

## **СЕКЦИЯ 9**

# **«НАУЧНО- МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ»**

## СОДЕРЖАНИЕ

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КСВ-2,9 Байбаков Р.А., Легких Б.М., канд. техн. наук, доцент .....	1026
ОСОБЕННОСТИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДРАЙВЕРА ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ES-D508 Безгин А.С. , канд. техн. наук, доцент, Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент .....	1030
СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ДРОНОВ ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА Бибииков Д.А., Безгин А.С., канд. техн. наук, доцент, .....	1036
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Бобин К.В., Соколов В.Ю., канд. техн.наук, доцент	1043
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент, Быковский В.В., канд. техн. наук, доцент.....	1047
КУРС ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент, Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент.....	1050
О РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент, Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент.....	1053
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ Влацкая Л.А., канд.техн. наук, доцент, Дубинин О.И. ....	1058
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПРЯМЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОМЕНТОМ DTC Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент , Греков Д.В. ....	1065
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Даныш А.В., Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент	1073
К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Денисов Т.А. ....	1079
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ -ЖИВАЯ ЭНЕРГЕТИКА ДорохинА.М., Иванова А.П., д-р техн. наук, профессор .....	1086
АНАЛИЗ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ СТАРЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент, Ефремова С.А.....	1091
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МАСЛЯНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ 6-10 КВ Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Зеленцов М.Ю. ....	1097

ОПЫТ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА К ДЕМОНСТРАЦИОННОМУ ЭКЗАМЕНУ ПО КОМПЕТЕНЦИИ «ЭЛЕКТРОМОНТАЖ» Камаева Т.С., канд. пед. наук, Тушев С.И.....	1102
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ЖЕСТКИМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ КЛЮЧЕЙ ДЛЯ ПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА Клешнеv С.А.....	1106
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИВОДА ШТОР С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ Коротков Н.В., Безгин А.С., канд. техн. наук, доцент , Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент	1109
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СЭС НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ Крынова Е.К., Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент .....	1112
АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ РАДИОЭЛЕКТРОНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Куйсоков Т.А.....	1117
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПУТЕМ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ Митрофанов С.В., канд.техн.наук, доцент, Калашник Н.А.....	1121
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ К ЗАЩИТЕ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ В РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТАХ Петрушанский М.Г., канд. техн. наук, доцент.....	1124
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ Поляков К.А., Семенова Н.Г., канд. техн. наук, профессор .....	1129
ТОРЦЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА Раджабов А.Ф., Сурков Д.В., канд. техн. наук.....	1133
ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРТОРА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ Сенин В. В. ....	1138
РОЛЬ УЧЕБНЫХ СТЕНДОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ВЫПУСКНИКА ВУЗА Сильвашко С. А., канд. техн наук, доцент.....	1143
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЭЛКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В РОССИИ Смотрин В.А., Иванова А.П., д-р техн. наук, профессор, .....	1148
О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Богатов А.Ю. ....	1152
ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПАО «ОРСКНЕФТЕОРГСИНТЕЗ» Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент .....	1156

РАБОТА ОСНОВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СОРОЧИНСКОГО НГДУ Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент, Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор .....	1160
ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА УКПГ-14 ОРЕНБУРГСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Соколова Т.Ю., канд. экон. наук, доцент, Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент .....	1165
ВЫБОР СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ РЕЗЕРВА ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПОСЕЛКА ДОМБАРОВСКИЙ Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Соколова Т.Ю., канд. экон. наук, доцент, Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор .....	1170
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО СИСТЕМАМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ Пичугин А.В., Сорокин В.А. ....	1173
ОПЫТ РАСЧЕТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА Сурков Д.В., канд. техн. наук, Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент, Ямансарин И.И., канд. техн. наук .....	1178
ОГУ - ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ТУРНИКЕТОВ Турсунов Р.Н., Иванова А.П., д-р техн. наук, профессор, .....	1183
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ Филяк М.М., канд. техн. наук, доцент .....	1188
АНАЛИЗ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Хамидулин Ф.Р. ....	1192
РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Чернова А.Д., канд. техн. наук, Корносенко Г.Н. ....	1198
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ. ПРОВЕДЕНИЕ МАСТЕР КЛАССОВ С ВИДЕОТРАНСЛЯЦИЕЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ Шамардин Д.А. ....	1202
ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ СЕТЯХ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент, Митрофанов Н.С. ....	1205
ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМПЛИТУД ГАРМОНИК ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ Ямансарин И.И., канд. техн. наук., Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент, Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент.....	1211

## РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КСВ-2,9

**Байбаков Р.А., Легких Б.М., канд. техн. наук, доцент**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Оренбургский государственный университет»**

Ввиду высокой стоимости энергоресурсов, а также ограниченного запаса природных ресурсов, более актуальным становится вопрос повышения эффективности энергетического оборудования. Модернизация действующих котлов рассматривается как наиболее приемлемый вариант, так как она не требует значительных инвестиционных затрат, может быть выполнена в короткие сроки, значительно сокращая затраты на выработку тепловой энергии.

Наиболее распространенными источниками тепловой энергии являются водогрейные котлы. Исследования проведены на водогрейном котле КСВ-2,9.

Котел КСВ-2,9 – стальной водогрейный котел. Состоит из вертикального среднего, вертикального правого, вертикального левого, потолочного топочных экранов и конвективной части. Для определения характеристик работы котла проведены режимно-наладочные испытания, результаты сведены в таблице 1<sup>1</sup>.

