the wind speed longitudinal component in the time interval $T_{mod}=100$ s sampled at $\Delta t_{ref}=1$ s. If directly $T = 100$ s is accepted, then at $N = 100$ according to Ex. (7), we obtain $\Delta t = 1$ s, which greatly exceeds the desired sampling interval.

For considered example, it is necessary to determine the period of expansion as $T = \Delta t_{ref} \cdot N$, then calculate the parameter c which determines the size of the output array $Nt = c \cdot N$ and the number of cycles that must be done for the complete filling of the array:

$$c = \frac{T_{mod}}{T}, \quad (11)$$

Normalized spectral density according to Kaimal determined by Ex. (2) is represented graphically in Fig. 1. Fig. 2 shows an example of modeling the wind speed longitudinal component using the developed technique.

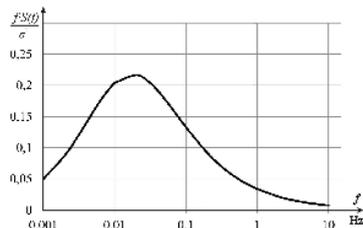


Fig. 1. Spectral density according to Kaimal

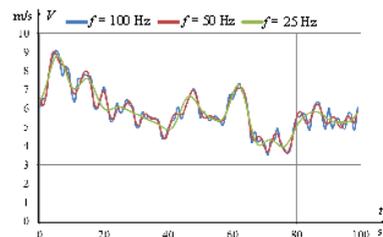


Fig. 2. Dynamic characteristic of longitudinal wind speed component

Summary

For wind speed longitudinal component modeling in the present work spectral Kaimal's model is used. The model developed allow to tune the modeling degree of accuracy by presetting the sampling step and frequency spectrum. The modeling results obtained are in good agreement with the results of other authors' investigations involved in the development of wind mathematical models for wind power engineering. The model proposed has a simple structure, easy to implement by means of software applications and may find practical implementation in scientific researches devoted to small wind power engineering.

Acknowledgements

This work was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project # 14-08-90106).

LIST OF REFERENCES

1 **Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E.** Wind energy handbook. John Wiley & Sons, New-York, 2001.

2 **Van Der Hoven, I.** Power spectrum of horizontal wind speed in the frequency range from 0.0007 to 900 cycles per hour, J. Meteor., 14, p. 1957. – p. 160-164.

3 Standard IEC 61400-1: 2005 Wind Turbines – Part 1: Design requirements.

4 **Hau Erich.** Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. 2nd edition // Springer – Verlag Berlin Heidelberg. 2006. – 783 p.

Material received on 12.11.14.

Е. Ж. Сарсикеев¹, Б. В. Лукутин¹, С. Г. Обухов¹, А. П. Кислов², В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. М. Акаев², А. Б. Кайдар²

Каймал функциясымен желдің турбулентті құрастырушысы

¹Ұлттық зертеу Томск политехникалық университеті, Томск қ., Ресей;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 12.11.14 баспаға түсті.

Е. Ж. Сарсикеев¹, Б. В. Лукутин¹, С. Г. Обухов¹, А. П. Кислов², В. П. Марковский², Б. К. Шапкенов², А. М. Акаев², А. Б. Кайдар²

Турбулентная составляющая ветра с функций Каймал

¹Национальный исследовательский

Томский политехнический университет, Россия;

²Павлодарский государственный университет

имени С. Торайғырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 12.11.14.

Мақалада желдің динамикалық үлгілері арнаулы өзіндікке желден ұзына бойына құрайтын жылдамдықтан пішіндеуден көмекпен арналған. Каймал-х функциялардың көмекпен турбулент құрайтын ветрлер статистикалық сипаттама көрсеткен. Үлгі үшін барлық қажетті параметрлер есеп айырысып жатыр. Динамикалық мінездемелерге пішіндеулер нәтижелері берілген.

Статья посвящена разработке динамической модели ветра с помощью моделирования продольной составляющей скорости ветра. Представлено Статистическое описание турбулентной составляющей ветра с помощью функции Каймал. Все необходимые параметры для модели исполнения рассчитываются. Представлены результаты моделирования в виде динамических характеристик.

Т. Т. Токтаганов¹, М. Садуулы²

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

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ЭКИПАЖЕЙ

В настоящей статье авторы дают анализ динамическому явлению экипажа при движении по прямым и кривым участкам пути и обеспечению безопасности движения, сохранности груза при перевозке, а также долговечности конструкции рельсового экипажа.

Ключевые слова: рельсы, экипаж, вагоны, динамика.

Важной частью жизненного цикла грузового вагона является непосредственное выполнение им транспортной функции, то есть перемещения из одного пункта в другой по рельсовому пути в порожнем или груженом состоянии. В процессе движения вагона принято выделять и исследовать ряд физических явлений, которые носят динамический характер.

В первую очередь к исследуемым динамическим явлениям относятся колебания обрессоренных частей экипажа при движении по прямым и кривым участкам пути, [6], источником возмущения в которых служат дискретные или непрерывные неровности рельсов и поверхности катания колес, извилистое движение колесных пар. Как колебания любой механической системы, колебания экипажа на подвешивании являются суперпозицией свободных (собственных) и вынужденных. Как следствие колебаний экипажа непосредственно на его конструкцию и перевозимый груз действуют вибрационные силы и ускорения, которые приводят к накоплению в них повреждений. Особо интенсивные колебания экипажа могут привести к выходу частей вагона за габарит.

Для обеспечения безопасности движения, сохранности груза при перевозке, а также долговечности конструкции рельсового экипажа практически и научно обоснована система показателей ходовых качеств, приведенная в Таблице 2.1, [14, 15], которые могут быть в первую очередь определены экспериментально при проведении ходовых динамических испытаний вагона, [1].

Таблица 2.1 – Показатели ходовых качеств, используемые для оценки колебаний обрессоренных частей грузовых вагонов

Показатель		Нормативное значение	
		Порожний вагон	Груженный вагон
Коэффициент вертикальной динамики рамы кузова вагона	отлично	0,50	0,20
	хорошо	0,60	0,35
	удовлетворительно	0,70	0,40
	допустимый	0,75	0,65
Вертикальное ускорение рамы кузова вагона, g*	отлично	0,50	0,20
	хорошо	0,60	0,35
	удовлетворительно	0,70	0,45
	допустимый	0,75	0,65
Горизонтальное ускорение рамы кузова вагона, g	отлично	0,20	0,10
	хорошо	0,25	0,15
	удовлетворительно	0,40	0,30
	допустимый	0,55	0,45
Коэффициент вертикальной динамики рамы тележки с надбуксовым подвешиванием	допустимый	0,75	0,7

* g – 9,81 м/с – ускорение свободного падения

Вертикальное и горизонтальное (поперечное к оси пути) ускорение рамы кузова вагона измеряется в зоне шкворня в диапазоне частот до 20 Гц. Максимальное значение вычисляется с доверительной вероятностью 0,999.

