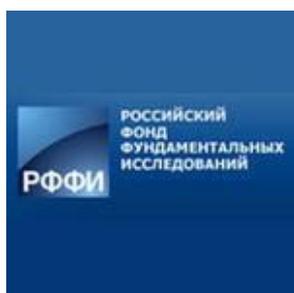


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



МАТЕРИАЛЫ

III МЕЖДУНАРОДНОГО
МОЛОДЁЖНОГО ФОРУМА

**«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ЭНЕРГОСИСТЕМЫ»**

ТОМ 3.

Томск – 2015

УДК 620.9(063)
ББК 31л0
И73

Интеллектуальные энергосистемы: труды III Международного молодёжного форума. В 3т. Томск 28 сентября -2 октября 2015г. Т.3.- Материалы III Международного форума «Интеллектуальные энергосистемы», 300 с.

Настоящий сборник содержит материалы III Международного молодежного форума «Интеллектуальные энергосистемы», проведенного 28 сентября - 2 октября 2015г. на базе Энергетического института Томского политехнического университета, при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований.

Материал сборника представлен без редактирования авторских электронных версий.

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ СБОРНИКА ТРУДОВ ФОРУМА

1. Губин В.Е. к.т.н., доцент, заместитель директора по научной работе ЭНИН ТПУ, председатель
2. Кузнецов Г.В. д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой ТПТ ЭНИН ТПУ
3. Кладиев С.Н., к.т.н., доцент кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ
4. Обухов С.Г., д.т.н., доцент кафедры ЭПП ЭНИН ТПУ
5. Заворин А.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПГС и ПГУ ЭНИН ТПУ
6. Гарганеев А.Г., д.т.н., профессор кафедры ЭКМ ЭНИН ТПУ
7. Стрижак П.А., д.ф.-м.н., зав. кафедрой АТП ЭНИН ТПУ
8. Кобенко Ю.В., д.фил.н., доцент кафедры ИЯ ЭНИН ТПУ
9. Литвак В.В., д.т.н., профессор кафедры АТЭС ЭНИН ТПУ
10. Вайнштейн Р.А., д.т.н., профессор кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ
11. Хрущев Ю.В., д.т.н., профессор кафедры ЭСиЭ ЭНИН ТПУ
12. Ардашкин И.Б., д.ф.н., профессор ФИЛ ИСГТ ТПУ
13. Лукутин А.В., к.т.н., доцент, начальник учебно-методического отдела ЭНИН ТПУ

Верстка и дизайн оригинал макета: Зимина Н.А.

© Томский политехнический университет, 2015

**СЕКЦИЯ 7.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
СИСТЕМ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ
НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

А.М. Сагдатуллин

Альметьевский государственный нефтяной институт

Аннотация. Целью работы является автоматизация нефтеперекачивающих насосных станций посредством разработки средств оперативного контроля и управления режимами работы магистральных насосов с целью обеспечения безаварийной эксплуатации НС, сокращения времени простоя насосных агрегатов, поддержания оптимальных режимов перекачки, а также обеспечения автономной работы и удаленного мониторинга НПС.

Актуальность. Актуальность данной работы заключается в том, что нефтеперекачивающие насосные станции (НПС) магистральных нефтепроводов являются важными энергетическими объектами нефтегазодобывающей промышленности, предназначенными для транспорта нефтепродуктов от пунктов подготовки нефти до конечных потребителей и с увеличением протяженности и усложнением разветвленности трубопроводных магистралей, увеличивается и число НПС, количество основных и подпорных насосной станции (НС), имеющих по 3-5 насоса мощностью от 1000 кВт и более, в результате чего важной становится задача энергосбережения и повышения эффективности работы нефтеперекачивающих насосных агрегатов. Система автоматизации нефтеперекачивающих насосных станций магистральных нефтепроводов в совокупности с современными методами управления сложными объектами являются перспективной областью и направлением развития автоматизированных интеллектуальных систем нефтегазодобывающей промышленности. Для повышения эффективности работы НПС предлагается использовать в управлении режимами работы насосов системы.

Нефтеперекачивающие насосные станции (НПС) магистральных нефтепроводов являются важными энергетическими объектами нефтегазодобывающей промышленности, предназначенными для транспорта нефтепродуктов от пунктов подготовки нефти до конечных потребителей. Как правило, НПС представляют собой совокупность насосных агрегатов, электродвигателей, вспомогательного элек-

трооборудования, резервуарных парков, узлы учета, регуляторов и предохранительных устройств, систему датчиков, комплектную трансформаторную подстанцию и др [1-8].

Нефтеперекачивающие насосные станции делятся на следующие основные подгруппы: головные НПС – ГНПС и вспомогательные (подпорные) НПС – ВНПС. Головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС) предназначена для транспорта нефти по эксплуатационному участку трубопровода значительной протяженности и предотвращения гидродинамических возмущений в нефтепроводе, а также управления процессов перекачки. Головные НПС включают в себя основные и подпорные НС. Подпорные насосные станции производят перекачку нефти с необходимым напором из резервуарных парков во входной трубопровод основной насосной станции, что предотвращает возникновение кавитационных явлений в магистральных насосах или МН). В результате одна НПС может включать в себя более 15 насосов различной мощности без учета вспомогательного оборудования, поэтому эффективности работы и управления данными насосными станциями возможно только путем внедрения современных средств управления, связи и контроля, совершенствованием технологий транспорта высоковязких и битумных нефтей, повышением межремонтного периода технологических объектов магистральных трубопроводов.

Вопросами обеспечения энергоэффективности и повышения надежности эксплуатации магистральных насосов и нефтеперекачивающих станций исследовались в работах Аракеляна А.К., Ключева В.И., Онищенко Г.Б., Шаммазова А.М. и др [1].

Выявлено, что широко распространенные методы регулирования потока в трубопроводах: дросселирования, применения электромагнитных муфт, регулирования путём изменения количества работающих насосов, регулирования с помощью сменных роторов и регулирования путём применения противотурбулентных присадок не соответствуют современным требованиям к энергосбережению и не позволяют решать поставленные задачи автоматизации данного технологического процесса [2].

Согласно [2] можно сказать, что наибольшей эффективностью обладает метод плавного регулирования частоты вращения насосов, обеспечиваемое преобразователями и станциями управления МН магистральных нефтепроводов. Внедрение данных систем позволяет решать задачу согласования работы насосных станций, минимизировать затраты в процессах регулирования скорости электродвигателя

насоса, а также исключить возможность гидравлических ударов в магистральном нефтепроводе.

Для управления нефтеперекачивающей насосной станцией предложена структурная схема многомерного нечеткого регулятора с дискретными термами (рисунок 1). Для эффективного управления система автоматизации нефтеперекачивающих насосных станций магистральных нефтепроводов должна содержать в своем составе различные типы управляющих и регулирующих устройств, обеспечивающие возможность, как плавного пуска, так и регулирования режимов работы отдельных насосных агрегатов. Контактторы, управляющие устройства и панель оператора в данном случае обеспечивают возможность локальной настройки режимов работы насосных станций и регулирования их параметров в соответствии с заданными уставами операторов. Важную роль в данной системе играет возможность распределения функций управления между отдельными насосными агрегатами, а также между регулируемыми задвижками. Диспетчерский пункт включающий в свой состав базу данных позволяет сохранять историю работы установок и всей системы в целом, определять аварийные режимы, производить оперативное управление и контроль режимов работы насосных станций в интегрированном SCADA-пакете.

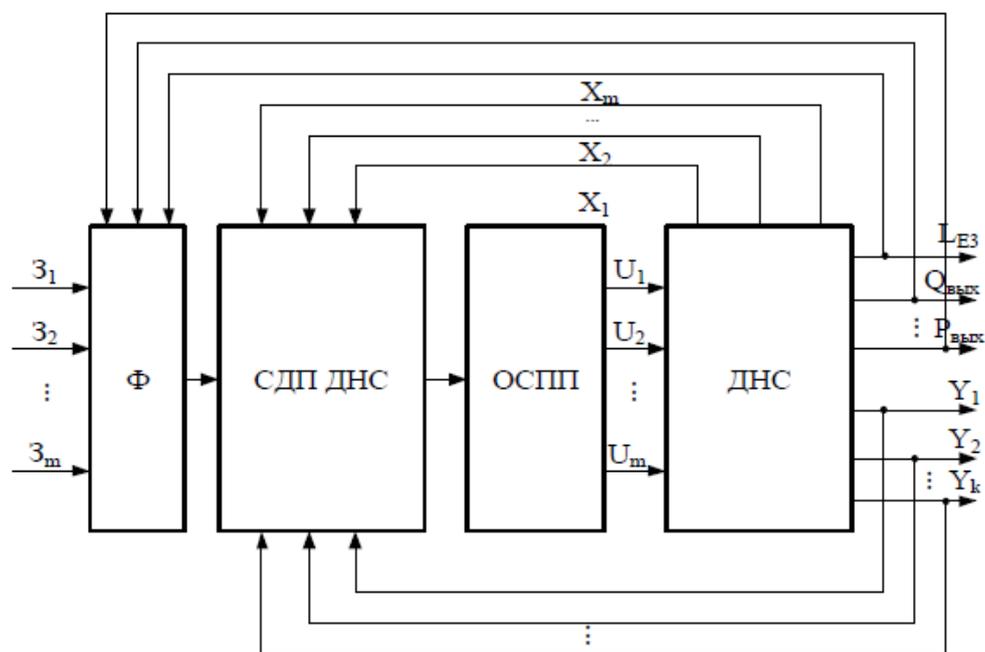


Рис. 1. Структурная схема многомерного нечеткого регулятора с дискретными термами

Структурная схема многомерного нечеткого регулятора с дискретными термами включает в свой состав следующие блоки: СДП ДНС – блок сканирования дискретных входных ($X_1 \div X_m$) и выходных

($Y_1 \div Y_k$) переменных (k – их количество соответственно, m – количество дискретных входных переменных); ОСПП – блокотработки ситуационных подпрограмм; ДНС – блок нефтеперекачивающей насосной станции с выходными регулируемые параметрами. Фаззификатор Φ имеет входы задающих воздействий ($Z_1 \div Z_m$) и обратных связей (LE_3 , $R_{вых}$, $Q_{вых}$). Его выход соединен с блоком СДП ДНС, на входы которого подаются дискретные входные ($X_1 \div X_m$) и выходные переменные ($Y_1 \div Y_k$) объекта управления. Выход блока СДП ДНС соединен со входом блока ОСПП, выходные сигналы ($U_1 \div U_m$) которого в аналоговом (дискретном) формате подаются на исполнительный орган многосвязного объекта управления [3].

Таким образом, разработан многомерный нечеткий регулятор, особенностью которого является применение дискретных термов функции принадлежности регулируемых параметров. Данный регулятор позволяет эффективно управлять многомерным и нелинейным объектом управления в зависимости от технологического режима, адаптироваться к изменению условий, а также позволяет обрабатывать значительные возмущающие воздействия в системе, что является его значительным преимуществом по сравнению со схемами классического пропорционально-интегрального управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Каяшев А.И., Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М. Интеллектуальное управление электроприводом системы транспорта и подготовки нефти // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – 2014. – Т. 12. № 1. – С. 203-207.
2. Муравьева Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А. Моделирование систем автоматизированного электропривода // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. – 2014. – Т. 12. № 1. – С. 251-259.
3. Каяшев А.И., Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М. Автоматизация электропривода насосной станции на основе многомерного нечеткого логического регулятора // Автоматизация, Телемеханизация и Связь в Нефтяной Промышленности. – 2014. – № 4. – С. 30-34.

Научный руководитель: А.И. Каяшев, Е.А. Муравьева д.т.н., профессор, А.А. Емекеев, к.х.н., доцент, директор научно-образовательного центра АГНИ.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ОКСИДА МЕДИ

А.И. Циммерман¹, Ю.Л. Шаненкова², М.И. Гуков¹

^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП, ¹5Г42

Сверхпроводящие материалы являются наиболее перспективными в области электроэнергетики. Благодаря своим свойствам данные материалы способны проводить электроэнергию без потерь. Соединение элементов иттрия, бария, меди и кислорода на данный момент являются наиболее перспективными материалами в области сверхпроводников, так как имеют высокое значение критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние. Для получения данного вида сверхпроводника необходимы оксид иттрия Y_2O_3 , углекислый барий $BaCO_3$ и оксид меди CuO [1]. Также стоит отметить, что оксиды меди (II) широко используются как антибактериальные продукты [2], в различных установках, например, печатной электронике, защите древесины, преобразовании солнечной энергии, высокоскоростного транспорта, в катализе [3], для придания медицинским материалам биоцидных свойств [4]. Кроме того, наноструктуры CuO были изучены в качестве нового класса анодных материалов для аккумуляторных литий-ионных батарей и в качестве электродных материалов для суперконденсаторов [5].

На сегодняшний день существует достаточно большое количество методов получения оксида меди: высокотемпературный процесс окисления [5], электрический взрыв проводников [6], электролиз Cu с использованием переменного тока промышленной частоты [7]. Одним из перспективных методов синтеза нанодисперсных материалов является получение в высокоскоростной импульсной струе плотной электроэрозионной плазмы. В НИ ТПУ разработан метод плазмодинамического синтеза на основе импульсного сильноточного коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ), с помощью которого возможно получение нанодисперсного CuO [8]. Преимущества данного метода следующие: возможность реализации процесса в течение короткого промежутка времени, высокие достигаемые температуры и, соответственно, высокие скорости охлаждения.

С помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя с медными электродами была произведена серия экспериментов при разных энергетических, геометрических параметрах системы. На рисунке 1 представлены типичные осциллограммы напряжения и тока,

полученные при $C = 28,8$ мФ, $U_{ЗАР} = 2$ кВ, накопленная энергия $W_c = 57,6$ кДж, атмосферное давление в камере-реакторе $p = 1$ атм. Из осциллограмм видно, что процесс длится примерно 600 мкс, амплитудные значения тока $I_m = 124$ кА и напряжения $U_m = 1,08$ кВ. Электрическая мощность, развиваемая ускорителем, находится из выражения: $P(t) = U(t) \cdot i(t)$. Таким образом, максимальная мощность ускорителя составляет 134 кВт. Полная подведенная энергия в данном случае составила 35 кДж.

В момент времени $t_0 = 0$ (рисунок 1) силовые ключи в цепи разряда емкостного накопителя замыкаются, начинает протекать ток. Время t_1 соответствует моменту времени зажигания дуги в канале формирования плазменной структуры. В момент времени t_2 плазменная структура разряда выходит из ускорительного канала и происходит истечение плазмы в объем камеры-ректора, как это видно из фотографии на рисунке 2. С помощью фотографии можно определить скорость на срезе ускорительного канала и среднюю скорость плазменно-динамической струи в ускорительном канале, их значения соответственно равны 2,60 км/с и 3,73 км/с.

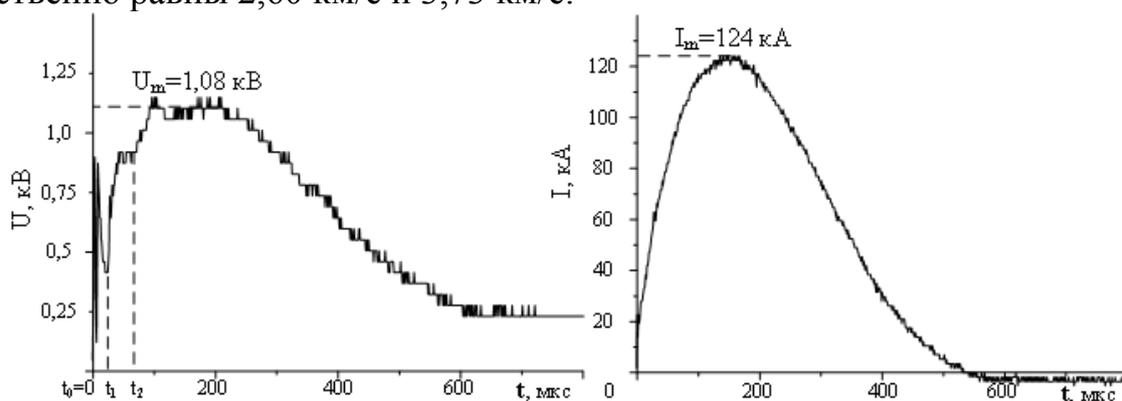


Рис. 1. Типичные осциллограммы напряжения и тока

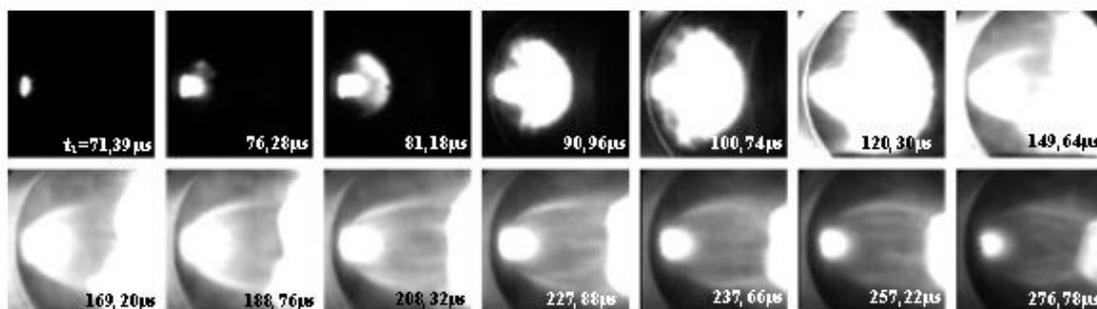


Рис. 2. Фотограмма гиперсверхзвуковой плазменной струи, истекающей из ускорительного канала КМПУ

Для исследования фазового состава синтезированного продукта в ходе эксперимента изменялось давление в камере-реакторе. В таб-

лице 1 представлены параметры экспериментов, в том числе указаны давление в камере реакторе P , зарядная ёмкость C , зарядное напряжение $U_{зар}$, энергия накопителя W_C и выделившаяся энергия W , а также фазовый состав продуктов.

Табл. 1. Параметры экспериментов

№	P, атм.	C, мФ	U _{зар} , В	W _C , кДж	W, кДж	Фазовый состав, %			
						CuO	Cu ₂ O	Cu	Cu(OH) ₂ ·H ₂ O
1	0,5/0,5 O ₂ /воз.	14,4	2,0	28,8	21,5	77,9	6,1	1,0	15,0
2	0,8/0,2 O ₂ /N ₂	14,4	2,0	28,8	23,0	77,8	3,4	18,8	-
3	1,0 O ₂	27,6	1,3	23,3	17,4	93,3	4,9	1,8	-

Из таблицы 1 видно, что продукт, синтезированный в атмосфере кислород-воздух (50%/50%) (опыт №1) имеет следующий фазовый состав: оксид меди (II) CuO, оксид меди (I) Cu₂O, медь Cu и гидратированный гидроксид меди Cu(OH)₂·H₂O. Присутствие меди объясняется тем, что ускорительный канал КМПУ выполнен из меди. Ожидаемый оксид меди представлен в двух видах соединения с разными валентностями. Так как, Cu₂O является менее стабильным материалом в отличие от CuO, следовательно, необходимо уменьшить процентное содержание данной фазы в продукте. Фаза Cu(OH)₂·H₂O образуется за счёт присутствия в камере-реакторе воздуха. Эксперимент под номером 2 (таблица 1) был произведён в атмосфере O₂/N₂ с процентным содержанием 80% к 20% соответственно. Из таблицы видно, что в синтезированном продукте, полученном в данной атмосфере, отсутствует фаза Cu(OH)₂·H₂O. Однако процентное содержание ожидаемой фазы оксида меди (II) не увеличилось. Для увеличения массового содержания CuO объём камеры-реактора заполнялся чистым кислородом (100%). В результате получено существенное увеличение процентного содержания CuO до ~94%. Таким образом, для получения оксида меди (II) с чистотой до 94% необходимо проводить эксперимент в атмосфере кислорода без дополнительных примесей. На рисунке 3 представлена рентгеновская дифрактограмма продукта синтеза опыта №3 (таблица 1). Фазовый анализ продукта проведен с помощью программы Powder-Cell и базы структурных данных PDF 4. Из рисунка видно, что полученный материал состоит в основном из CuO, также присутствуют фазы меди и оксида меди (I) на уровне следов.

Таким образом, в работе показано, что с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя возможно получение ультрадисперсного оксида меди. Наибольшее массовое содержание (94%) требуемой фазы CuO получается в кислородной среде.

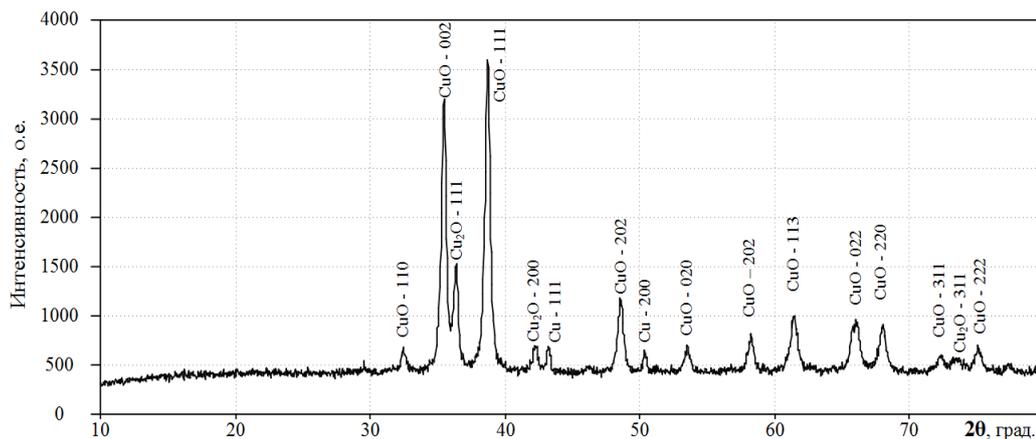


Рис. 3. Рентгеновская дифрактограмма продукта синтеза

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гинзбург В.Л., Андриюшин Е.А. Сверхпроводимость. – М.: Альфа-М, 2006. – 112 с.
2. Ramskova T., Croteaub M.-N., Forbesc V.E., Selck H. Biokinetics of different-shaped copper oxide nanoparticles in the freshwater gastropod, *Potamopyrgus antipodarum* // *Aquatic Toxicology*. – 2015. – № 163. – P. 71–80
3. Jing X., Park J.H., Peters T.M., Thorne P.S. Toxicity of copper oxide nanoparticles in lung epithelial cells exposed at the air–liquid interface compared with in vivo assessment // *Toxicology in Vitro*. – 2015. – Vol. 29. – P. 502–511
4. Гарасько Е.В., Тесакова М.В., Чуловская А.С. и др. // *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. – 2008. – Т. 51. – № 10. – С. 116–119
5. Ananth A., Dharaneedharan S., Neo M.-S., Mok Y.S. Copper oxide nanomaterials: Synthesis, characterization and structure-specific antibacterial performance // *Chem. Eng. Jour.* – 2015. № 262. – P. 179–188
6. Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. // *Огнеупоры и техническая керамика*. – 2006. – № 10. – С. 25–29
7. Коробочкин В.В., Усольцева Н.В., Горлушко Д.А., Балмашнов М.А. // *Известия Томского политехнического университета*. – 2010. – Т. 317. – № 3. – С. 3–16
8. Пат. 137443 РФ. МПК7 H05H 11/00. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / А.А Сивков, А.С. Сайгаш, Ю.Л. Колганова. Заявлено 24.09.2013; Опубликовано 10.02.2014, Бюл. № 4. – 6с.

Научный руководитель: А.А. Сивков, д.т.н., профессор каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

АНАЛИЗАТОР КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ККЭ-1Ф-1

А.Д. Магомедов

Дагестанский государственный технический университет

Одним из направлений деятельности исследовательского центра «Энергосберегающие технологии и интеллектуальный учет в электроэнергетике» Дагестанского Государственного Технического Университета является проведение научно-исследовательских работ по применению электронных устройств и интеллектуальных систем распределения энергии компании Analog Devices. В статье рассказывается о последней разработке центра – однофазном анализаторе количества и качества электроэнергии.

Основной составной частью анализатора является оценочная плата с измерительной микросхемой ADE5169, производимой фирмой Analog Devices. Микросхема ADE5169 имеет встроенное ядро и предназначена для применения в интеллектуальных счетчиках электроэнергии различного назначения. Такие счетчики с высокой степенью точности измеряют количество выработанной или потребленной электроэнергии в однофазных цепях и обладают средствами удаленного считывания результатов измерений.

Интегральная микросхема ADE5169 фирмы Analog Devices объединяет в себе функции измерения энергии в однофазной сети через аналоговый интерфейс и фиксированный набор функций цифрового сигнального процессора с улучшенным ядром микроконтроллера 8052, часы реального времени, драйвер ЖКИ, и все периферийные устройства необходимые для создания электронного счетчика энергии с ЖК-дисплеем в одном корпусе. Ядро микросхемы ADE позволяет производить расчеты активной, реактивной и полной энергии, а также измерять среднеквадратичные значения напряжения и тока. Многие линии электропередач требуют контроля таких функций как провалы напряжения, пики и пересечения нуля. Они включены в фиксированный набор функций цифрового сигнального процессора для упрощения разработки счетчиков энергии.[4]

Микропроцессор включает также резервный источник питания для часов реального времени, интерфейс SPI или I²C, и два независимых UART интерфейса. [5]

Структурная схема анализатора количества и качества электроэнергии ККЭ-1Ф-1 приведена на рис.1.

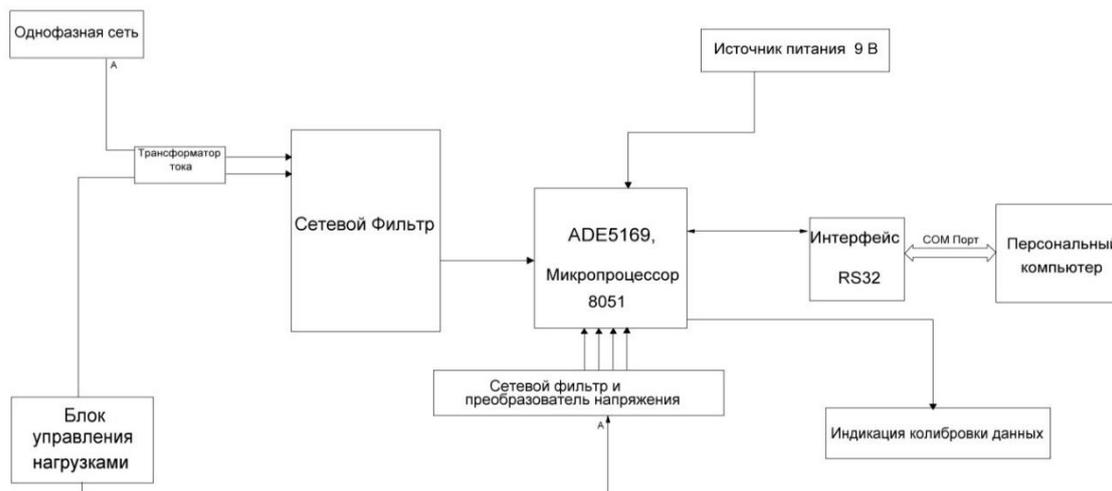


Рис. 1. Структурная схема анализатора количества и качества электроэнергии ККЭ-1Ф-1

В качестве датчика применен трансформаторный датчик тока, так как он обладает рядом существенных преимуществ, которые описаны в статье “Анализатор количества и качества электроэнергии АККЭ-3Ф” [3].

В качестве датчика тока в контроллере используется трансформатор ТО5-85А-65-К/60Ф-20, нагруженный на резистор.[1]

На рис. 2 показано, как трансформатор тока может быть использован в качестве преобразователя тока в однофазной 2-х проводной системе распределения. Вторичный ток трансформатора тока преобразуется в напряжение с помощью сопротивления нагрузки через выводы вторичных обмоток. При использовании трансформатора тока в качестве датчика тока необходимо использовать антиалайзинговый фильтр. Большинство трансформаторов тока имеют связанный фазовый сдвиг между $0,1^\circ$ и 1° при 50 Гц / 60 Гц. Этот фазовый сдвиг или фазовая ошибка может приводить к ошибкам измерения энергии, особенно при низких значениях коэффициента мощности. Тем не менее, эта фазовая ошибка может быть исправлена путем записи в регистр калибровки фазы (PHCAL [7: 0]) в ADE5169. Программное обеспечение позволяет пользователю регулировать фазу калибровочным регистром. Максимальный диапазон аналогового ввода и усиления для каналов тока и напряжения устанавливаются через регистр усиления. [5]

Программное обеспечение дает возможность пользователю настроить диапазон канала и коэффициент усиления. Это означает, что максимальный пиковый дифференциальный сигнал на канале 1 составляет 0,5 В (при усилении = 1). Для настройки защиты от несанкционированного вмешательства, измерения тока и фазы и нейтра-

ли микросхема ADE5169 позволяет использовать два трансформатора тока.[2]

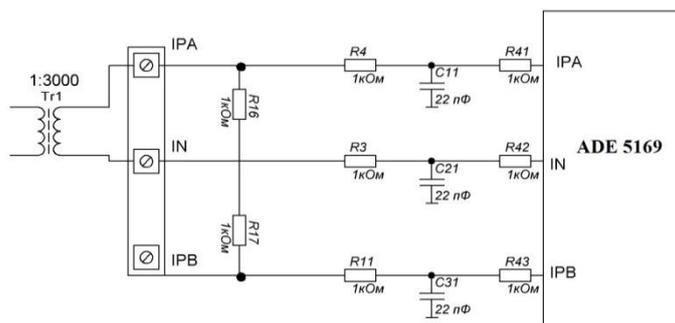


Рис. 2. Подключение трансформатора тока в качестве датчика тока

Входные напряжения, подключаемые к ADE5169 могут быть непосредственно подведены к источнику сетевого напряжения. Напряжение от сети ослабляется с помощью простого резистивного делителя для его представления в ADE5169.

В исследовательском центре «Энергосберегающие технологии и интеллектуальный учет в электроэнергетике» с использованием Evaluating the ADE5169 Energy Metering IC был разработан и изготовлен анализатор количества и качества электроэнергии (см. рис.3).



Рис. 3. Анализатор количества и качества электроэнергии

Анализатор количества и качества электроэнергии вместе с сопровождающим программным обеспечением является полнофункциональным инструментом, обеспечивающим измерение параметров однофазной сети. В состав программного обеспечения входят пакет LabVIEW компании National Instruments и пакет программ для микросхемы ADE5169. Возможности системы LabVIEW позволяют использовать ее для визуализации результатов измерения параметров однофазной сети. В статье изложены вопросы оценки количества и качества электрической энергии с использованием анализатора, описана структура анализатора.

В качестве примера на рис.4 приведены, созданные в LabVIEW панель ЖКИ и панель калибровки частоты.

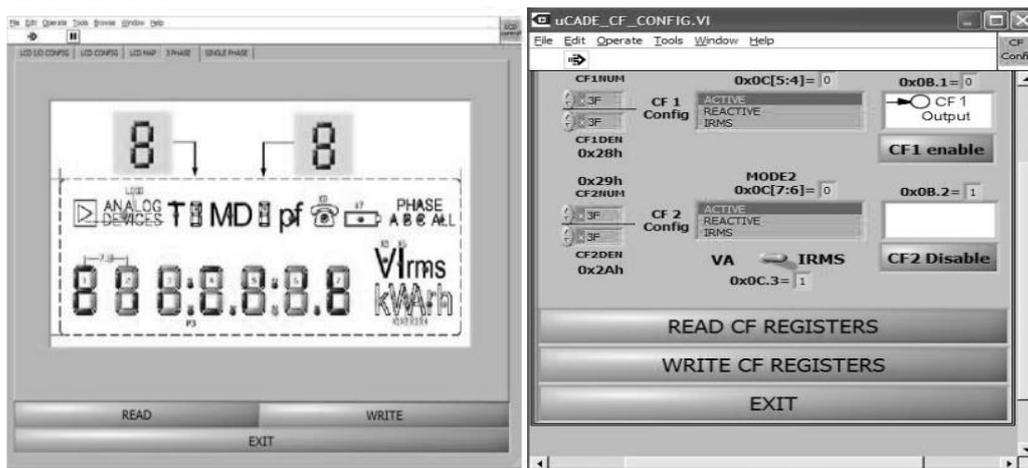


Рис. 4. Вид панели калибровки частоты в LabVIEW

Результатом работы является разработанный прибор, обеспечивающий измерение активной и реактивной энергии, среднеквадратичных значений тока и напряжения однофазной сети, взаимодействие с измерительной и управляющей аппаратурой, доступ ко всем внутренним ресурсам интегральной микросхемы ADE5169.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.Б. Топильский. Схемотехника измерительных устройств. Москва. Бином. Лаборатория знаний, 2010.
2. Стюарт Болл Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров. Москва. Издательский дом “Додэка-XXI”, 2007.
3. Семиляк А.И., Мирзабеков М.М., Нуров Д.Р. Анализатор количества и качества электроэнергии. Вестник ДГТУ, Технические науки, № 4, 2013, стр.20-25.
4. Evaluation Board User Guide UG-061.
5. Single-Phase Energy Measurement IC with 8052 MCU, RTC, and LCD Driver ADE5166/ ADE5169/ ADE5566/ADE5569.

Научный руководитель: А.И. Семиляк, доцент, руководитель центра «Энергосберегающие технологии и интеллектуальный учет в электроэнергетике», ДГТУ.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОТ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СПОСОБА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИХ ПИТАНИЯ.

Е.С. Булдаков
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП, группа 5АМ4К

Светодиодные источники света одно из самых перспективных направлений развития систем искусственного освещения. На сегодняшний день эти светильники широко используются как в производстве, так и в быту. У них впечатляющие характеристики: светоотдача более 120 Лм/Вт, потребляемая мощность минимум в 2 раза меньше мощности люминесцентных ламп, срок службы находится в пределах от 50000 до 100000 часов, в зависимости от производителя светодиодных ламп. При этом фактический срок службы таких светильников не всегда соответствует заявлениям производителей и может резко сократиться из-за выхода из строя встраиваемого импульсного блока питания. Это «Ахиллесова пята» светодиодных светильников. Сами светодиоды могут работать до 50000-100000 часов, но блоки питания – нет. Чаще всего производители делают эти блоки питания из деталей не высокого качества, которые очень чувствительны к различным изменениям напряжения в сети (например, колебаниям напряжения). Подобные изменения выводят блоки питания из строя. И когда, например, в квартире перегорает светодиодная лампа, люди выбрасывают её, думая, что она «сгорела». А перегорает лишь блок питания, при этом сама светодиодная матрица остается в целостности. Стоимость блока составляет половину стоимости светильника, а их надежность оставляет желать лучшего.

Решением данной проблемы может стать использование одного общего источника питания, как более надежного. Это дает ряд преимуществ:

- данный блок питания выдерживает перепады напряжения от 160В до 260В;
- встраиваемая защита от КЗ;
- способность регулировать освещенность, $\pm 10\%$ от выходного напряжения (24, 36, 48В);
- способность программировать ИПБ и управлять им с помощью микроконтроллера;
- низкая рабочая температура как самого блока (40-50°C), так и светодиодных светильников ($t < 40^\circ\text{C}$);

- безопасность в эксплуатации и в обслуживании светильников, т.к. они будут работать постоянно от напряжения 48В;
- нагружая блок питания до 70-80% от номинальной мощности, тем самым увеличивается срок службы не только блока, но и самих светильников, что позволит реально приблизиться к сроку службы самих светодиодов;
- дешевизна блока питания, стоимость составляет: 2 000 – 3 000 р.

Например, установив ИПБ и микроконтроллер в местах, общего пользования можно запрограммировать блок питания по часовому поясу, чтобы он включал систему освещения по часам, дням, временам года, т.е. летом он будет включаться в 20 часов, а зимой в 16 часов. Так же с помощью различных датчиков можно запускать систему освещения от изменения погоды, например, от датчика света.

Если производится замена существующего осветительного оборудования на светодиодные светильники, монтаж и оценка эффективности данной системы проводится в следующем порядке:

- провод, для обеспечения электроэнергией осветительное оборудование, оставляем тот же;
- питание нескольких светодиодных светильников производим путем установки на них общего блока питания с более высокими показателями надежности;
- блок питания включаем последовательно, вблизи выключателя.

Производители выпускают светодиоды на конвейерах, благодаря чему, одинаковые с виду полупроводники будут иметь разброс в характеристиках до 20%. Это означает, что при протекании тока через последовательно соединенные светодиоды, например в светодиодной ленте, некоторые полупроводники могут выйти из строя. Это уже будет вопрос времени. Чтобы этого не допустить, перед тем, как запитать от имеющегося кабеля светодиодный светильник (который уже без блока питания), между проводкой и самим светильником последовательно устанавливаем сопротивление.

В момент запуска светодиодного осветительного оборудования ток имеет одно значение, а затем, когда светильник проработает некоторое время, его температура увеличивается. Светильник перейдет в установившейся режим работы.

Все полупроводники, а особенно светодиоды, боятся токов. Это все связано с тем, что удельное сопротивление полупроводников зависит от температуры. С повышением температуры сопротивление полупроводника уменьшается и может возникнуть лавинный процесс увеличения тока, произойдет пробой, и светодиод сгорит.

Дополнительное сопротивление будет служить как балластное сопротивление для стабилизации тока и позволит:

- сдерживать ток, не давая ему увеличиваться, т.к. лишняя мощность будет рассеиваться на резисторе;
- уменьшить выходное напряжение блока питания до нужного напряжения для светодиодного светильника. Даже если установить на блоке питания максимальное выходное напряжение ($48\text{В} + 10\%$), то сопротивление все равно уменьшит напряжение до нужного значения.

Балластное сопротивление рассчитываем, используя закон Ома:

$$R_{\text{бл}} = (U_{\text{max}} - U_{\text{св}}) / I, \text{ Ом}$$

где U_{max} – максимальное напряжение, выдаваемое блоком питания: $48 + 10\% = 48 + 4,8 = 52,8\text{В}$; $48 + 10\% = 48 + 4,8 = 52,8\text{В}$; $U_{\text{св}}$ – номинальное напряжение светодиодного светильника; I – ток, протекающий через светодиодный светильник; $(U_{\text{max}} - U_{\text{св}})$ – необходимое падение напряжения.

Есть еще один путь уменьшения рабочей температуры – это правильный и добросовестный монтаж радиатора. Например, можно взять светодиодный светильник типа «Армстронг». Радиатором здесь будет служить сам корпус светильника. Установка в нем светодиодных линеек будет производиться следующим образом:

1. нанести на поверхность светодиодной линейки термопасту, которая даст больший отвод тепла от корпуса светильника;
2. крепление светодиодной линейки должно осуществляться в 5 местах, для более плотного прилегания.

Как показала практика: 3 точки крепления – мало.

Температура на корпусе светильника, как и на самих светодиодных лентах не будет достигать и 40°C .

Благодаря соблюдению всех этих мероприятий можно добиться от светодиодного светильника максимального срока службы.

В качестве оценки эффективности и надежности данного способа подключения светодиодных источников была проведена замена светильника «Армстронг» (с люминесцентными лампами типа ЛВО-4 X 18) установленной мощностью 72 Вт на светодиодный светильник «Армстронг» установленной мощностью 30 Вт и напряжением питания 24 В с управляемым блоком питания – HTS-200-24 mini НАИТАИК. В качестве преимуществ светодиодной системы такого исполнения можно отметить следующие достоинства:

- Регулирование освещенности с помощью встроенного диммера;
- Низкая рабочая температура светильников;

- Безопасность в эксплуатации и в обслуживании, т. к. светильники питаются стабилизированным постоянным напряжением 24В;
- Коэффициент цветопередачи светодиодного светильника Ra > 80. Комфортное для человеческого глаза значение от 80 - 100 Ra;
- Срок службы светильников увеличивается до 95% от заданного значения.

Сравнительный анализ расходов по данным вариантам показал следующее (табл.1):

Табл. 1. Сравнительный анализ использования люминесцентных и светодиодных ламп подключенных по предложенной методике

Наименование	Люминесцентный «Армстронг»	Светодиодный «Армстронг»
Потребление электрической энергии за 1 год:	11 664, 0 кВт·ч	3 628, 8кВт·ч
Оплата за электрическую энергию за 1 год:	22 045, 0руб.	6 858, 4руб.
Затраты на замену ламп за 1 год:	2 000 руб.	0 руб.
Затраты на обслуживание за 1 год:	25 000 руб.	0 руб.

Так же данную систему светодиодного освещения можно широко применять не только в офисных помещениях, но и в местах общего пользования (МОП), такие как: подъезды жилых домов, подземные стоянки и др. Использовать светодиодные светильники мощностью 5 Вт (без встроенных блоков питания) – которые заменяют по световому потоку лампы накаливания мощностью 40 Вт.

Использование данной системы освещения дает ряд преимуществ:

1. Потребление электроэнергии (ЭЭ) уменьшится в 7-8 раз. Если еще использовать:
 - программируемый контроллер для регулирования освещенности по времени и часовому поясу;
 - различные датчики (света, шума, движения и т.п.) для включения светильников,
 - то можно еще больше сократить потребление ЭЭ.

2. Возможность использовать при монтаже кабель/провод меньшего сечения, например:

- ВВГ – (3x0,75);
- ПВС – (3x0,5).

Это даст экономию на материалы, т.к. на освещение в основном используют кабель ВВГ-нг-ls-(3x1,5);

В настоящее время представленная система светодиодного освещения используется на следующих объектах:

- ул. Карла Маркса, 3 (гараж) – 2 года;
- пер. Пионерский, 8 (подъезды и гараж) – 2 года;
- пер. Пионерский, 10 (подъезды и гараж) – 2 года.

Научный руководитель: Л.П. Сумарокова, к.т.н., доцент каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Н.В. Бетенекова

Томский политехнический университет
ИНК, ТПС, группа 1БЗВ

Без энергии жизнь человека представляется нам невыполнимой. Повсеместно используются органические источники энергии — газ, нефть, уголь, но все же их запасы не безграничны. Невозобновляемость привычных нам источников энергии способствует поиску нетрадиционных альтернативных источников, не расположенных к израсходованию. Одним из наиболее интересных вариантов является идея использования в качестве источника полезной энергии, казалось бы, бесполезного явления — вибрации.

Использование вибраций взлетно-посадочных полос аэропортов, автомобильных дорог и уличного шума в настоящий момент представляется с трудом, поскольку технологии для реализации этой идеи отсутствуют и в этом направлении осуществляются только первые шаги.

Пути решения одной из актуальных проблем создания мобильных и энергонезависимых систем предполагаются самые разнообразные. Автономность может быть достигнута путем установки на устройство элемента, способного выделять и запасать внешнюю энергию.

Сбор энергии при использовании явления «пьезоэлектрический эффект» имеет уникальную способность генерировать электрическую энергию просто через поглощение вибрации или внешней силы импульсов.

Осенью 2011 года, пьезоэлектрический материал, преобразующий, вибрации от проезжающих автомобилей в энергию, был применен к поверхности автомагистрали N34 в Нидерландах. Целью проекта было изучение возможности использования пьезо технологий в дорожном строительстве. Задача проекта — выявление возможности получения электрической энергии из вибрации дорожного покрытия с использованием пьезоэлектрического материала и определение количества сгенерированной энергии. Пробная система была протестирована в различных погодных условиях, чтобы постоянно проводить мониторинг и сбор данных [1].

Из проведенного эксперимента был сделан вывод о том, что энергия действительно может быть получена с помощью пьезоэлектрического материала встроенного в дорожное покрытие. Количество энергии генерируемого сигнала зависит от количества проходящих транспортных средств и количества пьезоэлектрических элементов в дороге. Полученные данные выявили зависимость скорости движения транспортных средств от сгенерированной энергии: меньшая скорость движения транспортных средств обеспечивала генерирование большего количества энергии, чем быстрее движущихся автомобилей. Количество энергии, вырабатываемой в ходе экспериментального проекта была слишком мала, для функционирования светофоров или уличного освещения, но этого было достаточно для устройств, которые нуждаются в меньшем количестве энергии, таких как датчики.

Недостаток обычных пьезо-генераторов состоит в том, что процесс эффективного вырабатывания энергии происходит только на определенных частотах.

Также, для обеспечения энергией датчиков приемлемо применение магнитоэлектрических элементов, способных превратить энергию акустических, магнитных и механических колебаний в электрический заряд. [2]

Магнитоэлектрический элемент представляет собой слоистую структуру, состоящую из слоев пьезоэлектрика $Pb(Zr,Ti)O_3$ и расположенного между ними магнитострикционного сплава $FeBSiC$ [3]. В результате воздействия колебаний на обкладках элемента возникает электрический потенциал, обусловленный механическими и магнитными преобразованиями.

Эксперимент [4], проведенный с магнитоэлектрическим элементом с размерами $14 \times 2 \times 0,1$ см, демонстрирует обширные возможности для создания систем сбора энергии вибрационных колебаний и переменного магнитного поля. В эксперименте максимальное значение выходного напряжения составляло 10 мВ при токе до 1 мкА, что позволяет рассуждать о реальном применении в технической сфере подобных систем для создания запасов электроэнергии в энергонезависимом или мобильном варианте исполнения.

Дальнейшая разработка магнитоэлектрических материалов и конструкций на их основе, с использованием слоистых композитов с лучшими характеристиками, позволит повысить значение получаемого выходного напряжения в десятки раз.

Помимо экспериментальных образцов устройств генерации колебательных воздействий миру представлены 2 типа микрогенераторов.

Первый из них — генератор, собирающий электромагнитную энергию колебаний (разработан сотрудниками University of Southampton). Устройство способно преобразовать до 30% кинетической энергии окружающей среды в электроэнергию. С его помощью можно обеспечивать работу разного рода устройств с незначительным энергопотреблением, таких как беспроводные датчики и медицинские имплантаты. Микрогенератор собирает энергию, используя раскачивание нескольких магнитов, которые закреплены на кронштейне размером не более миллиметра. Под действием вибрационных колебаний кронштейн раскачивается вверх и вниз. Далее движение передается магнитам, прикрепленным к кронштейну. Вследствие движения магнитов создается магнитное поле, которое в дальнейшем используется для получения электрической энергии. По результатам лабораторного тестирования с учетом вибраций, создаваемых мостом, было выявлено, что устройство может преобразовать 46 микроватт электроэнергии. [5]

Второй вариант — миниатюрный вибрационный генератор для мобильных устройств. Принцип работы устройства основан на получении электрического заряда от диэлектрика, электризующегося от колебаний вблизи другого диэлектрика с противоположной полярностью. Заряд, полученный с диэлектрика накапливается в конденсаторе и затем расходуется на питание устройства. Изделие представляет собой тонкую пластину размером $23 \times 42 \times 6$ мм. Выходные характеристики: 40 мкВт при частоте 2 Гц и ускорении 0,4G.

Предложенные ранее устройства можно применять в различных автономных системах, для питания датчиков, контроля различных

объектов, питания мобильных и сетевых устройств, а также устройств связи и т.д. Возможно также их применение в сфере медицинской промышленности. Применение систем сбора энергии вибрационных колебаний является альтернативой по сей день используемым химическим источникам энергии для питания устройств малой мощности, в которых исключена замена отработанных химических источников или зарядка. К сожалению, на данном этапе исследований в области получения энергии из колебаний трудно представить применение устройств, генерирующих энергию вибраций, в промышленных масштабах.

Лучшим средством, поглощающим вибрации будет устройство с широким диапазоном частоты, поглощающая способность которого не имеет значительных потерь в области резонансной частоты и продолжает процесс генерирования при изменении условий действующей вибрации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Generating electricity from vibrations in road surface works // News of University of Twente.
2. Петров Р.В., Бичурин М.И. Магнитоэлектрическая система сбора энергии для датчиков физических величин // Мат. I-й Международ. конф. «Диагностика-2009», Курск, 2009. Т.2.
3. Nan C.W., Bichurin M.I., Dong S.X., Viehland D., and Srinivasan G. // J. Appl. Phys. 2008. V.103. P.031101.
4. Петров Р.В., Иванов Д.Н. Система сбора энергии с магнитоэлектрическим преобразователем // Вестник Новгородского государственного университета №55.
5. Beeby S.P. // Journal of Micromechanics and Microengineering. Volume 17, Number 7, 2007

Научный руководитель: В.С. Иванова, к.т.н., доцент каф. ТПС ИНК ТПУ.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Д.П. Корольков, А.А. Будько
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭСиЭ, группа 5А2Г

Аннотация

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения потребления электроэнергии и ограниченность в выработке энергоресурса ставит вопрос о разгрузке централизованных систем и создания автономных энергообъектов путем внедрения распределенных технологий. В работе исследуется актуальность вопроса развития малой и распределенной генерации. Рассматривается оценка влияния и технических требований в распределенных системах электроэнергетики.

Введение

В последние несколько десятилетий наблюдается стабильное увеличение децентрализованных источников электроэнергии. Данная направленность имеет большой потенциал, чтобы включить беспрецедентное повышение производительности и улучшения качества жизни для всех.

Электрические системы находятся на волне децентрализации путем развертывания и использования технологий «распределенной энергетики» [1].

Предпосылки и тенденции развития

В прошлом объектами распределенной генерации были теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) в населенных пунктах, блок-станции, принадлежащие или арендуемые промышленными предприятиями, и объекты средней и малой генерации (в числе последних – малые ТЭЦ и дизельные электростанции).

Внедрение объектов распределенной генерации – одно из важных направлений развития современной электроэнергетики и одно из эффективнейших средств, помогающих справиться с ростом нагрузки в крупных городах и мегаполисах. Данный подход позволяет снижать потоки активной и реактивной мощностей по распределительным сетям 6–220 кВ, что дает значительные преимущества в виде отсутствия необходимости в проведении реконструкции распределительных сетей и трансформаторных подстанций (отсрочка в проведении реконструкции) с целью увеличения пропускной способности линий электропередачи и мощности силовых трансформаторов [2].

Масштабы развития

В настоящее время достаточно быстро и интенсивно происходит развитие малых ГТУ-ТЭЦ и ВИЭ. В странах Европы прогнозируется рост общей мощности на ГТУ-ТЭЦ с 74 ГВт в 2000 г. до 124-195 ГВт в 2020 г.

Несмотря на то, что Россия существенно отстает в развитие данных отраслей, об эффективности применения ГТУ-ТЭЦ в нашей стране мы можем судить уже сейчас. Оценки показывают, что в перспективе потенциальные возможности сооружения малых ГТУ-ТЭЦ вместо неэкономичных устаревших котельных в городах и поселках могут составить суммарную электрическую мощность в 100 ГВт, количеством 12900 штук, средней единичной мощностью 7-8 МВт.

Использование ВИЭ для производства электроэнергии получила во многих странах значительное развитие, особенно за счет использования энергии ветра (рис. 1, 2) [3]. В будущем прогнозируется рост использования ВЭУ и увеличения выработанной суммарной установленной мощности до 15% от всей выработанной электроэнергии в Европе и составит порядка 230 ГВт к 2020 г.

Потенциал ветроэнергетики имеется и в России [3]. Следует отметить, что в 2000 г. в России эксплуатировались 12 ВЭУ суммарной мощности 7,2 МВт.

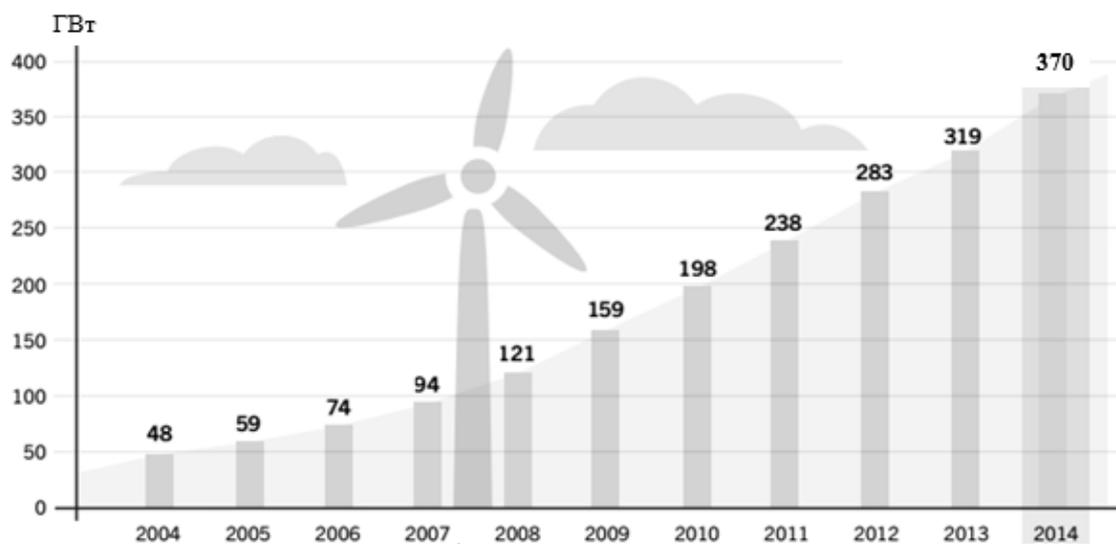


Рис. 1. Выработка электроэнергии на ВИЭ с 2000 по 2013 гг.

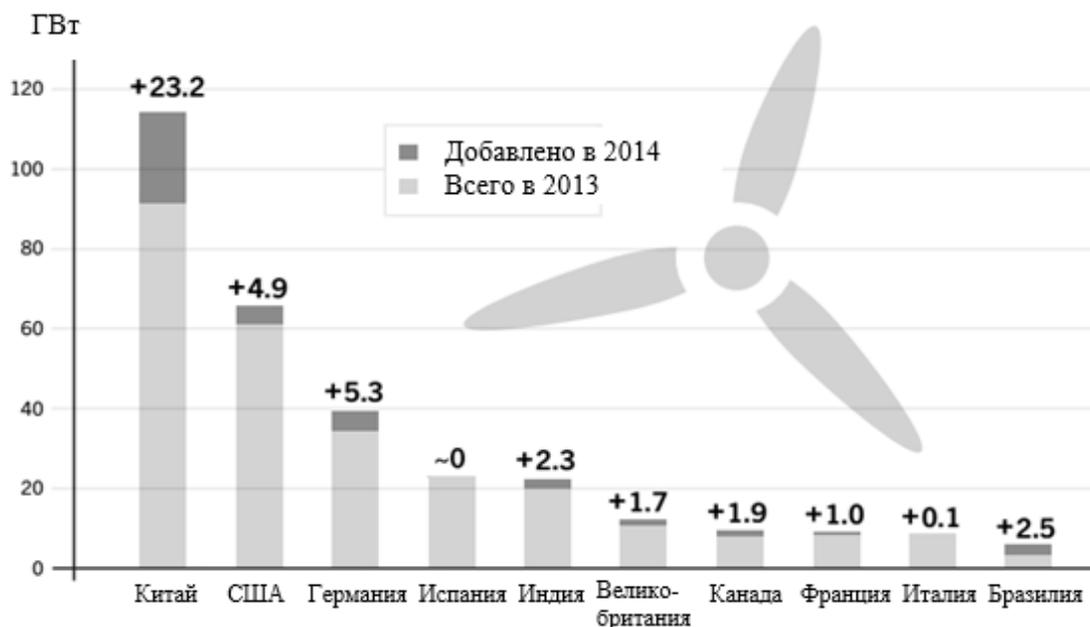


Рис. 2. Выработка электроэнергии на ВИЭ в ТОП – 10 странах
Причины популярности распределенной генерации

Уход многих потребителей от исключительно централизованного энергоснабжения – общемировая тенденция [4]. Выгоды, которые распределенная генерация приносит ее владельцам, очевидны, но эффекты присутствия таких объектов положительны и для системы энергоснабжения в целом.

В России, несмотря на рост темпов строительства объектов распределенной генерации, этот процесс не находит должного места в перспективном планировании развития системы. Так как правительство еще не осознает масштабы развития системы с учетом распространения распределенной генерации, создания микросетей и внедрения технологий «умных» сетей.

Особенности распределенной генерации для потребителей

Для наглядности особенности внедрения распределенной генерации сведем в таблицу 1.

Табл. 1. Особенности РГ для потребителя

Предпосылки	Условия актуальности
Повышение тарифов на электроэнергию	Потребность электрической и тепловой энергии
Зависимость от централизованных сетей	Цены на электроэнергию существенно выше цен на топливо
Возможные трудности с подключением к сети	Наличие земельного, денежного и человеческого ресурса
Достоинства	Недостатки
Снижения затрат на энергию и	Долгий срок окупаемости

тепло Независимость от тарифов и аварий в сетях Экологичность Возможность расширения производства на предприятии	Зависимость от топлива или климата Необходимость найма доп. персонала Изменение законов, связанных с РГ Необходимость дополнительных тех. работ и соблюдение нормативных документов
---	--

Заключение

Распределенная генерация выгодна не только потребителю, но и сетевой компании, так как снижаются перетоки и потери мощности, увеличивается безопасность и снимается необходимость реконструкции и строительства новой сетевой инфраструктуры. Потребителями могут выступать предприятия нулевой и первой категории, т.к. необходимо резервирование, для обеспечения энергией районов с низкой плотностью нагрузки, для автономного энергосбережения удаленных объектов, труднодоступных и малоосвоенных районах.

Становление мощной самостоятельной подотрасли малой энергетики является основой перехода энергетического сектора России на пути модернизации, инновационного развития. Внедрение систем распределённой генерации позволяет, и извлекать экономическую выгоду, и сберегать окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Owens B. The rise of distributed power // General Electric, 2014, p. 47.
2. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.np-ace.ru>
3. Renewables 2014. Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2014, p.13.
4. Распределенная энергетика 2012-2016 годов. Рынок газотурбинных установок для электростанций малой и средней мощности и ГПА. // INFOLine, Санкт-Петербург, 2014, С. 172.

Научный руководитель: О.В. Васильева, к.т.н., доцент каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Т.Н. Круглова, В.С. Коваленко

Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И.Платова

Надежность электроснабжения предприятий и частных потребителей во многом зависит от технического состояния генерирующего оборудования. В настоящее время более 70% электроэнергии вырабатывается турбогенераторами [1], поэтому повышение их надежности и эффективности функционирования весьма актуально. Решить эту задачу можно разработкой методов и средств диагностирования технического состояния. Наиболее уязвимой частью турбогенератора является изоляция. Проведенный анализ показал, что метод электроразрядной активности (ЭРА) позволяет наиболее полно выявить основные дефекты изоляции турбогенератора (ТГ) [2,3].

Основной характеристикой при оценке ЭРА является фиксирование распределений $n(Q)$, (Q – амплитуда импульса, n – число импульсов от разрядов за время периода промышленной частоты). Помимо числа импульсов оцениваются средняя и максимальная амплитуды импульсов. По результатам анализа ЭРА, турбогенераторы подразделяются на две группы:

- первая группа – исправная с удовлетворительным состоянием изоляции;
- вторая группа – с неудовлетворительным состоянием изоляции, которая требует внеочередного, т.е. более частого периодического контроля.

Первой группе соответствуют два вида диагноза «Норма», «Норма с отклонением (НСО)», ко второй «Норма со значительными отклонениями (НСЗО)», «Ухудшенное» и «Предаварийное».

Измерение и анализ среднего (Q_{cp}) и максимального (Q_{max}) значений амплитуды импульса, а также среднего числа импульсов от разрядов (n_{cp}) за время периода промышленной частоты позволят выявить основные неисправности изоляции турбогенератора и оценить текущее состояние объекта. Реализовать данный подход можно с помощью нейро-нечеткой системы, входами которой являются текущие значения измеряемых параметров, выходами – возможные неисправности с указанием возможных уровней развития дефектов. Исходные данные для моделирования приведены в табл. 1.

Табл. 1. Исходные данные для диагностирования изоляции турбогенератора по параметрам ЭРА

Неисправность	Состояние	Q_{cp} , мВ	n_{cp} , имп/пер	Q_{max} , мВ
Искрения на коронах зубцов	НСЗО	Более 100	Более 15	
	УХУД	Более 1000	Более 30	
Разряды между пластинами	НСЗО			Более 5000
	УХУД			Более 15000
Пазовый разряд	НСЗО			Более 3000
	УХУД			Более 8000
ЧР в корпусной изоляции	НСО	Более 1500	Более 2	
	НСЗО	Более 3000	Более 3	
	УХУД	Более 5000	Более 4	
ЧР по поверхности стержней	НСО	Более 2000	Более 1,5	Более 4000
	НСЗО	Более 4000	Более 2	Более 8000
	УХУД	Более 6000	Более 4	Более 10000

Из приведенной таблицы видно, что для выявления пяти неисправностей турбогенератора необходимо измерить три параметра, причем набор этих параметров и пределы изменения для каждой неисправности различные. Так для выявления разряда между пластинами и пазового разряда достаточно знать параметр Q_{max} , искрения на коронах зубцов и частичный разряд (ЧР) в корпусной изоляции выявляется по Q_{cp} и n_{cp} , а ЧР по поверхности стержней выявляется всеми тремя параметрами. Поэтому, для формирования нейро-нечеткой модели необходимо в пакете *Fuzzy Logic Toolbox* создать три модели типа *Sugeno* с разным числом входов. Для обучения нейронной сети создается обучающая выборка, отражающая исходные данные диагностирования (табл. 1). В качестве входных значений, задаются значения измеренных параметров, выходом модели является состояние объекта: 1 – «Норма», 2 – «НСО», 3 – «НСЗО», 4 – «Ухудшенное», 5 – «Предварийное». Сформированная обучающая выборка загружается с помощью приложения *Anfis*, далее сеть необходимо обучить и протестировать. В результате моделирования получены зависимости, отража-

ющие взаимосвязь между измеряемыми параметрами и состоянием объекта. Примеры таких зависимостей приведены на рис 1.

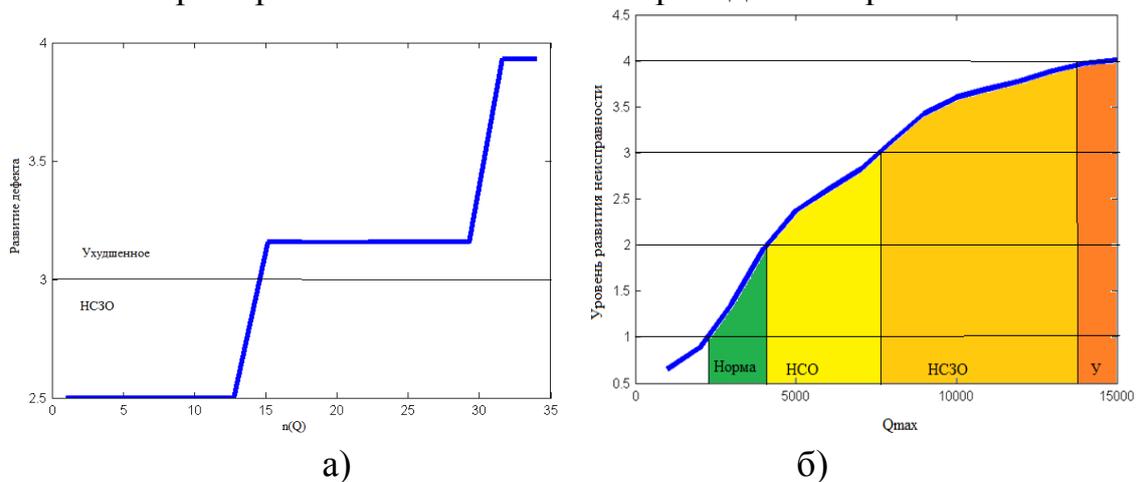


Рис.1. Результаты моделирования уровней развития дефекта

Данная подмодель позволяет определить уровень развития одной неисправности при изменении характеризующих ее диагностических параметров. Но турбогенератор является сложной системой, имеющий множество потенциальных дефектов, находящихся в различных местах объекта и требующих проведение измерения в различных точках. Поэтому, для получения полной модели диагностирования турбогенератора, необходимо объединить данные подмодели, согласно конструкции объекта. Если измерения параметров производятся в одной контрольной точке, то на входы подмоделей различных неисправностей подаются одинаковые значения диагностических параметров. Если места установки датчиков различны, то параметры, вводимые в модель должны соответствовать результатам измерений.

Разработана модель, позволяющая по результатам измерения среднего и максимального значений амплитуды импульса напряжения, а также среднего числа импульсов от разрядов за период следования выявить все возможные неисправности изоляции объекта, отнести его техническое состояние к одному из классов диагнозов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Круглова Т.Н. Глебов Н.А. Диагностирование и прогнозирование технического состояния мехатронных модулей технологического оборудования [Текст]: Монография. – Новочеркасск, 2011. – 119 с.
2. Круглова Т.Н., Ярошенко И.В.. Применение нечеткой логики для диагностирования высоковольтных мехатронных модулей на основе анализа электроразрядной активности/Т.Н. Круглова,

И.В. Ярошенко // Изв. вузов. Сев-Кавк. регион. Техн. науки. – 2014. – №3.– С. 7 – 11.

3. МУ 0633-09. Методические рекомендации по диагностике изоляции статорных обмоток вращающихся машин, классов напряжения 3,15-24кВ по характеристикам частичных разрядов

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В РОССИИ

Д.Г. Телупова

Санкт-Петербургский государственный университет

Экономика XX века во многом определяется переходом к глобальной информационной сферы. Ценным элементом, движущим развитие предприятия, отрасли, страны и мира в целом, становится человек с его интеллектуальными способностями и навыками. Поэтому базой общества и экономики становятся современные интеллектуальные, или так называемые «умные» информационно-коммуникационные технологии (далее ИКТ), которые позволяют создавать сетевое взаимодействие хозяйствующих объектов в широком масштабе.

За последние десять лет стало заметно замедление темпов роста в электроэнергетике, в связи с имеющимися негативными тенденциями. Одна из них – это высокая степень износа основных фондов. Россия нуждается в модернизации электроэнергетического комплекса: 74% теплоэлектростанций уже работают более 30 лет, 22% из которых старше 50 лет, более половины электросетевого оборудования старше 30 лет [1]. Моральное устаревание и износ оборудования приводит к росту расхода топлива, увеличению потерь и снижению эффективности функционирования отрасли в целом. Поэтому возникает необходимость разработки новой концепции управления топливно-энергетическим комплексом, которая позволит эффективно использовать имеющиеся ресурсы в уже существующих и будущих энергетических системах страны.

Нынешние технологии управления электроэнергетическими системами стали ненадежными, о чем свидетельствуют выше системные аварии, таким образом концепция интеллектуальных энергетических систем (далее ИЭС) является эволюционным следствием развития системы управления.

Базовая идея ИЭС заключается в создании интегрированной системы, имеющей единую сетевую инфраструктуру, технологически

(посредством ЛЭП) и информационно связывающую все генерирующие источники энергии и все множество потребителей в пределах страны или отдельного региона. Главная цель создания ИЭС - создание надежного, безопасного и энергоэффективного режима работы систем в любой момент времени при любых меняющихся внешних и внутренних условиях среды.

В последнее время в России наблюдается возрастающий интерес к интенсивно развивающемуся в направлении инновационного изменения электроэнергетики на базе новой концепции, получившей за рубежом название Smart Grid, или «интеллектуальная (умная) сеть (энергосистема)». Данная концепция предполагает системное преобразование электроэнергетики и затрагивает все ее основные элементы: генерацию, передачу и распределение (включая и коммунальную сферу), сбыт и диспетчеризацию [2].

Так, в России среди приоритетных направлений научно-технического прогресса в соответствии с Энергетической стратегией 2030 можно выделить создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России (интеллектуальные сети - Smart Grids) [3].

Возникшее изменение системы представлений о распределительной сети, развитие информационных и коммуникационных технологий в электроэнергетике, усовершенствование отдельных компонентов преобразования энергии, достижения в сфере устройств и систем защиты от сбоев способствовали появлению новых технологий, которые должны повлиять на развитие интеллектуальной электроэнергетической системы.

Становления нового, шестого технологического уклада, обеспечивающего масштабную автоматизацию производственного процесса (технологии без людей), требует ухода от экстенсивного пути развития. Так, основным индикатором использования новых технологий, замена старого оборудования, является процент потерь электроэнергии при отпуске. На рисунке 1 представлен наглядный график, показывающий место России среди других стран мира.

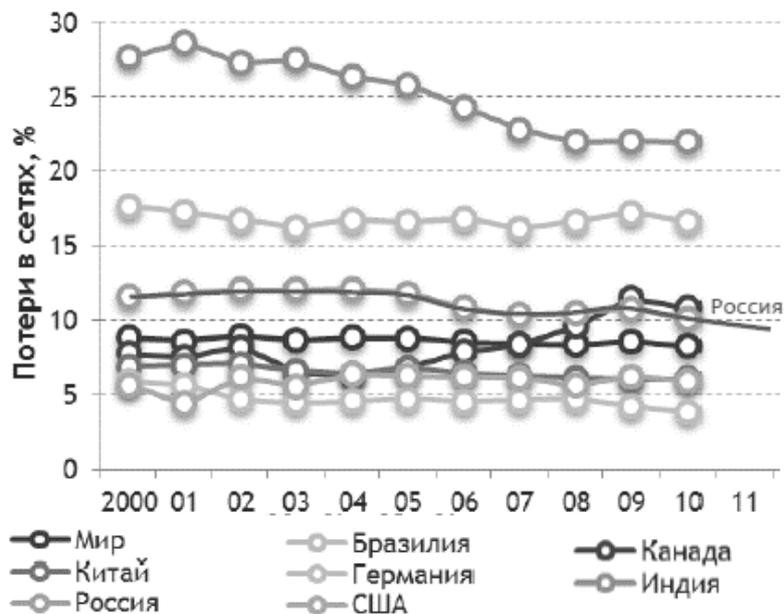


Рис. 1. Потери в электросетях при передаче в странах мира (% от отпуща в сеть)

Источник: Официальный сайт ОАО «Россети» - <http://www.rosseti.ru>

Россия находится выше среднемирового показателя, и в 2013 году процент потерь составил 9,65%. Стратегической целью ОАО «Россети» является снижение потерь от величины отпуска электроэнергии к 2017 году до 8,79%.

Среди основных мероприятий, так называемых низкозатратных следующие:

- развитие и совершенствование систем учета электроэнергии;
- оптимизация и совершенствование основных бизнес-процессов (энергостроительство, СУПА и др.).
- Среди дополнительных мероприятий (высокозатратных):
- ремонт и новое строительство;
- реконструкция и реновация.

По мнению международных экспертов, в области энергетики относительные потери электроэнергии при ее передаче в электрических сетях не должны превышать 4%. Потери электроэнергии на уровне 10 % можно считать максимально допустимыми [4].

Интеллектуальные технологии в настоящее время являются весьма дорогими, однако отказ от их внедрения оказывается еще дороже, и чаще всего с этим сталкиваются конечные потребители электроэнергии. Необходимость внедрения новой концепции интеллектуальных энергетических систем должна быть применима во всех странах, для более эффективной работы отрасли. Однако не все страны

понимают необходимость этого, либо как в случае с Россией, не могут в масштабах своей страны обеспечить быстрый переход к этой концепции. Поэтому говорить о том, что наша страна является передовым двигателем внедрения ИЭС пока ещё рано, но стремление перейти на новый путь развития уже отражается в Энергетическая стратегия России на период до 2030 года.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Министерство энергетики Российской Федерации. Программа модернизации российской электроэнергетики до 2020 года
2. Концепция интеллектуальных энергосистем в Российской электроэнергетике/ И.О. Волкова, В.Р. Огороков, Р.В. Огороков, Б.Б. Кобец, - М.: РАН Институт народнохозяйственного прогнозирования, 2011.
3. «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р
4. Воротницкий В.Э., Основные направления снижения потерь электроэнергии в электрических сетях // Энергия единой сети. - 2013. - №№2 (7). - С. 24-35.

Научный руководитель: В.Г. Родионов, доцент, кандидат экономических наук, Санкт-Петербургский государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В.М. Тигин

Московский энергетический институт

В настоящее время человечество просто не представляет себе жизни без электричества во всех сферах своей деятельности, начиная с производственной и заканчивая коммунальной [1].

Постоянный ток имеет свои преимущества, по сравнению с переменным. Линии постоянного тока не подлежат воздействию реактивной составляющей (индуктивной или емкостной), что выражается в большем значении передаваемой мощности и отсутствии зависимости от коэффициента мощности. Постоянный ток не оказывает сильного электромагнитного воздействия на соседние проводники, не со-

здаются помехи для устройств телекоммуникации и чувствительных электронных приборов.

Недостатком является то, что в сети постоянного тока нет возможности трансформации напряжения, т.е. для повышения или понижения напряжения необходимо сначала преобразовать его в переменное, а после трансформации вновь в постоянное. На данный момент не существует возможности перехода энергетической системы на постоянный ток, поэтому может быть возможным создание «гибридных» электрических сетей для питания отдельных объектов электропитания.

Одним из существенных факторов, определяющих работоспособность организаций и учреждений, является правильно спроектированная система электропитания. При ее построении к основным параметрам относятся характеристики источников питания, мощность и категория потребителей электроэнергии по надежности [2].

Высокие требования к надежности и энергоэффективности электрических сетей в коммерческих, промышленных и жилых зданиях могут способствовать развитию и применению сетей постоянного тока на данных объектах.

По некоторым данным, около 70% электроприемников, используемых в коммерческих и жилых зданиях, работают от постоянного тока. Быстро растет количество различных электронных устройств, компьютерной техники и различных видов осветительных установок. Поэтому с распространением и увеличением числа маломощных электронных устройств, потенциал эффективного применения сетей постоянного тока увеличивается. Они могут стать более дешевой и более эффективной альтернативой сетям переменного тока.

Для коммерческих зданий перспективы экономии наиболее существенны. Так, к примеру, в центрах обработки и хранения данных основным оборудованием является компьютерная техника, которая может эффективно работать от сети постоянного тока. А питание устройств, работающих на переменном токе, можно обеспечить преобразователями, которые позволяют подключать их к сети постоянного тока.

Оценить перспективы применения «гибридных» электрических сетей можно сравнивая технические и экономические показатели двух вариантов систем электропитания для одного объекта – офисного центра с большим количеством разнообразных электроприемников.

Первый вариант – применение стандартной схемы электропитания на переменном токе, второй – установка на вводе в здание комплектной выпрямительной полупроводниковой подстанции (КВП),

предназначенной для питания потребителей постоянным током. Предполагается, что установка КВПП на рассматриваемом объекте может позволить повысить энергоэффективность сети и снизить затраты, связанные с потерями электроэнергии, обеспечив при этом надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей.

Основными сравниваемыми показателями являются: эффективность, безопасность, надежность и экономичность, которые в конечном итоге, и будут являться основными аргументами выбора той или иной схемы сети.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Баранов М.И., Шерстюкова Т.Д. – Электротехническая ”война” постоянного и переменного токов: краткая история и области их современного применения // Электротехника и электромеханика, 2010. – №4 – с.3-9.
2. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений : учебное пособие/ Э. А. Киреева. – М. : КНОРУС, 2015. – 234 с. – (Бакалавриат).

Научный руководитель: Т.В. Анчарова, к.т.н., доцент, НИУ МЭИ.

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ С АКТИВНО-АДАПТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

И.Д. Кубарьков, И.С. Кулаев
Самарский государственный технический университет

Введение

Современное развитие электроэнергетики характеризуется смещением приоритетов - ограничение старого знакомого подхода строительства крупных электростанций и снижение проектов крупных систем передачи электрической мощности на большие расстояния. Развитие Smart Grid будущего, скорее всего, будет сосредоточено на небольших распределенных генераторах электроэнергии, росте возобновляемых ресурсов, устранения перегрузок и снижения пикового спроса через системы реагирования и управления потреблением.

В дополнение к управляющим системам распределительных сетей, потребителям электроэнергии рекомендуют изменить давние

привычки и активнее разрабатывать мероприятия по экономии электроэнергии на местном уровне. Нормативные организации и коммунальные системы пытаются справиться с этой проблемой во всем мире, совмещая современные системы учета и коммуникационные технологии, чтобы разработать новые оптимальные варианты электроснабжения.

Постановка задачи

С учетом этих изменений важнейшим требованием является необходимость более эффективно планировать и управлять режимом работы распределительной сети. Кроме того, есть тенденция к реализации современного программного обеспечения для поддержки этих задач - развернутая система управления распределением электроэнергии (DMS).

Эта работа представляет обзор современного программного обеспечения DMS, в том числе его разнообразного, сложного функционального комплекса, а также преимущества его внедрения для собственников распределительных сетей и потребителей энергии.

Основа современной DMS

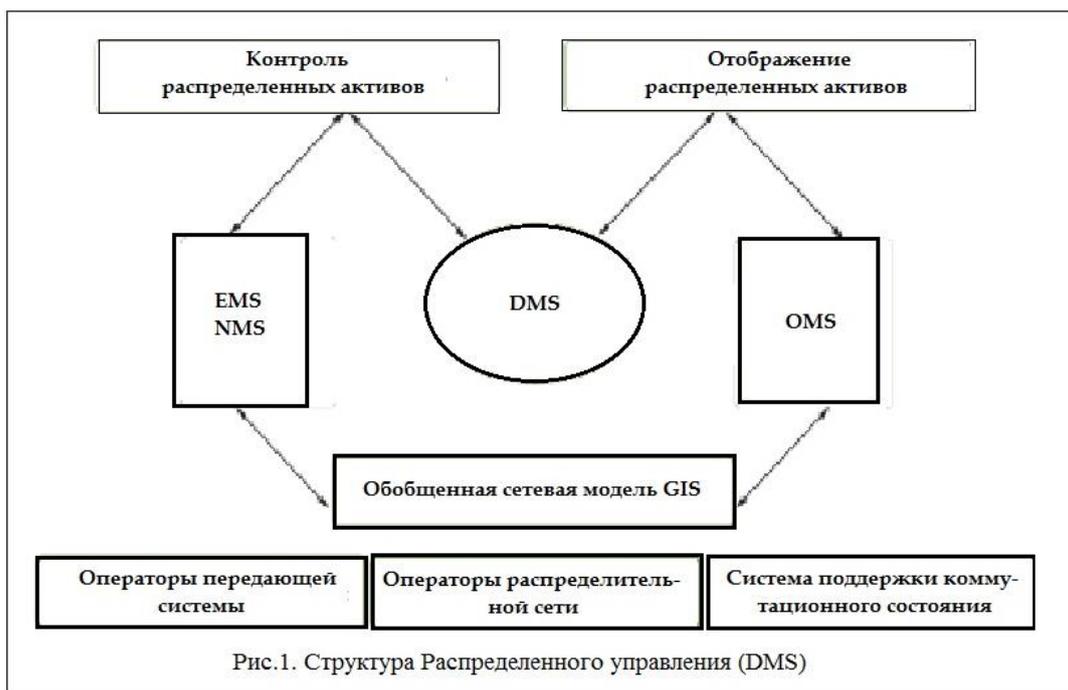
Основой современной DMS является структура способная точно сформировать текущую модель сети и обработать несбалансированный алгоритм потоков нагрузки на основе этой модели в соответствии с телеметрическими данными, взятыми от измерительных устройств сети.

Сетевая модель

Современные DMS должны иметь возможность представлять все аспекты распределительной сети, в том числе:

- различные типы проводников,
- трансформаторы,
- выключатели (ручные и автоматические),
- предохранители и другие постоянные и временные устройства, используемые в системе топологических операций.

Модель должна обеспечивать визуализацию переключений в зависимости от положения переключателей, и быть в состоянии определить, как отдельные узлы нагрузки связаны между собой.



Цели и задачи DMS

Вместо необходимости моделирования статических, замкнутых и сбалансированных сетей передачи, сегодня передовые технологии DMS должны моделировать радиальные, несбалансированные распределительные сети с быстро меняющейся топологией и объемов спроса. Вместо постоянной и часто поступающей телеметрии от передающих сетей, современная технология DMS должна быть в состоянии координировать несинхронизированные данные для управления этими сетевыми моделями. Развернутая DMS должна иметь возможность деления распределительной сети на части – создание потенциала для управления несколькими независимыми и распределительными сетями.

В набор задач, решаемых современными DMS, могут входить следующие:

Обработка и хранение динамических данных. Чтобы алгоритм оценки нагрузочных перетоков работал в DMS, требуются данные телеметрии распределительной сети. Эти данные, как правило, доступны через систему диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) и ее телеметрию, через сети с ОИК и от системы управления переключениями (OMS). Эти системы управляют потоками информации о событиях в распределительной сети.

Алгоритм обработки несбалансированной нагрузки потока мощности. Передовые DMS должен иметь очень быстрый алгоритм обработки потоков мощности, который может решить задачу оптими-

зации неравномерного распределения перетоков, полученных по данным телеметрии.

Визуализация результатов передовых DMS. В комплексной сетевой модели при значительных объемах данных (как телеметрических, так и расчетных) визуализация результатов является важным фактором. Продвинутая DMS должна в состоянии отображать данные сети с географической точки зрения (например, карты), схематический вид, и однолинейные схемы. Кроме того, конечный пользователь должен иметь возможность легко управлять уровнем информации, отображаемой в этих объектах.

Оценка состояния - обеспечение точности обработки результатов DMS. В электрических сетях алгоритм оценки состояния выбирает наблюдаемые данные из базы данных и конструирует модель для определения плохих показаний или оценки недостающих данных. Качество данных телеметрии в различных точках сети, как правило, несовершенно. Проблемы в точности фиксирующих устройств или в телекоммуникационных сетях, связанных с этими устройствами. Поэтому до проведения расширенного анализа, данные должны быть предварительно обработаны, чтобы исключить плохие значения данных.