Таблица 1. – Сводная таблица результатов режимно-наладочных работ на котле КСВ-2,9 при сжигании природного газа.

№ п/п	Наименование параметра	Условное обозначение	Способ определения	Нагрузка котла в % от $Q_{ном}$		
				33	68	96
1	2	3	4	5	6	7
<b>Топливо – природный газ</b>						
1	Низшая теплота природного газа, ккал/м <sup>3</sup>	$Q_{Н}^P$	Данные паспорта	8512	8512	8512
2	Давление газа перед котлом, кгс/см <sup>2</sup>	$P_k$	Показания прибора	2,80	2,80	2,80
3	Давление газа перед горелкой, кПа	$P_r$	Показания прибора	0,9	1,1	2,3
4	Расход газа на котел, нм <sup>3</sup> /ч	$V_r$	Показания прибора	105	217	308
<b>Вода</b>						
5	Расход воды через котел по обратному балансу (м <sup>3</sup> /ч)	$G_v$	Расчет	109	109	109
6	Давление воды на выходе из котла, кгс/см <sup>2</sup>	$P''$	Показания прибора	3,7	3,7	3,7
7	Температура воды на входе в котел, °С	$t'$	Показания прибора	61,5	64,0	67,0
8	Температура воды на выходе из котла, °С	$t''$	Показания прибора	69,0	79,5	89,0

<sup>1</sup> СП 131.13330.2020 Строительная климатология. – М. : Стандартинформ, 2021. – 154 с.

9	Теплопроизводительность котла, Гкал/ч	$Q_k$	Расчет	0,81	1,69	2,39
10	Теплопроизводительность котла, МВт	$Q_k'$	Расчет	0,95	1,97	2,79
<b>Газовоздушный тракт</b>						
11	Давление воздуха перед горелкой, кПа	$P_B$	Показания прибора	0,4	0,5	0,8
12	Температура воздуха на горение, °С	$t_{хв}$	Показания прибора	20	20	20
13	Температура уходящих газов, °С	$t_{ух}$	Показания прибора	156	170	200
14	Состав дымовых газов:					
	углекислый газ, %	CO <sub>2</sub>	Показания прибора	9,10	9,50	10,20
	кислород, %	O <sub>2</sub>	Показания прибора	5,2	4,4	4,1
	окись углерода, %	CO	Показания прибора	0	0	0
15	Коэффициент избытка воздуха	a	Расчет	1,30	1,24	1,22
<b>Тепловой баланс и технико-экономические показатели</b>						
16	Потери тепла с уходящими газами, %	$q_2$	Расчет	7,36	8,00	8,42
17	Величина Z	Z	Таблица	5,41	5,33	4,68
18	Потери тепла от химического недожога, %	$q_3$	Расчет	0	0	0
19	Потери тепла в окружающую среду, %	$q_5$	Расчет	1,51	0,73	0,51
20	Номинальная теплопроизводительность котла, МВт	$Q_{ном}$	Паспорт	2,9	2,9	2,9
21	Сумма потерь тепла, %	$\sum q$	Расчет	8,87	8,73	8,94
22	КПД брутто, %	$\eta$	Расчет	91,13	91,27	91,06
23	Удельный расход натурального топлива на выработку 1 Гкал тепла, кг/Гкал	$B_{нт}$	Расчет	128,91	128,71	129,01
24	Удельный расход условного топлива на выработку 1 Гкал тепла, кг усл.т./Гкал	$B_{ут}$	Расчет	156,76	156,51	156,88

Проведенные исследования позволяют провести анализ возможных вариантов повышения эффективности работы данного котла:

Снижение потерь тепла с уходящими дымовыми газами:

- уменьшение присосов воздуха и исключение отклонений от нормы величины коэффициента избытка воздуха в топке котла;
- наращивание площадей хвостовых поверхностей нагрева котла;
- регулярная очистка поверхностей нагрева котла позволит увеличить коэффициент теплопередачи;

- соблюдение оптимальной температуры питательной воды.

## 2. Модернизация конструкций водогрейных котлов [6, 7].

- увеличение эффективности водогрейных котлов за счет перегрева в допустимом диапазоне хвостовых поверхностей нагрева;

- газификация котельных и модернизация оборудования приводит к улучшению технико-экономических параметров;

- уменьшить тепловые потери можно заменой обмуровки котлов, что позволит поднять общую эффективность работы котельной на 0,5-1%.

Наиболее приемлемый вариант, исходя из параметров котла КВС-2,9, является установка калорифера, для утилизации дымовых газов. В настоящее время температура дымовых газов, выходящих из котла, не снижается ниже 156 °С. Для подбора оборудования необходимо учитывать то, что при понижении температуры уходящих газов возможно образование конденсата, что пагубно влияет на состояние дымовой трубы, а так же снижение естественной тяги [4].

Потери с уходящими дымовыми газами – это ключевой фактор из составляющих в уравнении теплового баланса. В паровых котлах, для уменьшения теплопотерь с дымовыми газами, устанавливаются экономайзеры, а в водогрейных котлах дополнительное охлаждение не предусмотрено и дымовые газы выбрасываются в атмосферу. В водогрейных котлах при этом, потери тепла с уходящими дымовыми газами варьируются до 10%.