Коэффициент вертикальной динамики рамы кузова вагона может быть определен двумя способами:

– как отношение динамической составляющей прогиба второй ступени рессорного подвешивания к статической при данной загрузке вагона;

– как отношение динамической составляющей механического напряжения, действующего в конструкции рамы вагона, к статической при данной загрузке. Максимальное значение вычисляется в диапазоне частот до 12 Гц с доверительной вероятностью 0,999.

Максимальное значение определяется в диапазоне частот до 12 Гц с доверительной вероятностью 0,999.

Наблюдение отдельных форм собственных колебаний вагона при его движении по рельсовому пути – практически невыполнимая задача, так как при этом колебания представляют собой суперпозицию собственных

форм, [16, 10]. Принято выделять следующие простые формы колебаний вагона на подвешивании, поддающиеся отдельному экспериментальному исследованию, [9]:

- подпрыгивание кузова;
- боковой относ с боковой качкой кузова;
- подпрыгивание и галопирование рам тележек (при наличии первой ступени подвешивания).

Остальные собственные формы колебаний вагона одновременно содержат перемещения по трем и более степеням свободы.

Качественная оценка динамического поведения рельсового экипажа на пути на предварительном этапе может быть сделана путем определения скорости затухания колебаний по формам подпрыгивания, галопирования и боковой качки с боковым относом [15, 1], так как единичные возмущения задаются установкой клиньев (высотой не более 28 мм) под колесами вагона с его последующей накаткой на них и падением.

Испытания по сбрасыванию с клиньев проводятся для порожнего и груженого вагона для трех схем расстановки клиньев:

- под все колеса на одном из рельсов (имитация формы колебаний бокового относа и боковой качки);
- под колеса одной тележки (имитация галопирования);
- под все колеса вагона (имитация подпрыгивания).

Необходимо отметить, что коэффициент относительного затухания определяется как логарифмический декремент колебаний.

– увеличивается при уменьшении амплитуд колебаний, а при турбулентном вязком трении – возрастает.

Для достаточного демпфирования колебаний вагонов рекомендуется, [4], коэффициенты относительного затухания иметь в пределах: для подпрыгивания и галопирования 0,2-0,3, для бокового относа и качки – 0,1-0,2.

В случае подвешивания, реализующего гашение колебаний за счет сил сухого трения, оценка затухания колебаний подпрыгивания и галопирования может быть сделана по коэффициенту относительного трения, который равен отношению силы трения F к статической нагрузке на рессорный комплект

$P_{st}: \varphi = \frac{F}{P_{st}}$. Для грузовых вагонов на двухосных тележках с одинарным центральным рессорным подвешиванием рекомендуемая, [14], величина коэффициента относительного трения равна

$$\varphi_r = 1,6 \frac{h}{f_s} \quad 2$$

где h – расчетная амплитуда периодической неровности рельсовой колеи, принимаемая для среднего состояния пути равной 5 мм, [14]; f_s – эквивалентный статический прогиб рессорного подвешивания, элементов

конструкции вагона и пути. В современных тележках рекомендуемая величина лежит в диапазоне 0,05...0,20.

Более сложные динамические явления наблюдаются при движении необрессоренных частей рельсового экипажа и, в первую очередь, качении колесных пар по рельсам.

При качении колесной пары с конической поверхностью катания по рельсам могут возникать самовозбуждающиеся боковые колебания, получившие название извилистое движение, исследованию которого были посвящены первые работы по динамике вагонов [11, 17, 4].

Неустойчивое движение вагона характеризуется не только интенсивными колебаниями виляния при движении колесных пар по рельсовому пути, но и скачкообразным ростом интенсивности всех колебаний обрессоренных частей, связанных с горизонтальными перемещениями и поворотами (виляние тележек под вагоном, боковые ускорения и т.п.). То, что критическая скорость экипажа выше его эксплуатационной скорости, является достаточным условием, что показатели ходовых качеств лежат в пределах нормативов. Таким образом, устойчивость рельсового экипажа косвенным образом характеризуется системой нормативных показателей, приведенной в Таблице 2.1.

Существует способ наблюдения достижения экипажем критической скорости на катковом стенде, [19]. Колесной паре, установленной на вращающемся катке, задают единичное поперечное возмущение наблюдают за затуханием ее поперечных колебаний относительно катка стенда. С ростом скорости вращения катка в какой-то момент боковые колебания колесной пары перестают быть затухающими. Скорость, соответствующая декременту поперечных колебаний колесной пары менее 0,1 считается критической. При проведении эксперимента с полномасштабным пассажирским вагоном результаты близки к полученным в ходовых испытаниях.

Несмотря на существование явления возникновения неустойчивого движения с ростом скорости рельсового экипажа, критическая скорость в связи со сложностью и неоднозначностью ее экспериментального определения не является нормированным показателем. Для оценки безопасности движения используют показатели, характеризующие силовое взаимодействие колес и рельсов.

Интенсивные боковые колебания колесных пар могут привести к недопустимо большим нагрузкам на путь. Однако самую большую опасность представляет возможность вкатывания гребня колеса на поверхность катания рельса при больших горизонтальных силах, прижимающих гребень к головке рельса, и недостаточных вертикальных силах, препятствующих подъему колеса, что может привести к сходу колесной пары с рельсов.

Естественно, что при экспериментальном исследовании динамического поведения рельсовых экипажей, допустить фактический сход колеса с рельса можно только в специально созданных условиях испытаний в исследовательских целях. Поэтому оценка безопасности вагона от схода колеса с рельсов производится по косвенным критериям, разработке которых посвящено большое количество работ зарубежных и отечественных авторов.

Для оценки склонности колеса к «вползанию» гребнем на головку рельса М. Надалем, [303], был предложен способ, который лежит в основе большинства современных методик. Он основан на рассмотрении уравнений равновесия колеса в условиях контакта гребнем. В качестве оценочной функции используется коэффициент Надаля – отношение мгновенной боковой силы, действующей на рельс, F_y , к вертикальной, F_x :

$$K_{nad} = \frac{F_y}{F_z} < [K_{nad}], \quad 2.3$$

которое для обеспечения безопасности движения не должно превышать нормировочного значения:

$$[K_{nad}] = \frac{\tan \delta - \mu}{1 + \mu \tan \delta} \quad 2.4$$

где δ – угол наклона образующей конусообразной поверхности гребня колеса с горизонталью, μ – коэффициент трения в контакте гребня колеса и рельса. В нормах UIC, принято $[K_{nad}] = 0.8$, причем с допускаемым значением сравниваются не мгновенные коэффициенты, а усредненные на длине 2 м методом скользящего среднего.