Аналитическая функциональность DMS. Современная DMS имеет алгоритм, который поддерживает несколько функциональных областей:

- планирование и анализ операций;
- минимизация потерь.

Одной из основных целей развитых DMS является анализ режима в реальном времени, что позволяет оптимизировать распределение мощности в сети. DMS имеет программные блоки для оценки уменьшения потерь энергии путем более детального анализа (через реконфигурацию и оптимизацию сети), чтобы свести к минимуму эти потери.

Поддержка деятельности по управлению переключениями.

DMS предоставляет аналитическую поддержку для выявления причины нарушения режима и обеспечения отключения и устранения аварийной ситуации в возможно короткое время. Интегрированный с OMS, этот комплекс обеспечивает уровень "следующего поколения" функциональности, которое можно использовать для повышения надежности сети.

Выводы

Современная DMS является незаменимым инструментом в эпоху Smart Grid.

DMS предоставляет полную функциональность для оптимизации городских распределительных сетей.

Программное обеспечение обеспечивает диспетчеров, инженеров инструментом визуализации данных по ведению режима работы сети.

DMS имеет инструменты для поддержки соотношения вольт/var, которые позволяют оптимизировать напряжение на основе реагирования на спрос потребителей.

DMS поддерживает краткосрочные, среднесрочные и долгосрочное планирование, а также позволяет обеспечить обучение диспетчеров, которые работают в распределительной сети.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Vargas, A.; Samper, M.E. Real-time monitoring and economic dispatch of smart distribution grids: High performance algorithms for DMS applications. IEEE Trans. Smart Grid 2012, 3, p.866–877.

Научный руководитель: Ю.П. Кубарьков, д.т.н., профессор СамГТУ.

УПРАВЛЯЕМЫЙ СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ В ГИПЕРСКОРОСТНОЙ СТРУЕ УГЛЕРОДНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЫ

Д.С. Никитин
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП

Карбид кремния (SiC) является единственным соединением в системе углерод-азот. Он вызывает интерес у исследователей уже более века с момента первого успешного искусственного синтеза в графитовой электропечи американским изобретателем Э. Ачесоном благодаря наличию у керамики на его основе целого спектра уникальных свойств: сверхтвердость, высокая теплопроводность, низкий коэффициент теплового расширения, высокая ширина запрещенной зоны, стойкость к окислительной среде и радиационному излучению [1]. Сегодня наиболее активно происходит исследование полупроводниковых характеристик карбида кремния с целью создания на его основе устройств силовой, высокочастотной и высокотемпературной электроники [2]. Высокое внимание уделяется созданию и развитию спо-

собою синтеза наноразмерного карбида кремния в различных его формах, а также исследованию и применению его свойств [3], что обусловлено возможностью получения разнообразной конструкционной и функциональной керамики с высоким уровнем физико-химических и физико-механических характеристик.

В работе [4] показана возможность прямого плазмодинамического синтеза и получения нанодисперсного порошка карбида кремния кубической сингонии. В основе технологии лежит проведение синтеза в гиперскоростной струе углерод-кремниевой электроразрядной плазмы, воздействующей на медную преграду. В настоящей работе анализируются возможные пути управления фазовым и гранулометрическим составом синтезируемого продукта.

Гиперскоростная струя плазмы генерируется импульсной силовой установкой – коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) с графитовым ускорительным каналом и центральным электродом [5]. Электропитание ускорителя осуществляется от емкостного накопителя энергии (ЕНЭ) с емкостью конденсаторов $C=6$ мФ. Накапливаемая энергия W_c изменялась за счет изменения зарядного напряжения $U_{зар}$ от 2,0 кВ до 3,5 кВ.

В качестве прекурсоров синтеза использовались нанодисперсный углерод и микронный порошок кристаллического кремния, смесь которых массой 1,0 г в соотношении, близком к стехиометрическому, закладывалась в канал формирования плазменной структуры. Проведено четыре эксперимента при разном напряжении ЕНЭ, средние значения энергетических параметров которых приведены в таблице 1.

Плазменные выстрелы производились в герметичный объем цилиндрической камеры-реактора, заполненной аргоном при нормальном давлении и комнатной температуре. Плазменная струя воздействовала на нормально установленную медную преграду на расстоянии 23 мм от среза ускорительного канала. Порошкообразный продукт синтеза серого цвета собирался со стенки камеры-реактора после полного осаждения взвешенных частиц.

Табл. 1. Основные параметры экспериментов

Номер экспериментов	Энергетические параметры					
	$U_{зар}$, кВ	I_m , кА	U_m , кВ	P_m , кВт	W_c , кДж	W , кДж
1	2,0	65	1,0	65	12,0	10,5
2	2,5	76	1,1	76	18,8	13,0
3	3,0	98	1,3	123	27,0	19,0
4	3,5	111	1,8	204	36,8	29,7

Синтезированные в экспериментах порошкообразные продукты исследовались без предварительной подготовки следующими метода-

ми: рентгеновской дифрактометрии (XRD) на дифрактометре Shimadzu XRD 6000 (CuK α -излучение).

Данные XRD-исследований представлены дифрактограммами на рисунке 1 и результатами структурно-фазового анализа, приведенными в таблице 2. Анализ проведен с использованием программ Powder Cell 2.4 и базы структурных данных PDF 4+. Характер XRD-картин и совокупность когерентных рефлексов различной интенсивности показывают практическое отсутствие в продукте синтеза рентгеноаморфной составляющей и свидетельствуют о присутствии нескольких кристаллических фаз, одних во всех четырех случаях.

Компьютерные расчеты показали, что во всех случаях продукт плазгодинамического синтеза состоит из четырех кристаллических фаз, кристаллографические параметры которых наиболее точно соответствуют следующим структурным моделям: кубический карбид кремния β -SiC, пространственная группа (space group) SPGR – F-43m {216}; кубический кремния cSi, SPGR – F-43/d-32/m {227}; графит gC, SPGR – P6-3mc {186}; углеродные луковичные структуры C-Onions, SPGR – P6-3mc {186}.

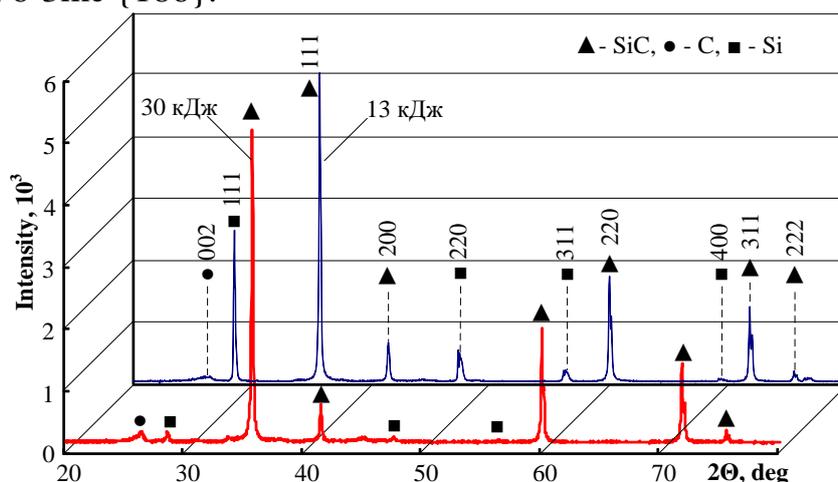


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы продуктов синтеза

Табл. 2. Данные рентгеновской дифрактометрии

Фаза W, кДж		SiC	Si	C
1. 10,5 кДж	Содержание, %	60,0	24,0	16,0
	ОКР, нм	35	20	10
2. 13,0 кДж	Содержание, %	73,0	21,0	6,0
	ОКР, нм	70	80	20
3. 19,0 кДж	Содержание, %	80,0	13,0	7,0
	ОКР, нм	75	65	35
4. 29,7 кДж	Содержание, %	90,0	2,5	7,5
	ОКР, нм	90	40	20

Согласно расчетным данным (таблица 2), наибольшее массовое содержание в продукте имеет фаза кубического карбида кремния. Причем с увеличением подводимой к ускорителю энергии W происходит существенное повышение содержания SiC за счет снижения содержания кристаллического кремния, т.е. более эффективное карбидообразование. Однако при этом содержание углеродных фаз в продукте не уменьшается в диапазоне W от 13,5 кДж до 29,7 кДж. Это объясняется закономерным увеличением количества углерода, эродированного с поверхностей графитового центрального электрода и ускорительного канала при увеличении тока, мощности и подводимой энергии ускоряемого сильноточного разряда (таблица 1). Кроме того, оценочные расчеты показывают устойчивую тенденцию роста средних размеров областей когерентного рассеяния (ОКР), что говорит о увеличении размеров кристаллитов продукта синтеза.

Повышение энергетики процесса обеспечивает увеличение P, t параметров плазмы в ускорительном канале, более полную ионизацию прекурсоров и участие их в плазмохимическом образовании карбида кремния. В то же время повышаются P, t -параметры и в индуцированном у медной преграды скачке уплотнения, где скорость массопереноса становится дозвуковой, замедляется теплоотвод от массы жидкофазного продукта синтеза, повышается длительность этапа кристаллизации и роста кристаллитов распыляемого материала.

На основании представленных данных можно заключить, что плазмодинамический метод обеспечивает реализацию прямого синтеза и получения ультрадисперсного кубического карбида кремния $\beta\text{-SiC}$. Экспериментально установлено увеличение среднего размера кристаллитов и содержания карбида кремния с ростом подводимой к ускорителю энергии в условиях воздействия гиперзвуковой струи на медную преграду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Abderrazak H., Hmida E.S. Silicon Carbide: Synthesis and Properties, in: Prop. Appl. Silicon Carbide. – London: InTech, 2011. – P. 361-389.
2. Levinshtein M.E., Rumyantsev S.L., Shur M.S. Properties of Advanced Semiconductor Materials GaN, AlN, SiC, BN, SiC, SiGe. – New York: John Wiley & Sons, Inc, 2001. – 216 p.
3. Wu R., Zhou K., Yue C.Y., Wei J., Pan Y. Recent progress in synthesis, properties and potential applications of SiC nanomaterials. – Prog. Mater. Sci. – 2015. – V. 72. – P. 1-60.

4. Sivkov A.A., Nikitin D.S., Pak A.Y., Rakhmatullin I.A. Direct plasmadynamic synthesis of ultradisperse silicon carbide. – Tech. Phys. Lett. – 2013. – V.39. – P. 105-107.
5. Пат. 2431947 РФ. H05H 11/00, F41B 6/00. Коаксиальный ускоритель / Сивков А.А., Пак А.Я. Заявлено 30.04.2010; Опубл. 20.10.2011.

Научный руководитель: А.А. Сивков, д.т.н., с.н.с., профессор, каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТА УМНОГО ДОМА

С.В. Бабурин, Ю.П. Еронин, С.Д. Щипунов
Сибирский федеральный университет

В работе представлены результаты разработки студенческого проекта по созданию элемента "умного дома", целью которого являлось создание устройства для мониторинга и контроля работы отдельных бытовых электроприборов.

Технология «Умный дом» – это интеллектуальная система управления домом, обеспечивающая автоматическую и согласованную работу всех систем жизнеобеспечения и безопасности. Такая система самостоятельно распознает изменения в помещении и реагирует на них соответствующим образом. Основной особенностью такой технологии является объединение отдельных подсистем и устройств в единый комплекс, управляемый при помощи автоматики – различных контроллеров и серверов.

Программное обеспечение контроллеров или сервера позволяет контролировать климат (поддерживать установленный уровень температуры и влажности в том или ином помещении), водоснабжение (контроль состояния труб или давления в них), управлять освещением в здании, устанавливать параметры безопасности (постановка и снятие с охраны по определенному сценарию реакции систем) и развлекаться, при этом не прилагая особых усилий. В помещениях устанавливается контрольное оборудование, передающее информацию на главный модуль или контроллер, который изменяет «параметры» дома в зависимости от внешних условий и заданных параметров.

Для лучшего ресурсосбережения и повышения комфорта не обязательно устанавливать дорогие системы, которые будут контролировать весь дом. Порой достаточно иметь возможность контролировать работу всего нескольких устройств в доме: например удалённо вклю-

чить/выключить систему отопления или подогрева воды, отключить дорогостоящий электроприбор при опасном изменении напряжения и т.д. Это позволит повысить эффективность энергосбережения, пожаро- и электробезопасность.

Целью проекта является создание устройства для мониторинга и контроля работы отдельных бытовых электроприборов и систем, которое может использоваться без каких-либо изменений в схеме электроснабжения квартиры.

На рисунке 1 представлена электрическая схема проектируемой розетки. Основой устройства выступает 8-битный микроконтроллер ATmega32 – он будет считывать показания датчиков и выполнять все необходимые вычисления и операции по заданным алгоритмам. Для измерения напряжения параллельно нагрузке подключается диод VD1, для выпрямления сигнала, и резистивный делитель напряжения, с нижнего плеча которого снимается напряжение, амплитуда которого не превышает 5 В. Этот сигнал подаётся на микроконтроллер. Для вычисления действующего значения напряжения МК производит N замеров за период и вычисляет напряжение по формуле

$$U_{\phi} = K \sqrt{2 \frac{\sum_{i=1}^N u_i^2}{N}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент деления делителя, u_i – мгновенное значение напряжения, измеренное МК.

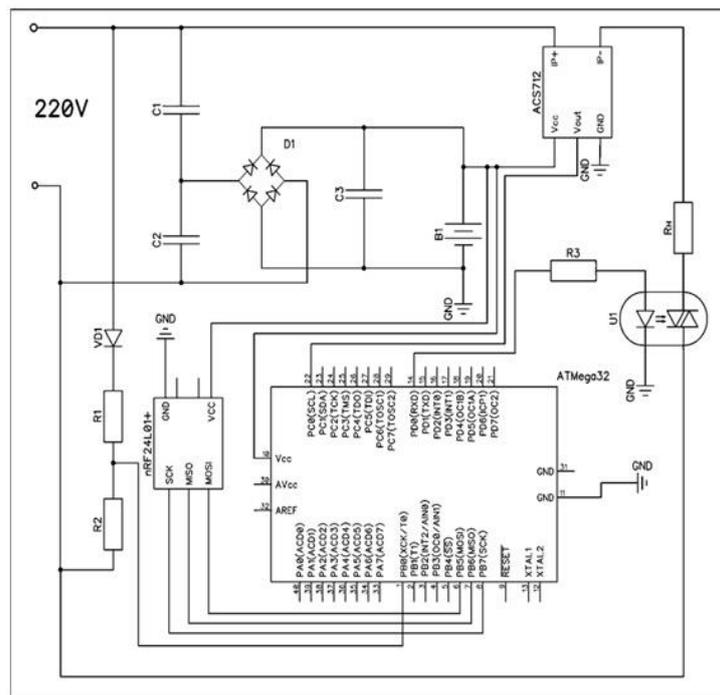


Рис. 1. Принципиальная схема "умной" розетки

Для измерения тока, протекающего через включённую в розетку нагрузку, используется датчик тока ACS712, работающий на эффекте Холла. Выходное напряжение датчика пропорционально току, протекающему через проводящий путь, а уровень чувствительности составляет 66 мВ/А. Мгновенное значение тока, измеренное датчиком, в любой момент времени можно вычислить по формуле

$$i = \frac{\left(U_{\text{ВЫХ}} - \frac{U_{\text{ОП}}}{2} \right)}{66 \cdot 10^{-3}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{ВЫХ}}$ – напряжение на выходе датчика V_{OUT} , $U_{\text{ОП}}$ – опорное напряжение V_{CC} . Для определения действующего значения тока делается выборка из N мгновенных значений за период и вычисляется значение тока по формуле

$$I_{\phi} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N i_j^2}{N}}. \quad (3)$$

Полная мощность, которую потребляет подключённая к розетке нагрузка, находится как произведение действующих значений напряжения и тока

$$S_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi}. \quad (4)$$

Для коммутации нагрузки используется оптосимистор U1. Питание всех элементов схемы осуществляется от источника питания с конденсаторным делителем напряжения, в качестве резервного источника используется небольшой аккумулятор. Для удалённого управления устройством и связи с компьютером используется трансивер nRF24101+.

Благодаря дистанционному управлению можно не только удалённо проверить состояние прибора, но и контролировать его работу. Это позволяет корректировать энергопотребление в любой момент времени, при этом совершенно не обязательно находиться в непосредственной близости от устройства – достаточно иметь возможность выхода в интернет.

Также немаловажным является вопрос безопасности. Во-первых, любой бытовой прибор, включённый в сеть, не остаётся без присмотра, так как основные параметры его работы будут всегда под рукой. В случае, если возникают сомнения по поводу корректности работы бытовых приборов, их можно легко отключить. Во-вторых, появляется возможность автоматического отключения дорогостоящей бытовой техники при скачках или провалах сетевого напряжения. МК следит за изменениями напряжения и, в случае его отклонения от до-

пустимых норм, отключает нагрузку от сети. Это позволяет не только защитить электроприборы, но и повышает пожаробезопасность всего помещения. В-третьих, так как максимальный ток, который можно измерить при помощи датчика ACS712 равен 30 А, то максимальная мощность нагрузки с напряжением 220 В будет равна $S_{\phi} = 6600 \text{ МВА}$. Активная же мощность большинства бытовых электроприборов не превышает 3000 Вт, а значит ток таких нагрузок почти в 2 раза меньше максимально допустимого для датчика ACS712. Это позволяет рассматривать возможность создания автоматического выключателя на базе "умной" розетки, способного быстро реагировать на нештатные ситуации. В совокупности со стандартными автоматическими выключателями и УЗО это создаст надёжную защиту от возникновения пожаров и поражения электрическим током.

На данный момент рынок предлагает "умные розетки" со встроенным в них GSM модулем. Во-первых, это увеличивает стоимость продукта в не сколько раз. Во-вторых, для пользователя является не удобным ее использование, по сколько в каждую такую розетку необходимо вставлять SIM карту, и дополнительно оплачивать услуги оператора связи. В нашем проекте "умная розетка" идет в комплекте с беспроводным модулем, который подключается к интернету, через ПК или же сеть WI-FI. Этот модуль собирает информацию с розеток и передает их на сервер. Схема данной розетки, при небольшом изменении конструкции, может использоваться для управления другими системами умного дома: выключателей освещения, управления вентиляцией, управления телевизорами или другой медиа аппаратурой, систем контроля утечки газа или воды. В перспективе к модулю, собирающему информацию с устройств, можно добавить голосовое управление, что упростит взаимодействие человека с системами умного дома.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Современные технологии комфорта – «Умный Дом» [Электронный ресурс] // daily.sec.ru: интернет-журнал по техническим средствам безопасности.
2. Устройства и технологии системы Умный дом [Электронный ресурс] // aptech.ru. URL: <http://www.aptech.ru/tehnologii-dom> (дата обращения: 29.03.2015).

Научный руководитель: И.В. Коваленко, канд. техн. наук, доцент кафедры ЭСиЭЭС ПИ СФУ

**СЕКЦИЯ 8.
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА,
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

**УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ПОРОШКА
НИТРИДА АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО
ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

М.И. Гуков¹, И.И. Шаненков², А.И. Циммерман¹
^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП, ¹группа 5Г42

Введение

Интерес к синтезу нитрида алюминия обусловлен его следующими уникальными свойствами: сравнительно высокая теплопроводность, низкая диэлектрическая постоянная, низкий коэффициент теплового расширения, высокая механическая прочность [1]. Благодаря этим свойствам порошок нитрида алюминия активно используется при получении керамики, которая в дальнейшем применяется при производстве микроэлектроники. Синтез порошков AlN с наноразмерной структурой является важной задачей, так как от размера частиц зависит температура спекания. Известно, что чем выше дисперсность частиц нитрида алюминия, тем меньшие параметры спекания можно использовать при получении керамики.

Ввиду больших удельных энергетических и временных затрат на получение порошков нитрида алюминия большинством известных методов [2] наблюдается интерес к способам синтеза, в основе которых лежат плазменные процессы. Эти способы обладают следующими преимуществами: высокая скорость протекания реакции, высокие достигаемые энергетические параметры в процессе синтеза и высокая скорость охлаждения (порядка 10^6 К/с). Используя систему на основе разработанного в ТПУ коаксиального магнитоплазменного ускорителя [3-5], ранее были проведены эксперименты по получению AlN.

Известно, что обработка конечных продуктов (размол, ультразвуковое и электродиспергирование) позволяет удалять примеси и увеличивать дисперсность. В данной работе исследуется влияние ультразвукового диспергирования на фазовый состав и размеры частиц конечного продукта плазмодинамического синтеза в системе Al-N.

Экспериментальная часть

Исследуемый порошок нитрида алюминия был получен плазменно-динамическим методом в системе на основе КМПУ с алюминиевыми электродами. В качестве твердого прекурсора использовался меламин ($C_3N_6H_6$) для увеличения концентрации азота. Плазменный выстрел производился в герметичную камеру-реактор, заполненную газообразным азотом ($P=1,0$ атм). Энергетические параметры емкостного накопителя энергии были следующими: зарядная емкость $C=14,4$ мФ, зарядное напряжение $U=3,0$ кВ.

Полученный продукт без предварительной подготовки анализировался методами рентгеновской дифрактометрии (Shimadzu XRD-7000) и просвечивающей электронной микроскопии (Philips CM12), согласно данным которой строились гистограммы распределения частиц. После этого продукт был подвергнут ультразвуковому диспергированию в ультразвуковой ванне (Ultrasonic Cleaner 50 Вт) в течение 8 минут в изопропиловом спирте. После этого продукт разливался в 2 разные чашки Петри: в одной мелкая фракция, в другой – осадок. Далее изопропиловый спирт выпаривался, и собирались образцы. Продукт, получившийся из мелкой фракции, также анализировался описанными выше методами.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлены рентгеновские дифрактограммы полученного порошка до и после ультразвукового диспергирования. Расшифровка дифрактограмм проводилась в программной среде PowderCell 2.4 с использованием базы данных PDF 2. Согласно полученным данным, было установлено, что порошок состоит из трех основных фаз (AlN , Al , Al_4C_3). Стоит отметить, что доминирующей является фаза нитрида алюминия. Тем не менее содержание примесей составляет около 25 %. Расшифровка дифрактограммы, представленной на рисунке 1б, позволила заключить, что после диспергирования массовое содержание необходимой нам фазы нитрида алюминия повышается, а содержание примесных фаз, таких как Al и Al_4C_3 , падает. На дифрактограммах это заметно по уменьшению основных максимумов, соответствующих фазам Al и Al_4C_3 . Полученные данные свидетельствуют о повышении степени очистки исследуемого порошка.

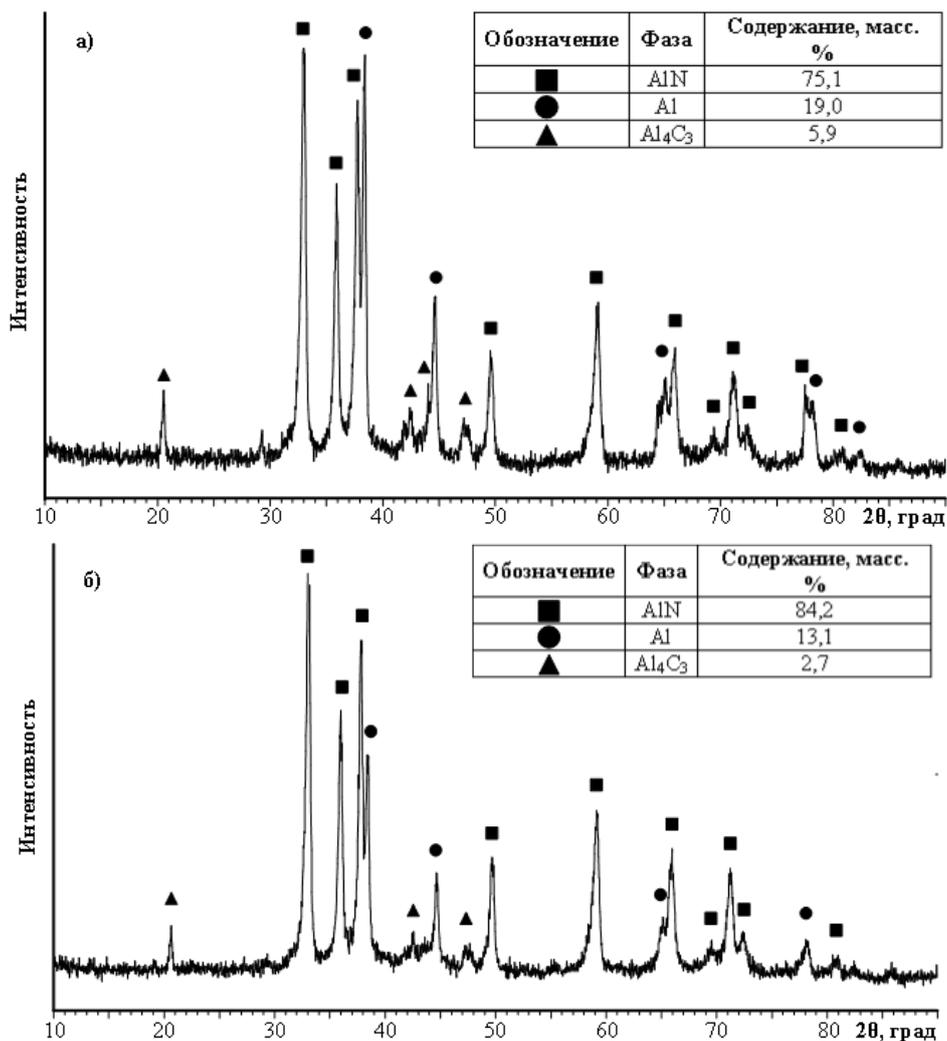


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы исследуемого порошка: а) до ультразвукового диспергирования; б) после ультразвукового диспергирования

На рисунке 2 представлены гистограммы распределения частиц в исследуемом порошке по размерам до и после проведения ультразвукового диспергирования. Как видно из рисунка, после обработки размеры наибольшего числа частиц в исследуемом порошке изменяются с диапазона 40-120 нм до 20-100 нм. Кроме того удалось выделить наиболее мелкую фракцию с размерами до 20 нм.

Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что ультразвуковое диспергирование порошка, полученного плазгодинамическим методом, позволяет повысить степень его очистки и выделить более мелкую фракцию, которая является наиболее предпочтительной для получения керамики.

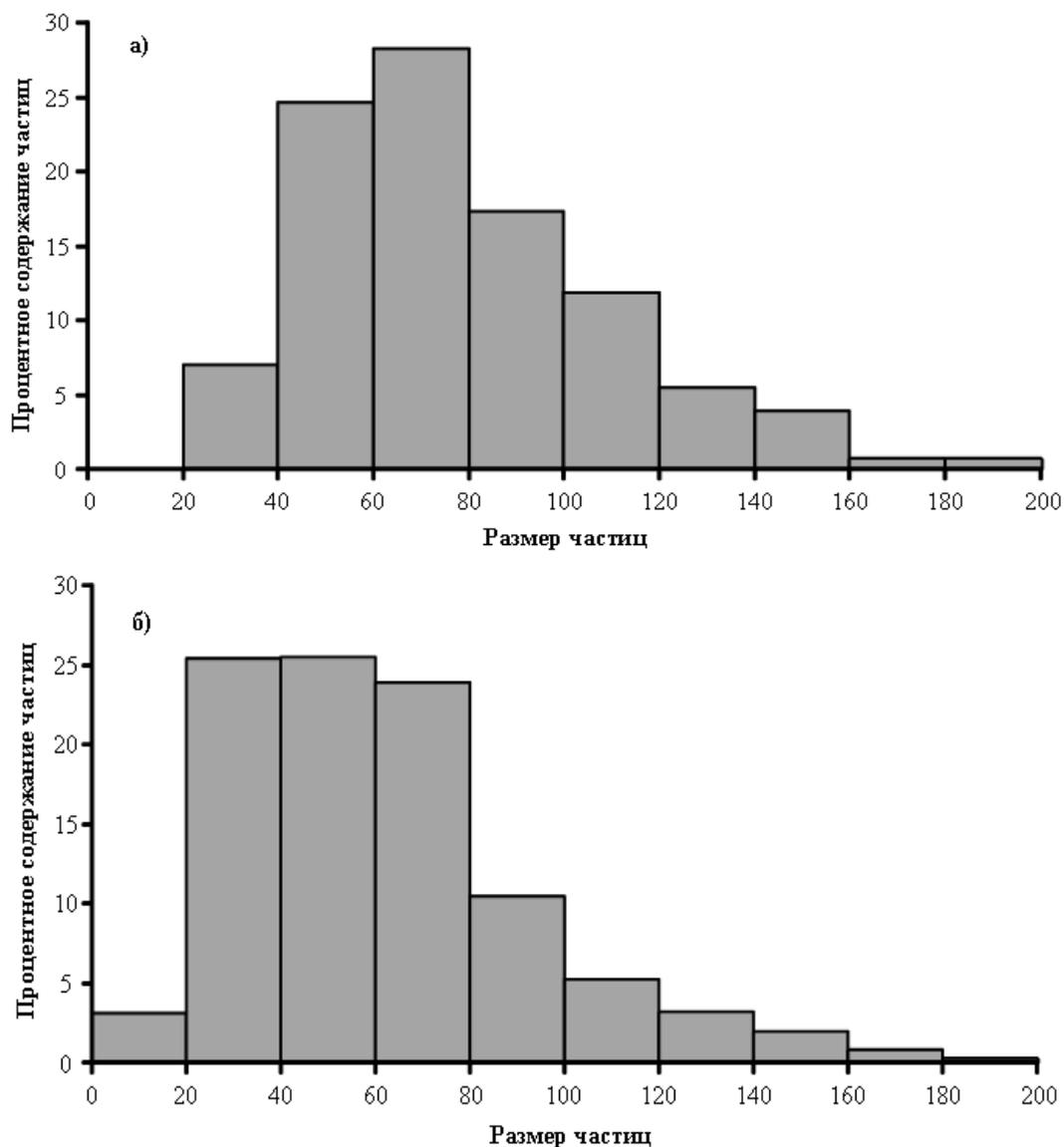


Рис. 2. Гистограммы распределения частиц по размерам в исследуемом порошке: а) до ультразвукового диспергирования; б) после ультразвукового диспергирования

ЛИТЕРАТУРА:

1. Slack G. A., Tanzilli R. A., Pohl R. O., Vandersande J. W. The intrinsic thermal conductivity of AlN // *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. – 1987. – № 48. – P. 641–647.
2. Pee J.H., Park J.C., Hwang K.T., Kim S., Cho W.S. Properties of AlN powder synthesized by self-propagating high temperature synthesis process // *Key engineering materials*. – 2010. – № 434–435. – P. 834–837.

3. Пат. 137443 РФ. МПК7 H05H 11/00. Коаксиальный магнито-плазменный ускоритель / А.А. Сивков, А.С. Сайгаш, Ю.Л. Колганова. Бюл. № 4. – 6 с.
4. Sivkov A., Pak A., Shanenkov I., Kolganova Y., Prosvirin I. Effect of energy on plasmodynamic synthesis product in the carbon-nitrogen system // Advanced Materials Research. – 2014. – Т. 880. – С. 36-41.
5. Сивков А.А., Пак А.Я., Никитин Д.С., Рахматуллин И.А., Шаненков И.И. Плазмодинамический синтез нанокристаллических структур в системе С-N // Российские нанотехнологии. – 2013. – Т. 8. – № 7-8. – С. 62-65.

Научный руководитель: А.А. Сивков, д.т.н., профессор, каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАТИВНОЙ МОЩНОСТИ

К.А. Воронин

Уфимский государственный авиационный технический университет

На крупных промышленных предприятиях всегда остается высоким показатель потребляемой мощности из-за использования электрических приводов, которые требуют контроля скорости. В машиностроительной и авиационной промышленности, активно применяются также электродуговые и сталеплавильные печи, вентиляционные и дренажные системы, большие воздушные компрессоры и различные насосы. В качестве приводов используются как двигатели постоянного тока, так и асинхронные и синхронные. Для того чтобы обеспечить плавное регулирование скорости, используются система выпрямления или же система преобразователей высокой мощности (в которой также используются выпрямители). Для приводов небольшой и средней номинальной мощности (примерно до 300-400 кВт) обычно применяют неуправляемые вентили (диоды), в то время как для приводов большой мощности – управляемые выпрямители. Они работают с сильно искаженным синусоидальным током, и их включают для работы с нелинейной нагрузкой. Быстрый рост применения выпрямителей и систем преобразователей создает серьезные проблемы из-за их воздействия на электрическую сеть. Это связано с наличием искаженной формы кривой напряжения и как следствие, значительных потоков реактивной мощности и сниженного значения коэффициента мощности

потребителя. Форма кривой тока, потребляемого выпрямителем, сильно деформируется и в случае использования управляемого выпрямителя. Как результат, можно наблюдать падение напряжения на сопротивлении как в системе передачи и распределения, так и в приемной системе. Фактически же, искаженная форма выходного напряжения на общих точках подключения (промежуточных распределительных устройствах) не приемлема для передачи на другие приемники, которые чувствительны к изменениям формы кривой напряжения. Для решения этой проблемы необходимо применение активных фильтров. Они могут быть разработаны на основе выбранной концепции развития электрической сети предприятий. Мы обнаружили, что наиболее подходящим является использование теории физических свойств составляющих тока [1]. В данной статье указаны и обсуждаются проблемы, связанные с компенсацией реактивной мощности при нелинейных нагрузках. Приведены аналитические результаты, а также результаты моделирования компенсации для высокой мощности нелинейной нагрузки с использованием средств динамической компенсации в сочетании с применением активного фильтра тока гармоник.

Для анализа периодических кривых с несинусоидальной формой, обычно используется тригонометрическое представление ряда Фурье следующим образом [2]:

$$i = I_{h1} \cdot \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + \sum_{n \geq 1} I_{hn} \cdot \sin(n \cdot \omega_1 t + \varphi_n) \quad , \quad (1)$$

где I_{hn} - амплитуда гармоники тока n -ого порядка; n – номер гармоники; ω_1 - угловая частота основной гармоники; φ_n - начальная фаза n -ой гармоники.

Такие кривые, как правило, характеризуются общим коэффициентом гармонических искажений THD:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n \geq 1} |I_{hn}|^2}}{|I_{h1}|} \quad . \quad (2)$$

В зависимости от пульсности системы выпрямителя, характерным является присутствие определенных гармоник тока:

$$n = p \cdot k \pm 1 \quad , \quad (3)$$

где n - номер гармоники; p - число импульсов выпрямителя; $k = 1, 2, 3$ и т.д.

Например, наиболее часто используемые 6-импульсные выпрямители ($p = 6$) вырабатывают только нечетные гармоники тока: 5, 7, 11, 13, 17, 19 и т.д.

В соответствии с аналитическим представлением Фурье, амплитуда последующих гармоник должна уменьшаться с увеличением их числа, однако это далеко не всегда происходит в реальных электро-энергетических системах.

Для описания и интерпретации процессов и явлений, связанных с электричеством, в настоящее время используются следующие теории:

1. теория мгновенной мощности с ее многочисленными вариациями;
2. теория физических свойств составляющих тока, которая была разработана и опубликована в 80-х годах прошлого века.

Первая теория описывает явления во временной области, в то время как вторая описывает явления связанные с частотными показателями. Одной из наиболее актуальных тем для обсуждения в настоящее время является проблема, связанная с электрическими нелинейными цепями, так как необходимо создать соответствующие эффективные инструменты для снижения потоков реактивной мощности, потребляемой этим видом нагрузки.

В случае линейного типа нагрузки, компенсация реактивной мощности осуществляется на основании разделения тока на две компоненты:

$$I = \sqrt{I_a + I_r}, \quad (4)$$

где I - действующее значение тока нагрузки; I_a - активная составляющая тока; I_r – реактивная составляющая тока.

В качестве устройств для компенсации используются статические батареи конденсаторов и перевозбужденные синхронные двигатели. При нелинейных нагрузках форма кривой тока указывает на наличие многочисленных гармоник. А широкий спектр гармоник тока в свою очередь, может привести к термическому повреждению конденсаторов, изоляции силовых кабелей, трансформаторов, а также электрических машин (например, емкостное сопротивление уменьшается с увеличением частоты, следовательно, перегрузка из-за влияния высших гармоник является одним из ключевых факторов). Таким образом, при больших нелинейных нагрузках в качестве устройства для компенсации негативного воздействия на сеть используются последовательно соединенных пассивных LC-фильтры вместе с защитными реакторами:

$$f_{PEZ} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (5)$$

Серия LC-фильтров резонансной частоты для заданных гармоник оказывает малое влияние на реактивную мощность при нелинейной нагрузке. Однако, токи нелинейной нагрузки могут быть устранены путем применения LC-фильтра (рисунок 1), не влияя на саму сеть.

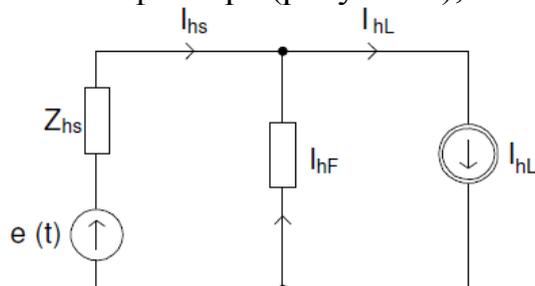


Рис. 1. Схема эквивалентной электрической цепи с нелинейной нагрузкой, I_{hL} – ток нелинейной нагрузки, I_{hF} – ток пассивного фильтра, I_{hS} – ток сети

В реальных электрических системах мы имеем дело с искаженной формой кривой напряжения. Тем не менее, эти деформации относительно невелики, и их уровень определяется действующим законодательством ($THDU \leq 2\%$). Несмотря на небольшую деформацию кривой напряжения, высшие гармоники тока, протекающие через батареи конденсаторов и пассивные фильтры, достигнув потребителя, могут достигать значительных величин. Таким образом, наиболее логичным способом для ограничения высших гармоник тока является использование правильно выбранных активных фильтров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. L. Czarnecki, Power in electric circuits with non-sinusoidal current and voltage waveforms // Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej – 2005.- N 6. – P. 54-60.

Научный руководитель: Ю.В. Рахманова, к.т.н., доцент УГАТУ.

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ

И.С. Кожуховский, В.А. Попов

Саяно – Шушенский филиал Сибирского федерального университета

При проектировании электростанции возникает вопрос о выборе оборудования. На данный момент устройство синхронизации высоковольтных выключателей не включены в шкаф управления на Саяно – Шушенской ГЭС, что ведет к покупке дополнительного оборудования и усложнению системы автоматического управления.

В качестве предложения по усовершенствованию было принято решение заменить синхронизатор шведско-швейцарской компании ABBSwitchsyncF236 [1] на разработанный алгоритм управления, который будет выполняться в шкафу управления выключателя.

Рассмотрим алгоритм действия реактированной линии на примере фазы А.

На фазе А, как и на всех остальных фазах, установлен орган определения максимального и минимального значения напряжения (для благоприятного отключения выключателя) [2]. На элементы «1» и «2» будет поступать сигнал о присутствии реактора в линии, но так как на элементе «1» сигнал будет проходить с инверсией, и на выходе будет иметь логический ноль, дальше этого элемента сигнал не пройдет. В то же время на выходе элемента «2» будет логическая единица, при условии, что сработает орган определения максимального напряжения, это обуславливается тем, что коммутация включения реактированной линии в момент времени с максимальным напряжением наиболее благоприятна. Далее сигнал проходит на элемент «4», через элемент «3». На элементе «4», помимо сигнала с элемента «3» будет подаваться сигнал на включение. Далее сигнал будет проходить на элементы отвечающие за регулирования выдержки времени DT1, DT2, DT3, в то же время блокируя фазы В и С. Команда на срабатывание-пускового реле КСС1 будет проходить через элемент DT1, который имеет настраиваемую выдержку времени, для того чтобы отключить фазу в максимальный момент времени. Так как схема трехфазная, срабатывание реле КСС2 будет проходить через выдержку времени 6,66 мс, которая устанавливается элементом DT2. Срабатывание реле КСС3 срабатывает через выдержку времени 13,33 мс, которая устанавливается элементом DT3.

На рисунке 1 представлена схема разработанного алгоритма управления высоковольтными выключателями[3].

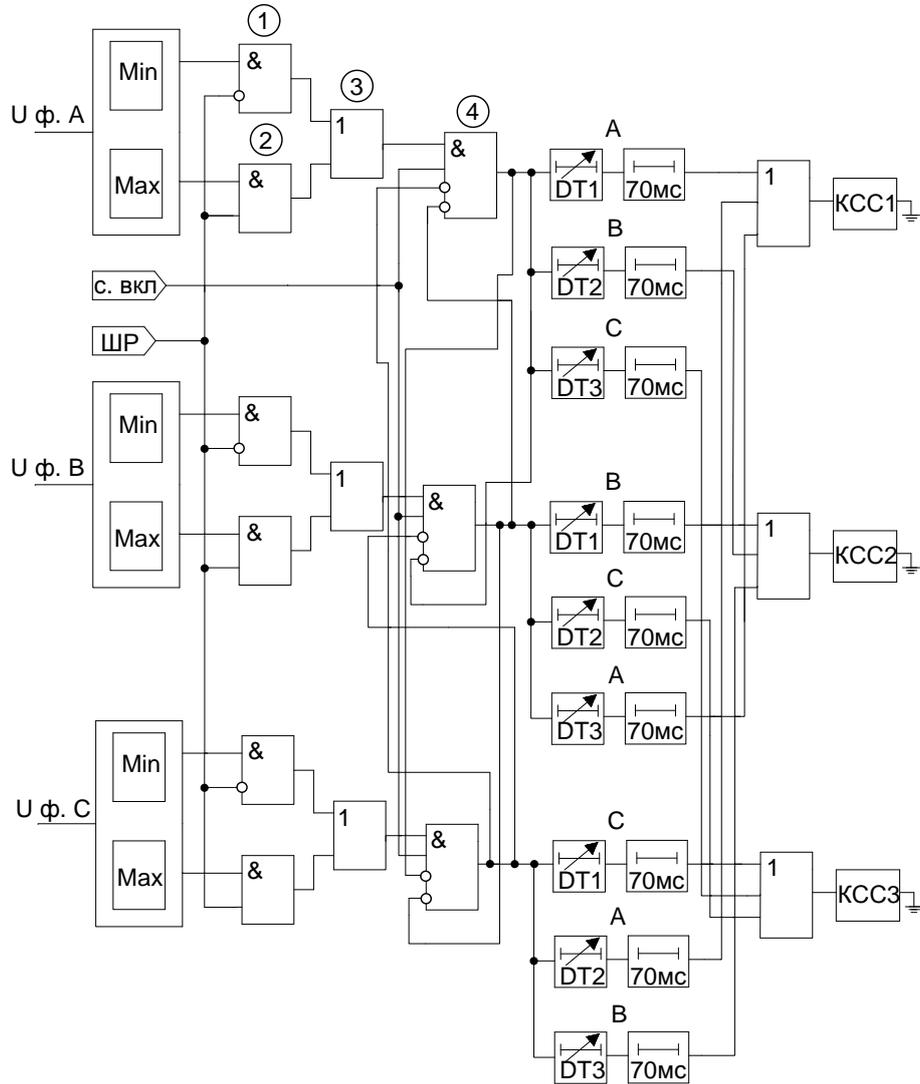


Рис. 1. Схема алгоритма управления высоковольтных выключателей

На рисунке 2 изображена осциллограмма схемы с реактивной линией.

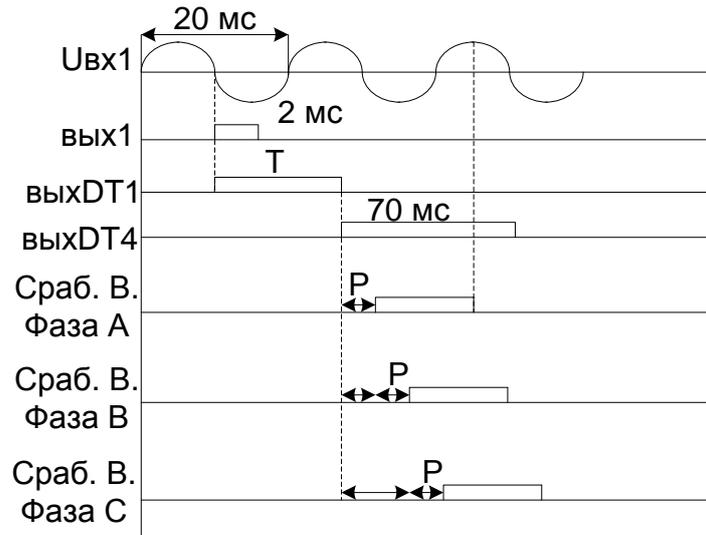


Рис. 2. Осциллограмма схемы с реактированной линией

В случае линии без реактора сработает орган определения минимального напряжения, то есть на элемент «3» будет проступать сигнал от элемента «2». Остальной алгоритм будет протекать аналогичным способом.

Осциллограмма с неактированной линией представлена на рисунке 3.

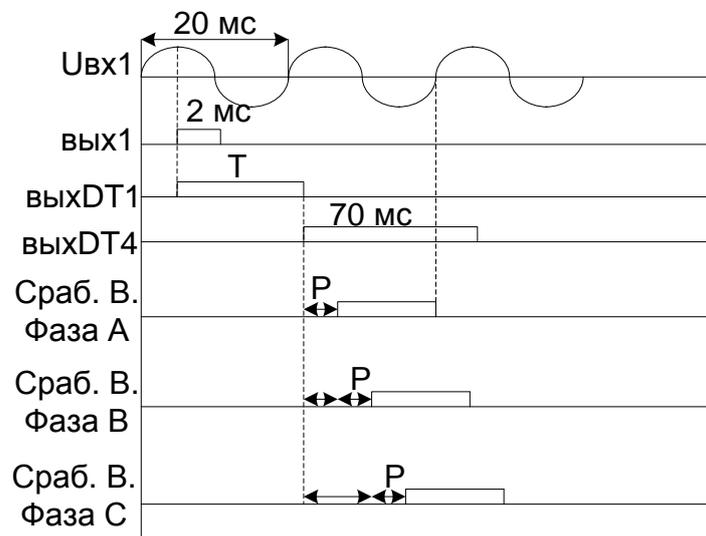


Рис. 3. Осциллограмма с неактированной линией

Благодаря разработанному алгоритму можно будет отказаться от применения синхронизатора. Тем самым шкаф управления будет способен самостоятельно производить благоприятные коммутации без возникновения апереодической составляющей тока.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Техническая информация «SwitchsyncF236» [Электронный ресурс] // Компания «ABB». – Режим доступа: <http://www.abb.ru/product/db0003db002618/aac97c97bc40d704c12576230027f368.aspx?productLanguage=ru&country=RU&tabKey=2>
2. Методические указания по применению ограничителей в электрических сетях 110-750 кВ. РАО "ЕЭС России", ОАО "Институт "Энергосетьпроект", ОАО ВНИИЭ, НТК "ЭЛ-ПРОЕКТ" М., 2000 г.
3. Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных систем. 2-е изд., стереотип. - М.: Горячая линия-Телеком, 2007.- 636 с.
4. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. - М.: Энергоатомиздат, 1998.- 800 с.
5. Правила устройства электроустановок: изд. 7. - М.: ДЕАН, 2013. - 706 с.

Научный руководитель: А.А. Катайцев, заместитель начальника службы технических систем управления, Саяно – Шушенская ГЭС, доцент кафедры ГГЭЭС СШФ СФУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА ВОЗБУЖДЕНИЯ СИЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ В ПРОГРАММЕ POWER FACTORY

М.В. Рыбакова
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, группа 5АМ51

Мощность электрической сети постоянно меняется, из-за изменения её потребления в течение суток, а также из-за других изменений, например аварий, коммутаций. Изменение мощности влечёт изменение напряжения, поэтому его поддержание на заданном уровне является актуальной задачей.

В данной работе исследование АРВ проводилось на примере одномашинной энергосистемы состоящей из одного генератора, трансформатора, двух линий и шины бесконечной мощности 220 кВ. Параметры приведены в таблицах 1-3.

Табл. 1. Параметры генератора

Название	P, МВт	cos φ
ТГВ-300-2У3	300	0.85

Табл. 2. Параметры трансформатора

Название	U _{ВН} , кВ	U _{НН} , кВ
ТДЦ-400000/220-73У1	220	20

Табл. 3. Параметры линии

Название	Длина, км	X, Ом
АС-500	50	0,4

На схеме (рис.1) под названиями показаны значения загрузки элементов в процентах. В местах их подключения к шинам указаны активная, реактивная мощности (МВт, Мвар) и ток (кА). На шинах определяются напряжение в кВ, напряжения в о.е. и угол между шиной и шиной бесконечной мощности.

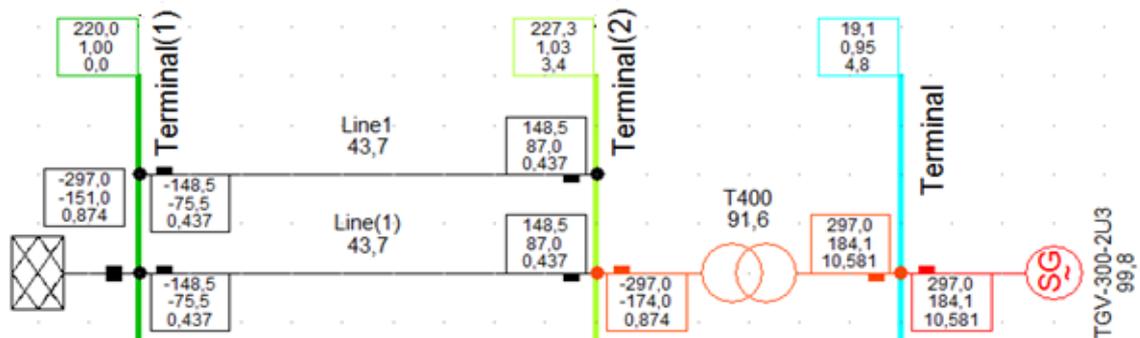


Рис. 1. Схема энергосистемы

Энергосистема работает исправно. Напряжение не превышает допустимого для нормального режима работы ($\pm 5\%$). Также, соблюдается баланс по активной и реактивной мощностям.

Создание модели АРВ СД

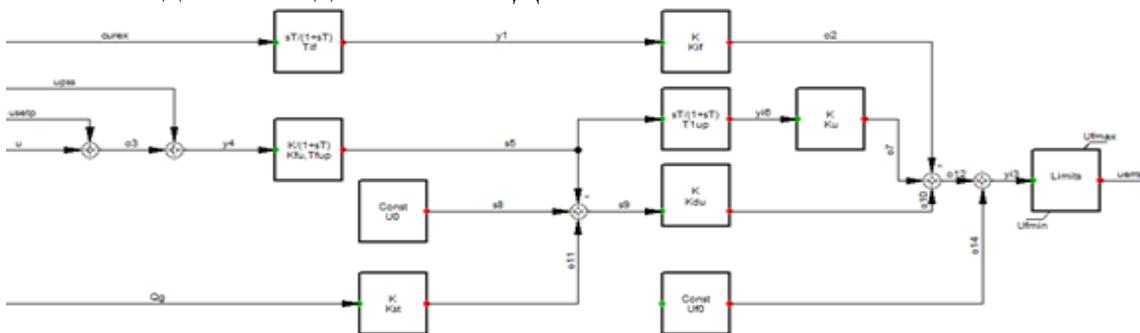


Рис. 2. Схема АРВ СД

Табл. 4. Параметры АРВ СД

№	Наименование	Комментарий	Диапазон [о.е.]	Нач. значение [о.е.]
1	U0	Уставка по напряжению	0 ÷ 1.5	1.0
2	Kdu	Усиление по каналу отклонения U	0 ÷ 100.0	25.0
3	Kст	Статизм по реактивному току	±20%	5%
4	Kфу	Коэффициент передачи фильтра трехфазного выпрямителя	0.4 ÷ 1.2	1.0
5	Tфур	Постоянная времени фильтра трехфазного выпрямителя	0.001 ÷ 0.1 с	0.02 с
6	Ku	Усиление по каналу производной напряжения статора	0 ÷ 50.0	25.0
7	T1ур	Постоянная времени канала производной напряжения статора	0.01 ÷ 0.1 с	0.03 с
8	KIf	Усиление по каналу производной тока ротора	0 ÷ 10	0
9	Tif	Постоянная времени канала производной тока ротора	0.001 ÷ 0.5 с	0.14 с
10	Uf0	Уставка по каналу ручного возбуждения	0 ÷ 1.2	0.3
11	Ufmax	Ограничение напряжения возбуждения	1.0 ÷ 5.0	2.0
12	Ufmin	Ограничение напряжения возбуждения	0 ÷ 1.0	0

Так как исследуется канал по напряжению Ku, то коэффициент усиления по производной тока ротора KIf равен нулю.

Проведение опытов короткого замыкания

Все опыты будут проводиться по следующему сценарию. Короткое замыкание происходит на середине линии через 10 с работы системы. Через 0,2 с после начала короткого замыкания срабатывает защита и ликвидирует короткое замыкание. Автоматика включает линию после срабатывания релейной защиты через 0,5 с.

Табл. 5. Результаты опытов 1-6

№ опыта	$K_{\Delta U}$	K_U	Результат	$t_{\text{восст}}, \text{с}$	Вывод об устойчивости
1	1	0	Не восстанавливается	-	Система не устойчива
2	2	0	Не восстанавливается	-	Система не устойчива
3	5	0	Не восстанавливается	-	Система не устойчива
4	10	0	Не восстанавливается	-	Система не устойчива
5	10	10	Не восстанавливается	-	Система не устойчива
6	10	25	Не восстанавливается	-	Система не устойчива

Система оказалась статически не устойчива во всех опытах. Переходные характеристики показаны на примере опыта 4. Графики изображены на рисунках 3-6.

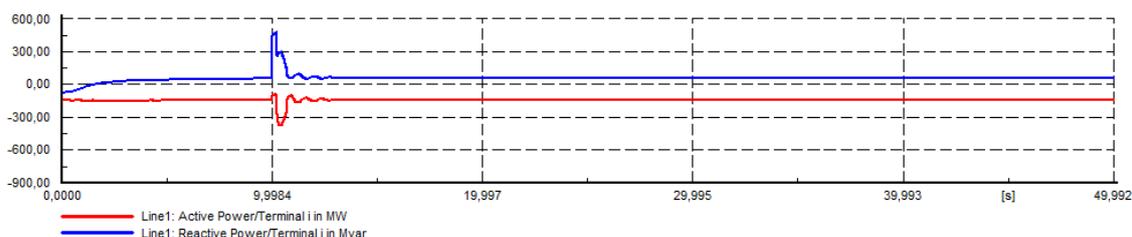


Рис. 3. Графики активной и реактивной мощностей в неотключаемой линии

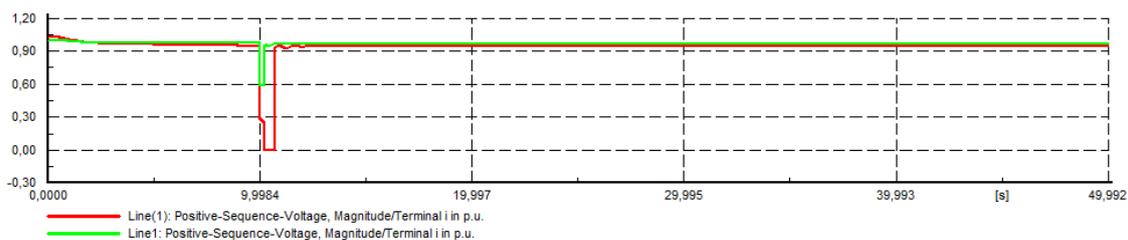


Рис. 4. Графики напряжения в обеих линиях

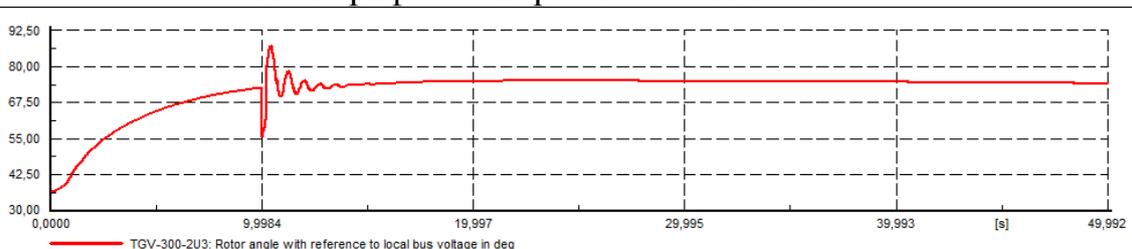


Рис. 5. График угла ротора генератора

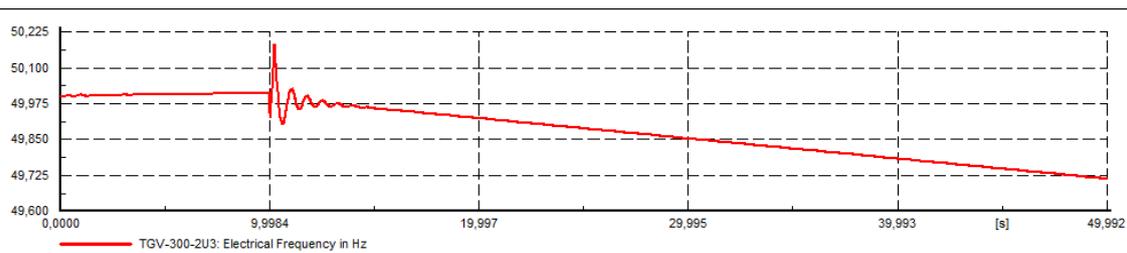


Рис. 6. График частоты генератора опыта

Выводы:

Подъёмы и спады некоторых графиков в первых секундах свидетельствуют о том, что АРВ требуется дополнительная настройка, но эти параметры находятся в допустимых пределах, что не принесёт никакого ущерба системе. Все параметры устанавливаются до изначальных, кроме частоты. следовательно данный АРВ не сохраняет устойчивость системы, возможно из-за отсутствия обратной связи, которая была исключена из-за появления алгебраического цикла.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем : учебник для вузов. — 3-е изд., исправленное / Н.И. Овчаренко ; под ред. чл.-корр. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. — М. : Издательский дом МЭИ, 2009. — 476 с.
2. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебник для вузов - 2-е изд. М. Энергоатомиздат, 1986. - 640 с.

Научный руководитель: С.В. Свечкарёв, к.т.н., старший преподаватель каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

**РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОДСТАНЦИИ
220 КВ "ПАРАБЕЛЬ"**

С.В. Бочков, Н.М. Космынина
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А2В

В настоящее время потребители снабжаются электроэнергией главным образом по электрическим сетям от подстанций, питаемых от мощных энергосистем. При этом линии оказываются протяженными и разветвленными. Для обеспечения требуемого качества энергоснабжения (значение напряжения у потребителя не должно отличаться от

номинального значения более чем на $\pm 5\%$) рекомендуется проводить ряд мероприятий. Тема доклада – средства регулирования напряжения на подстанции ПАО "ФСК ЕЭС" 220 кВ "Парабель".

Основной способ регулирования напряжения - использование регуляторов напряжения под нагрузкой, которыми оборудуются силовые трансформаторы (РПН).

На подстанции установлены автотрансформаторы типа АТДЦТГН – 63000/220/110 с однофазным устройством переключения ответвлений обмотки трансформатора РНТ-20А, предназначенное для ступенчатого изменения коэффициента трансформации обмоток под нагрузкой при помощи изменения числа включенных витков его регулировочной обмотки.

Регулятор напряжения типа РНТ-20А представляет собой один быстродействующий трехфазный регулятор с активным токоограничивающим сопротивлением, погружного исполнения, с одним приводом на все фазы.

Устройство РПН типа РНТ состоит из следующих основных частей (рис. 1).

Избиратель (переключатель), который подготавливает необходимое рабочее положение. В некоторых конструкциях устройств РПН избиратель имеет предизбиратель. Избиратель и предизбиратель переключают свои контакты без нагрузки.

Предизбиратель, используется для увлечения количества ступеней регулирования.

На данном РПН установлен предизбиратель реверсивного типа, там самым удваивается количество ступеней регулирования.

Избиратель и предизбиратель РПН находятся в общем масле бака автотрансформатора.

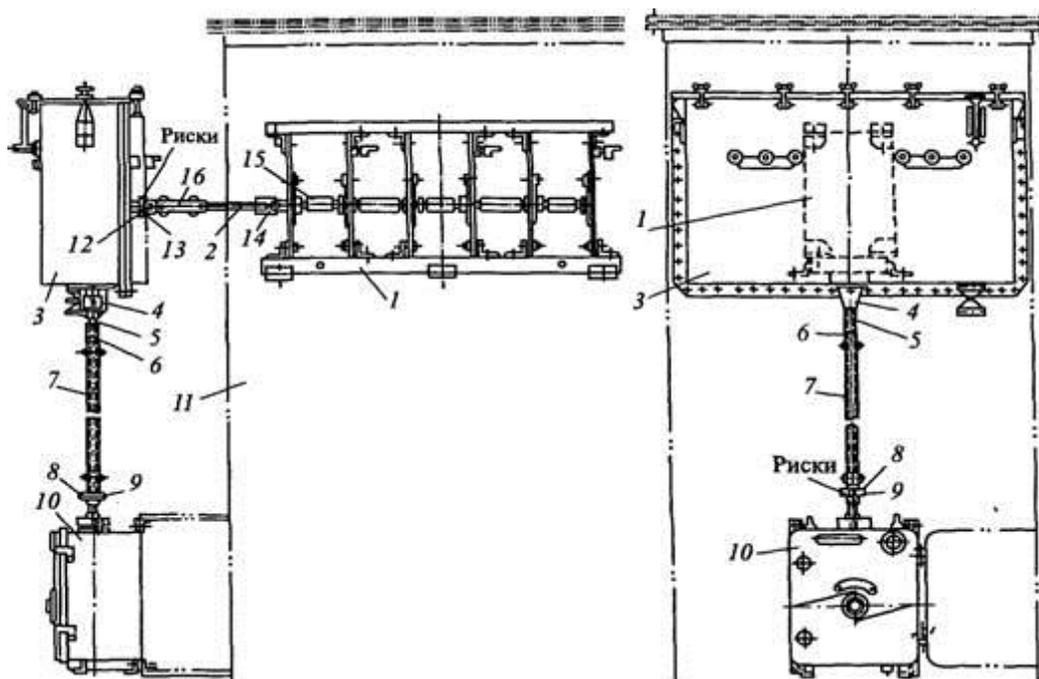


Рис. 1. Аппараты переключающего устройства типа РНТ, установленные на трансформаторе: 1 — переключатель; 2 — горизонтальный пал; 3 — бак контакторов; 4 — сальник; 5 — вал сальника; 6 — переходная муфта вертикального вала; 7 — вертикальный вал; 8 — нониусный диск вала (7); 9 — нониусный диск вала механизма (10); 10 — приводной механизм; 11 — бак трансформатора; 12, 13 — нониусные диски вала контакторов и карданного вала; 14 — соединительная муфта вала переключателя; 15 — вал переключателя; 16 — горизонтальный карданный вал.

Контактор, который обеспечивает переход на подготовленное избирателем рабочее положение без разрыва нагрузочной цепи и гашение возникающей при этом электрической дуги (осуществляет переключение под нагрузкой).

Контактор РПН типа РНТ находится в отдельном баке снаружи автотрансформатора. Бак контактора заполнен маслом, отделенным от масла автотрансформатора (гидравлически не связанным с общим маслом бака автотрансформатора).

Трехфазный реактор, который находится в общем баке автотрансформатора и предназначен для снижения токов короткого замыкания (защиты от возможного повреждения) и сглаживания переходных процессов в схеме регулирования.

Токоограничивающие сопротивления, которые находятся в баке контактора и предназначены для уменьшения коммутационного тока, возникающего в процессе переключения.

Приводной механизм, который обеспечивает переключение контактора и избирателя. Переключения контактора и избирателя синхронизированы по времени.

Контактор и избиратель имеют подвижные и неподвижные контакты. Неподвижные контакты избирателя соединяются с соответствующими отпайками регулировочной обмотки, а подвижные – с неподвижными контактами контактора.

При помощи подвижных контактов контактора и избирателя, которые механически через изоляционные детали соединены с приводным механизмом, осуществляется последовательное переключение отпаек регулировочной обмотки.

Предел регулирования РНТ-20А. Характеристика РНТ приведена в табл. 1.

Табл. 1. Напряжение и токи в зависимости от положения РПН

Положение РПН	Положение реверса	Линия X, Y, Z		Фазное напряжение на возбуждающей обмотке, В	Линейное напряжение последовательной обмотки, В
		Напряжение, В	Ток, А		
1	I-III	9350	988,2	+6350	+1650
2		9515	971,1	+5715	+1485
3		9680	954,6	+5080	+1320
4		9845	938,6	+4445	+1155
5		10010	923,1	+3810	+990
6		10175	908,1	+3172	+825
7		10340	893,6	+2540	+660
8		10505	879,6	+1905	+495
9		10670	866,0	+1270	+330
10		10835	852,8	+635	+165
11, 12, 13		11000	840,0	0	0
14	I-II	11165	827,6	-635	-165
15		11330	815,5	-1270	-330
16		11495	803,8	-1905	-495
17		11660	792,4	-2540	-660
18		11825	781,4	-3172	-825
19		11990	770,6	-3810	-990
20		12155	760,2	-4445	-1155
21		12320	750,0	-5080	-1320
22		12485	740,1	-5715	-1485
23		12650	730,4	-6350	-1650

Примечание: реверс – предизбиратель РПН реверсивного типа.

На подстанции представлен еще один способ регулирования напряжения: шунтирующий реактор типа РОД-33333/110 У1, установленный на распределительном устройстве 110 кВ. Шунтирующий реактор представляет собой статическое электромагнитное устройство, предназначенное для компенсации реактивной (зарядной) мощности линий электропередач. Применение шунтирующего реактора позволяет не только регулировать напряжение, а также повысить качество передаваемой электроэнергии, увеличить пропускную способность линий электропередач, снизить потери электроэнергии при транспортировке.

На подстанции также установлен линейный вольтодобавочный трансформатор типа ЛТМН-16000/10-67У1, предназначенный для продольного регулирования под нагрузкой. Трансформатор установлен на стороне низшего напряжения автотрансформатора с регулировкой напряжения на КРУ 10 кВ подстанции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учебник для среднего профессионального образования / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. — 4-е изд., стер. — Москва: Академия, 2007. — 448 с.: ил.
2. Инструкции по эксплуатации и оперативному обслуживанию автотрансформаторов, ВДТ, ШР и РПН; ПС 220 кВ «Парабель».

Научный руководитель: Н.М. Космынина, к.т.н., доцент ЭЭС ЭНИН ТПУ.

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА ТДТН-40000/110

Ю.Е. Лазебная
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А2В

Данный трехобмоточный трансформатор типа ТДТН-40000/110 используется на подстанции 110/35/6 кВ «Анжерская» в качестве связующего силового трансформатора между РУ 110 кВ, РУ 35 кВ и РУ 10 кВ.

Расшифровка условного обозначения рассматриваемого трансформатора ТДТН: Т— трехфазный; Д — масляный с естественной

циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха; Т — трехобмоточный; Н — с регулированием напряжения под нагрузкой.[1].

Система охлаждения трансформатора типа ТДТН-40000/110 может работать в трех режимах: ONAN (М) – естественное масляное охлаждение, ONAF (Д) – масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла, OFAF (ДЦ) – масляное охлаждение с дутьем и принудительной циркуляцией масла через воздушные охладители. Данные системы могут работать как по отдельности, так и вместе в зависимости от того режима, в котором непосредственно находится трансформатор в тот или иной момент времени.

Рассмотрим данные режимы работы системы охлаждения рассматриваемого трансформатора [2].

Режим работы системы охлаждения ONAN (М).

Данный режим работы системы охлаждения обеспечивает охлаждение трансформатора исходя из двух следующих факторов:

- температура наиболее нагретой точки обмотки;
- температура масла в верхних слоях.

При номинальной нагрузке трансформатора температура масла в верхних, наиболее нагретых слоях не должна превышать 95°C [1]. Конструкцией трансформатора предусмотрено охлаждение масла в радиаторах при естественной конвекции масла в каналах его секций и воздуха в межсекционном пространстве радиаторов.

Режим работы системы охлаждения ONAF (Д).

При таком режиме работы системы охлаждения трансформатора в работу подключаются вентиляторы обдува, расположенные непосредственно под группами пластинчатых радиаторов.

Вентилятор засасывает воздух снизу и обдувает нагретую часть радиатора. Пуск и останов вентиляторов могут осуществлять автоматически в зависимости от нагрузки и температуры нагрева масла. Трансформаторы с таким охлаждением могут работать при полностью отключенном дутье, если нагрузки не превышает 100% номинальной, а температура верхних слоев масла не более 55°C .

При достижении температуры верхних слоев 55°C или температуре наиболее нагретой точки обмотки 75°C происходит включение вентиляторов на обоих радиаторах [2].

При таком режиме работы системы охлаждения масло охлаждается в радиаторах при естественной конвекции масла в каналах секции и принудительном движении воздуха в межсекционном пространстве радиаторов.

Режим работы системы охлаждения OFAF (ДЦ).

При таком режиме работы системы охлаждения трансформатора в работу помимо вентиляторов подключаются и электронасосы. Электронасосы, встроенные в маслопроводы, создают непрерывную циркуляцию масла через охладители.

Непосредственно на трансформаторе типа ТДТН-40000/110 при достижении температуры наиболее нагретой точки обмотки 85°C , происходит включение электронасосов на обоих радиаторах. Масло охлаждается в радиаторах при принудительной циркуляции в каналах секции и принудительном движении воздуха в межсекционном пространстве радиаторов. При температуре масла 85°C или 100°C обмотки проходит сигнал о высокой температуре масла, при температуре масла 95°C или 115°C обмотки проходит команда на отключение трансформатора [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Электрооборудование станций и подстанций: учебник для среднего профессионального образования / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. — 4-е изд., стер. — Москва: Академия, 2007. — 448 с.: ил.
2. Комплект инструкций по эксплуатации и оперативному обслуживанию оборудования ПС 110/35/6 кВ «Анжерская».

Научный руководитель: Н.М. Космынина, к.т.н., доцент каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

УСКОРЕНИЕ УРОВ, КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ЭЭС

А.Ю. Митрофаненко, Р.Б. Абеуов
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭСиЭ

Анализ расчетов динамической устойчивости (ДУ) показывает, что наиболее тяжелым с точки зрения обеспечения ДУ генераторов электростанций являются отключения сетевых элементов (воздушных линии) действием устройств резервирования при отказе выключателя (УРОВ) при трехфазном коротком замыкании (КЗ) с отказом одного выключателя. Такие возмущения приводят к возникновению кратковременного асинхронного режима (АР) генераторов (1 – 4 цикла), и

только в тех случаях, когда КЗ происходит на воздушных линиях электропередачи (ВЛ) в непосредственной близости от шин электростанции [1]. Несмотря на то, что длительность асинхронного режима является относительно небольшой, однако не для всех генераторов электроэнергетической системы (ЭЭС) она является допустимой.

Одним из известных способов позволяющих исключить возможность возникновения даже кратковременного АР, при таких возмущениях, является повышение скорости срабатывания устройств релейной защиты, в рассматриваемом случае УРОВ [2]. Однако, использование постоянного ускорения может приводить к избыточному действию УРОВ, так как в этом случае оно будет осуществляться при любом виде КЗ, на всём протяжении ВЛ.

Для применения этого способа с целью обеспечения ДУ генераторов ЭЭС необходима разработка УРОВ, которое бы осуществляло ускорение только в случаях возникновения трехфазных КЗ в непосредственной близости от шин электростанции.

Для осуществления указанных действий устройство должно состоять из трёх функциональных блоков: непосредственно УРОВ, устройства определения места повреждения (ОМП) и фильтра обратной последовательности (ФОП).

За основу, в качестве схемы устройства резервирования при отказе выключателя предлагается схема с дублированным пуском и контролем исправностей цепей [2, 3]. Для обеспечения распознавания устройством резервирования при отказе выключателя вида и места КЗ, при которых необходимо осуществлять ускорение в него должны быть интегрированы фильтр обратной последовательности и устройство одностороннего определения места повреждений линий электропередач [3, 4]. Схема логической модели предлагаемого устройства резервирования при отказе выключателя с ускорением приведена на рисунке 1.

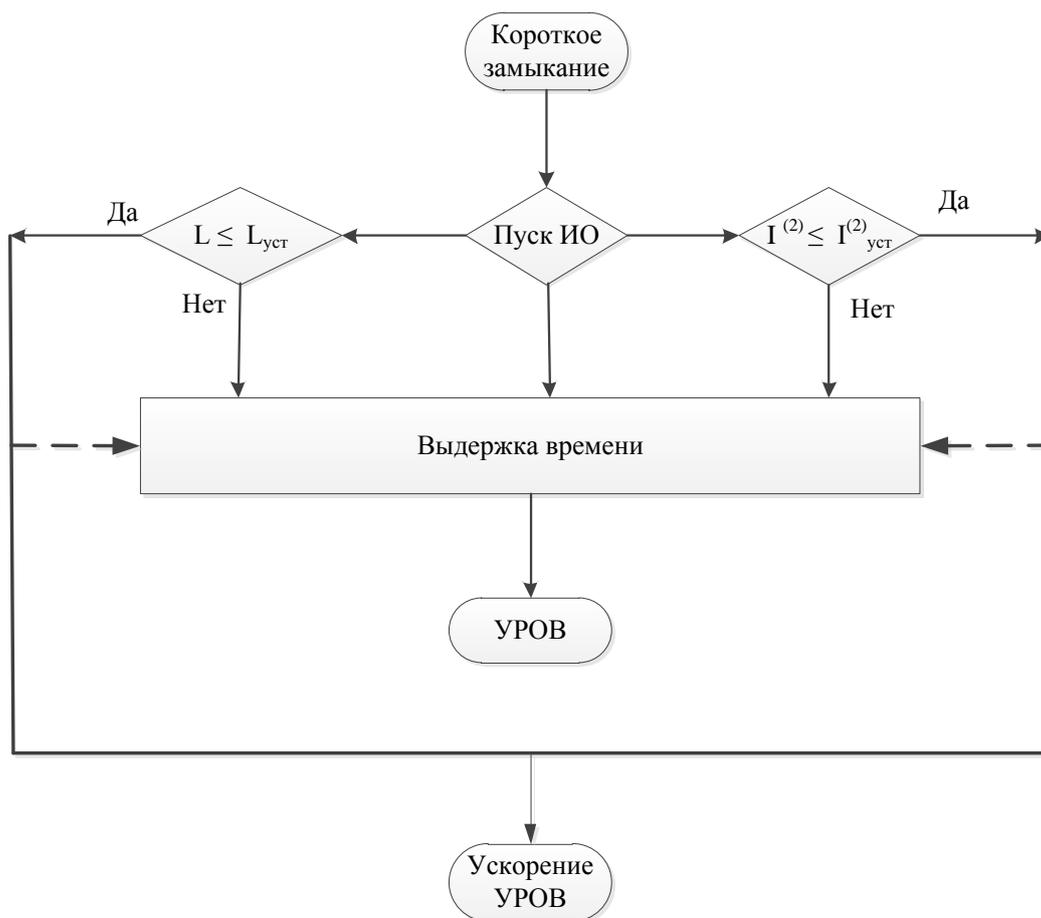


Рис. 1. Схема логической модели УРОВ с ускорением

Данная схема позволяет работать, как при обычном резервировании, так и при ускоренном. Ускорение означает, что УРОВ срабатывает без выдержки времени при выполнении условий: наличии активного сигнала от ОМП и ФОП.

Наличие ФОП в рассматриваемой схеме УРОВ позволяет распознать среди всего массива коротких замыканий именно трёхфазные КЗ, потому что именно составляющая обратной последовательности тока КЗ присутствует во всех несимметричных коротких замыканиях. Работа ФОП основана на вычислении тока обратной последовательности и его сравнении с допустимой уставкой по току.

Интеграция ОМП в схему рассматриваемого УРОВ продиктована необходимостью вычисления расстояния до места КЗ и сравнения его с заданной уставкой.

Ускорение УРОВ работает только при наличии двух активных сигналов, в остальных случаях (когда имеется только один активный сигнал) УРОВ действует по обычной схеме (пунктирные линии).

УРОВ запускается одновременно с действием основных защит при КЗ (блок «Пуск ИО»). Блок «Выдержка времени» необходим для формирования, необходимой выдержки на срабатывание УРОВ. Это

выдержка формируется из времени отключения выключателя, времени возврата элемента контроля тока и времени запаса [3]. Кроме того, при выполнении пусковых условий выполняется формирование сигнала на запрет АПВ и выдается команда на отключение выключателей.

Предлагаемая схема УРОВ с ускорением может стать достаточно эффективным средством обеспечения ДУ генераторов при трехфазных КЗ на ВЛ входящих в схему выдачи мощности электростанций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Исследование влияния повышения быстродействия УРОВ на динамическую устойчивость генераторов ЭЭС/ Ю. В. Шабалина, Р. Б. Абеуов; науч. рук. Р. Б. Абеуов // Электроэнергетика глазами молодежи: сборник докладов V международной молодежной научно-технической конференции, г. Томск, 10-14 ноября 2014 г. в 2 т. / НИ ТПУ.
2. Таубес И.Р. Устройство резервирования при отказе выключателя 110 – 220 кВ. – М: Энергоатомиздат, 1988.-88 с.
3. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007, 549 с.
4. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие для вузов. – М: Издательский дом МЭИ, 2010-336 с.

Научный руководитель: Р.Б. Абеуов, к.т.н., доцент каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

О.А. Иванин

Объединенный институт высоких температур
Российской академии наук

В энергетическом балансе России заметную роль играют объекты малой распределенной энергетики [1]. При этом требования энергоэффективности и энергосбережения, а также экологические ограни-

чения заставляют использовать все более сложные схемы энергетических комплексов: когенерационные и тригенерационные, с тепловыми и электрическими аккумуляторами, гибридные схемы, включающие установки на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ).

Эффективность работы энергетического комплекса определяется большим числом факторов: графиками нагрузок потребителя, местными энергетическими ресурсами, в т.ч. ВИЭ, возможностью подключения к внешним сетям, тарифами и т.п. Для учета этих факторов при выборе оптимального варианта состава комплекса и характеристик оборудования необходимо решить далеко не тривиальную задачу многопараметрической оптимизации. При этом в связи с сезонным характером графиков энергетических нагрузок потребителя горизонт расчета в общем случае должен составлять 1 год. С учетом нелинейности характеристик большинства генерирующих установок и накопителей энергии подобный расчет с использованием нелинейных методов оптимизации потребовал бы огромных вычислительных мощностей, и решение задачи на современных персональных компьютерах было бы весьма затруднительно [2].

В настоящей работе для решения задач оптимизации энергетических комплексов малой энергетики адаптирован метод линейного программирования (симплекс-метод) и рассмотрены условия применимости методов декомпозиции задачи.

В основе универсальной математической модели энергетического комплекса лежат уравнения баланса производимой и потребляемой тепловой и электрической энергии на каждом из временных интервалов расчетного периода [3]. Расчетный период (год) разбивается на n временных интервалов, в пределах которых тепловая и электрическая нагрузки потребителя считаются постоянными. По структуре математическая модель состоит из линеаризованных математических моделей энергетических установок, связей между ними и системы ограничений, определяющих возможность применения симплекс-метода. В качестве параметра, характеризующего режим работы энергетических установок, принят коэффициент нагрузки, который вычисляется как отношение текущей мощности установки к ее номинальному значению

$$x_i^j = \frac{P_i^j}{P_i^{nom}} \quad (1)$$

где x_i^j – коэффициент нагрузки i -ой установки на j -ом временном интервале, P_i^j – мощность i -ой установки на j -ом временном интервале, P_i^{nom} – номинальное значение мощности i -ой установки.

В качестве критерия оптимизации приняты затраты на энергообеспечение. По структуре затраты можно разбить на постоянную (капитальные затраты, амортизационные отчисления, зарплата обслуживающего персонала и прочие статьи затрат, не зависящие от интенсивности эксплуатации оборудования) и переменную (стоимость топлива) составляющие. Переменная составляющая затрат определяет целевую функцию (функционал), экстремум которой определяется в ходе оптимизационного расчета. Результатом решения задачи оптимизации будет вектор коэффициентов нагрузки оборудования \bar{x}_i^j , определяющий минимум топливных затрат при эксплуатации выбранной схемы оборудования энергетического комплекса.

Представленная методика реализована в виде программных кодов в среде программирования Delphi. В таблице приведены результаты оптимизационного расчета для 4 схем оборудования энергетических комплексов:

1. Газовый водогрейный котел (К);
2. Газовый котел + газопоршневая установка (ГПУ);
3. Газовый котел + мини-ТЭЦ на базе газопоршневой установки (КГУ);
4. Газовый котел + мини-ТЭЦ + бак-аккумулятор тепла (БА).

В качестве потребителя рассматривалось многоэтажное жилое здание, расположенное в умеренной климатической полосе России. Горизонт расчета составлял 1 неделю. Энергокомплекс эксплуатируется в составе внешней электрической сети (С), причем импорт электроэнергии осуществлялся по двухтарифному разряду. При расчете учитывались капитальные затраты на оборудование, отнесенные к расчетному периоду. Установки, для которых производился расчет, имели следующие характеристики: номинальная тепловая мощность водогрейного котла – 350 кВт, номинальная электрическая мощность ГПУ и КГУ – 180 кВт, объем бака-аккумулятора – 13 м³.