Для данного котла используется калорифер КСК-3-9, температура дымовых газов в котором охлаждается до температуры чуть выше точки росы, а тепловая энергия дымовых газов используется в качестве подогрева подпиточной воды. Расход топлива, при использовании утилизаторов теплоты, снижается до 10%.

Методика теплового и конструктивного расчета контактных теплоутилизаторов подробно изложена в [1]. В рассматриваемой котельной подбор калориферов осуществляется по приближенной оценке площади теплообмена, аэродинамическому сопротивлению и массогабаритным параметрам. Применение дополнительного охлаждения дымовых газов повышает КПД до 95% , так как при нагрузке котла в 96% температура уходящих дымовых газов повышается до 200 °С, что значительно повышает эффективность работы калорифера.

На выходе дымовых газов из котла устанавливается воздушный калорифер, в водяной контур поступает часть сетевой воды, которая нагревается в калорифере и подмешивается к сетевой воде перед котлом. Слив конденсата с дымовой трубы предусмотрен в дренажный приямок котельной. Распределение потоков настраивается регулятором давления [2, 4].

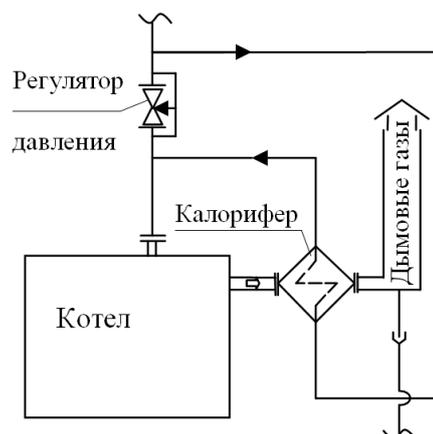


Рисунок 1. Тепловая схема

Применение калорифера КСК-3-9 в качестве утилизатора уходящих дымовых газов на водогрейных котлах КСВ-2,9 позволяет повысить КПД котла до 95%, а так же сократить расход топлива до 10%.

#### Список литературы

1. Аронов, И. З. Использование тепла уходящих газов газифицированных котельных – М.: Энергия, 1967. – 192 с.
2. Бураков А.А. Система охлаждения уходящих газов. // Научный Лидер. – 2021. – № 42 (44). – С. 318-321.
3. Журавлев, В. А. Энергосбережение в котельных // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. – 2019. – № 13. – С. 157-158.
4. Илалетдинов, Л. Ф. Опыт применения дополнительного охлаждения дымовых газов в Удмуртской Республике // Новости теплоснабжения – 2014. – № 5 (165). – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=3235](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3235) (дата обращения: 24.11.2022).
5. Кудинов, А. А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. – Ульяновск: УлГТУ, 2000.– 139 с.
6. Стаскевич Н. Л., Северинец Г. Н., Вигдорчик. Д. Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа – Л.: Недра, 1990. – 761 с.
7. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Издание 3-е переработанное и дополненное / Петросян Р. А. [и др.] – Спб,; НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
8. Zajacs, A., Zeiza-Selezņova, A., Rusovs, D. (2020) Impact of Flue Gas Recirculation on the Efficiency of Hot-water Boilers. *Construction of Unique Buildings and Structures*. No. 8 Vol. (93). P. 9304 DOI: 10.18720/CUBS.93.4

## ОСОБЕННОСТИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДРАЙВЕРА ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ES-D508

Безгин А.С. , канд. техн. наук, доцент,  
Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Современный рынок оборудования предлагает большой ассортимент ЧПУ станков для малого бизнеса [1-3].

Идеи для бизнеса, связанного с работой на станке с ЧПУ по дереву, камню, металлу и различным композитным материалам достаточно разнообразны. Так, наличие установки дает возможность предоставлять услуги по выполнению фрезерных и гравировальных работ. Можно производить криволинейную раскройку древесины или металла, декоративную фрезеровку заготовок под заказ, предметы мебели и части оборудования. В качестве целевой аудитории в таком бизнесе выступают небольшие предприятия и единичные заказчики. [4].

Большинство станков ЧПУ для малого бизнеса или «хоббийных мастерских» имеют порталную конструкцию, трех-четырёх осевую систему координат, недорогой стационарный CNC контроллер, или контроллер на базе персонального компьютера. В качестве двигателей линейных перемещений у таких станков, особенно небольшой мощности, выступают шаговые двигатели и серводвигатели. Пример подобного фрезерного ЧПУ станка представлен на рисунке 1.



Рисунок 1- Фрезерный ЧПУ станок

В конструкциях подобного типа при установке на ось Y (перемещение портала на рисунке 1) двух двигателей предпринимается ряд мер для

синхронизации вращения этих двигателей, с целью предотвращения перекоса портала.

Первое что нужно сделать для предотвращения перекоса - это установить два датчика точной остановки на обоих осях Y1 и Y2, причем геометрическое положение этих датчиков друг относительно друга должно быть выставлено максимально точно. При включении привода станка и выбора команды «Ноль по оси Y» двигатели осей Y1 и Y2 на заданной небольшой скорости движутся к датчикам и останавливаются при срабатывании датчиков. Если перекос до включения станка был, то один двигатель остановится быстрее второго и перекос выправится автоматически.

Если ЧПУ контроллер не имеет возможности подключения двух датчиков «нуля» на одну ось (бюджетные ЧПУ контроллеры), то можно подключить специализированную плату синхронизации осей [5].

Наличие принятых мер позволяет избежать перекоса только при правильном выборе момента двигателя и настройке драйвера шагового двигателя.