В Казахстане безопасность движения оценивается по коэффициенту запаса устойчивости колеса против схода с рельса (используются также термины коэффициент запаса устойчивости от подъёмки или вползания гребня колеса на головку рельса, коэффициент запаса устойчивости колеса от схода с рельса):

$$K_{yc} = \frac{\tan \delta - \mu F_z}{1 + \mu \tan \delta F_y} > [K_{yc}], \quad 2.5$$

который фактически является обратной величиной к коэффициенту Надаля. При этом принимается $\delta = 60$, $\mu = 0,25$. Допускаемое в соответствии с [14] значение коэффициента запаса устойчивости колеса от схода с рельсов для грузовых вагонов составляет $[K_{yc}] = 1,2$ в кривых участках пути, $[K_{yc}] = 1,3$ на прямых.

Прямое измерение коэффициента запаса устойчивости колесной пары против схода с рельсов при движении вагона возможно с использованием такого испытательного оборудования, как тензометрическая колесная пара. В Казахстане измерения с помощью тензометрической колесной пары рассматриваются как дополнительные, в соответствии с UIC, [20],

тензометрические колесные пары используются в обязательном порядке при испытаниях нового подвижного состава.

При проведении стандартных испытаний по исследованию динамического поведения экипажа, [15], методика перехода от рамных сил и коэффициентов вертикальной динамики к силам в контакте колеса и рельса:

$$F_y = \mu Q_{cm} \left[\frac{2(b-a_1)}{l} + K_d^n \frac{a_1}{l} - K_d^{nn} \frac{(2b-a_2)}{l} \right] + \mu q \frac{b-a_1}{l} + \left(1 - \frac{r}{l} \mu \right) H_p, \quad 2.6$$

$$F_y = Q_{cm} \left[\frac{2(b-a_2)}{l} - K_d^n \frac{(2b-a_2)}{l} + K_d^{nn} \frac{a_2}{l} \right] + q \frac{b-a_2}{l} + \frac{r}{l} H_p, \quad 2.7$$

где Q_{cm} – вертикальная статическая нагрузка на шейку оси колесной пары при данном режиме загрузки вагона;

q – сила тяжести массы неподрессоренных частей, приходящихся на колесную пару;

$2b$ – расстояние между серединами шеек оси колесной пары;

a_1, a_2 – расстояния от точек контакта колес с рельсами до середины соответствующих (набегающей и не набегающей) шеек оси колесной пары;

l – расстояние между точками контакта колес колесной пары с рельсами;

r – радиус круга катания колеса;

K_d^n, K_d^{nn} – коэффициент вертикальной динамики соответственно на набегающем и не набегающем колесе (значения принимаются положительными в случае безгрузки колес);

H_p – горизонтальная боковая рамная сила (измеренная по правой и левой стороне), положительная в случае действия в сторону набегающего колеса.

Рамная сила (поперечная горизонтальная сила, действующая на колесную пару со стороны экипажа) сама по себе также является нормируемой величиной. Ее максимальное значение определяется в диапазоне частот до 12 Гц с доверительной вероятностью 0,999. РД 24.050.37 нормирует K_{yc} (формулы (2.6), (2.7)) также как случайную величину. Обобщение нормируемых показателей, характеризующих динамическое поведение необрессоренных частей грузового вагона, в том числе безопасность движения, приведено в Таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Система показателей, используемых для оценки динамического поведения необрессоренных частей грузовых вагонов

Показатель		Нормативное значение	
		Порожний вагон	Груженный вагон
Отношение рамной силы к статической осевой нагрузке, H_p/P_o	отлично	0,25	0,20
	хорошо	0,30	0,25
	удовлетворительно	0,38	0,30
	допустимый	0,40	0,38
Коэффициент запаса устойчивости от схода колеса с рельсов (По «Нормам...»)	в прямых	1,3	
	в кривых	1,2	
Коэффициент запаса устойчивости от схода колеса с рельсов (по РД 24.050.37) при доверительной вероятности его значения	0,00001	1,15	1,15
	0,0001	1,25	1,25
	0,001	1,45	1,45
	0,01	1,60	1,60

Показатели, приведенные в Таблицах 2.1 и 2.2, используются для полной нормативной оценки динамического поведения грузовых вагонов при движении по рельсовому пути (как в прямых, так и в кривых участках, а также по стрелочным переводам).

Можно предположить, что показатели в сложившейся исторически системе для нормативной оценки динамического поведения грузовых вагонов при движении по рельсовому пути (Таблицы 2.1, 2.2) являются независимыми величинами.

Если при движении по прямым участкам пути взаимодействие гребней колес с рельсами возникает лишь на коротких отрезках пути, в кривых с радиусом менее 800-600 м гребни некоторых колес грузовых вагонов прижаты к наружному рельсу почти на всем протяжении кривой.

Для грузового вагона на тележках ЦНИИ-ХЗО характерное положение при движении в круговой кривой с положительным непогашенным ускорением связано с контактом наружного по отношению к кривой

гребня первой колесной пары с рельсом. При этом наблюдается не только естественный поворот тележек под кузовом вагона, но и нежелательное явление, называемое «забеганием» (или «обгоном») боковых рам в кривой, когда тележка принимает параллелограммную конфигурацию в плане. При значительном перекосе тележки может возникать также контакт гребнем внутреннего колеса второй колесной пары тележки. Такое положение тележки в рельсовой колее получило название перекосное заклиненное. Вторая тележка грузового вагона может двигаться в кривой без касания гребнями колес рельсов или иметь конфигурацию аналогичную первой тележке.

Геометрия тележек грузового вагона при его движении в круговой кривой приводит к тому, что реакция на действующую на экипаж силу инерции сосредоточена в контакте гребня наружного колеса первой колесной пары с рельсом. Большая величина поперечной силы, действующей между колесом и рельсом, может привести к подъёмке колеса и сходу вагона с рельсов. Таким образом, безопасность движения вагона в кривой оценивается по критериям, приведенным в Таблице 2.2.

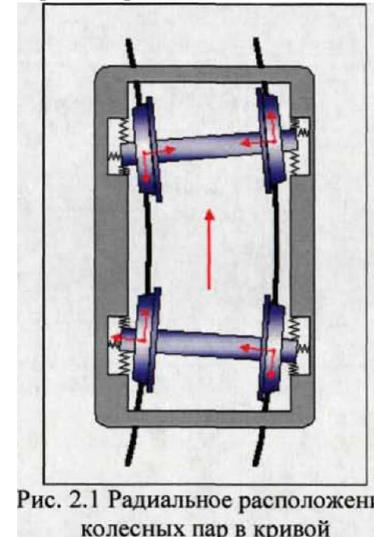


Рис. 2.1 Радиальное расположение колесных пар в кривой

Повышение безопасности движения в кривой возможно путем перераспределения силы инерции экипажа между всеми наружными колесами. Это возможно, если колесные пары экипажа занимают в круговой кривой радиальное положение (рис. 2.1). Косвенно оценить качество движения вагона в кривой можно по конфигурации, которую принимают колесные пары относительно рамы тележки, конфигурации самой рамы (в случае нежесткой рамы), положению рамы относительно кузова

вагона. При углах набегания колесной пары на рельс не более 5 мрад, вписывание тележки в кривую считается близким к радиальному.