Результаты моделирования работы различных схем оборудования энергетического комплекса на одного потребителя

№	Схема оборудования	Расход газа, м ³	Коэффициент использования топлива, %	Затраты, тыс. руб.
1	С+К	4833	78	54
2	С+К+ГПУ	10447	52	52
3	С+К+КГУ	7488	72	41
4	С+К+КГУ+БА	7185	74	41

Из таблицы видно, что схемы №3 и №4 обеспечивают низкий объем затрат на энергоснабжение здания. Хотя бак-аккумулятор и повышает эффективность использования топлива, его установка ведет к дополнительным капитальным затратам.

Предлагаемая методика позволяет моделировать работу энергетических комплексов различной конфигурации, сравнивать их эффективность по ряду параметров и выбирать наиболее эффективную схему оборудования из предлагаемых.

Работа выполнялась при финансовой поддержке гранта РФФИ, грант №13-08-00781.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антропов А.П., Батенин В.М., Зайченко В.М. Новые технологии распределенной энергетики // ТВТ. 2015. Т. 53. №. 1. С. 111-116.
2. Директор Л.Б., Майков И.Л. Решение задач оптимизации сложных энергетических систем // УБС / Сборник трудов. Вып. 28: М.: ИПУ РАН, 2010. С. 274-292.
3. Директор Л.Б., Зайченко В.М., Майков И.Л., Иванин О.А. Анализ эффективности схем энергетических комплексов малой распределенной энергетики // Промышленная энергетика. 2014. №2. С. 41-46.

Научный руководитель: Л.Б. Директор, д.т.н., ведущий научный сотрудник, ОИВТ РАН

СХЕМА УСТАНОВКИ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ГИДРОАГРЕГАТА

А.В. Речков, А.В. Абрамов

Саяно – Шушенский филиал Сибирского федерального университета

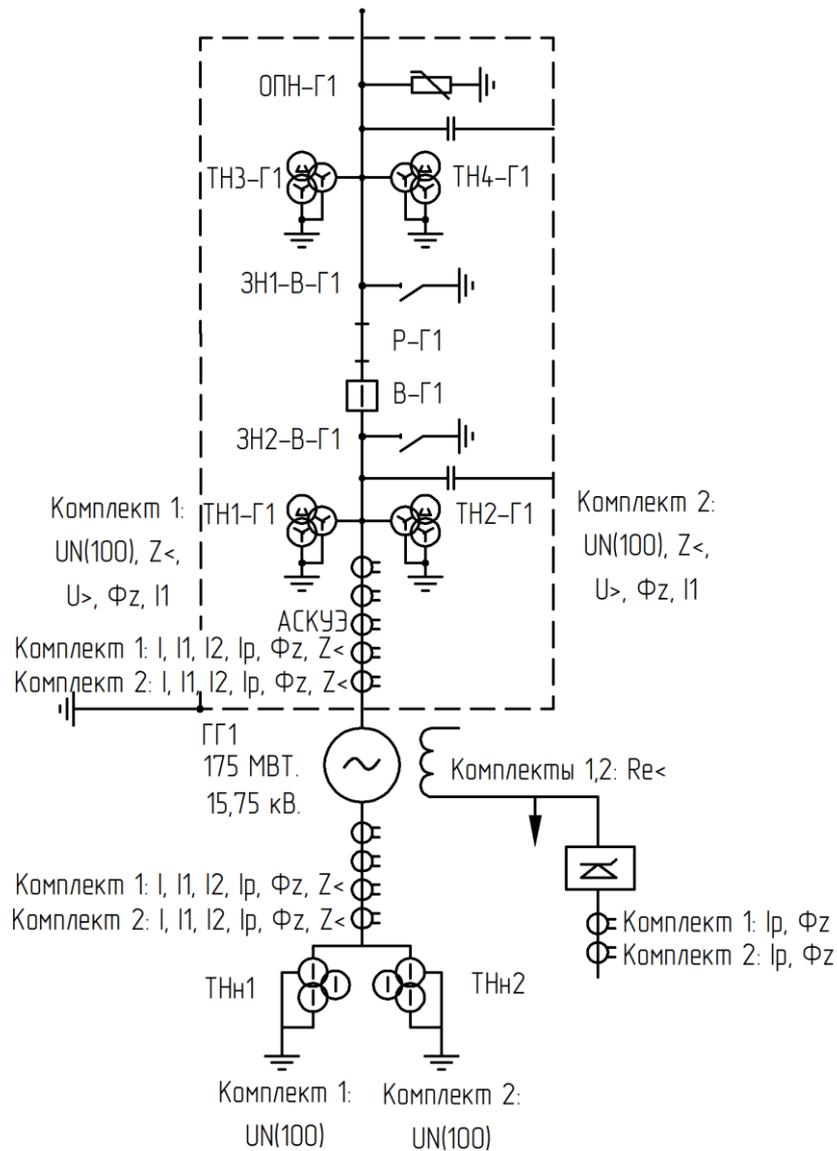
Основной задачей построения релейной защиты гидроагрегатов является обеспечение ее эффективного функционирования по возможности при любых видах повреждений, предотвращение развития повреждений и значительных разрушений защищаемого оборудования, а также предотвращение нарушений устойчивости в энергосистеме.

В соответствии с ПУЭ принимаются к установке на гидрогенераторе следующие защиты:

- продольная дифференциальная защита генератора (от междофазных КЗ в обмотках статора генератора и на его выводах);
- защита от замыканий на землю обмотки статора генератора;
- защита от повышения напряжения (для предотвращения недопустимого повышения напряжения на выводах обмотки статора при сбросах нагрузки);
- дистанционная защита от внешних симметричных КЗ;
- защита от асинхронного хода с потерей возбуждения;
- защита от симметричной перегрузки обмотки статора;
- защита от перегрузки обмотки ротора, контроль длительности форсировки;
- защита ротора от замыканий на землю в одной точке;
- токовая защита обратной последовательности от внешних несимметричных КЗ и перегрузок;
- устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ) генератора.

Для обеспечения общего резервирования защит целесообразна установка двух одинаковых комплектов защит, дублирующих друг друга, имеющих раздельное питание по цепям постоянного тока и напряжения.

Схема установки и структурная схема релейной защиты гидроагрегата представлены на рисунках 1 и 2.



- IΔ – продольная дифференциальная защита
- I1 – защита от симметричных перегрузок статора
- I2 – защита обратной последовательности от токов внешних несимметричных КЗ и перегрузок
- Ip – защита от перегрузки обмотки ротора
- U> – защита от повышения напряжения
- UN(100) – защита от замыканий на землю обмотки статора
- Re< – защита от замыканий на землю обмотка ротора
- I> – максимальная токовая защита
- Z< – дистанционная защита от внешних КЗ
- Фz – защита от асинхронного режима при потере возбуждения
- IO – токовая защита нулевой последовательности
- I>Rz – защита от форсировки
- УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя

Рис. 1. Схема установки релейной защиты гидроагрегата

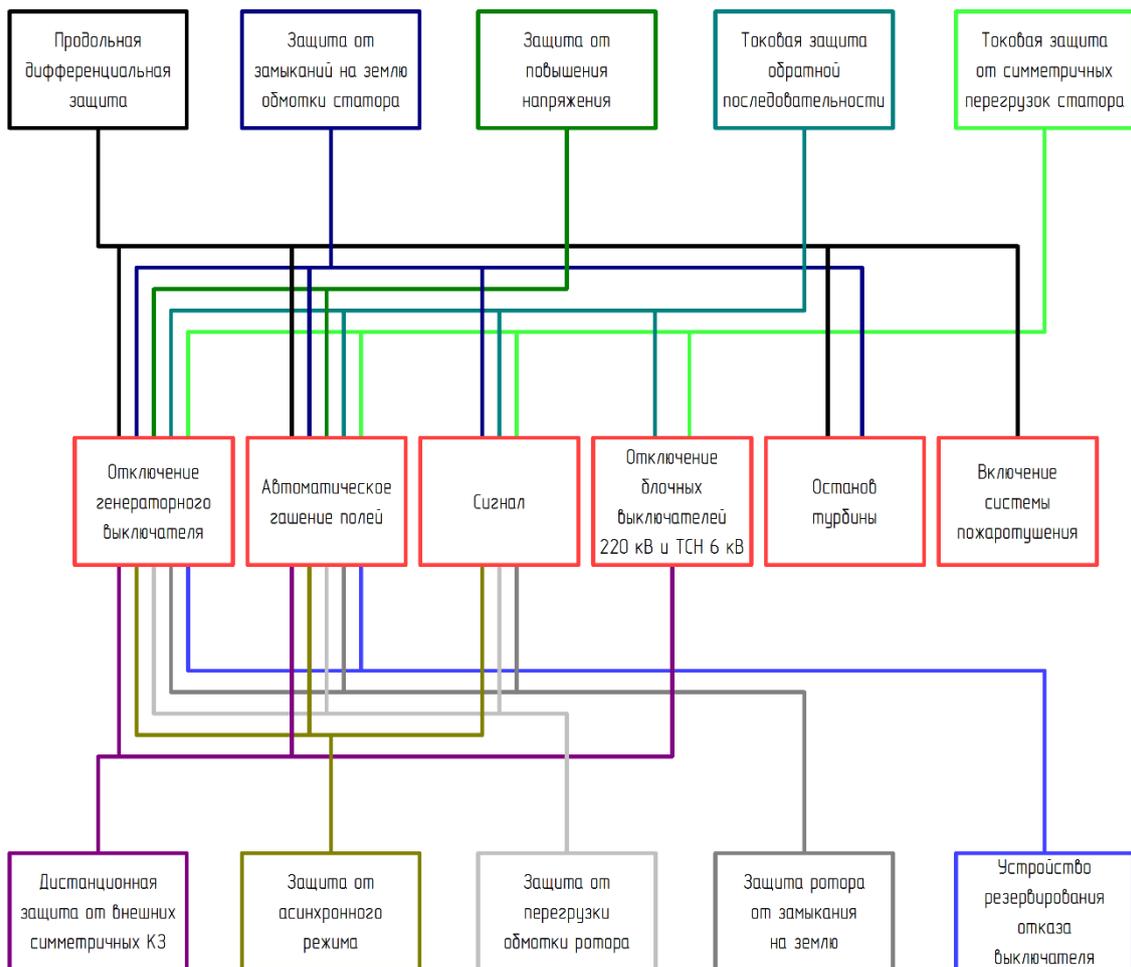


Рис. 2. Структурная схема релейной защиты гидроагрегата

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. А.М. Меламед М.: НИЦ ЭНАС, 2011.- 552 с.
2. Электрическая часть гидроэлектростанций: проектирование: учеб. пособие / Д. А. Куценов, И. Ю. Погоняйченко. – 2-е изд. – Саяногорск: Сиб. федер. ун-т; Саяно-Шушенский филиал, 2009.
3. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: Справочное пособие: в 2 т./Под ред. Ю.С. Васильева, Д.С. Щавелева. Т.1. Основное оборудование гидроэлектростанций. – Москва: Энергоатомиздат, 1988.– 400 с.
4. Гидроэлектростанции / В.И. Брызгалов, Л.А. Гордон. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002, 541 с.

Научный руководитель: М. Ф. Носков, д.т.н., профессор кафедры ГГЭЭС, СШФ СФУ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТОКОВОЙ НАПРАВЛЕННОЙ ЗАЩИТЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «MATLAB SIMULINK»

А.Б. Аскарлов, С.А. Литвинов
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А2А

Введение

Максимальная направленная релейная защита или же просто направленная токовая защита (НТЗ) широко применяется в качестве основной релейной защиты (РЗ) сетей напряжением до 35 кВ с двусторонним питанием и в простых кольцевых сетях с одной точкой питания. Одной из передовых систем компьютерного моделирования является среда «MATLAB». Широкое распространение эта среда получила благодаря универсальности, наличию большого количества расширений и библиотек. Поэтому исследование и моделирование принципа работы НТЗ в программной среде «MATLAB Simulink» является хорошей практикой для понимания реальных процессов, происходящих в сети, при возникновении аварийного режима, т.е. режима короткого замыкания (КЗ). Особенно актуальным это стало в связи с появлением устройств «FACTS», способных оказывать влияние на угол между током и напряжением [1].

В рамках данной работы исследован и смоделирован принцип действия максимальной токовой направленной защиты в кольцевой сети 110 кВ.

Моделирование схемы релейной защиты в программе «Matlab Simulink»

Согласно принятым параметрам рассчитана и построена схема кольцевого участка сети с помощью программного комплекса «MATLAB Simulink», представленная на рисунке 1 [2]. Участки Л1, Л2 и Л3 представлены в виде двух участков, чтобы получить перемещаемую точку короткого замыкания на линии для проведения соответствующих опытов.

Функцию направленности НТЗ обеспечивает реле направления мощности, модель которого представлена на рис. 2 (KW 1.1 и 1.3). К реле мощности подводится ток и междуфазное напряжение. Блоки KW 1.1 и КА 1.1 связаны логическим оператором *И-НЕ*.

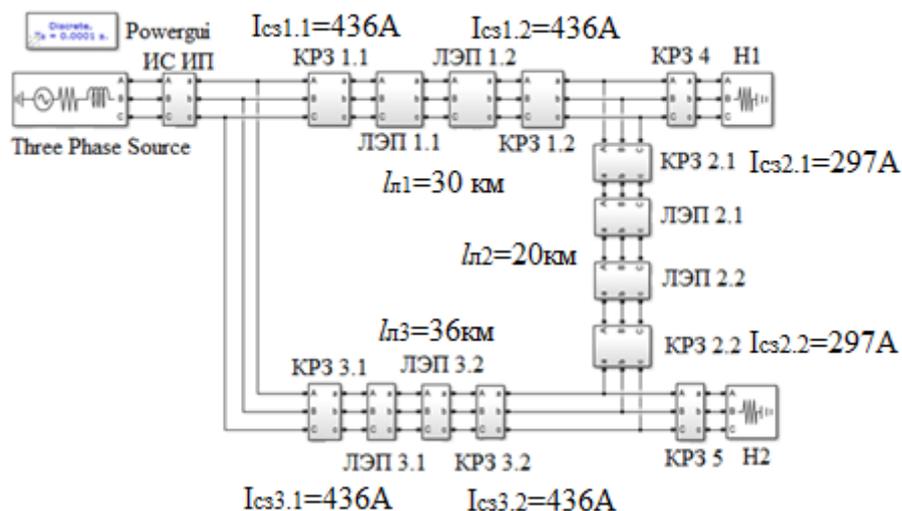


Рис. 1. Схема кольцевой сети, собранная в программе «MATLAB Simulink»

Необходимость такого блока связана с тем, что нужно исключить возможность ложного срабатывания защиты, т.е. сигнал на отключение выключателя образуется только тогда, когда сработают оба реле. Область действия РНМ установлена согласно принципу изменения угла между током и напряжением при КЗ [3, 4].

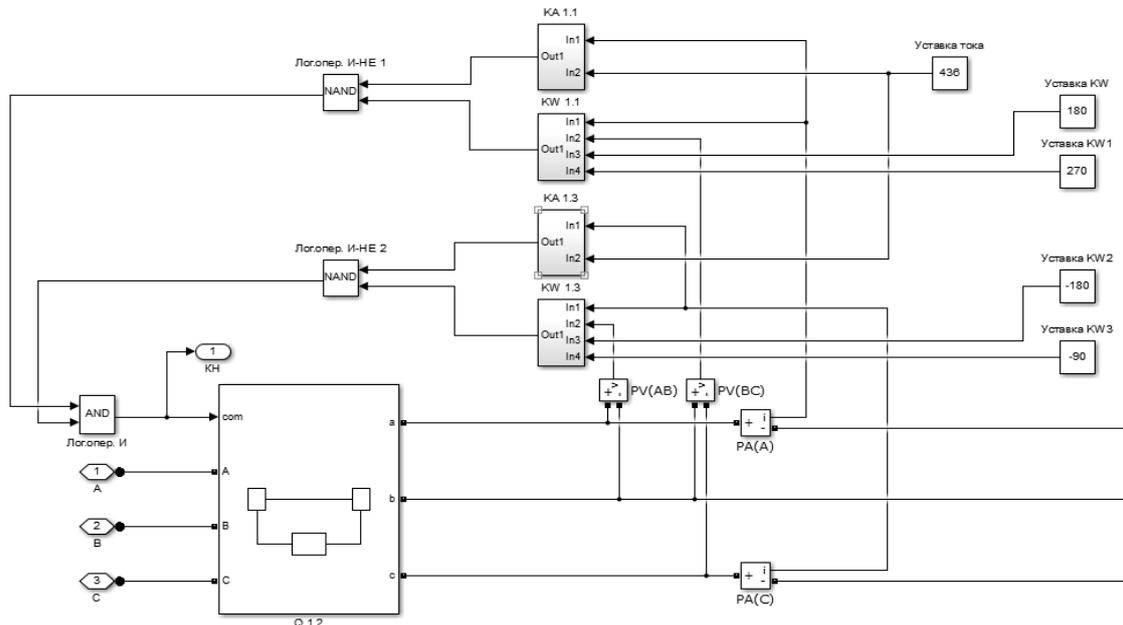


Рис. 2. Модель направленной токовой защиты в программе «MATLAB Simulink» (блоки КРЗ 1.2, 2.1, 2.2 и 3.2)

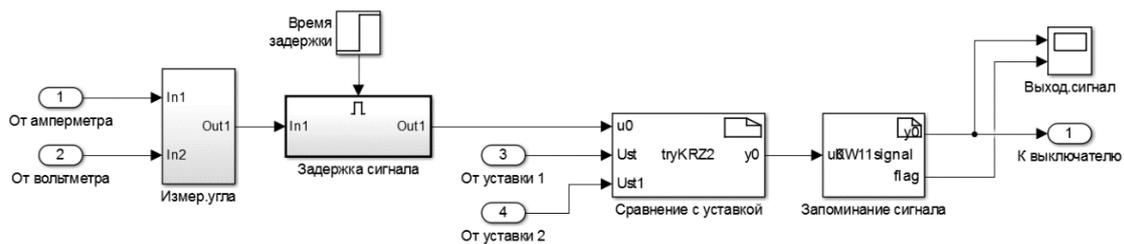
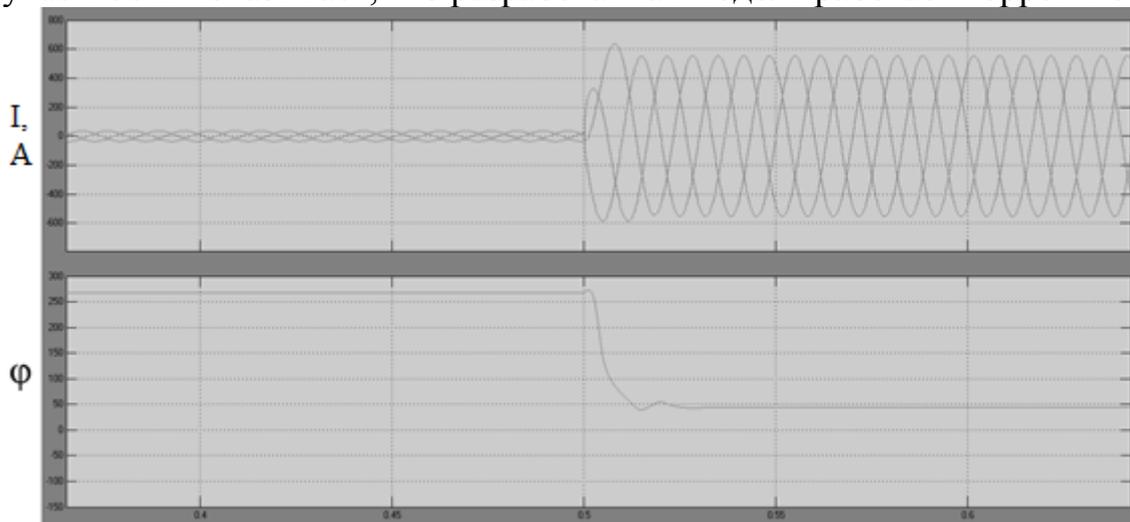


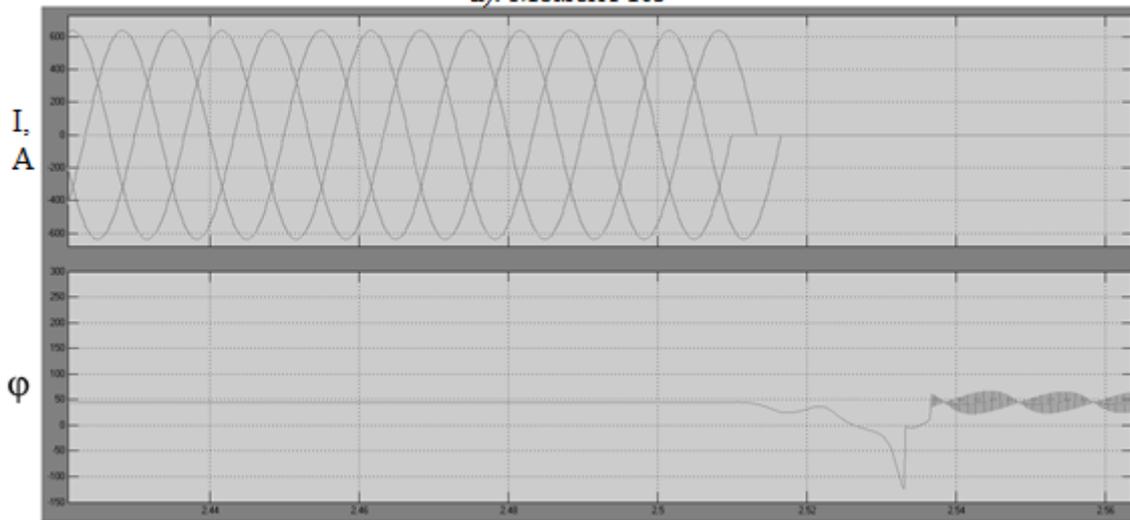
Рис. 3. Модель реле направления мощности (блок KW 1.1)

Рисунок 3 отображает модель РНМ, принцип действия которой основан на контроле угла между током и напряжением.

Полученная осциллограмма (рис.4) режима трехфазного КЗ на участке Л2 показывает, что разработанная модель работает корректно.



а). Момент КЗ



б). Момент отключения

Рис. 4. Осциллограмма тока и угла между током и напряжением (КРЗ 2.1)

Заключение

Смоделированная кольцевая сеть с установленными комплектами защиты из МТЗ, ТО и РНМ с помощью программного комплекса «MATLAB Simulink» работает корректно согласно заданным параметрам и позволяет исследовать принцип работы НТЗ. При любых коротких замыканиях (трехфазных или двухфазных) на защищаемом участке схемы срабатывали именно те реле, которые обеспечивают защиту этого участка.

«MATLAB Simulink» является удобным средством решения задач моделирования для разных отраслей, в том числе для электроэнергетики. Предварительная проверка поведения конкретного типа релейной защиты, в частности направленной токовой защиты, на модели позволяет своевременно выявлять ошибки при проектировании новых объектов электрической сети, таких как современные системы «FACTS», которые могут значительно повлиять на угол между током и напряжением в электрической сети и вызвать тем самым ложное срабатывание защиты [1].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Dash P.K., Pradhan A.K., Panda G., Liew A.C. Digital protection of power transmission lines in the presence of series connected FACTS devices. – IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Vol.3, 23-27 Jan 2000, pp. 1967-1972.
2. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB: учебный курс. – СПб.: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.: ил.
3. Ершов Ю.А., Малеев А.В. Моделирование микропроцессорных релейных защит в среде MATLAB // Новости электротехники. М. 2006. №6. С. 11-14.
4. Chaudhary A.K.S., Kwasur Tam, Phadke A. G. Protection System Representation in the Electromagnetic Transient Program. – IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 2, April 1994, pp. 700-711.

Научный руководитель: Н.Ю. Рубан, к.т.н., ассистент каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB

О.Е. Пусенкова
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А2А

Всё основное оборудование электроэнергетических систем (ЭЭС) взаимосвязано единым процессом производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. При этом силовые трансформаторы и автотрансформаторы относятся к категории наиболее дорогостоящего оборудования ЭЭС, необоснованное отключение или выход из строя которых связаны со значительным технологическим и экономическим ущербом. Минимизировать эти последствия позволяет правильное действие релейной защиты (РЗ) и прежде всего основной – дифференциальной защиты трансформаторов (ДЗТ), основное преимущество которой состоит в том, что они обеспечивают быстрое и селективное отключение, как в самом трансформаторе, так и на его выводах и в токоведущих частях к его выключателям[2].

Исходя из вышесказанного, адекватная настройка устройств РЗ, в том числе ДЗТ, является очень актуальной, однако, с учетом общеизвестной специфики и сложности ЭЭС, крайне сложной задачей. Решение обозначенной проблемы невозможно без использования соответствующих математических моделей, учитывающих ключевые особенности самих защит и измерительных преобразователей. Использование подобных моделей в совокупности с адекватными средствами моделирования ЭЭС позволяет провести весь спектр испытаний устройств защиты, а также выбрать наиболее оптимальные настройки[1]. Созданию математической модели, отвечающей обозначенным требованиям, для цифровой ДЗТ посвящена данная работа.

Разработанная математическая модель, упрощенная блок-схема которой представлена на рисунке 1, была реализована в среде MATLAB Simulink (рис.2)[4]. Исследования, кратко отраженные в докладе, были направлены на проверку адекватности модели ДЗТ при различных режимах работы защищаемого трансформатора, в частности в режиме включения трансформатора на холостом ходу (при броске тока намагничивания).

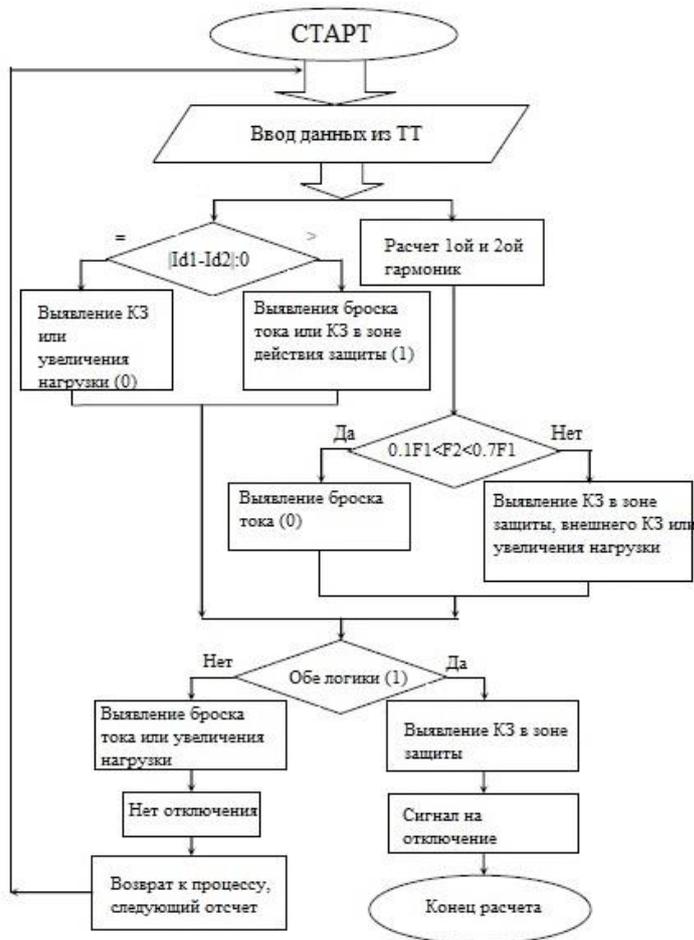


Рис. 1. Блок-схема предлагаемого цифрового дифференциального реле

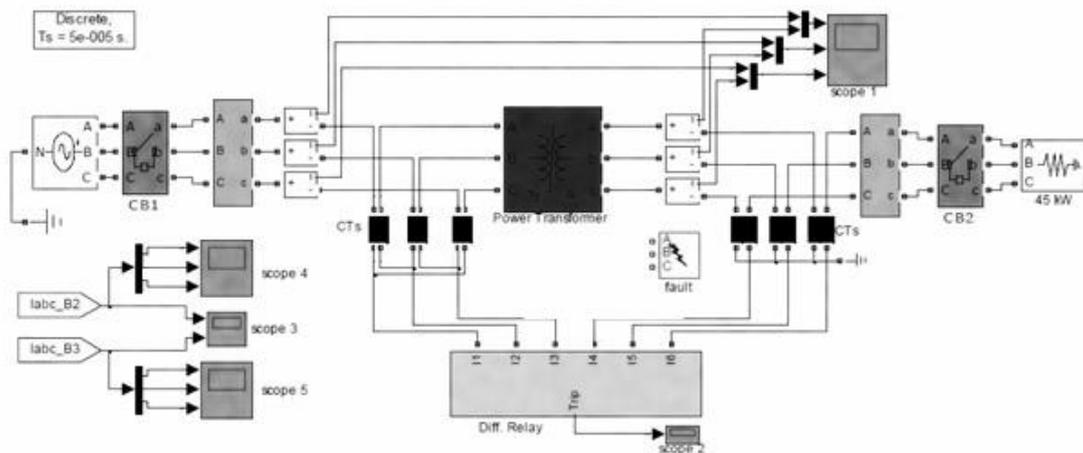


Рис. 2. Модель в MATLAB

Наиболее наглядно адекватность функционирования математической модели отражается в двух характерных режимах. Первый – бросок тока намагничивания (БНТ), который не должен влиять на срабатывание защиты. Второй – трехфазное короткое замыкание в са-

мом трансформаторе, при котором защита должна сработать и отключить защищаемый объект от сети.

В первом случае происходит включение трансформатора на холостой ход: примерно на 0,1 секунде возникает бросок тока намагничивания, который постепенно затухает и на 0,5 секунде переходит в установившийся режим. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что защита срабатывает. Выявление БНТ за счет гармонического анализа реализовано в алгоритме самой защиты. Во втором случае трансформатор первоначально включается в работу, возникает бросок тока намагничивания, который затухает примерно за 0,3 секунды. После этого устанавливается нормальный режим, а примерно на 0,5 секунде наблюдается резкое увеличение тока вследствие трехфазного короткого замыкания. Анализируя полученные данные и определяя повреждение как внутреннее, алгоритм защиты формирует сигнал на отключение. Как видно из рисунка 3 б ДЗТ срабатывает практически мгновенно. Следовательно, трансформатор изолирован от сети[3].

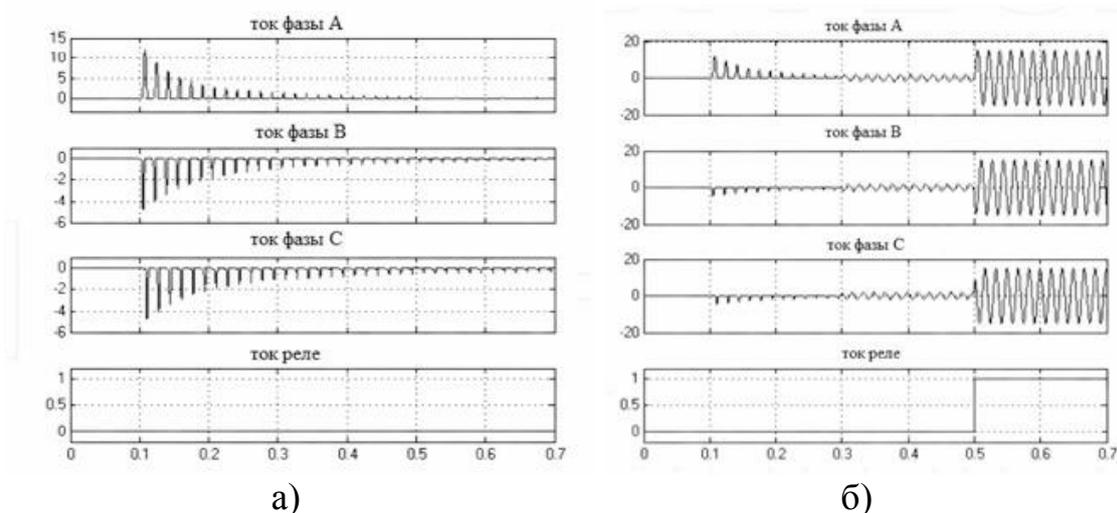


Рис.3. Осциллограммы пусковых токов трех фаз на первичной стороне силового трансформатора: а) при броске тока намагничивания; б) при трехфазном КЗ

В результате выполнения исследований очевидным становится правильность функционирования созданной математической модели ДЗТ в указанных режимах. Это дает основание перейти к исследованию модели в других режимах работы ЭЭС, по завершению которых планируется применить данную математическую модель для проверки корректности настроек ДЗТ, а также использовать её в учебном процессе для изучения принципов работы цифровой ДЗТ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Копьев В.Н. Релейная защита: учебное пособие. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 160с.
2. Чернобровов Н.В. Релейная защита: учебное пособие. Москва: Издательство «Энергия», 1974. - 679с.
3. А. Актайби, М.А. Рахман «Цифровая дифференциальная защита силового трансформатора с использованием MatLab» 1-24 с.
4. И.В.Черных. "SimPowerSystems: Моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink": электронный ресурс. <http://matlab.exponenta.ru/simpower/book1/index.php>. Дата обращения 25.04.15г.

Научный руководитель: М.В. Андреев, к.т.н., доцент каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АО "ГРУППЫ "СВЭЛ"

А.А. Мамаев

Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А2Б

АО«Группа«СВЭЛ» — один из ведущих российских производителей электротехнического оборудования, основанная в 2003 году, выпускает следующую продукцию.

Сухие трансформаторы с литой изоляцией мощностью от 25 до 16 000 кВА на классы напряжения до 35 кВ и с с воздушно-барьерной изоляцией мощностью от 25 до 12 500 кВА на классы напряжения до 35 кВ.

Сухие токоограничивающие реакторы с естественным воздушным охлаждением на ток от 50 до 10000 А на напряжение до 220 кВ.

Масляные силовые трансформаторы – мощностью до 250 МВА на классы напряжения до 220 кВ типов ТДН, ТРДН, ТДТН.

Измерительные трансформаторы тока – широкий ассортимент по номинальному первичному току и классу точности(0,1; 0,2; 0,5; 0,2S; 0,5S; 1,0; 3,0; 10,0; 5P; 10P); типы ТОЛ, ТПОЛ, ТПЛ.

Измерительные трансформаторы напряжения –заземляемые и не заземляемые НОЛ, ЗНОЛ, ЗНОЛП; трехфазные антирезонансные трансформаторы напряжения 3хЗНОЛ, 3хЗНОЛП.

Устройства компенсации реактивной мощности: БСК — батареи статических конденсаторов; УКРМ— устройства компенсации реактивной мощности; ФКУ — фильтрокомпенсирующие устройства.

Высокочастотные заградители на номинальные токи 100-4000 А, номинальной индуктивности 0,2-2,5 мГн.

Комплектные трансформаторные подстанции.

Более подробно в докладе рассмотрены комплектные распределительные устройства.

Комплектное распределительное устройство (КРУ) предназначено для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока с номинальным напряжением 10(6) кВ частоты 50 Гц. КРУ используется в электроустановках с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтралью.

Ячейка КРУ-СВЭЛ состоит из четырех изолированных отсеков: выкатного элемента, кабельных присоединений, сборных шин, релейной защиты и автоматики

Отличительные особенности КРУ-СВЭЛ

1. Современная конструкция: современные комплектующие от ведущих мировых производителей; полная готовность оборудования к применению его в качестве распределительных устройств для строительства современных интеллектуальных сетей.
2. Удобство монтажа и эксплуатации: компактность позволяет снизить затраты на строительные монтажные работы; расположение элементов позволяет максимально удобно обслуживать КРУ.
3. Долговечность: высокая коррозионная стойкость конструкции благодаря применению современных материалов; срок эксплуатации оборудования не менее 30 лет.
4. Безопасность: полное соответствие оборудования требованиям российских норм и правил, наличие всех необходимых сертификатов; локализация аварии в пределах одного отсека шкафа обеспечивает безопасность персонала и сохранность дорогостоящего оборудования; система механических и электромагнитных блокировок, предотвращает возможность выполнения персоналом ошибочных действий.

Параметры и состав аппаратов КРУ –СВЭЛ приведены ниже.

Номинальное напряжение, кВ	Значение
Номинальное напряжение, кВ	6; 10
Номинальный ток главных цепей, А	630; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000
Номинальный ток сборных шин, А	1000; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000*
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20,0; 25,0; 31,5; 40,0
Ток электродинамической стойкости, кА	51; 64; 81; 102
Ток термической стойкости, кА	20,0; 25,0; 31,5; 40,0

Типы оборудования, применяемого в КРУ-СВЭЛ

Наименование оборудования	Значение	Предприятие-изготовитель
Коммутационные аппараты	ВВ/TEL VD4 SION VF12-M	Таврида Электрик ABB Siemens Элтехника
Трансформаторы напряжения	ЗНОЛ(П)-6(10)	СВЭЛ; СЗТТ
Трансформаторы тока	ТОЛ-10	СВЭЛ; СЗТТ
Трансформаторы тока нулевой последовательности	ТЗЛМ-1 CSH	СЗТТ Schneider Electric
Трансформатор собственных нужд	ТЛС	СВЭЛ; СЗТТ
Заземлитель	ЗР-10	СВЭЛ
Ограничитель перенапряжения	ОПН/TEL HDA-12МА	Таврида Электрик Raychem
Микропроцессорные устройства защиты и автоматики	REF SEPAМ MICOM Сириус	Siemens Schneider Electric ALSTOM РАДИУС Автоматика
Система дуговой защиты	Оптическая	Разных производителей

Коммутационные аппараты КРУ - СВЭЛ

Наименование оборудования и производитель		Характеристики			
		Ток ном, А	Ток откл, кА	Ток эл.динамич. стойкости, кА	Номинальное напряжение привода цепей, В
Вакуумный выключатель ВВ/TEL	Таврида Электрик	630; 1000; 1600	20; 31,5	51; 81	=220 ~220
Вакуумный выключатель VD4-12	ABB	630; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150	20; 25; 31,5; 40	51; 64; 81; 102	=220 ~220
Вакуумный выключатель SION	Siemens	800; 1250; 2000; 2500; 3150	20; 25; 31,5; 40	51; 64; 81; 102	=220 ~220
Вакуумный выключатель VF12-M	Элтехника	630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150	20; 25; 31,5	51; 64; 81	=220 ~220

ЛИТЕРАТУРА:

1. ТУ 0ЭТ.536.001. Технические условия КРУ-СВЭЛ.

Научный руководитель: Н.М. Космынина, к.т.н., доцент кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ.

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ПОДСТАНЦИИ 220/110/35/6 ШУБИНСКАЯ

О.В. Новгородов¹, Н.М. Космынина²
^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, ¹группа 5АМ4Б

Объектом рассмотрения является подстанция 220/110/35/6 кВ Шубинская района электрических сетей Приобского месторождения ООО «РН-Юганскнефтегаз».

ООО «РН-Юганскнефтегаз» – крупнейшее нефтедобывающее предприятие НК «Роснефть». Основная часть доказанных запасов Юганскнефтегаза (84%) сосредоточена на Приобском, Мамонтовском, Малобалыкском и Приразломном месторождениях. Приобское и Приразломное месторождения являются сравнительно новыми. Они отличаются низкой степенью выработанности запасов, и их разработка осуществляется с использованием наиболее современных и эффективных методов [1].

Электроснабжение объектов месторождения осуществляется от подстанции Шубинской, структурная схема которой представлена на рисунке 1.

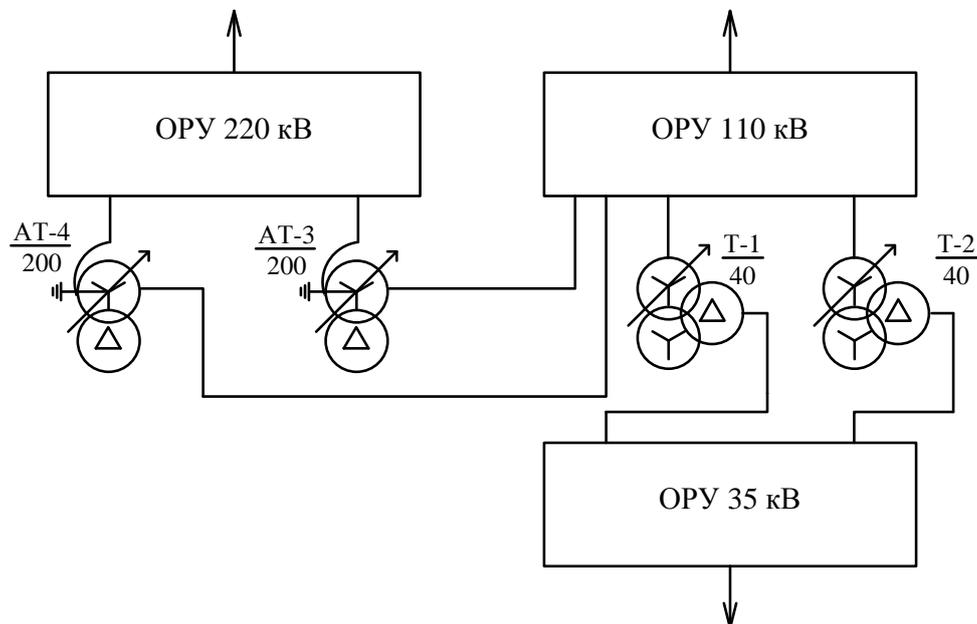


Рис. 1. Структурная схема подстанции

На подстанции установлены современные электрические аппараты.

Выключатели элегазовые 220 кВ типа 242 PMR 40-20 с номинальным током 2000 А, номинальным током отключения 40 кА, наибольшим пиковым током 100 кА, начальным действующим значе-

нием периодической составляющей тока короткого замыкания 40 кА, током термической стойкости (трехсекундный) 40 кА, полным временем отключения не более 55 мс. Завод изготовитель - ЗАО «АББ УЭТМ». Выключатели элегазовые 110 кВ типа LTB 145 D1/B с номинальным током 2500 А, номинальным током отключения 31,5 кА, наибольшим пиковым током 80 кА, начальным действующим значением периодической составляющей тока короткого замыкания 31,5 кА, током термической стойкости (трехсекундный) 31,5 кА, полным временем отключения не более 40 мс. Завод изготовитель - ЗАО «АББ УЭТМ».

Преимущества элегазовых выключателей: возможность использования на любое из напряжений, применяемых в отечественной энергетике; небольшие масса и габаритные размеры конструкции и в сочетании с бесшумной работой привода; дуга гасится в замкнутом газовом объеме без доступа в атмосферу; безвредная для человека, экологически чистая, инертная газовая среда элегазового выключателя; увеличенная коммутационная способность; высокая надежность, межремонтный период увеличен до 15 лет; пожаробезопасность оборудования.

К недостаткам элегазовых выключателей следует отнести: высокую стоимость оборудования и текущие затраты на эксплуатацию, так как требования к качеству элегаза очень высоки; температура окружающей среды влияет на агрегатное состояние элегаза, что требует применения систем подогрева выключателя при пониженных температурах (при -40°C элегаз становится жидкостью); коммутационный ресурс элегазового выключателя ниже, чем у аналогичного вакуумного выключателя; необходимы высококачественные уплотнения резервуаров и магистралей, так как элегаз очень текуч.

Выключатели вакуумные 35 кВ типа ВВУ-35II-25/630-УХЛ1 с номинальным током 630 А, номинальным током отключения 25 кА, начальным действующим значением периодической составляющей тока короткого замыкания 25 кА, током термической стойкости (трехсекундный) 25 кА, током электродинамической стойкости не более 63 кА. Завод изготовитель - ОАО «Карпинский электромашиностроительный завод».

Дуга вакуумного выключателя гаснет в разреженном пространстве дугогасительной камеры. Электрическая прочность вакуума чрезвычайно высока и очень быстро восстанавливается после электрического пробоя. Кроме того такие выключатели отличает высокая надежность и уменьшенные затраты на обслуживание, простота конструкции. Из недостатков вакуумных выключателей отмечается: вы-

сокая стоимость; возможность возникновения перенапряжения в сети при определенных ее состояниях; - для созданий выключателей на высшие напряжения требуются определенные сложные технические решения.

Трансформаторы напряжения 35 кВ типа НАМИ-35.

Антирезонансный ТН типа НАМИ (рисунок 2) представляет собой два трансформатора (трехфазный и однофазный), расположенные в одном корпусе. Однофазный трансформатор за счет большого количества витков обладает почти линейной кривой намагничивания и большим индуктивным сопротивлением. Антирезонансные свойства НАМИ в основном обеспечиваются компенсационной обмоткой, соединенной в треугольник и замкнутой накоротко.

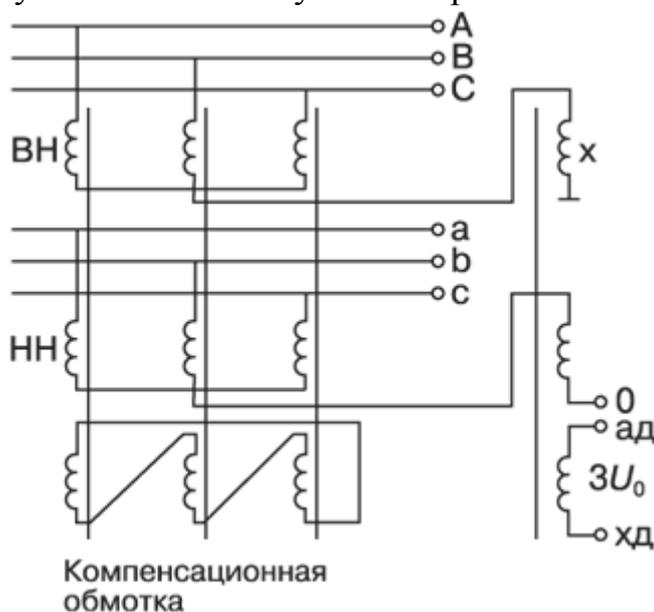


Рис. 2. Принципиальная схема ТН типа НАМИ

Практика эксплуатации трансформаторов напряжения (ТН) электромагнитного типа в электрических сетях разного назначения и различного напряжения показала, что в процессе эксплуатации этих сетей могут возникать ситуации, приводящие к феррорезонансным явлениям в эквивалентных контурах, содержащих емкость электрооборудования сети и нелинейную индуктивность намагничивания ТН. При этом на изоляции электрооборудования могут возникать как перенапряжения на высших гармонических, так и повышенные значения токов в обмотке ВН ТН при возбуждении субгармонических колебаний.

В электрических сетях, эксплуатируемых с изолированной нейтралью, такие условия могут возникнуть чаще всего при однофазных дуговых замыканиях на землю. В электрических сетях с глухим заземлением нейтрали – в разного рода коммутациях и неполнофаз-

ных режимах, в которых питание ТН осуществляется от источника с внутренним емкостным сопротивлением (коммутации ошинок многоразрывными выключателями, оснащенными емкостными делителями напряжения, неполнофазные коммутации в электрических сетях, в которых роль внутреннего емкостного сопротивления играет междофазная или межцепная емкости). Очевидно, что условия феррорезонанса соблюдаются при определенном соотношении емкостного входного сопротивления и характеристики намагничивания ТН, зависящей от конструкции его магнитопровода на той или иной частоте.

Для предотвращения опасного феррорезонанса в сетях, оснащенных ТН типа НКФ, применялись разного рода внешние меры: подключение резисторов и дополнительных емкостей к коммутируемому объекту, программирование последовательности отключения коммутирующей аппаратуры и др. Однако, как и в случае сетей, эксплуатируемых в режиме изолированной нейтрали, наиболее естественным путем является создание антирезонансных ТН [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Роснефть - Юганскнефтегаз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosneft.ru/Upstream/ProductionAndDevelopment/western_siberia/yuganskneftegaz, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 3.09.2015).
2. Лаптев О.И., Кадомская К.П. Антирезонансные трансформаторы напряжения. Эффективность применения // "Новости Электротехники" - 2006.- №6.

Научный руководитель: Н.М. Космынина, к.т.н., доцент каф.ЭЭС ЭНИН ТПУ.

РАСЧЕТ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ, ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЙ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ РАСЧЁТА УСТАВОК РЗиА

А.С. Корчанова
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭСиЭ, группа 5А2Г

Как нам известно что наша страна объединена в Единую энергосистему. Единая энергосистема [3] это совокупность объединенных энергосистем, соединенных межсистемными связями, охватывающая

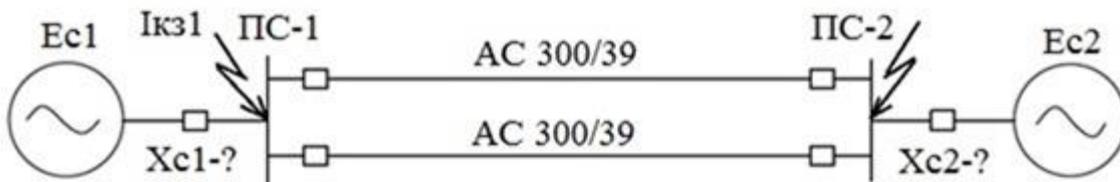
значительную часть территории страны при общем режиме работы и имеющая диспетчерское управление. С целью предотвращения аварий и выхода из строя энергосистемы или отдельного района, используется Релейная защита. Релейная защита [4] это совокупность устройств, предназначенных для автоматического выявления коротких замыканий, замыканий на землю и других ненормальных режимов работы ЛЭП и оборудования, которые могут привести к их повреждению и(или) нарушению устойчивости энергосистемы, формирования управляющих воздействий на отключение коммутационных аппаратов в целях отключения этих ЛЭП и оборудования от энергосистемы, формирования предупредительных сигналов. Для компонентов энергосистемы используются различные виды защит. Защита представляет из себя аппарат с определенно настроенной уставкой. Уставка-это определенное значение параметра(I, U). Если параметр в зоне действия защиты, превышают максимально допустимое значение, то в зависимости от настроек защиты, происходит следующее: Релейная защита либо выводит из строя защищаемый элемент, либо предупреждает о превышении допустимого параметра.

Мой доклад посвящен одной из возможных проблем при расчете уставок.

В практических расчетах может встретиться такая проблема как отсутствие данных по энергосистеме. В своём докладе я представлю пример расчета такой задачи.

Пример:

На рисунке.1 представлена исходная энергосистема



Известные параметры:

ВЛ: сопротивление r_0 Ом/км, длина l км;

Напряжение шин ПС1 и ПС2;

Токи трёхфазного короткого замыкания;

Расчет:

1. Составляем схему замещения

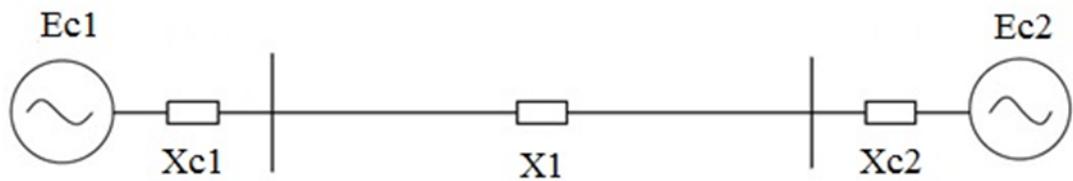


Рис.2

2. Вычисляем сопротивление ВЛ

$$X_1 = \frac{R_l}{2} = \frac{r_o \cdot l}{2} \quad (1)$$

3. Вычисляем сопротивления энергосистем со стороны ПС1 и ПС2
В основе расчёта мы будем использовать метод Эквивалентного генератора:

$$I = \frac{E}{R+r} \quad (2)$$

3.1 Находим сопротивление со стороны ПС1, без учета подпитки со стороны ПС2

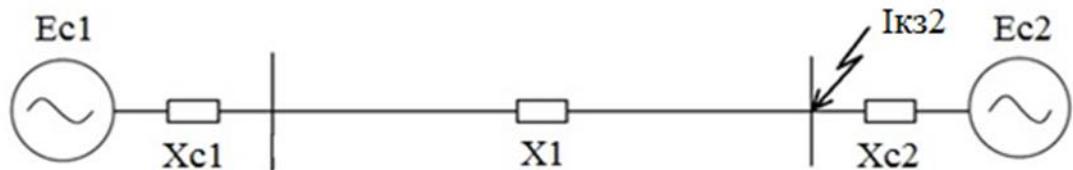


Рис.4

Получаем уравнение :

$$I_{к32} = \frac{E}{\sqrt{3} \frac{(X_{c1} + X_l) \cdot X_{c2}}{X_{c1} + X_l + X_{c2}}} \quad (4)$$

Соединяем уравнение (3) и (4) в систему

$$\begin{cases} I_{к31} = \frac{E}{\sqrt{3} \frac{(X_{c2} + X_l) \cdot X_{c1}}{X_{c2} + X_l + X_{c1}}} \\ I_{к32} = \frac{E}{\sqrt{3} \frac{(X_{c1} + X_l) \cdot X_{c2}}{X_{c1} + X_l + X_{c2}}} \end{cases} \quad (5)$$

Решаем систему относительно двух неизвестных X_{c1} и X_{c2} .

Это можно сделать любым из известных способов для решения СЛАУ, или используя ПК Mathcad

Используя команду

$$\text{Find}(X_{c1}, X_{c2}) \rightarrow \quad (6)$$

В данной работе был рассмотрен пример, как нужно поступать при отсутствии данных о сопротивлении энергосистемы. Расчёт аналогичен в обратной и нулевой последовательности при учёте их особенностей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Готман В.И. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие— Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 44 с.:
2. К.С.Демирчян, Л.Р.Нейман, Н.В.Коровкин, В.Л.Чечурин Теоретические основы Электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 1. -4-е изд.-СПб.:Питер, 2003.-463с.
3. ГОСТ 21027-75 «Системы энергетические. Термины и определения».
4. ГОСТ Р 55438-2013 Термины, определения и сокращения.

Научный руководитель: Ю.А. Краснятов. доцент, к.т.н., доцент каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКООМНОГО РЕЗИСТОРА КАК СРЕДСТВА ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 35 КВ

А.В. Митрофанов
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭСиЭ, группа 5АМ52

В России до последнего времени режим изолированной нейтрали был закреплён в ПУЭ, именно этим положением можно объяснить его широкое применение [1]. Данный режим заземления нейтрали исторически был первым, из-за относительной простоты выполнения и надёжности питания потребителей в случае однофазных замыканий.

В связи со старением электросетевого оборудования однофазные замыкания зачастую переходят в многофазные. Сам по себе режим однофазного замыкания на землю не является аварийным, но общий износ сетей приводит к тому, что при однофазных замыканиях

изоляторы на смежных фазах не выдерживают перенапряжений. Происходит их перекрытие и в связи с тем, что замыкание переходит в многофазное, происходят отключения линий и потеря питания у потребителей. В результате теряется основное свойство изолированной нейтрали – сохранение надёжности питания потребителей при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ).

При анализе статистики технологических нарушений сетей ОАО «МРСК Сибири»-«Кузбассэнерго-РЭС» было выявлено, что около 80% ОЗЗ переходят в отключения, то есть в большинстве случаев, что на практике подтверждает факт увеличения ненадёжности режима изолированной нейтрали для потребителей по мере старения сетей.

Одним из способов ограничения перенапряжений является заземление через высокоомный резистор путём создания искусственной нейтральной точки в сети [2].

До 2003 года у эксплуатирующих электроэнергетических организаций не было формального права по внедрению на своих электроустановках 6-35 кВ защитных высокоомных резисторов (ЗР) для заземления нейтрали сети [3]. Но некоторые главные инженеры, видя перспективу по возможности организации безаварийной работы своих сетей под личную ответственность внедряли данные защитные аппараты. Подход эксплуатирующих организаций базировался на [4] и понимании физики процесса при установке ЗР. ЗР, производства ООО ПНП «БОЛИД», были установлены в сетях как с дугогасящими реакторами, так в сетях без компенсации ёмкостного тока ОЗЗ.

Высокоомный резистор может применяться в сетях с большими ёмкостными токами параллельно с дугогасящим реактором. Данный способ позволяет компенсировать ёмкостные токи и снижать уровень перенапряжений. Если же уровень ёмкостного тока, регламентированного в [5] не превышает уровня 10 А, требующего установки дугогасящего реактора возможно установить только высокоомный резистор.

В ходе данной работы исследовалась практическая эффективность высокоомного резистора как средства ограничения перенапряжений в сетях 35 кВ. Зная подстанции, на которых был он установлен, была обработана статистика технологических нарушений.

В сетях 35 кВ за период 2010-2014 гг. произошло 700 отключений. Из них 488 с успешным автоматическим повторным включением (УАПВ) и 212 с неуспешным автоматическим повторным включением (НАПВ).

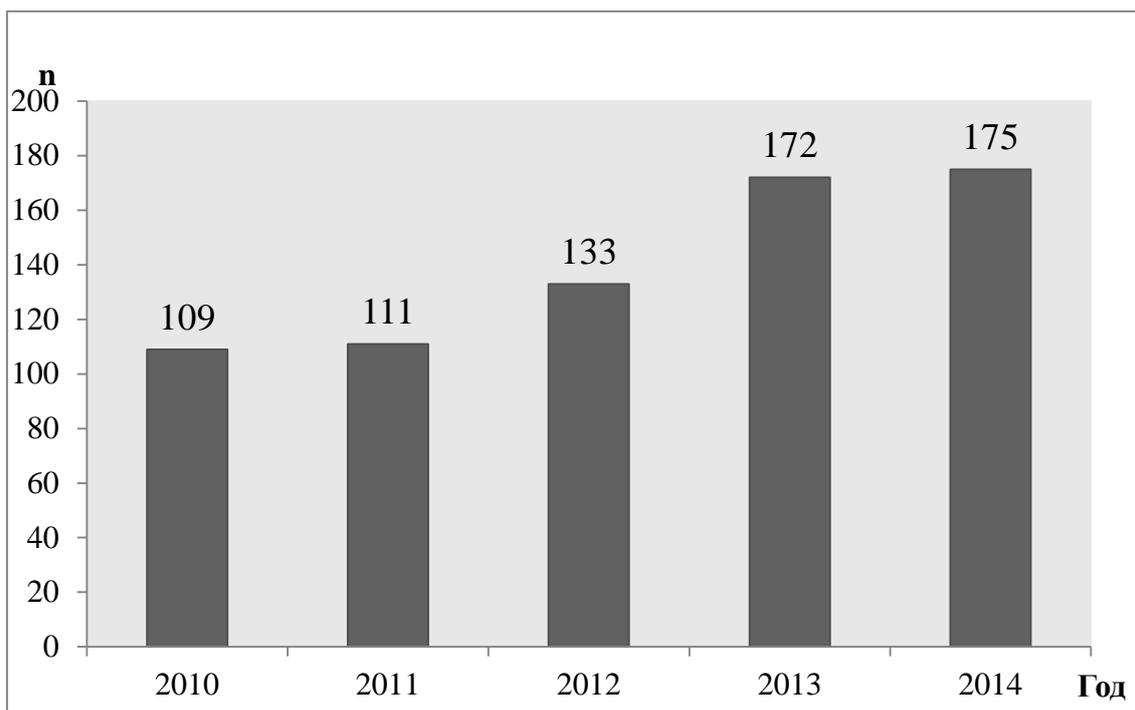


Рис. 1. Количество отключений в сетях 35 кВ за период 2010-2014 гг

Исследуемые отключения берём только с НАПВ, так как ОЗЗ перешедшее в короткое замыкание, не может повторно включиться.

В описании причин технологических нарушений зачастую можно обнаружить причины отключений линий. Так из 212 отключений с НАПВ было 57 отключений из-за атмосферных явлений (молния) и 80 отключений из-за причин, связанных с механическим повреждением электроустановок. Это падение деревьев с обрывом проводов, отгорание шлейфов на линиях, возгорание выключателей на подстанциях, поломка разъединителей, наброс птицами проволоки на провода и т.д.

Оставшиеся повреждения можно считать с высокой долей вероятности ОЗЗ перешедшими в КЗ, методом исключения остальных возможных причин отключений линий.

Табл. 1. Отключения с НАПВ за 2010-2014 гг.

	Отключения из-за грозовых явлений	Отключения из-за механических повреждений	Отключения из-за ОЗЗ перешедших в КЗ
2010	13	22	15
2011	9	23	19
2012	10	11	9
2013	13	14	20
2014	12	10	14
Итого	57	80	77

Были отобраны 77 отключений с НАПВ либо НРПВ в сетях 35 кВ за 5 лет. Для определения эффективности высокоомных резисторов необходимо было найти параметр – удельное количество отключений, то есть количество отключений на 100 км длины линии в год.

Зная длины линий и количества отключений в сетях с высокоомным резистором и без резистора, я установил зависимость удельных отключений за каждый год в течение 5 лет.

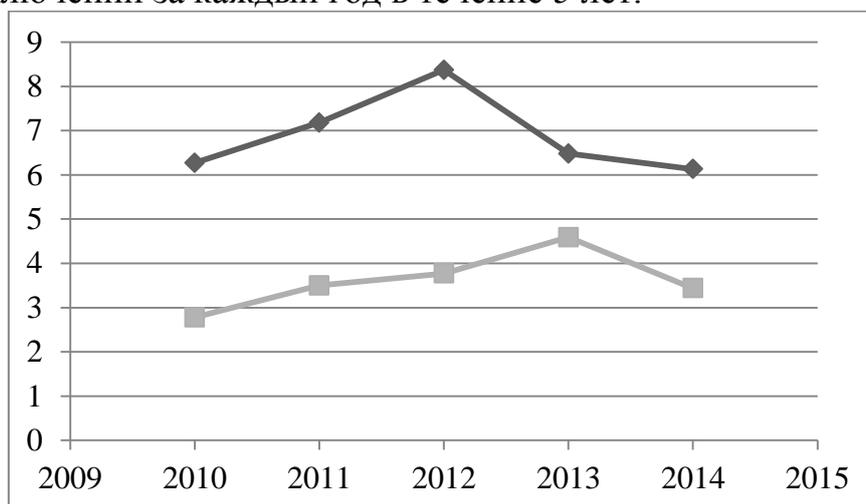


Рис 2. Удельные количества отключений в сетях с изолированной и резистивно-заземлённой нейтралью.

Построенные зависимости удельных отключений наглядно демонстрируют эффективность высокоомного резистора как средства ограничения перенапряжений и, как следствие, более низкого уровня аварийности по сравнению с сетями с изолированной нейтралью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кадомская К.П. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: учебник / К.П., Кадомская, Ю.А. Лавров, А.А. Рейхердт. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 368 с. – («Учебники НГТУ»).
2. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений / Ф. Х. Халилов, Г. А. Евдокунин, В. С. Поляков и др.; Под ред. Ф. Х. Халилова, Г. А. Евдокунина, А. И. Таджибаева. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ие, 2002. – 272 с.
3. О способах подключения высокоомных защитных резисторов для заземления нейтрали сети и их безопасной эксплуатации / Н.И. Емельянов, М.А. Ильиных, Д.С. Кудряшов – Новосибирск: Сборник V Всероссийской конференции, 2008.

4. Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ (ТИ 34-70-070-87). - М.: СПО Союзтехэнерго, 1988.
5. Правила устройства электроустановок.- 7-е изд. - М.: ЗАО "Энергосервис", 2007. –887 с.

Научный руководитель: Д.С. Кудряшов, к.т.н., начальник департамента энергетики и угольной промышленности, администрация Кемеровской области.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ТИПА ГИБКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Э.Р. Маннанов, А.Н. Рукавицын

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

К основным технологическим направлениям формирования электроэнергетических систем XXI века можно отнести, прежде всего, повышение управляемости и в конечном счете переход к автоуправляемости электроэнергетических систем. Новые современные технологии позволяют энергетическим компаниям решать многие проблемы, включая растущую плотность энергопотребления. Условия работы современных электроэнергетических систем характеризуются увеличением плотности передаваемой энергии, и необходимостью компактного исполнения электроэнергетических объектов [1, 2]. В настоящий момент, преобразование электроэнергетики базируется на новой технологической основе путем создания активно-адаптивных сетей. Эти сети называются гибкими системами электропередачи. Их применение способно перевести систему в новое стабильное состояние при любых возмущениях, как в нормальных режимах, так и в аварийных.

После проведения энергетического обследования и выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности на исследуемом объекте, наиболее сложным этапом является предварительное определение типа гибкой системы электропередачи, поскольку характеристики и тип устройства должны определяться в ходе выполнения научно-исследовательской работы [2].

Работа посвящена оптимизации процедуры выбора типа гибкой системы электропередачи.

В таблице 1 представлен список наиболее известных типов устройств (Таблица 1). Этот список постоянно расширяется. Каждое

устройство может иметь ряд модификаций, которые разрабатываются и улучшаются под индивидуальные задачи или проекты.

Табл. 1. Наименования типов устройств

№	Наименование	Обозначение
Устройства компенсации реактивной мощности		
1	Батареи статических конденсаторов	БСК
2	Управляемые батареи статических конденсаторов	УБСК
3	Тиристорно управляемые батареи статических конденсаторов	ТУБСК
4	Фильтрокомпенсирующее устройство	ФКУ
5	Управляемое фильтрокомпенсирующее устройство	УФКУ
6	Синхронный компенсатор	СК
7	Тиристорно-реакторная группа	ТРГ
8	Шунтирующий реактор	ШР
9	Реакторные группы, коммутируемые выключателями	ВРГ
10	Статический тиристорный компенсатор	СТК
11	Активный фильтр	АФ
12	Управляемый шунтирующий реактор с подмагничиванием	УШР
13	Синхронный статический компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	СТАТКОМ
14	Асинхронизированный синхронный компенсатор, в том числе с маховиком	АСК
15	Синхронный статический продольный компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	ССПК
Устройства регулирования параметров сети		
16	Неуправляемые устройства продольной компенсации	УПК
17	Управляемые устройства продольной компенсации	УУПК
18	Фазосдвигающий трансформатор, управляемый тиристорами / фазоповоротное устройство	ФПУ
19	Фазовращающийся трансформатор	ФВТ

20	Вставка постоянного тока на обычном тиристоре	ВПТ
21	Вставка постоянного тока на основе СТАТКОМов	ВПТН
22	Асинхронизированный синхронный электромеханический преобразователь частоты	АС ЭМПЧ
Устройства продольно-поперечного регулирования		
23	Объединенный (параллельно-последовательный) регулятор потоков мощности (на базе двух СТАТКОМов, либо двух АСК, соединенных параллельно-последовательно)	ОРПМ
Устройства ограничения		
24	Токоограничивающие устройства	ТОУ

В статье представлен разработанный алгоритм для оптимального выбора типа гибких систем электропередачи (см. Рисунок 1). Алгоритм может быть реализован практически на любом языке программирования, что делает его привлекательным средством для решения одной из важнейших задач .

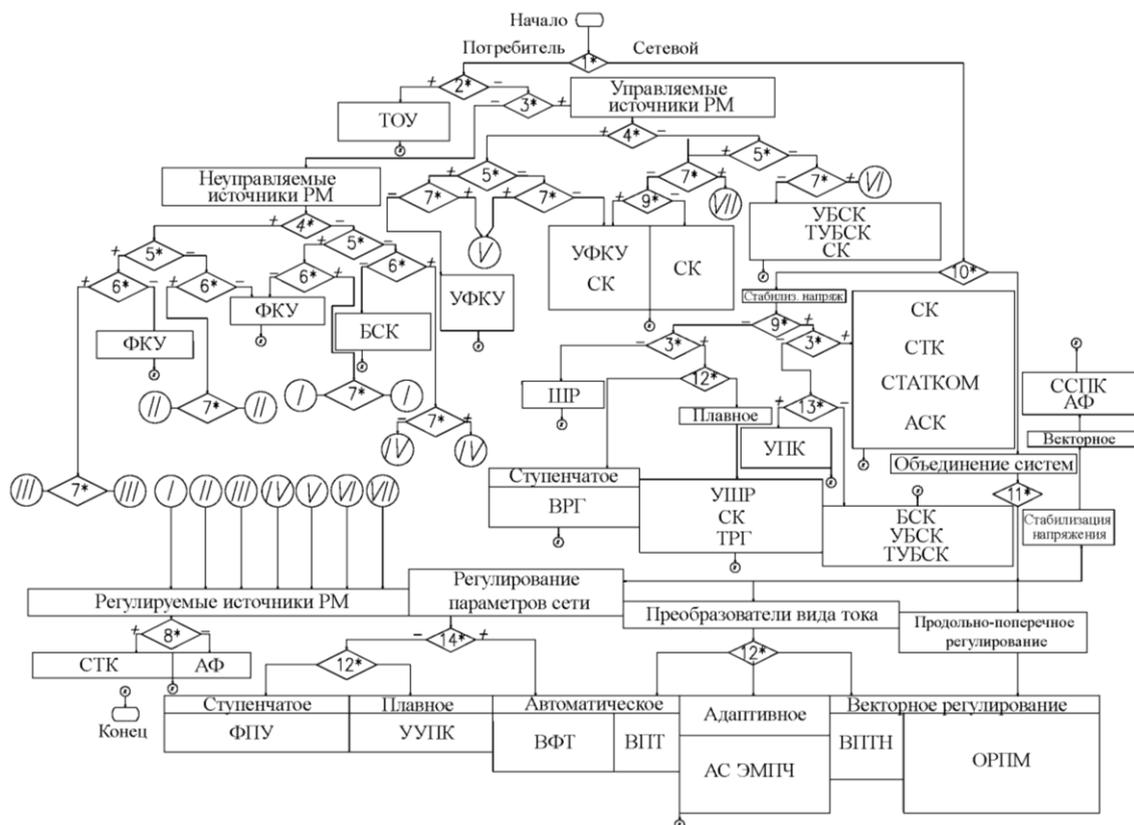


Рис. 1. Алгоритм выбора типа управляемой системы электропередачи переменного тока

Основных критерии выбора типа устройства: 1. тип объекта; 2. ограничение токов короткого замыкания; 3. ярко выраженные колебания реактивной мощности, за период ≤ 1 минуте, колебания составляют $\geq 10\%$ от номинального значения; 4. коэффициент искажения синусоидальности напряжения; 5. коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения; 6. коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности; 7. фликер эффект; 8. ввести значение реактивной мощности в диапазоне от 0 до 660 000 кВАр; 9. знак реактивной мощности в сети; 10. назначение устройства (стабилизация напряжения или объединение систем); 11. принцип действия (регулирование параметров сети, преобразователи вида тока, продольно-поперечное регулирование, стабилизация напряжения); 12. тип регулирования (ступенчатое, плавное, адаптивная система регулирования, векторное); 13. вновь возводимые линии электропередач; 14. несинхронное объединение систем. Критерии выбора определялись с учетом основных параметров объекта и специфики устройств.

Алгоритм реализован в виде программы для ЭВМ [3]. Программа для ЭВМ имеет открытый исходный код, доступный для просмотра, изучения, изменения и с возможностью работы на различных операционных системах. Для работы на ПК необходимо воспользоваться показаниями автоматизированной системы контроля, учёта энергоресурсов и данными протокола замеров качества электроэнергии. При вводе исходных данных пользователю следует последовательно отвечать на вопросы и выбирать один из предлагаемых ответов. У пользователя есть возможность корректировать заданные критерии. Каждый тип устройства имеет индивидуальную конфигурацию. Операция выбора выполняется до тех пор, пока не будет создано решение. В зависимости от данных ответов, программа может пропустить ряд вопросов, поскольку введенной информации может быть достаточно для рекомендации одного или нескольких типов устройств. Предполагается, что пользователь является специалистом в данной области, поскольку далее ему необходимо принять решение, какое устройство использовать из предложенных вариантов, опираясь на специфику собственной задачи.

Результаты работы представляют интерес для проектных организаций и научных учреждений. Разработанный алгоритм и программа для ЭВМ могут быть использованы для решения задач по повышению энергетической эффективности при выполнении НИР.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских и инновационных проектов для аспирантов и молодых научно-

педагогических работников СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2015 г., договор № МЗ.2.3/19.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Устойчивость работы электротехнологической нагрузки от высокочастотного источника питания / Ю.И. Блинов, К.Ю. Блинов, С.А. Галунин, В.В. Ишин, Б.Я. Качанов, Э.Р. Маннанов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2014. – Вып. 9. С. 54-58.
2. Исследование влияния высокочастотного генератора на качество электроэнергетики питающей сети / Э.Р. Маннанов, М.С. Балабанов, С.А. Галунин, Т.П. Козулина, М.Р. Маннанов // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2015. – №2 (133). С. 33-40.
3. appFact [Электронный ресурс]; Веб-сервис GitHub. URL: <https://github.com/rkvtsn/appFact>.

Научный руководитель: С.А. Галунин, к.т.н., доцент СПбГЭТУ.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Р.М. Минибаев

Самарский государственный технический университет

Важнейшим компонентом подготовки и повышения квалификации оперативного персонала котло-турбинных цехов является выработка навыков безопасного и экономичного управления турбогенераторами в сложных нестационарных режимах: при управлении нагрузкой, пусках из различных состояний, остановках с различными режимами расхолаживания, переходах с конденсационного режима на теплофикационный и обратно, полном или частичном переходе с одного вида топлива на другое, аварийных ситуациях и т.п.

Наиболее рациональной формой подготовки является использование компьютерных учебных тренажеров для оперативного персонала. В настоящее время существует большое количество таких разработок, как отечественных, так и зарубежных. Однако, при их использовании для повышения квалификации оперативного персонала непосредственно на электростанциях, возникают серьезные трудности, прежде всего, организационные, заключающиеся в следующем:

- обучение на тренажере должно проводиться инструктором, не только владеющим тренажером как инструментом обучения, но и являющимся высококлассным специалистом по управлению сложными режимами турбогенераторов [1].

Такие специалисты имеются не на каждой станции, а там где они есть - они плотно востребованы по своей основной деятельности и заниматься обучением персонала по совместительству могут лишь в весьма ограниченном объеме. Освободить же их для этого целевым образом руководство станции, как правило, не может, т.к. обучение персонала своими силами является для станции непрофильной деятельностью, для которой нет штатных единиц, а тем более уровня оплаты, соответствующему заработку такого специалиста по основной деятельности.

По этой причине на ряде станций, где установлены учебные тренажеры, их использование в процессе подготовки и повышения квалификации оперативного персонала происходит в ограниченном объеме. Особенно усложняется ситуация для станций, где имеется разнотипное оборудование.

В качестве альтернативы предлагается компьютерный комплекс для дистанционной тренажерной подготовки оперативного персонала без отрыва от производства. Комплекс построен на базе «Moodle» - системы дистанционного образования, предназначенной для организации обучения в локальных и глобальных информационных сетях с использованием web-технологии, и включает в состав несколько модулей. Набор и содержание модуля зависит от конкретных задач подготовки или переподготовки оперативного персонала станции. Наличие видеоматериалов и возможность проведения занятий в on-line режиме помогает более интенсивно освоить теоретический материал, увеличить количество часов на проведение практического тренинга и, тем самым, повысить уровень профессиональной компетентности. Так, например, разработка учебных модулей «Ремонт основных узлов турбогенератора» и «Оценка технического состояния турбогенератора» позволила сэкономить более 60 % времени, выделяемого на переподготовку персонала Жигулевской ГЭС.

Структура и технология использования комплекса ориентированы на его эксплуатацию силами самой станции, например, в рамках корпоративного обучающего центра. Под согласованные с руководством цели разрабатываются конкретные учебные модули, где основной акцент делается на использование технологий формирования профессиональных компетенций, способствующих повышению качества обучения.

Также следует отметить увеличение уровня устойчивой мотивации оперативного персонала к обучению на базе дистанционных технологий. Это объясняется, прежде всего, высоким уровнем доступности — значительно легче выделить для целей обучения несколько часов в сутки, чем отрываться от привычного ритма на несколько недель. Кроме того, использование комплекса дистанционной тренажерной подготовки снижает уровень формальности, когда процесс обучения и повышения квалификации формирует у персонала станции негативный настрой и безразличное отношение. В нашем случае у оперативного персонала появляется возможность самостоятельного выбора учебного материала, способа его представления, времени и продолжительности обучения, что, в итоге, делает процесс переподготовки и повышения квалификации более увлекательным и творческим.

Таким образом, использование компьютерных учебных тренажеров и системы дистанционной подготовки и переподготовки оперативного персонала электростанций имеет большие перспективы для дальнейшего развития, так как в электроэнергетике активно модернизируются и техническая база, и системы управления электроэнергетическими объектами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рубашкин А.С. Компьютерные тренажеры для операторов электростанций // Теплоэнергетика. 2010. №10. С.64-67.

Научный руководитель: В.П. Степанов, д.т.н., профессор, СамГТУ.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ХАРГ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ В СРЕДЕ ИАС «СИРЕНА»

О.В. Шутенко, Д.Н. Баклай
Харьковский политехнический институт

В настоящее время, как в Российской Федерации, так и в Украине, для интерпретации результатов хроматографического анализа растворенных в масле газов (ХАРГ), используются следующие критерии: значения концентраций газов, значения скоростей нарастания газов, значения отношений пар газов, а также графические методы для

распознавания типа дефектов. Кроме значений традиционных критериев важным источником диагностической информации является ди-

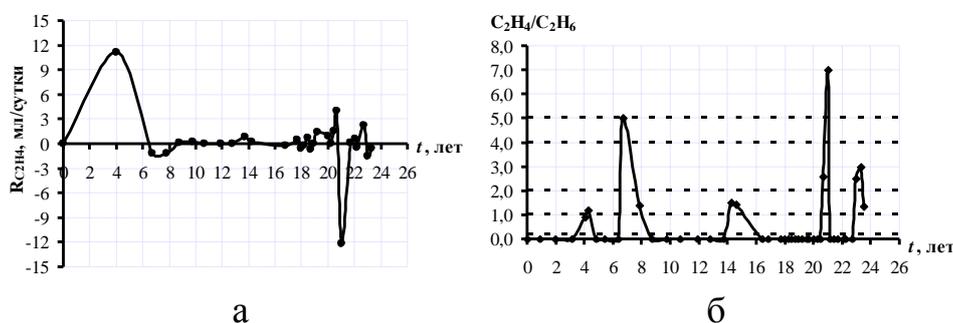


Рис. 1. Динамика изменения скоростей нарастания газов (а) и отношения этилена к этану (б) в трансформаторе ТДНГ-31,5,110/35/6, не имеющем дефекта

намика их изменения. Для проведения исследований использовались результаты ХАРГ по 5 областям, Украины, всего проанализированы результаты наблюдений по 426 трансформаторам, негерметичного исполнения, напряжением 110 кВ. Результаты ХАРГ были представлены в виде временных рядов – значения концентраций газов на длительность эксплуатации. Далее были рассчитаны значения скоростей нарастания газов, отношений пар газов и построены графические образы. Для снижения погрешности, значения скоростей нарастания газов и отношений пар газов рассчитывались только в случае, если значения концентраций газов превышали аналитический порог распознавания [1]. В процессе анализа было установлено, что характер зависимостей значений, анализируемых критериев от продолжительности эксплуатации для различных состояний трансформаторов, *значимо различаются*. Так для нормально работающих, бездефектных трансформаторов, динамика изменения всех четырех критериев во времени носит абсолютно случайный, стохастический характер. Скорости нарастания газов могут иметь как положительные, так и отрицательные значения, рис. 1 а, что объясняется совместным воздействием процессов газовой выделенной и диффузии газов. Значения отношений пар газов (рис. 1 б) могут соответствовать дефектному состоянию. Однако значения отношений пар газов меняют свои значения от испытания к испытанию, что является следствием совместного воздействия процессов диффузии газов и их новообразования. Графические образы, построенные по концентрациям газов в бездефектных трансформаторах, также изменяются случайным образом от измерения к измерению. При этом количество одинаковых образов, полученных по результатам соседних испытаний ничтожно мало.

При развитии дефекта в трансформаторе, характер зависимостей всех без исключения критериев изменяется. Так в зависимостях концентраций газов от длительности эксплуатации, преобладающей является систематическая составляющая [2], что наглядно иллюстрирует рисунок 2 *а*.

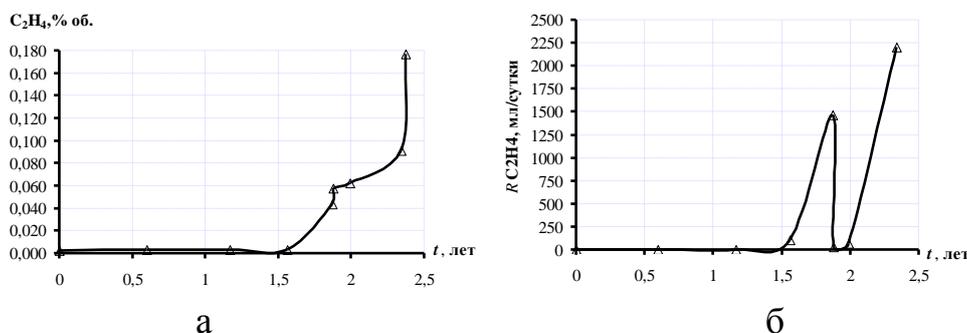


Рис. 2. Динамика изменения концентрации этилена (*а*) и скоростей нарастания газов (*б*) в трансформаторе ТДТН-40/110/35/6, в процессе развития термического дефекта с температурой выше $700^{\circ}C$, (перегрев сердечника, из-за вихревых токов)

В зависимостях скоростей нарастания газов, характерных для данного типа дефекта, также преобладающей является систематическая составляющая (рис. 2 *б*). Не менее значимые изменения, при развитии дефекта, наблюдаются и в характере зависимостей отношений пар газов от длительности эксплуатации (рис. 3). При развитии дефекта значения отношений пар газов «стабилизируются» в области, характерной для данного типа дефекта и не выходят за ее границы. Аналогичная «стабилизация» выявлена и при анализе динамики изменения графических образов дефектов.