Рассмотрим особенности подключения шагового двигателя ES-M32320 и настройки драйвера шагового двигателя ES-D508 при согласованной работе двух двигателей на одной оси.

Трехфазный гибридный шаговый серводвигатель ES-M32320 со восторенным энкодером представлен на рисунке 2а, технические характеристики данного двигателя представлены в таблице 1 [6].



а)

б)

Рисунок 2 – Элементы электропривода оси Y ЧПУ станка: а) трехфазный гибридный шаговый серводвигатель ES-M32320; б) драйвера шагового двигателя ES-D508

Таблица 1- Параметры шагового серводвигателя ES-M32320

№п	Параметр	Значение
1	Тип двигателя	3х-фазный ШД
2	Фланец	57 мм (NEMA 23)
3	Момент удержания	2 Нм
4	Ток фазы	5.8 А
5	Длина корпуса	97 мм
6	Шаг	1.2° (300 шагов/об)

7	Сопротивление обмотки	0.62 Ом
8	Индуктивность	1.85 мГн
9	Рабочая температура	0..85°C
10	Энкодер	оптический инкрементальный 4000 имп./об. Сигналы: А,В
11	Масса	1.35 кг

Внешний вид драйвера шагового двигателя ES-D508 (старое название HBS57) представлен на рисунке 2б. Драйвер имеет оптоизолированные входы управления STEP, DIR, ENABLE. Имеется возможность выбора режима работы STEP/DIR или CW/CCW. Настройка драйвера осуществляется с ПК через RS232. Имеется режим автонастройки под ШД и защиты от КЗ обмоток ШД, от обратной ЭДС ШД, режим удержания ротора. Параметры драйвера представлены в таблице 2 [7].

Таблица 2- Параметры драйвера ES-D508

№п	Параметр	Значение
1	Тип двигателя	3х-фазный ШД
2	Напряжение питания U, В	50В, DC
3	Рабочий ток, I, А	8
4	Энкодера	500 PPR
5	Микрошаг	1:256
6	Частота (STEP)	200кГц
7	Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	109x70x27
8	Вес, кг	0.25
9	Интерфейс управления	STEP/DIR
10	Доп. интерфейс	RS232

Для настройки этого драйвера компании Leadshine необходимо специальное фирменное ПО - ProTuner. Для этого потребуется компьютер под управлением Windows, оснащенный COM-портом, а также кабель Leadshine RS232-RJ12.

Особенности и преимущества цифровых драйверов шаговых двигателей таких как рассматриваемый и способы автонастройки регуляторов тока, выявление зон резонансной частоты показаны [8].

Пример настроек параметров данного драйвера в программе ProTuner представлены на рисунке 3.