Экспериментальные данные показали, что на возможны интенсивные колебания необрессоренных частей, аналогичные по своей природе извилистому движению колесных пар, наблюдаемому на прямых участках пути. Однако на кривых колебания связаны не столько с увеличением

скорости движения, сколько с условиями контакта колес и рельсов. Интенсивные колебания чаще возникают при возникновении двухточечного контакта колес с рельсами.

В процессе проведения экспериментальных исследований динамического поведения рельсовых экипажей было отмечено, например, для полувагонов на тележках модели ЦНИИ-ХЗ-О, [6], однако, на осциллограммах ускорений и механических напряжений кузова наблюдаются достаточно интенсивные колебания. Поэтому отдельно изучаются колебания кузовов вагонов как упругих тел.

Крепление груза на вагоне или свойства самого груза часто допускают колебания, которые могут привести к изменению динамического поведения вагона, например, исследованию колебаний жидкого груза в вагонах цистернах посвящены работы [5, 3].

В наибольшей степени на динамическое поведение рельсового экипажа влияет форма профилей колес и рельсов, которая образуется в результате их износа. Для определения формы профилей колес в эксплуатации пользуются как упрощенными измерениями величины износа по кругу катания и бокового износа гребня, так и полным обмером формы профилей.

Начиная с 90-х годов двадцатого века на железных дорогах колеи 1520 мм остро встала проблема интенсификации бокового износа гребней колес грузовых вагонов. Например, для полувагонов на тележках ЦНИИ-ХЗ-0 интенсивность износа по кругу катания достигает 3,6 мм на 100 тыс. км, а интенсивность бокового износа гребня 11 мм на 100 тыс. км.

В последнее время при исследовании динамического поведения вагонов стали обращать внимание и на другие явления, которые в основном связаны с накоплением повреждений в колесах и рельсах, среднечастотными вибрациями, аварийными режимами движения вагонов:

- образование выщербин металла на поверхности колес и рельсов (контактная усталость при качении);
- шум от качения колес по рельсам и в частности «визг» (squeal) при движении вагонов в кривых;
- корругация рельсов (образование коротковолновых неровностей);
- движение вагона по шпальной решетке после схода с рельсов.

Анализ динамических явлений, наблюдаемых при движении вагонов по рельсовому пути, позволил сформулировать основную задачу разработки математических моделей, а именно разработать систему уравнений, описывающих движение грузового вагона, выбрать методы ее решения и разработать алгоритмы расчета и критерии оценки динамического поведения, позволяющие достоверно описать такие явления как:

- колебания обрессоренных частей экипажа при движении по неровностям рельсового пути в прямых и кривых;

– возникновение интенсивных колебаний при двухточечном контакте колес с рельсами в кривых;

– взаимодействие колес и рельсов с учетом возникающих сил, возможности схода с рельсов, прогнозирования износа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анализ конструкций тележек грузовых вагонов и выбор вариантов схемы рессорного подвешивания: Отчет о НИР / Ленинградский ин-т инж. ж.-д. трансп.; Руководитель Г. В. Левков. – Л., 1973. – 83 с.
- 2 **Андерссон, Е.** Тележка с упругим направлением колесных пар для грузовых вагонов // Железные дороги мира. – 1988. – № 12. – С. 27-30.
- 3 **Анисимов, П. С.** Влияние конструкции и параметров тележек на износ колес и рельсов // Ж.д. транспорт. – 1999. – № 6. – С. 38-42.
- 4 **Анисимов, П. С.** Испытания вагонов: Монография. – М. : Маршрут, 2004. – 197 с.
- 5 **Анисимов, П. С.** Особенности центрального и надбуксового рессорного подвешивания тележки грузовых вагонов / П. С. Анисимов, Л. О. Грачева // НИИИНФОРМТЯЖМАШ. – М. : Транспортное машиностроение. – 1966. – №2.
- 6 **Анисимов, П. С., Вериго, М. Ф., Грачева, Л. О., Кузнецов, А. В., Кузьмич, Л. Д., Львов, А. А., Соколов, М. М.** О параметрах перспективной двухосной тележки грузовых вагонов: Труды ВНИИВ. – М., 1973. – Вып. 20. – С. 3 - 21.
- 7 **Аношин, Г. В., Орлова, А. М., Рудакова, Е. А.** Усталостные и ресурсные испытания неметаллических упругих элементов тележек грузовых вагонов // Тез. докл. IV межд. научно-техн. конф. Подвижной состав 21 века: идеи, требования, проекты. – СПб. : ПГУПС, 2005. – с. 6-8.
- 8 **Бартенева, Л. И., Долматов, А. А., Кудрявцев, Н. Н., Кочнов, А. Д., Черкашин, Ю. М.** Требования к конструкции двухосных тележек грузовых вагонов для перспективных условий эксплуатации: Труды ВНИИЖТ. – М. : Транспорт, 1973. – вып. 483. – 96 с.
- 9 **Бахвалов, Н. С.** Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения) – М. : Наука, гл. ред. физ-мат. лит., 1975. – 631 с.
- 10 **Белоусов, А. В.** Применение рессорного подвешивания с билинейной характеристикой для улучшения динамических качеств грузовых вагонов. Автореф. канд. техн. наук. – М., 2001. – 25 с
- 11 **Белоусов, А. В., Ромен, Ю. С.** Выбор рациональных характеристик рессорного подвешивания грузового вагона // Труды ВНИИЖТ, Железнодорожный транспорт в современных условиях. – М., 2000. – с. 109-115.

12 **Беньковский, Д. Д.** Выбор коэффициента относительного трения фрикционных гасителей колебаний для тележек грузовых вагонов с буксовым рессорным подвешиванием // Динамика подвижного состава. Под ред. И. И. Челнокова. Вып. 298. – Л. : Транспорт, 1969. – с. 100-105.

13 **Блохин, Е. П.** Динамика поезда. / Е. П. Блохин, Л. А. Манашкин. – М. : Транспорт, 1982. – 222 с.

14 **Блохин, Е. П., Коротенко, М. Л., Гаркави, Н. Я.** К вопросу зависимости коэффициента запаса устойчивости против схода колеса с рельса от горизонтальных поперечных ускорений пола в шкворневом сечении пассажирского вагона. // Тез. докладов Зей научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». – СПб. : ПГУПС, 2003. – С. 80-81.

15 **Блохин, Е. П., Манашкин, Л. А.** Динамика поезда. – М. : Транспорт, 1982. – 222 с.

16 **Бобков, В. В.** Явные А-устойчивые методы численного интегрирования дифференциальных уравнений. – Докл. АН БССР 1977 6 216 №56 с. 395397.

17 **Богомаз, Г. И.** Динамика железнодорожных вагонов-цистерн. Киев : Наук, думка, 2004. – 223 с.