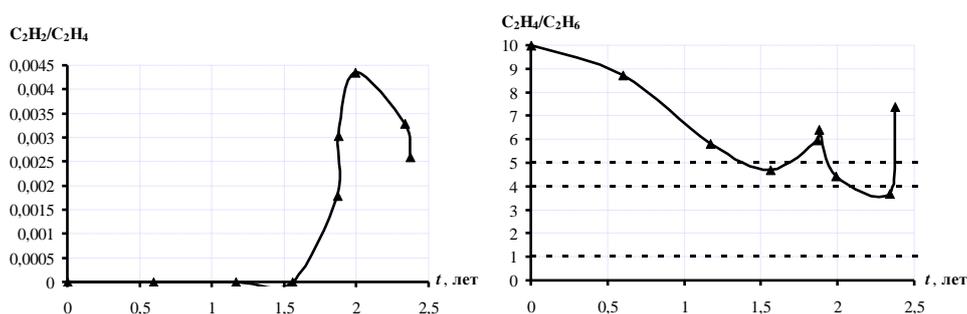


Рис. 3. Динамика изменения отношений пар газов в трансформаторе ТДТН-40/110/35/6, в процессе развития термического дефекта с температурой выше $700^{\circ}C$.

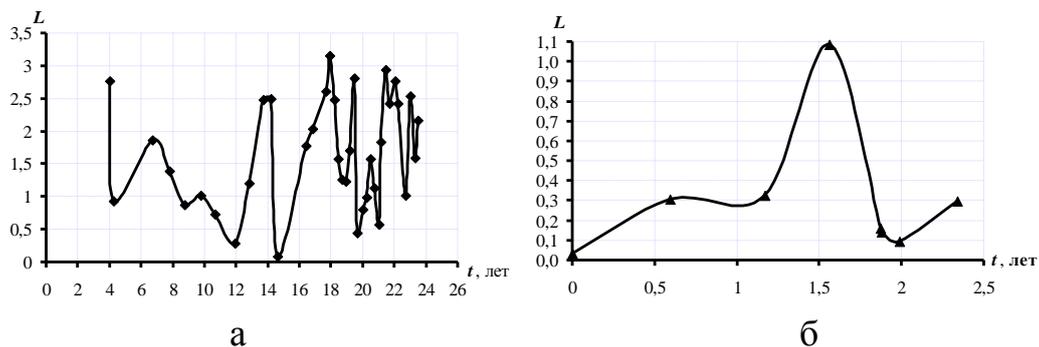
Для количественной оценки динамики изменения графических образов предложено использовать подход, основанный на метрических методах распознавания, в частности использовать значение диа-

гностического расстояния между координатами соседних образов. В общем виде выражение для расчета диагностического расстояния может быть представлено как:

$$l = \sqrt[2]{\left| \text{H}_{2_i}^* - \text{H}_{2_{i+1}}^* \right|^v + \left| \text{CH}_{4_i}^* - \text{CH}_{4_{i+1}}^* \right|^v + \left| \text{C}_2\text{H}_{6_i}^* - \text{C}_2\text{H}_{6_{i+1}}^* \right|^v + \left| \text{C}_2\text{H}_{4_i}^* - \text{C}_2\text{H}_{4_{i+1}}^* \right|^v + \left| \text{C}_2\text{H}_2^* - \text{C}_2\text{H}_{2_{i+1}}^* \right|^v}, \quad (1)$$

где: $\text{H}_{2_i}^*$, $\text{CH}_{4_i}^*$, $\text{C}_2\text{H}_{6_i}^*$, $\text{C}_2\text{H}_{4_i}^*$, C_2H_2^* – координаты графических образов, полученные по результатам предыдущего измерения; $\text{H}_{2_{i+1}}^*$, $\text{CH}_{4_{i+1}}^*$, $\text{C}_2\text{H}_{6_{i+1}}^*$, $\text{C}_2\text{H}_{4_{i+1}}^*$, $\text{C}_2\text{H}_{2_{i+1}}^*$ – координаты графических образов, полученные по результатам последующего измерения; v – мера расстояния (принята равной 2).

Очевидно, что чем менее схожи графические образы или значения процентного содержания соответствующих газов, тем большие значения принимает диагностическое расстояние, тем более случайным является характер их изменения во времени. Зависимости диагностического расстояния, между графическими образами дефектов трансформаторах ТДНГ-31,5,110/35/6 и ТДТН-40/110/35/6 от продолжительности эксплуатации приведены на рисунке 4. Из рисунка 4 *а* видно, что для бездефектных трансформаторов, графические образы изменяются случайным образом, о чем свидетельствуют как значения величины L , так и характер ее изменения во времени. При наличии дефекта (рис 4 *б*) величина L имеет не только меньшие значения, чем при отсутствии дефекта, но что важно эти значения от измерения к измерению практически не изменяются.



а – трансформатор ТДНГ-31,5,110/35/6; *б* – ТДТН-40/110/35/6

Рис. 4. Зависимость диагностического расстояния, между графическими образами дефектов в трансформаторах ТДНГ-31,5,110/35/6 и ТДТН-40/110/35/6 от продолжительности эксплуатации

Таким образом, динамика изменения рассмотренных критериев во времени, может рассматриваться как дополнительный признак наличия дефекта в трансформаторе. Полученные результаты нашли алгоритмическую реализацию и реализованы в среде ИАС «СИРЕНА», что позволяет выявлять дефектные трансформаторы, на ранней стадии развития дефекта, когда значения концентраций еще не достигли граничных значений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шутенко О.В. Особенности статистической обработки результатов эксплуатационных испытаний при исследовании законов распределения результатов хроматографического анализа растворенных в масле газов /Шутенко О.В., Баклай Д.Н. // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – №60(1033). – С. 136–150;
2. Шутенко О.В. Метод обнаружения развивающихся дефектов высоковольтных трансформаторов по результатам хроматографического анализа растворенных в масле газов /О.В. Шутенко // Электрические сети и системы – Київ. – 2010 – №3. – С. 38–45;

Научный руководитель О.В. Шутенко, к.т.н., доцент Харьковской политехнической институт.

ВСТАВКА ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ

В.И. Закутский, М.М. Зуев, С.В. Глушкин
Московский энергетический институт

В России, как и в других странах, наблюдается устойчивая тенденция установки потребителями объектов малой мощности по генерации (распределенной генерации) электрической энергии для нужд производства с их подключением через собственную электрическую сеть к распределительным сетям общего пользования.

К распределенной генерации (РГ) относятся объекты малой установленной мощности, в том числе с использованием возобновляемых энергоресурсов: турбины внутреннего сгорания, ветроустановки, фотоэлектрические установки, электростанции на биомассе, микротурбины, накопители электроэнергии и другое энергооборудование.

В соответствии с критериями СИГРЭ, распределенной генерацией называют генерацию, присоединенную к распределительной сети на среднем (до 30 кВ) и низком (менее 1 кВ) напряжении.

5 марта в Москве в рамках конференции и выставки Russia Power 2014 прошел круглый стол «Интеграция в электроэнергетическую систему объектов малой генерации». По итогам работы круглого стола сформулирован ряд задач, в том числе исследование способов применения новых технологий для повышения устойчивости малой генерации. Очевидно, что проблема недостаточной статической и динамической устойчивости РГ стоит особенно остро.

На данный момент Лаборатория Автоматизации Распределительных Сетей «ЛАРС» «НИУ «МЭИ» занимается научно-исследовательской работой по теме «Разработка модульного интерфейса на базе технологий постоянного тока для обеспечения подключения объектов малой энергетики к электрическим сетям, обеспечивающего устойчивую работу и снижающего требования к реконструкции сети (плата за ТП)».

Для обеспечения устойчивой синхронной работы генерирующего агрегата в составе электроэнергетической системы предлагается использовать технологии постоянного тока. Применение технологии постоянного тока позволяет присоединять источники энергии, работающие с другой частотой, к электрической системе и обеспечивать требуемые условия их функционирования.

Предлагается использовать вставку постоянного тока (ВПТ) для соединения объекта малой генерации с сетью. Они состоят из каскадного соединения двух преобразовательных устройств, одно из которых работает в режиме выпрямителя, а другое – в режиме инвертора. Объединяющим элементом ВПТ является звено постоянного тока.

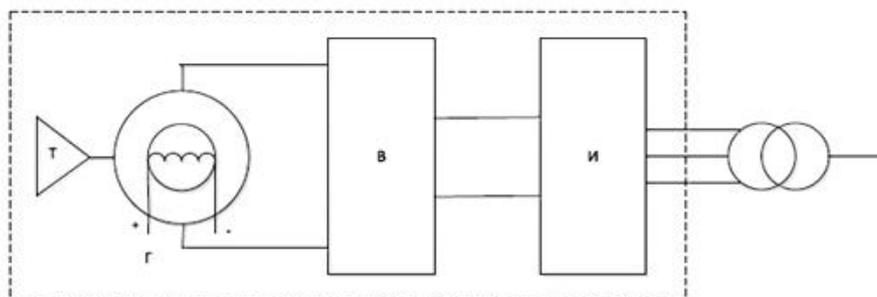


Рис. 1. Схема подключения ГТУ к сети через ВПТ

Возьмем, как пример, генерирующий агрегат на базе газотурбинного двигателя. Схема подключения изображена на рис.1. Буквами

Т и Г обозначены турбина и генератор, В и И обозначают выпрямитель и инвертор.

При подключении такой генераторной установки к сети через ВПТ будут получены следующие преимущества:

- Исключение редуктора и, как следствие, повышение КПД установки.
- Экономия топлива и улучшение баланса сгорания топлива при частичных нагрузках.
- Решение проблемы динамической устойчивости, особенно важной для агрегатов с малой механической инерцией.
- Исключение воздействия токов к.з. в сети на работу агрегата – повышение его надёжности.
- Лёгкая синхронизация с сетью при любых частотах вращения, то же при ресинхронизации.
- Плавный пуск агрегата без применения пускового устройства.

Так же, одним из главных преимуществ ВПТ является ее модульность.

Отсутствие на рынке возобновляемой энергетики универсальных технических устройств, обеспечивающих возможность объединения в рамках единой энергетической системы разнотипных энергетических установок с возможностью эффективного управления режимами их работы является негативным фактором развития малой энергетики России. Вставка постоянного тока позволяет обеспечить совместную работу разнотипных энергетических установок.

При использовании данной схемы (Рисунок 2) не требуется согласовывать режимы работы ВЭУ, ФЭУ и дизель-генератора (ДГ) между собой, что позволяет управлять этими агрегатами, исходя из требуемых критериев оптимальности. Система легко масштабируется. Достаточно просто решаются задачи электромагнитной совместимости. В данной схеме построения электростанции потребители запитаны от общего автономного инвертора, чем обеспечивается высокое качество отпускаемой электроэнергии.

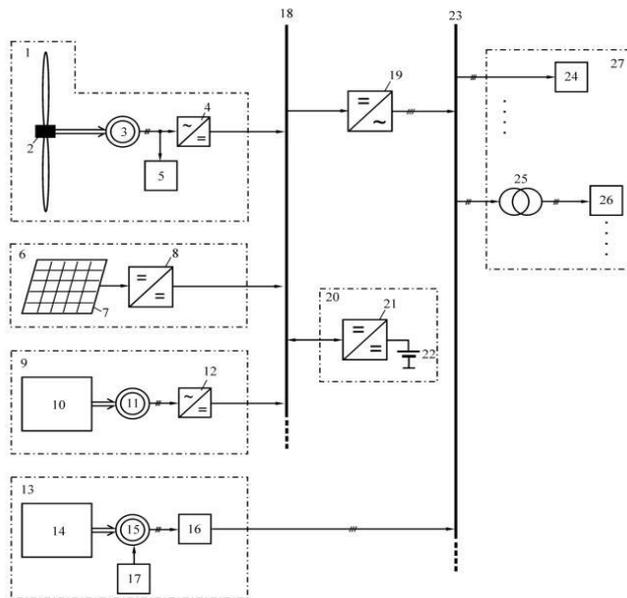


Рис. 2. Схема соединения разнотипных энергетических установок с помощью ВПТ

Подытоживая все вышесказанное, стоит отметить, что вставка постоянного тока позволит обеспечить устойчивую и экономичную работу объектов РГ, в том числе на базе ВИЭ, в составе энергосистемы. Даст толчок развитию розничного рынка электроэнергии. Возможность продажи излишков электроэнергии в сеть позволит владельцам распределенной генерации выбирать более эффективные режимы работы оборудования, оптимизировать график загрузки, что ведет к снижению затрат и обеспечивает минимальные сроки окупаемости расходов на строительство собственных генерирующих мощностей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Серебренников Д.А., «Применение вставки постоянного тока при построении электростанций, использующих установки возобновляемой энергетики»// Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 1 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – С. 103-104
2. Сайт Российского Национального Комитета СИГРЭ: <http://www.cigre.ru/>

Научный руководитель: М.Г. Гаджиев, к.т.н., зав. лабораторией автоматизации распределительных сетей «ЛАРС» МЭИ.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА RTDS ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВР В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

И.С. Метелев, Р.Р. Галиев, Р.Р. Низамова

Казанский национальный исследовательский технический университет

Эффективность и надёжность являются основными показателями качества функционирования релейной защиты и автоматики (РЗА) систем электроснабжения, следовательно, устройства РЗА играют ключевую роль в обеспечении надёжности работы объектов электроснабжения.

Усложнение схем электрических сетей электроснабжения, разнообразие режимов их работы и большое количество изношенного оборудования, требуют дальнейшего совершенствования, особенно повышения быстродействия, чувствительности и селективности релейной защиты и автоматики, обеспечивающих защиту электрооборудования в аварийных режимах. В настоящее время роль РЗА в обеспечении надёжности работы систем электроснабжения имеет повышенное значение. В связи с этим возникают вопросы по пересмотру принципов построения системы РЗА, с внедрением микропроцессорной техники. Использование микропроцессорной техники позволяет расширить возможности по совершенствованию и созданию новых алгоритмов работы РЗА, различной сложности [1].

В настоящее время имеется многообразие устройств РЗА выпускаемых различными фирмами, которые имеют примерно одинаковые назначения с наличием многочисленных вводимых версий устройств. На данный момент все устройства РЗА должны проходить испытания, в основу которых входят проверка устройств РЗА на упрощенных моделях энергосистемы при различных видах внешних и внутренних повреждений с учетом действия автоматического повторного включения (АПВ), устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ), ускорения защит, переходов одного вида КЗ в другой и т.п. [2].

Наиболее оптимальным решением для проведения испытаний устройств РЗА является применение программно-аппаратного моделирования в режиме реального времени с подключением оборудования РЗА.

Программно-аппаратный комплекс цифрового моделирования в режиме реального времени (Real Time Digital Simulator, далее RTDS)

производства канадской компании RTDS Technologies обеспечивает моделирование электромагнитных и электромеханических переходных процессов в режиме реального времени на основе созданной оператором модели энергосистемы [3].

Структурная схема испытательной установки приведена на рис. 1. В состав испытательной установки входит модель реального времени, созданная в программно-аппаратном комплексе RTDS, в котором также содержатся многоканальный цифро-аналоговый конвертер (GTAO) и интерфейс дискретного ввода-вывода (GTFPI); усилитель тока и напряжения (PONOVO), к аналоговым выходам которого подключается испытуемый терминал релейной защиты и автоматики, а дискретные выходы испытуемого терминала (срабатывание защиты, сконфигурированные на отключение выключателей), подключается к модели выключателя в RTDS через интерфейс GTFPI.

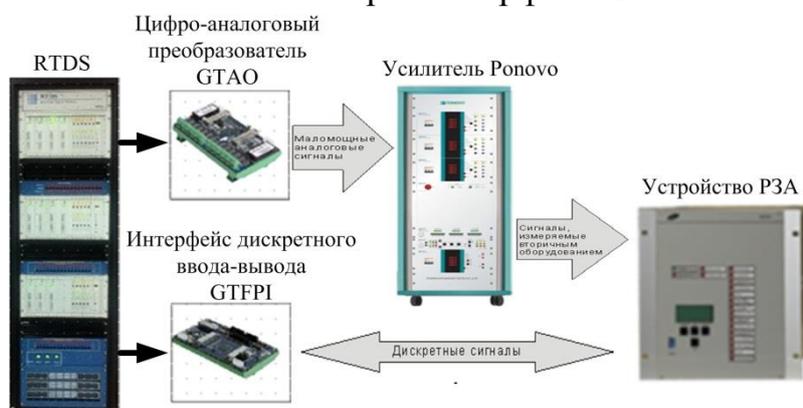


Рис. 1. Структурная схема установки испытания.

Например, с помощью данного комплекса можно моделировать работу устройства автоматического ввода резерва (АВР). Перед проведением моделирования на RTDS создаётся модель схемы электропитания. В данном случае схема содержит два источника питания, два трансформатора, линии электропередач, выключатели, нагрузка и электродвигатели различных марок (асинхронные двигатели типа ДАМСО 148-8, АВ 113-4, АЗ 1348-4, ДАЗО 1914-10/12А, ВДД 213/54-16) [4]. АВР моделируется между выключателями 2 и 7, где выключатель 2 является вводным, а выключатель 7 – секционным. Модель данной схемы в среде RTDS показана на рис. 3.

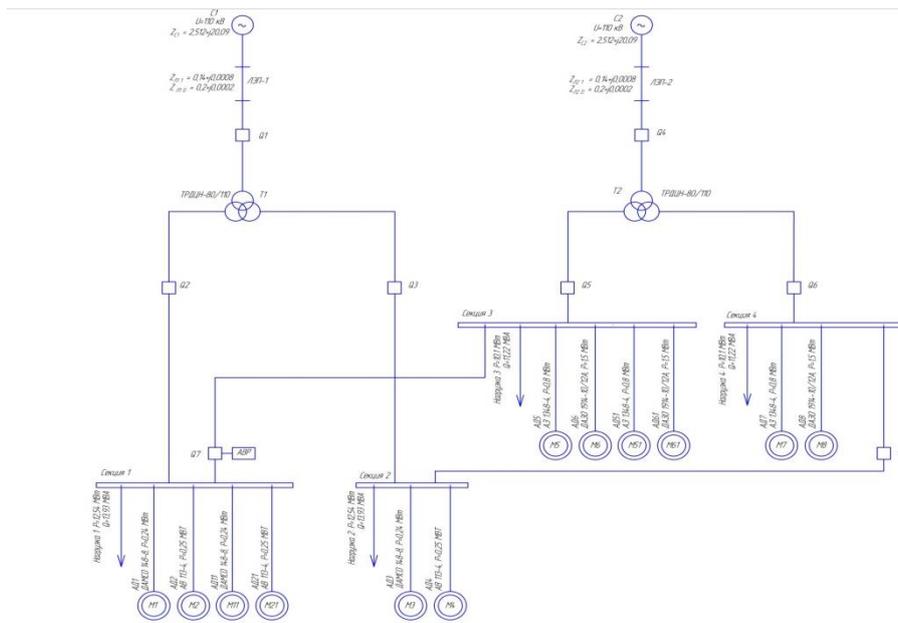


Рис. 2 Моделируемая схема

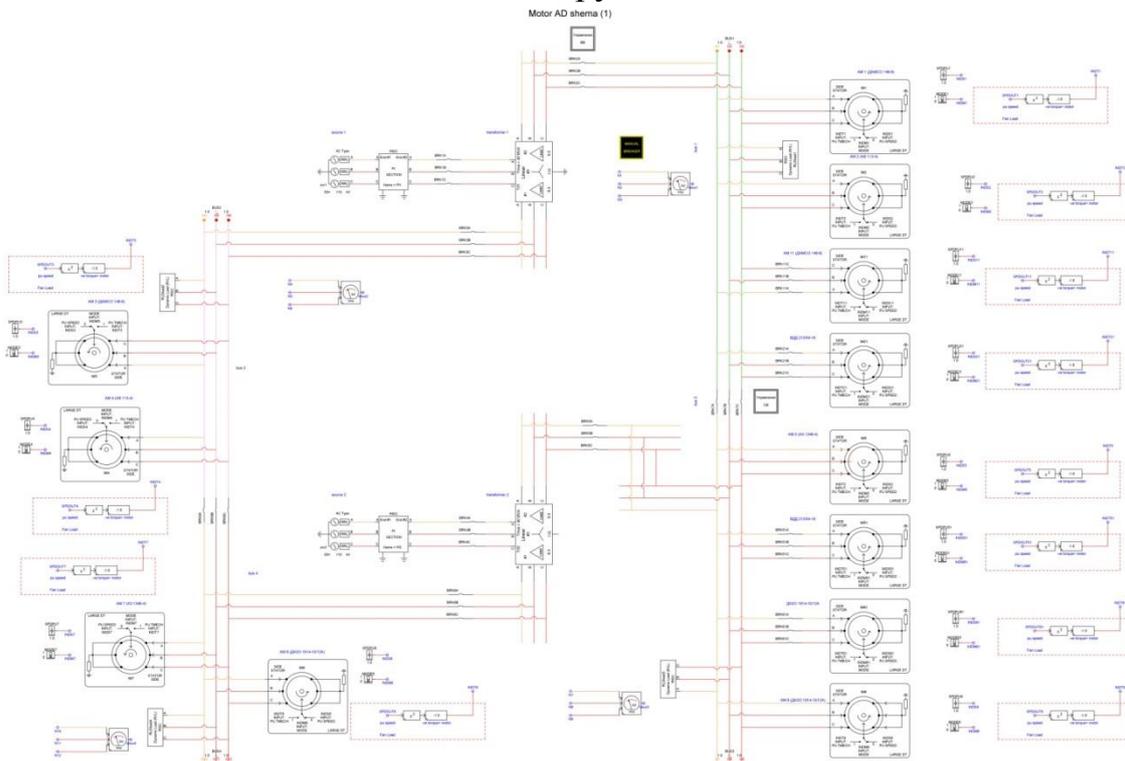


Рис. 3 Модель схемы в среде RTDS

В результате запуска моделирования при отключении вводного выключателя через время, равное 0,5 с обеспечивается включение секционного выключателя. При этом с помощью графиков можно посмотреть, обеспечивается ли самозапуск АД. Проверка самозапуска была осуществлена для самого мощного из представленных двигателей – для двигателя марки ВДД 213/54-16, мощность которого равна 1,7 кВт (рис. 4).

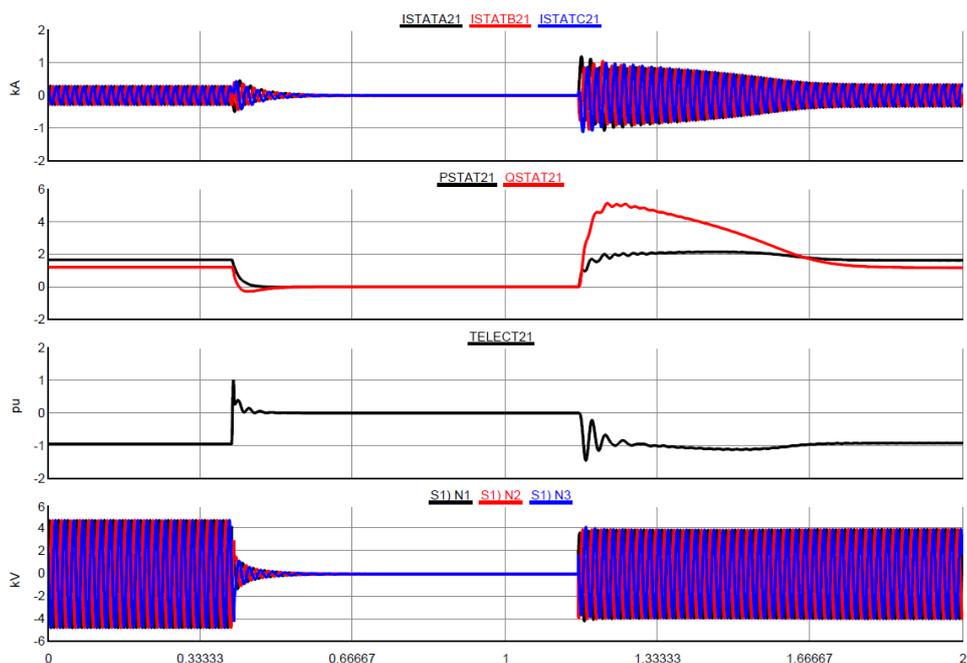


Рис. 4. Графики зависимости токов статора ($ISTATA21$, $ISTATB21$, $ISTATC21$), активной и реактивной мощностей ($PSTAT21$, $QSTAT21$), электромагнитного момента ($TELECT21$) и напряжения на питающей шине ($N1, N2, N3$) при работе АВР для двигателя ВДД 213/54-16

По графикам видно, что все наблюдаемые параметры вернулись к величинам, наблюдаемым до отключения вводного выключателя, а значит, самозапуск этого двигателя обеспечен. Также стоит обратить внимание на то, что пусковые токи для данного двигателя соответствуют каталожным значениям, а на питающей шине напряжение из-за самозапуска не просаживается.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Исаков Р.Г., Гарке В.Г. Концепция развития релейной защиты системы электроснабжения крупного промышленного предприятия / Журнал «Известия вузов. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ», №7-8, 2012, с. 46-54.
2. Шнеерсон Э.М. Проектирование и эксплуатация – ключевые вопросы современной релейной защиты / Журнал «Релейщик», №1, март 2009, с. 46-53.
3. Мочалов Д.О., Законьшек Я.В., Шамис М.А. Комплексы моделирования в реальном времени для современных энергосистем. Журнал "Релейная Защита и Автоматизация" №1(10) 2013 с.70-74.
4. Сивокобыленко В.Ф., Ткаченко С.Н., Деркачев С.В. Определение параметров схем замещения и характеристик асинхронных

двигателей/В.Ф. Сивокобыленко, С.Н.Ткаченко, С.В. Деркачев//
Электричество. -2014.-№10.-с.38-43.

- Исаков Р.Г. Применение программно-аппаратного комплекса RTDS для проведения испытаний устройств релейной защиты и автоматики/ Журнал «Энергетика Татарстана» №2, 2015, с. 28-31

Научный руководитель: Р.Г. Исаков, к.т.н., старший научный сотрудник КНИТУ-КАИ.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «РЕЖИМЫ ТРЕХФАЗНОГО ДВУХОБМОТОЧНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА»

И.В. Новаш, А.Г. Ханевич
Белорусский национальный технический университет

Элементы электроэнергетической системы (генератор, трансформатор, линия электропередачи, сборные шины и др.) не обладают абсолютной надежностью. С большей или меньшей вероятностью любой из этих элементов может быть поврежден, причем в большинстве случаев причиной повреждений являются короткие замыкания (КЗ).

Назначением релейной защиты (РЗ) является выявление поврежденного элемента и быстрее его отключение от энергосистемы. Кроме того, устройства РЗ должны предупреждать повреждение элемента в случае возникновения ненормального и опасного для него режима работы (перегрузка, неполнофазный режим и др.).

Функциональные испытания микропроцессорных защит могут выполняться с помощью программируемых диагностических комплексов (ПДК), подводящих к устройству защиты токи и напряжения, близкие по величине и форме к входным сигналам защиты, получающимся в реальных условиях эксплуатации защищаемого объекта. В программное обеспечение диагностических комплексов для функциональных испытаний микропроцессорного устройства защиты энергообъекта входят пакеты прикладных программ выработки входных сигналов защиты. В БНТУ на кафедре «Электрические станции» накоплен большой опыт по разработке программных компьютерных комплексов, предназначенных для исследования аварийных режимов электроэнергетического оборудования методом вычислительного эксперимента и получения входных сигналов защиты.

В данной работе рассматриваются примеры реализации компьютерных программ выработки входных сигналов дифференциальной токовой защиты трехфазного двухобмоточного трехстержневого силового трансформатора с группой соединения обмоток $Y_0/\Delta-11$.

Компьютерные программы, которые разрабатывались в период массового внедрения первых ПЭВМ, работающих под управлением операционной системы *DOS*, представляют собой исполняемые модули, разработанные на алгоритмическом языке *FORTRAN* с использованием текстовых и графических операторов для вывода информации

на экран монитора (рисунки 1 и 2) в виде текста и осциллограмм расчетных параметров (токов, напряжений, индукций и др.) [1].

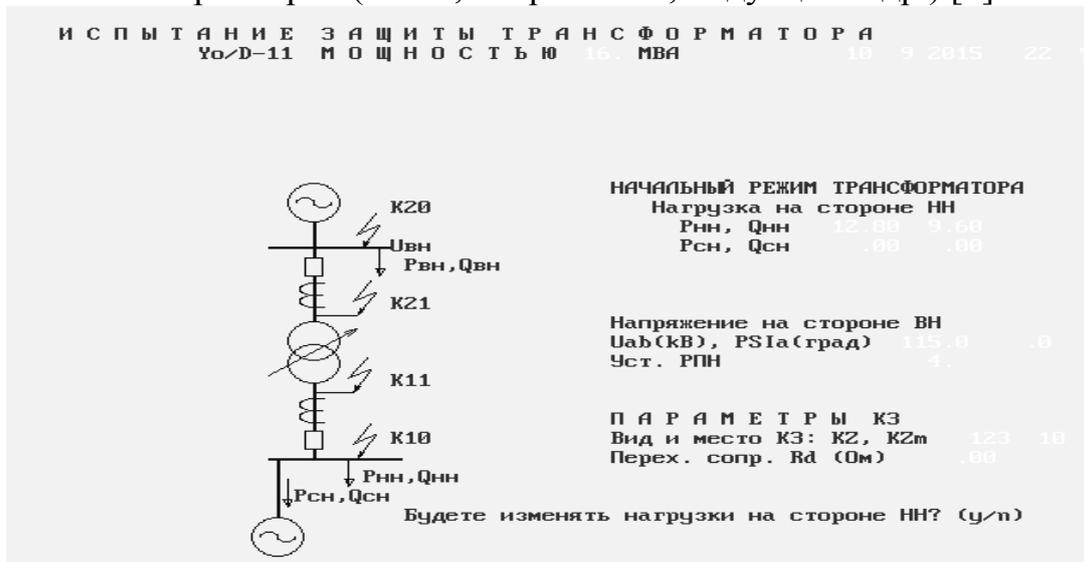


Рис. 1.

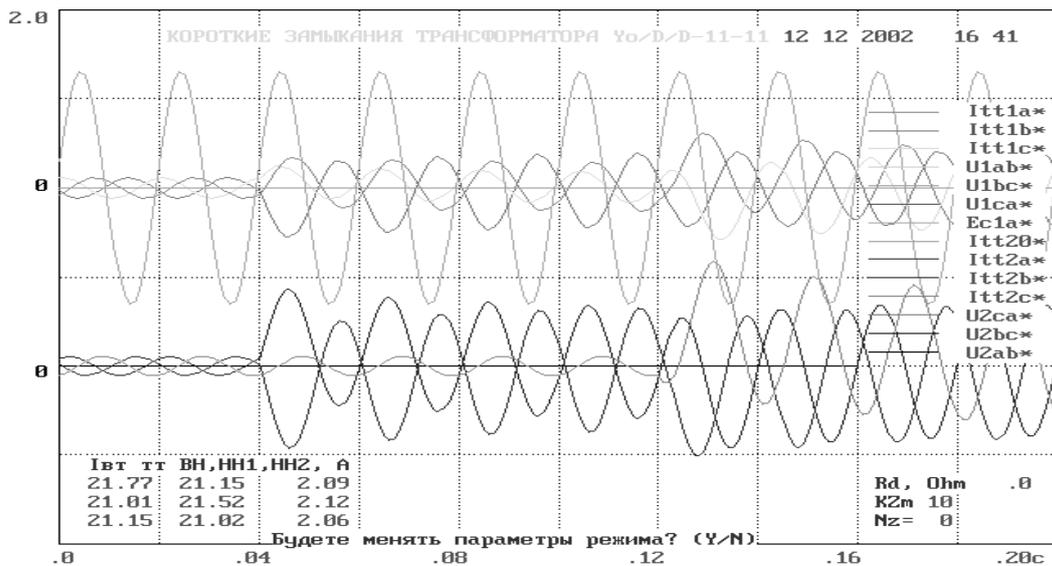


Рис. 2

Исходные данные и результаты расчетов сохраняются во внешних файлах, которые также могут редактироваться и визуализироваться текстовыми и графическими редакторами.

В настоящее время в связи с использованием в ПЭВМ новых типов микропроцессоров и современных многооконных операционных систем типа *Windows-7* с развитым графическим и мультимедийным интерфейсом применение подобных расчетных программ становится затруднительным.

Однако опыт применения таких программ в учебном процессе, использование в проектных институтах и фирмах, разрабатывающих микропроцессорные защиты, показывает их актуальность и необходимость адаптации к современным ПЭВМ [2].

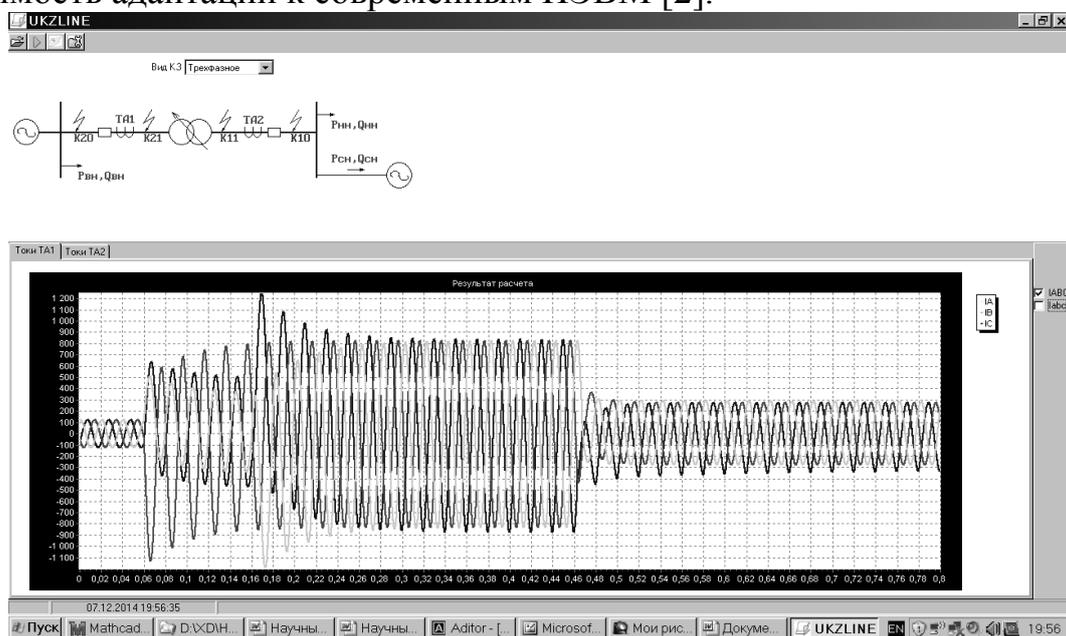


Рис. 3.

Поэтому был разработан новый программный комплекс для расчетов режимов трехфазного силового трансформатора (рисунок 3), в котором используется откомпилированный в системе программирования *Fortran Power Station* фортрановский модуль расчетной программы в виде *dll*-модуля. В нем сохранена программная реализация алгоритма расчета математической модели трансформаторной подстанции [1, 2], а все графические построения и интерактивные функции графического интерфейса реализуются с помощью команд и операторов системы объектного программирования *DELFI*.

Сравнение двух программных комплексов проводилось в математическом пакете *MathCad* с помощью визуализации результатов расчетов, сохраняемых во внешних файлах (рисунок 4). Для количе-

ственного сравнения сопоставлялись действующие значения токов на отдельных интервалах времени (рисунок 5).

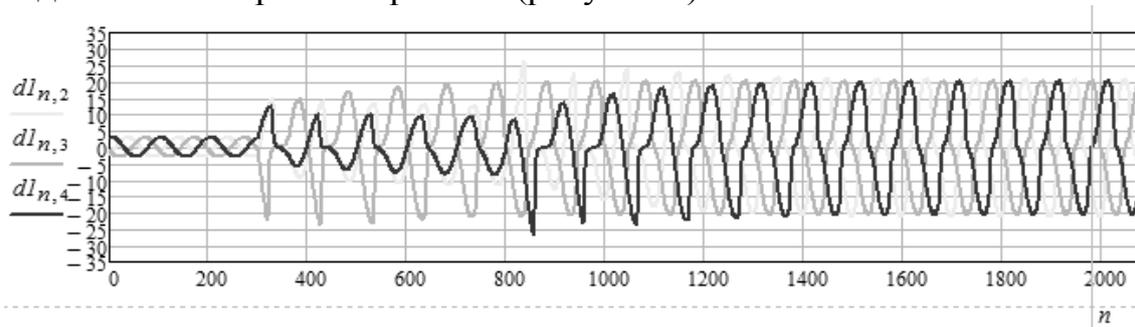


Рис. 4.

$$I_{A0} := \sqrt{\frac{\sum_{k=t_0}^{t_{00}} (i_{A_k})^2}{(t_{00} - t_0)}} \quad I_{A0} := \sqrt{\frac{\sum_{k=t_0}^{t_{00}} (i_{A_k})^2}{(t_{00} - t_0)}}$$

$$I_{A0} = 2.157 \quad I_{A2} = 13.828 \quad I_{A0} = 2.157 \quad I_{A2} = 13.828$$

$$I_{A1} = 5.681 \quad I_{A3} = 4.941 \quad I_{A1} = 5.681 \quad I_{A3} = 4.941$$

Рис. 5.

Результаты расчета двух программ оказались полностью идентичны. Исходя из этого можно сказать, что новый программный комплекс для расчета режимов трехфазного двухобмоточного силового трансформатора отвечает всем поставленным задачам, имеет проверенную практикой применения достоверность ранее разработанных расчетных программ и может применяться на любых современных ПЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Романюк Ф.А., Новаш В.И. Информационное обеспечение вычислительного эксперимента в релейной защите и автоматике энергосистем. – Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ, 1998. – 174 с.: ил.
2. Новаш И. В., Романюк Ф. А. Математическое моделирование коммутационных режимов в электроустановках с трансформаторами. – Минск : БНТУ, 2013. – 226 с.

Научный руководитель: И.В. Новаш к.т.н., доцент БНТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАК ЭЛЕМЕНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ГИДРОАГРЕГАТОВ

К.Э. Федулов, И.А. Менщиков
Саратовский государственный технический университет
им. Ю.А. Гагарина

Исследование вибрационных характеристик действующих гидроагрегатов является всегда актуальным, так как позволяет выявлять дефекты и неисправности оборудования на ранней стадии их развития.

Такие исследования направлены на повышение технического уровня оборудования и предупреждение аварийных ситуаций.

Обследование действующего оборудования (в частности, его вибрационного состояния) не может быть воспроизведено в лабораторных условиях; его результаты не могут быть просчитаны математически, эти результаты следует рассматривать как результаты уникального эксперимента. Именно поэтому так важна системная работа по исследованию вибраций существующих гидроагрегатов с созданием единого банка данных.

Современная аппаратура и методики позволяют выделить визуально все составляющие вибраций и связать их с состоянием узлов, режимами работы и возможными дефектами гидроагрегата. В таблице 1 приведены некоторые примеры появления частотных составляющих вибраций в зависимости от режимных и конструктивных факторов.

Табл. 1. Примеры появления частотных составляющих вибраций в зависимости от режимных и конструктивных факторов.

Узлы, в которых наблюдается вибрация	Причины, вызывающие вибрации	Как проявляется, способы устранения
Низкочастотные вибрации «жгутовой» частоты $f_{ж}$ (в 3÷5 раз ниже оборотной)		
Опора подпятника, подшипник.	Действие гидравлических сил, формируемых закруткой потока на рабочих колесах с жестко закрепленными лопастями	Имеют место большие перемещения рабочего колеса в зоне лабиринтных уплотнений; наибольший уровень динамических напряжений в лопастях. Впуск сжатого воздуха в проточную часть тур-

		бины резко ослабляет низкочастотные пульсации потока, связанные с закруткой потока за рабочим колесом
Вибрации частотой $0,5f_{об}$.		
Опорный узел	Ослабление или разрушение крепежа опорного узла. Биения вала не реагируют на этот дефект оборудования.	Устранение дефектов крепежа опорного узла
Вибрации оборотной частоты $f_{об}$.		
Опорный узел	Динамическая неуравновешенность ротора агрегата (турбины и генератора), которая, в общем случае, может иметь механическую, электрическую и гидравлическую природу	Для выявления дефекта оборудования следует анализировать колебания частотой $f_{об}$ и $2f_{об}$ совместно.
Вибрации двойной оборотной частоты $2f_{об}$.		
Опорный узел, подшипник	Разная жесткость подшипников по различным направлениям; форма статора генератора.	
Подшипник	Несоосность валов турбины и генератора	Наблюдаются радиальные вибрации подшипников в виде колебаний частотой $2f_{об}$, при этом в спектре вертикальных вибраций наблюдается пик оборотной составляющей.

В настоящее время в результате проводимой реконструкции на Саратовской ГЭС впервые в России устанавливаются гидроагрегаты с S-образными лопастями турбин. Предсказать, как изменятся частотные составляющие вибраций в зависимости от режимных и конструктивных факторов гидроагрегатов с S-образными лопастями турбин можно лишь весьма приблизительно. Точные данные могут быть получены лишь в результате обследования работающего оборудования.

В рамках исследования планируется провести измерение вибраций при помощи различной аппаратуры при различных режимах работы гидроагрегатов.

По полученным результатам измерений будет проведен их анализ на основе существующих методик и исследованы закономерности в появлении вибраций различных частот и их связь с состоянием узлов гидроагрегата.

Результаты исследований вибраций действующих гидроагрегатов полезны самому широкому кругу специалистов, связанных с гидроэнергетикой: персоналу гидростанций, научным работникам, связанным с разработкой и модернизацией гидроагрегатов, производителям такого оборудования, техническим специалистам управляющих компаний, принимающим решения по модернизации оборудования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Владиславлев Л.А. Вибрация гидроагрегатов гидроэлектрических станций 2-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Энергия, 1972. - 176 с.
2. О мерах по обеспечению надежности и безопасности Саратовской ГЭС [электронный ресурс] / Официальный сайт Филиала ПАО «РусГидро» — «Саратовская ГЭС») - режим доступа: http://www.sarges.rushydro.ru/branch/safety/tech_policy/82439.html, свободный. (Дата обращения: 08.09.2015 г.).

Научный руководитель: И.А. Менщиков, к.т.н., доцент СГТУ имени Гагарина Ю.А.

СЕКЦИЯ 9. УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ПРИЛОЖЕНИЕ МЕТОДА СУБГРАМИАНОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Н.Г. Кирьянова^{1,2}, Г.А. Пранкевич², Д.Е. Катаев^{1,3}

¹Сколковский институт науки и технологий, Центр по энергетическим системам

²Новосибирский государственный технический университет, кафедра «Автоматизированных электроэнергетических систем»

³Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Введение. Проблема определения степени устойчивости энергетических систем, в том числе мониторинга локальных и межсистемных колебаний параметров режима, актуальна со времени появления больших энергообъединений и до сих пор актуальна [1]. В последние десятилетия были созданы и использованы многочисленные математические методы и их различные комбинации. Но, практическая значимость исследований в значительной степени ограничена тем, что математические модели электроэнергетических систем (ЭЭС) слишком сложны: нелинейны, зависимы от времени, а также включают в себя различные описания для медленных и быстрых процессов. Каждый метод имеет ограниченное применение и эффективен только для конкретной модели системы. Существуют также осложнения, связанные с необходимостью решения уравнения большой размерности в режиме реального времени.

Во многих приложениях, имеющих дело с математическими моделями большой размерности, решения уравнений Ляпунова, составляющих основу теории устойчивости, имеют низко-размерную структуру. Для оценки степени статической устойчивости ЭЭС в Институте проблем управления РАН предложен метод грамианов, основанный на разложении матрицы грамиана, являющегося решением уравнений Ляпунова, по спектру матриц, формирующих эти уравнения. Метод позволяет вычислять бесконечные грамианы устойчивых систем как сумму эрмитовых матриц (субграмианы отдельных мод), соответствующих определенным собственным значениям системы. Энергия системы, определяемая бесконечным грамианом ограничена сверху суммой положительных чисел, определяемых соответствующими субграмианами. Субграмианы определяют вклад собственных значений в общую асимптотическую вариацию энергии системы на беско-

нечном временном интервале. Это свойство можно использовать при анализе устойчивости.

Вычислительные эксперименты. Тестирование метода субграмианов выполнено в сравнении с традиционным методом анализа по собственным значениям на примере двух расчетных схем энергосистем. Первая схема представляет собой две соизмеримые по мощности энергосистемы, связанные между собой двухцепной линией электропередачи (предложена П. Кундуром в монографии «Power System Stability and Control» [2]), рис. 1, а. В обозримом будущем анализ устойчивости может происходить в условиях развития интеллектуальных энергосистем (Smart Grid). Поэтому вторая используемая в работе расчетная схема - модель сети электроснабжения о. Русский (рис. 1, б) – части сети электроснабжения г. Владивостока, - который, на наш взгляд, представляет собой удачное место для создания на нем полигона Smart Grid в России [3].

В рамках настоящей работы средствами программного комплекса MATLAB/Simulink воспроизведены возможные режимы рассмотренных энергосистем и выполнена серия вычислительных экспериментов, состоящая в линеаризации их моделей в форме пространства состояний. Вычислительные эксперименты состояли в пошаговом увеличении нагрузки в одном из узлов расчетных моделей до наступления факта нарушения устойчивости. Поведение субграмианов было сопоставлено с изменением собственных значений матрицы A пространства состояний – приближением действительной части наиболее опасной моды к моменту смены знака на противоположный. Под наиболее опасной модой в настоящей работе было принято считать моду с наибольшей действительной частью собственного значения.

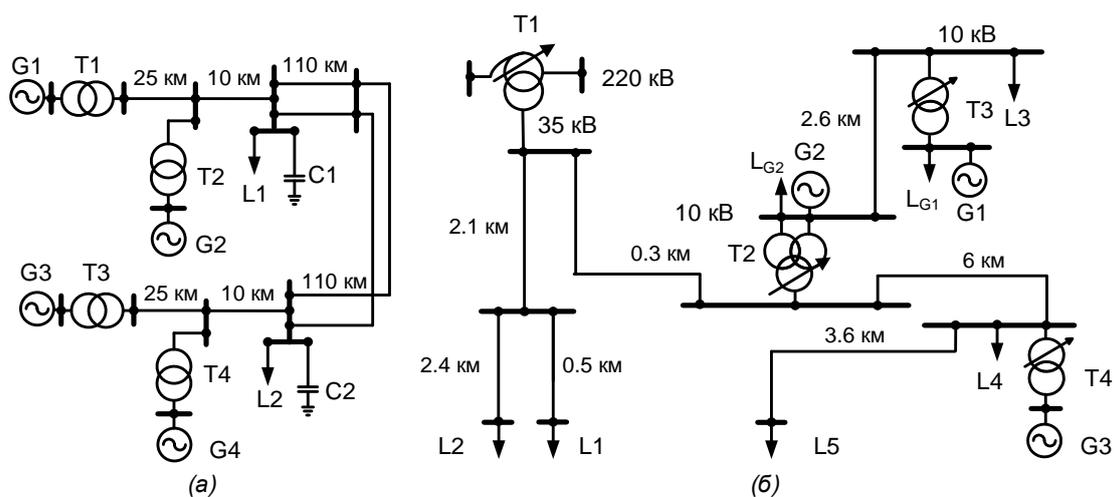


Рис. 1. Расчетные схемы: а – две энергосистемы соизмеримой мощности, б – сеть электроснабжения о. Русский

Результаты сравнения поведения субграмианов и собственных значений представлены на Рис. 2. Из рисунка следует, что поведение индикаторов степени устойчивости в зависимости от коэффициента утяжеления, равного отношению текущей мощности к номинальной, различны. Реакция субграмиана на появление условий неустойчивости проявляет себя на более ранней стадии возникновения в сравнении с собственным значением.

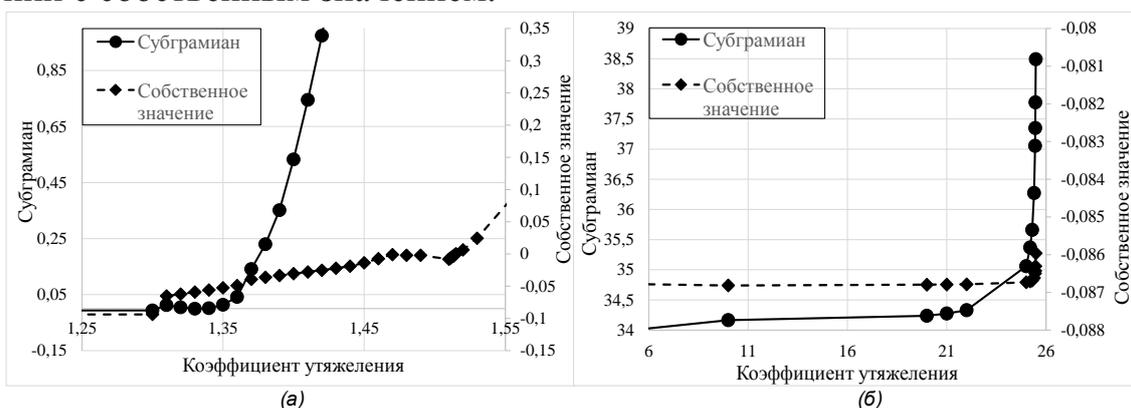


Рис. 2. Индикаторы степени тяжести режима: *а* – две энергосистемы соизмеримой мощности при увеличении $L1$, *б* – сеть электроснабжения о. Русский при увеличении $L3$

Заключение. Одним из возможных методов совершенствования модального анализа в энергосистемах следует признать метод субграмианов, разработанный в ИПУ РАН. Предварительное исследование эффективности этого метода на двух простейших расчетных схемах и сопоставление его с одним из традиционных методов оценки степени устойчивости энергосистемы свидетельствует об эффективности метода не только для больших энергообъединений, установленная мощность которых исчисляется сотнями мегаватт, но и для автономных энергосистем средней величины мощностью в десятки мегаватт. Практическая реализация этого метода могла бы позволить диспетчерскому персоналу оценивать приближение режима энергосистемы к пределу устойчивости на ранних стадиях изменения режимных параметров. Разумеется, для авторитетной оценки эффективности метода субграмианов аналогичные исследования должны быть проведены применительно к расчетным схемам сложных энергообъединений. На следующих этапах работы будет сопоставлена эффективность метода субграмианов с промышленными программными комплексами расчета установившихся режимов и определения пределов статической устойчивости больших электроэнергетических систем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Yadykin I.B., Iskakov A.B., Akhmetzyanov A.V. Stability analysis of large-scale dynamical systems by sub-Gramian approach. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 2014, 24, pp. 1361–1379.
2. Kundur P. *Power Systems Stability and Control*. McGraw-Hill, New York, USA, 1994.
3. О.И. Горте, Н.Г. Кирьянова, М.С. Хмелик и др. Остров Русский – экспериментальная площадка для исследования противоаварийной автоматики микроэнергосистем // Сборник докладов XXII научно-практической конференции «Релейная защита и автоматика энергосистем». - Москва, 2014. - С. 627-633.

Научный руководитель Н.Г. Кирьяновой и Г.А. Пранкевича – В.М. Зырянов, к.т.н., доцент НГТУ.

Научный руководитель Д.Е. Катаева – И.Б. Ядыкин, д.т.н., профессор ИПУ РАН.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Н.А. Волохов

Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС, группа 5А3А

Целью данной работы является создание модели процесса регулирования частоты и мощности в энергосистеме для использования в учебном процессе.

В качестве объекта моделирования принята энергосистема состоящая из двух частей, соединённых ЛЭП, каждая из которых представлена в виде эквивалентного агрегата турбина-генератор. Основой для моделирования процессов по частоте и активной мощности является уравнение движение ротора агрегата турбина генератор(1) и угловая характеристика мощности линии электропередачи(2) и (3)[1].

$$T \frac{d\omega_*}{dt} = P - P_{T1*} - P_{Г1*} \quad (1)$$

$$P_{ЛЭП} = P_m \sin \delta \quad (2)$$

$$\delta = \int (\omega_2 - \omega_1) dt + \delta_0 \quad (3)$$

Принято также, что турбины эквивалентных агрегатов снабжены первичными регуляторами частоты вращения (АРЧВ), а в одной из энергосистем имеется также вторичный регулятор частоты вращения. Модель формируется из функциональных блоков, каждый из которых соответствует передаточной функции отдельного элемента объекта. Эти передаточные функции имеют следующий вид.

Передаточная функция, отображающая движение ротора агрегата:

$$W_T = \frac{1}{T_j \cdot p} \quad (4)$$

Основным инерционным элементом АРЧВ является масляный привод регулирующих клапанов турбины охваченный жёсткой отрицательной обратной связью, и его передаточная функция[2]:

$$W_{МП} = \frac{1}{T_{МП} \cdot p + K_{OC}} \quad (5)$$

Вторичный регулятор частоты выполняется как система с интегральным законом регулирования.

В целом на рис.1 представлена структурная схема ЭС-1, в которой использован вторичный регулятор.

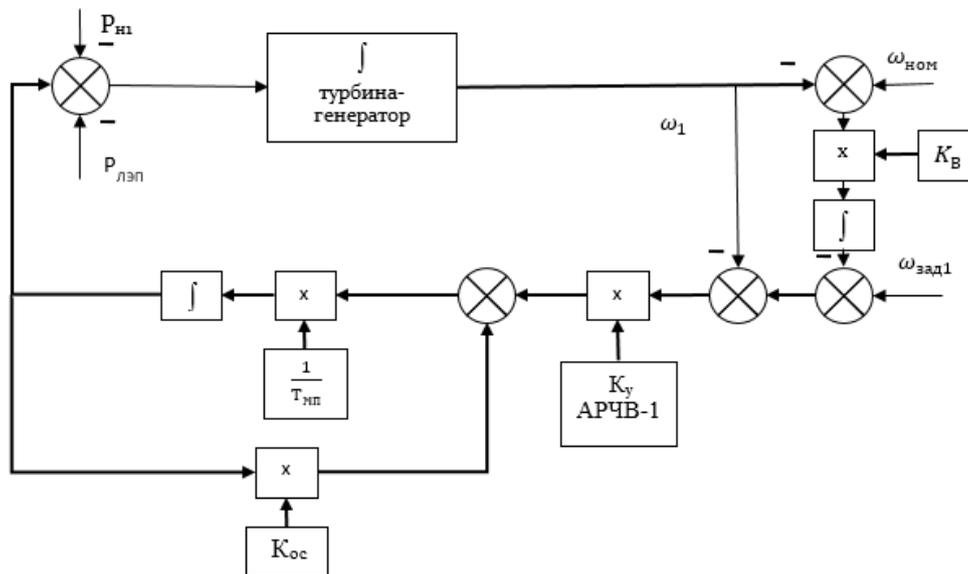


Рис. 1. Структурная схема ЭС со вторичным регулированием.

Баланс мощности в каждой части энергосистемы формируется с учётом мощности местной нагрузки и мощности, передаваемой по ЛЭП. С учётом этого, а также уравнений (2) и (3) структурная схема связи ЭС-1 и ЭС-2 представлена на рис.2.

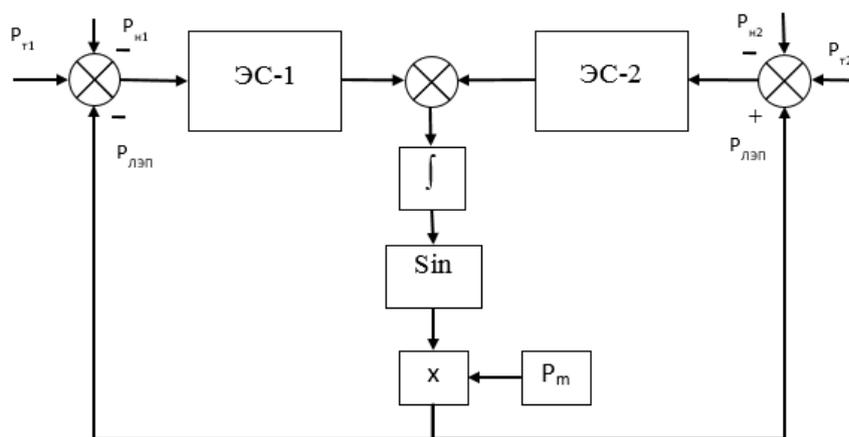


Рис. 2. Структурная схема работы двух ЭС.

Коэффициент усиления в цепи обратной связи АРЧВ принимается равным 20, в связи с этим характеристика регулирования имеет $K_{C1} = K_{C2} = 0,05$. Разработанная модель реализована в программе MatLab, с помощью данной модели мы можем проверить работу нашей системы на соответствие её работы с данными рассчитанными нами на основе теоретических моделей. При моделировании частота и мощность масштабированы в условных единицах(у.е.), при этом номинальным значением частоты является 10 у.е.

Для моделирования процесса, рассчитанного теоретически, в модели будем изменять мощность нагрузки скачком в ЭС-1 и в ЭС-2 от нулевого значения до $P_{H1} = 6$ и $P_{H2} = 12$. Процесс регулирования частоты в ЭС-1 и ЭС-2 при действии первичных регуляторов и вторичного регулятора в ЭС-1 иллюстрируется на рис.3.

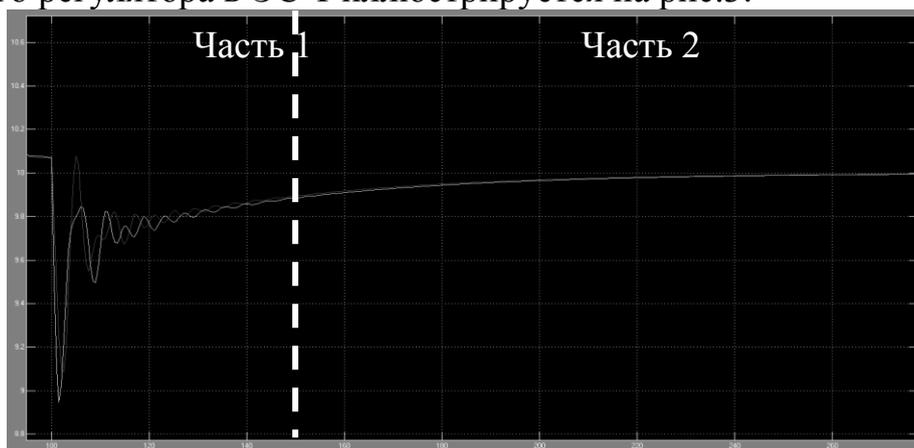


Рис. 3. Изменение частот в ЭС-1 и ЭС-2.

Как видно график можно условно разделить на 2 части: 1 часть — это время в которое работает в основном первичный регулятор, а в части 2 отчётливо видна работа вторичного регулятора. В результате мы получаем значение частоты в установившемся режиме 10, что со-

ответствует условно принятому заданному значению в условных единицах.

На рис.4 представлен график изменения мощностей турбин в ЭС-1 $P_{T1} = 13$, в ЭС-2 $P_{T2} = 5$, а также $P_{ЛЭП} = 7$.

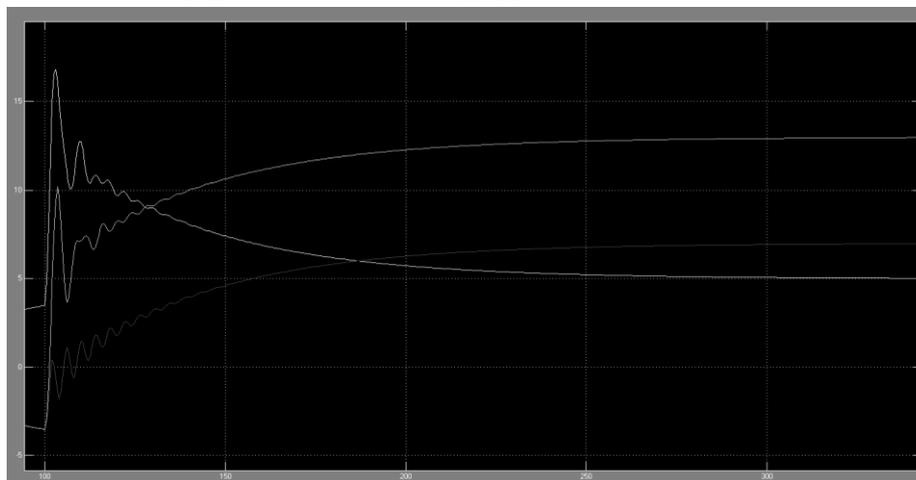


Рис. 4. Изменение мощности турбин ЭС-1, ЭС-2 и мощности передаваемой по линии.

На основе данного опыта можно сделать заключение, что ЛЭП, выполненная нами, полностью соответствует теоретической модели и полностью работоспособна, т.к. рассчитанные теоретически значения мощности совпадают с полученными экспериментально с помощью модели.

Можно также отметить, что модель ЛЭП отражает также такое важное явление, как нарушение статической устойчивости, если передаваемая по ЛЭП мощность превышает P_m , Что имеет место при следующем возмущении $P_{H1} = 6$ и $P_{H2} = 12$.



Рис. 5. Изменение мощности турбин ЭС-1, ЭС-2 и мощности передаваемой по линии.

Таким образом, нами создана энергосистема, состоящая из двух отдельных энергосистем, взаимодействие которых между собой осуществляется по линии электропередачи, как мы видим данная система в представленных режимах, полностью соответствует своим теоретическим свойствам. В дальнейшем предполагается развитие модели с учётом функции регулирования перетока мощности по ЛЭП.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергетических специальностей вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1985.
2. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. Л.: Энергия, 1969. 375с.

Научный руководитель: Р.А. Вайнштейн, д.т.н., профессор каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

РЕГУЛИРОВКА БАЛАНСА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ СОЛНЕЧНЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ С ИНВЕРТОРНЫМ ПРИСОЕДИНЕНИЕМ

А.О. Коротков, А.В. Семиков
Национальный технический университет
Харьковский политехнический институт

На сегодняшней день, планируется строительство значительного количества станций работающих на альтернативных источниках энергии. Это необходимо для уменьшения энергетической зависимости от традиционных источников энергии. [1].

Одним из основных источников «Зелёной энергии» на территории Украины являются фотоэлектрические станции (ФЭС) и ветроэлектрические станции (ВЭС). Но вырабатываемая мощность станции меняется в процессе работы что усложняет работу распределительной электрической сети (РЭС).

По этому, в Украинской энергетике становятся актуальными вопросы одновременной работы ФЭС и ВЭС с традиционными источниками энергии. Несмотря на то, что процент «нетрадиционной энергии» от всей выработки электроэнергии невелик, в узлах энергосисте-

мы, где построены ФЭС и ВЭС, возникают проблемы перетоков активной и реактивной мощности.

Поэтому, НКРЭКУ с учетом зарубежного опыта регламентирует в случае, когда мощность ФЭС и ВЭС с инверторным присоединением больше 150 кВт, принимать участие в регулировании баланса реактивной мощности, и этому вопросу посвящены несколько отечественных и зарубежных статей [2]

Для повышения эффективности регулирования напряжения в РЭС целесообразно смоделировать работу ФЭС и/или ВЭС с инверторным присоединением в одном из энергоузлов РЭС Украины, а также необходимо создать модель инвертора позволяющего независимо вырабатывать не только активную, но и реактивную мощность.

Распространены сетевые пассивные инверторы с реверсивным тиристорным преобразователем (РТП), или активные инверторы, работающий по схеме автономного инвертора напряжения (АИН). Обе эти схемы могут передавать выработанную солнечными панелями энергию в ОЭС Украины.

В работе рассматривается ФЭС мощностью 120 кВт, с АИН мощностью 150 кВА. Достоинством АИН, перед РТП, является возможность независимого регулирования активной и реактивной мощностей, гармонического состава тока потребляемого или генерируемого преобразователем. [3 – 4]

Для этого рассчитаны основные параметры АИН для узла РЭС до 1000 вольт и была синтезирована компьютерная модель ФЭС с АИН в библиотеке Simulink программы Matlab. Модель показанная на рис 1 учитывает полное сопротивление узла РЭС, широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) в АИН и LC-фильтр сглаживающий высшие гармоники вызванные ШИМ. [5]

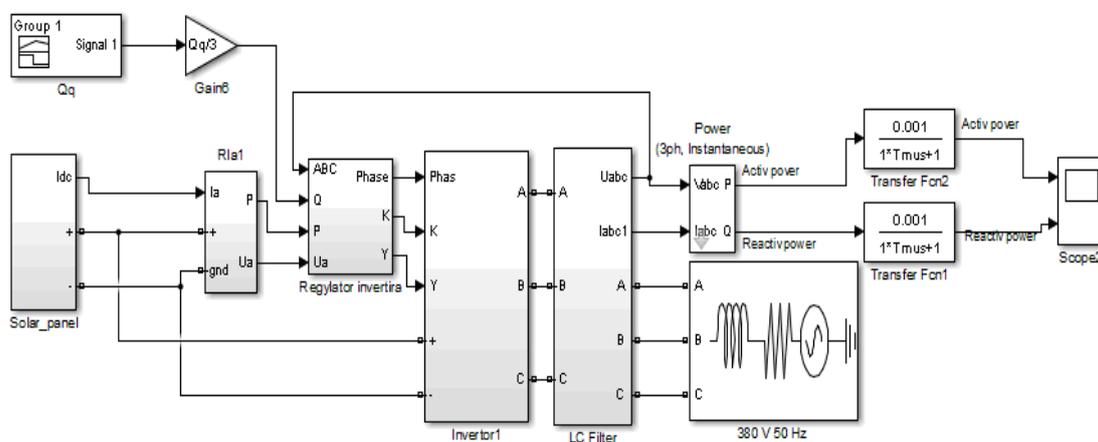


Рис. 1. Модель ФЭС с АИН в пакете Matlab

С целью проверки работоспособности синтезированной системы управления АИН и установления диапазона регулирования АИН на разработанной компьютерной модели ФЭС, было проведено два эксперимента:

- Определение пределов генерации реактивной мощности при отсутствии выработки электроэнергии.
- Работа инвертора в режиме выработки активной и компенсации требуемого количества реактивной мощности.

В первом эксперименте заданна активная мощность АИН равная нулю, соответствующая ночному режиму работы, а реактивная мощность повышалась ступенями по 10 квар от 0 до 100 квар, что имитировало выработку реактивной мощности по требованию оператора энергосистемы.

В ходе эксперимента получены временные зависимости активной и реактивной мощностей, которые показаны на рис 2. На них видно, что реактивная мощность отрабатывалась с ошибкой менее 4 квар, уменьшающейся при больших значениях, а потребляемая активная мощность составляла 3 кВт. Что является хорошим показателем для работы данной системы.

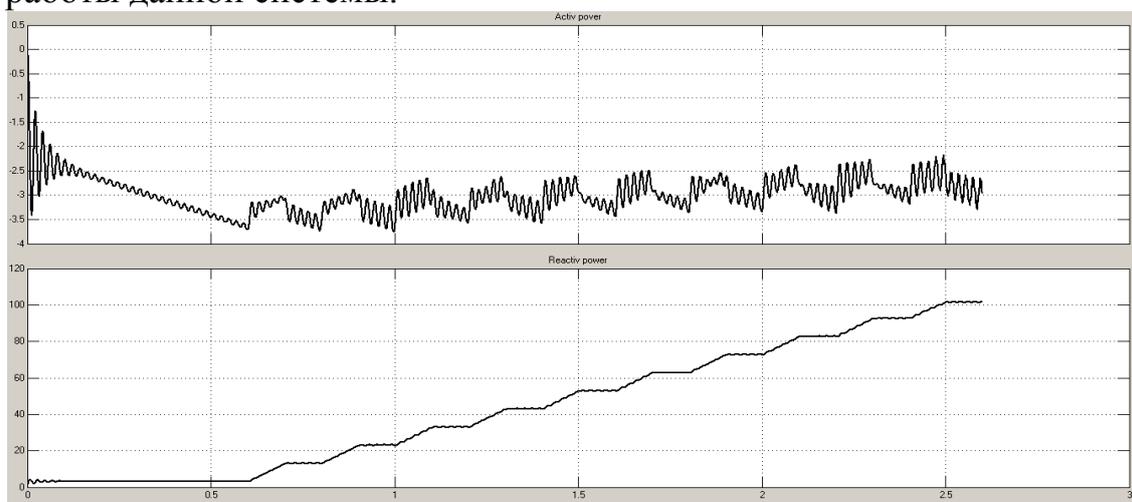


Рис 2. График потребления активной мощности при генерации заданного значения реактивной мощности.

Во втором эксперименте АИН генерировал максимальную активную мощность, составляющую 120 кВт, а реактивная мощность была заданна 120 квар.

В ходе эксперимента получены временные зависимости активной и реактивной мощностей, которые показаны на рис 3. На них видно, что реактивная мощность составила максимальное значение 105 квар для данного преобразователя, а активная мощность отработана с ошибкой в 1 кВт. Что является хорошим показателем для работы данной системы.

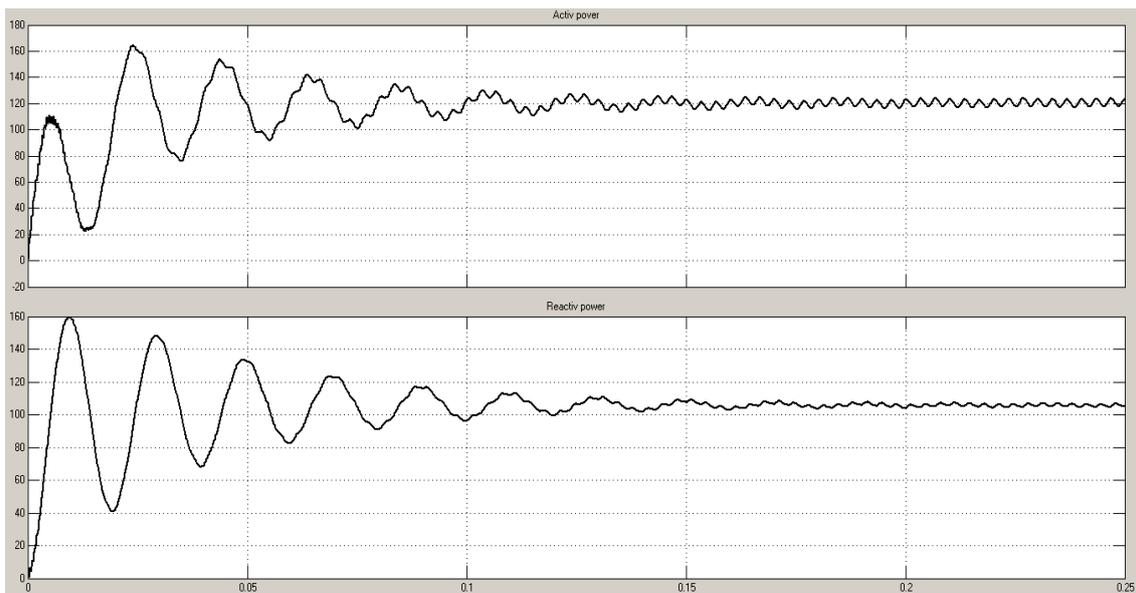


Рис 3. График изменения максимальной передаваемой активной и реактивной мощности при подключении ФЭС к энергосистеме.

Вывод:

Создана математическая модель, которая представляет ФЭС, и позволяет исследовать процессы этой электрической станции, связанные с генерацией активной мощности и компенсацией реактивной мощности.

Проведенные исследования на модели позволили определить диапазон вырабатываемой активной и реактивной мощности ФЭС.

Из графиков видно, что модель обрабатывает заданную временную зависимость реактивной мощности в узле РЭС без перерегулирования с достаточно высоким быстродействием, при этом полученные значения мощности соответствуют ожидаемым результатам.

Применение в качестве инвертора АИН позволяет регулировать реактивную мощность независимо от режимов работы ФЭС или ВЭС, что позволяет уменьшить потери в энергоузле РЭС в любое время суток.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гаевский А. Ю. Стабилизация напряжения в сети путем компенсации реактивной мощности инверторами ФЭС: А. Ю. Гаевский, И. Э. Голентус // Возобновляемая энергетика XXI столетия: XIV Международная научно-практическая конференция. – 2013. – С. 243 – 247.

2. Masoud Farivar Inverter VAR Control for Distribution Systems with Renewables / Masoud Farivar // Smart Grid Communications: IEEE International Conference. – 17-20 Oct., 2011. – P. 457 – 462.
3. Sansawatt T. Integrating distributed generation using decentralised voltage regulation / T. Sansawatt, L. F. Ochoa, G. P. Harrison // IEEE Power and Energy Society General Meeting. – 2010 – P. 1 – 6.
4. Turitsyn K. Local Control of Reactive Power by Distributed Photovoltaic Generators / K. Turitsyn, P. Sulc, S. Backhaus, M. Chertkov // Smart Grid Communications: First IEEE International Conference. – 2010. – P. 79 – 84.
5. Герман-Галкин С.Г., Компьютерное моделирование полупроводниковых систем Matlab 6.0 С.Г. Герман-Галкин Санкт-Петербург «Люмена» 2006 г С 100-150

Научный руководитель: Г.И. Мельников, к.т.н., доцент кафедры Харьковский политехнический институт.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

А.Р. Загретдинов, А.Е. Нагоркин
Казанский государственный энергетический университет

Предпосылкой контроля энергетического оборудования по виброакустическим параметрам является то, что вибросигнал контролируемого изделия содержит большое количество информации об его состоянии. Для эффективного использования виброакустического контроля необходимо, чтобы эта информация была должным образом извлечена из полученных вибросигналов.

Традиционно для обработки вибросигналов использовалось преобразование Фурье. В некоторых случаях для оценки состояния объекта контроля недостаточно одного только фурье-спектра. Это связано с тем, что преобразование Фурье дает представление о доле спектральных составляющих на всей протяженности сигнала, не раскрывая особенности их поведения во времени. Поэтому спектральный анализ реальных сигналов необходимо осуществлять как по частоте, так и по времени.

Во многих современных системах диагностики проблема частотно-временного преобразования сигналов решается применением вейвлет-анализа. Однако достоверность такого анализа во многом зависит от выбора базисной функции, с помощью которой происходит

преобразование сигнала. В связи с этим возникает проблема формирования адаптивного базиса частотно-временного преобразования, функционально зависящего от содержания самих виброакустических сигналов.

Решить проблему повышения достоверности анализа виброакустических сигналов представляется возможным с применением частотно-временного анализа Гильберта-Хуанга, не требующего априорного функционального базиса преобразования [3]. Здесь функции базиса получаются адаптивно непосредственно из самих сигналов процедурами отсеивания «эмпирических мод» или «внутренних колебаний» (IMF).

Данная процедура реализует следующий алгоритм действий [1-3].

1. В сигнале $y(k)$ определяется положение всех локальных экстремумов.
2. Кубическим сплайном вычисляется верхняя $u_t(k)$ и нижняя $u_b(k)$ огибающие процесса соответственно. Определяется функция средних значений $m_1(k)$ между огибающими.

$$m_1(k) = \frac{u_t(k) + u_b(k)}{2} \quad (1)$$

Разность между сигналом $y(k)$ и функцией $m_1(k)$ дает первую компоненту отсеивания – функцию $h_1(k)$, которая является первым приближением к первой функции IMF:

$$h_1(k) = y(k) - m_1(k) \quad (2)$$

3. Повторяются операции 1 и 2, принимая вместо $y(k)$ функцию $h_1(k)$, и находится второе приближение к первой функции IMF – функция $h_2(k)$.

$$h_2(k) = h_1(k) - m_2(k) \quad (3)$$

Останов итераций может осуществляться по заданному значению нормализованной квадратичной разности.

4. Последнее значение $h_i(k)$ итераций принимается за наиболее высокочастотную функцию $c_1(k) = h_i(k)$ семейства IMF, которая непосредственно входит в состав исходного сигнала $y(k)$. Это позволяет вычесть $c_1(k)$ из состава сигнала и оставить в нем более низкочастотные составляющие:

$$r_1(k) = y(k) - c_1(k) \quad (4)$$

Функция $r_1(k)$ обрабатывается как новые данные по аналогичной методике с нахождением второй функции IMF – $c_2(k)$, после чего процесс продолжается.

Таким образом, достигается декомпозиция сигнала в n -эмпирическом приближении:

$$y(k) = \sum_{i=1}^n c_i(k) + r_n(k) \quad (5)$$

5. Выполняется преобразования Гильберта на каждой компоненте IMF. Это преобразование позволяет выделить такие признаки, характеризующие сигнал, как мгновенные частоты и амплитуды каждой моды.

Таким образом, предложенный частотно-временной анализ не требует априорно заданного функционального базиса преобразования, что позволяет более эффективно выявить внутренние особенности виброакустических сигналов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Павлов А.Н., Филатова А.Е. и др. Анализ и диагностика многокомпонентных сигналов сейсмограмм с использованием преобразования Гильберта-Хуанга // Вестник ТГУ, т.17, вып. 4, 2012. - С. 1122-1124
2. Сафиуллин Н.Т. Разработка методики анализа временных рядов с помощью преобразования Хуанга-Гильберта: Кандидатская диссертация / Новосибирск, 2015. – 193 с.
3. Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen. The Hilbert-Huang transform and its applications // World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005. -325 p.

Научный руководитель: А.Р. Загретдинов, к.т.н., ст. преподаватель, Казанский государственный энергетический университет.

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ОСЦИЛЛОГРАММ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С ЦЕЛЬЮ ЕГО ДИАГНОСТИКИ

А.А. Будько¹, О.В. Васильева², А.В. Лавринович³

^{1,2}Томский политехнический университет

ЭНИН, ЭСиЭ, ¹группа 5А2Г

³Институт сильноточной электроники СО РАН

Аннотация

В работе рассматривается алгоритм цифровой обработки осциллограмм силового трансформатора, позволяющий оперативно исследовать состояние его обмоток с учетом различного вида и степени по-

вреждений. Исследование осуществлялось в средах MathCAD с помощью дискретного преобразования Фурье и Lab View с помощью разработанной программы. Эффективность разработанного алгоритма продемонстрирована на примере осциллограмм «здорового» и дефектного трансформаторов при обследовании их методом наносекундных импульсов.

Введение

Среди причин дефектов обмоток силового трансформатора основной является электродинамическое воздействие токов короткого замыкания, приводящее к смещению витков в обмотках [1]. При различной степени деформаций изменяются емкости и порой индуктивности деформированных элементов. Следствием этого служит отклонение собственных частот колебаний, приводящих к изменению в осциллограммах импульсных токов и напряжений [2]. По этой причине разработка алгоритма обработки данных силового трансформатора с целью его диагностики – актуальная задача.

Методика

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма обработки осциллограмм силового трансформатора. Исходные данные, снятые с силового трансформатора, загружаются и обрабатываются с помощью программного продукта Microsoft Excel. Затем отфильтрованные значения исходных данных приводятся в графическую форму посредством программной среды Lab View. На конечном этапе, графическое изображение проходит ряд математических преобразований в системе MathCad. В результате всех вышеперечисленных операций, на выходе получаем относительное отклонение спектров амплитуд.

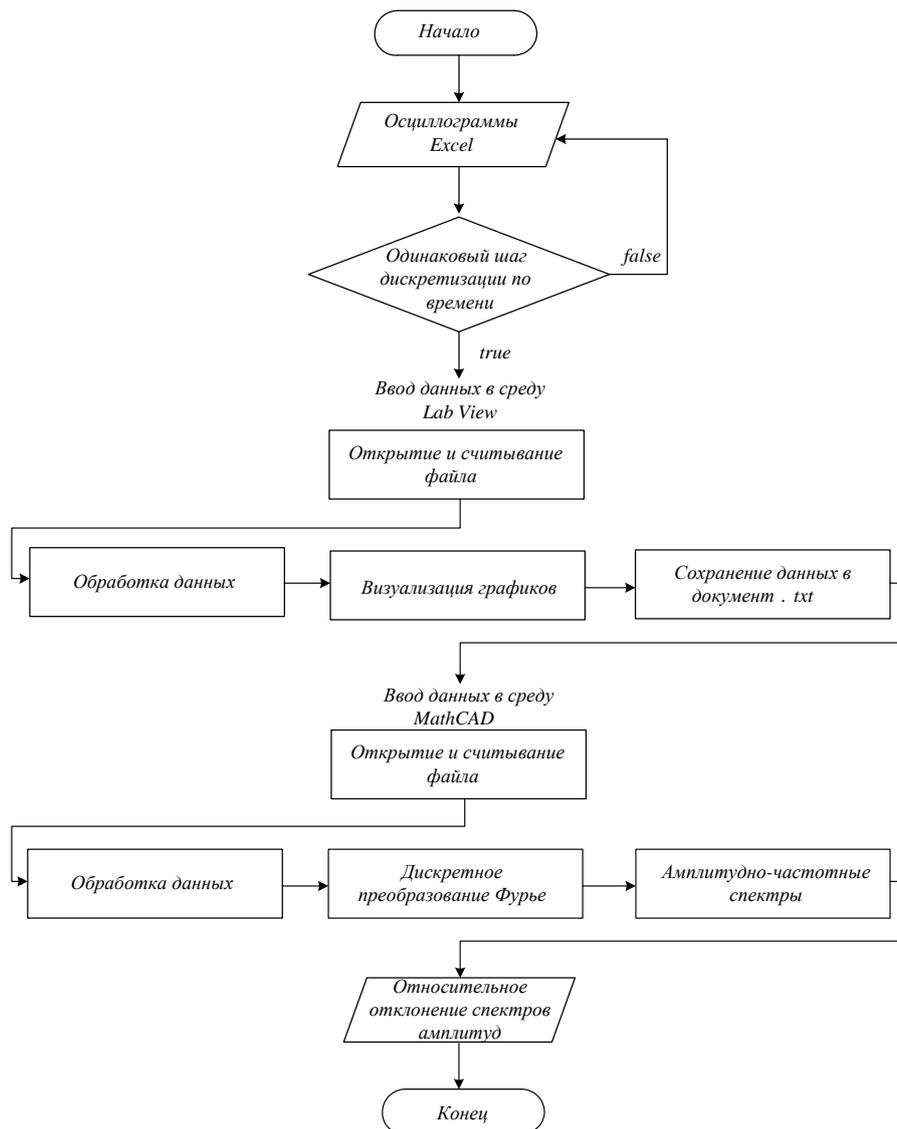


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обработки осциллограмм
Экспериментальная часть.