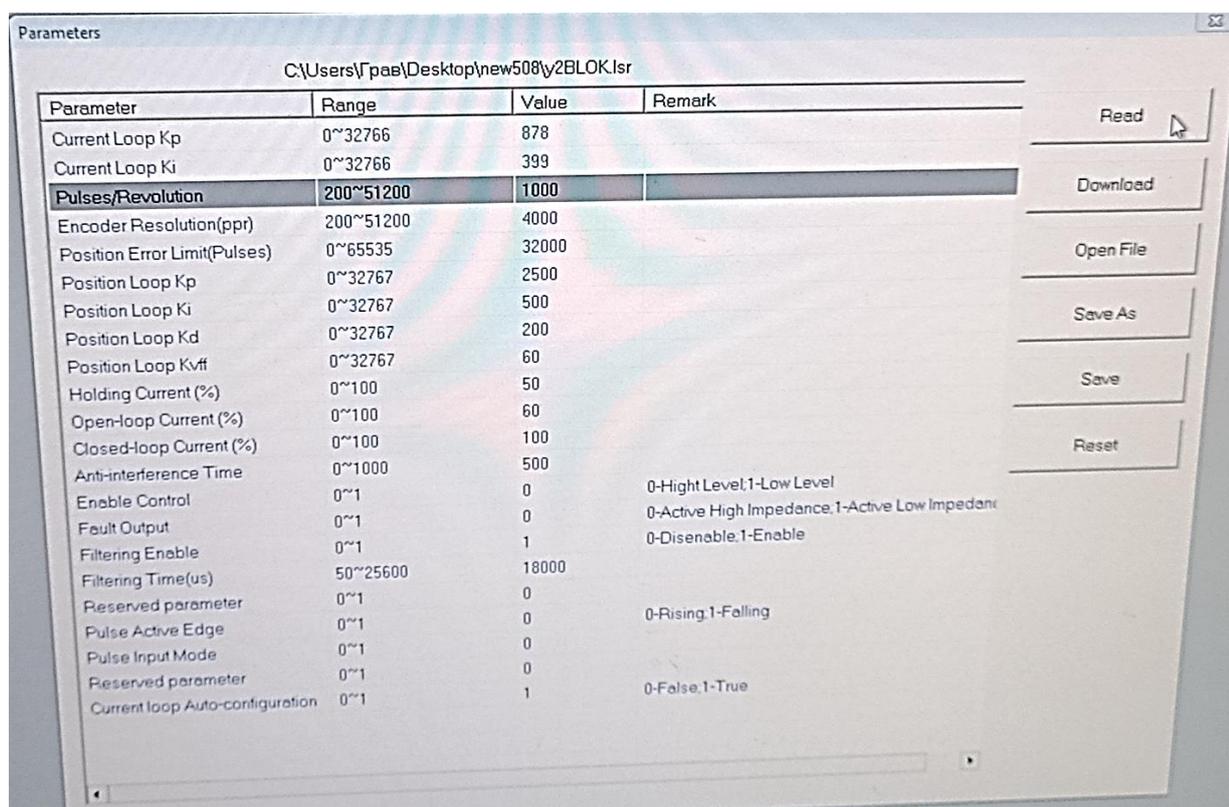


Рисунок 3 – Параметры настройки драйвера ШД на работу с взаимной блокировкой

Так как шаговый двигатель имеет встроенный энкодер, то система управления драйвера контролирует соответствие поступивших пульсов на вход STEP и угловым перемещением вала двигателя. Если по каким-либо причинам происходит пропуск шагов, то накапливается ошибка (Параметр Position Error Limit (Pulses)). Как только количество пропущенных шагов достигнет заданной ошибки на вход FAULD поступит сигнал и драйвер перестанет выдавать напряжение на двигатель и загорится индикатор ошибки.

При работе в таком режиме с двумя двигателями на одной оси возможна остановка одного двигателя по различным причинам и продолжение работы другого, что вызовет перекося портала. При увеличении перекося будет происходить накопление ошибки позиционирования на втором двигателе и его остановка при достижении числа ошибок.

Чтобы избежать этого эффекта настроим некоторые параметры в ProTuner. Параметр Fault Output устанавливаем равным нулю, таким образом активным становится высокий уровень сигнала (логическая единица).

Параметр Enable Control = 0 - активным становится высокий уровень сигнала (логическая единица).

Произведем подключение выводов двух драйверов согласно схеме, представленной на рисунке 4.

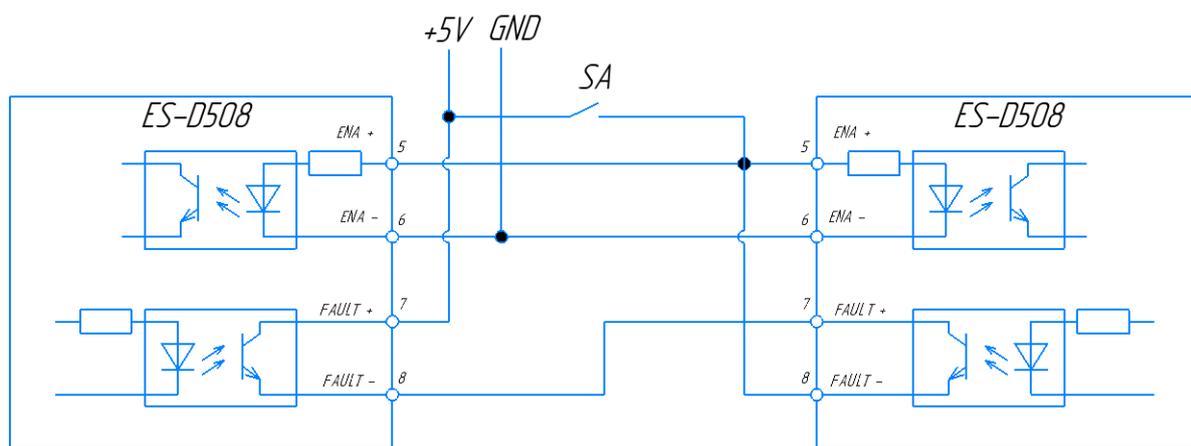


Рисунок 4 – Схема подключения двух драйверов с взаимной блокировкой по ошибке позиционирования

Схема, представленная на рисунке 4, работает следующим образом. Внешний сигнал +5В последовательно через фототранзисторы выводов FAULT поступает на вход разрешения работы драйвера ENA. Если срабатывает сигнал ошибки позиционирования любого драйвера, то цепь +5В разрывается и на входах разрешения работы драйверов ENA пропадает разрешающий сигнал. Драйвера перестают подавать напряжение на шаговые двигатели.

Для наладки или сервисного обслуживания приводов в схему добавлен переключатель SA который шунтирует цепь +5В, и принудительно разрешает работу обоих приводов независимо от блокировки.

#### Список литературы

1. Станки ЧПУ для малого бизнеса и хобби [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cncmodelist.ru/cnc-modelist.html> – дата обращения: 15.12.2022
2. Станки с ЧПУ роутер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusnc.ru/dlya-malogo-biznesa/> – дата обращения: 11.01.2023
3. Каталог товаров Purelogic R&D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://purelogic.ru/catalog/stanki-i-oborudovanie> – дата обращения: 11.01.2023
4. Фрезерные станки с ЧПУ для малого бизнеса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.multicut.ru/articles/frezernye-stanki-s-chpu-dlya-malogo-biznesa> – дата обращения: 22.12.2022
5. Плата синхронизации Sen sync V1.3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ivcnc.ru/index.php/kategorii/product/view/78/916> – дата обращения: 11.01.2023
6. Руководство по эксплуатации Шаговый двигатель с энкодером Leadshine, серия ES [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://purelogic.ru/docs/elektroprivod/shagoviy\\_dvigatel\\_s\\_encoderom\\_Leadshine\\_ES\\_instruction\\_ru.pdf](https://purelogic.ru/docs/elektroprivod/shagoviy_dvigatel_s_encoderom_Leadshine_ES_instruction_ru.pdf) – дата обращения: 11.01.2023