18 **Бомбардиров, А. П.** Испытания грузовых вагонов и тележек нового поколения. / Сб. докладов межд. конф. Экспериментальное кольцо ВНИИЖТ-70. – М. : ИНТЕХТ, 2001. – с. 109-110.

19 **Бороненко, Ю. П.** Возможности конструктивных схем тележек для обеспечения устойчивости в прямой и радиальной установки колесных пар в кривых / БОРОНЕНКО Ю. П., ОРЛОВА А. М., РУДАКОВА Е. А. // Тез. Ш межд. научно-техн. конф. Подвижной состав 21 века (идеи, требования, проекты). – СПб. : ПГУПС, 2003. – С. 35-37.

20 **Бороненко, Ю. П.** Динамика подвижного состава с механизмами радиальной установки колесных пар в кривых / Орлова А. М., Рудакова Е. А., Васильев С. Г. // Тез. докл. межд. симпозиума Eltrans-2001 Электрификация и развитие железнодорожного транспорта России. Традиции, современность, перспективы. – Санкт Петербург, ПГУПС, 2001. – С. 118-119.

Материал поступил в редакцию 10.10.14

Т. Т. Тоқтаганов, М. Садуұлы

Қозғалыс және динамикалық күйі жағдайында теміржол құрамын бағалау кезіндегі динамикалық құбылысты жүйелеу

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 10.10.14 баспаға түсті.

Т. Т. Toktaganov, M. Saduuly

Systematization of the dynamic phenomena in motion and evaluation criteria of the dynamic behaviour of the railway vehicles

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 10.10.14.

Мақалада авторлар экипаждың жолдың тура және қисық аумағындағы қозғалыс кезіндегі қауіпсіздігін қамтамасыз етуін, тасымалдау кезіндегі жүктің сақталуының, сондай-ақ рельсті экипаждың құрылғыларының ұзақ қызмет етуінің динамикалық құбылысын көрсетеді.

In this paper, the authors provide an analysis of dynamic phenomena of the vehicle on straight and curved sections of track and ensuring safety of goods in tranzit, as well as to the longevity of the structure of the rail vehicle.

УДК 621.3

Б. Б. Утегулов¹, Д. Е. Бейсенбаев², И. М. Сабитов²

¹д.т.н., профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, ²магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Эта статья посвящена нетрадиционной энергетике, применению на практике возобновляемых источников для систем по очистке воды, а также проведён сравнительный анализ стоимости электроэнергии от различных источников.

Ключевые слова: зеленая экономика, нетрадиционная энергетика, очистка воды, окружающая среда, промышленная революция, захоронение отходов.

Основными приоритетными задачами по переходу к «зеленой экономике», стоящими перед РК, являются:

- 1) повышение эффективности использования ресурсов (водных, земельных, биологических и др.) и управления ими;
- 2) модернизация существующей и строительство новой инфраструктуры;
- 3) повышение благополучия населения и качества окружающей среды через рентабельные пути смягчения давления на окружающую среду;

4) повышение национальной безопасности, в том числе водной безопасности [1].

Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» будет реализована в три этапа:

Первый этап 2013–2020 гг.: Оптимизация использования ресурсов и повышение эффективности природоохранной деятельности, а также создание «зеленой» инфраструктуры;

Второй этап 2020–2030 гг.: Преобразование национальной экономики, ориентированной на бережное использование воды, поощрение и стимулирование развития, широкое внедрение технологий возобновляемой энергетики, а также строительство сооружений на базе высоких стандартов энергоэффективности;

Третий этап 2030–2050 гг.: Переход национальной экономики на принципы так называемой «третьей промышленной революции», требующие использования природных ресурсов при условии их возобновляемости и устойчивости [2].

Достоинства традиционных источников энергии:

1) Основная выработка электроэнергии – на долю ТЭС приходится 87,7% выработанной в РК электроэнергии (КЭС – 48,9%, ТЭЦ – 36,6%, ГТЭС – 2,35). Около 72 % электроэнергии в Казахстане вырабатывается из угля, 12,3 % – из гидроресурсов, 10,6 % – из газа и 4,9 % – из нефти. Таким образом, четверть основными видами электростанций вырабатывается 99,8% электроэнергии, а на альтернативные источники приходится менее 0,2%;

2) Независимость от места расположения – теплоэлектростанции можно располагать непосредственно вблизи населённых пунктов, таким образом, сокращая потери на транспортировку тепла и электроэнергии. Единственно важным критерием при выборе места расположения ТЭС или АЭС – наличие водоёмов вблизи с устанавливаемой ТЭС или АЭС;

3) Независимость от погодных условий и времени суток – ТЭС или АЭС работают независимо от дневного света, ветра, напора воды и т.д.

Недостатки традиционных источников энергии:

1) Выбросы в атмосферу (оксид азота, серный и сернистый ангидрид, летучая зола, оксид углерода, окислы алюминия и кремния, углекислый газ) – 30% всех выбросов в атмосферу от стационарных источников;

2) Золоотвалы + занимаемые золоотвалами площади + радиация – уголь, после сжигания в ТЭС превращается в золу, которая разбросана на несколько десятков гектар около теплоэлектростанций, к тому же зола имеет радиоактивный фон;

3) Загрязнение водоёмов – любая ТЭС или АЭС сбрасывает в находящийся вблизи водоём отработанную воду, имеющую высокую температуру, таким образом нарушая экосистему данного водоёма;

4) Радиация (для АЭС) – ни для кого не секрет, что Атомная станция работает на радиоактивном топливе, которое к тому же после отработки имеет радиоактивный фон ещё несколько десятков, а то и сотен лет (см. пункт 5);

5) Необходимость захоронения отходов (для АЭС) – отработанное на атомных электростанциях топливо (в основном уран, реже плутоний) – необходимо утилизировать, но проблема в том, что эти отходы несут высокий радиоактивный фон и поэтому для их утилизации необходимы специальные могильники, которые к тому же необходимо обслуживать в течение всего времени захоронения отходов.

Достоинства возобновляемых источников энергии:

1) Неисчерпаемость – несомненный плюс;

2) Отсутствие выбросов в атмосферу.

Недостатки возобновляемых источников энергии:

1) Зависимость от географического расположения (солнечный свет, ветер, реки, геотермальные источники и т.д.);

2) Зависимость от погоды и времени суток (сила и направление ветра, дневной свет, погодные условия);

3) Влияние на экосистему (роза ветров, снижение нагрева поверхности, ультразвуки от ветряных установок) – при полном отсутствии выбросов в атмосферу, ВИЭ всё же имеют отрицательное влияние на экосистему. Например, ветроустановки создают высокий уровень шума, и даже генерируют ультразвуки, которые негативно влияют на флору птиц. Так же, некоторые птицы попадают под лопасти ветроустановок, таким образом ветрогенераторы сокращают количество некоторых видов птиц. У солнечных панелей наблюдается эффект нагрева поверхности, вследствие чего нагревается околосветильный воздух. Так же есть обратная сторона установки солнечных панелей – они перекрывают солнечные лучи, таким образом лучи не достигают поверхности земли и как следствие – влияние на экосистему площадей под солнечными панелями;

4) Стоимость конструкции – начальная высокая стоимость конструкции. Но как показывают исследования – первоначальная высокая стоимость конструкции окупается через несколько десятков лет по причине практически низких затрат на обслуживание ветроустановок и солнечных панелей, в то время как ТЭС или АЭС требуют значительных затрат на собственные нужды станций, а так же значительные затраты на топливо. Стоимость электроэнергии теплоэлектростанций – это более чем на половину стоимость угля.