На рисунке 2 представлена визуализация импульсов в среде Lab View.

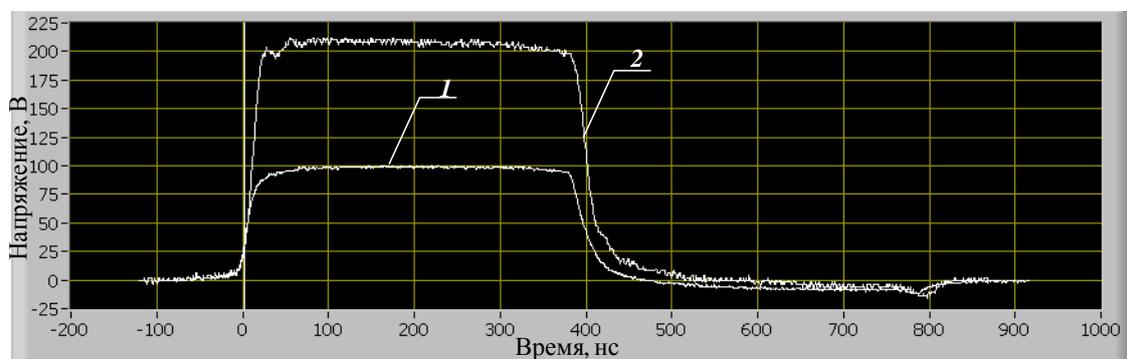


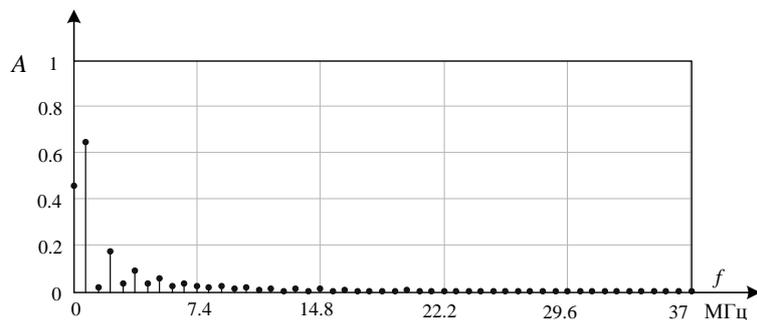
Рис. 2. Визуализация импульсов

В качестве осциллограммы 1 (рис.2) приведено напряжение при подключении на выходе генератора $R=50$ Ом на «здоровом» трансформаторе, в качестве осциллограммы 2 (рис.2) – дефектный трансформатор с коротким замыканием (КЗ) шести витков (отпайки 01-02-03).

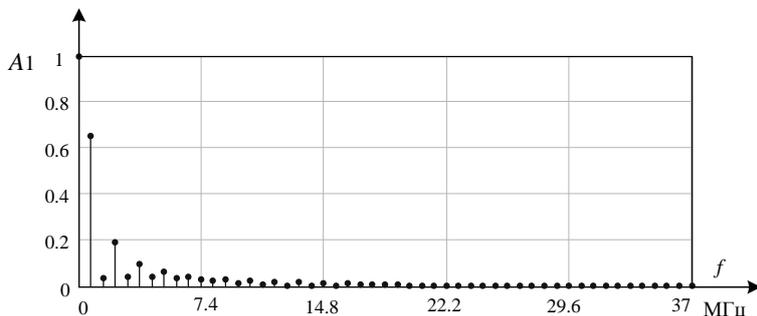
Посредством стандартной программы MathCAD импульс раскладывался на составляющие (рис.3) ряда Фурье F [3]:

$$F=FFT(U), \quad (1)$$

где U – мгновенное значение напряжения на согласованной нагрузке на выходе генератора.



а



б

Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики: а) «здоровый» трансформатор; б) дефектный трансформатор с КЗ

Наглядно амплитудно-частотные характеристики не сильно отличаются друг от друга. Вследствие чего, нами предложено, используя (1), сопоставлять друг с другом спектры амплитуд импульсов в форме относительного отклонения спектров (2).

Относительное отклонение спектров амплитуд импульсов ΔA_j в относительных единицах (о. е.):

$$\Delta A_j = \frac{A_j}{A_{1j}}, \quad (2)$$

где A_j и A_{1j} – спектры амплитуд «здорового» и дефектного трансформаторов соответственно.

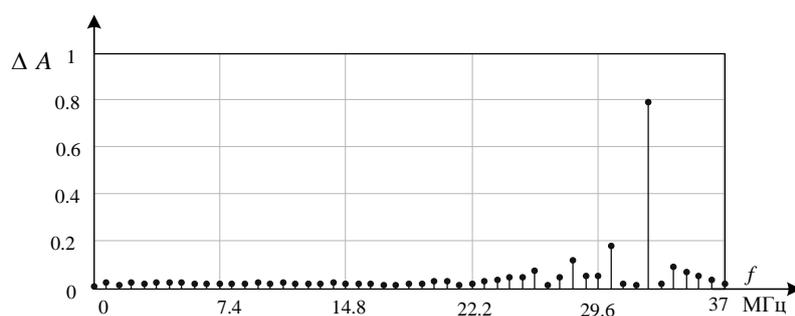


Рис. 4. Результат сравнения осциллограмм в виде относительного отклонения спектров амплитуд

Из рисунка 4 можно сделать вывод о преобладании высокочастотных составляющих, что наглядно демонстрирует пик до 0,8 в о.е. Данный факт говорит о явных повреждениях в обмотках трансформатора, в частности КЗ между витками, что в системе наблюдается резонанс.

Выводы.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет существенно увеличить скорость считывания и сравнения осциллограмм при мониторинге трансформаторов методом наносекундных импульсов. Представлена визуализация осциллограмм и методика, которая позволяет производить сравнение сигналов с помощью математического представления в ряд Фурье и соотношения в относительных величинах спектров начальных импульсов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Введенский Ю.В. Тиратронный генератор наносекундных импульсов с универсальным выходом // Известия вузов СССР. Радиотехника. – 1959. – №2. – С. 249–251.
2. Lavrinovich V.A., Lavrinovich A.V., Mytnikov A.V. Development of advanced control state technology of transformer and electric motor windings based on pulsed method // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering. – Dec. 2012, Is. 13, V. 4, № 4. – P. 149–153.
3. Vasiljeva O.V. , Budko A.A. , Lavrinovich A.V. , Filkov A.I. Study of nanosecond pulse switches for low voltage generator for diagnosis of power transformers // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems: Proceedings of International Conference. – Oct. 16–18, 2014. – Tomsk: TPU Publishing House, 2014. – P. 1–4.

Научный руководитель: О.В. Васильева, к.т.н., доцент каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ГРАФИКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ВЫРАБОТКИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

А.Г. Васьков, Г.В. Дерюгина, М.Г. Тягунов, Д.А. Чернов
Московский энергетический университет

Введение

Одним из существенных факторов развития распределенных энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) является определение взаимного влияния параметров различных генерирующих, передающих и потребляющих энергоустановок на режим локальной энергетической системы (энергоузла). Важным показателем, необходимым для оценки эффективности ветродизельного комплекса (ВДК), является величина замещения выработки энергии ДЭУ выработкой ВЭС. Для получения количественных оценок влияния различных параметров ветро- и дизель-генераторных энергоустановок на показатели эффективности их работы в локальных энергосистемах было проведено исследование взаимного влияния графиков потребления электроэнергии и выработки ветродизельного энергокомплекса на экономию дизельного топлива.

Исследование взаимного влияния графиков потребления и выработки ВЭС

Расчет эффективности ВДК проведен на основе разработанной математической модели ГЭК.

При разработке математической модели ВДК использованы следующие данные:

- Осреднённые за 10 минут значения выработки ВЭС;
- Осреднённые за 10 минут значения выработки электрической и тепловой энергии в рассматриваемом населенном пункте;
- Основные характеристики ДЭУ: количество, мощность, допустимая минимальная нагрузка, зависимость между электрической и тепловой мощностью;
- Потери на регулирование реактивной мощности (в размере 4% от рабочей мощности ВЭС).

В основе расчета лежит баланс активной мощности локальной энергосистемы в каждом 10-минутном интервале за год.

Результатами расчета являются: выработка ДЭУ; выработка ВЭУ; отдача ВЭУ по электроэнергии; отдача ДЭУ по электроэнергии; отдача ВЭУ по теплу; отдача ДЭУ по теплу; свободная энергия от ВЭУ.

Расчётная модель построена по данным проектируемого ВДК на о. Попова. В настоящее время электроснабжение осуществляется от ДЭС, в состав которой входят 3 дизельных генератора (ДГ) общей мощностью 1,7 МВт. На примере 6 моделей ВЭУ с количеством $n_{ВЭУ}$ от 2 до 700 шт (параметры ВЭУ приведены в табл.1) проводится оценка эффекта замещения гарантирующих ДЭС.

Табл. 1. Параметры проектируемых ВЭУ

Параметр	KWT33-300	Vergnet GEV MPC 30-275	Vergnet GEV MPR 30-275	Vestas V27	GHRewer FD21-100	Vestas V29
Номинальная мощность, кВт	300	275	275	225	100	225
Диаметр ротора, м	33	30	30	27	21,5	29
Высота башни, м	41,5	55	32	30	37	31,5
Среднегодовая скорость ветра на высоте башни, м/с	6,4	6,7	6,1	6	6	6,1
Количество ВЭУ	2÷200	2÷300	2÷350	2÷200	2÷700	2÷200

Выработка ВЭС получена с использованием программного комплекса WindPro по 10-ти минутным рядам осредненных значений скорости ветра в период с мая 2009 г. по май 2010 г. для всех вариантов ВЭУ на 2-х площадках с учетом их отключения при низкой температуре.

На рисунках 1 и 2 приведены величины замещения выработки ДЭУ и избыточной (свободной) выработки ВЭУ всех рассмотренных вариантов ВЭУ.

Для всех вариантов ВЭУ замещение выработки ДЭУ не превышает (48,2 - 57,3)%. Это объясняется тем, что величина замещения электроэнергии ВЭС определяется: энергетической характеристикой ВЭУ, формой графика потребления и согласованностью графиков электропотребления и поступления ветрового ресурса.

Для $T_{сут}$, когда выполняется условие $P_{ген i}^{ВЭС} < P_{потреб i}$, i - 10-минутный интервал времени, частота $P(T_{сут})$ в интервале времени $\Delta t_{сут j}$:

$$P(\Delta t_{сут i}) = m_i / (n + 1), \quad (1)$$

где m_j , о.е.– число значений величины $T_{сут}$, попадающих в интервал $\Delta t_{сут j}$; n , о.е. – $T_{сут}$ за рассматриваемый период времени (365).

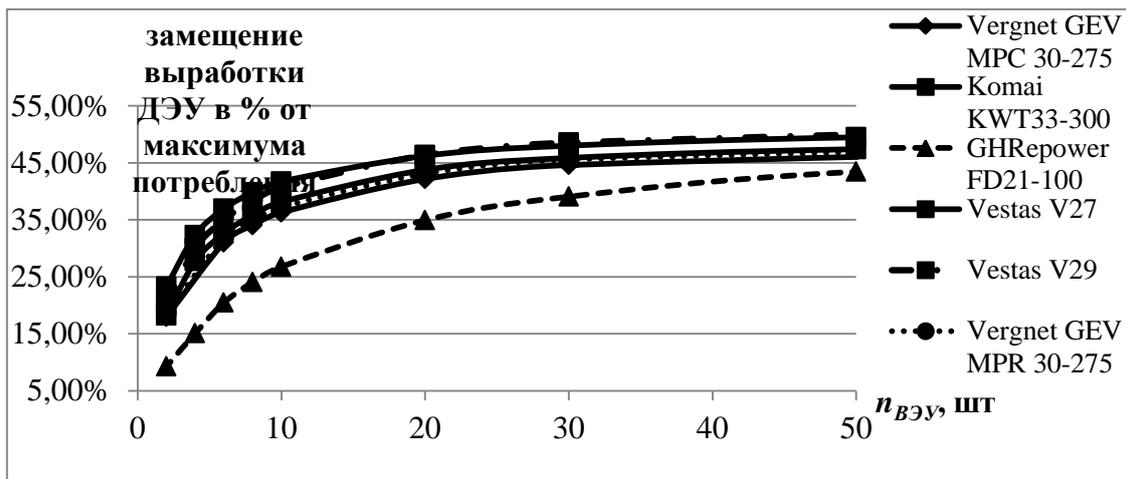


Рис. 3. Замещение выработки ДЭС, % от годового потребления

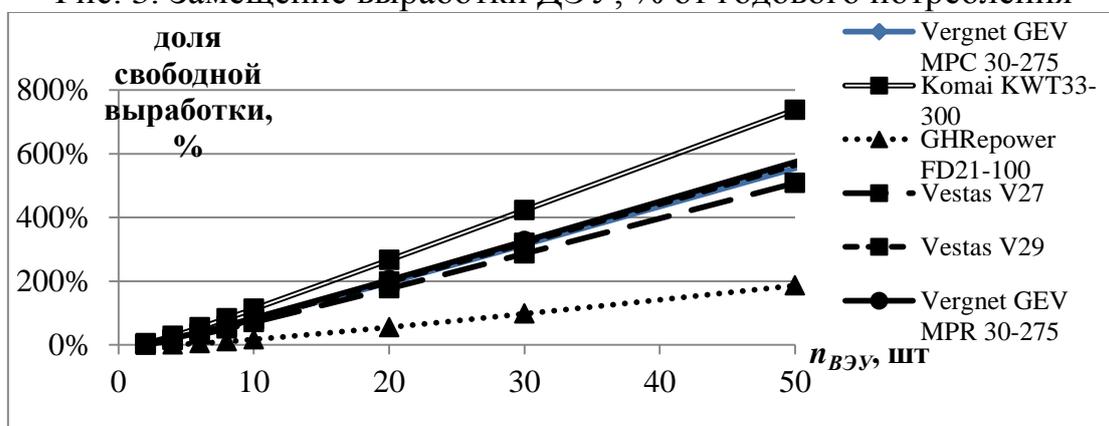


Рис. 2. Свободная выработка ВЭС, % от годового потребления электроэнергии

Анализ результатов расчета показал:

- гарантия выдачи мощности ВЭС в зависимости от состава оборудования ВДК составляет менее 5%;
- внутрисуточная неравномерность мощности ВЭУ предполагает неоднократные переключения режимов работы ДЭС, что требует учёта особенностей оборудования ДЭС;
- при небольшой установленной мощности ВЭС ДЭС работает практически безостановочно.
- при увеличении числа ВЭУ $n_{ВЭУ}$ (установленной мощности ВЭС) доля замещения ДЭС увеличивается и приближается к 50% максимума потребления, а свободная энергия увеличивается прямо пропорционально числу ВЭУ $n_{ВЭУ}$. Таким образом можно говорить об оптимальном числе ВЭУ $n_{ВЭУ}$, при котором эффект замещения ДЭС компенсируется увеличением их свободной выработки.

Выводы:

Величина установленной мощности ВЭС и число входящих в её состав ВЭУ определяют режим работы ДЭС, при этом замещение выработки ДЭС при неограниченном росте установленной мощности ВЭУ не превышает 50% максимума потребления.

Гарантия выдачи мощности ВЭС в зависимости от состава оборудования ВДК составляет менее 5%. Внутрисуточная неравномерность выдачи мощности ВЭУ предполагает неоднократные переключения режимов работы ДЭС, что требует учёта особенностей оборудования ДЭС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Свидетельство о гос. регистрации базы данных №2012620870. Специализированная база данных «Вертикальный профиль ветра» / Васьков А.Г., Дерюгина Г.В., Тягунов М.Г., Чернов Д.А.
2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2012620870. Специализированная база данных «Современное ветроэнергетическое оборудование» / Дерюгина Г.В., Мельник Н.А., Пугачев Р.В.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» - №2013620783; опубли. 03.07.2013.
3. Дерюгина Г.В., Малинин Н.К., Пугачев Р.В., Шестопалова Т.А. Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета: учебное пособие / – М.: Издательство МЭИ, 2012 г.

Научные руководители: М.Г. Тягунов, д.т.н., профессор кафедры ГВИЭ НИУ «МЭИ»; Г.В. Дерюгина, старший преподаватель кафедры ГВИЭ НИУ «МЭИ».

РАБОТА РЕГУЛИРУЕМОГО СИММЕТРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ИНДУКТИВНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕГИИ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКЕ

С.А. Сидоров, Л.Э. Рогинская

Уфимский государственный авиационный технический университет

При включении в трехфазную сеть мощных однофазных нагрузок появляется несимметрия токов и напряжений [1]. При этом ухудшается качество электроэнергии и увеличиваются потери энергии [2].

Часто такие несимметричные нагрузки имеют переменный характер, так как во многих технологических процессах мощность нагрузки меняется ступенчато [3]. На рисунке 1 представлена блок-схема, отражающая принципиальную конструкцию регулируемого симметрирующего устройства с индуктивным накопителем энергии, где 1 – трёхфазная сеть с однофазной переменной нагрузкой; 2 – трехфазный силовой трансформатор TV2; 3 – блок силовых транзисторов; 4 – дроссель с постоянной индуктивностью; 5 – трехфазный силовой трансформатор TV1; 6 – блок анализа трёхфазной сети; 7 – блок управления переключением транзисторов. Блоки 6 и 7 могут быть объединены в один – блок управления транзисторами 8, при реализации функций этих блоков на микроконтроллере [4].

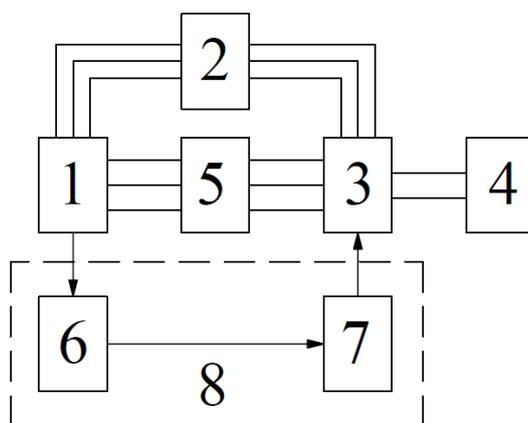


Рис. 1. Блок-схема, отражающая принципиальную конструкцию регулируемого симметрирующего устройства с индуктивным накопителем энергии

На рисунке 2 представлены осциллограммы с блока анализа трёхфазной сети 6 на рисунке 1, полученные при имитационном моделировании работы регулируемого симметрирующего устройства с индуктивным накопителем энергии и показывающие изменение во времени тока и напряжения на трех ступенях однофазной переменной нагрузки.

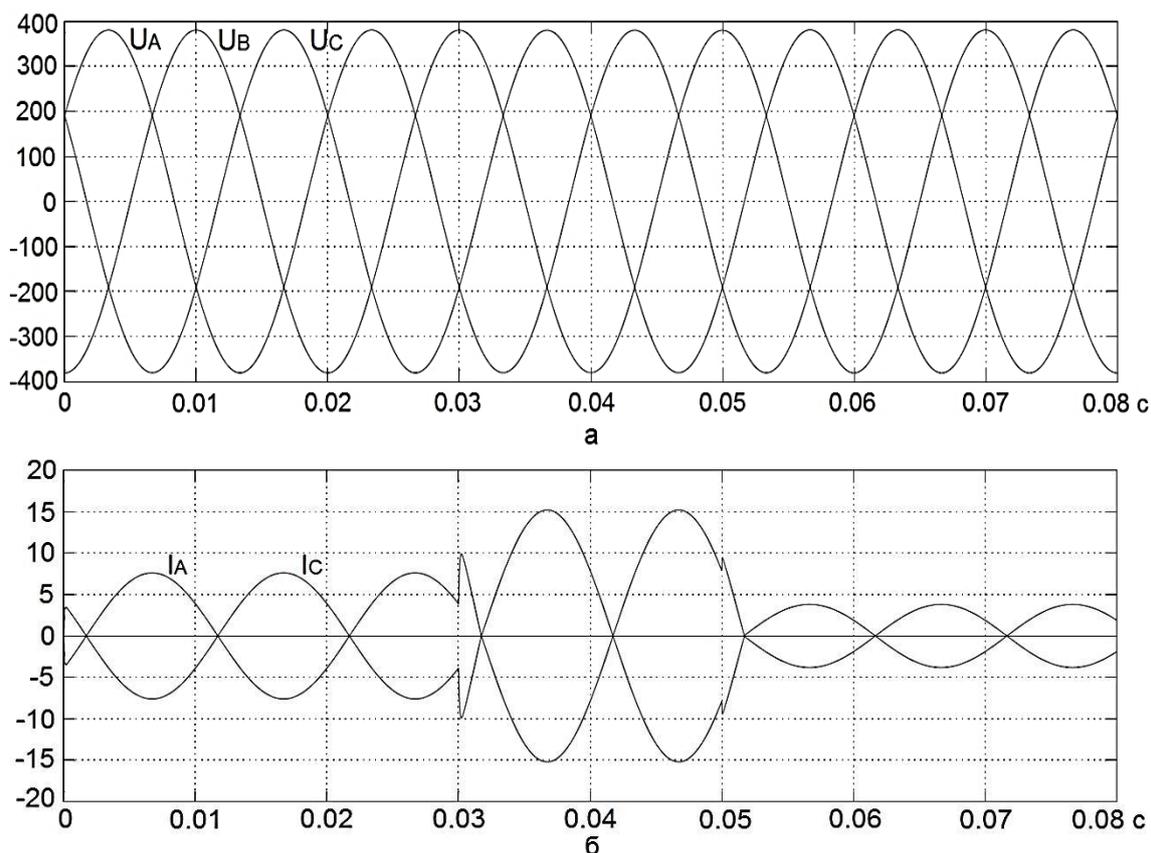


Рис. 2. Осциллограммы напряжения (а) и тока (б) в сети при однофазной переменной нагрузке

Первоначально включается первая ступень однофазной нагрузки с активным сопротивлением $R_1 = 50$ Ом и индуктивным сопротивлением $L_1 = 2$ мГн. Далее в момент времени 0,03 с. первая ступень однофазной нагрузки отключается и включается вторая ступень однофазной нагрузки с активным сопротивлением $R_2 = 25$ Ом и индуктивным сопротивлением $L_2 = 1$ мГн. В момент времени 0,05 с вторая ступень нагрузки отключается и происходит включение третьей ступени однофазной нагрузки с активным сопротивлением $R_2 = 100$ Ом и индуктивным сопротивлением $L_2 = 4$ мГн которая работает до момента времени 0,08 с.

Блок анализа трёхфазной сети 6 на рисунке 1 производит измерение токов нагрузки, далее передает измерения в блок управления переключением транзисторов 7, который рассчитывает токи обратной последовательности и вырабатывает управляющие воздействия на блок силовых транзисторов 3 [5]. Блок силовых транзисторов 3 через трехфазный силовой трансформатор генерирует в сеть ток обратной последовательности с фазой противоположенной текущей и таким образом устраняет несимметрию. На рисунке 3 представлены осциллограммы с блока анализа трёхфазной сети 6 на рисунке 1 показываю-

щие изменение во времени тока и напряжения в сети после симметрирования.

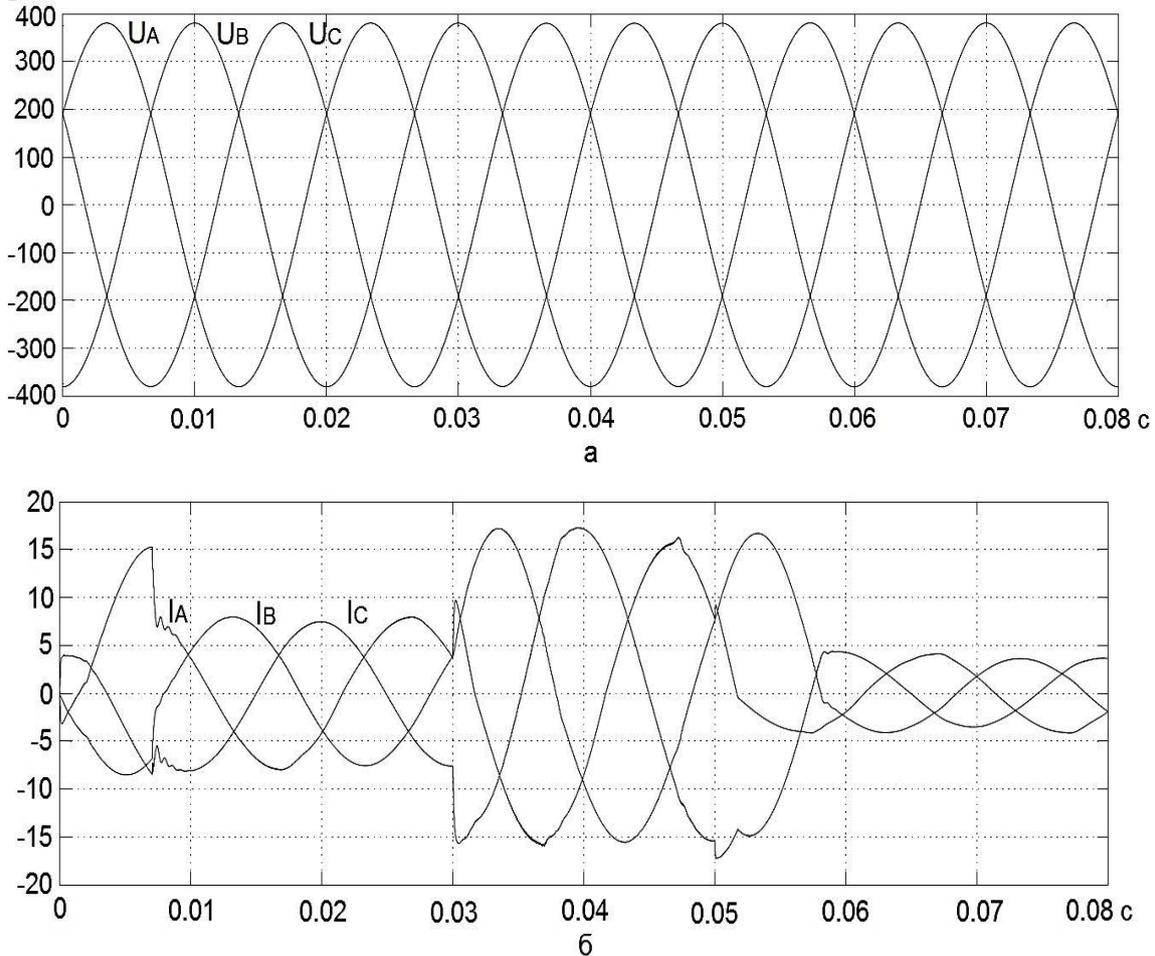


Рис. 3. Осциллограммы напряжения (а) и тока (б) в сети после симметрирования

Как видно из осциллограмм, до симметрирования ток в фазе В отсутствовал, при включении устройства до момента времени 8 мс. длится переходный процесс, после чего амплитуды фазных токов выравниваются – токи сети симметрируются, далее при снижении нагрузки переходной процесс протекает намного быстрее – 3 мс., при повышении нагрузки переходной процесс длится 9 мс. Полученные результаты имитационного моделирования работы регулируемого симметрирующего устройства с индуктивным накопителем энергии говорят об адекватности разработанной принципиальной схемы регулируемого симметрирующего устройства с индуктивным накопителем энергии и способа управления им.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 54149—2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - М.: Стандартиформ, 2012.
2. Церазов А.Л., Якименко Н.И. Исследование влияний несимметрии и несинусоидальности напряжения на работу асинхронных двигателей. - М.: Госэнергоиздат, 1963. - 120 с.
3. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 208 с.
4. Сидоров С.А., Рогинская Л.Э. Система симметрирования электромагнитных параметров при однофазной переменной нагрузке с помощью индуктивного накопителя // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана Серия «Приборостроение»: сб. науч. ст. - Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. №4, - С. 96-105.
5. Сидоров С.А., Рогинская Л.Э. Способ получения управляющих сигналов для симметрирующего устройства на основе токов обратной последовательности // Современные проблемы науки и образования. - 2015. №1; URL: <http://www.science-education.ru/125-19767> (дата обращения: 17.06.2015).

Научный руководитель: Л.Э. Рогинская, д.т.н., профессор, Уфимского государственного авиационного технического университета.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТИ-АГЕНТОВ

Я.В. Макаров

Самарский государственный технический университет

Современные тенденции развития электроэнергетической отрасли сопряжены в первую очередь с заменой изношенного электроэнергетического оборудования, а также с развитием и внедрением нового, более экономичного, экологически чистого и мощного оборудования.

Однако модернизация лишь технической части энергетической системы не решит всех проблем, без соответствующей гибкой системы управления все это оборудование будет функционировать в ограниченных пределах, весь его потенциал будет не полностью реализован.

Поэтому важную роль следует отметить и в решении задачи модернизации существующей системы управления комплексом имеющегося и вновь вводимого энергетического оборудования. Данную задачу можно возложить на системы в основе которых лежит мульти-агентный принцип организации.

Подобные системы уже нашли применение в других сферах, где получены положительные результаты, например, для моделирования поведения взаимодействия между поставщиками и потребителями электроэнергии на рынке электроэнергии.

Принцип лежащий в основе мульти-агентных систем (МАС) основан на выделении каждому воздействующему компоненту своего собственного агента. При этом агент не является пассивной частью системы, наоборот он обладает интеллектом. Он стремится к удовлетворению собственных целей и способен к оценке своего текущего состояния, а также своего окружения.



Рис. 1. Взаимодействие агентов с их окружением

Одной из основных возможностей агента является способность к коммуникации с себе подобными (агентами), путем создания и передачи сообщений [1]. Здесь заложен основной принцип поиска решения для таких систем: решение находится всеми или большинством агентов, путем взаимодействия и удовлетворении определенных условий, которые заложены в агентах. Например, если агент делает запрос о возможности электроснабжения потребителя в определенном объеме, то получающий это сообщение агент проверяет возможно ли удовлетворить этот запрос и если в результате получается отрицательный ответ, тогда этот ответ передается агенту, сделавшему этот запрос, а последний будет проверять другие возможные пути получения нужного количества электроэнергии. При этом последний агент может производить несколько запросов одновременно в случае наличия нескольких путей электроснабжения или нескольких источников [2]. Таким образом, достигается еще один существенный выигрыш МАС по сравнению с обычными системами: возможность распараллеливания процессов определения искомого решения и следовательно сокраще-

ние времени вычисления, тогда как в обычных системах производится последовательный перебор возможных решений.

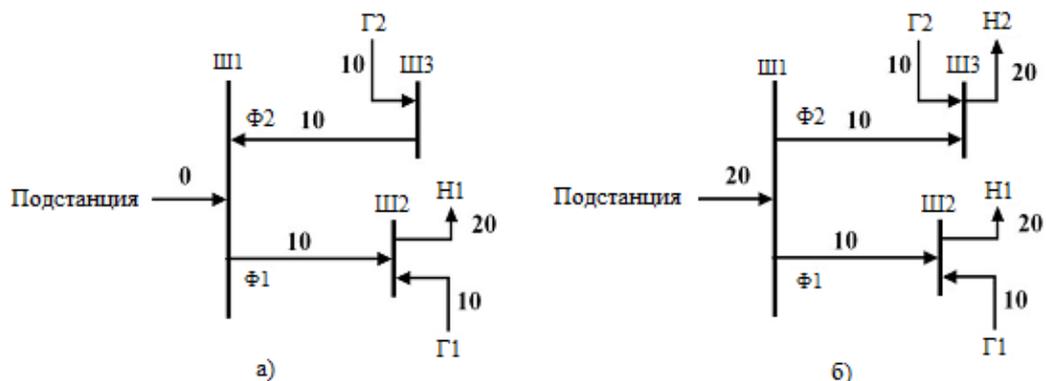


Рис. 2. Изменение перетоков в распределительной сети при добавлении нагрузки: Ш – шина, Ф – фидер, Н – нагрузка, Г – источник распределенной генерации

Поскольку агент может решать лишь некоторые простые задачи, можно существенно сократить параметры вычислительной мощности, однако распределенность агентов по системе определяет и наличие распределенных вычислительных систем, а также обеспечение взаимосвязи между различными системами.

При рассмотрении электроэнергетических систем возможны различные варианты применения агентов, например, контроль параметров напряжения на шинах потребителей [3]. Как известно одним из параметров является отклонение напряжения от номинального. Для удовлетворения этого параметра возможно использование различных мер, таких как регулирование значения потребляемой реактивной мощности (при помощи батарей статических конденсаторов и их количества), изменение значения отпаек на силовом трансформаторе или перераспределение загрузки между ближайшими источниками электроэнергии [4]. Любой из отмеченных способов требует от агентов проведения соответствующих расчетов и учета местных условий каждого из агентов, и только после этого принятия решения о том какой из вариантов будет принят за приемлемый.

Таким образом, можно отметить, что МАС являются одними из наиболее прогрессивных технологий, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с применяемыми в настоящее время. Использование МАС в энергетике пока, что не так широко распространено, однако разработка и реализация подобных систем является очень перспективным направлением.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю.П. Кубарьков, А.Ю. Рыгалов, Я.В. Макаров. Специфика взаимодействия агентов при разработке архитектуры мультиагентных систем // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Технические науки. 27-35с.
2. Ю.П. Кубарьков, К.А. Голубева, Я.В. Макаров. Оптимизация уровней напряжения в сети с распределенной генерацией // Вторая международная научно-практическая конференция "Инновационные технологии в энергетике". 30 ноября 2014 года. - Пенза: Приволжский Дом знаний. - С. 76-79.
3. Ю.П. Кубарьков, И.Д. Кубарьков, Я.В. Макаров. Использование мультиагентов для управления активно-адаптивными электрическими сетями // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. Новочеркасск: Изд-во НПИ, 2014. - С. 98-102.
4. Кубарьков Ю.П., Я.В. Макаров. Управление электроэнергетическими системами с применением мультиагентных технологий // Электроэнергетика глазами молодежи: науч. тр. V междунар. науч.- техн. конф., Т.1, г. Томск, 10-14 ноября 2014 г. / Мин-во образования и науки РФ, Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – С. 280-284.

Научный руководитель: Ю.П. Кубарьков, д.т.н., профессор каф. Самарский государственный технический университет.

АНАЛИЗ «УЗКИХ» МЕСТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ КРАСНОЯРСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СИБИРИ»

Д.В. Рохлин
Сибирский федеральный университет

Красноярская энергосистема начала своё бурное развитие в 50-ых годах XX века. Она, как и любая энергосистема мира, формировалась по среднесрочным планам. В долгосрочной перспективе сложно предугадать развитие энергосистемы. Поэтому существующая энергосистема модернизируется, расширяется в соответствии с требованиями потребителей (промышленности).

В процессе «достройки» сетей появляются уязвимые места – «узкие» места. Ненормальный режим работы либо повреждение оборудования «узкого» места приводит к аварийным ситуациям, режим-

ным ограничениям и значительному ущербу национальному хозяйству. «Узкие» места могут появиться в процессе проектирования объекта из-за экономических ограничений. Мероприятия по устранению «узких» мест перечисляются в проектной документации, но их реализация закладывается в другом титуле (прим. проекте). Примером может служить ПС 500 кВ Красноярская, РУ 500 кВ которой выполнено по схеме «линия-шины». Отсутствие линейных выключателей на ПС 500 кВ Красноярская при выводе в ремонт одной из систем шин 500 кВ, например, I СШ 500 кВ, или ВЛ 500 кВ Камала-1 – Красноярская №1, приводит к одновременному отключению двух ВЛ 500 кВ Камала-1 – Красноярская №1 и Красноярская – Красноярская ГЭС №1. При аварийном отключении II СШ 500 кВ на ПС Красноярская (условие п-1) произойдет выделение центрального энергоузла с дефицитом мощности от 150 до 500 МВт и снижением частоты от 49 до 47 Гц соответственно. Для выравнивания частоты придётся отключить энергоёмкие производства, такие как электролизные цеха и другие цеха «Красноярского алюминиевого завода» (КрАЗ). Простой производства алюминия около 40 минут приведёт к безвозвратной потере ванн с остывшим алюминием и к огромному экономическому ущербу. Также гасится энерготранзит «Иркутск-Красноярск». Авария может приобрести системный характер. Очевидное и заложенное в проектной документации (ещё в советский период) мероприятие – установка линейных выключателей до сих пор не реализовано. Сроки реализации не определены.

Подобная ситуация на ПС 220 кВ Рассвет. Схема РУ выполнена по схеме «блок с выключателем». Даная схема обладает слабой ремонтпригодностью, т.е. при выводе в ремонт ВЛ приводит к полному погашению ПС. Мероприятие – установка линейных разъединителей в цепи ВЛ с выполнением двухцепного захода на ПС.

ПС 220 кВ ЦРП является по существу РУ 220 кВ ПС 500 кВ Красноярская. На территории ПС 500 кВ Красноярская находятся ОРУ 500 кВ, 3 трёхфазные группы однофазных АТ. В связи с тем, что выключатели 220 кВ 1АТ, 2АТ и 3АТ ПС 500 кВ Красноярская находятся на ПС 220 кВ ЦРП, между ПС 500 кВ Красноярская и ПС 220 кВ ЦРП проложены контрольные кабели связи длиной около 2 км (4 рабочих и 2 резервных) релейной защиты и автоматики 1АТ, 2АТ и 3АТ ПС 500 кВ Красноярская, в которых находятся цепи: АЛАР, переменного тока дифференциальной защит 1АТ, 2АТ, 3АТ, УРОВ, отключения выключателей В-500 кВ, В-220 кВ и САОН корпусов КрАЗа. Повреждение контрольного кабеля связи может привести к отключению АТ, отключению корпусов КрАЗа. В Центральном узле возникнет из-

быток мощности от 150 до 500 МВт и скачок частоты от 51 до 53 Гц. Для компенсации скачка частоты будут разгружены турбины № Т6, № Т7 Красноярской ГЭС (КГЭС). Это является дополнительным слабым местом ПС 500 кВ Красноярская. Мероприятие для устранения «узкого» места – замена грозотроса воздушных линий ВЛ 220 кВ Красноярская – ЦРП №1, ВЛ 220 кВ Красноярская – ЦРП №2, ВЛ 220 кВ Красноярская – ЦРП №3 на грозотросы нового поколения со встроенными оптико-волоконными линиями связи (ВОЛС), реконструкция устройств РЗА в рамках титула реконструкции ПС 220 кВ ЦРП. Планируемый срок реализации – 2017 год.

Мероприятием для повышения надёжности Центрального узла Красноярской энергосистемы является строительство подстанции нового поколения ПС 500 кВ Енисей. Введение в эксплуатацию ПС 500 кВ Енисей добавит гибкости Центральному энергоузлу и косвенно решит проблемы, связанные с ПС 500 кВ Красноярская.

Ещё одним примером могут служить ПС со схемами РУ с разделителями и короткозамкательями (далее ОД(КЗ)). В Центральном узле Красноярской энергосистеме эксплуатируются ПС с ОД(КЗ) такие как: ПС 220 кВ Правобережная, ПС 220 кВ Центр, ПС 220 кВ Октябрьская, ПС 220 кВ Красная Сопка.

К примеру, на ПС 220 кВ Правобережная работа защит автотрансформаторов 1АТ, 2АТ влечет отключение транзитных ВЛ 220 кВ Дивногорская – Заводская №1 с отпайкой на ПС Правобережная, ВЛ 220 кВ Дивногорская – Заводская №2 с отпайкой на ПС Правобережная, ослабляя схему выдачи мощности КГЭС (будут разгружены определенные из блоков Г3-Г6 согласно перечню работающего оборудования). Мероприятием является замена ОД(КЗ) на элегазовые выключатели. Срок реализации не определен.

Аналогичная ситуация на ПС 220 кВ Красная Сопка, ослабляется схема выдачи мощности Назаровской ГРЭС. Мероприятием является замена ОД(КЗ) на элегазовые выключатели. Мероприятие аналогичное и срок реализации – 2017 год.

На других ПС вопрос замены ОД(КЗ) на выключатели не стоит остро. Но в ближайшей перспективе придётся вернуться к решению данного вопроса.

Необратимый процесс развития сетей накладывает режимные ограничения по пропускной способности и ограниченной возможности для технологического подключения новых потребителей в Центральном узле. В первом случае в ослабленных ремонтных схемах возможна потеря генерируемых мощностей станций. Во втором случае встречаемся с «запертой» генерируемой мощности, когда станция

может выдавать мощность, а на ПС отсутствует возможность для технологического присоединения новых потребителей.

На ПС 500 кВ Красноярская - недостаточная пропускная способность 1АТ, 2АТ, 3АТ (3 x 3x267 МВА). Центральный энергоузел Красноярской энергосистемы является дефицитным. В зимний период дефицит мощности в энергоузле составляет 1162,2 МВт. Фактический максимум Центрального энергоузла в 2013г. составил 3823,4 МВт. Ожидаемый максимум ОЗП на 2014/2015 год - 4300 МВт. При аварийном отключении одного из АТ перегруз по двум оставшимся составит в этих условиях по 20-25%. Центральный энергоузел является дефицитным по мощности, в настоящее время закрыт для технологического присоединения новых потребителей до ввода новой ПС 500 кВ Енисей. Срок реализации – 2016 год.

Аналогичная проблема на ПС 220 кВ Центр – недостаточная пропускная способность 1АТ и 2АТ (2x200 МВА). Фактическая максимальная нагрузка по АТ составляет 200 МВт. С учетом всех выданных технических условий (ТУ) дополнительно ожидаемая нагрузка на ПС 220 кВ Центр без "особых условий" составляет 116 МВт. В случае отключения одного из АТ ПС 220 кВ Центр оставшийся АТ будет перегружаться. Перегруз, с учётом выданных ТУ и подключенных электродвигательных к смежным ПС, может достигать 40 %. Дальнейший рост нагрузок, а также подключения новых потребителей к шинам ПС 220 кВ Центр невозможны без выполнения необходимых мероприятий. Таковыми мероприятиями являются: 1. Перевод питания ПС 110 кВ Восточная на Красноярскую ТЭЦ-1; 2. Строительство шлейфовых заходов 110 кВ с ПС 220 кВ Жарки на ВЛ 110 кВ Центр – Емельяново. Срок реализации не определён.

На ПС 220 кВ Абалаковская – недостаточная пропускная способность 1АТ и 2АТ (2x125МВА). Фактическая максимальная нагрузка по АТ составляет 167 МВт. В случае отключения одного из АТ ПС, оставшийся АТ может перегружаться. Перегруз может достигать 30%. Дальнейший рост нагрузок, подключенных к шинам ПС, невозможен без увеличения трансформаторной мощности подстанции (замена на АТ с большей мощностью). Срок реализации не определён.

На ПС 220 кВ Правобережная – недостаточная пропускная способность АТ-1, АТ-2 (125 МВА). Фактическая максимальная нагрузка по АТ составляет 100 МВт. Располагаемая нагрузка электродвигательной ПС Правобережная составляет 112 МВт. В случае отключения одного из АТ ПС, оставшийся АТ может перегружаться. Перегруз с учетом выданных ТУ может достигать 70%. Дальнейший рост нагрузок, подключенных к шинам ПС Правобережная, невозможен без увеличения

трансформаторной мощности подстанции (замена на АТ мощностью 200 МВА). Ожидаемое развитие – строительство цементного завода с нагрузкой 50 МВт, а также набор нагрузки жилого микрорайона Южный берег в г. Красноярске.

На ПС 220 кВ Левобережная – недостаточная пропускная способность 1АТ и 2АТ (2х200МВА). Фактическая максимальная нагрузка по АТ составляет 244,9 МВт. В случае отключения одного из АТ ПС 220 кВ Левобережная перегрузка оставшегося в работе АТ (с учётом выданных ТУ и включения электродвигателей на максимальную мощность) составит 55 %. Дальнейший рост нагрузок, подключенных к шинам ПС 220 кВ Левобережная невозможен без увеличения трансформаторной мощности подстанции (установка 3АТ мощностью 200 МВА). Срок реализации – 2019 год.

Существует проблема недостаточной пропускной способности двухцепной ВЛ 220 кВ Левобережная – ЦРП-220 с отпайкой на ПС Зеленая. На сегодняшний день Центральный узел Красноярской энергосистемы является дефицитным по мощности. В режимах зимних максимальных нагрузок при отключении одного АТ на ПС 500 кВ Красноярская возможен перегруз оставшихся в работе АТ. Для ликвидации перегруза необходимым мероприятием является включение генераторов на ОРУ 220 кВ КГЭС. Включение дополнительной генерации не позволяет в полной мере устранить перегруз оборудования, в виду недостаточной пропускной способности ВЛ 220 кВ Левобережная – ЦРП-220 с отпайкой на ПС Зеленая. Для ввода параметров режима в область допустимых значений требуется применение графиков ограничения потребления электрической мощности. Увеличение пропускной способности ВЛ 220 кВ Левобережная – ЦРП-220 до 2000 А позволит снизить ограничения по выдаче мощности блоков 220 кВ КГЭС на 200-500 МВт и повысить надёжность электроснабжения потребителей Центрального энергоузла в нормальных и аварийных режимах. Срок реализации – 2022 год.

Также «узкие» места могут появиться в процессе эксплуатации энергетических объектов. Недофинансирование электросетевого комплекса в течении 10-15 лет (с начала 90-ых) привело к критической изношенности оборудования (физический и моральный износ). Нормативный срок эксплуатации (25 лет) выработало 47% ПС, сверхнормативный – 17% ПС. Нормативный срок эксплуатации (35 лет) выработало 39% ПС, сверхнормативный – 18% ПС. Причем наибольший износ характерен для ВЛ 110 кВ и ПС 110 кВ, далее для ВЛ 220 кВ и ПС 220 кВ.

По статистике 30% от общего числа технологических нарушений на ПС обусловлены отказами выключателей. Из них 30% сопровождаются полным погашением РУ, что приводит к нарушению потоков мощностей, погашению большого числа объёма потребителей, в т.ч. I категории, а также к лавинообразному развитию системных аварий. Также наблюдается тенденция роста уровней токов КЗ и, как следствие, несоответствие отключающей способности выключателей по токам КЗ.

Так на ПС 220 кВ Дивногорская установлены выключатели с номинальным током отключения 25 кА, при этом уровень токов короткого замыкания составляет 34,13 кА. Для снижения токов короткого замыкания выполнена автоматика опережающего деления сети (далее АОДС) с управляющим воздействием на отключение ШСВ-220 кВ (непроектное решение). Следует отметить, что при выводе системы шин 220 кВ в ремонт на ПС 220 кВ Дивногорская реализация АОДС не представляется возможным. В связи с этим в качестве схемно-режимного мероприятия предусматривается выполнять данный ремонт при работе на стороне 220 кВ КГЭС не более 3-х генераторов (ограничение выдачи мощности КГЭС). Замена на элегазовые выключатели повысит надёжность схемы сети 220 кВ для электроснабжения потребителей Центрального узла Красноярской энергосистемы, исключит ограничение выдачи мощности КГЭС в ремонтной схеме.

Данная проблема существует также на ПС 500 кВ Камала-1, ПС 220 кВ Октябрьская, ПС 220 кВ ЦРП, ПС 220 кВ Правобережная, ПС 220 кВ Абалаковская. Мероприятие аналогичное – замена на элегазовые выключатели. Срок реализации не определён.

Стоит отметить, что ПС 220 кВ ЦРП находится в зоне интенсивного загрязнения отходами производства КрАЗа. Для чистки изоляции ежемесячно все оборудование поочередно выводится в ремонт, что снижает надёжность электроснабжения КрАЗа и Центрального узла в целом. Мероприятие – строительство КРУЭ-220 кВ. Срок реализации 2019 г.

Согласно статистике 5,6% от общего числа технологических нарушений на ПС обусловлены отказами ТТ и ТН. Ещё свежи в памяти Московская авария 2005 года (взрыв масляного ТТ на ПС 500 кВ Чагино), авария на ПС 220 кВ Октябрьская в 2012 году и на ПС 220 кВ Правобережная в 2014 году (взрыв масляного ТН), когда горящее масло повредило соседнее оборудование. Для исключения подобных ситуаций, а также для большей устойчивости оборудования явлению феррорезонанса на ПС 500 кВ Камала-1, ПС 220 кВ Ново-Красноярская, ПС 220 кВ Ужур, ПС 220 кВ Шарыповская, ПС 220 кВ

Октябрьская, ПС 220 кВ Левобережная, ПС 220 кВ КИСК, 220 кВ Правобережная планируются замены ТН на антирезонансные. Сроки реализации не определены.

Для ВЛ также характерен физический и моральный износ. Так ВЛ 220 кВ Седановский ПП – Кодинская ГПП, ВЛ 220 кВ Кодинская ГПП – Имбинская I цепь, ВЛ 220 кВ Кодинская ГПП – Имбинская II цепь выполнены на деревянных опорах. Планируется замена опор на металлические, а также повышение грозоустойчивости ВЛ. Срок реализации не определён.

Следует уточнить, что сроки реализации носят условный характер в связи со сложной геополитической ситуацией в мире (санкции США и стран ЕС в отношении РФ).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Об утверждении перечня узких мест Красноярского ПМЭС: распоряжение Филиала ПАО «ФСК ЕЭС» - Красноярское предприятие Магистральных электрических сетей от 06 ноября 2014 года №274р – Красноярск, 2014. – 13 с.
2. Бударгин, О.М. Техническое состояние основных фондов, инвестиции и технологическая база энергетической безопасности. Обновление и повышение надёжности действующего оборудования / О.М. Бударгин. – Москва: ФСК ЕЭС, 2010. – 19 с. – ил.
3. Новак А.В. Состояние и перспективы развития электроэнергетики в Российской Федерации // Доклад Министра энергетики РФ на Правительственном часе в СФ, 27.11.2013. – 38 с.

Научный руководитель: А.Э. Бобров, канд. техн. наук, доцент, ПИ СФУ.

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ ВНЕДРЕНИЯ АКТИВНО-АДАПТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.П. Кубарьков, К.А. Голубева
Самарский государственный технический университет

Введение. В последнее время всё большее внимание заслуживают электроэнергетические системы с внедрением активно-адаптивных элементов.

Электроэнергетические системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) могут состоять из любых видов источников электроэнергии, в т.ч. нетрадиционных и возобновляемых (НиВИЭ), а также активных устройств преобразования электроэнергии, линий электропередач всех классов напряжения, коммутационных аппаратов, устройств защиты и автоматики, и т.д. [1].

Главным преимуществом адаптивных электросетей является оптимизация спроса и производства электроэнергии, снижение потерь и оптимизация уровней напряжения в узлах сети [2]. Возможности применения интеллектуальной системы были рассмотрены на примере участка электрической сети.

На данный момент появляются первые большие инфраструктурные компоненты, которые обеспечивают распространение адаптивных принципов управления магистральными сетями [2].

Цель. Основная цель ИЭС ААС – это обеспечение эффективно-го использования всех видов ресурсов для качественного и надёжного энергоснабжения потребителей на основе современных технологических средств и единой интеллектуальной системы управления посредством гибкого взаимодействия её субъектов: генерации, электрических сетей и потребителей [3].

Актуальность проблемы. Осуществление перехода к адаптивным технологиям связано с повышением достоверности и точности измерений, с ростом объема технологической информации, также требует наличия средств оперативной обработки и хранения полученных данных [3].

Анализ и исследования. На "Рис. 1" представлена сложноразветвленная электрическая сеть с источником E1, состоящая из 6 подстанций (1-6 п/ст) и 7 линий электропередач марки АС-70 ($W_1=20$ км, $W_2=20$ км, $W_3=10$ км, $W_4=5$ км, $W_5=5$ км, $W_6=15$ км, $W_7=25$ км).

Сначала рассматривается нормальный режим с подключенным источником E1. В дальнейшем на этой схеме предусматривается установка дополнительного источника электроэнергии E2, который будет подключен к п/ст 4. Параметры потребителей во всех режимах остаются постоянными и сведены в таблицы для каждого рассмотренного режима.

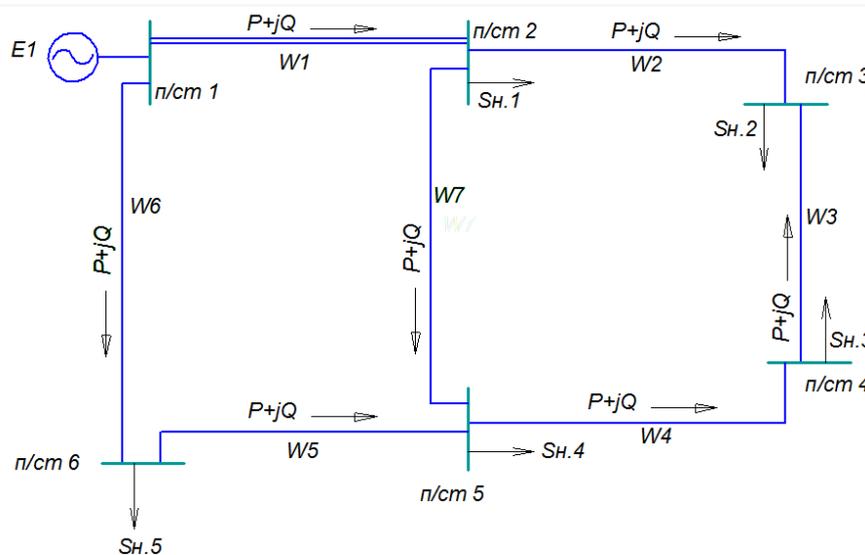


Рис.1. Нормальный режим работы сети

Параметры нормального режима сети сведены в таблицу 2.

Табл. 2. Параметры нормального режима работы сети.

Название элемента	ΔP , кВт	ΔQ , квар	Уконеч., кВ
W1	0,2	0,6	108,558
W2	0	0,6	107,730
W3	0	0,3	107,730
W4	0,1	0,2	107,854
W5	0	0,2	108,023
W6	0,2	0,7	108,277
W7	0,1	0,7	108,023

В таблице 3 представлены параметры с учётом подключения такого источника на подстанции 4, который будет обеспечивать электроэнергией не только собственных потребителей подстанции, но и ближайших. Это позволит потреблять меньше энергии из энергосистемы и разгрузить линии между п/ст 1 и п/ст 2, а также п/ст 1 и п/ст 6. При этом линия между п/ст 2 и п/ст 5 остаётся малозагруженной, и её отключение не приводит к значительным изменениям уровней напряжения на шинах подстанций.

Табл. 3. Параметры режима работы сети с источником распределенной генерации.

Название элемента	ΔP , кВт	ΔQ , квар	Уконеч., кВ
W1	0,1	0,4	109,02
W2	0	0,6	108,728
W3	0	0,3	108,728

W4	0	0,2	108,959
W5	0	0,2	108,959
W6	0,1	0,2	108,981
W7	0,1	0,5	108,959

С учетом отмеченного ранее можно принять за нормальный режим работы представленной сети при наличии источника распределенной генерации - режим работы сети с источником распределенной генерации при отключенной линии электропередач между п/ст 2 и п/ст 5 (линия W7).

Анализ всех возможных аварий в рассматриваемой сети показал, что наиболее тяжёлым является режим при отключенной линии между п/ст 2 и п/ст 5, и отключении линии между п/ст 1 и п/ст 2 в результате короткого замыкания. Параметры такого режима сведены в таблицу 4.

Табл. 4. Параметры аварийного режима работы сети при отключенной линии электропередач между п/ст 2 и п/ст 5.

Название элемента	ΔP , кВт	ΔQ , квар	Uконеч, кВ
W1	-	-	103,581
W2	0,2	0,7	103,581
W3	0,2	0,6	105,236
W4	0,1	0,2	106,618
W5	0,1	0,3	106,949
W6	0,6	1,0	107,469
W7	-	-	106,949

Напряжение на шинах п/ст 2 оказывается ниже нормально допустимых пределов.

Подключение линии между п/ст 2 и п/ст 5 (которая в нормальном режиме отключена) позволит улучшить значения напряжения на п/ст 2, что отражено в таблице 5.

Табл. 5. Параметры аварийного режима работы сети.

Название элемента	ΔP , кВт	ΔQ , квар	Uконеч., кВ
W1	-	-	105,531
W2	0	0,6	105,531
W3	0,1	0,4	106,067
W4	0	0,1	106,882
W5	0,1	0,2	106,931
W6	0,6	1,1	107,455
W7	0,1	0,8	105,531

Выводы. Разработка адаптивной системы управления электрической сетью при наличии в ней активных элементов позволит наиболее полно использовать имеющиеся ресурсы (в т.ч. ЛЭП и ВИЭ) для надежного электроснабжения потребителей. При этом алгоритмы её работы должны учитывать возможность изменения топологии сети, её расширение и внедрение различных элементов распределенной генерации для усиления сети.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.
2. E. Mashhour, S. M. Moghaddas-Tafreshi, "Bidding Strategy of Virtual Power Plant for Participating in Energy and Spinning Reserve Markets—Part I: Problem Formulation", IEEE Transaction on power system, 2011.
3. Логинов Е. Л. Развитие «интеллектуальных сетей» в электроэнергетике отраслей, регионов, городов России // Управление мегаполисом. 2011.

Научный руководитель: Ю.П. Кубарьков, д.т.н., профессор, Самарский государственный технический университет.

ВАРИАНТ РАСЧЕТА СЛОЖНЫХ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК С УЧЕТОМ ПРОВОДИМОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Е.Н. Федосеенко
Харьковский политехнический институт

Определение характеристик заземляющих устройств (ЗУ) электроустановок с открытыми распределительными устройствами необходимо выполнять в комплексе с вопросами надежности и электромагнитной совместимости оборудования. Естественные сосредоточенные заземлители в силу большой поверхности контакта с грунтом выравнивают потенциал в узлах ЗУ и, тем самым, разгружают по току горизонтальные искусственные и естественные заземлители. Поэтому их подробный учет в решении задачи расчета электрических характеристик сложных неэквипотенциальных ЗУ представляется обязательным, так как влияет на уровень электромагнитных помех.

Метод расчета сложного комбинированного заземлителя может базироваться на условии его эквипотенциальности, так и на условии неэквипотенциальности, т.е. с учетом продольного сопротивления горизонтальных электродов. Современные вычислительные возможности позволяют реализовать алгоритм расчета неэквипотенциальных сложных комбинированных заземлителей как универсальный.

Основная идея метода [1] заключается в совместном рассмотрении ЗУ в общем случае как сложной электрической цепи с сосредоточенными параметрами вертикальных электродов и тех из горизонтальных, продольное сопротивление которых не учитывается, и распределенными параметрами всех остальных горизонтальных электродов нелинейно-зависящими от проходящего по ним тока, и установившегося (квазистационарного) электрического поля тока в земле.

Анализ приведенных в [1] выражений показывает, что они не охватывают все возможные варианты расположения элементов сложных ЗУ применительно к двухслойной модели грунта. Следует однако отметить, что расчетная совокупность электродов, замещающих арматурные каркасы железобетонных оснований, в предложенных моделях [1, 2] не обоснована по эквивалентным электрическим характеристикам.

Ставится задача совершенствования алгоритма, реализующего указанную ранее математическую модель, путем подробного учета естественных сосредоточенных заземлителей.

Основой для алгоритма расчета сложных неэквипотенциальных ЗУ электроустановок с учетом проводимости естественных заземлителей принят метод расчета сложных ЗУ, учитывающий продольное сопротивление горизонтальных элементов [1, 3]. Этот метод разработан для случая, когда ЗУ содержит наряду с горизонтальными и вертикальные элементы.

В соответствии с требованиями о прямолинейности электродов заземления предложен следующий способ учета естественной проводимости растеканию тока с арматуры железобетонных заземлителей для реализации возможностей указанного алгоритма расчета. Заметим естественный сосредоточенный заземлитель совокупностью линейных электродов, например, таким образом, чтобы эти электроды были расположены по абрису естественного заземлителя. Далее к указанной совокупности электродов можно применять МНП [1, 5] для решения задачи электрического поля как к сложному ЗУ и определить значения сопротивления растеканию и потенциалов точек на поверхности земли.

Полифункциональность ЗУ электроустановок напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью привела к необходимости нормирования нескольких параметров ЗУ – напряжение прикосновения и сопротивление ЗУ, как одна обязательная нормированная характеристика, и напряжение на ЗУ – как вторая [4]. В связи с этим, принимаем два критерия эквивалентности замещения естественных сосредоточенных заземлителей совокупностью линейных электродов: приближение по сопротивлению и приближение по потенциалам точек на поверхности земли.

Полученные модели естественных сосредоточенных заземлителей в виде совокупности линейных вертикальных и горизонтальных электродов в водятся в алгоритм расчета сложных неэквипотенциальных ЗУ в виде элементов, участвующих на ряду с искусственными линейными заземлителями в токораспределении ЗУ, причем продольное сопротивление вводимых элементов не учитывается.

Токораспределение между элементами неэквипотенциального ЗУ определяет СЛАУ согласно [1] в матричной форме:

$$AI_0 = U, \quad (2)$$

где A – матрица взаимных и собственных сопротивлений элементов;

I_0 – матрица-столбец комплексных значений токов, выходящих из элементов сложного заземлителя в землю;

U – матрица-столбец комплексных значений напряжений элементов (для горизонтальных элементов берут среднее из значений напряжения в начале и конце элемента, а для вертикальных элементов – напряжение узловой точки, с которой он соединен).

Комплексные значения напряжений элементов ЗУ связаны со значениями задающих токов и с параметрами сложной нелинейной электрической цепи, имитирующей исходное ЗУ. Выражаем эту связь по методу узловых напряжений в матричной форме (все узлы, начиная с опорного, в качестве которого принимаем “землю” – зону нулевого потенциала, пронумерованы от нуля до q) [1, 3]:

$$YU_{уз} = I_{зд}, \quad (3)$$

где Y – квадратная матрица полной проводимости цепей;

$U_{уз}$ – матрица-столбец узловых напряжений;

$I_{зд}$ – матрица столбец задающих токов.

В соответствии с [1] расчет сложной электрической цепи, замещающей многоэлементное ЗУ, сводится к совместному решению двух матричных уравнений (2) и (3), причем (3) – нелинейно. Вертикаль-

ные элементы ЗУ замещают сосредоточенными проводимостями на землю; также замещают те горизонтальные элементы, продольное сопротивление которых не учитывается.

Полученное решение токов во всех ветвях схемы замещения сложного ЗУ дает значения проходящих по горизонтальным элементам ЗУ токов как среднее между значениями тока в начале и в конце каждого горизонтального элемента с распределенными продольными параметрами. Как результат этого – добавление в алгоритм расчета сложных неэквипотенциальных ЗУ электроустановок решения задачи определения уровня ЭМС.

Достаточность достигнутого приближения оценивают по ξ -критерию:

$$\xi = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q \left| \frac{U_{jo}^{(n-1)} - U_{jo}^{(n)}}{U_{jo}^{(n)}} \right| \leq \xi_{don}, \quad (6)$$

где (n) – верхний индекс, показывающий номер последней итерации;

q – число узлов схемы замещения заземлителя;

U_{jo} – модуль напряжения j -го узла относительно опорного.

В части алгоритма расчета сложных неэквипотенциальных ЗУ электроустановок новые положения, по сравнению с известными решениями, состоят в учете проводимости естественных сосредоточенных заземлителей совокупностью вертикальных и горизонтальных электродов. При этом, поскольку указанные горизонтальные электроды могут располагаться в нижнем слое двухслойной структуры земли, то алгоритм дополнен соответствующими выражениями взаимных и собственных сопротивлений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
2. Барбашов И.В., Пухкал В.А. Расчетные эквиваленты железобетонных фундаментов типовых подстанций ограниченной площади // Вестник Харьковского политехнического института, №169, “Электроэнергетика и автоматизация энергоустановок”. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, - 1980. – Вып. 8. С. 56-58.
3. Якобс А.И., Петров П.И. Об учете продольного сопротивления горизонтальных элементов крупных заземляющих устройств. – Электричество. – 1974. – №1. – С. 13 – 18.

4. Правила устройства электроустановок – 6-е изд. перераб. и доп. – М.: Главгосэнергонадзор, 1998. – 640 с.
5. Федосеенко Е.Н. Минченко А.А. Вариант замещения естественных сосредоточенных заземлителей – арматурных каркасов железобетонных фундаментов (подножников) в виде расчетной совокупности электродов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків 2006 – №6/3(24) – С. 81-84.

Научный руководитель: А.А. Минченко, к.т.н., доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

АНАЛИЗ ВВОДА ПОДСТАНЦИИ 220 КВ «ТАЙГА» С ВЛ 220 КВ РАЗДОЛИНСКАЯ-ТАЙГА НА РАЗГРУЗКУ СЕВЕРО- ЕНИСЕЙСКОГО И МОТЫГИНСКОГО РАЙОНОВ

О.В. Малюкова
Сибирский федеральный университет

Красноярский край находится на первом месте в России по объемам добычи золота. На территории Северо-Енисейского и Мотыгинского районов работают и развиваются золотодобывающие компании, наиболее крупными из которых являются: ЗАО «Полус», ООО «Соврудник» и Раздолинский периклазовый завод.

В результате анализа технических условий на технологическое присоединение, информации о перспективном электропотреблении и максимуме нагрузок от наиболее крупных предприятий, функционирующих на территории района, был сформирован прогноз максимума нагрузки Северо-Енисейского и Мотыгинского районов, который представлен в Таблице 1.

Табл. 1. Прогноз максимума нагрузки Северо-Енисейского и Мотыгинского районов Красноярского края

Наименование показателей	2016г.	2019г.	2024 г.
Максимум нагрузки, МВт	226	365	396
Прирост, %	12,51	10,06	1,64

Прирост максимума нагрузки по Северо-Енисейскому и Мотыгинскому районам в период с 2016 по 2024гг. составит 170 МВт. Это обусловлено развитием золотодобывающей отрасли (развитием существующих месторождений и освоением новых), а также ростом коммунально-бытовой нагрузки.

Табл. 2. Перспективные потребители электроэнергии и мощности Северо-Енисейского и Мотыгинского районов Красноярского края

Наименование потребителя	Описание, место расположения	Предполагаемая нагрузка, МВт
ООО "Ильинское"	Разработка месторождения «Высокое», Северо-Енисейский район	44,0
Периклазовый завод	Расширение завода, Мотыгинский район	27,5
ГРК «Амикан»	Горнодобывающее и перерабатывающее предприятие	25,0
ООО "Соврудник"	Советско-Перевалинский рудный узел, месторождение Эльдorado, карьер открытых горных работ на месторождении Александрo-Агеевское, реконструкция ПС ЗИФ, карьер открытых горных работ на месторождениях Ударное, Пролетарка, Вершинка, водоотлив карьера Северо-Западный	40,3
ЗАО "Полюс"	Разработка месторождения «Панимба», ЗИФ-5 на месторождении «Благодатное», Северо-Енисейский район	56,0
ЗАО "Золотая звезда"	Добыча золота, Мотыгинский район	7,0
ЗАО "Василевский рудник"	Добыча золота, Мотыгинский район	6,2
Лесоперерабатывающие предприятия	Северо-Енисейский район	5,0

Дефицит мощности в Северо-Енисейском и Мотыгинском районах возрастает на всем рассматриваемом периоде от 161,7 МВт в 2016 г. до 332,2 МВт в 2024 г, а электроэнергии от 1222 млн.кВт.ч. в 2016г. до 2572 млн.кВт.ч. в 2024 г. Дефицит мощности и электроэнергии покрывается за счет получения мощности со стороны других районов Красноярской ЭС.

В настоящее время электроснабжение потребителей осуществляется от ПС 220 кВ Раздолинская на напряжении 110 кВ по двухцепной ВЛ 110 кВ Раздолинская – Партизанская – Брянка – Н.Еруда – Соврудник (273 км). От ПС 110 кВ Новая Еруда по двухцепной ВЛ 110 кВ и ПС 110 кВ Олимпиадинская и ПС 110 кВ ЗИФ-1,2, ПС 110 кВ ЗИФ-3 осуществляется электроснабжение потребителей ЗАО «Полюс». ВЛ 110 кВ на участках Раздолинская – Партизанская – Брянка и Новая Еруда – Соврудник, Новая Еруда – Олимпиадинская выполнена проводом сечением АС-120, с максимальной пропускной способностью одной цепи порядка 70 МВт (375 А), что ограничивает развитие существующих потребителей и возможность подключения новых. В 2013 г. на ПС 220 кВ Раздолинская была произведена замена двух выработавших свой ресурс АТ мощностью по 63 МВА на два АТ мощностью по 125 МВА. А также установлено 4хБСК-26 Мвар и 2хУШР-25 Мвар. Последний замер в период зимнего максимума показал, что загрузка каждого АТ на ПС 220 кВ Раздолинская составила 71 МВА. Следовательно, отключение одной цепи ВЛ 110 кВ Раздолинская – Новая Еруда или АТ на ПС 220 кВ Раздолинская приводит к необходимости ограничения электроснабжения потребителей. Поэтому необходимо усиление электрических связей района с энергосистемой.

С помощью ПВК RastrWin был произведён расчёт режима зимнего максимума с перспективными потребителями на 2016г без ПС 220 кВ Тайга. Результаты представлены в Таблице 3.

Табл. 3. Результаты расчёта режима зимнего максимума Северо-Енисейского и Мотыгинского районов на 2016г. без ПС 220 кВ Тайга

	O	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	V_ш	V	Delta	Рай...
1	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	511	Богучанская ГЭС 500кВ	515		1	1 528,0	295,6			525,0				499,01	28,53	
2	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 621	Партизанская 2ш	115	1	1	6,3	3,6							118,19	1,52	
3	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	211	Горевский ГОК 1ш	230		1	15,9	3,1							234,83	6,81	
4	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	8 810	отп. Татарская	115		1									113,64	-1,75	
5	<input checked="" type="checkbox"/>		База	111	Абалачковская 1ш	230		1	1 164,8	341,8	1 263,0	342,3	235,3	-1 000,0	1 000,0		235,30	5,59	
6	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	8 911	Брянка 1ш	115	1	1	1,5	0,4							109,41	-5,19	
7	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	321	Раздолинская 2ш	230		1					234,0				233,76	9,69	
8	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 011	Новая Еруда 1ш	115	1	1									104,07	-13,07	
9	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 021	Новая Еруда 2ш	115	1	1	0,9	0,4							104,07	-13,07	
10	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	4	Мотыгино	115			5,4	1,6							117,00	5,38	
11	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 121	С.Рудник 2ш	115	1	1	12,1	1,8	2,5		-5,0	5,0			102,64	-15,11	
12	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 111	С.Рудник 1ш	115	1	1	10,5	1,6	2,5		-5,0	5,0			102,64	-15,11	
13	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 210	отп. Благодатнинск ...	115		1									103,49	-14,49	
14	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 310	отп Олимпиад	115		1									101,44	-15,42	
15	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 320	отп Олимпиад	115		1									101,44	-15,42	
16	<input checked="" type="checkbox"/>		Ген	9 311	Олимпиад 1ш	115	1	1	11,1	-0,4	13,0	-5,1	101,5	-5,0	10,0		101,50	-15,43	
17	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 411	ЗИФ 2ш	115	1	1	36,0	2,6	2,5		-5,0	5,0			101,03	-15,76	
18	<input checked="" type="checkbox"/>		Нагр	9 421	ЗИФ 1ш	115	1	1	32,9	2,7	2,5		-5,0	5,0			101,03	-15,76	
19	<input checked="" type="checkbox"/>		Ген+	9 321	Олимпиад 2ш	115	1	1	12,5	0,7	10,5	10,0	102,2	-5,0	10,0		101,50	-15,43	
20	<input checked="" type="checkbox"/>		Ген+	9 211	Благодатнинская 1ш	115	1	1	20,3	2,8	12,0	5,0	104,8	-5,0	5,0		103,44	-14,64	
21	<input checked="" type="checkbox"/>		Ген+	9 221	Благодатнинская 2ш	115	1	1	20,3	2,8	12,0	5,0	105,2	-5,0	5,0		103,44	-14,64	
22	<input checked="" type="checkbox"/>		Ген	595	Богуч. ГЭС ген	16		1			300,0	73,2	15,5	-100,0	250,0		15,50	35,05	1

Уровни напряжения на удаленных подстанциях 110 кВ составляют порядка 101-106 кВ, что является неприемлемым для качественного электроснабжения потребителей. В Северо-Енисейском районе установлены источники генерации ЗАО «Полюс»: ТЭЦ-1 – 18 МВт (3х6 МВт), ДЭС-1 – 3,2 МВт, ДЭС-2 – 17,3 МВт на площадке ПС 110 кВ Олимпиадинская; ТЭЦ-2 – 24 МВт (3х8 МВт) – на площадке ПС 110 кВ Благодатнинская.

Расчёт возможного режима, который мог быть осуществлён в 2016г при строительстве ПС 220 кВ Тайга с ВЛ 220 кВ Раздолинская-Тайга, представлен в Таблице 4.

Табл. 4. Результаты расчёта режима зимнего максимума Северо-Енисейского и Мотыгинского районов на 2016г. с ПС 220 кВ Тайга

№	О	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	В_ш	V	Delta	Рай...
1		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	511	Богучанская ГЭС 500кВ	515		1	1 528,0	295,6			525,0				498,80	27,28	
2		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 621	Партизанская 2ш	115	1	1	6,3	3,6							119,20	0,33	
3		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	211	Горевский ГОК 1ш	230		1	15,9	3,1							223,65	6,27	
4		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	8 810	отп.Татарская	115		1									116,35	-2,75	
5		<input checked="" type="checkbox"/>	База	111	Абалаковская 1ш	230		1	1 164,8	341,8	1 266,3	311,9	220,0	-1 000,0	1 000,0		220,00	5,59	
6		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	8 911	Брянка 1ш	115	1	1	1,5	0,4							113,77	-5,91	
7		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	321	Раздолинская 2ш	230		1									229,54	8,19	
8		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 011	Новая Еруда 1ш	115		1									111,25	-12,58	
9		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 021	Новая Еруда 2ш	115		1	0,9	0,4							111,25	-12,58	
10		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	4	Мотыгино	115			5,4	1,6							117,85	4,10	
11		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 121	С.Рудник 2ш	115	1	1	12,1	1,8	2,5		-5,0	5,0			109,56	-13,76	
12		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 111	С.Рудник 1ш	115	1	1	10,5	1,6	2,5		-5,0	5,0			109,56	-13,76	
13		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 210	отп. Благодатнинск...	115		1									116,34	5,43	
14		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 310	отп Олимпиад	115		1									109,66	-15,08	
15		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 320	отп Олимпиад	115		1									109,66	-15,08	
16		<input checked="" type="checkbox"/>	Ген+	9 311	Олимпиад 1ш	115	1	1	11,1	-0,4	13,0	10,0	115,0	-10,0	10,0		109,85	-15,13	
17		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 411	ЗИФ 2ш	115	1	1	36,0	2,6	2,5		-10,0	10,0			109,26	-15,38	
18		<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	9 421	ЗИФ 1ш	115	1	1	32,9	2,7	2,5		-10,0	10,0			109,26	-15,38	
19		<input checked="" type="checkbox"/>	Ген+	9 321	Олимпиад 2ш	115	1	1	12,5	0,7	10,5	10,0	115,0	-10,0	10,0		109,85	-15,13	
20		<input checked="" type="checkbox"/>	Ген	9 211	Благодатнинская 1ш	115	1	1	20,3	2,8	2,4	-34,6	115,0	-100,0	100,0		115,00	5,48	
21		<input checked="" type="checkbox"/>	Ген	9 221	Благодатнинская 2ш	115	1	1	20,3	2,8	2,4	-34,6	115,0	-100,0	100,0		115,00	5,48	
22		<input checked="" type="checkbox"/>	Ген	595	Богуч.ГЭС ген	16		1			300,0	76,8	15,5	-100,0	250,0		15,50	33,80	1
23		<input checked="" type="checkbox"/>	Ген	585	Богуч.ГЭС ген	16		1				86,5	15,5	-100,0	250,0		15,50	26,91	1

В результате после ввода ПС 220 кВ Тайга с ВЛ 220 кВ Раздолинская –Тайга наблюдаем повышение напряжения на удалённых подстанциях. Для поддержания напряжения потребуется установить на шинах 110 кВ ПС 220 кВ Тайга два УШР мощностью по 25 Мвар. С ростом нагрузок для исключения ограничения потребителей и недопустимой перегрузки одного автотрансформатора при аварийном отключении другого рекомендуется на ПС 220 кВ Тайга установить третий АТ-125 МВА.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие/ А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – 3-е

изд., перераб. – Москва: КНОРУС, 2012. – 648 с. – (Для бакалавров).

2. Документации пользователя ПК: RastrWin, Анарес. – 2015. – Режим доступа: <http://rastrwin.ru/>.

Научный руководитель. А.Э. Бобров, к.т.н., доцент, ПИ СФУ.

ОЦЕНКА ДОПУСТИМЫХ ПО СТАТИЧЕСКОЙ АПЕРИОДИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Е.О. Тихомиров, В.В. Сенько

Самарский государственный технический университет

В диспетчерских службах электроэнергетических систем (ЭЭС) при выборе управляющих воздействий противоаварийной автоматики особую актуальность имеют вопросы оценки допустимых по условиям статической аperiodической устойчивости режимов. Задачи расчета параметров допустимых режимов ЭЭС и построения границ допустимой области (ДО) требуют применения новых математических моделей и алгоритмов, поэтому тема исследования продолжает оставаться актуальной [1].

Цель данного исследования состоит в оценке допустимых по СУ режимов с помощью модифицированной записи УПР.

Уравнения установившихся режимов ЭЭС записывается следующим образом:

$$F(X, Y) = 0 \tag{1}$$

где F - нелинейная вектор-функция; $X = [x_1 x_2 \dots x_n]^T$ - вектор нерегулируемых параметров режима (зависимых переменных); $Y = [y_1 y_2 \dots y_m]^T$ - вектор регулируемых параметров режима (независимых переменных).

Система уравнений предельных режимов может быть представлена в виде:

$$\left. \begin{aligned} F(X, Y_0 + T\Delta Y) &= 0 \\ V(X, R) &= \left(\frac{\partial F}{\partial X} \right)^T R = 0 \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

где V - n -мерная вектор-функция; $R = [r_1 r_2 \dots r_n]^T$ - собственный вектор матрицы $\left(\frac{\partial F}{\partial X}\right)^T$.

Так как в (2) длина векторов R не определена, систему можно дополнить выражением:

$$U(R) = R^T R - 1 = 0 \quad (3)$$

Запись (2) можно представить как систему модифицированных УПР [2]:

$$\left. \begin{aligned} F(X, Y_0 + T\Delta Y) &= 0 \\ V(X, R) &= \left(\frac{\partial F}{\partial X}\right)^T R = 0 \\ U(R) &= R^T R - 1 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Автором в среде пакета Mathcad 14 была разработана учебная компьютерная модель расчета установившихся и предельных режимов ЭЭС, основанная на решении модифицированных УПР.

С помощью этой модели был проведен ряд вычислительных экспериментов для оценки границ ДО на примере консервативной тестовой трехузловой схемы ЭЭС [3]. Результаты расчетов по трем выбранным утяжелениям сведены в таблице 1 и показаны на рис. 1.

Табл. 1. Результаты расчетов допустимых режимов $\Delta P_1=10$ МВт, $\Delta P_2=10$ МВт ($M_1=M_2=1$)

N	Направл. утяжел.	Параметры предельных и допустимых режимов				Коэф. запаса
	$\Delta P_1 / \Delta P_2$, МВт	$P_{1пр} / P_{1доп}$, МВт	$P_{2пр} / P_{2доп}$, МВт	$\delta_{1пр} / \delta_{1доп}$, град	$\delta_{2пр} / \delta_{2доп}$, град	$K_{ин}$, о.е.
1	0/10	238,4/200,0	828,9/782,0	77,0/56,0	96,9/73,3	0,2
2	10/2	703,6/653,5	323,8/290,7	108,9/81,0	71,9/53,0	0,2
3	10/10	540,3/495,3	534,8/495,3	98,2/84,1	73,1/62,8	0,2

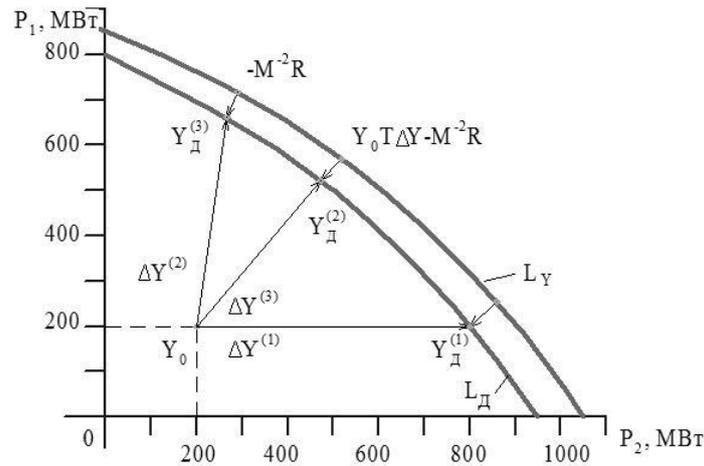


Рис. 1. Результаты определения допустимых режимов в координатах Y_1, Y_2

Результаты показывают, что искомые допустимые точки Y_{Di} и соответствующие им точки предельной поверхности Y_{pri} можно надежно определять за 6-8 итераций системы.