7. Руководство по эксплуатации Драйвер серво-шагового двигателя Leadshine, серия ES-D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://purelogic.ru/docs/elektronika/draivery\\_SSHD\\_Leadshine\\_ES-D\\_instruction\\_ru.pdf](https://purelogic.ru/docs/elektronika/draivery_SSHD_Leadshine_ES-D_instruction_ru.pdf) – дата обращения: 11.01.2023

8. Особенности и преимущества цифровых драйверов шаговых двигателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.giden.ru/osobennosti-i-preimushchestva-tsifrovyykh-drajverov-shagovykh-dvigatelij> – дата обращения: 11.01.2023

## СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ДРОНОВ ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА

**Бибиков Д.А., Безгин А.С., канд. техн. наук, доцент,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Дрон – это аппарат, который способен выполнять функциональные задачи без экипажа на борту. В зависимости от области использования, дроны бывают наземные, водные и воздушные [1]. В данной работе рассматриваются воздушные дроны, которые называют беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), рисунок 1.



Рисунок 1 – Беспилотный летательный аппарат

В настоящее время дроны применяются все чаще, из-за их эффективности, низкой стоимости и простоты изготовления. Также увеличивается число областей их применения: видео и фотосъемка, перенос объектов, уничтожение цели, тепловизионная съемка. Существует много видов дронов и их конструкций.

По принципу создания подъемной силы дроны бывают:

- самолетного типа, рисунок 2, у которых создание подъемной силы происходит за счет обтекания крыла потоком [2];
- вертолетного типа, у которых подъемная сила образуется при обтекании потоком лопастей несущего винта [3].

Дроны вертолетного типа по схеме расположения винтов можно поделить на:

- одновинтовые дроны с расположенным в хвостовой части рулевым винтом, реактивный момент несущего винта компенсируется рулевым винтом, который создает тягу в направлении вращения несущего винта;



Рисунок 2 – Дрон самолетного типа «Форпост»

- двухвинтовые дроны поперечной схемы расположения винтов, реактивный момент компенсируется двумя несущими винтами, расположенными на фермах или крыльях по бокам фюзеляжа, вращение которых направлено в противоположные стороны [4];

- двухвинтовые дроны с продольной схемой расположения винтов, в данной схеме реактивный момент компенсируется за счет вращения в противоположные стороны двух несущих винтов, располагающихся в передней и задней частях фюзеляжа;

- двухвинтовые дроны соосной схемы расположения винтов, рисунок 3, реактивный момент компенсируется за счет наличия двух одинаковых винтов, которые расположены на одной оси и вращаются в противоположные направления [5];



Рисунок 3 – Дрон вертолетного типа BPT-300

- одновинтовые дроны с принципом реактивного вращения лопастей, из-за того, что двигатели расположены на концах лопастей и на вал несущего винта нет передачи сильных моментов, реактивного момента нет;

- двухвинтовые дроны с перекрещивающимися плоскостями винтов, у данного типа дронов оси вращающихся в противоположные стороны винтов расположены под наклоном друг к другу, поэтому плоскости вращения винтов пересекаются и их вращение синхронизировано для исключения столкновения лопастей;

- многовинтовые дроны, компенсация реактивного момента происходит из-за наличия одинакового количества винтов, которые вращаются в противоположных направлениях.

Дроны отличаются не только количеством приводов и их расположением, но также и составом оборудования, предназначенным для выполнения их функциональных задач [6]. В таблице 1 представлено описание конструкции дронов в зависимости от области их применения.

Таблица 1. Классификация дронов по функциональному назначению

	Типы дронов	Описание конструкции	Авторы
1	Видео и фотосъемка	В конструкцию дрона входит видеокамера и фотокамера	С.М. Ганин А.В. Карпенко В.В. Колногород
2	Перенос объектов	Дрон имеет роботизированную клешню-манипулятор, либо специальное крепление для груза	В.С. Моисеев Г.Ф. Петров Дж. Бейктал
3	Уничтожение цели	Дрон оснащается вооружением (снаряд, бомба, стрелковое оружие)	Келвин Вонг С.Г. Тихонов В. Ильин В. Зубов
4	Тепловизионная съемка	На дрон устанавливается тепловизионная камера (датчик теплового зрения, тепловизионный сенсор, термальна камера)	В.А. Дроздов В.И. Сухарев, Ж. Госсорг Ж. Л.З. Криксунов Дж. Ллойд

В данной работе рассматривается дрон вертолетного типа одновинтовой схемы с рулевым винтом [7], который предназначен для переноса объектов.

При анализе систем навигации дронов вертолетного типа, предназначенных для переноса объектов можно выделить четыре группы систем навигации:

а) Инерциальные системы навигации. Данная система основана на непрерывном изменении таких параметров движения, как ускорения и угловых

скоростей, относительно установленной системы отсчета. Системой отсчета могут быть: Земля, звезды, горизонт, произвольная система отсчета [8].

Чтобы определить параметры движения используются следующие датчики: гироскопы для определения угловых скоростей и акселерометры для нахождения линейного ускорения. Данные, которые поступают с них, обрабатываются вычислительной системой.

Инерциальные системы навигации обладают следующими достоинствами: высокая точность измерений, не требуется пересчет связанной системы координат в необходимую, предстартовая подготовка обладает высокой точностью.

Недостатки инерциальных систем навигации: с течением времени автономной работы наблюдается рост ошибки определения координат, высокая стоимость, громоздкость исполнения.