Как уже было указано, первоначально ВЫСОКАЯ стоимость ВИЭ окупается за несколько десятков лет, по причине отсутствия затрат за топливо и низких затрат на техническое обслуживание станций.

Вашему вниманию представлен анализ стоимости электроэнергии от различных источников, в котором учтены такие факторы как транспортировка топлива, транспортировка электроэнергии, расходы на техническое обслуживание станций и первоначальные капитальные затраты.

Стоимость различных видов электроэнергии COST FACTORS

While calculating costs, several internal cost factors have to be considered:

1) Capital costs (including waste disposal and decommissioning costs for nuclear energy) – tend to be low for fossil fuel power stations; high for wind turbines, solar PV; very high for waste to energy, wave and tidal, solar thermal, and nuclear.

2) Fuel costs – high for fossil fuel and biomass sources, low for nuclear, and zero for many renewables.

3) Factors such as the costs of waste (and associated issues) and different insurance costs are not included in the following: Works power, own use or parasitic load – that is, the portion of generated power actually used to run the stations pumps and fans has to be allowed for.

To evaluate the total cost of production of electricity, the streams of costs are converted to a net present value using the time value of money. These costs are called as **LEVELIZED COST OF ENERGY** [3].

Levelized cost of energy

Levelized Energy Cost (LEC, also known as Levelized Cost of Energy, abbreviated as LCOE) – It is an economic assessment of the cost of the energy-generating system including all the costs over its lifetime: initial investment, operations and maintenance, cost of fuel, cost of capital, and is very useful in calculating the costs of generation from different sources.

It can be defined in a single formula as:

$$LEC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

Where LEC – Average lifetime levelized electricity generation cost;

I_t – Investment expenditures in the year t ;

M_t – Operations and maintenance expenditures in the year t ;

F_t – Fuel expenditures in the year t ;

E_t – Electricity generation in the year t ;

r – Discount rate;

n – Life of the system [6]

Table 1 – Estimated Levelized Cost of New Generation Resources, 2019 (USA) [3]

Plant Type	Capacity Factor (%)	U.S. Average Levelized Cost for Plants Entering Service in 2019 (2012 USD/MWh)				Total System Levelized Cost
		Levelized Capital Cost	Fixed O&M	Variable O&M (including fuel)	Transmission Investment	
Conventional Coal	85	60	4,2	30,3	1,2	95,7
Natural Gas (Conventional Combined Cycle)	87	14,3	1,7	49,1	1,2	66,3
Nuclear	90	71,4	11,8	11,8	1,1	96,1
Geothermal	92	34,2	12,2	0	1,4	47,8
Biomass	83	47,4	14,5	39,5	1,2	102,6
Wind	35	64,1	13	0	3,2	80,3
Solar	25	114,5	11,4	0	4,1	130
Hydro	53	72	4,1	6,4	2	84,5

Применение возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ) в Республике Казахстан

1) Научный проект: Разработка и внедрение инновационных технологий использования солнечной энергии для нанотехнологической очистки и обеззараживания воды (доктор технических наук, профессор Утегулов Б.Б.)

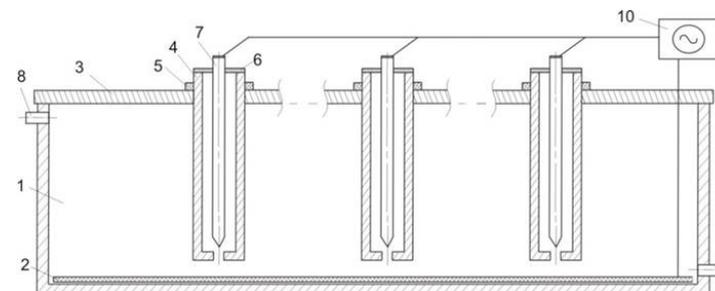


Рисунок 1 – Способ очистки и обеззараживания сточных вод

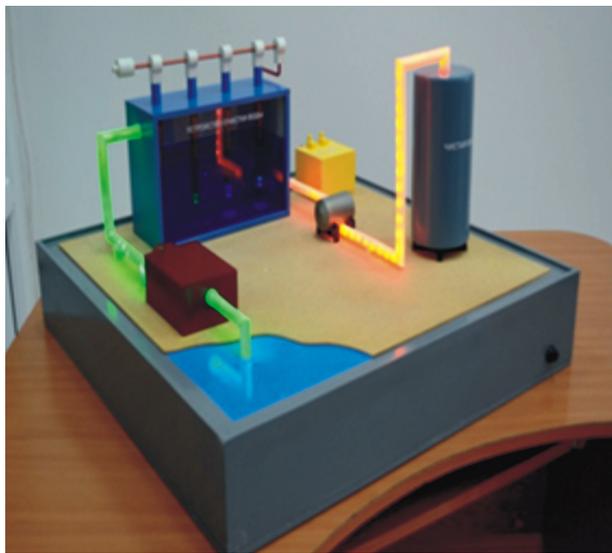


Рисунок 2 – Макет устройства по очистке и обеззараживанию воды

Основные материалы и результаты научно-исследовательских работ докладывались и получили одобрение на международных научных конференциях: России, Украины, Латвии, Эстонии, Киргизии, Польши, Болгарии, Германии, Италии, Испании, Австрии, Австралии и США. По результатам ранее проведенных исследований получен инновационный патент РК «Способ очистки и обеззараживания воды».

Самым известным и распространенным способом обеззараживания воды в РК является хлорирование. Это связано с тем, что оно обеспечивает микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последствия. Все остальные методы обеззараживания воды, в том числе и промышленно применяемые, не обеспечивают обеззараживающего последствия. Между тем хлорирование имеет массу недостатков, в частности, хлорированные сточные воды токсичны для гидробионтов, поскольку хлор образует хлорпроизводные с другими химическими веществами, которые не удаляются традиционными методами дехлорирования, накапливаются в водных объектах, поступает в питьевую воду, являются потенциальными мутагенами и канцерогенами. Эти обстоятельства побуждают к поиску альтернативных, более безопасных для человека методов обеззараживания воды.

Разработка и внедрение инновационных технологий использования солнечной энергии для нанотехнологической очистки и обеззараживания воды – перспективная область производства, обладающая рядом

преимуществ: отсутствие образования побочных продуктов в процессе дезинфекции; повышение степени инактивации болезнетворных микроорганизмов; эффективная доочистка стоков от технических примесей.