Разработанные алгоритмы и компьютерная модель оценки допустимых режимов применяется в учебном процессе при изучении дисциплин «Электромеханические переходные процессы» и «Устойчивость электроэнергетических систем» СамГТУ. Практическая реализация данной методики может позволить повысить скорость принятия оперативных диспетчерских решений, направленных на изменение режимных параметров ЭЭС, снизить ущерб при отключении генераторов и нагрузок при проведении режимных ограничений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андерсон П, Фуад А. Управление энергосистемами и устойчивость/ Пер. с англ. под ред. Я.Н. Лугинского – М.: Энергия, 1980. – 568 с.
2. Крюков А.В. Предельные режимы электроэнергетических систем /А.В. Крюков Иркутск: ИрГУПС. – 2012. – 236 с.
3. Крюков А.В., Сенько В.В. Расчеты предельных режимов электроэнергетических систем для целей оперативного управления. // Изв. ВУЗов. Электромеханика. – 2014. – №3. С. 21-23.

Научный руководитель: В.В. Сенько, к.т.н., доцент, СамГТУ.

**СЕКЦИЯ 10.
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ДИСКУРС
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ»**

BIOFUEL AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

Е.А. Колесник¹, В.В. Воробьева²
^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН, ²ИЯЭИ, ¹группа 5А44

Abstract

New sources of energy have to replace fossil fuels because of a man made ecological catastrophe. In this article there is a question of biofuel as an alternative source of energy in the world. The types of this renewable source of energy are revealed and analyzed. This paper quantify biofuel by presentation what it is, advantages and disadvantages of using this type of energy and how it uses. There is an investigation of future of biofuel.

Key words: biofuel, alternative source of energy.

Introduction

The world is interested in location of a renewable energy source to substitute fossil fuels. There is a global ecological problem, and using of traditional energy is one of the reasons of this disaster. Biofuel is a totally renewable source. It is always possible to resume biomass products. Biofuel is often used in some countries, such as Sri Lanka, China, India and in some regions in Africa.

Main discussion

There are many types of biofuel. Biofuel energy can be shared mainly in two generations. They are called First Generation Biofuels and Second Generation Biofuels.

The First Generation includes sugar, starch, vegetable oil or animal fats. These products are turned into fuel using already-known processes. These fuels include biodiesel, bioalcohols, ethanol, and biogasses, like methane captured from landfill decomposition. This generation is the “original” and constitutes the majority of biofuels currently in use [3].

The Second Generation includes non-food crops like switch-grass, willow or wood chips. The most these fuels are underdevelopment and not widely available for use.

Biofuel source of energy has many advantages. They are:

1. Biofuel emits less than fossil fuels. Biofuel is friendly to ecology.

2. Biofuel is a renewable and sustainable energy source. It is always possible to get generation products and it is created from sources that will not run out.
3. Biofuels are made from many different sources. It is not very difficult to source [2].

It is also worth saying that some countries can be not depended only on fossil fuels [3].

But technology of turning biomass into energy is difficult and not is everywhere applicable.

Firstly, getting of some generation products depends on nature ability of region. In some districts there is a problem to get necessary crop, because of the different weather.

Secondly, the regional nature of high-producing plants is very good source of biomass. This evisceration can lead to great environmental problems.

Finally, it isn't petroleum-based fuel, so it will operate differently in engines designed for petroleum-based fuel.

Conclusion

Biofuel is not totally available energy source. But it is going to be a perspective one. Natural resources of the world can save our planet, but it is also necessary to face issues, which disturb population to use it. However, biofuel can help people to make ecology much better.

REFERENCES:

1. Bulzan Dan, McDowell Bomani Bilal, Centeno-Gomez Diana, and Hendricks Robert. Biofuels as an Alternative Energy Source for Aviation - a Survey. NASA, Ohio, 2009. <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100002886.pdf>
2. West L. The Pros and Cons of Biofuel. Environmental Magazine, 2007. <http://environment.about.com/od/fossilfuels/a/biofuels.htm>
3. Yeh J. Biofuel: An Alternative Energy Source, COSMOS, 1, 2007 http://cosmos.ucdavis.edu/archives/2007/cluster2/yeh_justin.pdf

Научный руководитель: В.В. Воробьева, к.ф.н., доцент ИЯЭИ ЭНИН ТПУ.

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ К ОБУЧЕНИЮ В РОССИИ

Д.Л. Болгова

Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС, группа 5042

Ежегодно все больше иностранных учащихся приезжает в Россию для получения высшего образования. Каждый иностранный студент проходит процесс адаптации. Привыкнуть к студенческой жизни сложно, ещё сложнее учиться не в родном государстве.

Период пребывания иностранных студентов в России колеблется от двух недель до нескольких лет.

Проблема исследования особенностей адаптации иностранных студентов к условиям жизни и обучения в России является особенно актуальной в современных условиях формирования международной образовательной системы. Поскольку обучение есть специфическая форма индивидуальной активности, обуславливающая поведенческие изменения, для студентов особое значение имеет социально-профессиональная адаптация, уровень которой оценивается по целому ряду критериев, например, успеваемости, ориентации на будущую профессию, умению работать самостоятельно и прочее. Среди причин, определяющих уровень адаптации иностранных студентов, можно выделить следующие:

- объективные, обусловлены не учебной деятельностью и условиями жизни в отрыве от семьи и родины (новые формы обучения и контроля занятий, новый коллектив, новая обстановка и т. п.);
- субъективные (нежелание учиться, застенчивость и т. п.);
- объективно-субъективные (слабые навыки самостоятельной работы и самоконтроля и т.д.).

Необходимо понимать, насколько важен постоянный контроль за процессом адаптации. Он включает в себя множество аспектов. Наиболее важными являются приспособления к:

- новой социокультурной среде;
- новым климатическим условиям;
- времени;
- новой образовательной системе;
- новому языку общения;
- интернациональному характеру учебных групп.

Трудности адаптации иностранных студентов отличны по содержанию от трудностей российских студентов, они зависят от наци-

ональных и региональных характеристик и изменяются от курса к курсу.

В целом этапы адаптации иностранных студентов к новой языковой, социокультурной и учебной среде таковы:

1. вхождение в студенческую среду;
2. усвоение основных норм интернационального коллектива, выработка собственного стиля поведения;
3. формирование устойчивого отношения к будущей профессии, преодоление «языкового барьера», усиление чувства академического равноправия.

В первые несколько недель после приезда в новую страну студенты испытывают физический дискомфорт. Они могут находиться в состоянии стресса: жаловаться на потерю аппетита, усталость, вялость, бессонницу, плохое настроение и раздражительность. Кроме бытовых, каждый иностранный студент испытывал языковые трудности по приезде в другую страну для обучения. Невозможность объясниться с людьми из служб сервиса ставит их в крайне затруднительное положение. Лишь при помощи жестов, мимики и отдельных фраз иностранные студенты могут первое время объясняться с русскими людьми. Объяснение жестами и ошибки в построении фраз вызывают смех и удивление, а порой носят неприличный характер, что очень огорчает и смущает иностранцев.

Болезненным может являться вопрос проживания. Условия проживания могут не соответствовать ожиданиям студентов. Смена климата также является сильным раздражителем для человека, она может вызвать расстройство сна, головную боль, повышение кровяного давления, обострить хронические заболевания.

Адаптации студента-иностранца к новой социокультурной среде способствуют две группы факторов: зависящие от студента и зависящие от преподавателя. Со стороны студента важны: достаточный уровень базовой подготовки, уровень знания русского языка, индивидуальная способность к обучению, особенности национального менталитета. Преподаватель, в свою очередь, должен быть компетентен в предмете, владеть языком общения и обладать определенными личными качествами.

Одним из важных аспектов адаптации студентов-иностранцев к обучению является понимание новой системы образования.

Главным условием подготовки иностранных студентов является быстрое и эффективное овладение русским языком. Чем лучше усваивается язык, тем эффективнее адаптация, тем быстрее студент перестает стесняться обращаться со своими просьбами и вопросами к рус-

ским, общаться становится легче, а значит, и проще познание нового, что очень важно.

Студенты-иностранцы болезненно переживают непонимание, а тем более конфликты с преподавателями. К сожалению, иногда преподаватели не хотят вникать во все проблемы иностранных студентов из-за отсутствия опыта или свободного времени. Некоторые преподаватели субъективно относятся к иностранцам, проявляют национализм. Иногда возникают ситуации, когда преподаватель не понимает студента, так как тот плохо владеет русским языком, и у него складывается впечатление, что этот студент плохо учится. Иногда студенты не успевают записывать лекции, так как преподаватели диктуют очень быстро. Но большинство преподавателей помогают студентам-иностранцам решать их проблемы, поддерживают их в учебе (объясняют подробно задания, психологически поддерживают).

Обучение иностранных студентов в ТПУ происходит на базе Института международного образования и языковой коммуникации (ИМОЯК ТПУ).

Для выявления основных проблем адаптации иностранных студентов было проведено анкетирование и статистический анализ результатов. Всего в исследовании приняло участие 100 студентов ИМОЯК из Вьетнама, Китая, Египта, Кипра, Монголии, Ирака, Индии, Германии, Ирана, Ганы, Колумбии, Эквадора.

По мнению иностранных студентов, владение русским языком не является доминирующим фактором успешной адаптации – на первом месте стоит наличие хороших друзей и знакомых (40 %), а владение русским языком (29 %) имеет такое же значение, как материальная обеспеченность (25 %). У 45 % иностранных студентов складываются дружеские отношения с российскими студентами, у 37 % – приятельские, лишь 7 % испытывают некоторую напряженность в отношениях, а 11 % занимают нейтральную позицию. Также установлено, что имеются существенные различия по различным показателям адаптации как между юношами и девушками, так и между студентами разных стран.

Таким образом, учитывая позитивный психологический климат, складывающийся как в месте проживания, так и обучения иностранных студентов, можно уверенно говорить об успешной адаптации большинства иностранных студентов ТПУ. Кроме того, динамика изменений отношений иностранных студентов с российскими такова, что на 4-м курсе никто из них не характеризует эти отношения как напряженные – почти 90 % иностранных студентов оценивают их как дружеские или приятельские, т. е. к 4-му курсу практически все ино-

странные студенты полностью адаптируются в сфере межличностных и внутригрупповых отношений.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что попадая в иную социокультурную среду, иностранный студент испытывает необходимость адаптироваться к ней с разных позиций:

- как представитель своей страны, т.е. как носитель своей социокультуры, традиций, обычаев, норм поведения, системы ценностей;
- как социализированная личность с присущими ей специфическими личностными особенностями;
- как студент, т.е. субъект деятельности педагогической среды и как объект воздействия этой среды на него.

Несмотря на множество проблем, которые существует у иностранного учащегося, он, как и все студенты мира, старается провести свое время с пользой для себя и для других.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Витенберг Е. В. Социально-психологические факторы адаптации к социальным и культурным изменениям. – СПб., 1995.
2. Иванова М. А., Титкова Н. А. Социально-психологическая адаптация иностранных студентов первого года обучения в вузе. – СПб., 1993.
3. Ширяева И. В. Особенности адаптации иностранных студентов к учебно-воспитательному процессу в советском вузе. – Л., 1980.
4. Берестнева О. Г., Марухина О. В., Щербаков Д. О. Проблема адаптации иностранных студентов как проблема адаптации субъекта деятельности к измененным условиям [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования – 2013. – №. 1. – С. 1-7. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2013/4/383.pdf>
5. Шевелев Г. Е., Берестнева О. Г., Нгуен Б. Х. Проблемы адаптации иностранных студентов к обучению в России [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №. 3. – С. 1. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2012/3/145.pdf>

Научный руководитель: Д.Л. Матухин, к.т.н., доцент каф. ИЯЭИ ЭНИН ТПУ.

THE PROBLEM OF PIPELINE VALVES REPLACEMENT

Y.V. Bazykin, A.K. Sharonova, E.Y. Sokolova
NR TPU, Institute of Power Engineering, Department of Nuclear and
Thermal Power Plants, group 5BM51

The chosen theme is crucial but specific. From practical experience is known that the operation concerning the replacement of the whole pipeline valves at an electrical station is not economically profitable, since pay-back of such project is long and can last for decades. However, nobody studied and considered this issue from a technical point of view. Therefore, it is necessary to investigate this procedure.

The object of our research is Gusinozerskaya thermal power plant put into operation in 1976. At that time, the pipe valves installed were modern and new. The resource of the whole pipeline valves is about 100 thousand hours, which is about 15 years. In 1981, it had to undergo the replacement. However, currently, most of the valves have worked off their service life. The old equipment is still in service, firstly because it is too expensive and unprofitable to replace, secondly by proper maintenance the old equipment can operate for a long time without replacement.

The purpose of this research is to consider the efficiency of the replacement of the obsolete old pipeline valves by the new ones.

First of all it is important to analyze and define what pipe and tube valves are.

Pipe and tube valves are facilities installed on pipelines, units, vessels and intended to control (switching off, distribution, control, reset, mixing, phase separation) the working fluid flow (liquid, gas, gas-liquid, powder, suspension, and etc.) by changing passage area.

The main parameters of the valve are as follows: its performance, pressure, temperature, bandwidth, corrosion resistance, drive type, required torque for valve control, time response.

The main construction-mounting options include:

- nominal diameter passage
- construction length and height
- Weight
- Type of connection to the pipeline
- the design and dimensions of connecting flanges
- The number, size and location of the holes in the flanges
- cutting welded to the pipeline

Materials.

The main materials used for valves construction are: grey cast iron, ductile iron, acid-iron, heat-resistant cast iron, alkali-resistant cast iron, anti-friction iron, steel, carbon steel and alloy steel.

The technology of pipeline valves maintenance

Pipe and fittings, depending on the degree of wear of their parts and assemblies and repair category are repaired in a workshop or on-the installation site. Typically, larger valves are not removed from the pipe and their assembly and disassembly is carried out on the site.

The valves with a nominal diameter of DN 10-20 mm by the overhaul of the main power equipment are basically repaired in the workshop (workshop or on the site of its installation). By the current trend to increase the duration of the service period the repair of valves must be based on the rating method. The increase of the life service of the basic equipment is only when the valves are dismantled and deliver to the shop for disassembly and repair.

Visual inspection checks all the components of the valve, with the exception of the components are not allowed to reuse (gaskets, packing, etc.). Visual inspection pay special attention to the places most susceptible to corrosion, erosion and mechanical wear (sealing surface of the gate, the regulatory body, the cylindrical surface of the gate, the regulatory body, the cylindrical surface of the spindles, rods, packing follower, packing rings, etc.).

Trouble-free time of all newly installed elements of pipeline valves in the system is much higher than the ones that are running under load for a long time. Thus, we can conclude that trouble-free operation of the equipment leads to improved reliability of the entire power station.

It is well-known that the scheduled replacement and repair of pipe valves is slower than the rate of their wear. To ensure reliable operation of networks and facilities is impossible without their modernization and replacement of valves and pipes. The longer the pipe fittings-service life is, the more often an emergency replacement procedure occurs.

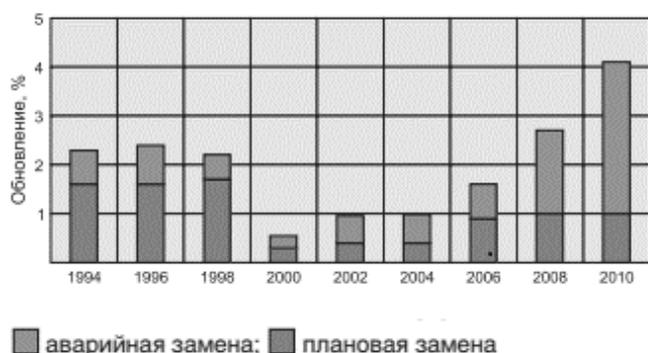


Fig. 1. The dynamics and structure of renewal of fittings

Figure 1 shows an example of the dynamics of renewal of valves at the municipal enterprise of Samara "Samarovodokanal." The situation at other hydropower plants and thermal power plants is similar.

The move from permanent emergency repairs to a planned upgrade is possible by the introduction of modern high-quality equipment with long life service and trouble-free operation.

The experience of the valves use shows that investment in the replacement of valves does not only ensure stable operation of the system, but also can be recouped within the long run.

Modern valves for pressure systems are made of ductile cast iron with nodular graphite (ductile iron). According to its working characteristics this material is close to steel. Like any high-tech material, ductile iron castings requires special technology, equipment, qualified personnel and special controls.

Ultimately, the best guarantee of the quality of the equipment is its uptime, so when choosing a manufacturer you must make sure you have the appropriate positive experience in Russia or countries with similar climatic conditions.

To find out the causes of effective and ineffective operation of equipment the SWOT-analysis was made.

The SWOT-analysis is intended to determine the strengths, weaknesses and potential external threats and opportunities and allows also to assess the strategically important competitors.

SWOT-analysis

Opportunities	Strengths
The presence of external investors	Friendly and co-ordinated staff
There is no competition at the market - the equipment is free access	Availability of the equipment
Threats	Weaknesses
Not all investors are willing to sponsor the project	It is necessary to hire some special maintenance teams
Very big payback period	The work must be carried out as soon as possible
Long of purchased equipment	Weak reputation of the project

The total cost of replacing makes up 9.283 million rubles.

The total cost to repair all pipe valves = 4.226 million. rubles.

Such a large difference in cost is due to the fact that the repair-parts two-thirds are less than the new equipment.

Conclusion

We came to the conclusion that the replacement of all obsolete valves results in the reliability increase of the whole power station. However, the replacement of all obsolete valves is economically unfeasible and it is difficult to find companies ready to invest to the project.

REFERENCES:

1. Grigor'eva, V.A. *Teplovye i atomnye elektricheskie stantsii: Spravochnik* / V.A. Grigor'ev, V.M. Zorin. – M.: Energoatomizdat, 1982. – 624 s.
2. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya teplovykh elektricheskikh stantsiy. – M.: Minenergo SSSR, 1981.
3. Ryzhkin, V.Ya. *Teplovye elektricheskie stantsii* / V.Ya. Ryzhkin. – M.: Energoatomizdat, 1967.
4. Rivkin, S.L. *Teplofizicheskie svoystva vody i vodyanogo para* / S.L. Rivkin, A.A. Aleksandrov. – M.: Energiya, 1980. – 425 s.
5. Tsyganok, A.P. *Proektirovanie teplovykh elektricheskikh stantsiy: ucheb. posobie*/A.P. Tsyganok, S.A. Mikhaylenko; KrPI – Krasnoyarsk, 1991. – 119 s.
6. Emelina, Z.G. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: ucheb. posobie* / Z.G. Emelina, D.G. Emelin; Krasnoyar. gos. tekhn. un t. – Krasnoyarsk: IPTs KGTU, 2000. – 183 s.
7. Gurevich D.F. *Truboprovodnaya armatura: Spravochnoe posobie*. – 2-e izd., pererab. i dop. – L.: Mashinostroenie, Leningr. otd-nie, 1981. – 368 s.
8. Smirnov A.D. *Spravochnaya knizhka energetika* / A.D. Smirnov, K.M. Antipov – M.: Energoatomizdat, 1987.
9. Belov, S.V. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti.*/ S.V. Belov, A.V. Il'nitskaya, A.F. Koz'yakov. – Krasnoyarsk: Vysshaya shkola, 1999.
10. Armatury truboprovodnaya. Raschet pokazateley nadezhnosti. RD 24-207-06-90

GEOTHERMAL POWER ENGINEERING

Д.В. Перемитин¹, В.В. Воробьева²
^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН, ²ИЯЭИ, ¹группа 5А44

Abstract

Our world is changing and it becomes more and more real to replace traditional sources of energy by new ones. Alternative sources of energy have a lot of pluses and minuses. Alternative energy seems to be really ef-

fective and geothermal energy as a type of alternative energy looks effective too. This paper deals with geothermal energy, its advantages and disadvantages, prospects of using this kind of energy.

Key words: alternative sources of energy, geothermal power engineering, electricity.

Introduction

Developing of human needs and improving technologies compel people to produce more and more electricity annually. These reasons give a push to develop both traditional and alternative power engineering. Geothermal power engineering is a kind of alternative power engineering. A theme of geothermal energy is very popular among scientists and economists nowadays because oil, gas and coal reserves are not unlimited and people have to look for new ways to produce electricity.

Main discussion

General information

Geothermal energetics can be divided into two types: hydrothermal energetics and petrothermal energetics. People use heat of rocks in petrothermal energetics and heat of water or hot steam in hydrothermal energetics [1].

The first geothermal power plant was created in 1904 in Italy by Prince Piero Ginori Conti. Modern power stations are a lot better and more productive. The principle of their usage is based on applying geothermal coolant, steam (superheated or wet) or hot water, which comes out from the ground, with a depth of 500 to 3000 meters to produce electric power. The depth of 3000 m is not the limit of modern geothermal power stations. There is a well with the depth more than 6 kilometers in Russia, and deeper than 9 kilometers in the US. The deepest well in the world was drilled on the Kola Peninsula. Its depth is 14 kilometers. It works in a test mode for the time being.

Geothermal properties of a coolant, which serves to produce electricity, depend on characteristics of equipment. The coolant forms in a reservoir in the process of interaction with rocks [3].

Limitations of geothermal power plants

There are four main problems in this kind of energetics.

The first problem is exploring sources and drilling wells. Drilling is not a cheap process. One meter of a well often costs about 8 thousand of roubles.

The second problem is ecology. Firstly, discharged water is often drained into ponds or rivers. Sometimes this water contains dangerous components and harmful gases, methane or carbon dioxide for example. These substances always affect nature. Secondly, geothermal power plants

sometimes emit noise and it is changing the flora and the fauna of the area, where a power plant is located [1].

The third problem is depletion of sources and changings of geology in these areas. Ground sink, when people take a lot of water from the depths of the Earth.

The forth problem is corrosion of plants and scaling. Underground thermal waters contain aggressive impurities which can damage pipes and rigs [2].

Prospects for the development of geothermal energetics

Geothermal energy is a relatively new trend in the energy sector, but it has gained popularity in many countries. Commercial use of geothermal sources is common in Iceland, New Zealand, Italy, France, Lithuania, Mexico, Nicaragua, Costa Rica, the Philippines, China, Indonesia, Japan and Kenya. The United States is the largest producer of geothermal energy in the world. This country produced 16 billion KWh of electricity in 2005, and in 2009 the total capacity of 77 geothermal power plants in the United States amounted to 3086 MW [3].

The largest geothermal power plant in the world with a capacity of 140 megawatts is located in Kenya.

The Russian Federation is also developing in the field of geothermal energetics. There were 56 geothermal power plants in Russia in 2006 and thus a number of plants are growing year after year. Mutnovskaya geothermal power plant is the greatest in our country. It produces about 360 million KWh of electricity annually. Some scientists have a plan to increase the amount of generated electricity.

Geothermal energetics is really perspective because it produces enough cheap and eco-friendly electricity, it provides with the job lots of people and let people save fossil fuels [1].

Conclusion

Geothermal energetics is going to be widespread around the world because it has a lot of pluses and few minuses. It will provide people with the job for many years. Also it will help people to save money and fossil fuels. That is why geothermal energetics is so important in our unstable times.

REFERENCES:

1. Баскаков А. П., Мунц В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М.: Издательский дом «Бастет», 2013. – С. 41-53.
2. Берман Э. Геотермальная энергия. - М.: Мир, 1978. – 416 с.

3. Трухний А. Д., Изюмов М. А., Поваров О. А., Малышенко С. П. Основы современной энергетики. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008, Т.1. – С. 406-429.

Научный руководитель: В.В. Воробьева, к.ф.н., доцент каф. ИЯЭИ ЭНИН ТПУ.

HYDROGEN FUEL ENERGY

А.А. Koryagin¹, V.V. Vorobeva²

^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН, ²ИЯЭИ, ¹группа 5А44

Abstract

Nowadays there are many environmental problems in the world. Atmospheric pollution is one of the major issues. Much pollution comes from different engines and vehicles. The solution lies in discovering of either a new energy resource or form of energy and this will lead to a new technological stage. This paper deals with issues facing hydrogen fuel as an alternative source of energy, its advantages and disadvantages.

Key words: hydrogen fuel, energy, vehicle, hydrogen fuel cells, environment.

Introduction

Hydrogen fuel is zero-emission fuel, which uses electrochemical cells or combustion in internal engines, to power vehicles and electric devices. It is also used in the propulsion of spacecraft and might potentially be mass-produced and commercialized for passenger vehicles and aircraft.

In 2009, about 25% of carbon dioxide emissions into the atmosphere of the Earth were made as a result of various kinds of transport [1]. The IEA estimates that by 2050 this number will have been doubled and will continue to grow as the developing countries will increase the number of private vehicles. In addition to carbon dioxide into the atmosphere of nitrogen oxides are responsible for the increased incidence of asthma; sulfur oxides are responsible for acid rain, etc.

In maritime transport cheap low-quality grades of fuel are often used. Maritime transport emits sulfur oxide is 700 times more than road transport. According to the International Maritime Organization CO₂ merchant fleet reached 1.12 billion tons per year [2].

Main discussion

Use of hydrogen fuel and its advantages

Hydrogen can be used as fuel in a conventional internal combustion engine. In this case, the engine power is reduced to 82% - 65%, compared with a gasoline embodiment. But if to make small changes in the ignition system, the engine power is increased to 117% in comparison with a gasoline embodiment, but then the output of nitrogen oxides will increase due to the higher temperature in the combustion chamber, and increases the likelihood of overcooking the valves and pistons in continuous operation on high power. In addition, hydrogen at temperatures and pressures, which are created in the engine, is capable of reacting with materials of construction of the engine and lubrication, leading to rapid deterioration of. Also, hydrogen is very volatile, because of using of conventional carburetor supply system can penetrate into the exhaust manifold, which also ignites due to heat [2]. Conventional reciprocating internal combustion engines are ill-suited to work on hydrogen. Typically, for the hydrogen rotary internal combustion engine is used, since it dramatically exhausts manifold away from the inlet.

Currently in limited quantities the following items are available:

- BMW Hydrogen 7 and the Mazda RX-8 hydrogen - dual-fuel (petrol / hydrogen) cars. Use liquid hydrogen.
- Ford E-450. Bus.
- City buses are low-floor MAN Lion City Bus.

The widespread adoption of hydrogen fuel is hindered by higher cost of hydrogen compared with usual liquid and gaseous fuels, the lack of necessary infrastructure. An interim solution could be a mixture of traditional fuels with hydrogen. Hydrogen can be used to improve the ignitability of lean mixtures in combustion engines running on conventional fuels [3].

Hydrogen fuel cells can produce electricity for the electric motor in a vehicle, thus replacing the internal combustion engine or using is becoming a reality for the time being.

Disadvantages hydrogen fuel

The danger of using hydrogen as a fuel is related to two factors. On the one hand the high volatility of hydrogen, because of which it gets through very small gaps, and ease of ignition. On the other hand in the breakdown of the fuel tank gasoline spills puddle on the surface, whereas hydrogen evaporates as directed jet. However, there is a danger of filling the enclosed space of vehicle interior hydrogen [4].

A mixture of hydrogen with air explosive is more dangerous than gasoline, as it burns in the mixture with air in a wide range of concentrations. Gasoline is not lit when the lambda less than 0.5 and more than 2, hydrogen burns with such great proportions. However, the hydrogen stored in tanks at high pressure, in case of breakdown of the tank quickly evaporates [4]. For transport special safe hydrogen storage systems are developed

- tanks with multilayer walls, special materials, etc., for example, the tank of nanotubes filled with hydrogen. But still it generally increases the cost of the entire cycle of the vehicle, lying down costs on the shoulders of consumers.

Hydrogen power plant on the basis of the traditional internal combustion engine is much harder and more expensive to maintain than a conventional internal combustion engines (especially diesel). According to MIT, the exploitation of hydrogen car at this stage of development of hydrogen technology costs a hundred times more expensive than gasoline.

As long as there is not enough operating experience of hydrogen transport. There is no possibility of a quick refuel en route from the canister or from another car.

To fill the need to build a network of hydrogen filling stations. For gas stations to refuel vehicles with liquid hydrogen equipment costs are higher than for petrol stations to refuel vehicles with liquid fuels (gasoline, ethanol and diesel fuel). Price is 8 Euros per liter (600 rubles).

Volatility is the major minus of the highest hydrogen gas. Thus, the hydrogen is difficult to maintain as a liquid, it is difficult to store hydrogen, transportation and use in the tank. Since the fuel evaporates from the tank is completely in a short time. For nine days half bank vaporized fuel BMW Hydrogen. At the moment there is hydrogen produced by electricity consumption of a significant amount.

Conclusion

Hydrogen fuel energy will help to address the issue of environment protection. The preferences to use hydrogen energy to fossil fuels would be world's salvation. To realize this, much investment should be made in this field of economy. Pros of hydrogen fuel energy prevail over its cons. Hydrogen is very competitive type of fuel and it is safe for environment.

REFERENCES:

1. Мацкерле Ю. Водород и возможности его применения в автомобиле // Современный экономичный автомобиль [Automobil s lepší účinností]. Пер. с чешск. В. Б. Иванова. - М.: Машиностроение, 1987, С.273 – 282.
2. Подрожанский М. Водородное топливо. http://www.autoreview.ru/archive/2006/17/mazda_rx8_hydrogen/
3. Курченко Л. Водородный взрыв, 2008. <http://www.companion.ua/articles/content?id=17937&Callback=72>

4. Swain M. Fuel Leak Simulation
<http://evworld.com/library/swainh2vgasVideo.pdf>

Научный руководитель: В.В. Воробьева, к.ф.н., доцент каф. ИЯЭИ ТПУ.

DIAGNOSTICS OF INDUCTION MOTOR SHORT-DAMAGED ROTOR WINDING

Yu.Z. Vassilyeva

Tomsk polytechnic university

Institute of Power Engineering, Department of Power Grids and Electrical Engineering, 5A2G

Introduction

A squirrel-cage rotor damage is common and difficult to control during induction motors operation. This amounts up to 10% of the damage depending on the capacity and type of machine [1]. It is very difficult to identify squirrel-cage rotor mechanical damage because of the lack of information sources about the rotor winding electrical parameters. The main line of research in such damage diagnostics is stator currents and voltages frequency estimation [2], because any damage in rotor circuits distort a motor magnetic field, and therefore, distortion should be visualized in the stator currents and voltages depending on the type of a damage.

The induction motor feature is a variable rotor speed depending on the shaft load, and, consequently, damaged defect of rotor winding creates a distortion in the shape of the stator current with changeable frequency [3]. Using spectral analysis is justified for stationary signals, which are periodic. The presence of the Fourier spectrum instability in the stator current decomposition does not give an unambiguous interpretation of the "squirrel cage" technical state. A stator currents decomposition based on wavelet transform is a promising direction [4].

Problem statement

On the basis of experimental data to investigate the possibility of applying the wavelet transform to identify the diagnostic feature of short-circuited winding mechanical damage.

Experimental data and their processing

Figure 1 shows the waveform of the induction motor phase currents in the presence of cracks in the rotor winding bar.

The phase current signals were received via galvanically isolated current sensors and through the signals input card were fed from the AD

conversion to the computer. Then arrays of digital values were processed in MATLAB in which there are various wavelet functions.

The continuous direct wavelet transform is carried out on the basis of the following formula:

$$C(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)a^{-1/2}\psi\left(\frac{t-a}{b}\right)dt,$$

wherein $C(a,b)$ – wavelet coefficients; a – scale parameter; b – time parameter; $\psi_{a,b}$ – basis function.

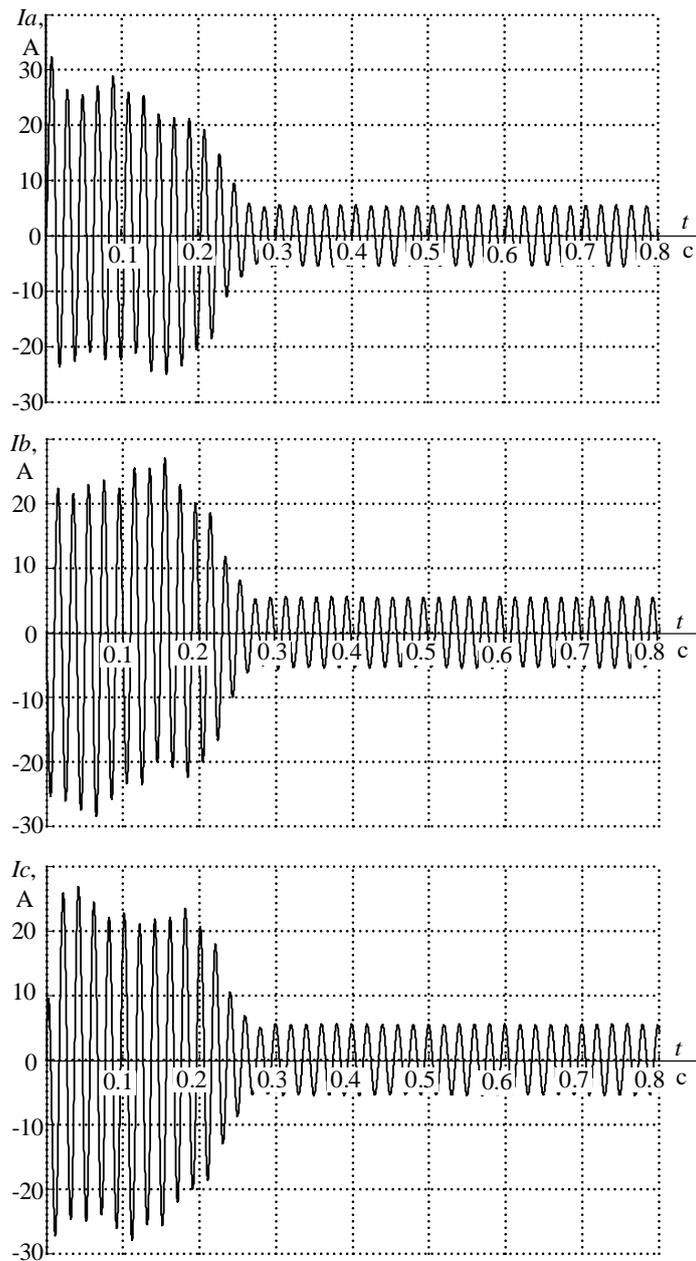


Fig. 1. Waveform of the induction motor phase currents in the presence of cracks in the rotor winding bar

Higher values a correspond to low frequency, lower values b - high frequency [5].

The finiteness condition restricts the set of functions which can be used as wavelets:

$$C_{\psi} = \int_{-\infty}^{\infty} (|\psi(\omega)|^2 / \omega) d\omega < \infty$$

As the basic functions can be selected any functions, including intermittent, pulse, trigonometric functions, etc. The wavelets number used in the signal decomposition determines a decomposition level. The Haar wavelet was used in the analysis of experimental data. The comparative analysis showed that the significant differences of the stator phase currents with damage and without damage are not revealed.

The distortion is transmitted through the magnetic field and the magnetic field is common to the whole machine. Then it was decided to carry out wavelet analysis for resulting module of stator currents, which can be found by the next formula:

$$i_s = \sqrt{\frac{2}{3}(i_A^2 + i_B^2 + i_C^2)}$$

wherein i_A, i_B, i_C – instantaneous values of the stator windings currents.

Fig. 2 shows the resulting module of stator currents during the induction motor start-up with damage (fig. 2,b) and without damage (fig. 2,a). As it can be seen from fig. 1 and fig. 2 the distortion caused by the bar breakage are small in phase currents and are more informative in the resulting module of stator currents.

The resulting vector of stator currents module was decomposed into components with using the Haar wavelet and then recovered by a procedure of inverse wavelet transform from coefficients of the respective decomposition levels.

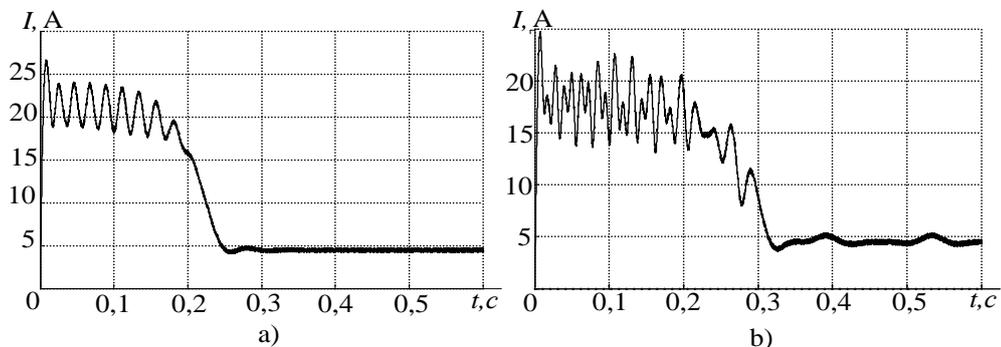


Fig. 2. Resulting module of stator currents during the induction motor start-up:
a - without damage; b - with damage

Fig. 3 shows graphs of the fifth component signal decomposition unit resulting stator currents (D5). In the other coefficients changes were not observed.

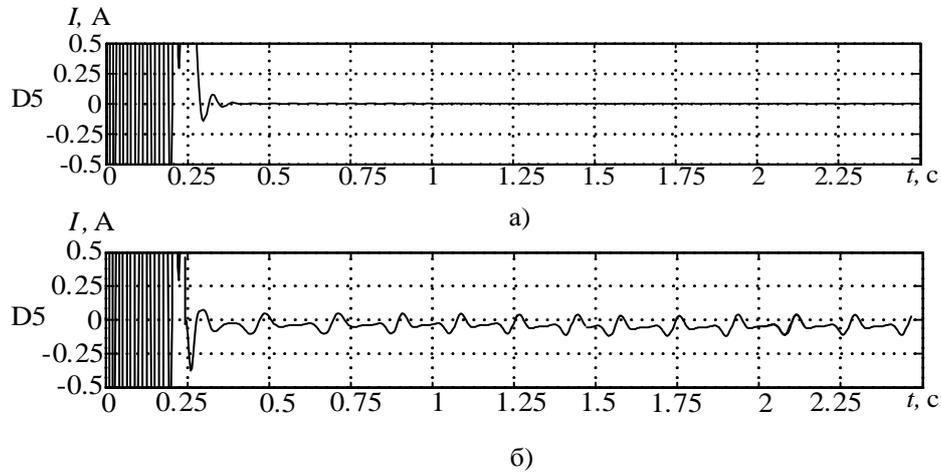


Fig. 3. Graphs of the fifth component signal decomposition unit (D5):
a - without damage; b - with damage

D5 component responds to breakage of rotor bar and its ripple amplitude increases with increasing number of broken bars, which serves as a unique diagnostic sign of a defect presence.

Conclusion

Using the wavelet decomposition into components in the analysis of stator currents to identify a damage in the induction motor rotor winding is more informative than the spectral analysis.

The wavelet decomposition of stator currents resulting module is preferable, because in this case, the information sign of a damage is more pronounced than with wavelet decomposition of individual phases currents.

REFERENCES:

1. Sivokobylenko V.F., Kostenko V.I. Causes of the motor damage in starting conditions in the thermal power block stations // *Elektricheskie stancii*. 1974. no.1, pp. 33-35.
2. Rogachev V.A. Diagnosing of the induction motors rotor eccentricity according to the harmonic structure of the stator current: Ph.D. dissertation, 05.09.01. Novocherkassk, 2008, p.173.
3. Kupcov V.V. Development of the induction motors diagnosing method based on the finite element model: Ph.D. dissertation, 05.09.03. Magnitogorsk, 2010, p.142.
4. Polishchuk V.I., Glazyrin A.S., Glazyrina T.A. Functional wavelet-diagnostics of electrical machines rotor three-phase windings// *Elektrichestvo*. 2012. no. 6, pp.42–45.

5. D'jakonov V. P. Wavelets: From Theory to Practice // V. P. D'jakonov. – M.: Solon-R, 2002, p. 448.

Scientific supervisor: E.O. Kuleshova, Ph.D. of Department of Power Grids and Electrical Engineering, Tomsk Polytechnic University.

TIME CONSTANT OF THE APERIODIC COMPONENT OF THREE PHASE SHORT-CIRCUIT ANALYSIS

A.S. Varavin, N.M. Kosmynina

Tomsk Polytechnic University

Institute of Power Engineering; Department of Electric Power System

The time constant of the aperiodic component short-circuit - electromagnetic time constant that characterizes the decay rate of the aperiodic component of short circuit current. This value is important for the choosing a variety of equipment in power plants and substations, relay protection.

Therefore, there is need precise values of the this time constant for different points in any section of circuit with short-circuit. There are tables in reference book with the values of this time constant for the different versions of the devices, but they are may be invalid. In this paper will be analyzed short-circuit mode at the power station and will be defined damping time constant for the sources compared with the reference data.

Calculation of parameters of a short-circuit is performed using GTCURR programm for the power scheme shown in Fig.1.

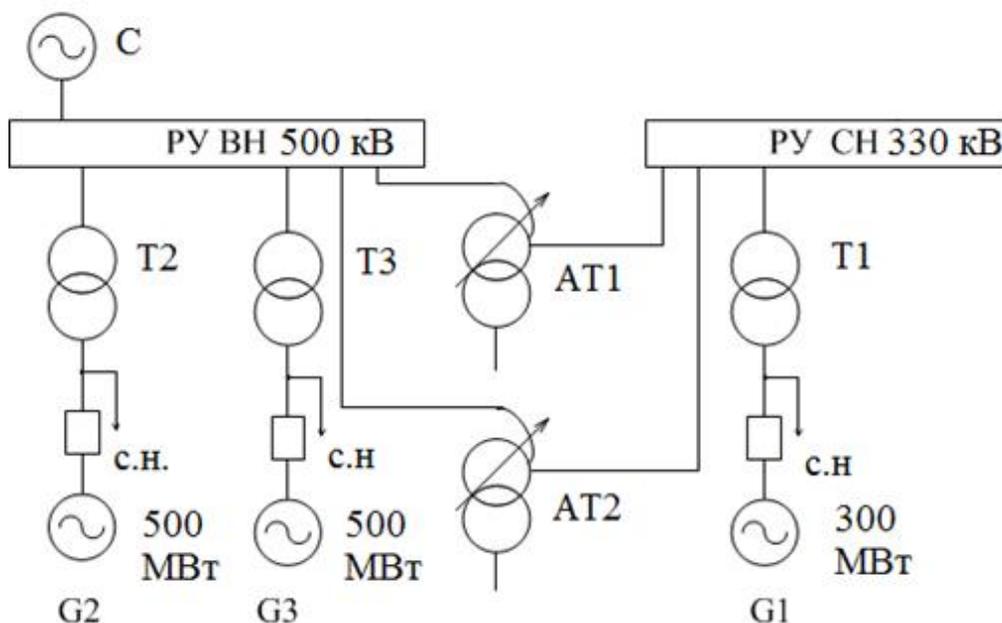


Fig. 1. Station structural scheme

GTCURR programm is intended for calculation the currents of the three-phase short circuit with elements such as "system", "line", "transformer", "generator", "reactor", "asynchronous motor", "synchronous motor", "synchronous compensator" and "generalized load" to the selection and testing of electrical conductors and power stations, substations and electrical networks.

Mapping in GTCURR carried out in two stages: the drawing of the working elements and connections on the workspace and enter the parameters of these elements. Circuit in Figure 1, implemented in GTCURR, presented in Figure 2.

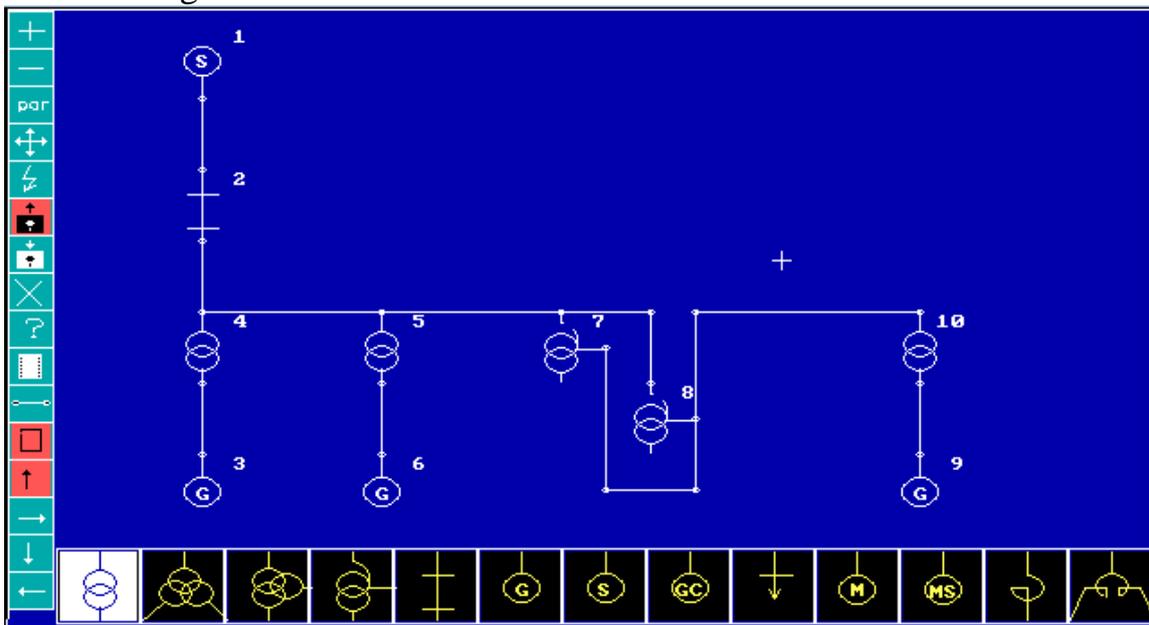


Fig. 2. GTRURR station structural scheme

The calculation of the three-phase short-circuit in some points indicated in Figure 3 conducted for certain equipment: system, line, transformer, generator.

The results of the calculation are tables of values for the decay time constant current sources, i.e. for currents on elements of C (1), G1 (9), G2 (3), G3 (6) for three-phase fault in different points of the circuit.

There are tables with the recommended values of time constant of the aperiodic component of three phase short-circuit in educational literature [1] --Figure 4.

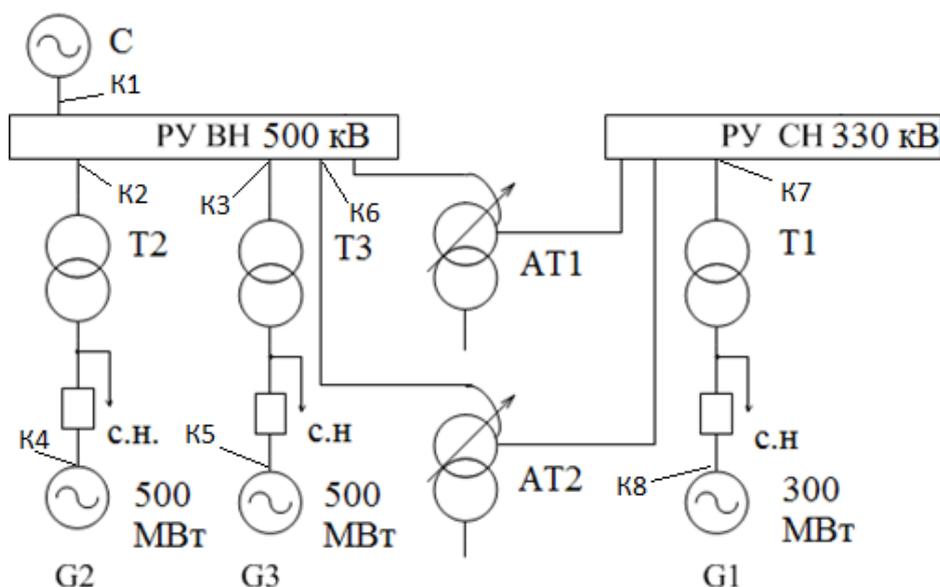


Fig. 3. Station structural scheme with marked points of three-phase short-circuit

Элементы или части энергосистемы	T_a, c	k_y
Турбогенераторы мощностью, МВт:		
12–60	0,16–0,25	1,94–1,955
100–1000	0,4–0,54	1,975–1,98
Блоки, состоящие из турбогенератора мощностью 60 МВт и трансформатора (на стороне ВН), при номинальном напряжении генератора, кВ		
6,3	0,2	1,95
10	0,15	1,935
Блоки, состоящие из турбогенератора и повышающего трансформатора, при мощности генераторов, МВт		
100–200	0,26	1,965
300	0,32	1,97
500	0,35	1,973
800	0,3	1,967
Система, связанная со сборными шинами, где рассматривается КЗ, воздушными линиями напряжением, кВ		
35	0,02	1,608
110–150	0,02–0,03	1,608–1,717
220–330	0,03–0,04	1,717–1,78
500–750	0,06–0,08	1,85–1,895
Система, связанная со сборными шинами 6–10 кВ, где рассматривается КЗ, через трансформаторы мощностью, МВ·А в единице		
80 и выше	0,06–0,15	1,85–1,935
32–80	0,05–0,1	1,82–1,904
5,6–32	0,02–0,05	1,6–1,82
Ветви, защищенные реактором с номинальным током, А		
1000 и выше	0,23	1,956
630 и ниже	0,1	1,904
Распределительные сети напряжением 6–10 кВ	0,01	1,369

Fig. 4. Tabulated values of decay time constant

The received results were compared to values, recommended for use for an equipment choice [1].

The analysis showed that recommended values are valid only for the generators, in case of short circuit on their conclusions, which means that use of recommended values for other points of short circuits is illegal.

REFERENCES:

1. Electric equipment of power plants and substations: the textbook for secondary professional education/L. D. Rozhkova, L. K. Karneev, T. V. Chirkov. — Moscow: Academy, 2007.

Scientific adviser: N.M. Kosmylina, Ph.D., assistant professor of department of electric power systems TPU.

AUTOMATIC TRANSFER SWITCH

K.N. Chichmanov¹, A.L. Buran²

^{1,2}Tomsk Polytechnic University

^{1,2}IPE, ¹Dep. Of Electric Drives And Equipment, Group 5Г3А, ²Dep. of Foreign Languages, Associate Professor

The aim of the present paper is to give information about automatic transfer switches (ATS) which are the best solutions when interruption of power during is not acceptable. They can be used in different environments, ranging from residential, agricultural and light commercial applications to the critical power needs of healthcare, financial and data center facilities. A transfer switch is an electrical switch that switches a load between two sources. Some transfer switches are manual, in that an operator affects the transfer by throwing a switch, while others are automatic and switch when they sense one of the sources has lost or gained power.

Automatic transfer switch devices are designed for power recovery by automatic switching of backup source, providing the protection for continuous power, when the main source fails.

These devices are powered from two or more independent and mutually supportive power supplies. A break in the power load of the consumer when one of the sources fails is only permitted on the automatic switch to backup power with a further full automatic restoration scheme to the emergency supply regime.

The automatic transfer switch device can connect a separate power source (generator, battery), or turn on the switch that separates the network, and is used in critical or life safety applications where a "no break" transfer is desired and when the power break may be only 0.3 - 0.8 seconds.

ATS are established in the industrial, residential, would-tum and public facilities with one-way service.

ATS devices are divided into:

- The unilateral action ATS. In such systems, there is one section of the labor supply, and one backup. This ATS will connect backup section if the power supply of the working section falls.
- The bilateral action ATS. In this system any of the two lines can be both working and backup.
- The delayed ATS. If the disconnected input voltage reappears, then delayed ATS turns on, so section switch is turned off. If short-term parallel operation of the two sources is not permitted, the first section switch is turned off and then turned to the opening. Then it drives back to its original state.
- ATS without delay.

Also, there are different requirements in the ATS device working:

- ATS shall operate in the shortest time after switching off the power source.
- ATS should always operate in the event of a power failure on the tires of consumers, regardless of the cause. In the case of the arc protection circuit ATS can be blocked to reduce the damage to short circuit. In some cases, it needs switching delay. For example, when you run the powerful engines on the consumer side, the scheme ABP should ignore under voltage.
- ATS shall operate once. This requirement is due to the inclusion of the inadmissibility of multiple redundant power in an unilluminated short circuit.

To sum up, this arrangement doesn't not only provide efficient use of feeding electrical equipment and power supply source, but also inhibits the risk of disconnection from the power consumers of the first and the second category for which a power failure can result in danger to human life, significant property damage, threats to state security, violation of complex processes.

REFERENCES:

1. Safely Installing Your Standby Electric Generator, Flathead Electric Cooperative, Inc.; Jul. 2006; Retrieved from <http://ecmweb.com/cee-news-archive/automatic-transfer-switch-guidelines>
2. Чернобровов Н. В., Семенов В. А. Релейная защита энергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.

3. Красник В. В. Коммерческая электроэнергетика. Словарь-справочник. – М.: ЭНАС, 2006. – 320 с.

Научный руководитель: А.Л. Буран, к.п.н., доцент каф. ИЯЭИ ТПУ.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «АСЭПТ»

Е.И. Фахрисламова

Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время актуальность системы энергосбережения определяется не только необходимостью экономии финансовых ресурсов, но так же и необходимостью эффективного использования энергоресурсов. В связи с планированием перехода на социальные нормы потребления энергии, становится актуальным и вопрос обеспечения реализации энергосберегающих мероприятий на объектах ЖКХ и хозяйственных предприятий.

Согласно действующему законодательству, в частности Федеральному закону от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» для всех потребителей электроэнергии устанавливаются необходимость перехода на энергосберегающие технологии и реализацию энергоэффективных мероприятий с целью снижения объемов ее потребления.

Так же в рамках статьи 13 ФЗ № 261-ФЗ определяется необходимость обеспечения учета используемых энергетических ресурсов и применения приборов учета при осуществлении расчетов за энергетические ресурсы.

В этой связи становится актуальным необходимость не только стандартных приборов учета потребления электроэнергии, но и применения современных инновационных форм и методов контроля потребления энергии. Одним из таких элементов является использование современных программных продуктов направленных на автоматизацию системы учета энергопотребления и автоматизацию системы управления энергопотребления.

На сегодняшний день, существуют средства автоматического управления освещением, например Sun Cheek, однако данные системы

имеют общую характеристику и могут только подстраиваться под конкретные условия и конкретное предприятие.

Так же на рынке программного обеспечения представлен такой продукт, как АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учета элек-троэнергии). Еще такую систему называют АИИС КУЭ – автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии.

В рамках данного программного продукта предусматривается процесс сбора информации с приборов учета, хранение и анализ информации, формирование отчетных сведений и передача показаний в установленную (зафиксированную) энергосбытовую компании.

Данная программа состоит из нескольких уровней: информационно-измерительного комплекса (ИИК), информационно-вычислительный комплекс энергообъекта (ИВКЭ) и информационно-вычислительный комплекс (ИВК).

ИИК – это нижний уровень АСКУЭ. Он обеспечивает измерение физических величин и преобразование их в информационные сигналы. Уровень включает в себя трансформаторы тока и напряжения, вторичные цепи, счетчики электроэнергии.

ИВКЭ, в свою очередь, обеспечивает сбор данных с уровня ИИК, частичное хранение и передачу их на следующий уровень. ИВКЭ включает в себя устройства сбора и передачи данных (УСПД) и каналообразующую аппаратуру.

ИВК – это верхний уровень автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) [1].

Компания «Центр автоматизации энергосбережения» предлагает следующий программный продукт «Учет потребления энергетических ресурсов».

Данный программный продукт позволяет организовать автоматизированный сбор показателей потребления энергетических ресурсов несколькими способами:

- агрегирование с устройств сбора и передачи данных;
- импорт из внешних автоматизированных систем учёта энергоресурсов;
- ручной ввод пользователями Системы;
- пакетная загрузка данных из файлов стандартного формата[2].

Наряду с этим программный продукт предоставляет пользователям инструменты контроля качества потребляемых энергетических ресурсов и возможность передачи данных о потреблении в другие информационные системы.

Итак, представленные в качестве примера две программы рассчитаны на сбор и анализ информации представляемой с приборов учета электроэнергии и рассчитаны на учетно-аналитическую характеристику потребления ресурса.

Актуальность программ данного типа является важной, в силу того, что ежегодно имеет место быть увеличение числа вводимых в эксплуатацию приборов учета энергетических ресурсов.

В подтверждение данного факта могут говорить сведения представляемые Федеральной службой государственной статистики, в рамках которой следует, что в 2013 году общее число расчетных точек учета энергетических ресурсов по сравнению с 2012 году увеличилось на 3,72%. Число расчетных точек учета, оснащенных приборами учета энергетических ресурсов за аналогичный период увеличилось на 4,55%. При этом число введенных в эксплуатацию приборов учета энергетических ресурсов сократилось в 4,7 раза. (таблица 1)

Табл. 1. Введено в эксплуатацию приборов учета энергетических ресурсов: электроснабжение: электрическая энергия [3]

Период	Общее число расчетных точек учета энергетических ресурсов	Число расчетных точек учета, оснащенных приборами учета энергетических ресурсов	Введено в эксплуатацию приборов учета энергетических ресурсов
2012 год	2 005 364	1 917 284	1 775 495
2013 год	2 080 153	2 004 616	377 473

Итак, показатели таблицы 1 еще раз наглядно свидетельствуют о необходимости современного инновационного подхода к решению вопроса учета потребления электроэнергии.

Однако, как уже было выше сказано, представленные на рынке программные продукты рассчитаны на учет электроэнергии, сбор информации, возможности передачи сведений в нерегистровую компанию.

Автором исследования совместно со специалистом IT был разработан проект программного продукта позволяющего усовершенствовать механизм управления электроэнергией в рамках объектов ЖКХ. Предлагаемый программный продукт предназначен для предприятий сферы ЖКХ, при этом может быть модифицирован и преобразован с учетом потребностей предприятия не зависимо от профиля деятельности.

Разработанная программа «АСЭП» призвана, не просто обеспечить автоматизированное включение/отключение освещения, но так же sms контроль над системой, а так же возможность индивидуальной настройки системы для конкретного предприятия, кроме того система имеет возможность перенастройки с учетом потребностей заказчика программы.

В рамках использования программного обеспечения «АСЭП» на предприятии может быть установлено автоматическое отключение/включение электроэнергии в подсобных и иных помещениях в определенных временных рамках, при этом система будет автоматически включать/отключать электроэнергию в указанных кабинетах, помещения и т.д..

Следует отметить, что в рамках использования ПО «АСЭП» в случае если по истечению определенного периода времени предприятию понадобится изменить расписание процесса включения/отключения электроэнергии, то при соблюдении определенных манипуляций этот процесс будет осуществлен.

Важно, что разработчиками в рамках ПО «АСЭП» предлагается индивидуальная доработка программного продукта с учетом специфики и потребностей предприятия.

В рамках программного продукта «АСЭП» предполагается использование следующих аспектов:

1. установка пользователей способных задавать параметры включения/отключения оповещения;
2. расписание отключения/включения освещения. В рамках данного аспекта пользователю предоставляется возможность установки конкретного временного промежутка (дни, недели и месяцы), конкретного периода времени, в течение которого будет осуществляться процесс управления светом (рис.1).

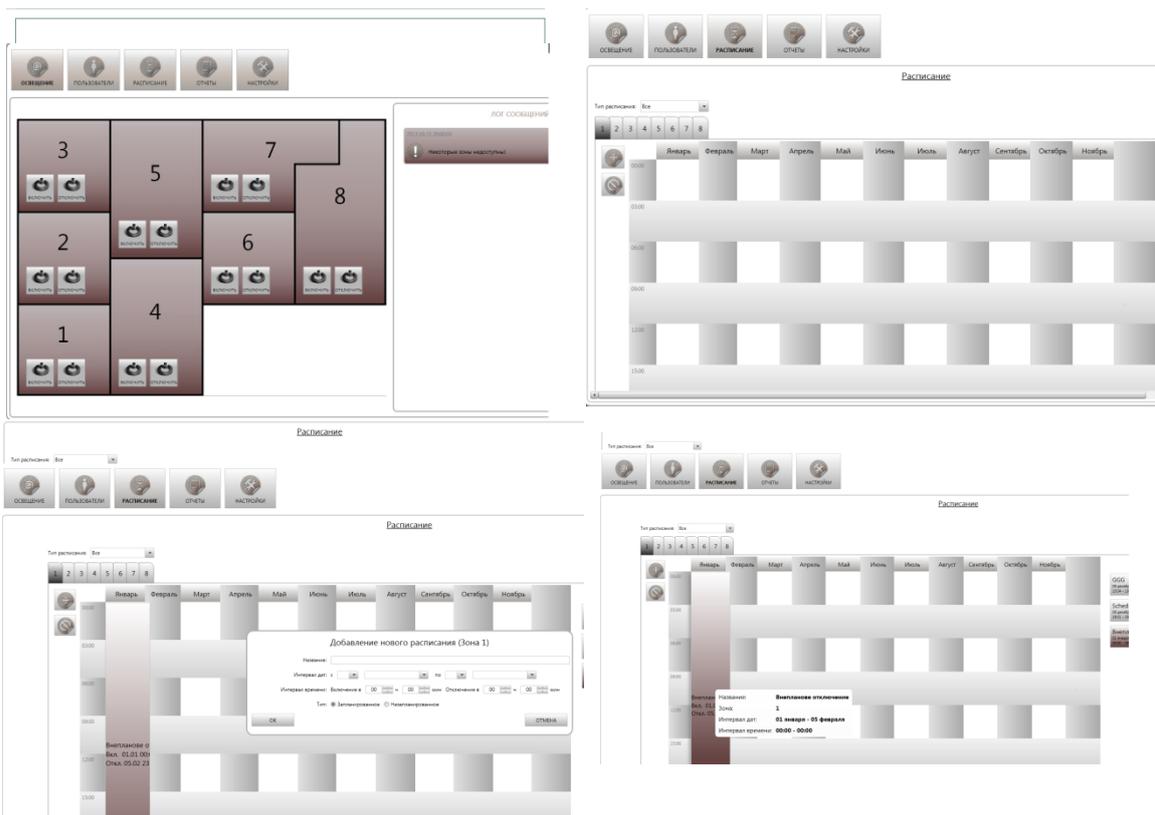


Рис. 1. Визуализация интерфейса расписания отключения/включения освещения

3. создание отчетов по процедуре включения и отключения освещения.

В рамках программного продукта «АСЭП» предполагается решение следующих практических задач:

- Разработка программного продукта по автоматизации освещения различных объектов ЖКХ и хозяйственной деятельности, с учетом использования ПК.
- Обеспечение реализации современных инновационных технологий по энергосбережению на различных субъектах хозяйственной деятельности.
- Формирование рынка энергосберегающих технологий с учетом индивидуального подхода.

Разработка и реализация такого рода программного продукта позволяет обеспечить субъекты ЖКХ современным программным средством, который позволит не только организовать сбор данных с приборов учета электроэнергии, но так же обеспечить автоматизированное управление подачи электроэнергии к носителям, формирование расписания процесса подачи электроэнергии, sms-оповещение внештатных ситуаций.

В целом программный продукт «АСЭП» является программой, которая может быть «надстроена» и расширена с учетом потребностей заказчика, так же может быть модифицирована с учетом объекта на базе которого и будет установлена.

Разработка и внедрение современных нестандартных программных продуктов автоматизации электропотребления и электроснабжения позволяет решить актуальные задачи и реализовывать мероприятия в рамках государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» по снижению потребления электроэнергии в рамках процесса энергосбережения и энергоэффективности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. АСКУЭ для всех. Официальный сайт компании ООО «Инжиниринговая компания «Энфорс»»//Электронный ресурс// http://nforceit.ru/about_company/about_us (дата последнего обращения 19.09.2015)
2. Учет потребления энергетических ресурсов. Официальный сайт компании ООО «Компания «Центр автоматизации энергосбережения» Электронный ресурс// http://caesber.ru/products/energoeffektivnost/uchet_potrebleniya_energeticheskikh_resursov.php (дата последнего обращения 19.09.2015)
3. Технологическое развитие отраслей экономики. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ // (Электронный ресурс) http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment/# (дата последнего обращения 18.09.2015)

Научный руководитель: С.С. Чернов, к.э.н. Новосибирский государственный технический университет.

MODEL OF SYNCHRONOUS GENERATOR FOR REMOTE PERTURBATION

V.A. Kolchanova, S.S. Tarasenko
National research Tomsk Polytechnic University

Introduction

The model of the synchronous generator with damper windings is described with the system of six differential equations. Two first are written for direct and quadrature stator windings. Three next equations are written for the rotor windings. Direct and quadrature damper windings and excitation winding are included into the rotor windings. Sixth, the differential equation is nonlinear. This equation describes the relationship of inertia, electromagnetic and mechanical torques acting on the rotor shaft. The solution of these equations is not an easy task. However, the art of modelling is not the ability to solve complex equations, but the ability to lossless main, the main features of the phenomenon to transform the original complex system into a simpler, guided by the conditions faced by the system under study. Therefore, the aim of this paper is to study the model of the generator in an environment where the original complex system can be simplified, but without losing the basic characteristics of the model.

If the point of application of the disturbance is far from the generator, the generator is allowed in the equations do not take into account the electromagnetic transients in the damping circuits. Because damping circuits shorted and, consequently, their currents are only free - aperiodic component which decays rapidly, without having to wait for the disturbance. Due to the large inertia of the rotor speed of the rotor changes slowly, so we can assume that there is no slip. And equations to describe the transient generator take the form [1, 3]:

$$Ri_d + \frac{x_d}{\omega_0} \frac{di_d}{dt} + x_q i_q + \frac{1}{\omega_0} \frac{dE_q}{dt} = -u_d;$$
$$-x_d i_d + Ri_q + \frac{x_q}{\omega_0} \frac{di_q}{dt} - E_q = -u_q; \quad (1)$$

$$T_r \frac{d}{dt} [(x_d - x'_d) i_d + E_q] + E_q = e_r;$$

Here E_q – quadrature-axis synchronous voltage is proportional to the excitation current i_f . This value is to be determined. T_r – time constant of the circuit excitation closed loop circuit of the stator. i_q, i_d – direct

and quadrature токи статора. $e_r = U_f x_{ad} / x_f$ – electromotive force proportional to the stator voltage. x_q, x_d, x'_d, r – the main technical data of the machine: synchronous reactance in the direct and quadrature axes, direct axis transient reactance, resistance of the stator winding, respectively.

When the solution of differential equations (1) it is more convenient to use the continuously changing value E'_q – quadrature-axis transient electromotive force. It is proportional to flux linkage ψ_f of the exciting circuit. And to determine changes abruptly synchronous electromotive force E_q to use a ratio [4, 5]:

$$E'_q + i_d x'_d = E_q + i_d x_d = u_q$$

It also can ignore the transients in the stator windings of the generator, considering that the appearance of the disturbance in the stator windings originated steady state. On the rotor of the generator is only one path – the excitation winding, oriented along the axis d (direct-axis of the rotor), and the equation becomes:

$$\begin{aligned} -x_q i_q - R i_d &= u_d; \\ E'_q + x'_d i_d - R i_q &= u_q; \\ T_{d0} \frac{dE'_q}{dt} + E'_q - i_q (x_d - x'_d) &= E_{qe}. \end{aligned} \quad (2)$$

Thus, the system of algebraic and differential equations describes the assumptions made transients in salient-pole synchronous generator without damping circuits. Algebraic equations are obtained from the steady state of the system (2) by equating to zero the derivatives of the equation $d/dt = 0$.

The solution is divided into 3 stages

1. Determine the dependence of stator currents i_q, i_d on the stator voltage u_q, u_d and transient electromotive force E'_q

$$\left\{ \begin{aligned} i_q &= \frac{-x'_d u_d + E'_q r - u_q r}{x'_d x_q + r^2} \\ i_d &= \frac{-x_d E'_q + x_q u_q - u_d r}{x'_d x_q + r^2} \end{aligned} \right. \quad (3)$$

2. Next, find the values $E'_{q np}$ in the steady state, substituting instead of the current i_d its current expression (4)

$$E'_q - i_d(x_d - x'_d) = E_{qe} \rightarrow$$

$$\rightarrow E'_q + \frac{E'_q x_q - x_q u_q + u_d r}{x'_d x_q + r^2} (x_d - x'_d) = E_{qe}$$

The result is:

$$E'_{q np} = \frac{x_q u_q x_d - x_q u_q x'_d - u_d x_d r + u_d x'_d r + E_{qe} x_q x'_d + E_{qe} r^2}{x_d x_q + r^2}$$

Solve differential equations to determine the transition EMF $E'_q(t)$ при известных напряжения статора. under certain stator voltage. Pre present equation to normal form

$$\frac{dE'_q}{dt} = -\frac{(r^2 + x_q x_d) E'_q}{T_{0d} (r^2 + x_q x'_d)} + \frac{E_{qe}}{T_{0d}} + \frac{(x'_d - x_d)(u_d r - u_q x_q)}{T_{0d} (r^2 + x_q x'_d)}$$

From the last equation it follows that the time constant of the transition process is equal to the value of the expression;

$$T = \frac{T_{0d} (r^2 + x_q x'_d)}{(r^2 + x_q x_d)}$$

This expression, neglecting the stator resistance is converted to a known relation:

$$T'_{0d} = \frac{T_{0d} x'_d}{x_d}$$

3. The third stage is solution of the system of differential equations. The construction of plots and interpretation of results [2]. To solve the system (6) we use *MathCAD* program using function *rkfixed()* – Runge-Kutta method of order 4. With the help of the inverse transform Park - Gorev phase stator currents will be obtained [5, 6]

Conclusions

Models of synchronous generators proposed in the work lead to do the following conclusions:

If the place of application disturbance is in a remote location of a synchronous generator we can ignore fast transients occurring in the damping circuits and the contours of the stator.

Calculations of the transient processes of the synchronous generator on the proposed model show that after restart may be that repeated short-

circuit conditions are more difficult as initial conditions, that is, the current during the second circuit achieves greater value.

If the place of application disturbance is at a point close to the synchronous generator, than by the calculation mode in the generator model the transients in the stator windings should be taken into account.

The proposed model is in good agreement with the known fact that at the initial stage of the transient stator currents have doubled frequency harmonics.

The use of models is possible in networks containing synchronous generators and for the design of objects containing generators.

REFERENCES:

1. P.S. Zhdanov, Questions stability of electric power systems, M., Energy, 1979, -536 p.
2. Y.N. Isaev, A.M. Kupzov, Practice in usage of MathCAD in calculations of electric and magnetic circuit, M., SOLON –PRESS, 2013, -180 p.
3. M.L. Levinstein, Operational calculus in problems of electrical engineering, Leningrad:, Energy, 1972, -358 p.
4. G.G. Pivnyak, V.N. Vinoslavsky, A.Y. Rybalko, L.I. Nesen, Transients in power systems, M., Energoatomizdat, 2003, -540 p.
5. S.A. Ulyanov, Electromagnetic transients, M., OOO «TID «ARIS», 2010, -519 p.

V.A. Kolchanova, PhD, associate professor, National research Tomsk Polytechnic University.

СЕКЦИЯ 11.
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И
ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ
ИНЖЕНЕРОВ»

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ: ФОРМА НАУЧНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ФАКТОР РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ
СОВРЕМЕННОГО УЧЕНОГО

Д.С. Никитин
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП

Научная конференция представляет собой особую форму научной деятельности, главным условием проведения которой является представление участниками в той или иной форме своих работ или идей. Конференция давно перестала нести только научные функции, в том числе такую важную, как возможность апробации результатов исследований, она становится удобным средством коммуникации ученых, обмена опытом, приобретения связей, налаживания сотрудничества и, таким образом, стала нести важную социально-коммуникативную функцию [1]. Сегодня в мире проводятся несколько десятков тысяч различных научных конференций в год, до тысячи в России. Организация проведения, требования к участникам, форма представления докладов различаются в зависимости от статуса, места, традиций конкретного мероприятия и той области знаний, в которой она проводится. Актуальной задачей при формировании компетенций современного ученого является определение важности научной конференции в системе научно-исследовательской деятельности, поскольку вклад далеко не всех конференций в развитие компетенций ученого возможно признать существенным. У исследователя возникает вопрос о необходимости расхода времени и сил на то или иное мероприятие [2, 3].

При рассмотрении конференций как фактора в развитии научной деятельности необходимо проанализировать их современное состояние, тенденции в развитии и указать пути повышения их эффективности. Поставленные вопросы являются актуальными как для каждого современного ученого, так и для научных организаций. Последнее является важным фактором для российских вузов, которым поставлена задача стать конкурентоспособными и попасть на лидирующие позиции рейтингов вузов. Отсюда требует ответа вопрос о соот-

ветствии уровня и вектора развития конференций в России общемировому тренду.

В современной литературе вопрос о тенденциях в развитии конференций практически не ставится, за исключением анализа конкретных мероприятий. В зарубежной (González-Santos [3]) и отечественной (Гардина [1]) литературе встречаются попытки рассмотреть конференцию как социальное явление и инструмент становления научного знания и отметить их детали организации (Карнышев [4]). Этот вопрос нуждается в более глубоком изучении.

В разделе 1 предпринята попытка проанализировать основные тенденции в развитии науки, влияющие на развитие конференций. В разделе 2 рассматривается состояние конференций в России вплоть до недавнего времени. Раздел 3 посвящен обсуждению конкретных особенностей развития конференций.

Раздел 1. Тенденции в развитии науки и конференций

Современная наука в изначальном ее понимании как формы приобретения, выработки, систематизации и апробирования нового знания находится в кризисе. Происходит явное противоречие, заключается во вторжении экономической составляющей в научный этос. В соответствии с социологической моделью, предложенной Р. Мертоном [5], для науки характерна норма незаинтересованности, состоящая в том, что стимулом действий истинного ученого является бескорыстный поиск истинного знания, при этом вознаграждение не является целью научной деятельности. Сегодня наука перестала быть делом ученых-одиночек и организационно представляет собой сложную структуру со своей четко установленной иерархией и правилами. Одним из таких правил является установление четкой оценочной системы труда исследователя, которая в свою очередь определяет коммерческую составляющую жизни ученого. Среди таких критериев эффективности наиболее часто выделяют количественные показатели: число и статус публикаций, индекс Хирша, объем привлеченных в организацию средств, гранты, хоздоговорные работы и т.д. Установление таких средств в качестве критериев эффективности было направлено на стимулирование работы ученого, однако в реальности способствовало погоне за достижением формальных показателей, в результате чего наука стала для многих коммерческим предприятием.

Конференция как форма научной деятельности также испытывает влияние коммерческо-организационной стороны и может деградировать вследствие потери изначальной цели. К конференциям стали предъявляться упомянутые критерии эффективности.

Раздел 2. Настоящее состояние конференций в России

Конференции в России до недавнего времени можно было четко разделить на три основные группы (не по традиционному делению, а по статусно-ориентированному подходу): 1) крупные всероссийские и международные, 2) крупные всероссийские и региональные студенческие, 3) конференции формата «дни науки»; такая градация характерна со времен СССР. Первая группа характеризуется чаще всего относительно узким научным направлением. В такой конференции предполагается участие крупных ученых, широкая география участников, соседство устной и постерной формы представления доклада. В рамках второй группы предполагается участие только молодых ученых. Организаторами таких конференций, как правило, выступают крупные региональные вузы. Такие конференции позволяют молодым ученым представить свои оригинальные научные идеи для полноценного обсуждения. Третья группа берет свое начало от советских дней науки в вузе и отличается от второй гораздо более скромным (чаще ничтожным) числом сторонних относительно вуза-организатора участников-студентов. Доклады этого типа не отличаются большой глубиной проработки и представляются либо для приобретения первоначального опыта, либо для апробации результатов дипломной работы. При этом часто статус таких конференций формально указывается как всероссийский или даже международный. Поэтому второй и третий типы конференций бывают неотличимы по формальным признакам.

Раздел 3. Особенности развития конференций

В настоящее время наиболее заметными являются следующие особенности, возникшие как следствие общих тенденций в развитии научно-исследовательской деятельности.

1. Участие в конференции как средство приобретения показателей эффективности. Конференция дает возможность исследователю возможность кроме выступления с докладом, дискуссии и апробации результатов получить публикацию в сборнике, сертификат/диплом об участии и другие формальные показатели. В последние годы отмечается рост количества конференций, позволяющих опубликовать свою работу в индексируемых зарубежными наукометрическими базами (Scopus, WoS) сборниках. Последний факт стал важным для университетских исследователей, перед которыми поставлена задача вхождения российских вузов в Топ-100, где важным критерием является количество публикаций и ссылок на них.

2. Изменение в соотношении между конференциями различных групп. Финансирование сегодня более вероятно будет направлено на стимулирование проведения конференций с возможной окупаемостью

за счет сторонних средств, с публикациями в зарубежных журналах, со статусными участниками. Таким образом, происходит уничтожение конференций третьей группы и рост числа конференций второй группы. Первая группа сегодня становится востребованной, поскольку часто не гарантирует возможность приобретения показателей в виде публикаций в индексируемых сборниках.

3. Рост числа участников. Число конференций непрерывно растет, что влечет за собой вовлечение в их работу большего числа участников, желающих в значительной своей массе улучшить показатели эффективности.

4. Появление заочных и интернет-конференций. Такие конференции являются явным бизнес-инструментом. В реальности не происходит ни обсуждения докладов, ни апробации нового знания: участник получает желаемую публикацию за умеренную плату.

Таким образом, вторжение коммерческой составляющей в жизнь науки приводит к появлению особенностей, которые обуславливают деградацию конференций как изначального инструмента по апробации нового знания. Такое явление характерно и для университета, вынужденного показывать участие в развитии инновационной экономики и увеличивать объем средств, привлеченных по контрактам для организаторов конференций [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гардина Д.В., Фиглин Л.А. Конференция как социальная технология научного и делового общения / Наука и общество. Серия «Экономическая теория». – 2011. – №3(3). – С. 229-232.
2. Koliass N. Viva Conferences / IEEE Microwave Magazine, September/October 2012. – P. 12-14.
3. González-Santos S., Dimond R. Medical and Scientific Conferences as Sites of Sociological Interest: A Review of the Field / Sociology Compass. – 2015. – V. 9, I. 3. – P. 235-245.
4. Карнышев В.И., Стукач О.В. Аспирантура: курс молодого бойца. Часть 1. Зарубежные публикации: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2000. – 150 с.
5. Merton R.K. The Institutional Imperatives of Science // Sociology of Science / Ed. V.Barnes. – L.: Penguin Books, 1972. – P. 65–79.
6. Соколов М. Российский университет как политическая система / Интернет-ресурс: <http://polit.ru/article/2014/03/29/university/>

Научный руководитель: А.Ю. Чмыхало, к.ф.н., доцент, каф. ФИЛ ИСГТ ТПУ.

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

А.С. Смирнова¹, А.Ю. Чмыхало²
^{1,2}Томский политехнический университет
¹ИФВТ, ²ИСГТ

Одной из существенных особенностей развития современной науки стала тенденция увеличения расходов на проведение научных исследований. В силу этого компании, лаборатории, вузы, государство, обладая ограниченными материальными, финансовыми и людскими ресурсами вынуждены выделять приоритетные направления исследований, ограничивая свое участие в других областях. Данный подход, имея существенные достоинства, обладает и рядом недостатков. Один из них состоит в том, что он ограничивает спектр исследовательского интереса для исследователей, поскольку финансирование в основном осуществляется в зависимости от включения тематики исследования ученого в то или иное приоритетное направление. Невозможность получить финансирование от государственного или частного фонда по данному формальному признаку может обернуться тем, что даже в случае успеха в проведении исследований ученый может не получить финансовой помощи для их продолжения. Особенно остро данная проблема стоит перед молодыми учеными.

За прошедшие двенадцать лет произошел мощный рост бюджетного финансирования науки. В России действуют три основных формы финансирования науки: бюджетные научные учреждения финансируются на основе субсидий на выполнение государственных заданий, фондовое финансирование и программное финансирование. Финансирование фундаментальных исследований разделяется на два типа: базовое финансирование и целевая поддержка в виде программных средств, либо «грантовых» программ, направленных на поддержку проектов или ученых. Одновременно финансирование может идти и через контракты [2].

Изначально полагалось, что при вложении бюджетных денег произойдет рост совместного финансирования – помимо государственных средств в науку будут вкладывать свои средства и компании. Но, к сожалению, этого не произошло. Российский бизнес не проявил заинтересованности во вложении средств в сферу инновационной деятельности.

Отсутствие заинтересованности со стороны бизнеса в результатах деятельности отечественных ученых, в инновациях, доминирование использования финансовых механизмов со стороны государства в качестве стимулов научной деятельности (при отсутствии других механизмов демонстрации заинтересованности в результатах научной работы) обостряет вопрос о важности и необходимости науки для современного российского общества и государства. Все актуальнее для молодых выпускников вузов вопрос о том, стоит ли им связывать свое будущее с наукой?