б) Видеонавигация. Данная система навигации основана на определении местоположения по видовой информации. В основе этой системы лежат три способа:

- Вычисление пути, пройденного дроном, методом анализа потока видеоданных, которые передаются с оптико-электронных приборов наблюдения. В каждом кадре автоматически ищется множество характерных точек, и анализ перемещения этих точек от кадра к кадру позволяет получить данные о движении объекта.

- Использование данных рельефа. Применяя перекрытие потока видео-фото-данных, происходит восстановление рельефа местности. Положение дрона определяется путем сравнения восстановленного рельефа с цифровой моделью рельефа местности.

- Применение цифровых снимков местности. Этот способ позволяет определить координаты местоположения и ориентацию сравнением текущей видовой информации с цифровыми снимками местности, даже когда примерные координаты положения дрона неизвестны [9].

Высокая точность определения координат, даже при отсутствии рельефа является достоинством видеонавигации.

Недостатки видеонавигации: невозможность использования над песчаной или водной поверхностью, невозможность работы при неблагоприятных погодных условиях.

в) Пеленгационные измерения. Данная система навигации основана на определении координат дрона по пеленгационным измерениям на наблюдаемый объект с известными координатами, без использования активных средств измерения [10].

Достоинствами пеленгационных измерений являются высокое быстродействие и относительно высокая точность определения координат.

Недостатки пеленгационных измерений: требование идентификации сигналов, принимаемых разными пунктами системы, сложность построения системы, необходимость линий связи между пунктами.

г) Лазерная навигация. В состав данной системы могут входить следующие компоненты: фильтр-процессор, лазерный дальномер-сканер,

рисунок 4, и камера. Данная система навигации основана на принципе сканирования окружающего пространства и сопоставления текущего изображения и эталонного с локализацией и сенсоризацией контурных точек заданных объектов. Происходит периодическое или с заданной частотой включение лазерных дальномеров-сканеров, расчет параметров полета и текущих координат сканируемых объектов. По полученным значениям формируются сигналы управления дроном [11].



Рисунок 4 – Лазерный дальномер-сканер UTM-30LX

Достоинства данной системы ориентирования: высокая точность, относительно малые габариты,

Недостатками лазерной навигации являются: дороговизна сканера, малое распространение, невозможность точной работы при неблагоприятных погодных условиях.

В таблице 2 представлена классификация систем навигации дронов вертолетного типа, предназначенных для переноса объектов

Таблица 2. Классификация систем навигации дронов вертолетного типа, предназначенных для переноса объектов

	Система навигации	Авторы	Достоинства	Недостатки
1	Инерциальные системы	О. Э. Копысов Л. Л. Семенова	Высокая точность измерений Не требуется пересчет связанной системы координат Высокая точность предстартовой подготовки	Высокая стоимость Во время автономной работы происходит рост ошибки определения координат Громоздкость исполнения

Продолжение таблицы 2

2	Видеонавигация	О. Ю. Купервассер А. А. Рубинштейн	Высокая точность определения абсолютных координат, даже при отсутствии рельефа	Невозможность работы в плохую погоду Невозможность использования над водной или песчаной поверхностью
3	Пеленгационные измерения	К. Амелин А. Миллер	Высокая точность Относительно высокое быстродействие	Сложность построения системы Необходимость линий связи между пунктами Требуется идентификация сигналов, принимаемых разными пунктами системы
4	Лазерная	И. А. Буянов В. К. Исламов	Высокая точность Относительно малые габариты	Невозможность точной работы при неблагоприятных погодных условиях Дороговизна сканера Мало распространена

Анализ научно-технической литературы в области разработки системы навигации дрона вертолетного типа позволил заключить, что наиболее целесообразно использовать для переноса объектов дроны с видеонавигацией. Это позволит дронам более точно переносить грузы, избегая ошибок при ориентировании.

#### Список литературы

1. Типы дронов, характеристики, использование и многое другое [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://paradacreativa.es/ru/%D1%82%D0%B8%D0%BF%D1%8B-%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2/> – дата обращения: 22.12.2022
2. IAI Searcher – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/IAI\\_Searcher](https://ru.wikipedia.org/wiki/IAI_Searcher) – дата обращения: 22.12.2022.
3. Дудник, В. В. Конструкция вертолетов. – Ростов н/Д: Издательский дом ИУИ АП, 2005. – 158 с. – ISBN 5-94596-015-2.

4. Богданов, Ю. С. Конструкция вертолетов: Учебник для авиационных техникумов / Ю. С. Богданов, Р. А. Михеев, Д. Д. Скулков. – М.: Машиностроение, 1990. -272 с.: ил.- ISBN 5-217-01047-9/

5. ВРТ-300 – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ВРТ-300> – дата обращения: 22.12.2022.

6. 1.2.4. Классификация БПЛА по назначению / 1.2 Беспилотные летательные аппараты / Глава 1. Терминология и классификация / Книга: Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / Арсенал-Инфо.рф [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arsenal-info.ru/b/book/3398882726/17> – дата обращения: 22.12.2022.

7. Далин, В. Н. Конструкция вертолетов [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Далин, С. В. Михеев. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 352 с. : ил. – ISBN 5-7035-2330-3.

8. Инерциальные навигационные системы | лазерные компоненты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lasercomponents.ru/blog/inerczialnye-navigaczionnye-sistemy/?ysclid=lbyuhtjkrq509289209> – дата обращения: 22.12.2022.