Согласно изобретению «Способ очистки и обеззараживания сточных вод» разработан проект «Нанотехнологический способ и устройство очистки и обеззараживания воды», который был представлен на Форуме ученых Казахстана в декабре 2011 года Президенту РК Назарбаеву Н. А. Проект получил высокую оценку и был внесен в каталог Инновационная наука МОН РК.

2) В Шымкенте запустили солнечную электростанцию

«Солнечную электростанцию мощностью 1 мВт запустили в Шымкенте. Запуск состоялся в рамках международного инвестиционного форума по «зеленой экономике», – сказали в пресс-службе агентства КазТАГ.

Стоимость станции – 1,5 млн. долларов, ее строительство длилось полгода. Под станцию выделено 2 га земли.

«У нас в Южном Казахстане 250 дней солнце светит, ну, как этим не воспользоваться? Станцию сегодня запускаем на водозаборе. 60% произведенной энергии будет идти на нужды нашего предприятия и еще 40% выработанной электроэнергии уходит безвозмездно на городские сети», – рассказал генеральный директор ТОО «Водные ресурсы маркетинг» Анарбек Орман [5].



а) б)

Рисунок 3 – Использование ВИЭ в США:
а) Ветряные установки в США, штат Калифорния
(фото из личного архива), б) автономные телефонные будки вдоль трассы, США, штат Калифорния

Выводы: Установка и использование ветряных и солнечных электростанций в Республике Казахстан по удельной стоимости на 1 кВт·час при существующих технологиях сравнимо с традиционными источниками

электроэнергии, такими как ТЭС, ГРЭС, АЭС. Так, согласно расчётам Масачусетского технологического института, стоимость 1 МВт·час на ТЭС равняется \$95,7, тогда как на ветряных станциях \$80,3, а на солнечных \$130.

Поэтому строительство ветряных электростанций в Республике Казахстан имеет очевидные преимущества, а строительство солнечных электростанций будет целесообразно в местах где отсутствуют линии электропередач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 <http://strategy2050.kz/ru/news/1168/>
- 2 <http://strategy2050.kz/ru/news/1211>
- 3 https://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_electricity_by_source
- 4 <http://www.iflscience.com/technology/solar-technology-could-make-underground-parks-cramped-cities-possible>
- 5 <http://news.mail.ru/inworld/kazakhstan/economics/20301726/?frommail=1>
- 6 https://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_electricity_by_source

Материал поступил в редакцию 03.11.14.

Б. Б. Утегулов, Д. Е. Бейсенбаев, И. М. Сабитов

Альтернативті электрэнергия көздері

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 03.11.14 баспаға түсті.

B. B. Utegulov, D. E. Beissenbayev, I. M. Sabitov

Alternative sources of electric energy

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 03.11.14.

Бұл мақала дәстүрлі емес энергетикаға, суды тазартау бойынша жүйелер үшін жаңартылған көздерін тәжірибеде қолдануға арналған, сонымен бірге түрлі көздерден болатын электр энергиясы құнынның салыстырмалы саралауы өткізілген.

This article is devoted to alternative energy, the practical application of renewable sources for systems of water purification, also a comparative analysis of the cost of electricity from different sources.

УДК 621.365

В. Ф. Хацевский¹, Т. В. Гоненко², С. А. Маденов³

¹д.т.н., профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, ²к.т.н., доцент, кафедра «Электротехника и электрооборудование», Омский институт водного транспорта, г. Омск, Россия, ³магистрант, кафедра «Электротехника и автоматизация», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАМКНУТОЙ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В статье рассматриваются общие принципы совершенствования процессов моделирования параметрических регуляторов мощности современных электротехнологических объектов.

Ключевые слова: модель, системы, регулирование, электротехника, дисперсия, адаптация.

Современный этап развития экономики и производства характеризуется переходом к использованию высокоэффективных технологий с использованием сложных технических объектов, стремлением добиться предельно высоких эксплуатационных характеристик как действующего, так и проектируемого оборудования, необходимостью свести к минимуму любые производственные затраты и потери. Все это возможно только при условии существенного повышения качества управления объектами, в том числе путем широкого применения моделирования и высокоэффективных автоматизированных адаптивных систем управления.

Разработка систем управления сложными техническими объектами требует учета многих факторов, которые обусловлены, в первую очередь, различными видами сложности объекта: функциональной сложностью, структурной сложностью, сложностью поведения, и требует использования моделей различного вида, отражающего различные стороны свойств объекта – динамику поведения, структурные и функциональные особенности [1].

Классические методы моделирования, решая многие задачи синтеза систем управления, не обеспечивают в полной мере решение современных задач управления сложными многомерными (много связными) техническими объектами с нестабильными параметрами, ярким примером которых являются

современные электростанции. Необходима модернизация существующих и разработка новых методов моделирования систем управления сложными техническими объектами, в том числе адаптивных систем управления с эталонными моделями, оптимальных (субоптимальных) систем управления, базирующихся на современных достижениях математики, теории систем и т.д.

Большинство современных автоматизированных электротехнологических установок и систем описываются линейными дифференциальными уравнениями с преобладанием характера случайных процессов и многочисленными независимыми переменными. Их устройства управления представляют собой, как правило, параметрические регуляторы.

Изучение свойств случайных процессов представляет собой одну из наиболее важных областей в теории и практике электротехники. Проблема обнаружения моментов изменения свойств случайных процессов возникает при решении не только электротехнологических, но и многих других прикладных задач. С ней приходится сталкиваться, например, при решении задач автоматизированного управления, энергетической и технической диагностики, обработки данных измерений. Широкое распространение и доступность вычислительной техники с одновременным ростом ее возможностей и развитием сетевых технологий позволило накапливать большие массивы данных об исследуемых процессах, что, в свою очередь, позволяет получать на основании их обработки качественно новые результаты.

Авторами был рассмотрен и изучен объект, описываемый линейным дифференциальным уравнением, устройство управления которого представляет собой известный параметрический регулятор. Объект управления и управляющее устройство образуют замкнутую линейную динамическую систему (ЛДС) с единичной отрицательной обратной связью (макрообъект).

Поставлена задача оптимизации модели замкнутой ЛДС (макрообъекта) в случае малой априорной, причем предполагается возможность осуществления эксперимента и использования его результатов.

Выполнение настройки как аналогового, так и цифрового регулятора сводится к настройке его параметров, которая может быть произведена согласно критериям устойчивости Гурвица и Михайлова при наличии явного вида передаточных функций объекта и корректирующих звеньев. Так как на практике структура объекта управления неизвестна, настройка параметров производится эмпирически, что представляет, безусловно, определенную сложность.