Мы полагаем, что из этой ситуации может быть позитивный выход, необходимо вовлечение молодых инженеров в сферу инновационной деятельности, расширение спектра возможностей применения результатов их научных исследований. Вместе с тем не совсем ясно, каким должен быть механизм регулирования научной деятельности, чтобы его действие могло заинтересовать, вовлечь молодого российского инженера в сферу научных исследований, в сферу инноваций. В настоящей работе рассматривается один из возможных аспектов данного механизма, состоящий в некоторой трансформации образовательной деятельности в техническом вузе, в рамках которой закладываются основы формирования будущего инженера и ученого.

Цель работы - на основе использования сравнительного анализа содержания компетенций инженерного образования в России и за рубежом выявить возможные направления трансформации образовательного процесса в российском техническом вузе.

В ситуации реформирования научной сферы в России, молодому ученому важно понимать перспективы развития общества и государства как на ближайшее время, так и на годы вперед. В связи с этим современному инженеру совершенно недостаточно быть специалистом исключительно в рамках своей, узко профессиональной, сферы деятельности. Ему необходимо обладать более широким кругом компетенций, в первую очередь в области социо-гуманитарного знания, которые должны составлять в содержании инженерного образования не просто дополнение к естественнонаучным и техническим знаниям, но стать важной составной частью фундаментальной инженерной подготовки. Современным инженерам необходимо научиться оценивать социальные и культурные последствия своей профессиональной деятельности, что предполагает знание и понимание потребностей современного общества, их учет при организации и выборе направления инженерного и научного творчества.

Данный вопрос рассматривался как в отечественной, так и зарубежной литературе. В частности, Г.В. Панина [1] поднимает вопрос о

социологическом образовании будущих инженеров, А.Н. Серебрякова [4] рассматривает пример, связанный с формированием у студентов интереса к классической музыке. Однако вопрос о необходимости формирования у будущих инженеров дополнительных компетенций социо-гуманитарной направленности, навыков построения эффективной коммуникации с представителями тех или иных фондов, знаний в сфере планирования и реализации карьеры, умений, которые бы позволяли молодому ученому раскрыться как новатору, все же был рассмотрен недостаточно. Свидетельством этого является низкая степень вовлеченности выпускников отечественных вузов в сферу научной и инновационной деятельности. Студенты в основном нацелены не на осуществление инновационной деятельности, а на работу в других сферах. Например, в 2014 г. в Томском политехническом университете из 2818 выпускников 1304 человека после окончания университета планировали начать работать, а 1120 выпускников решили продолжить обучение. При этом большая часть выпускников университета ориентировалась на трудоустройство в крупные предприятия Сибирского региона, такие как ОАО «Газпром», Госкорпорация «Росатом», ОАО «Сургутнефтегаз», предприятия Федерального космического агентства, а не на предприятия, связанные с разработкой и внедрением инноваций [5].

В США 30% своего времени ученый тратит на составление грантовых заявок. В России также все больше возможностей для ученого получить дополнительные средства. Начала создаваться конкурентная среда и применяются инструменты обеспечения научных исследований с помощью мегагрантов, организуются работы, когда финансы на инновационные проекты передаются в распоряжение компаний, которые определяют, какие исследования им нужны и несут за их обеспечение полную ответственность [2].

Вместе с тем многие из этих инструментов оказываются невостребованными со стороны начинающих ученых – студентов и аспирантов – по причине того, что им не достает знаний в сфере планирования и реализации карьеры в качестве ученого, предприимчивости, практических навыков работы на современных предприятиях в России и за рубежом. Если в течение всего срока обучения они не получили навыков составления заявок на участие в гранте, конкурсах исследовательских работ, подачи заявок на получение патентов, не работали с зарубежными коллегами, не проходили стажировок, то в дальнейшем состояться им как высококлассным специалистам в научной сфере будет крайне трудно.

Рассматривая Американскую систему высшего образования (HES) можно констатировать, что каждый университет уделяет особое внимание в процессе преподавания стимулированию учащихся к интеллектуальному, социальному, этическому развитию. Вузы стремятся к совершенствованию образовательных программ в направлении включения в их состав курсов, направленных на формирование активной гражданской позиции учащихся, на воспитание у них стремления к улучшению качества жизни. Одним из наиболее ярких примеров подобного рода может служить опыт Массачусетского технологического института (MIT), который имеет славную историю влияния на мир через технологическое лидерство и инновационные исследования. Он является одним из ведущих мировых исследовательских университетов. Миссией Массачусетского технологического института является обучение следующего поколения инженеров-лидеров, открывающих новые знания и служащих обществу; развитие и обучение людей, которые помогут найти решения для больших технологических и социальных проблем XXI века, внедрения инновационных идей и практических технологий для общества. В данном вузе действуют следующие программы поддержки: «Go Public», «29 Who Shine» Awards Ceremony, Commonwealth Honors Program, MassTransfer, Commonwealth Dual Enrollment Partnership, также семь государственных программ финансирования по грантам и девять стипендиальных программ [3].

Подготовка бакалавра в MIT включает в себя изучение таких дисциплин, как гуманитарные, искусство и гуманитарные науки (HASS), которые способствуют интеллектуальному разнообразию в результате воздействия социальных наук, гуманитарных наук и искусств; связь (Communication Requirement), призванная культивировать способность писать прозу, а также способность к убедительному изложению фактов и идей в письменных и устных презентациях; дополнительные дисциплины (Optional Minor(s) and Optional Double Major), которые позволяют студентам реализовать свои уникальные междисциплинарные интересы и знакомят их с реальными проблемами, решения которых требуют привлечения нескольких дисциплин.

Сейчас университеты России становятся все более конкурентоспособными по международным критериям. В частности, в МГТУ им. Н.Э. Баумана преподаватели гуманитарных дисциплин стараются уделить больше внимания разработке курсов для определенных специальностей магистратуры, которые направлены на формирование навыков инновационного научного исследования. Например, кафедра, которая готовит программистов, нуждается в следующих курсах:

«Социальные отношения и групповая динамика», «Основы межличностной коммуникации», «Деловая этика и корпоративная культура» [1]. Эти курсы отвечают потребностям современного общества. Для простоты и удобства на сайте МГТУ предусмотрена возможность поиска актуальных конкурсов и грантов. В обеспечении образовательного процесса используется опыт других российских технических вузов по формированию социальной и культурной компетентности будущих инженеров.

Вместе с тем, сравнительный анализ показывает, что уже в рамках своего участия в образовательном процессе в МИТ будущий исследователь изначально ориентирован на потребителя. Его вводят в ситуацию демонстрации важности уметь убедительно объяснять свою позицию, иметь необходимые знания о современных средствах и возможностях построения успешной коммуникации как с заказчиками, так и с государством, университетом.

Подводя итог можно отметить, что выпускник вуза – молодой инженер может так и остаться дилетантом, если ему не будет оказана своевременная помощь. Важно, чтобы наиболее талантливые молодые ученые остались в науке, чтобы их интерес получил соответствующее подкрепление. Именно поэтому необходимо не только предоставление финансовой и иной материальной помощи со стороны государства, но и сами молодые ученые должны научиться этой помощью воспользоваться во благо науки, общества и государства. Препятствием этому является низкая компетентность молодых отечественных инженеров и ученых в социо-гуманитарной сфере.

Сравнительный анализ содержания и организации образовательного процесса в отечественном и зарубежном вузе позволяет констатировать, что в подготовке отечественных инженеров имеет место бессистемность, произвольность в подборе дисциплин социо-гуманитарного характера, которые не позволяют сформировать у будущих инженеров компетенций, направленных на выявление и учет потребностей общества в своих научных исследованиях, вовлечь их в сферу инновационной деятельности. Также полагаем необходимым внесение изменений в образовательный процесс подготовки будущих инженеров, которые бы позволили молодому ученому, инженеру быть компетентными в вопросах организации работы в коллективе, уметь диагностировать и разрешать конфликты, налаживать продуктивные производственные отношения. В итоге страна и общество получают не только инженеров и ученых, но и лидеров и инноваторов, способных изменить жизнь к лучшему.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Панина Г.В. / Социологическое образование будущих инженеров // Социологические исследования. - 2010. - №10. - С. 107-113.
2. Российский научный фонд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://рнф.рф/ru>. – О перспективах российской науки. – (Дата обращения: 04.06.2015).
3. Massachusetts Institute of Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://engineering.mit.edu/about> – MIT's School of Engineering. – (Дата обращения: 20.05.2015).
4. Серебрякова А.Н. Спецкурс о роли классической музыки в духовном развитии молодежи // Социологические исследования - 2009. - № 10.
5. Chmykhalo A.Y. Problems and Perspectives of Performance of Higher Education Institutions in the Development of Russian Innovative System (Regional Aspect) [Electronic resource] / A. Yu. Chmykhalo, Yu. R. Khasanshin (Hasanshin) // Procedia - Social and Behavioral Sciences. — 2015. — Vol. 166: Proceedings of The International Conference on Research Paradigms Transformation in Social Sciences 2014 (RPTSS-2014), 16–18 October 2014, Tomsk, Russia. — P. 497-504.
6. What is Undergraduate Education at MIT [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://due.mit.edu/undergraduate-education-mit/what-undergraduate-education-mit> – (Дата обращения: 20.05.2015).

Научный руководитель: А.Ю. Чмыхало, к. философ. н, доцент каф. ФИЛ ИСГТ ТПУ.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПЫТА РЕАЛИЗАЦИИ СОВМЕСТНЫХ ПРОЕКТОВ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ ИНЖЕНЕРА

А.А. Крадецкая, О.В. Лобанкова, А.С. Малахов, Е.В. Форат
Томский политехнический университет

В современных условиях активного развития инновационной деятельности, основу которой составляет грамотно построенная ин-

женерно-техническая структура, повысился спрос на специалистов, обладающих не только профессиональными компетенциями, но и способных самостоятельно принимать решения и лично отвечать за их реализацию. Соответственно, возрастает необходимость в формировании дополнительных профессиональных компетентностей у каждого студента, в рамках практической деятельности, организуемой и проводимой в высшем учебном заведении.

К настоящему моменту во многих высших учебных заведениях разрабатываются различные программы взаимодействия с предприятиями с целью выработки профессионально-производственных навыков у студентов, которые они впоследствии могут применить как в дальнейшем обучении, так и при трудоустройстве после окончания обучения. Такой вид межорганизационного взаимодействия в случае его эффективной реализации является одинаково выгодным для обеих сторон.

Для образовательного учреждения эти выгоды могут состоять в следующем:

- появляется возможность создания и развития прикладных узко-профильных направлений исследования, ориентированных на конкретные задачи предприятия-партнера;
- формируется современная материальная база для апробации разработок;
- открываются перспективы коммерциализации результатов научных разработок;
- открываются вакансии для студентов по прохождению производственной практики и участию в проектах совместного сотрудничества;
- предприятия могут оказывать спонсорскую поддержку (выплачивать корпоративные стипендии обучающимся, организовывать мероприятия научно-технического и производственного характера – летние школы, конференции, соревнования)
- улучшается осведомленность о текущих потребностях рынка в технологиях.

Предприятие, участвующее в подобном тандеме, в свою очередь, выступает бенефициаром по следующим позициям:

- получает перспективные высококвалифицированные кадры за счет программ стажировок и коррекции учебного плана в соответствии с задачами предприятия;
- открывается доступ к инновационным разработкам, выполненным на базе университета-партнера;

- создаются условия для получения прибыли от реализации продукции (технологии, оборудование, материалы, программное обеспечение и т.д.), где потребителем выступает образовательное учреждение;
- создаются платформы для прохождения специализированных тренингов по повышению квалификации персонала предприятия на базе университета-партнера.

Таким образом, актуализируется проблема реализации эффективного взаимодействия между высшими учебными заведениями и предприятиями в деле подготовки квалифицированных специалистов.

И хотя данный вопрос широко дискутируем в кругах представителей научно-технической общественности, однако он далек от полноценного решения. На основании исследования данного вопроса в литературе [1-4], а также опыта Томского политехнического университета можно сделать вывод о том, что не существует отлаженного механизма взаимодействия студентов высшего учебного заведения с внешними организациями. Более того, действующие программы взаимного сотрудничества между отечественными вузами и предприятиями также не дают возможности сделать однозначные выводы.

Для анализа факторов, определяющих эффективность взаимодействия образовательных учреждений и предприятий, необходимо провести сравнительный анализ для выявления факторов, определяющих их успешность.

Рассмотрим ряд примеров взаимодействия Томского политехнического университета с промышленными предприятиями.

На производственном предприятии ЗАО «Физтех-Энерго» проводилась совместная работа со студентами кафедры инженерного предпринимательства ТПУ, при поддержке Малого инновационного предприятия при ТПУ «Институт производственных систем» по внедрению принципов бережливого производства и применению Lean-инструментов на практике [5]. На производстве была собрана группа инициативных работников. Для них в свободное от работы время на базе ТПУ был прочитан курс лекций по Lean-production. Далее всех сотрудников и студентов, участвовавших в данном проекте, поделили на команды в равном соотношении. Каждой группе были выданы участки работы и сроки по их выполнению. Команды, которые создали что-то полезное и привнесли наибольший вклад в улучшение производства, были признаны лучшими и получили денежное вознаграждение. По итогам совместной работы у участников проекта выработались практические навыки применения инструментов бережливого производства; сотрудники компании по-новому смогли взглянуть на

работу и управление производством; производительность предприятия, после применения данных техник, выросла более чем в 2 раза.

Другой пример партнерства – с производственным предприятием ООО «Лазерный центр», находящееся в г. Санкт-Петербург. Директор компании Горный Сергей Георгиевич приглашает студентов кафедры Лазерной и световой техники Томского политехнического университета на прохождение производственной и преддипломной практик на постоянной основе. В данном случае сложились отношения таким образом, что заинтересованные, активные студенты бакалавриата приглашаются на производственную практику, знакомятся с производством, разработками компании, ее задачами, структурой. После обучения работе на оборудовании студенты зачастую проводят исследования на таком оборудовании на базе университета, где также имеется оборудование, произведенное в ООО «Лазерный центр». На этапе обучения в магистратуре студенты вновь приглашаются на преддипломную практику, в результате которой студенты уже участвуют в процессе производства: отрабатывают технологические режимы обработки материалов нового оборудования, вносят вклад в создание его составных частей, выполняют нетривиальные производственные задачи.

Данные примеры были рассмотрены как примеры успешного взаимодействия.

К факторам, обусловившим данные примеры успешного сотрудничества вуза и промышленного предприятия, можно отнести:

- информирование вуза о возможностях и задачах предприятия, а предприятия – об уровне подготовки студентов;
- четкое формулирование и согласование целей и задач практики между вузом и предприятием;
- обеспечение понимания студентами содержания, смысла и конечных результатов каждого этапа работы;
- организация временного трудоустройства, в результате которого формируется денежная мотивация деятельности студентов и определяется конкретный спектр их обязанностей, а предприятие получает временного работника, который может привнести новые идеи в сфере функционирования и перспективного развития производства;
- закрепление за студентом ответственного за организацию его деятельности руководителя, работа которого будет поощрена дополнительным вознаграждением (мотивация сотрудников организации, ответственных за обеспечение взаимодействия);

- создание системы обсуждения предложений студентов по усовершенствованию производственного процесса и организации работы, которая будет поддерживаться и поощряться предприятием (или включение студентов в уже имеющуюся систему рациональных предложений, действующую на предприятии).

Помимо рассмотренных выше успешных примеров сотрудничества, существует и негативный опыт.

Студенты бакалавриата и магистратуры Энергетического института Томского политехнического университета приглашаются на прохождение научных и производственных практик в компании в сфере энергетики (по этическим соображениям название компании не указывается). Ежегодно компания проводит различные мероприятия, направленные на привлечение студентов. К таким мероприятиям относятся организация ярмарок вакансий и стажировок, а также спортивных соревнований. Данные факторы в совокупности определяют выбор места прохождения практики студентов в пользу данного предприятия. Однако общие представления на практике расходятся с реальностью: студенты не допускаются к производственным процессам, первое впечатление раскрывается лишь в рамках экскурсии. В период прохождения практики изначально студенты проходят инструктаж по технике безопасности, им демонстрируют видеоматериалы о компании, отражающие ее основную деятельность. После этого организация деятельности студента в качестве практиканта никем на предприятии не курируется и является предметом его собственной заботы. По результатам прохождения такой практики у студентов не формируется ни профессиональных компетенций, ни минимального опыта работы с реальным оборудованием профильной отрасли.

Анализ содержания организации прохождения студенческой практики на данном предприятии позволил сделать вывод о ее неэффективности.

Факторами, обусловившими такое неуспешное сотрудничество вуза и промышленного партнера, выступают следующие обстоятельства:

- недостаточная информированность предприятия о студентах-практикантах и, как следствие, отсутствие четкого представления о качестве и характере имеющихся у студентов знаний по профильной специальности, что делает задачу составления индивидуального плана прохождения практики сложной для практической реализации;

- отсутствие мотивации у сотрудников предприятия, за которыми закрепляют студентов, обусловленное нехваткой времени на решение и организацию работы практикантов;
- отсутствие иных точек пересечения университета и предприятия помимо организации производственных практик студентов, что делает процесс работы и возможного обучения последних в рамках производства нецелесообразным с точки зрения развития самого предприятия.

Проанализировав успешный и неуспешный опыты взаимодействия вуза и предприятия, было выявлено, что в обоих случаях факторы, определяющие исход сотрудничества, перекликаются. Результат определяют производственно-инновационный, организационный, мотивационный (внутри предприятия) и информационный факторы. Разный подход к интерпретации данных факторов приводит к разным результатам. Их адекватное применение обуславливает эффективность взаимодействия. Таким образом, по наличию или отсутствию данных факторов можно судить о перспективе такого взаимодействия. Кроме того, факторы успешного опыта реализации совместных программ сотрудничества могут быть транслированы на другие стажировки и практики в будущем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Приказ Министерства образования российской федерации № 1154. Об утверждении Положения о порядке проведения практики Студентов образовательных учреждений высшего Профессонального образования. - М., 2003.
2. Ошин Е.С. Взаимодействие Вузов и предприятий в сфере научно-технического сотрудничества, обучения и повышения квалификации персонала. - [Электронный ресурс]. - URL: http://www.krona.edu.ru/publication/img3/O_vsaimo.pdf (дата обращения 7.06.2015).
3. Балашов В. В. Управление воспроизводством научного потенциала высшей школы России: дис. д-ра эконом. наук. - М., 2001.
4. Кобзев А. В. Взаимодействие университета и бизнеса: опыт Том. гос. Университета систем управления и радиоэлектроники // Университетское управление: практика и анализ. - 2007. - N1.
5. Огарков А.Н. Картирование потока создания ценности, базовый инструмент Lean production: дис. магистра техники и технологии. - Томский политехнический университет, Томск, 2014.

Научный руководитель: А.Ю. Чмыхало, канд. философ. наук, доцент каф. ФИЛ, ИСГТ ТПУ.

РОЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ» В ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРА ТЕХНИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ ГЛАЗАМИ СТУДЕНТА

С.Ч. Выюнг

Томский политехнический университет
ИНК, ТПС, гр. 1БМ4В

Дисциплина «Профессиональная подготовка на английском языке» проводится в соответствии с требованиями к результатам, условиям и структуре подготовки магистров технического направления.

Содержание рабочих программ по дисциплине «Профессиональная подготовка на английском языке» зависит от технического направления, однако все они объединены глобальной целью - совершенствование иноязычной коммуникативной профессионально - ориентированной компетенции: развитие умений устной и письменной коммуникации для решения конкретных инженерных, научно-исследовательских и прикладных задач.

Рассмотрим реализацию данной дисциплины на различных направлениях подготовки. Конкретные цели и задачи в подготовке магистра «Управления в технических системах» (ИК - Институт кибернетики) являются [1]: формирование иноязычной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции студентов, позволяющей им интегрироваться в международную профессиональную среду и использовать профессиональный иностранный язык как средство межкультурного и профессионального общения. После изучения дисциплины студенты должны получить опыт по обработке большого объема иноязычной информации с целью сбора материала; оформления заявок на гранты и стажировки по программам академической мобильности; написания работ на иностранном языке (в т.ч. для подготовки публикаций).

В направлении «Теплоэнергетика и теплотехника» (ЭНИН - энергетический институт) главным является овладение профессиональными знаниями, умениями навыками, демонстрируемыми и обучение профессиональной посредством английского языка [2].

В приборостроении (ИНК - Институт неразрушающего контроля) [3] обеспечивается развитие иноязычной коммуникативной компетенции студентов в профессиональной сфере (т.е. способности и готовности осуществлять устную и письменную коммуникацию); под-

готовка к дальнейшему освоению новых профессиональных знаний и умений, самообучению, непрерывному профессиональному самосовершенствованию.

Таким образом, целью и задачами «Профессиональной подготовке на английском языке» для магистрантов технического направления является повышение уровня владения английским языком, который достигнутый на предыдущих ступенях образования; создание условий для активной межкультурной коммуникации для решения профессиональных задач, реализация научно-практического обмена с зарубежными партнерами в рамках своей деятельности на основе использования межпредметной связи с другими дисциплинами, которые изучаются в магистратуре в разных профессиональных областях.

Для успешного освоения профессионального английского языка магистранту необходимо:

- самостоятельно повторять грамматику - это базовое начальное условие в успешном изучении языка.
- регулярно читать научные статьи, патенты и слушать выступления на английском языке;
- выступать на различных конференциях с докладами, вести обсуждения с другими студентами на английском языке.

Не все студенты мотивированы к изучению иностранного языка, поэтому для успешного проведения занятий преподаватель должен обладать высоким профессионализмом и определенными личностными качествами.

В процессе изучения преподаватель встретится с рядом проблем: нежелание высказываться, неравная степень участия студентов в разговоре, низкий уровень заинтересованности, использование родного языка на занятии. Поэтому преподаватель должен знать психологию и уровень студентов, проводить занятия с достаточно интересными темами для обсуждения. Например, при проведении занятий на кафедре Точного приборостроения использовались активные и интерактивные методы обучения: презентации, составление и решение кроссвордов, взаимный опрос и другие. Студенты получили навыки поиска информации в сети, включая патентный; работы с первоисточниками научно-технической информации; написание статей в соответствии в общепринятыми мировыми требованиями.

После обучения выпускники могут быстро и компетентно решать задачи, связанные с английским языком в профессиональной и научной деятельности; вести иноязычное общение в конкретных профессиональных, деловых, научных сферах и ситуациях с учетом осо-

бенностей профессионального мышления; самостоятельно работать с использованием информационно-коммуникационных технологий.

Таким образом, профессиональная подготовка на английском языке как средство профессионального, делового и научного общения является одной из важнейших компетенций магистра.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коновалов В.И, Рабочая программа дисциплины. Профессиональный иностранный язык. [Электронный ресурс]. – Режим допуска:
http://portal.tpu.ru/fond/download_doc/8795/Prof_inostranny_jazyk_220400_mag.doc, свободный.
2. Крайнов А. В., Рабочая программа дисциплины. Профессиональная подготовка в английском языке. [Электронный ресурс]. – Режим допуска:
[http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/t/TIGER/Ucheba/Tab3/%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%20\(Syllabus\).pdf](http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/t/TIGER/Ucheba/Tab3/%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%20(Syllabus).pdf) , свободный
3. ППС кафедры АЯТК, Рабочая программа дисциплины. Профессиональный иностранный язык. [Электронный ресурс]. – Режим допуска:
http://portal.tpu.ru/SHARED/e/ESKU/magistr/Tab4/rab_progr_IFVT_5.pdf, свободный.
4. Иванова В. С., Базовая рабочая программа модуля, Актуальные проблемы в приборостроении дисциплины “Профессиональная подготовка на английском языке”. [Электронный ресурс].– Режим допуска:
<http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/k/KURATOR/ucheba/English/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C%20%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%B2%20%D0%BF%D1%80%D0%B8/Actual%20Problems>, свободный.

Научный руководитель: В.С. Иванова, к.т.н., доцент, каф. ТПС ИНК ТПУ.

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТА КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

И.А. Затонов
Томский политехнический университет
ИНК, ТПС, 1БЗВ

Активное развитие техники в XXI веке привело к образованию определенной среды обитания для человека, внутри которой он существует, созерцает, размышляет и создает что-то новое. Постепенное внедрение технологий в жизнь человека оказывает неоценимый вклад в становлении общей картины мира. Глобализация и модернизация социально-технической жизнедеятельности населения требует появления специалистов с уровнем знаний, превышающим сферу его профессиональной деятельности.

Сферы науки и техники, стимулирующие социальное и экономическое развитие общества и увеличение уровня научно-технических знаний, предъявляют требования высокого уровня к подготовке необходимых специалистов [1].

С развитием инженерного образования в России возникает острая необходимость проверки его профессиональной компетентности, которая представляет собой критерий степени готовности специалиста к решению поставленных перед ним профессиональных задач. К 90-ым годам прошлого столетия началось активное исследование ряда человеческих качеств, таких как: личностная характеристика, мотивация, ориентированность на результат. Результатом проведения данного исследования явилось появление нового понятия- «компетенция», которое определяет «готовность человека к эффективному выполнению определенной работы» [2].

Согласно Т.Е. Исаевой, под понятием «компетенции» понимается сложное явление, которое подсказывает эффективный способ решения жизненной ситуации [3]. Компетенции принято делить на универсальные и профессиональные, первые из которых отвечают техническим знаниям и умениям, а другие – личностному и общекультурному восприятию. Формирование универсальных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) происходит в процессе проведения научно-исследовательских работ, которые являются обязательным разделом основных образовательных программ(ООП).

По мнению ряда авторов [4] при выполнении научно-исследовательской работы высшее учебное заведение должно предоставить возможность:

- Изучать учебную и научную литературу и другую научно-техническую информацию в технике и других интересующих областях науки;
- Принимать участие в проведении научных исследований и выполнении разработок;
- Осуществлять стендовые и промышленные испытания проектируемых изделий;
- Составлять отчеты о проделанной работе;
- Выступать на научных конференциях с докладом.

Одним из видов деятельности, позволяющих развить профессиональные компетенции инженера, является возможность участия в проектно-конструкторских работах. В Национальном исследовательском Томском Политехническом Университете (ТПУ) в процессе обучения бакалавров реализуется несколько этапов проектно-конструкторской деятельности. Например, на направлении «Приборостроение» студенты уже в первом семестре обучения в бакалавриате занимаются разработкой макетов приборов и различных аппаратов в рамках дисциплины «Введение в инженерную деятельность». Основными целями данной деятельности на первом курсе ставятся: формирование базовых знаний и умений в инженерной области; усиление мотивации получения профессиональных знаний и умений согласно выбранному направлению подготовки [5]. Зданием на конференцию по дисциплине «Введение в инженерную деятельность» является проектирование нового измерительного прибора, несуществующего (по мнению студентов) в мире. Допускаются измерения любых, как стандартных, так и нестандартных физических величин (к примеру, длина волос, скорость роста ногтей, уровень хорошего настроения и т.п.). Студентам четко определен спектр вопросов, подлежащих рассмотрению, а именно: измеряемая физическая величина диапазон измерения физической величины; порог чувствительности измерительного прибора; точность измерений; конструктивное исполнение измерительного прибора (внешний вид, устройства отображения информации). В результате выполнения работы у студентов вырабатывается представление об инженерной деятельности, закладываются основы для развития универсальных и профессиональных компетенций.

Примером концепции нового прибора, разработанной группой студентов, можно назвать задумку о создании малого космического летательного аппарата целевой нагрузкой которого является сбор и

утилизация космического мусора. Студенты аргументировали выбор темы для защиты в рамках проведения дисциплины «Введение в инженерную деятельность» высокой степенью озабоченности мирового сообщества о состоянии орбиты Земли. Актуальность данной проблемы позволила студентам в короткие сроки собрать необходимую информацию для выполнения проекта.

По окончании курса «Введение в инженерную деятельность», процесс дальнейшего выполнения проектно-конструкторских работ студентов проходит в рамках дисциплины «Творческий проект». Дисциплина идет на протяжении трех семестров (со 2 по 4 семестры), с предоставлением возможности выбора направления своей будущей исследовательской деятельности, тем самым решается ряд задач: дальнейшее осмысление инженерной деятельности в целом; возможность выбора между двумя кафедрами для дальнейшего обучения, в соответствии со своими личными интересами и запросами. Особенностью направления «приборостроение» является реализация двумя кафедрами трех профилей подготовки. Кафедры предоставляют широкий выбор проектов для студенческой деятельности. Например, на кафедре Точного приборостроения группой студентов в течение одного семестра был собран опытный экземпляр квадрокоптера.

С пятого по седьмой семестр одним из видов повышения инженерных компетенций происходит через выполнение учебно-исследовательских работ студентов (УИРС). Данный вид работ направлен на более углубленное развитие универсальных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями Стандарта основных образовательных программ (ООП) ТПУ [6]. Например, студенты разрабатывают макеты для проведения лабораторных работ, делают сборки реальных приборов с использованием САД систем и т.д.

Заключительный этап проектно-конструкторских работ студентов-бакалавров происходит при выполнении выпускной квалификационной работой (ВКР) [7].

Вывод: Проектно-конструкторская деятельность является неотъемлемой частью образовательных программ студентов, обучающихся по инженерным направлениям. Проведение данных учебно-исследовательских работ на протяжении всего процесса обучения закладывает мощную базу профессиональных и личных компетенций, такие как: осмысленное применение универсальных и локальных знаний; умение анализировать инженерные проблемы; готовность к проектированию и разработке инженерных решений; получения высокого уровня ответственности за социальное, экологическое, культурное по-

ложение в мире; четкое соблюдение всех юридических норм и требований; готовность соблюдения этических норм при ведении инженерной деятельности; умение управлять частично или полностью одним или несколькими видами инженерной деятельности; готовность к открытому общению с другими участниками инженерной деятельности; осмысление ответственности за принятие инженерных решений [8].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Голубницкая Е.Н. Структурно-функциональный подход к определению инженерной компетентности в контекст формирования профессиональной компетентности современного специалиста // Научный журнал КубГАУ.- 2013.- №86(02).- С. 1-10
2. Герасимов С.И. Модель универсальных компетенций профессионального инженера // Инженерное образование.- 2010.- №6.- С. 18-25
3. Исаева Т.Е. Классификация профессионально-личностных компетенций вузовского преподавателя // Педагогика.- 2006.-№9.
4. Ткачева Т.М. Формирование и развитие профессиональных компетенций инженера: психолого-дидактическое обоснование: учеб. Пособ. / Т.М. Ткачева.- М.: МАДИ, 2011.- 119 с.
5. Рабочая программа дисциплины «Введение в инженерную деятельность».- Томск: ТПУ, 2012- 6 с.
6. Стандарты и руководства по обеспечению качества основных образовательных программ подготовки бакалавров, магистров и специалистов по приоритетным направлениям развития Национального исследовательского Томского политехнического университета (Стандарт ООП ТПУ) // Сборник нормативно-производственных материалов, под ред. А.И. Чучалина, Томск: Изд-во ТПУ, 2010, 153 с.
7. Положение о выпускных квалификационных работах бакалавра, специалиста и магистра в ТПУ [электронный ресурс]// Министерство образования и науки Российской Федерации.- URL: <http://tpu.ru/f/2039/vkr.pdf>, (дата обращения: 06.09.2015)
8. Перечень универсальных, профессиональных и специальных компетенций [электронный ресурс] // Российский центр сертификации и регистрации профессиональных инженеров АТЭС.- 2011.- Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/apec/certification/requirement/competences>, (дата обращения: 06.09.2015)

Научный руководитель: В.С. Иванова, к.т.н., доцент, каф. ТПС ИНК ТПУ.

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СТУДЕНТА

Ю.П. Устименко

Томский политехнический университет
ИПР ТОВПМ, группа 2ДМ4А

Современное инженерное образование развивается очень динамично и требует постоянно следовать научно-техническому прогрессу. Но прежде всего, необходимо помнить, что оно должно сохранить свои признанные достижения и вместе с тем быть в гармонии с лучшей мировой практикой в этой сфере, ориентироваться не только на отечественные, но и на международные стандарты в области образования, науки, техники и технологий [1].

Целью работы является выявление проблем современного инженерного образования с точки зрения студента.

Сегодня лидерами глобального развития становятся те страны, которые способны создавать прорывные технологии и на их основе формировать собственную мощную производственную базу. Качество инженерных кадров становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности государства и, что принципиально важно, основой для его технологической, экономической независимости [2].

В чем причина низкого уровня технологического развития страны? Очевидно, что одна из них – низкое качество массового профессионального, в том числе инженерного образования. Оно не соответствует современным требованиям.

Для подготовки современного поколения инженеров, способных осуществлять новую индустриализацию России, высшим и среднетехническим учебным заведениям необходимо развивать стратегическое партнерство с государством, научными организациями, бизнесом, инжиниринговыми фирмами, предприятиями и профессиональными сообществами. Причем стратегические решения должны быть приняты на самом высоком уровне и подкреплены соответствующими нормативными документами [2].

В начале 90-х гг. прошлого века в связи с социально-экономическими реформами в России и переходом к рыночным отношениям отечественная система высшего профессионального образования стала двухуровневой, более гибкой и лучше приспособленной к рынку интеллектуального труда [3].

Заметим, что отечественная двухуровневая структура во многом отличалась по содержанию и реализации от зарубежного аналога. Во-

первых, не было предоставлено студенту право выбора предметов самостоятельно. Все проходит только строго по учебному плану. Это лишает возможности самостоятельно планировать учебный процесс. Во-вторых, это несоответствие российских образовательных программ зарубежным. С точки зрения студента могу сказать, что эта проблема осложняет участие в программах академической мобильности, а именно в составлении индивидуального учебного плана на время обмена. Сложность заключается в том, что трудно выбрать дисциплину, которая бы в точности повторяла курс в российском вузе. В связи с этим, студентам часто приходится пересдавать дисциплины по приезду в российский вуз, что может сказаться на их успеваемости.

Следующая проблема – некотируемость бакалавров как полноценных специалистов. Практика была такова, что программы подготовки бакалавров в области техники и технологий в большинстве вузов рассматривались как промежуточные, и 90 % выпускников – бакалавров продолжали обучение по программам подготовки магистров или дипломированных специалистов.

В соответствии с ФГОС ВПО программы подготовки бакалавров и магистров по техническим наукам были ориентированы, в основном, на научно-исследовательскую и педагогическую деятельность, а программы подготовки дипломированных специалистов были направлены на практическую производственную (инженерную) деятельность. «Бакалавр» и «магистр», по сути, являлись академическими степенями, а «дипломированный специалист» в области техники и технологий получал профессиональную квалификацию – «инженер» [4]. Прослушав полный курс «Химическая технология», мне была присвоена квалификация «бакалавр-инженер». Это доказывает, что отечественный рынок работодателей еще не готов принимать выпускников со степенью «бакалавр», они не имеют полного представления о данных специалистах.

Должна быть усилена роль магистратуры и профессиональной переподготовки специалистов и также роль регулярного повышения квалификации в рамках реализации принципа: обучение – через всю жизнь. Именно магистратура способна и должна решать задачу опережающей подготовки инженеров к использованию передовых наукоемких технологий.

Еще одним существенным недостатком является самостоятельная работа студентов при освоении образовательных программ. Вопрос в том, насколько российские студенты способны эффективно работать самостоятельно. Опираясь на личный образовательный опыт, могу сказать, что многие студенты не способны планировать самосто-

ятельный учебный процесс. Связано это с тем, что мы не привыкли к данной форме обучения и это большая проблема. Решать её должен преподавательский состав, обучая студентов планировать самостоятельную работу.

Необходимо максимально приблизить профессиональное образование к реальному производству. При подготовке инженерных кадров это играет решающую роль. Но существует ряд проблем в сфере производственных практик. Одна из них эта удаленность вузов от предприятий. Получается, что территории перспективного развития находятся в одном месте – за тысячи километров, а кадры находятся совсем на других территориях. Понятно, что о нормальной производственной практике, о подготовке специалистов под потребности конкретного завода, конкретного предприятия, конкретной компании в такой ситуации трудно вести речь. Но есть и другая проблема – качество прохождения практики. Не всегда оно соответствует ожиданиям. Практика иногда походит только на формальность, подписание отчета и дневника студента.

Далее – важнейший вопрос: кто будет учить будущих инженеров? Преподаватели должны обладать современными знаниями, сами понимать весь технологический процесс – и не на основе опыта десятилетней, двадцатилетней давности, а именно так, как организована работа на передовых предприятиях, которые являются технологическими лидерами в своих отраслях [2]. Нужно активнее приглашать ведущих учёных, специалистов-практиков из-за рубежа для преподавания на наших технических факультетах. Подобный опыт с зарубежными учеными для нашего вуза это обычная практика. Но хотелось бы, чтобы такие мероприятия проводились при большей подготовке и обоснованности. Иногда посещая ту или иную лекцию, студенты не понимают её важности. Я считаю, что преподавательскому составу необходимо мотивировать и объяснять важность подобных лекций студентам.

Сегодня длительность подготовки инженерных кадров зачастую больше, чем сроки обновления технологий. Следовательно, государственные программы Российской Федерации и программы социально-экономического развития субъектов Федерации должны содержать ближне- и среднесрочные прогнозы количественной и, самое главное, содержательной потребности в инженерных кадрах, в первую очередь для машиностроительного, оборонно-промышленного, топливно-энергетического комплексов [1].

Подводя итоги необходимо выделить главный список проблем развития инженерного образования в России, который требует немедленного решения:

1. отсутствие Федерального закона «Об инженерной деятельности в РФ» ;
2. отсутствие четкой стратегии развития инженерного образования;
3. неразвитость системы комплексного прогнозирования и планирования потребности в инженерных кадрах;
4. неразработанность профессиональных стандартов для большинства отраслей;
5. проведение обучения во многих вузах с использованием физически и морально устаревшего оборудования, дефицит программно-технических комплексов;
6. значительные сложности при организации производственных практик;
7. недостаточную академическую мобильность студентов и ППС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Г.В. Иванов, В.В. Кондратьев, А.А. Кайбияйнен. Современные проблемы инженерного образования: итоги международных конференций и научной школы // Высшее образование России. – М.: МГУ, № 12, 2013. -
2. Чучалин, Александр Иванович. Качество инженерного образования: монография. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 124 с.
3. Chuchalin, A.I. Quality Assurance in Engineering Education in Russia // Research in Eng. Education, Symposium. – Madrid, Spain. – 2011. – p. 85-86.
4. Graham R. Achieving Excellence in Engineering Education: the Ingredients of Successful Change. – London: The Royal Academy of Eng., 2012. – p.76

Научный руководитель: М.А. Макиенко, к.ф.н., доцент, ИСГТ ТПУ.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТАНОВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

П.А. Хахулин, Н.О. Кухленкова
Томский политехнический университет
ИПР, ТОВПМ

Образовательный процесс является важнейшей сферой человеческой деятельности, которая тесно переплетена с другими областями общественной жизни. В настоящее время Россия стоит на пути инновационного развития. В связи с этим, работодателям нужны инженеры с высоким инновационным потенциалом. Ответственные, свободно владеющие своей профессией, специалисты, способные к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готовые к профессиональному росту и самообучению и способные решать проблемы, стоящие сегодня перед обществом.

Ценность инновационной деятельности для устойчивого экономического развития и государственного регулирования этого процесса признается в большинстве государств мира, в том числе и в России. Она важна для предприятия, так как позволяет ему развиваться в коммерческом и конкурентном плане. Поэтому готовность к инновационной деятельности современных инженеров является одним из главных факторов успеха компании, города, региона, страны и общества в целом.

Подготовка инженеров, готовых к новаторству – сложный процесс, во многом решаемый в рамках образовательного процесса. Решаться она должна целенаправленным изменением структуры и содержания основной профессиональной образовательной программы путем внедрения в нее дополнительных дисциплин, направленных на профессионально-творческое совершенство, а также умению совмещать и комбинировать основные и дополнительные программы в условиях непрерывного образования [1].

Привлекая молодого инженера/ученого к участию в инновационной деятельности, выявляется проблема несоответствия требований образовательной базы и производства, в котором будущие специалисты будут работать. Столкнувшись с проблемами, молодые специалисты пытаются решить их самостоятельно, методом проб и ошибок. Но хотелось бы и по окончании вуза сохранить с ним двухстороннюю связь: чтобы вуз интересовался успехами и проблемами своих выпускников и учитывал этот опыт в обучении следующих поколений.

Одним из возможных решений этой проблемы видится внедрение непрерывного профессионального образования.

В условиях финансово-экономического кризиса, повышение социальной мобильности человека через непрерывное профессиональное образование становится актуальной задачей для общества. Разносторонний человек с большим успехом выдержит финансово-экономический кризис, а комплекс непрерывного профессионального образования является страховкой от безработицы на рынке труда [3].

Непрерывное профессиональное образование имеет две подсистемы:

- формальное профессиональное образование (повышение уровня образования в стационарных образовательных учреждениях - непрерывность «по вертикали»);

- «трансформация квалификации» (повышение уровня квалификации, получение второго высшего образования - непрерывность «по горизонтали») [2].

Развитие инженера, готового к новшеству, происходит по обоим направлениям в течение всей жизни в несколько этапов:

1. Ознакомление с разными видами профессий, выявление интересов, мотиваций, личных качеств, склонностей, предрасположенность к выбранной профессии.
2. Приобретение профессиональных и личностных умений, необходимых в данной деятельности, развитие социально-психологической готовности к работе, способствующих карьерному росту и успешной деятельности.
3. Развитие личностно-профессионального потенциала инженера, его творческой и индивидуальной натуры, совершенствование профессиональных навыков.

Создание эффективного непрерывного профессионального образования для подготовки современных инженеров, готовых к инновационной деятельности, представляет значительную трудность для многих вузов страны.

Томский Политехнический университет не является исключением. Подтверждением этого является реализация инновационной образовательной программы в рамках приоритетного национального проекта «Образование» в 2007-2008гг.

Высокий уровень интеграции науки, техники и производства в современных условиях предполагает необходимость наличия механизма, который бы позволял быстро и эффективно реализовать основные этапы инновационного процесса (от интеллектуальной деятельно-

сти до коммерческого продукта). Это обстоятельство предполагает учет данного требования в образовательном процессе.

Стратегическая цель развития ТПУ - становление университета инновационного типа, ориентированного на исследования, создание наукоемких технологий и обучение специалистов, способных повысить уровень экономики страны и ее конкурентоспособность. Для этого университет привлекает дополнительные внебюджетные средства, получает процентные отчисления от стоимости разработок и единовременные платежи от коммерциализации разработок. Наиболее эффективным способом является создание малых инновационных предприятий, где одним из учредителей выступает ТПУ. Эти предприятия приносят доход за счет выплат дивидендов.

Объем научного внебюджета ТПУ составляет более 60% от объема всех томских вузов и около 40% от всего Томского научно-образовательного комплекса.

Увеличение технологического потенциала национальной экономики предполагает, что приоритет должен быть отдан инновационным идеям.

Университет является социально-экономической системой, так как он объединяет комплекс взаимосвязанных компонентов, плотно взаимодействующих с внешней средой.

Социальную значимость созданной в ТПУ инновационной инфраструктуры продвижения проектов по цепи «идея-проект-продукт» подтверждают:

- Работа студентов над проектами является адаптацией к современным условиям в предпринимательской среде.
- Используются современные методы и формы обучения (непрерывное профессиональное образование).
- Замкнутый цикл «школьник-студент-преподаватель-предприниматель (работодатель)» очень эффективен, т.к. он позволяет преодолевать разрыв между общеобразовательной подготовкой и специализацией, и развивает в личности готовность к обучению в течение всей жизни.
- Создание малых инновационных предприятий ведет к созданию новых рабочих мест, что способствует развитию региона.
- Дополнительные работы на НИОРК позволяют повысить доход преподавателей и научных сотрудников.
- Распространение научной деятельности среди молодежи.
- Распространение предпринимательской деятельности.

Консолидированный бюджет ТПУ позволит подразделениям университета обеспечить всем нужным учебную, научную, социаль-

ную сферу деятельности, осуществить материальную поддержку преподавателям и студентам, проводить культурно-массовые и оздоровительные мероприятия. Все это благоприятно скажется на развитии инновационной структуры ТПУ [4].

На данный момент инновационная структура ТПУ - это совокупная система завершенного инновационного цикла, которая позволяет разрабатывать, создавать и выводить на рынок конкурентоспособную продукцию в разных отраслях промышленности, организовывать кадровую, маркетинговую и технологическую базу инновационных предприятий.

Однако трудно составить полноценную картину потребности и качества современных инженеров по взаимодействию ТПУ и предприятий, т.к. университет не анализирует и не использует полученный опыт.

Пока не будут найдены решения образовательных проблем внутри вуза, пока не установится полноценная обратная связь «специалист-руководство», инновационная деятельность, в том числе и в ТПУ, не будет эффективна на 100%. Решением проблемы стало бы исследование и анализ не только широкомасштабных проблем университета, но и решение насущных проблем, с которыми сталкивается каждый молодой ученый в своей деятельности. При таком решении проблем непрерывное профессиональное образование станет формой превращения инженеров в востребованных специалистов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Маливанов Н.Н. Теория и практика формирования в системе непрерывного образования профессионально важных качеств инженера как субъекта инновационной деятельности: Автореф. дисс. док. пед. наук. Казань, 2005.- 15с.
2. Навазова Т.Г. Методология непрерывного профессионального образования// Человек и образование. 2005.-№3. - С.17-22.
3. Ждан А.А. Управление системой непрерывного образования Российской Федерации: Автореф. дисс.. канд. эконом. наук. Москва, 2009. -13с.

4. Власов В.А., Байдали С.А., Козырев М.М. Инновационная инфраструктура ТПУ как комплексная система проведения научных исследований, создания технологий и подготовки кадров для организации высокотехнологичных производств в области энерго- и ресурсоэффективности// Инновационная Россия. Проблемы и опыт. 2012.-№7. - С 13-18.

Научный руководитель: А.Ю. Чмыхало, к.ф.н., доцент, ИСГТ, ТПУ.

СТУДЕНЧЕСКОЕ КУРАТОРСТВО КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОБЩЕКУЛЬТУРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩЕГО ЭНЕРГЕТИКА

Е.Я. Бельская, О.С. Цветкова
Томский политехнический университет
Энергетический институт

Стратегия развития воспитания в Российской Федерации приоритетной задачей ставит развитие высоконравственной личности, обладающей актуальными знаниями и умениями, способной реализовать свой потенциал в условиях современного общества [1].

Общая образовательная программа 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (ООП), направленная на подготовку высококвалифицированного специалиста – бакалавра в области электроэнергетики и электротехники, помогает сформировать в студентах способность работать в команде и побеждать в условиях конкурентной среды. Выпускники непосредственно готовятся к проектно-конструкторской, организационно-управленческой, научно-исследовательской, монтажно-наладочной, производственно-технологической и сервисно-эксплуатационной деятельности на объектах отраслей народного хозяйства нашей огромной страны, учитывая при этом профиль своей профессиональной подготовки. При этом бакалавры-энергетики приобретают для себя такие уникальные компетенции, как [2]:

1. Эффективная работоспособность, приводящая к результату, в качестве члена команды, либо в индивидуальном порядке;
2. Способность применения современных методов разработки энергосберегающих, а также экологически-чистых технологий, которые, в свою очередь, позволяют обеспечивать безопасность

жизнедеятельности людей от всевозможных последствий катастроф и стихийных бедствий;

3. Способность применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на производстве;
4. Способность работать над инновационными проектами, используя при этом базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, а также опираясь на опыт предшественников;
5. Способность осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования.

Освоение ООП «Электроэнергетика и электротехника» в Томском политехническом университете (ТПУ) позволяет выпускникам успешно работать в избранной сфере деятельности, обладать универсальными (общекультурными) и предметно-специализированными (профессиональными) компетенциями, способствующими его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда.

В области воспитания задачей реализации ООП ТПУ «Электроэнергетика и электротехника» является формирование у выпускников социально-личностных качеств: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, гражданственности, коммуникативности, толерантности и повышение их общей культуры [2].

Электротехническая и электроэнергетическая школа ТПУ имеет восьмидесятилетний опыт подготовки дипломированных специалистов, но все это осуществляется в нашем вузе с участием важного звена - «кураторство».

В Энергетическом институте (ЭНИИ) кураторами студентов младших курсов, выступают также студенты старших курсов, так называемое Студенческое кураторство, имеющее место быть, как дополнение к кураторам-преподавателям.

Студенческое кураторство – молодежное общественное движение, успешно развивающееся благодаря поддержке активных студентов ЭНИИ ТПУ. Инициаторами создания данного проекта стали кураторы Энергетического института, представляющие собой одно из важных звеньев воспитательной работы в ТПУ.

Главной целью студенческого кураторства является обеспечение академической и социальной адаптации студентов первого курса к университетской среде, направленное на развитие общекультурных компетенций будущих энергетиков.

Обобщая всё вышеизложенное, студент-куратор становится полноправным коллегой куратора-преподавателя, только с той разницей, что остается внутри группы, с которой взаимодействует. Исходя из этого, можно сказать, что эффективность взаимодействия повышается ввиду снижения барьеров между кураторами и студентами-первокурсниками. Механизм распределения академических групп по студентам-кураторам, аналогичен, распределению по кураторам-преподавателям. И с начала 2015/2016 учебного года на одну академическую группу приходится от одного до двух студентов-кураторов. В нашей организации есть как опытные, так и не опытные студенты-кураторы, поэтому, в целях обучения более молодых и неопытных студентов-кураторов, в некоторых группах осуществляется следующий принцип: один более опытный куратор работает в паре с куратором менее опытным. Но есть группы, которые курирует только один студент-куратор. Все эти организационные методы позволяют студентам-кураторам рационально распределять усилия, сохраняя высокий уровень академической успеваемости и привычный ритм жизни.

Студент-куратор, совместно с куратором-преподавателем, разрабатывает план работы с первокурсниками, определяя тематику встреч, визитов и мероприятий. Ключевым инструментом работы куратора является «Час куратора» - аудиторные занятия со студентами, которые проводятся по рекомендованному Центром социальной работы ТПУ графику, насыщаются всеми необходимыми элементами, как для успешной адаптации студентов первого курса, так и для успешного развития их универсальных компетенций.

Именно с «Часа куратора», как правило, происходит знакомство первокурсников со своим студентом-куратором, то есть они включаются в процесс работы с самого начала. Совместно с патронируемыми первокурсниками студенты-кураторы участвуют в мероприятиях, организованных для «вхождения» студента в вузовскую среду: «Празднике первокурсника», «Посвящении первокурсника», «Празднике Белых журавлей», «Дне рождения студгородка» и т.д. Совместно с кураторами-преподавателями студенты-кураторы организуют походы первокурсников в культурные, социальные, научно-образовательные учреждения, оказывающие влияние на формирование мировоззрения первокурсника: Музейный комплекс ТПУ, Музей Физики ТПУ, Музей НКВД. Для приобщения к будущей профессии осуществляются экскурсии на профильные предприятия, как например, ГРЭС, подстанции и другие предприятия энергетической отрасли г. Томска, участвуют в карьерных мероприятиях ТПУ.

С целью вовлечения первокурсников в общественную жизнь вуза студенты-кураторы совместно с подшефными группами студентов посещают «Дни открытых дверей» различных общественных организаций, клубов ТПУ, принимают участие в акциях благотворительных фондов города.

Не менее важна социально-бытовая адаптация студентов-первокурсников. Для этого в начале первого и второго семестра в гости к первокурсникам, в общежития, приходят теперь не только кураторы-преподаватели, но и студенты-кураторы, что показывает их заинтересованность в знании условий проживания и более тесном взаимодействии со своими подопечными.

Студенты-кураторы консультируют ребят по учебным вопросам, развивают культурный досуг студентов, приобщая их к истории университета и к альтернативному времяпрепровождению за пределами университета. Студентов-кураторов можно сравнить с «ангелами-хранителями первокурсников», ведь на самом деле так и есть, оберегая их от проблем, помогая, знакомя с окружающим миром и вещами, с которыми они прежде не были знакомы.

Вместе с активом Студенческого Совета студенты-кураторы участвуют в проведении психологических тренингов для академических групп первого курса, таких как «Учебное целеполагание» и «Тайм-менеджмент», помогающие развивать у первокурсников универсальные компетенции. На протяжении всей работы проекта студенческого кураторства психолог Центра социальной работы, прикрепленный к нашему институту, оказывает большую помощь в организации и проведении тренингов на сплочение и командообразование не только для первокурсников ЭНИИ, но и для студентов-кураторов. Все тренинги студенты-кураторы посещают с удовольствием, так как они очень интересны и увлекательны, сплачивают коллектив, воодушевляя на дальнейшую работу.

Главным достоинством студенческого кураторства является то, что его нельзя применять в «приказном порядке». Данный проект создан для добровольного участия, основанного на личной мотивации каждого студента-куратора, ведь только в этом случае может получиться положительный результат.

Таким образом, студент-куратор становится для первокурсников наставником, которому они доверяют, на которого ориентируются и чье мнение для них является весомым. Студент-куратор не только занимает важное место в студенческой жизни первокурсников, но и помогает и способствует развитию их компетенций. Опрос студентов

Энергетического института выявил, что оценка их деятельности достаточна высокая.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 мая 2015 г. N 996-р.
2. Основная образовательная программа высшего образования. Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Утверждена 19.10.2014 г.

Научный руководитель: Е.Я. Бельская, ст. преподаватель каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Н.С. Никифоров
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС, группа 5022

Тест – это некая система, состоящая из заданий различной сложности, имеющая особую форму. Она позволяет достаточно точно, быстро и качественно оценить уровень знаний и подготовленности проходящего тест.

Выделяют так называемое педагогическое тестирование – тест, применяемый для оценки знаний обучающихся. Оно основано на применении специальных педагогических тестов. В это тестирование входит подготовка, проведение и обработка тестов. Данный комплекс мероприятий позволяет качественно оценить степень освоения пройденного материала тестируемых.

Собственно, педагогический тест – основной и единственный инструмент данного тестирования. Разрабатываемый по установленным стандартам и нормам, достаточно полно выполняет возложенные на него функции проверки компетенций студентов.

В данное время в России тесты являются одной из основных форм контроля качества обучения. На то есть объективные причины: уровень сложности для всех учащихся един, на заполнение бланка тестирования уходит гораздо меньше времени, обработка может быть автоматизированной. Все эти достоинства позволяют провести оценку

знаний качественно и в сжатые сроки, что для нашей страны является необходимым при сдаче ЕГЭ ввиду большого количества сдающих экзамены [1].

Образовательные тесты должны соответствовать целям и задачам обучения, и степень этого соответствия крайне важна. Об этом можно судить по трем важнейшим критериям тестов [2]:

- действенность – показатель того, насколько полно тест может оценить знания по проверяемой теме;
- надежность – обуславливается идентичностью результатов при повторном применении этого теста или его аналога;
- различимость – для выбора правильного ответа нужно приложить оптимальное количество знаний.

Существуют общие правила для подготовки материалов к тестам. Основными из них являются:

- включение вариантов ответа, неправильность которых учащиеся не могут обосновать на данный момент;
- включение неправильных ответов, основанных на типичных ошибках. Кроме того, не допускается включение неправдоподобных вариантов ответа для того, чтобы их нельзя было назвать сразу однозначно неправильными, не применив при этом усвоенный материал;
- должна отсутствовать система в расположении правильных ответов, чтобы не было, к примеру, всех правильных ответов только под одной буквой;
- вопросы должны отличаться по формулировке от данных в методических пособиях определениях;
- вопросы не должны служить подсказкой на другие вопросы;
- вопросы не должны содержать подвоха.

К сожалению, тесты в ВУЗ пока еще не до конца укоренились в образовательном процессе [3]. Некоторые преподаватели не без доли справедливости полагают, что тесты неспособны оценить общий уровень знаний и подготовки студентов. Другие находят их неэффективными из-за сложности составления. Третьи зачастую просто не задумываются о возможности их применения, так как имеют уже выработанные годами способы обучения.

В последнее время в систему высшего образования внедряются электронные образовательные ресурсы, такие как например, Moodle. Электронная среда Moodle наиболее широко позволяет реализовать возможности тестовых заданий.

В Moodle используется несколько типов вопросов в тестовых заданиях. Система позволяет выполнить тестовое задание студенту

одним из предложенных вариантов [4, 5]: верно/неверно, вложенные ответы, выбор пропущенных слов, вычисляемый, краткий ответ, множественный выбор, множественный вычисляемый, на соответствие, перетаскивание в текст, перетаскивание на соответствие, перетащить на изображение, простой вычисляемый, случайный вопрос на соответствие, числовой ответ, эссе, описание [6].

Кроме того, благодаря широким функциональным возможностям, реализована возможность интеграции тестовых заданий с других сайтов и ресурсов. Так на базе Энергетического института в 2015 году, по курсу "Кинетика ядерных реакторов", впервые был реализован индивидуальный подход к процессу обучения. По мнению некоторых авторов [7], именно построение учебного процесса без учета индивидуально-психологических особенностей учащихся, служит причиной низкого качества обучения и подготовки в университете [8]. Этот подход выстраивается на основе результатов входного теста. В основе были использованы два теста: тест Айзенка и "Конструктивный рисунок человека из геометрических фигур". Тест Айзенка, разработанный британским психологом Гансом Айзенком, позволяет определить темперамент учащихся. Тест "Конструктивный рисунок человека из геометрических фигур" используется для выявления индивидуально-типологических различий.

Тесты разрабатывались на сайте "testserver.pro", и затем внедрялись в электронную среду Moodle. Согласно результатам, студенты выполняли задания, с учетом их индивидуальных особенностей. Результаты (рис. 1) демонстрируют эффективность данной методики организации учебного процесса. Количество учащихся, сдавших экзамен на "отлично" (а) вырос на 6%, а сдавших экзамен на "удовлетворительно" (с) уменьшилась до 12% от общего количества (60 человек).

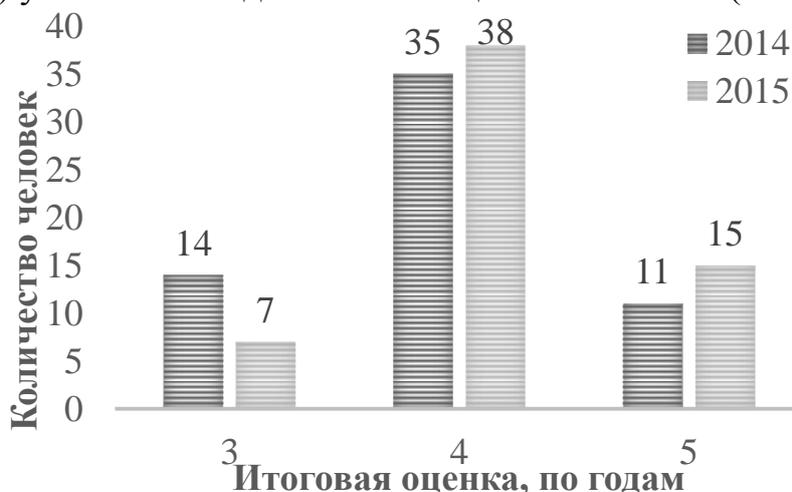


Рис. 1. Результаты успеваемости в 2014 (базовом) и 2015 (экспериментальном) годах

Заключение

Несмотря на то, что тесты пока еще не совсем укоренились в образовательном процессе, особенно в высшем образовании, где к ним до сих пор относятся с недоверием, нельзя отрицать, что они способны значительно повысить скорость и качество оценки уровня подготовки студентов. Весь образовательный потенциал тестов не раскрыт до конца, однако в большинстве учебных заведений основа для этого имеется. Их внедрение в образовательный процесс должно стать одной из приоритетных задач развития современного образования, в том числе и высшего. А использование электронных образовательных сред позволяет оптимизировать работу не только преподавателя, но и студентов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Logunova T.V. Tool of system Moodle for increase of efficiency of educational process in higher school // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. Издательство: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск), 2011. - С.115-119.
2. Пина Е.А., Egorova L.G., Dykonov A.V. Technology testing knowledge of students using system Moodle // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. Издательство: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск), 2011. - С. 166-172.
3. Aikina T.Y., Sumtsova O.V., Pavlov D.I. Implementing electronic courses based on Moodle for foreign language teaching at Russian technical universities // International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2015, vol. 10 (3), pp. 58-61.
4. Официальный сайт LMS Moodle https://docs.moodle.org/29/en/Main_page (23.05.15)
5. Zaytseva V.P. Moodle system as an instrument of computer-based testing and monitoring of university students' knowledge // Modern problems of science and education, 2013, vol. 6, URL: www.science-education.ru/113-11522 (23.05.2015).
6. Kitaev G.A., Lavrinenko S.V. Comparison of personality types and activities provided by the educational standard // Modern Research of Social Problems, 2015, vol. 1 (21). pp. 161-165.

7. Лавриненко С.В., Янковский С.А., Ларионов К.Б. Подготовка студентов к профессиональной деятельности на предприятиях атомной энергетики на основе лабораторного комплекса и интерактивной доски // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4; URL: www.science-education.ru/127-21152 (дата обращения: 11.09.2015).
8. Caputi V., Garrido A. Student-oriented planning of e-learning contents for Moodle // Journal of Network and Computer Applications, 2015, vol. 53, pp. 115-127.

Научный руководитель: С.В. Лавриненко, ст. преподаватель каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

TO THE QUESTION OF GREEN ENGINEERING

I.A. Zatonov, E.D. Nikonova
National Research Tomsk Polytechnic University
Institute for non-destructive testing

Human society lives in a post-industrial world now. It causes a fundamental changes in politics, economy, culture, labor, in the personal life of each person.[1] And the main driving force of these branches of human society are scientific developments in the field of high technologies. The development of high-tech, in its turn, leads to environmental pollution.

Growing pollution of the environment is a global problem of today that requires an immediate decision. The environment situation needs onew technology introduction that aimed on world ecological statement changing. That is why serious measures of an ecological security system creation should be taken.

Ecological problems are highlighted in a great number of books, articles, and research conferences as a result of human activities. Nowadays, human community is starting to realize some specific goals, for example: minimizing waste, approaching sustainability and increasing recycling. Goal statement gives good opportunity in providing a vision of ecological problems, which need to be attained, and a lot of discussions like this promotes to significant part of that types of vision.

In this way, the first phase of improving the environmental situation is radical restructuring of global education its methods, goals and objectives in accordance with new time.

It is necessary to include in the educational program disciplines which learning and offering a new technology of solving environmental

problems. «Ecology and nature» is one of the educational programs in the direction of preparation experts in ecological sphere. The main goal of this specialization is:

- Preparation of competitive specialists in the field of environment and natural resources;
- development of operations to minimize the negative impact of human activity on the environment;
- opportunity of assessment of anthropogenic influence on the components of the environment as a result of any industrial activity.

Also all engineers and scientists that deal with inventions should remember about ecological responsibility. That is why during study in university future engineers and scientists should get acquaintance with basic principles of green engineering. Green engineering focuses on the ways of achievement sustainability in ecology through technology and science. Green engineering is based on the 12 basic principles. [2]. These principles provide engineers and scientists with a strong base to participate in creation and development of new materials, processes, products and systems that have positive effect on human health and the environment. According to foreign researcher Paul Anastas.[2], there are 12 principles of green engineering:

Principle 1: Designers need to strive to ensure that all material and energy inputs and outputs are as inherently nonhazardous as possible.

Principle 2: It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it is formed.

Principle 3: Separation and purification operations should be designed to minimize energy consumption and materials use.

Principle 4: Products, processes, and systems should be designed to maximize mass, energy, space, and time efficiency.

Principle 5: Products, processes, and systems should be “output pulled” rather than “input pushed” through the use of energy and materials.

Principle 6: Embedded entropy and complexity must be viewed as an investment when making design choices on recycle, reuse, or beneficial disposition.

Principle 7: Targeted durability, not immortality, should be a design goal.

Principle 8: Design for unnecessary capacity or capability (e.g., “one size fits all”) solutions should be considered a design flaw.

Principle 9: Material diversity in multicomponent products should be minimized to promote disassembly and value retention.

Principle 10: Design of products, processes, and systems must include integration and interconnectivity with available energy and materials flows.

Principle 11: Products, processes, and systems should be designed for performance in a commercial “afterlife”.

Principle 12: Material and energy inputs should be renewable rather than depleting.

The breadth of the principles’ adaptability is significant. Green engineering must be effective and appropriate in all types of dealing with design architecture: molecular architecture required to construct chemical compounds, product architecture to create an automobile or urban architecture to build a city. Differently, these would not be principles but simply a list of useful techniques that have been successfully demonstrated under specific conditions.

Global following of Green Engineering principles will lead the humanity to the new step in evolution. The understanding of its basic principles can save the humanity from itself and protect nature for the future generations. Authors believe that it is time to create something really innovative, useful and healing for the Earth.

REFERENCES

1. Новиков А.М. Постиндустриальное образование.- М.: Издательство «Эгвес», 2008.- 136 с.
2. Anastas P.T., Zimmerman J.B.. Design through the twelve principles of Green Engineering// Env Sci Tech.-2003.-№37.- 94A-101A

Scientific adviser: Ivanova V.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of TPU , Department of precision instruments

ДИСЦИПЛИНА «ТВОРЧЕСКИЙ ПРОЕКТ», КАК ОСНОВА ПОДГОТОВКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО ИНЖЕНЕРА

С.Б. Доржиева, М.В. Мантыкова
Томский политехнический университет
ИНК, ТП, группа 1Б3В

У современных выпускников школ, гимназий и лицеев особо остро встает вопрос о дальнейшем обучении и получении качественного образования. Кто-то идет получать средне-специальное образование, кто-то - в армию, кто-то строит семью, но все-таки большин-

ство стремятся поступить в высшие учебные заведения для получения фундаментальных знаний и освоения выбранной профессии.

В силу сложившейся ситуации на современном рынке труда: перенасыщение такими специалистами, как экономисты, юристы, финансисты, и недостаток высококвалифицированных инженеров, начиная с области IT, заканчивая химической инженерией; большинство абитуриентов выбирает путь для своей будущей профессии в области точных наук.

Несмотря на то, что многие студенты осознанно выбирают направление подготовки при поступлении, на младших курсах не все полностью понимают специфику своей будущей специальности. Для знакомства с будущей профессией, в соответствии с рекомендациями CDIO подхода [1], в ТПУ в учебный план включена дисциплина «Введение в инженерную деятельность», которая проводится в течение первого семестра. Эта дисциплина ориентирована на первоначальную подготовку студентов к инженерной деятельности. Учебный процесс проходит в форматах лекций, мастер-классов, практических занятий, семинаров. В итоге у студентов формируются общие представления об инженерной деятельности в целом, набор базовых знаний для решения инженерных задач в определенной области.

Продолжением дисциплины «Введение в инженерную деятельность» является дисциплина «Творческий проект», которая идет в течение трех семестров. Целями и задачами данной дисциплины являются получение глубоких практических знаний, технических основ профессии; формирование навыков в создании и эксплуатации новых продуктов и систем; понимание важности и стратегического значения научно-технического развития общества; приобретение знаний о планируемом профиле обучения в рамках направления [2].

Например, на направлении «Электроника и наноэлектроника» студентам в качестве тем для творческих проектов предлагаются: «Устройство для измерения постоянных электрических полей биосовместимых покрытий», «Измерение скорости реакции человека», «Автовыключатель электроприборов», «Проектирование и создание кодового замка», «Микросмарт», «USB – вентилятор «Ветер богов»», «Походный термоэлектрогенератор»; для направления «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» предложены темы: «Экспериментальные исследования и моделирование состава и свойств нефти, товарных нефтепродуктов», «Моделирование технологии переработки природных энергоносителей», «Разработка рецептур и компаундирование моторных топлив», «Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке», «Аль-

тернативные топлива – теория и моделирование ресурсоэффективных процессов» и другие. Направление подготовки «Электроэнергетика и электротехника» - «Изготовление действующей модели синхронного двигателя (СД)», «Фильтры симметричных составляющих», «Устройство чувствительного элемента измерения скорости вращения ротора паровой турбины» и другие [2].

Таким образом, в соответствии с представленными рабочими программами студентам представляются интересные темы для творческих проектов, которые на самом деле помогают, с одной стороны, понять особенности выбранной специальности, с другой - попробовать себя в качестве инженера-разработчика.

Авторы статьи провели социологический опрос студентов ТПУ со второго по четвертый курс о качестве реализации дисциплины «Творческий проект». Больше половины опрошенных (52,9%) ответили, что самостоятельно выбирали темы их творческих проектов, 38,6% определились с темой проекта по чьему-либо совету, а 8,5% ответили, что темы проектов были уже заранее для них выбраны. Стоит отметить, что у 86 % респондентов работа по выполнению творческого проекта проходила в мини-группах по 2-5 человек, что несомненно положительно влияет на формирование и развитие умения работать в команде; 14 % вели индивидуальную работу. Так же респондентам был задан вопрос: «Что же больше всего запомнилось в процессе освоения дисциплины?». Большинство участников опроса, а это - 57,7%, акцентировались на процессе выполнения проекта; 26,8% - на защите проекта перед комиссией, и только 12,7% ничего не запомнили. Опрос показал, что «Творческий проект» 32% опрошенных помог определиться с дальнейшим профилем обучения. По мнению 75% студентов, принявших участие в опросе, проведение данной дисциплины полностью соответствует заявленным в рабочей программе целям. Кроме того, у студентов спрашивали мнение о необходимости внесения изменений в процесс преподавание дисциплины «Творческий проект» (иными словами узнали мнение студентов об удовлетворённости качеством преподавания). Были получены следующие результаты: 50% полностью удовлетворены преподаванием дисциплины, 16% остались равнодушными к процессу проведения занятий, 18,5 % уверены в том, что в выражении мнения нет смысла, т.к. как оно не влияет на что-либо. Также были даны одиночные ответы: «чтобы преподаватель сам был заинтересован в работе со студентами», «больше практики, чем теории хотелось бы», «я бы убрала эту дисциплину».

В целом видно, что студенты положительно оценивают наличие дисциплины «Творческий проект» в учебном плане и дают высокую оценку качеству ее проведения.

Вывод: Кто такой инженер? И что такое творчество? Инженер от лат. «ingenium» означает способность, изобретательность. Инженер имеет дело с разработкой и внедрением инноваций и для этого ему необходим творческий как подход как основа будущей деятельности. Творчество – создание чего-то нового, которое непременно разрешает определенную проблему. Отсюда видно, что эти два понятия тесно связаны. Поэтому авторы считают, что дисциплина «Творческий проект» положительно влияет на процесс обучения студентов младших курсов и дает возможность получения глубоких практических знаний технических основ будущей профессии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информ.-метод. изд. / пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной; Том. политехн. ун-т. – Томск, 2011.
2. Рабочие программы по дисциплине «Творческий проект» [Электронный ресурс] – URL: <http://portal.tpu.ru/fond2> (дата обращения: 13.09.15).

Научный руководитель: В.С. Иванова, к.т.н., доцент, каф. ТП ИНК.

THE THEORY OF MULTIPLE SIMULTANEOUS DISCOVERIES

D.V. Isaeva

National research Tomsk polytechnic university, Institute of non-destructive testing, Precise instrument making department, group 1B3V

Since the beginning of time, people have been making different discoveries and inventions. They make great discoveries, which are based not only on the experience of previous generations, but on experiments and scientific analysis. However, what is the nature of discoveries? Theories of invention has been an ongoing discussion for more than a century. Nowadays this problem is still actual. Different scientists support the various probable reasons of discoveries occurrence. The four main theories are the traditional genius theory: the classical sociological theory of cultural maturation and multiple discoveries, the theory of attribution and the theory of

chance and serendipity [2]. At this paper a theory of multiple independent inventions are going to be covered.

Throughout history, major scientific breakthroughs and notable inventions have occurred simultaneously and independently among different thinkers and inventors, who, more often than not, had no direct contact with each other. The phenomenon is known as "multiple discovery." This theory was documented in 1922 by sociologists William Ogburn and Dorothy Thomas. They presented a list of 148 examples and asked why a multiple discovery is so frequent in science. They emphasized two essential factors, as the cultural preparation and the development of scientific technique and instrumentation [2].

The most famous and interesting examples will be presented in this paper. Newton and Leibniz independently invented calculus; Alexander Graham Bell and Elisha Gray both filed a patent for the telephone on the same day — within three hours of each other; sunspots were simultaneously discovered by four scientists living in four different countries and at least 23 other people who built a prototype of light bulbs before Edison.[1] The invention of decimal fractions is credited to Rudolph, Stevinus and Biurgi. The molecular theory is due to Avagadro in 1811 and to Ampere in 1814. Oxygen was discovered by Scheele and by Priestley in 1774. Both Cros and du Hauron invented color photography in 1869. The thermometer was invented at least by six different persons and nine scientists were sure that each of them is the inventor of the telescope [4].

Several individuals in England and in America invented simultaneously typewriting machines [4].

The invention of the steam engine was only possible because of the work and scientific inquiry, which was made by people during the previous decades. By the beginning of the 18th century the nature of the vacuum and the method of obtaining it were researched. Steam boilers capable of sustaining any desired pressure had been made. After this, Savery and then Newcomen built early versions of the steam engine before James Watt improved the engine by adding a separate condenser, and became known as the inventor of the steam engine [1].

Simultaneity of inventions results from broad access to a shared base of knowledge about the world, and so has gone with the acceleration of technological progress. In addition, an access to the base of human knowledge grows the same, as does the number of possible inventors and the probability of simultaneous invention. Inventions rarely occur in isolation. They build closely on what came before. Moreover, multiple scientists at about the same time quite often make inventions [3].

To sum up, all these facts prove that inventions are inevitable. Even if a particular inventor had never been born, there is a great chance that someone else would still have created the invention. The fact that certain ideas or inventions occur at the same time to different people proved that they seem to have been destined to come about precisely when they did because of cultural factors [5].

Speaking for myself, I absolutely support this theory and believe that inventions are the necessary results of a social process and independent simultaneous discoveries are unavoidable.

REFERENCES:

1. Martin Griswold. Are inventions inevitable? Simultaneous invention and the incremental nature of discovery. – November 25 2012 [electronic resource] Access mode: <https://mgriz.wordpress.com/2012/11/25/are-inventions-inevitable-simultaneous-invention-and-the-incremental-nature-of-discovery/>
2. Reijo Miettinen. Theories of Invention and an Industrial Innovation// Science Studies. – (1996) – Vol. 9, No. 2 – p. 34-38.
3. Mark A. Lemley. The myth of the sole inventor.- U of M Law School Publications Center, 2011- p.13
4. William F. Ogburn, Dorothy Thomas. Are Inventions Inevitable? A Note on Social Evolution // Political Science Quarterly – 1922 – Vol. 37, No. 1 – p.83.
5. Eugene Garfield. Multiple Independent Discovery & Creativity in Science// Current Contents – N 44 – November 3, 1980 – p.5.

Scientific adviser: V.S. Ivanova, Ph.D., Associate Professor, Tomsk Polytechnic University.

ПРИМЕНЕНИЕ КЕЙС-МЕТОДА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ ЭНЕРГЕТИКОВ

Е.Я. Бельская, Н.А. Старцев, В.В. Шестакова
Томский политехнический университет
Энергетический институт

Несмотря на то, что ВУЗы России каждый год выпускают тысячи молодых специалистов с высшим техническим образованием, в нашей стране имеется дефицит высококвалифицированных инженерных кадров. Проблема характерна не только для России, педагоги

высших учебных заведений всего мира пытаются ответить на вопрос, что делать для повышения качества обучения будущих инженеров [1–7], как сформулировать учебные планы [8–12].

Один из способов повышения заинтересованности студентов – кейс-метод, который впервые был применен в Гарвардском университете в 1924 году. Можно отметить, что до сих пор этот университет является лидером «кейс-индустрии» всего мира. Почти столетний опыт применения кейс-метода позволяет сделать однозначный вывод об эффективности и привлекательности данного активного метода обучения.

Суть кейс-метода можно коротко описать так: это практическая задача, основанная на реальной ситуации, которая не имеет однозначного решения. При написании заданий для кейсов большое значение имеет сюжетная канва, позволяющая сделать задание увлекательным, динамичным и хорошо запоминающимся. Для создания интересного сюжета рекомендуется применять оперативную информацию из средств массовой информации, фрагменты из известных художественных произведений или придумывать собственные сюжеты и персонажи. Участники, разбитые на команды, должны предложить несколько или один, с их точки зрения оптимальный, вариант решения проблемы, опираясь на свои теоретические знания, экономические расчеты, логику и интуицию. Задание для кейса одновременно является техническим заданием и источником информации для его решения, поэтому авторы кейсов не должны забывать о научной корректности исходных данных.

За рубежом и в России имеется немалый опыт разработки кейсов по таким направлениям, как экономика, бизнес, управление и др. В России в последние годы активно развивается технология инженерных кейсов, предназначенных для студентов и молодых специалистов горного дела [13]. Впервые в России (а, возможно, и в мире) кейс-технология для обучения будущих энергетиков была применена в 2014 г. Опыт создания первых энергетических кейсов для студентов энергетических специальностей имеется в Уральском Федеральном университете (доцент кафедры АЭС Егоров А.О.).

В 2015 г. перед сотрудниками кафедр Электроэнергетических систем (ЭЭС) и Электрических сетей и электротехники (ЭСиЭ) Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ) была поставлена задача разработки инженерного кейса по энергетике для школьников 10-х, 11-х классов для занятий по профориентации. В частности, кейс планиру-

ется использовать для занятий со школьниками г. Зеленогорска в марте 2016 г. во время каникул.

При разработке задания кейса должны быть учтены следующие условия:

- очень ограниченные временные рамки, на решение кейса отводится по 3 часа в течение четырех дней (заранее, как это обычно делается, задание школьникам не выдается);
- полное отсутствие подготовки участников в области энергетики.

В данной работе предложена возможная структура энергетического инженерного кейса для такой специфичной аудитории, как школьники. Первый вопрос, который встает перед авторами: формулировка проблемы. Для школьников более подходящим, по мнению авторов, является не реальный кейс, так называемый - «полевой», как для студенческой аудитории, а «кресельный», т.е. полностью вымышленный кейс.

Задание, оформленное в виде небольшого художественного рассказа, включает в себя описание богатого ископаемыми, но малонаселенного района северо-восточной части России. Действующие лица – молодые выпускники энергетических институтов, перед которыми открываются большие перспективы при реализации нового глобального проекта России. Перед героями рассказа, то есть перед нашими юными энергетиками, ставится задача электрофикации заданного района с учетом будущего строительства жилых поселков, обеспечения энергией золотых и алмазных приисков, а также строительства тепловой электростанции (ЭСТ) для обеспечения тепло- и электроснабжения всей инфраструктуры.

Далее разделим общее задание на 4 части, в соответствии с количеством рабочих дней, отведенных на решение.

День 1. Школьникам выдается карта местности, на которой указаны реки, озера, имеющиеся дороги, населенный пункт, месторождения золота, алмазов, угольный карьер, а также отмечены около дюжины мест, подходящих для строительства жилых поселков и несколько мест, подходящих для строительства тепловой электростанции. Также заданы минимальные и максимальные мощности всех нагрузок (прииски, угольный разрез, бытовая нагрузка) с учетом перспективы на 15 лет.

Участникам нужно принять решение, где построить электростанцию и жилые поселки, определить установленную мощность электростанции и выбрать генераторы нужной мощности из списка, предложенного в задании. Кроме того, необходимо придумать названия для поселков, приисков и ЭСТ.

При решении школьники должны руководствоваться дополнительными условиями. Например, электростанция должна быть построена рядом с водоемом и поближе к угольному разрезу, поселки должны быть расположены ближе к приискам. Но, с другой стороны, они не должны быть слишком удалены от ЭСТ, иначе будут слишком большие потери тепла при передаче. На ЭСТ должен быть предусмотрен резервный генератор, необходимо учесть технологический минимум генераторов по выработке энергии и т.д.

День 2. Задание – спроектировать электрическую сеть для передачи электрической энергии от ЭСТ к потребителям. Местоположение всех объектов выработки и потребления энергии уже известно. Учитывая отсутствие специальной подготовки участников необходимо заранее разработать несколько вариантов схем электроснабжения радиальной, кольцевой, смешанной структуры. Школьники должны будут выбрать один вариант, например, из пяти возможных исходя из двух условий: первое – суммарная длина линий должна быть минимальна, второе – каждый потребитель должен снабжаться не менее чем по двум линиям. Кроме того, нужно будет выбрать напряжение сети исходя из стоимости строительства 1 км воздушной линии при разных номинальных напряжениях и величины потерь при передаче энергии на известные расстояния.

День 3. В этот день команда делится на группы по 2-3 человека, которые решают задания разного направления. Одно из заданий включает в себя технико-экономические расчеты и предусматривает определение суммарной стоимости спроектированной мини-энергосистемы (электростанция, повышающие трансформаторы, линии, понижающие трансформаторы на подстанции). Другие представители команды решают задачи, связанные с некоторыми частными вопросами эксплуатации энергообъектов, например, с расчетом тока исходя из заданной мощности нагрузки и выбором нужного сечения провода воздушной линии.

День 4. Подготовка итоговой презентации и доклада. Распределение ролей между докладчиками.

Роль преподавателя во время решения кейса столь неподготовленной аудиторией очень велика. Преподаватель должен ежедневно ненавязчиво задавать направление дискуссии, поддерживать деловой настрой, оценивать вклад школьников в анализ ситуации. Если сочтет необходимым, назначать спикера своим волевым решением.