Построение параметрической модели объекта также весьма проблематично: включение корректирующего устройства увеличивает число определяемых параметров, а значит и сложность параметрического моделирования. Усложнение структуры модели можно продемонстрировать по структурной схеме замкнутой системы [2, 3, 4].

При оптимизации моделирования рассмотрен случай использования ПИД-регулятора, подключение которого (с учетом условия реализуемости технического устройства) приводит к дифференциальному уравнению замкнутой системы, на два порядка большему дифференциальному уравнению объекта управления. Таким образом, если исходное уравнение объекта имеет третий порядок:

$$a_3 (d^3x(t))/dt^3 + a_2 (d^2x(t))/dt^2 + a_1 (dx(t))/dt + a_0 x(t) = b_0 u(t), \quad (1)$$

то уравнение замкнутой системы имеет пятый порядок, и число оцениваемых параметров увеличивается почти вдвое:

$$a_5^{мид} (d^5x)/dt^5 + a_4^{мид} (d^4x)/dt^4 + a_3^{мид} (d^3x)/dt^3 + a_2^{мид} (d^2x)/dt^2 + a_1^{мид} (dx)/dt + a_0^{мид} x = b_2^{мид} (d^2u)/dt^2 + b_1^{мид} du/dt + b_0^{мид} u \quad (2)$$

Чтобы избежать сложности параметрического подхода, применен непараметрический подход, основанный на оценивании весовой функции $h_s(t)$ и ее подстановке в интеграл Дюамеля [2]:

$$x_s(t) = k_s(0) \cdot u(t) + \int h_s(t - \tau) \cdot u(\tau) d\tau \quad (3)$$

Оценивание переходной характеристики производится по выборочным данным как непараметрическая оценка регрессии [1]:

$$k_s(t) = (\sum y_i \cdot \Phi((t - t_i)/C_s)) / (\sum \Phi((t - t_i)/C_s)) \quad (4)$$

Непараметрический подход позволяет получать модели систем с разными корректирующими звеньями, а также делать достаточно точный прогноз поведения системы, что в условиях дорогостоящих экспериментов (например, на различных действующих электротехнологических установках) является крайне важным аспектом.

Используя полученные ранее результаты экспериментальных исследований режимов работы и параметров различных электротехнологических установок [1, 4], произведена проверка адекватности полученной математической модели в виде замкнутой линейной динамической системы полученным экспериментальным данным.

Для оценки адекватности была выбрана относительная дисперсия ошибки. Была установлена однородность дисперсий экспериментальных значений ($\lambda = 0,06 \dots 1,4$), проверка с использованием критерия Фишера показала удовлетворительное согласие экспериментальных данных в исследуемом диапазоне изменений независимых переменных с расчетными значениями по оптимизируемой модели при 5 %-ном уровне значимости.

Таким образом, полученная в результате оптимизации моделирования адекватная модель, в свою очередь, позволяет легко перейти к решению задач управления замкнутой ЛДС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Хацевский, В. Ф.** Нестационарные режимы работы рудовосстановительных электропечей. – Павлодар : НПФ «ЭКО», 2001. – 144 с.
- 2 **Медведев, А. В.** Непараметрические системы адаптации. – Новосибирск : Наука, 2003. – 176 с.
- 3 **Юревич, Е. И.** Теория автоматического управления. – СПб : БХВ-Петербург, 2007. – 560 с.
- 4 **Гоненко, Т. В.** Электронагрев жидкостей и газов в плазменно-напыленных нагревательных системах. – Павлодар : «Полиграф-дизайн», 2004. – 139 с.

Материал поступил в редакцию 24.12.14.

В. Ф. Хацевский¹, Т. В. Гоненко², С. А. Маденов¹

Электростанция қуатын реттеудің тұйық сызықты электротехнологиялық жүйесін үлгілеуді жетілдіру

¹С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

²Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ.

Материал 24.12.14 баспаға түсті.

V. Khatsevskiy¹, T. Gonenko², S. Madenov¹

Improvement of modelling of the closed linear electrotechnological system of the power regulation of the power plant

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

²Omsk State Technical University, Omsk.

Material received on 24.12.14.

Мақалада қазіргі заманға сай электротехнологиялық объектілер қуаттарының параметрлік реттеуіштерінің үлгілеу урдістерін жетілдірудің жалпы принциптері қарастырылған.

In this article the general principles of improvement of the processes of modeling of parametrical regulators of the modern electrotechnological objects power are considered.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

Редакционная коллегия просит авторов при подготовке статей для опубликования в журнале руководствоваться следующими правилами.

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:

1. В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

2. Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **8-10 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). Межстрочный интервал - 1,5 (полуторный);

3. **УДК** по таблицам универсальной десятичной классификации;

4. **Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках, абзац по левому краю (см. образец);

5. **Название статьи** – на казахском, русском и английском языках, заглавными буквами жирным шрифтом, абзац по левому краю (см. образец);

6. **Аннотация** дается в начале текста на казахском, русском и английском языках: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см, интервал 1,5 (8–10 строк, 100-250 слов). Аннотация является кратким изложением содержания научного произведения, дающая обобщенное представление о его теме и структуре. (см. образец);

7. **Ключевые слова** оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см, интервал 1,5. Для каждой статьи задайте 5-6 ключевых слов в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке. (см. образец);

8. **Список использованной литературы** должен состоять 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).

9. **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

10. Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице

В бумажном и электронном вариантах приводятся:

– название статьи, сведения о каждом из авторов: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание и место работы на казахском, русском и английском языках);

– 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, оригинал квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147), факс: 8 (7182) 67-37-05.

E-mail: kereku@mail.ru

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654
АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 8611	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

УДК 316:314.3

А. Б. Есимова

к.п.н., доцент, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Яссави, г. Туркестан.

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщины сквозь призму семейно-родственных связей.

Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в.

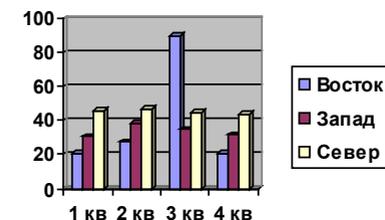
Продолжение текста публикуемого материала

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения



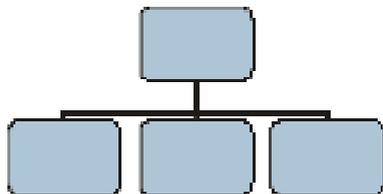


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.

A. B. Esimova

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.

A. B. Yessimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

К. А. Yssawi 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 22.12.2014 ж. жіберілді. Басуға 26.12.2014 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.

Көлемі шартты 6,4 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы

Корректорлар: А. Елемесқызы, З. С. Исакова, А. Р. Омарова

Тапсырыс № 2466

Сдано в набор 22.12.2014 г. Подписано в печать 26.12.2014 г.

Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.

Объем 6,4 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Елемесқызы

Корректоры: А. Елемесқызы, З. С. Исакова, А. Р. Омарова

Заказ № 2466

«КЕРЕКУ» баспасы

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereky@mail.ru