Как известно, одно из самых сильных средств стимулирования обучения и активизации познавательной активности – это ощущение успеха. Кейс-метод позволяет в полной мере сформировать устойчи-

вую позитивную мотивацию и подчеркнуть достижения каждого участника. Авторы надеются, что предложенный энергетический кейс в полной мере будет способствовать индивидуальному и групповому развитию, развитию компетенций, как профессиональных, так и универсальных, формированию навыков выполнения сложных заданий в составе группы и, самое главное, поможет школьникам сделать правильный выбор будущей профессии [14].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Becker F.S. Why Don't Young People Want to Become Engineers? Rational Reasons for Disappointing Decisions//European Journal of Engineering Education, Vol. 35, No. 4, 2010.
2. Richard K. Miller. From the Ground up: Rethinking Engineering Education for the 21st Century. Symposium on Engineering and Liberal Education, Union College, Schenectady, NY, June 4-5, 2010.
3. Graham R. Achieving Excellence in Engineering Education: Ingredients of Successful Change, the Royal Academy of Engineering, London, 2012.
4. Lönngrén J., Hanning A. Is it sustainable to educate engineers? Reflections on the purpose of Engineering Education//Engineering Education for Sustainable Development, Cambridge, UK. September 22 – 25, 2013.
5. Crawley E. F., Edström K. Stanko T. Educating Engineers for Research-based Innovation – Creating the Learning Outcomes Framework//Proc. of the 9th International CDIO Conference, Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, Massachusetts, June 9 – 13, 2013.
6. Roberts, E. B. and Eesley, C. E., “Entrepreneurial Impact: The Role of MIT – An Updated Report”, Foundations and Trends in Entrepreneurship, Vol. 7, Nos. 1-2, 2011, 1-149.
7. Maassen P. and Stensaker B., “The knowledge triangle, European higher education policy implications”, Journal of Higher Education, v. 61, 2011, 757-769.
8. Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 22 с.

9. Edward F. Crawley, Kristina Edström, Tanya Stanko. EDUCATING ENGINEERS FOR RESEARCH-BASED INNOVATION – CREATING THE LEARNING OUTCOMES FRAMEWORK // Proceedings of the 9th International CDIO Conference, Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, Massachusetts, June 9 – 13, 2013.
10. Chuchalin A.I. RAEE Accreditation Criteria and CDIO Syllabus: Comparative Analysis. // Materials of the 8th International CDIO Conference, Queensland University of Technology, Australia. – 1-4 July 2012. – p. 870-878.
11. Crawley E.F., Lucas W.A., Malmqvist J., Brodeur D.R., “The CDIO Syllabus v2.0: An update statement of goals for engineering education”, Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20-23, 2011.
12. Берестова С.А. Проектирование общеинженерного модуля программ производственно-технологического бакалавриата // Инженерное образование, 2014, №14. – С. 100–105.
13. Студенты ПНИПУ - участники Системы мониторинга АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим», дата обращения 10.09.2015 <http://pstu.ru/news/2014/12/08/3424/>
14. Е. Я. Бельская, В. В. Шестакова. Проектная и исследовательская деятельность школьников из БФ "Надёжная смена" // Информационные технологии в образовании XXI века: сборник научных трудов III Всероссийской научно-практической конференции, г. Москва, 2013 г. / Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". — Москва: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2013. — С. 322-326.

Научный руководитель: В.В. Шестакова, к.т.н., доцент, кафедра ЭЭС ЭНИН ТПУ.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ ИНЖЕНЕРОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

А.О. Бознак, А.Б. Ким, К.Г. Шибинский
Томский политехнический университет
ИК, каф. ТАМП

Введение

На сегодняшний день приоритетным направлением развития экономики России является инновационный путь. Следование этому пути неразрывно связано с модернизацией промышленности. В свою очередь данный шаг невозможно осуществить без подготовки в вузах страны компетентных инженеров машиностроительного профиля.

Формирование профессиональных компетенций будущих инженеров машиностроительного профиля должно осуществляться с опорой на реальные производственные проекты и в реальных производственных условиях, чтобы у обучающихся сформировалось целостное представление о взаимосвязи отдельных аспектов инженерной деятельности. Учебные и производственные практики, представленные в учебных планах, не в полной мере позволяют реализовать данный подход, так как деятельность обучающихся в ходе этих практик ограничивается какой-либо одной узкой областью их будущей профессиональной деятельности без взаимосвязи с другими областями.

Данная работа посвящена обоснованию необходимости использования междисциплинарного подхода и новых организационных форм в деле формирования профессиональных компетенций будущих инженеров машиностроительного. Исследование основывалось на анализе деятельности «Студенческого конструкторского бюро» (СКБ) в рамках которого в тесном сотрудничестве предприятия и вуза выполнялся комплексный инженерный проект.

Междисциплинарный подход к формированию компетенций

В последние годы весьма активно в экспертном сообществе обсуждаются проблемы качества инженерного образования. При этом особо отмечается нехватка квалифицированных инженеров, а также рост требований к их деятельности. Современные инженеры должны быть не только компетентны в своей области, но и быть в состоянии предложить оригинальные идеи и инновационные решения. «...В настоящее время все больше ценятся не только высококвалифицированные специалисты, но и всесторонне грамотные творческие личности, которые сами «добывают» необходимые знания и на их основе

порождают новые. Именно такие гармонично развитые специалисты приносят своим фирмам наибольшую прибыль, а потому наиболее востребованы на рынке труда» [1].

Осваиваемые будущими инженерами машиностроительного профиля дисциплины профессионального цикла в основном направлены на развитие компетенций в отдельной узкой области профессиональной деятельности, без формирования связей между этими областями. Формирование этих связей возможно при использовании в процессе их подготовки междисциплинарного подхода. Междисциплинарный подход позволяет сформировать у обучаемого не мозаичное, фрагментарное, а целостное представление об изученных дисциплинах [2]. Анализ литературы показал, что вопросы междисциплинарного подхода к обучению изучались многими учеными (Н.В. Борисов, В.Г. Буданов, В.И. Вершинин, В.Н. Максимова, Э.М. Мирской и др.). Исследования данных ученых доказывают положительное влияние междисциплинарного подхода на качество обучения. Однако многие важные его аспекты еще до конца не изучены, особенно применительно к формированию компетенций инженеров машиностроительного профиля в ситуации тех значительных изменений, которые происходят в сферах образования и производственной деятельности. Тем самым, авторам представляется важным рассмотреть возможность применения данного подхода в условиях формирования новых организационных форм взаимодействия вузов и предприятий.

Студенческое конструкторское бюро

На сегодняшний день научные студенческие объединения в России рассматриваются как одна из наиболее многообещающих форм организации инновационной деятельности студентов с точки зрения повышения их профессиональных компетенций [2]. За рубежом также существуют и успешно функционируют проекты данного типа [3]. С целью создания среды для реализации междисциплинарного подхода в обучении на кафедре технологии автоматизированного машиностроительного производства (ТАМП) Института кибернетики Томского политехнического университета было решено сформировать группу студентов для участия в комплексном производственном проекте, которая получила название «Студенческое конструкторское бюро» (СКБ).

В рамках СКБ кафедры ТАМП был реализован проект по конструкторско-технологической подготовке и промышленному производству установки контактно-стыковой сварки твэлов для ядерных реакторов типа ВВЭР-1000 [4]. Проект был разделен на этапы, тесно

связанные с профессиональными компетенциями инженера. В соответствии с ними в СКБ проводились учебные мероприятия, наставничество и управление проектом.

Учебные мероприятия были призваны помочь студентам в получении новых знаний и навыков в научно-исследовательской и производственной деятельности. Они включали: семинары, тренинги, научные исследования, подготовку студентами отчетов и докладов.

Наставничество являлось расширением учебных мероприятий, но, в отличие от них, было направлено на оказание помощи студентам в конкретных вопросах. Данный вид деятельности был основным в ходе реализации проекта. На каждом этапе проекта деятельность студентов координировалась консультантом-руководителем от предприятия. Таким образом, студент, проектируя какую-то деталь, входящую в состав установки получал консультации ряда специалистов. Первоначально, например, у инженера-конструктора, с которым он проектировал конструкцию детали, затем у инженера-технолога, с которым он рассматривал данную деталь с точки зрения технологии её изготовления. В результате он создавал чертеж детали и технологический процесс её изготовления, согласно которым определял необходимую для производства данной детали заготовку и затем согласовывал её с заведующим заготовительного участка. Далее будущий специалист мог полностью проследить процесс её изготовления и даже поучаствовать в нем, а в завершении проконтролировать изготовленную деталь под руководством опытного метролога.

Погруженность студента в процесс и возможность видеть все его этапы способствовала пониманию того, как принятые им решения, например, в процессе конструирования (при работе в своей узкой области), повлияют в дальнейшем на процесс изготовления детали. Благодаря этому студент приобретает способность видеть связи между близкими дисциплинами и у него формируется умение использовать междисциплинарный подход к решению поставленных задач.

В ходе мероприятий, связанных с управлением проектом, рассматривались задачи руководства, проводились командные встречи, осуществлялся мониторинг проекта с точки зрения выполнения целей.

Достижение запланированных целей и результатов выполнения проекта определялось учебным руководителем. В частности, он, имея доступ ко всей документации и информации мог оценить успешность выполнения его отдельных стадий и оценить достижение запланированных результатов обучения. Так как проект был разбит на отдельные этапы, учебный руководитель, запланировав контрольные точки в конце каждого этапа и распределив достижение учебных целей между

этапами, мог контролировать результаты обучения. Успешное выполнение проекта, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы являлись комплексным подтверждением результативности данного подхода к формированию профессиональных компетенций будущих инженеров.

Заключение

Создание СКБ на кафедре ТАМП позволило привлечь студентов к работе над реальным проектом, с применением междисциплинарного подхода. Работа будущих специалистов в условиях, максимально приближенных к реальным производственным и в тесном сотрудничестве с консультантами-руководителями от предприятия позволила сформировать у них профессиональные компетенции инженеров машиностроительного профиля и способность использовать междисциплинарный подход для решения инженерных задач, что подтверждается успешным выполнением проекта, а также успешной подготовкой и защитой выпускных квалификационных работ по тематике данного проекта.

Следует отметить, что успешное развитие у студентов профессиональных компетенций является основой для их успешной работы по специальности в будущем. Кроме того, работая в СКБ студенты получают первый опыт производственной, инженерной и управленческой работы и в результате период их адаптации при приеме на работу на машиностроительные предприятия сокращается, либо полностью ликвидируется.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Манушин Э.А., Добряков А.А. Практика модернизации // Высшее образование. – М.: Логос, 2007. – №8 – С. 3-16.
2. Червач М.Ю., Червач Ю.Б. Коллективная проектная деятельность в системе «студент - кафедра – ИП» как средство формирования профессиональной компетентности // Инженерное образование: электронный научный журнал. – 2014. – №16. – С. 174-179.
3. Tekic Z., Tekic A., Todorovic V. Modelling a Laboratory for Ideas as a New Tool for Fostering Engineering Creativity // Procedia Engineering. – 2015. – Т.100. – С. 400-407.
4. ВЕСТИ.RU «Российский робот-сварщик превзошел все зарубежные аналоги» [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.vesti.ru/videos/show/vid/629855/cid/1/#> 20.06.15.

Научный руководитель: А.Ю. Чмыхало, к.ф.н., доцент кафедры ФИЛ ИСГТ ТПУ.

СОЦИАЛЬНО-КОММУНИКАТИВНАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ УЧЕНОГО И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ

И.И. Шаненков, Ю.Л. Шаненкова
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП

В данной статье рассматриваются вопросы влияния социально-коммуникативной компетентности на профессиональное становление ученого, карьерный рост, увеличение его публикационной активности.

По разным данным на сегодняшний день существует от 6,5 тысяч до 157 тысяч научных журналов [1] и их количество увеличивается на 7 % каждые 10-15 лет [2]. Естественно, со временем из них выделяются наиболее известные и активно читаемые, в которых публикация результатов своей деятельности приносит не только моральное удовлетворение ученому, но и отражается на его профессиональном статусе. Однако высокорейтинговые журналы предъявляют повышенные требования к публикациям и их оформлению, в связи с этим могут возникать дополнительные трудности [3]. Одним из барьеров на пути принятия статьи может стать отсутствие международных коллабораций и иностранных коллег в списке соавторов.

В зарубежной литературе рассматриваются вопросы грамотного стилистического и лингвистического оформления статьи для повышения ее шансов на то, чтобы быть принятой в высокорейтинговые журналы [4]. В российской же научной среде в связи с реализацией программы вхождения 5 ВУЗов в ТОП-100 университетов мира к 2020 году активно обсуждаются проблемы публикационной активности преподавателей и ученых [5], а также проблемы, связанные с возрастающей ролью индекса научного цитирования [6]. Сегодня в России этот индекс определяет вектор профессионального развития ученого. В связи с этим молодым исследователям для продвижения по карьерной лестнице необходимо публиковаться в ведущих журналах для повышения своего индекса Хирша.

Проблема заключается в том, что молодые ученые никому не известны в научных кругах, поэтому результаты их деятельности, как и знания, ставятся под сомнение. Кроме того, невозможность участия в международных коллаборациях из-за недостаточного опыта также не способствует увеличению публикационной активности. Все это усложняет продвижение статей в высокорейтинговые зарубежные

журналы. Поиску решения этой проблемы уделяется недостаточное внимание, несмотря на ее актуальность.

В данной работе рассматриваются вопросы социально-коммуникативной компетенции, как возможного фактора преодоления молодыми учеными отмеченных выше препятствий. Предлагается один из путей решения данной проблемы – использование социальных сетей для ученых. Особое внимание уделяется социальным сетям, где социально-коммуникативная компетентность выходит на первый план и позволяет стать участником международных коллабораций. Кроме того, в работе рассматривается понятие индекса Хирша и отмечается его важность в карьерном росте современных ученых.

Индекс Хирша (h-индекс) это наукометрический показатель, являющийся количественной характеристикой, позволяющей определить число публикаций и число их цитирований ученого. Данный индекс рассчитывается следующим образом (из закона Хирша): «Учёный имеет индекс h , если h из его N статей цитируются как минимум h раз каждая, в то время как оставшиеся $(N - h)$ статей цитируются менее, чем h раз каждая». Например, при наличии 10 опубликованных работ, каждая из которых процитирована не менее 10 раз, индекс Хирша будет равен 10. При этом количество работ, процитированных меньшее число раз, может быть любым.

В последнее время h-индекс активно используется в роли качественного показателя работы, как отдельных ученых, так и научных организаций в целом. Так, в частности, составители рейтинга Times выделяют индекс цитирования вместе со способностью вуза работать на развитие промышленности, уровнем преподавания, уровнем научной деятельности, а также международную репутацию.

В связи с реализацией программы «5-100» вхождения 5 ВУЗов России в рейтинг 100 лучших международных университетов мира, учебные заведения активно борются за увеличение показателей цитируемости. Это становится заметно в кадровой политике данных организаций. В частности, ученые университета, имеющие высокий показатель индекса Хирша приглашаются на ведущие позиции в структуры управления. В качестве примера можно привести опыт Пестрякова Алексея Николаевича – проректора по научной деятельности и инновациям в ТПУ. Будучи выпускником Томского Государственного университета и приглашенным профессором в Японском университете Кобе, в Берлинском институте имени Фрица Габера, а также в университете Мексики, он поступил на работу в ТПУ в 2000 году. Скорее всего, значительную роль в его приглашении сыграл высокий h-индекс, который на тот момент равнялся 8. В 2013 году он был выбран

на пост проректора по научной работе и инновациям, имея значение индекса Хирша, равное 22.

Проанализировав работы Пестрякова А.Н. можно отметить тот факт, что большинство цитат приходится на те статьи, которые были написаны в соавторстве с зарубежными учеными. Это сыграло немаловажную роль в возможности опубликования в ведущих научных журналах с высоким импакт-фактором, которые зачастую отдают предпочтение международным коллективам ученых.

Из результатов проведенного анализа видно, что международная вовлеченность Пестрякова А.Н. помогла ему в достижении столь высокого значения индекса цитируемости. Немаловажную роль в этом сыграло то, что он являлся приглашенным профессором в различных университетах по всему миру. Все это вылилось в продвижение по карьерной лестнице вскоре после начала реализации программы «5-100», когда исследователям с высоким h-индексом стало уделяться повышенное внимание.

Стоит отметить, что опыт Пестрякова А.Н. не индивидуален. Все успешные современные ученые, признанные научным сообществом, идут по пути участия в международных коллаборациях. Все это позволяет им активно развивать свою деятельность, являться приглашенными специалистами во многих университетах, быть осведомленными о текущем состоянии дел и проблемах в их научной области.

Молодые же ученые, не имеющие возможности стать участниками данных коллабораций, вынуждены искать альтернативные варианты. На протяжении долгого времени обмен опытом, зачастую, проводился только в рамках международных форумов и конференций. На сегодняшний день с развитием IT-технологий и интернета, у молодых исследователей появилась возможность обсуждать свои научные идеи с зарубежными коллегами посредством электронной почты. Стоит отметить, что хорошие перспективы для создания международных коллабораций появились и с развитием социальных сетей.

Существует несколько крупных международных сетей для ученых – *ResearchGate*, *Scientific social community*, *Social Science Research Network* и *UniPHY*. В рамках этих сетей можно в режиме реального времени общаться со своими коллегами со всего мира, в том числе задавать интересующие вас вопросы и получать на них ответы.

Таким образом, использование социальных сетей может помочь в преодолении проблем, связанных с невозможностью выхода на ведущие ученые группы и совместную работу с ними. А, следовательно, навык в сфере социальных коммуникаций позволяет активизировать свою научную деятельность, быть в тренде самых передовых исследо-

ваний в своей области, заводить напрямую новые полезные знакомства с интересующими людьми. Эффективное использование открывающихся возможностей может значительно повлиять и на публикационную активность.

В свою очередь работа, общение и, возможно, написание совместных статей с иностранными коллегами значительно повышают шансы на опубликование в ведущих журналах и приводят к увеличению h-индекса. А с учетом того, что ведущие университеты России заинтересованы в таких исследователях и их опыте, можно значительно продвинуться вперед по карьерной лестнице.

Благодаря рассмотренным в работе вопросам можно сделать вывод, что социально-коммуникативная компетентность в связи с развитием интернета и социальных сетей, в частности, стала важным атрибутом современного успешного молодого ученого. Она позволяет всем исследователям вне зависимости от их возраста и профессиональных достижений быть вовлеченными в международные коллаборации. Также отмечено, что качество работы ученых на сегодняшний день во многом определяется их индексом Хирша, поэтому социальные сети и социальная коммуникация могут стать катализаторами публикационной активности, которая непосредственным образом влияет на продвижение по карьерной лестнице.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Meyers B., Beebe L. The Future of the Print Journal. White Papers. - SheridanPress, 1999.
2. Price D. J. The exponential curve of science // *Discovery*. – 1956. - № 17. – P. 240-243.
3. Derntl M. Basics of research paper writing and publishing // *International Journal of Technology Enhanced Learning*. – 2014. – № 6, P. 105-123.
4. Davis M. *Scientific Papers and Presentations*. – Academic Press. – 1997.
5. Коцемир М.Н. Публикационная активность российских ученых в ведущих мировых журналах // *Acta naturae*. – 2012. – Т. 4. – № 2 (13). – С. 15-35.
6. Назаренко М.А. Индекс Хирша как ключевое слово в современных научных исследованиях // *Modern High Technologies*. – 2013. – №4. – С. 116-117.

Научный руководитель: А.Ю. Чмыхало, к.филос.н., доцент, каф. ФИЛ, ИСГТ, ТПУ.

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РФ

С.С. Баус¹, В.И. Сырямкин²

^{1,2}Томский политехнический университет

²Томский государственный университет

¹ИНК, ФМПКгр. 1ГМ51

²ИК, ИКСУ

Ключевые слова: интеллектуальные системы, методология, принципы реализации, российский опыт.

В век информационных технологий и всеобщей глобализации, когда именно автоматизация и качество выходят во главу мировой экономики, как нельзя кстати встает вопрос о создании интеллектуальных энергосистем, носящий для любой страны стратегическое значение. Разработка и внедрение инноваций в этой области должно привести к существенному повышению производительности энергосетей, ускорению процессов автоматизации при одновременном сокращении затрат и повышении качества, обеспечить возможности интегрированного и оптимального использования возобновляемых источников энергии и систем распределенной генерации. Произойдет укрепление взаимосвязей между технологиями энергоснабжения и энергопотребления, а также между потребителями и предприятиями коммунального комплекса, причем такое взаимодействие станет обоюдовыгодным. Однако нужно быть готовым к тому, что на пути к достижению этой цели придется понести большие расходы и решить ряд сложнейших задач. Для этого необходимы существенные капитальные вложения. Речь идет о трансформации энергосетей в направлении от электромеханических к полностью цифровым системам. Для того чтобы обеспечить реализацию максимального потенциала, необходимо проделать большую работу по разным направлениям. Причем компаниям придется столкнуться с непростыми дилеммами при принятии решений по многим вопросам. Речь может идти об определении сроков вложения средств, выборе партнеров по внедрению новых технологий, поиске возможностей максимизации соотношения издержек и прибыли для своей компании, а также энергосистемы и общества в целом, а также о решении такого важнейшего вопроса, как проведение необходимой модернизации с высокой эффективностью и в установленные сроки.

В данный момент в России данная область к сожалению, развита слабо, что наглядно показывают экономические показатели рента-

бельности энергетических систем, себестоимостью производства энергии, эффективности и потерь при доставке до потребителя, поэтому необходимо выработать металогический и системный аппарат для реализации собственных интеллектуальных систем с спецификой российской реальности и климатических условий, а также основательно изучить международный опыт реализации данных систем, в особенности, такие страны как США, Канада, Германия и Япония.

Важно, чтобы государство понимало, что без сближения и синтеза различных областей науки и секторов экономики, в том числе промышленности (электроники), невозможно полностью реализовать правильную и эффективную функциональность энергосистемы.

Реализация внедрения и совершенствования данных систем, а также Факторы успеха заключаются в четком и последовательном выполнении параметров стратегического планирования и алгоритма реализации. В данный алгоритм включает в себя следующие параметры:

- разработка нормативной базы;
- разработка стратегии;
- подготовка;
- внедрение;
- техническое и информационное обслуживание.

Ведущая роль в этой работе отводится предприятиям коммунальной энергетики. Все это влияет на то, каким образом компании определяют, выбирают и используют потенциал сотрудничества с компаниями- партнерами. К важным факторам, под воздействием которых формируются отношения в рамках создаваемых альянсов, можно отнести оперативность, гибкость, надежность и общность взглядов.

Задачу развития интеллектуальных энергосистем и модернизации энергосетей невозможно решить без создания нормативной базы, дающей стимул к своевременному вложению средств и обеспечивающей эффективность запланированных действий. Так как одной из целей «умных» энергосистем является развитие динамичной и интерактивной инфраструктуры, то и создание нормативной базы должно осуществляться в рамках двустороннего процесса. В ходе данных мер предприятиям и регулирующим органам необходимо профессионально прогнозировать конечный экономический эффект с точки зрения потребителей, а также применительно к окружающей среде и хозяйственной деятельности предприятия, провести моделирование и анализ последствий реализации различных сценариев развития системы нормативного регулирования, оценка и сопровождение в целях оптимизации использования программ государственных субсидий.

На рисунке 1 отображена схема взаимодействия различных составляющих полной интеллектуальной энергетической системы, в рамках экономики региона, а также в целом страны.



Рис. 1. схема взаимодействия элементов энергетической системы

Важнейшей составляющей любого успешного внедрения является реализация программы создания интеллектуальной энергосистемы в срок и в рамках проектной документации. Успех или провал предприятий коммунальной энергетики в первую очередь зависит от таких факторов, как правильный выбор партнеров, технологий, стратегии закупок и организации подрядных работ, достижении максимальной реализации потенциала дальнейшего инновационного развития при достижении целевых показателей рентабельности.

Произведя анализ процессов и процедур модели системы по девяти функциям (организационная структура, финансовое управление, коммуникации и отчетность, цепочка поставок, контроль сроков проведения работ, управление рисками и проблемными вопросами, контроль системы и технологии), необходимо выгодно использовать свое понимание специфики ЖКХ и энергетической отрасли, а также проектов внедрения систем учета электроэнергии нового поколения, спроектировать и внедрить улучшения в процессы и механизмы контроля офиса управления, отвечающие потребностям проекта и проектной группы.

Успех после внедрения системы будет в первую очередь зависеть от того, что делается в ходе внедрения. Коммунальщики должны уяснить, что те трудности, с которыми им придется столкнуться, не закончатся с установкой новых счетчиков и сенсоров. Компаниям нужно научиться пользоваться теми преимуществами, которые предо-

ставляются с внедрением систем управления информацией в режиме реального времени, способных осуществлять мониторинг любых данных от показателей производительности электростанций до предпочтений потребителей и показаний приборов, при этом находя правильный баланс между энергоснабжением и потреблением электрической энергии с использованием действующих и новых способов генерации. Тем самым необходимо менять принципы работ, повышать профессиональный уровень работников, в освоении новых систем и технологий.

В заключении хочется отметить, что в настоящее время видится в РФ некий сдвиг в разработке интеллектуальных энергосистем. В данной статье был представлен алгоритм реализации, основанный на системном подходе, структура и взаимодействия элементов большой взаимосвязанной энергосистемы, которая не ограничивается только поставкой и выработкой энергии. Правильный системный подход в совокупности с алгоритмом реализации данных систем, и теоретической и практической составляющей их эффективности и рентабельности, даст повсеместное применение данных систем на практике, что в наше время имеет стратегическое значения для каждого субъекта и государства в целом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л. К. Осика. Инжиниринг объектов интеллектуальной энергетической системы. Проектирование. Строительство. Бизнес и управление: практическое пособие — Москва: Изд-во МЭИ, 2014.
2. В. А. Втюрин. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУТП: Учебное пособие для студентов специальности 220301 "Автоматизация технологических процессов и производств". - СПб: СПбГЛТА. 2006. - 152 с.
3. С. П. Дорохов. Интеллектуальные системы в энергетическом комплексе. М: МЭИ, 2011.
4. Будущее — за интеллектуальными энергосистемами [электронный ресурс], 2015. <http://www.energyland.info/analitic-show-99417>.
5. И. А. Головинский. Разработка методов и алгоритмов автоматизации планирования и контроля оперативных переключений в электрических сетях энергосистем. М: НФЦ, 2004.

6. Роль интеллектуальных систем в нефтегазовой отрасли: предпосылки и перспективы [электронный ресурс], 2015. <http://www.avite.ru/ngk/stati/rol-intellektualnyih-sistem-v-neftegazovoy-otrasli-predposyilki-i-perspektivy.html>.
7. Предпосылки к созданию интеллектуальных электрических сетей в России [электронный ресурс], 2015. <http://www.jext.org/node/140>.

Научный руководитель: В.И. Сырямкин, профессор, д.т.н., зав.каф. Управление качеством ФИТ ТГУ.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИДАКТИЧЕСКОЙ ИГРЫ КАК АКТИВНОГО МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМ УЧЕБНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

Н.С. Панфилов

Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС, группа 5022

В нашем обществе успешность работы образовательных учреждений оценивается по уровню личностных качеств обучающегося, способствующих самостоятельной творческой деятельности. Данные требования весьма понятны, современные реалии зачастую требуют решать возникающие вопросы быстро и эффективно новыми, нестандартными способами. Работник с опытом творческой деятельности имеет более выгодное положение по отношению к тем, кто пользуется стандартными и устоявшимися методами. Такие люди способны повышать свой интеллектуальный уровень, развивать и внедрять прогрессивные технологии. Данные особенности объясняют интерес к использованию активных методов обучения в рамках современного образовательного процесса.

Изменение существующих традиционных методов обучения неизбежно и даже обязательно, ведь сформировавшиеся методы обучения сводятся к запоминанию знаний, что, хотя и приводит к упрощению учебной деятельности, все же не сделало доступным само усвоение наук. Наоборот, такая методика усложняет обучение, заставляя заниматься противоестественным для творческого человека занятием – заучиванием, зубрежкой. При этом поступающая информация по каждому предмету не имеет видимой связи не только между собой, но и с будущей профессией.

Активные методы обучения предполагают использование систем, способствующих самостоятельному усвоению обучающимися новых знаний и умений в процессе познавательной деятельности, в отличие от изложения преподавателем готовых материалов и их воспроизведении учеником, зачастую не понимающем смысла заученного. Исследование эффективности данной формы организации образовательного процесса привело к тому, что разработанные и утверждённые в настоящее время Федеральные Государственные Образовательные Стандарты для всех степеней образования предполагают в своей основе системно-деятельностный подход [11].

Практика показала, что активные методы обучения позволяют решить следующие учебные задачи:

1. Подчинение процесса обучения управляющему воздействию преподавателя;
2. Обеспечение активного участия в учебной работе всех (обучающихся с разным типом темперамента, скоростью ментальных процессов, уровнем обученности и подготовки);
3. Установление непрерывного контроля за процессом усвоения учебного материала.

Методы активного обучения можно поделить на групповые и индивидуальные. И если речь идёт о единовременном обучении большого числа обучающихся (студенческая группа), целесообразно уделить внимание рассмотрению вопросов, связанных с групповыми методами активного обучения [1, 3, 12]. К ним относятся:

1. Дискуссионные методы (дискуссия, полемика, анализ ситуации морального выбора, «мозговой штурм» и др.);
2. Игровые методы (деловая игра, дидактическая игра, сюжетно-ролевая игра и т.д.);
3. Тренинг-методы (тренинг делового общения, социально-деловой тренинг, тренинг умений).

Среди вышеупомянутых методов значительное место занимают игровые методы, хотя в соответствии с основами возрастной психологии игровая деятельность является ведущей только для дошкольного возраста. Однако, дидактические игры нашли широкое применение в практике общего образования и эффективно используются многими в различных этапах образования. Чем же объясняется неизменный интерес к данному методу обучения?

Под дидактическими играми мы будем понимать специально созданные игры, в ходе которых реализуются учебные и игровые цели и проводятся в рамках определенных игровых правил по соответствующему сюжету [1, 3]. Основная задача данного метода состоит в по-

вышении эффективности обучения за счет усиления интереса учащихся к производимой деятельности и придания ему эмоциональной окраски [4]. Безусловно, успех любой игры зависит от правильной ее организации и подготовки к ней. Игра обязательно должна быть соответственно оформлена, с понятными и достижимыми целями [2, 9, 10].

Основные требования к учебной игре можно выразить в следующем [4, 9]:

- основывается на свободном творчестве и самостоятельной деятельности обучающихся;
- вызывает у них положительные эмоции;
- включает соревновательный элемент между командами или отдельными участниками;
- включает в себя следующие этапы: мотивационный (создание игровой ситуации), ориентационный (постановка целей игры), содержательно-операционный (правила игры, игровые действия), ценностно-волевой (игровое состояние), оценочный (результат игры).

Несмотря на игровой характер познавательной деятельности, обучающиеся относятся к ней серьезно, осознавая ценность полученных в игре знаний. А особая организация игрового пространства способствует формированию коммуникативных умений [8]. И, наконец, игра дает возможность каждому ученику найти свою психологическую «нишу». Здесь есть место и лидеру, и ведомому, и «чувствительному, и рациональному» [10, 12].

При рассмотрении вопроса игровых технологий в рамках высшего образования одним из наиболее эффективных способов воспроизведения и изучения проблем в учебном процессе также является игра [5, 6], содержащая групповое упражнение по выработке решения в условиях, имитирующих реальность. В учебной игре происходит моделирование будущей профессиональной деятельности. В разработанных играх также учитывается и тот факт, что задача должна быть актуальной, ее решение должно требовать от студента базовых знаний, воображения и проявления творческих способностей.

Стоит отметить, что эффективными игры будут только в случае их подготовленности (что включает также необходимость апробации на ряде групп, систематическом дополнении и изменении предполагаемого материала и проблем, обновлении и актуализации) [4, 15]. Кроме того, успешность применения данного метода обучения для решения образовательных проблем зависит и от системности проведения игр в рамках изучения дисциплины.

Указанный ряд положительных моментов, вызванных использованием различных игр на всех этапах обучения, позволяет отнести их к эффективным методам активного обучения, соответствующих социальному заказу и требованиям времени.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ананьев Б. Г. Познавательные потребности и интересы. - М.: Учпедгиз, 1977. – 188 с.
2. Арстанов М. Ж., Хайдаров Ж. С. Принципы игровой деятельности // Современная высшая школа. — 1982. — № 1. — С. 126.
3. Бабанский Ю. К. Методы обучения в современной общеобразовательной школе. – М.: Просвещение, 1985. – 208 с.
4. Бельчиков Я. М. Деловые игры // Наука и техника. — 1984. 1- № 5.
5. Бирштейн М. М. Производственные игры. Первые шаги // ЭКО. — 1978. — № 6.
6. Вербицкий А. А. Деловая игра как метод активного обучения // Современная высшая школа. — 1982. — № 3. — С. 129.
7. Выготский Л. С. Педагогическая психология. – М.: Педагогика-пресс, 1999. – 453 с.
8. Иванов В. Г. Развитие и воспитание познавательных интересов старших школьников. – М.: Педагогика, 1961. – 213 с.
9. Рыбальский В. И. Деловые игры в учебном процессе: Программированное обучение. — Киев, Вища школа, 1980.
10. Талызина Н. Ф. Педагогическая психология: Учеб. для студентов учеб. заведений сред. проф. образования, обучающихся по пед. специальностям – 3-е изд. – М.: Академия, 2001. – 288с.
11. Федеральные Государственные Образовательные Стандарты [Текст] – Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/336>
12. Хачатурян А. П. Использование активных методов обучения в формировании управленческих навыков студентов. — В кн.: Проблемы управления культурным строительством. — Л., 1980.
13. Христенко В. Б. Деловые игры в учебном процессе: Учебное пособие Челябинского политехнического института. — Челябинск, 1983.
14. Шапошникова И. Г. О развитии познавательного интереса у неуспевающих подростков // Педагогические проблемы форми-

рования познавательных интересов учащихся. ЛГПИ. – 1977–№214. – с. 12–17.

15. Панфилов Н.С., Лавриненко С.В., Гвоздяков Д.В. Эффективность дидактической игры как активного метода обучения // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8 – С. 316-318

Научный руководитель: С.В. Лавриненко, ст. преподаватель каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

АНТРОПОЦЕНТРИЧНОСТЬ КАК ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА

Т.М. Гладченко
Томский политехнический университет
ИПР, ОХТ, группа 2ДМ42

Роль инженера в современном мире можно представить как ключевую, в связи с этим в современном мире представлены в большом объеме различные дискуссии о том, какими профессиональными и личностными качествами должен обладать инженер. На наш взгляд, одна из ключевых компетенций инженера любой специальности является антропоцентризм. Для прояснения роли антропоцентризм занимает в деятельности современного инженера необходимо осознать сами термины «Антропоцентризм» и «Инженер».

Антропоцентризм - философский мировоззренческий принцип, содержанием которого является понимание мира в связи с включенностью в него человека как сознательно-деятельностного фактора [1].

Инженер – специалист, осуществляющий техническую деятельность, направленную на применение научных, экономических, социальных и практических знаний с целью обращения природных ресурсов на пользу человека [2].

Действие человека в окружающем мире всегда играло важную роль в развитии философии и понимании современного мира. Значение принципа антропоцентризма со временем менялось и зависело от понимания сущности человека как со стороны гуманитарных представлений различных философских школ и учений, так и со стороны научных знаний о человеке, результатами его самопознания и самосознания.

Целью современного инженера является создание конкретного технического приспособления для решения той или иной практической задачи [3]. Профессионализм инженера определяется способностью найти средства для достижения поставленной цели. Как правило, инженер решает проблему, связанную с тем, чтобы направить законы природы в указанном русле. В этом контексте, часто инженеры не мыслят свою деятельность как антропоцентричную, исключая из системы «человек-цель-средство», человека, акцентируя внимание только на соотношении цели и средств.

Целью данного исследования является изучение изменения влияния принципа антропоцентризма на деятельность инженеров на протяжении развития инженерной профессии и определение ее роли в деятельности современного инженера. Актуальность исследования обусловлена значением инженерной деятельности в познании и преобразовании современного мира.

Проблемы антропоцентризма представлены уже в философии Античности. Они отражаются в трудах древнегреческих философов. Протагор (490-420 гг. до н.э.) высказал мысль о том, что «человек есть мера всех вещей», обращая внимание на то, что окружающий мир воспринимается человеком, а значит, знание о нем является субъективным. Уточнение этой мысли мы находим у Сократа (470-399 гг. до н.э.), утверждавшего, что «человек мыслящий есть мера всех вещей». Своего апофеоза антропоцентризм Античной философии достигает в работах Аристотеля, который определяет человека как самую глубокую сущность бытия. В целом, антропоцентризм в греческой философии имеет онтологическое содержание. Человек представлен здесь как необходимая и важнейшая часть Космоса.

Как философское учение, определяющее культуру и понимание человека, антропоцентризм развивается в эпоху Возрождения. В этот период человек стал выделяться не только из окружающего мира, но из общества себе подобных, таким образом, происходит индивидуализация человека, реализуется становление принципа самопознания и самоутверждения человека. Основные составляющие понимания антропоцентризма в современном варианте были заложены в эпоху Возрождения. В дальнейшем эти основы только дополнялись и разрабатывались в различных его аспектах.

В Новое время роль человека в окружающем мире определялась в контексте научно-гуманистического подхода. Эта эпоха характеризуется поиском методов для достижения истины. Антропоцентризм представлен здесь в срезе декартовского принципа «Я мыслю, следо-

вательно, существую». Человек как мыслящий субъект становится основной философской мысли и практической деятельности.

В середине XIX века в рамках марксистской философии человек понимается не как абстрактная сущность, наделенная некоторыми предзаданными интеллектуальными свойствами, а как личность, обладающая субъективностью, воздействующая на окружающий мир и изменяющая его в соответствии со своими желаниями. Ключевыми в понимании человека становятся его социальные качества.

В современном мире антропоцентризм занимает одно из важнейших мест в деятельности человека. Сегодня антропоцентризм может быть интерпретирован как улучшение жизни общества, на что направлено развитие науки и инженерного дела. Инженерная деятельность интерпретируется как применение научных знаний, направленное на удовлетворение потребностей общества [4]. В рамках одной из первых философских концепций техники, сформулированной немецким философом Э.Каппом, техника рассматривается как продолжение органов чувств человека. Техника представлена как нечто среднее между культурой и человеком [5], в процессе создания которой осуществляется процесс самопознания и самореализации.

Но является ли антропоцентризм неотъемлемой характеристикой инженерной деятельности в современном мире? Для того, чтобы ответить на этот вопрос рассмотрим представленные выше составляющие антропоцентризма относительно деятельности инженера.

Первая характерная черта антропоцентризма, проявившаяся по мере развития данного учения – субъективность в восприятии мира. Современная культура, во многом представленная продуктами инженерного творчества, позволяет выбрать человеку тот набор предметов, который необходим для его жизнедеятельности (например, человек может принять решение об использовании или отказе в использовании интеллектуальных энергосчетчиков). Но здесь есть один нюанс – любое современное техническое устройство создается не человеком, социокультурно-технической сферой и решение о его использовании или не использовании не всегда может быть принято человеком (например, принцип формирования тарифов на электроэнергию в современной России не располагает к применению частным пользователем интеллектуальных счетчиков).

Вторая, выделенная нами, характеристика антропоцентризма – самопознание и самоутверждение в процессе творчества. Несомненно, инженерная деятельность должна быть классифицирована как творческая и в этом контексте, в процессе профессиональной занятости, инженер осуществляет самореализацию. Но необходимо отметить, что

сегодня изменяется роль инженера – большая часть производственного процесса происходит автоматизировано, без участия человека. В общем плане в производственном процессе можно выделить инженера – конструктора и инженера – наладчика. И если в первом случае можно говорить о самореализации, то во втором случае, человек становится скорее дополнением для машины. Кроме того, можно говорить о том, что технический прогресс в значительной степени обеспечивает потребности не человека, а свои собственные. Ведь все разработки по улучшению технологии направлены на улучшение работы автоматических систем управления и создания роботов, которые будут выполнять работу без контроля человека.

Еще одна составляющая антропоцентризма как философского учения, представленная в современном мире, обозначена нами как улучшение жизни общества. Несомненно, жизнь современного человека намного комфортнее, нежели жизнь наших предков. Но и здесь необходимо поставить проблему: кто решает, что для человека лучше, в каком направлении должно развиваться общество и действительно ли наша жизнь стала лучше, учитывая количество созданного человечеством оружия, способного погубить большую часть живого на нашей планете?

Сформулированные выше вопросы, возникающие в процессе применения принципа антропоцентризма к деятельности инженера, позволяют актуализировать идею о том, что важнейшим фактором в его профессии является человеческий. Именно инженер в современном мире является человеком, который посредством создания технологии, конструирует социальную реальность и в каком-то смысле, самого человека. Это значит, что осознание антропоцентричности своей профессии должно являться неотъемлемой профессиональной компетенцией современного инженера.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы современной философии. Издание 2-е дополненное. Серия «Мир культуры, истории и философии» / Оформление обложки С. Шапиро, А. Олексенко / СПб.:Издательство «Лань», 1999.
2. Негодаев И. А. Философия техники: учебн. пособие. — Ростов-на-Дону: Центр ДГТУ, 1997.
3. Каплунов В.В., Зачем инженеру нужна философия./ Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана им. Н.Э. Баумана. 2014.

4. Шаповалов Е.А. Общество и инженер: философско-социологические проблемы инженерной деятельности. - Л., 1984.
5. Гнатюк В.И. Техносфера, техноэволюция и будущее мира [Электронный ресурс]. http://elib.spbstu.ru/dl/func/lex_3.htm#a1.

Научный руководитель: М.А. Макиенко, к.филос.н., доцент каф. ФИЛ ИСГТ ТПУ.

СЕКЦИЯ 12. МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ (ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ)

ФИЛЬТР ПРОСТЕЙШИХ ГАРМОНИК

А.И. Иванова
Лицей при ТПУ

В настоящее время фильтры, применяемые в электронике, это устройства служащие для выделения желательных компонентов спектра электрического сигнала и/или подавления нежелательных, т.е. является частотно-избирательным устройством, которое пропускает сигналы определенных частот и задерживает или ослабляет сигналы других частот. Очень широко фильтры применяются в релейной защите и электроавтоматике, в системах связи, в схемах защиты электронных систем от помех, вследствие чего тема фильтров является очень актуальной.

Из этого вытекает цель моей работы: проектирование фильтров высоких/низких частот и фильтры для выделения синусоиды из прямоугольного сигнала.

Задачи моего исследования:

1. Изучить виды, классификацию и основные характеристики фильтров
2. Рассчитать и собрать заданные фильтры

Простейший электронный фильтр верхних частот состоит из последовательно соединённых конденсатора и резистора. Конденсатор пропускает лишь переменный ток, а выходное напряжение снимается с резистора. Произведение сопротивления на ёмкость ($R \times C$) является постоянной времени для такого фильтра, которая обратно пропорциональна частоте среза в герцах:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

У фильтров существует ряд характеристик, по которым они классифицируются:

1. Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ)
2. По виду передаточной функции
3. Фазочастотные характеристики (ФЧХ)
4. По частоте среза
5. Постоянная времени
6. По полосе пропускания (подавления)
7. Резонансная частота
8. Добротность

Модуль передаточной функции называется амплитудно-частотной характеристикой. Поскольку с помощью реальной цепи невозможно реализовать постоянную амплитудно-частотную характеристику задают максимальное отклонение АЧХ в полосе пропускания $\text{Max } A$. В полосе задерживания задается минимальная величина ослабления сигнала $\text{min } A$. По АЧХ фильтры подразделяются на:

1. фильтры низких частот (ФНЧ) - пропускают на выход схемы сигналы низких частот, а сигналы высоких частот задерживают
2. фильтры высоких частот (ФВЧ) - пропускают на выход схемы сигналы верхних частот, и задерживает сигналы нижних частот.
3. полосно-пропускающие фильтры (ППФ) - пропускают сигналы одной полосы частот. Сигналы с частотами, расположенными вне этой полосы, ППФ не пропускает.
4. полосно-задерживающие (режекторные) фильтры (ПЗФ) – это фильтры, которые задерживают сигналы, лежащие в некоторой полосе частот, и пропускают сигналы с другими частотами.
5. фазовые фильтры

В указанных фильтрах коэффициент передачи и фазовый сдвиг зависят от частоты входного сигнала. Фильтры, у которых коэффициент передачи остается постоянным, а фазовый сдвиг зависит от частоты, называются фазовыми фильтрами.

Передаточная функция - это отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению по Лапласу входной величины фильтра. По виду передаточной функции:

1. Фильтры Чебышева
2. Фильтры Бесселя
3. Фильтры Баттерворта
4. Эллиптические фильтры

АЧХ ФНЧ Баттерворта имеет довольно длинный горизонтальный участок и резко спадает за частотой среза. При ступенчатом входном сигнале переходная характеристика такого фильтра имеет

колебательный характер. Когда мы увеличиваем порядок фильтры, то колебания усиливаются. Характеристика фильтра Чебышева спадает более круто за частотой среза. В полосе пропускания она имеет волнообразный характер с постоянной амплитудой. Колебания переходного процесса при ступенчатом входном сигнале сильнее, чем у фильтра Баттерворта.

Фильтр Бесселя характеризуется меньшей длиной горизонтального участка, чем фильтр Баттеворта, у него более пологим спадом АЧХ за частотой среза, чем фильтры Баттерворта и Чебышева. Данный фильтр обладает оптимальной переходной характеристикой (переходный процесс практически не имеет колебаний).[1]

Фазочастотная характеристика представляет собой зависимость вида:

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{B(\omega)}{A(\omega)}. \quad (2)$$

Частота среза ω_{cp} (f_{cp}) – частота, на которой наблюдается спад коэффициента передачи на 3 дБ по сравнению с коэффициентом передачи на нулевой (для ФНЧ) или бесконечной (для ФВЧ) частоте.

Резонансная частота f_P – частота, на которой коэффициент передачи фильтра имеет максимальное значение (для полосового фильтра) или минимальное значение (для заграждающего фильтра).[2]

Также фильтры разделяют на активные и пассивные.

Пассивный фильтр — электронный фильтр, состоящий только из пассивных компонентов, таких как, к примеру, конденсаторы и резисторы. Для своего существования пассивные фильтры не требуют никакого источника энергии и в то же время они очень устойчивы.

Однако пассивные фильтры по-прежнему применяются на частотах, превышающих 100 кГц. Они активно используются в радио- и электронной аппаратуре, например в акустических системах, источниках бесперебойного питания и т. д. [3]

Активный фильтр — один из видов аналоговых электронных фильтров, в котором присутствует один или несколько активных компонентов, к примеру, транзистор или операционный усилитель. [4]

Попробуем рассчитать и сделать фильтр высоких/низких частот (значение пропускаемого сигнала будет меняться в зависимости от того, как мы подключим фильтр). Берем Г-образный фильтр с частотой среза 2 кГц, а общее сопротивление $R_{\text{общ}}=6$ кОм. Входное напряжение обычно принимают за 1, а выходное за 0,7. Делаем расчет:

1. Считаем по формуле R_2 :

$$R_2 = \frac{U_{\text{ВЫХ}} \times R_{\text{общ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{0.7 \times 6000}{1} = 4200 \text{ Ом}$$

2. Рассчитываем сопротивление R_1 :

$$R_1 = R_{\text{общ}} - R_2 = 6000 - 4200 = 1800 \text{ Ом}$$

3. Определяем емкость конденсатора:

$$C = \frac{1}{2\pi R_1 F} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 2000 \times 1800} = 4.4 \times 10^{-8} \text{ Ф}$$

Так мы определили сопротивление резистора и емкость конденсатора. Спаиваем резистор с конденсатором с необходимыми сопротивлением и емкостью. Затем, чтобы проверить работает ли фильтр, подключаем его к источнику тока и измеряем напряжение. Меняя частоту, амплитуду наблюдаем изменение напряжения и видим, что фильтр работает, как ФНЧ или ФВЧ в зависимости от подключения.

Далее попробуем выделить из прямоугольного сигнала при помощи фильтра какую-нибудь синусоиду. Результаты, а также выводы выходящие из этого эксперимента будут представлены мною непосредственно во время выступления.

Выводы:

1. Фильтры обширно применяются во всех областях современной энергетики, из-за их видового многообразия в конкретных установках используются наиболее оптимальные фильтры
2. Мною был собран фильтр, который полностью выполнял свое назначение

Перспективы:

1. Выделение одной гармоники из прямоугольного сигнала
2. Рассчитать, собрать, проверить работу фильтра
3. Применение фильтров в энергетике

ЛИТЕРАТУРА:

1. Классификация фильтров. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://analogiu.ru/6/6-5-1.html>
2. Основные характеристики и параметры фильтров. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://analogiu.ru/6/6-5-2.html>
3. Пассивный фильтр. Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пассивный_фильтр

4. Активный фильтр. Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Активный_фильтр

Научный руководитель: В.В. Гречушников, аспирант Томского политехнического университета.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ

А.В. Губин
Лицей при ТПУ

Процесс жизни человечества в XXI веке невозможно представить без использования энергии.

Известно, что основным энергетическим ресурсом, потребляемым человеком являются углеводородное сырье, запасы которого ограничены. Многие страны, не имеющие на своих территориях доступных углеводородных месторождений, ведут поиски альтернативных источников энергии. Уголь, запасы которого на планете распределены более равномерно, чем нефть, газ, торф, является перспективным и конкурентоспособным источником энергии на ближайшие десятилетия. Использование в качестве первичного источника энергии твердого топлива в мировой энергетике занимает значительную долю от общего количества потребляемых энергоресурсов и составляет по оценке экспертов в мире в целом более 40%.

Но, несмотря на положительные качества данного ресурса, имеется и отрицательная сторона – низкая калорийность. Компенсировать недостаток угольных технологий на объектах энергетики может позволить процесс генерации водорода путем газификации твердых топлив с дальнейшим использованием его в топливных элементах с целью получения электрической энергии. Получаемый при газификации углей синтез-газ является более качественным продуктом, содержащим значительно меньше не сжигаемого остатка, а технология его использования в топливных элементах позволяет генерировать электрические мощности без использования дорогих и материалоемких паровых и газовых турбин, требующих существенных затрат в процессе эксплуатации.

Технология газификации является универсальным методом для переработки углеродсодержащих материалов независимо от их структуры и свойств. В результате взаимодействия газифицирующего аген-

та и газифицируемого материала получается синтез-газ различного состава. В зависимости от состава получаемого газа различают два основных направления его использования: сжигание в энергоустановках; применение в качестве исходного сырья для синтеза различных органических веществ.

Основные процессы получения водорода, отработанные на данное время, показаны на рисунке 1.



Рис. 1. Способы получения водорода

В процессах газификации водород (H_2) может быть получен из большого числа видов топлива: углей, горючих сланцев, торфа, твердых отходов производства. Особый интерес для водородной энергетики представляют угли, природные запасы которых намного превышают запасы остальных органических топлив.

Процесс газификации угля осуществляется в несколько стадий [1]. Для реакции процесса газификации угля необходимо подводить к системе теплоту (от 900 до 1200 °С). В конечном счете она может быть получена при дополнительном сжигании некоторого количества угля. Продукты газификации представляют собой смесь CO_2 , CO и H_2 , из которой на последующих стадиях выделяют водород. Установки для газификации угля освоены относительно хорошо.

При газификации угля удельные расходы составляют: угля – от 6 до 7 кг у.т./кг H_2 ; воды – 9 кг; электроэнергии – от 0,7 до 0,8 кВт·ч. Выбросы CO_2 достигают около 22.

Газификация угля может оказаться экономически привлекательной в районах добычи дешевого угля. Однако при этом способе выделяется много тепличных газов, поэтому в условиях жесткого контроля изменений климата этот способ может оказаться малоперспективным. Очистка водорода от загрязнителей усложняет технологический процесс и сильно влияет на стоимостные показатели.

Принципиальная схема экзотермической газификации угля с получением водорода показана на рисунке 2 [2].

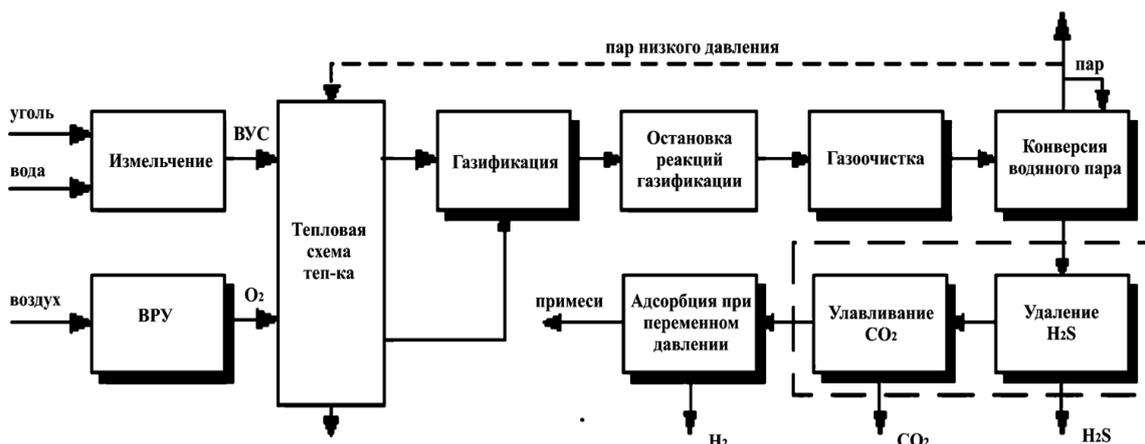


Рис. 2. Принципиальная схема системы газификации угля для производства H_2

Полученный в процессе газификации водород направляется в топливный элемент.

Топливный элемент — относительно простое устройство [3]. В нем есть два электрода: анод (отрицательный электрод) и катод (положительный электрод). На электродах происходит химическая реакция. Чтобы ее ускорить, поверхность электродов покрывается катализатором. Топливный элемент также содержит электролит, переносящий заряженные частицы от одного электрода к другому. Чтобы происходила реакция, необходимо еще два компонента: кислород и, конечно же, топливо. Большинство конструируемых сейчас топливных элементов используют в качестве топлива водород.

На мембране обмена протонов или мембране полимерного электролита (МПЭ) элемента водородное топливо попадает на анод, где разделяется на электроны и ионы водорода. Электроны выносят заряд из аккумулятора, а ионы движутся в нем. На катоде ионы реагируют с кислородом и электронами, образуя воду.

Все водородные аккумуляторы (рис.3) работают по одному принципу, отличаясь незначительно, в зависимости от вида батареи. Водородное топливо попадает в аккумулятор через анод. На аноде происходит окисление, когда положительные ионы (протоны) удаля-

ются из атомов водорода в ходе химической реакции в присутствии катализатора. Анод - пористый, поэтому водород может проходить сквозь него. Поверхность катода так же имеет поры, чтобы через них проходил кислород.

Электролит проводит заряженные ионы от анода к катоду. При этом электроны направляются во внешнюю цепь. Так появляется электрический ток.

На катоде происходит реакция, когда электроны соединяются с положительными ионами водорода и кислородом, образуется вода. Вода вытекает из аккумулятора. Если в качестве топлива используется чистый водород, то никаких побочных продуктов больше нет. Если водород содержит примеси, то образуется небольшой объем других газов. Некоторые аккумуляторы работают при очень высоких температурах, образуя много тепла.

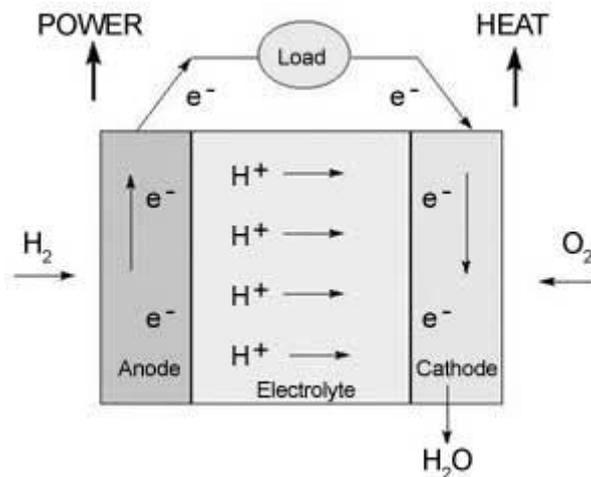


Рис. 3. Упрощенная схема топливного элемента

Анализируя современное состояние энергетики, и учитывая вышесказанное, разработка технологии генерации водорода путем газификации твердых топлив с дальнейшим использованием его в топливных элементах топлив является актуальной научно-практической задачей имеющей перспективное будущее.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шпильрайн Э.Э. Введение в водородную энергетику / Э.Э. Шпильрайн, С.П. Малышенко, Г.Г. Кулешов. М.: Энергоатомиздат. – 1984.
2. Wan W. Innovative concept for gasification for hydrogen based on the heat integration between water gas shift unit and coalesceslurry gasification unit / International journal of hydrogen energy. – 2014. - V. 39. – p. 7811 – 7818.

3. <http://www.planetseed.com/ru/relatedarticle/al-tiernativnyie-istochniki-enierghii-toplivnyie-eliemienty>

Научный руководитель: Д.В. Гвоздяков, доцент каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

А.Н. Бельский

Томский техникум информационных технологий

Интенсивное развитие энергетической отрасли не возможно без современных информационных технологий (ИТ), развитие которых движется быстрыми темпами. В последнее десятилетие значительно увеличились информационные потоки в связи с интенсивным развитием топливно-энергетического комплекса, расширением внешних и внутренних связей, усложнением ассортимента выпускаемой продукции, используемых материалов и технологического оборудования. Информационные потоки стали настолько объемными и при этом были так слабо интегрированы, что не могли обеспечить целостного представления о состоянии ТЭК, ведь сложно собирать данные о ситуации в комплексе, когда отсутствует общий информационный ресурс и разрозненная и несогласованная информация поступает по различным каналам.

Если раньше информационные технологии были вспомогательными и предназначались для выполнения простых задач, не требующих особых затрат, то сегодня их роль для развития энергетического бизнеса можно назвать стратегической. Поэтому на данный момент очень важно внедрение современных решений и, соответственно, для модернизации информационных технологий нужны серьезные вложения. Ведь с помощью информационных технологий можно отслеживать показатели, получать данные, что необходимо для эффективного управления современным энергетическим предприятием. И самое главное, это цена безопасности, когда с помощью внедренного, пусть и дорогостоящего ИТ-решения, происходит предотвращение хотя бы одной аварии, что перекрывает все расходы на ее внедрение.

Энергетическая отрасль сейчас идет по пути телекома, так как операционная деятельность и стратегическое развитие строится с активным участием ИТ-специалистов. Чем больше интеллектуальных составляющих в современных энергосистемах, чем больше активного

оборудования появляется в отрасли, тем более важной становится роль специалистов по ИТ.

В последнее время появились приоритетные информационные технологии, такие как:

- ИТ-решения, используемые в основном в магистральных и распределительных сетях (IT Hardware and Software);
- облачные вычисления, реализуемые на динамически масштабируемых и виртуализованных ресурсах (данных и приложениях).

Основой построения «облачных вычислений» служат web-технологии и технологии виртуализации данных, которые исполняются на компьютерах мощного центра обработки данных (ЦОД) и используются как сервисы, доступ к которым обеспечивается через Интернет или другую скоростную сеть с применением мобильного оборудования. Через удобный интерфейс есть возможность простого доступа к удаленным вычислительным ресурсам, программам и данным для пользователей.

«Облако», если оно создано на базе единого центра обработки данных и только для предприятий энергетики, способно обеспечить безопасную и эффективную площадку для решения всех основных информационных задач, необходимых для успешного функционирования отрасли. С его помощью достигаются мобильность и доступность ИТ-сервисов. Это позволит снизить издержки, связанные с развертыванием и эксплуатацией собственных центров обработки данных и в целом позволит сделать ИТ-бюджет энергокомпаний более эффективным, так как предприятия будут экономить на собственных ИТ-службах. Ведь не секрет, что очень трудно найти классных специалистов по информационным технологиям и сложно поддерживать их зарплату на достойном уровне.

Если права пользователей будут строго регламентированы и доступ будет только к рабочим сервисам, то можно легко достичь защиты персональных данных в «облаке». А для уменьшения рисков необходимо выбирать ИТ-компании с безупречной репутацией, которые могут обеспечить надежный уровень информационной безопасности.

Делаем вывод, что создание единого отраслевого вычислительного «облака» на базе единого центра, который специализируется на сборе и анализе всех данных, будет помогать организовывать процессы намного результативнее, чем при модели, распространенной сейчас. А самое главное, единый центр будет способствовать обеспечению стабильной и надежной поддержки деятельности предприятий энергетической отрасли, что, в свою очередь, ускорит переход к интеллектуальной энергосистеме.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дорога в «облака». Информационные технологии в энергетике// Информационно-аналитический журнал «ТЭК. Стратегии развития», 2012 №5 [Электронный ресурс]-М.: ТЭК. Стратегии развития, 2012 -.- Режим доступа: http://www.tek-russia.ru/issue/articles/articles_232.html, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус.

Научный руководитель: Е.Я.Бельская, ст. преподаватель каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

В.В. Павленко
Лицей при ТПУ

Концепция тепловых насосов была разработана в 1852 году британским инженером и физиком Уильямом Томпсоном и в дальнейшем усовершенствована австрийским инженером Петтером Риттер фон Риттенгером. Его считают создателем теплового насоса, так как именно он в 1855 году спроектировал и установил первый насос.

Практическое применение тепловой насос получил только 40-х годах XX века. Когда изобретатель-энтузиаст Роберт Вебер экспериментировал с морозильной камерой, он прикоснулся к трубе на выходе камеры – она была горячая. Это подтолкнуло Вебера на мысль, что это тепло можно использовать для обогрева воды и воздуха в доме. Со времен у него появилась идея «выкачивать» тепло из-под земли на уровне, где она не промерзала весь год. Вебер поместил в грунт медные трубы, по которым циркулировал фреон. Газ конденсировался, отдавая своё тепло в доме.



Рис. 1. Схема теплового насоса

Принцип действия теплового двигателя заключается в переносе рассеянного в окружающей среде тепла с помощью хладагента, который попадет в испаритель, где происходит процесс испарения за счёт резкого уменьшения давления. Из испарителя газообразный хладагент попадает в компрессор, в котором он сжимается до высокого давления и температуры. Далее горячий газ поступает во второй теплообменник – конденсатор, где происходит теплообмен между горячим газом и остывшей водой из обратного трубопровода системы отопления дома. Хладагент переходит в жидкое состояние, а вода, получившее его тепло, возвращается в систему отопления дома (рис. 1).

Современные тепловые насосы можно разделить в зависимости от источника низкопотенциального тепла, которым может быть вода (при условии, что эта вода не замерзает в течение года), грунт, а также воздух. Полученная тепловая энергия может использоваться как для обогрева помещения, так и для подогрева воды, которая, в свою очередь, может использоваться для отопления и горячего водоснабжения. Поэтому тепловые насосы можно разделить на несколько типов:

- от грунта к воде
- от грунта к воздуху
- от воды к воде
- от воды к воздуху
- от воздуха к воде
- от воздуха к воздуху

В настоящее время тепловые насосы используются для обогрева и обеспечения горячей водой труднодоступных объектов или больших пространств, например:

- бассейны

- дачи, коттеджные поселения
- промышленные здания
- офисные или торговые центры
- школы и другие образовательные учреждения

В 2012 г. Томск представил пилотные проекты, реализация которых направлена на снижение энергопотребления. Например, 17-этажный дом по Иркутскому тракту, который Томская домостроительная компания построила по технологии «Каскад»: достигнута экономия по теплу не менее 40 %. Потребление тепловой энергии в энергоэффективном квартале в Радужном сегодня на 37 % меньше, чем в среднем по городу. В 2011 году в Томске введено в эксплуатацию уникальное детское дошкольное учреждение на сто мест, отвечающее современным требованиям, в котором энергопотребление снижено на 50 % по отношению к нормируемому.

Рассмотрим расчет необходимой мощности насоса для отопления здания детского сада № 108 г. Томска. Расчеты проведем упрощенно, ориентируясь на площадь, а не объем помещения.

Внешние размеры двухэтажного здания: ширина 12 м, длина 50 м, толщина наружных стен 75 см (толщину внутренних стен при расчете площади не учитываем). Тогда полезная площадь детского сада равна

$$S = (48,5 \cdot 10,5) \cdot 2 = 1018,5 \text{ м}^2$$

Норматив потребления тепловой энергии на отопление на 1 м^2 – 0,02 Гкал/мес. Таким образом, за 1 месяц потребление тепловой энергии в детском саду составит

$$Q = 0,02 \cdot 1 \cdot 1018,5 = 20 \text{ Гкал} = 20 \cdot 10^9 \text{ кал}$$

Напомним, что

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж, кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

После несложных расчетов получим

$$Q = \frac{20 \cdot 10^9 \text{ кал} \cdot 4,1868 \text{ Дж}}{1 \text{ кал}} = 0,84 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$$

или

$$Q = \frac{1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 0,84 \cdot 10^{11} \text{ Дж}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}} = 2,33 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Месяц – это 30 дней или 720 часов. Максимальная необходимая мощность системы отопления, обеспечивающая комфортную температуру, согласно принятым нормативам, для одного здания составит

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{2,33 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{720 \text{ ч}} = 32,25 \text{ кВт}$$

Радиаторы центрального теплоснабжения, для которых и приняты нормативы, имеют температуру около 80 градусов. Для отопительного внутреннего контура теплового насоса такая высокая температура не требуется. Объем контура значительно превышает объем радиаторов центрального отопления, поэтому достаточно поддерживать температуру контура «теплый пол» около 60 градусов. В связи с этим ориентировочно можно принять необходимую мощность тепловых насосов на 25% меньше

$$P = 32,25 \cdot (1 - 0,25) = 24,2 \text{ кВт}$$

Рассчитаем длину внешнего контура. Трубопровод закапывают на глубину порядка 1,5-1,8 метров. Элементы труб должны располагаться на расстоянии метра друг от друга. Для установки теплового насоса производительностью 10 кВт рекомендован земляной контур длиной 400 м.

Для обеспечения производительности тепловых насосов в 25 кВт необходимо 10 000 метров трубопровода.

Научный руководитель: Шестакова В.В., к.т.н., доцент каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Д.А. Старцев
СОШ №23 г.Томска

С явлением электростатики люди сталкивались на протяжении всей истории человечества. Наиболее яркий пример – молния. Под разрядами статического электричества понимают процессы выравнивания зарядов между отдельными твердыми телами, жидкими и газообразными средами, несущими разные электростатические заряды. [1-8]

Активное изучение данного явления началось в 18 веке. При этом электростатическое электричество до сих пор является малоисследованной областью физики. Однако с началом применения полимерных материалов нейтрализация электростатических зарядов стала важной технической проблемой, которую пришлось решать специалистам разных отраслей. [1-4]

Задача данной работы заключалась в следующем:

1. Изучение явления электростатики.
2. Поиск новых возможностей применения явления электростатики.

Цель проведенного исследования: измерить величину заряда, накапливаемого на различных материалах, создать установку для применения статического электричества.

Описание эксперимента. Эксперимент состоял из двух этапов:

1. Измерение напряжения и оценка заряда на исследуемых объектах.
2. Прикладное направление полученных результатов.

Для выполнения данной работы были использованы следующие материалы и приборы: оргстекло, электростатический киловольтметр, полиэтиленовый пакет, светодиодная лампа.

Первый этап. Во время проведения эксперимента, натерлись шерстью оргстекло и полиэтиленовый пакет, далее, с помощью электростатического киловольтметра измерялось напряжение, созданное зарядом, образованным на поверхности диэлектрических материалов. При этом разные материалы показывали разную наэлектризованность: оргстекло – 5 кВ, полиэтиленовый пакет – 7 кВ.

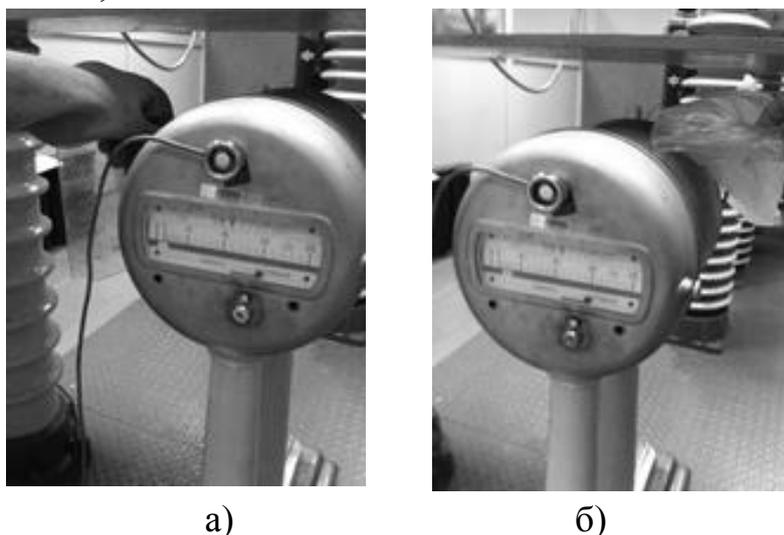


Рис. 4. Измерение напряжения на поверхности диэлектрических материалов: а) оргстекло, б) полиэтиленовый пакет.

Далее был проведен математический анализ полученных результатов. Величина полученного заряда не грозит здоровью человека – пороговый ощутимый ток (лёгкое дрожание рук) для человека 5-7мА, в нашем случае ток меньше в 12820 раз, поэтому электростатика в быту для нас не опасна. Однако для исключения неприятных ощущений рекомендуется носить одежду из натуральных материалов. [5]

Второй этап. С появлением современной светотехники (светодиодные лампы) появилась возможность наглядно продемонстрировать явление электростатики. Сконструирована небольшая установка для применения статического электричества, с помощью которой было получено: тусклое свечение импульсного характера светодиодной

лампы, тем самым доказано, что из электростатики можно извлечь пользу, кроме того по сравнению с другими источниками энергии, электростатика – один из самых дешёвых источников.

Выводы по выполненной работе:

1. С помощью удивительного явления электростатики можно получать заряд различной величины.
2. Возможно применение статического заряда в питании светодиодных ламп.

В дальнейшем планируется усовершенствование установки, а также нахождение новых путей применения статического электричества.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Э.Хабигер Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем./ И.П. Кужекин; Под ред. Б.К. Максимова.-М.: Энергоатомиздат, 1995.-304 с.: ил.
2. А. Шваб Электромагнитная совместимость. Пер. с нем. В.Д. Мазина и С.А. Спектора 2-е изд., перераб и доп./ Под ред. Кужекина. М.: Энергоатомиздат, 1998. 480 с., ил.
3. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике./ Под ред. А.Ф. Дьякова.-М.: Энергоатомиздат, 2003.- 768 с.
4. <http://class-fizika.spb.ru/index.php/opit/667-op-elstat2>
5. <http://www.indigomath.ru/formuly-po-fizike/ehlektrostatika.html>
6. <http://lektsii.com/1-21870.html>
7. <http://kbogdanov4.narod.ru/electrostatics/electrostatics.htm>
8. <http://elementy.ru/lib/431100?context=5085665>

Научный руководитель: Е.В. Старцева, ст. преподаватель каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ

Сагдатуллин А.М. Интеллектуальное управление режимами работы нефтеперекачивающих насосных станций.....	3
Циммерман А.И., Шаненкова Ю.Л., Гуков М.И. Получение и исследование ультрадисперсного оксида меди	7
Магомедов А.Д. Анализатор количества и качества электроэнергии ККЭ-1Ф-1.....	11
Булдаков Е.С. Совершенствование системы освещения от светодиодных источников путем изменения способа подключения их питания.	15
Бетенекова Н.В. Генерирование энергии вибрационных колебаний.....	19
Корольков Д.П., Будько А.А. Распределенная генерация сегодня и завтра.....	23
Круглова Т.Н., Коваленко В.С. Нейро-нечеткая модель диагностирования технического состояния турбогенератора.....	27
Телепова Д.Г. Развитие интеллектуальной энергетической системы в России.....	30
Тигин В.М. Применение постоянного тока для электроснабжения потребителей.....	33
Кубарьков И.Д., Кулаев И.С. Современная система управления электроэнергией в интеллектуальных сетях с активно-адаптивными элементами.....	35
Никитин Д.С. Управляемый синтез ультрадисперсного карбида кремния в гиперскоростной струе углеродной электроразрядной плазмы	39
Бабурин С.В., Еронин Ю.П., Щипунов С.Д. Разработка элемента умного дома.....	43

СЕКЦИЯ 8. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гуков М.И., Шаненков И.И., Циммерман А.И. Ультразвуковое диспергирование порошка нитрида алюминия, полученного плазмодинамическим методом	47
Воронин К.А. Использование активных фильтров при компенсации реактивной мощности.....	51
Кожуховский И.С., Попов В.А. Разработка предложений по усовершенствованию алгоритмов управления силовыми выключателями.....	55
Рыбакова М.В. Исследование автоматического регулятора возбуждения сильного действия в программе Power Factory.....	58
Бочков С.В., Космынина Н.М. Регулирование напряжения на подстанции 220 кВ "Парабель"	62
Лазебная Ю.Е. Система охлаждения трансформатора ТДТН-40000/110.....	66
Митрофаненко А.Ю., Абеуов Р.Б. Ускорение урв, как способ обеспечения динамической устойчивости генераторов ЭЭС.....	68
Иванин О.А. Применение методов линейного программирования для оптимизации режимов работы и состава оборудования энергетических комплексов малой энергетики.....	71
Речков А.В., Абрамов А.В. Схема установки и структурная схема релейной защиты гидроагрегата	74
Аскарлов А.Б., Литвинов С.А. Моделирование функционирования токовой направленной защиты в программном комплексе «Matlab Simulink».....	78
Пусенкова О.Е. Моделирование цифровой дифференциальной защиты силового трансформатора с использованием Matlab	82
Мамаев А.А. Электротехническое оборудование АО "Группы "СВЭЛ"	85
Новгородов О.В., Космынина Н.М. Современные электрические аппараты подстанции 220/110/35/6 Шубинская.....	89
Корчанова А.С. Расчет неизвестных параметров системы, для составления схем замещений необходимых для расчёта уставок РЗиА.....	92

Митрофанов А.В. Исследование эффективности использования высокоомного резистора как средства ограничения перенапряжений в сетях 35 кВ 95

Маннанов Э.Р., Рукавицын А.Н. Оптимальный выбор типа гибкой системы электропередачи переменного тока 99

Минибаев Р.М. Разработка учебных тренажеров для повышения уровня профессиональной компетентности оперативного персонала электростанций 103

Шутенко О.В., Баклай Д.Н. Интерпретация результатов ХАРГ на основе анализа динамики изменения диагностических критериев в среде ИАС «Сирена»..... 105

Закутский В.И., Зуев М.М., Глушкин С.В. Вставка постоянного тока для интеграции объектов распределенной генерации в энергосистему 109

Метелев И.С., Галиев Р.Р., Низамова Р.Р. Применение программно-аппаратного комплекса RTDS для проведения моделирования АВР в системе электроснабжения с двигательной нагрузкой..... 113

Новаш И.В., Ханевич А.Г. Тестирование программного комплекса «Режимы трехфазного двухобмоточного силового трансформатора» 117

Федулов К.Э., Менщиков И.А. Исследование вибрационных характеристик как элемента технической диагностики гидроагрегатов 121

СЕКЦИЯ 9. УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Кириянова Н.Г., Пранкевич Г.А., Катаев Д.Е. Приложение метода субградиентов для управления режимами энергосистем..... 124

Волохов Н.А. Модель системы автоматического регулирования частоты и активной мощности в энергосистемах..... 127

Коротков А.О., Семиков А.В. Регулировка баланса реактивной мощности солнечными электростанциями с инверторным присоединением 131

Загретдинов А.Р., Нагоркин А.Е. Перспективный метод обработки виброакустических сигналов 135

Будько А.А., Васильева О.В., Лавринович А.В. Алгоритм обработки осциллограмм силового трансформатора с целью его диагностики	137
Васьков А.Г., Дерюгина Г.В., Тягунов М.Г., Чернов Д.А. Исследование взаимовлияния графиков потребления и выработки ветроэлектрической станции.....	142
Сидоров С.А., Рогинская Л.Э. Работа регулируемого симметрирующего устройства с индуктивным накопителем энергии при переменной нагрузке.....	145
Макаров Я.В. Решение задач управления в энергетике с применением мульти-агентов	149
Рохлин Д.В. Анализ «узких» мест электрических сетей Красноярского предприятия «Магистральных электрических сетей Сибири».....	152
Кубарьков Ю.П., Голубева К.А. Анализ целесообразности оптимизации режимов работы электрической сети с помощью внедрения активно-адаптивных элементов	158
Федосеенко Е.Н. Вариант расчета сложных заземляющих устройств электроустановок с учетом проводимости естественных заземлителей	162
Малюкова О.В. Анализ ввода подстанции 220 кВ «Тайга» с ВЛ 220 кВ Раздолинская-Тайга на разгрузку Северо-Енисейского и Мотыгинского районов.....	166
Тихомиров Е.О., Сенько В.В. Оценка допустимых по статической апериодической устойчивости режимов электроэнергетической системы	170

СЕКЦИЯ 10. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ДИСКУРС «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ»

Колесник Е.А., Воробьева В.В. Biofuel as an alternative source of energy	173
Болгова Д.Л. Проблемы адаптации иностранных студентов к обучению в России.....	175
Bazykin Y.V., Sharonova A.K., Sokolova E.Y. The problem of pipeline valves replacement	179
Перемитин Д.В., Воробьева В.В. Geothermal Power Engineering.....	182

Koryagin A.A., Vorobeva V.V. Hydrogen Fuel Energy	185
Vassilyeva Yu.Z. Diagnostics of induction motor short-damaged rotor winding	188
Varavin A.S., Kosmynina N.M. Time constant of the aperiodic component of three phase short-circuit analysis	192
Chichmanov K.N., Buran A.L. Automatic transfer switch.....	195
Фахрисламова Е.И. Автоматизация энергопотребления на объектах ЖКХ на примере проекта программного продукта «АСЭПТ»	197
Kolchanova V.A., Tarasenko S.S. Model of synchronous generator for remote perturbation.....	203

СЕКЦИЯ 11. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ИНЖЕНЕРОВ»

Никитин Д.С. Научная конференция: форма научной деятельности и фактор развития компетенций современного учебного	207
Смирнова А.С., Чмыхало А.Ю. Организация научно-исследовательской деятельности студентов и аспирантов: российский и зарубежный опыт	211
Крадецкая А.А., Лобанкова О.В., Малахов А.С., Форат Е.В. Сравнительный анализ опыта реализации совместных проектов студентов высших учебных заведений и промышленных предприятий как инструмент формирования компетентности инженера.....	216
Выонг С.Ч. Роль дисциплины «профессиональная подготовка на английском языке» в подготовке магистра технического направления глазами студента.....	222
Затонов И.А. Проектно-конструкторская деятельность студента как основа формирования инженерных компетенций	225
Устименко Ю.П. Проблемы современного инженерного образования с точки зрения студента	229
Хахулин П.А., Кухленкова Н.О. Актуальные проблемы становления инженера в современной России.....	233

Бельская Е.Я., Цветкова О.С. Студенческое кураторство как важная составляющая формирования и развития общекультурных компетенций будущего энергетика	237
Никифоров Н.С. Применение тестовых заданий для организации учебного процесса	241
Zatonov I.A., Nikonova E.D. To the question of green engineering.....	245
Доржиева С.Б., Мантыкова М.В. Дисциплина «творческий проект», как основа подготовки конкурентоспособного инженера ..	247
Isaeva D.V. The theory of multiple simultaneous discoveries	250
Бельская Е.Я., Старцев Н.А., Шестакова В.В. Применение кейс-метода для обучения будущих энергетиков.....	252
Бознак А.О., Ким А.Б., Шибинский К.Г. Междисциплинарный подход к формированию компетенций инженеров машиностроительного профиля	258
Шаненков И.И., Шаненкова Ю.Л. Социально-коммуникативная компетентность как ключевой фактор профессионального развития ученого и обеспечения его публикационной активности...	262
Баус С.С., Сырямкин В.И. Принципы и методология реализации интеллектуальных энергосистем в условиях РФ	266
Панфилов Н.С. Эффективность дидактической игры как активного метода обучения различным учебным дисциплинам	270
Гладченко Т.М. Антропоцентричность как основная характеристика деятельности современного инженера.....	274

СЕКЦИЯ 12. МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ (ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ)

Иванова А.И. Фильтр простейших гармоник.....	278
Губин А.В. Современные способы получения энергии с использованием низкосортных топлив.....	282
Бельский А.Н. Современные информационные технологии в энергетической отрасли.....	286
Павленко В.В. Тепловые насосы	288
Старцев Д.А. Явление электростатики и способы применения.....	291

Научное издание
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Материалы III Международного молодежного форума
28 сентября-2 октября

Том 3

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 05.11.2015. Тираж 50 экз.
Кол-во стр. 300. Заказ 49-15
Бумага офсетная. Формат А5. Печать RISO.
Отпечатано в типографии ООО «РауШ мбх»
634034, г.Томск, ул. Усова 7, оф. 046.
Тел. 8-9528074686