9. Купервассер, О. Система навигации беспилотных летательных аппаратов с помощью видео | Методолог / О. Купервассер, А. Рубинштейн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metodolog.ru/node/1570> – дата обращения: 22.12.2022.

10. Амелин, К.С. Алгоритм уточнения местонахождения легкого БПЛА на основе калмановской фильтрации измерений пеленгационного типа / К.С. Амелин, А.Б. Миллер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jip.ru/2013/338-352-2013.pdf> – дата обращения: 22.12.2022.

11. Буянов, И.А. Автономная система ориентирования беспилотного летательного аппарата: состав и схема функционирования в формате 3D / И.А. Буянов, В.К. Исламов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/187/47676/?ysclid=lbyxkuoamd885859781>

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Бобин К.В., Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Экономика РФ характеризуется повышенной энергоемкостью в сравнении с большинством стран Западной Европы и США. В Энергетической стратегии России на период до 2030 года констатируется, что выполнение целевых показателей снижения энергоемкости ВВП на 25% к уровню 2015 года, заложенных в ФЗ №261 "Об энергосбережении" и соответствующей ему "Государственной Программе по энергосбережению и повышению энергоэффективности до 2022 года", достигнуто не за счет фактического энергосбережения, а за счет роста мировых цен на экспортируемые топливно-энергетические ресурсы и активного развития малоэнергоемкой сферы услуг и обвалу цен на энергоносители, данное снижение в значительной мере нивелировано[4].

Особенности резко континентального климата большей части территории РФ обуславливают значительную составляющую систем теплоснабжения в суммарном потреблении топливно-энергетических ресурсов(около 400 млн. т/год, 45% от общего расхода). Вследствие этого, достижение реальных показателей энергоэффективности в целом по стране невозможно без повышения энергоэффективности одной из наиболее энергозатратных отраслей - теплоснабжения. Для увеличения этого показателя применяются и разрабатываются различные методы связанные со снижением энергетических и тепловых потерь. На данный момент существуют такие типы регулирования как: ручное и автоматическое. Такие типы регулирования не обеспечивают должной энергоэффективности из-за ряда существенных недостатков. К их недостаткам следует отнести: необходимость постоянного контроля и низкая точность поддержания заданных параметров из-за резких сезонных колебаний.

Последнее время все чаще выпускается оборудование теплоснабжения с применением датчиков позволяющих автоматизировать системы тепло-энергоснабжение. Автоматизированное регулирование лишено вышеперечисленных недостатков, позволяет ориентироваться на внешние факторы, оказывающих влияние на работу системы.

Тенденция увеличения расхода тепло-энергоресурсов связана с постоянно изменяющимися расходами теплоносителя у потребителей, поэтому задача повышения энергоэффективности систем теплоснабжения может быть решена, в том числе и за счет применения автоматизированных систем и приведения их к устойчивому режиму работы.

Несмотря на то, что системы автоматизации вводятся в эксплуатацию в настоящее время, этот метод регулирования недостаточно изучен. Поэтому данная тема исследования является актуальной и значимой.

Цель исследования состоит в разработке энергоэффективной автоматизированной системы теплоснабжения теплового пункта №155. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Анализ научно-технической литературы в области теплоэнергетических систем.

- Расчет системы теплоснабжения теплового пункта №155.

- Разработка структурной схемы с применением автоматизации в системе теплоснабжения теплового пункта №155.

- Разработать математическую модель управления функционированием автоматизированной системы теплоснабжения.

- Разработка имитационной модели энергоэффективной автоматизированной системы теплоснабжения теплового пункта №155 на базе имитационной среды Matlab.

- Сравнение полученных результатов.

Анализ научно-технической литературы в области теплоэнергетических систем.

Системы теплоснабжения рассчитываются исходя из заданных параметров, в которые не учитываются дополнительные изменения, связанные с изменением числа электроприборов и количества проживающих людей в помещении. А так же необходимо помнить, что тепловой баланс здания и отдельных его помещений определяется и переменными источниками теплоступлений. К ним необходимо отнести солнечное излучение, источники освещения, электроприборы, работающие в данный момент времени и люди, находящиеся в здании. Все перечисленное может дать до 250-300 Вт тепловой энергии, что к середине отопительного сезона, может составить до 25-30% всех необходимых. Сезонные колебаний могут регулироваться различными методами, такими как - ручной, автоматический и автоматизированный.

Ручное регулирование не предусматривает в состав оборудования, автоматизации, без вмешательства в процесс обслуживающего персонала не обходится. То есть контроль теплоснабжения происходит в ручном режиме. Это метод регулирования является самым не желательным вариантом реализации технологического процесса, т.к включает в себя непрерывную работу человека, человеческий фактор.

Автоматическое регулирование в состав оборудования включены специальные устройства, позволяющие за счет внешних(погодных условий) и внутренних(перепады температуры в помещении) изменений климата регулировать систему теплоснабжения. Автоматическое регулирование способно точно и быстро управлять заданными параметрами, поддерживает заданный режим в течении длительного времени, а так же минимизирует вмешательство в процесс человека. Обладает высоким ресурсом работы от 10 до 30 лет. Однако не лишена минусов, которые рассмотрены в таблице 1.

Автоматизированное регулирование практически полностью состоит из оборудования способного в автоматизированном режиме поддерживать заданные параметры, увеличивать температуру теплоносителя, при снижении температуры воздуха и наоборот с высокой точностью, это наглядно

продемонстрировано на рис. 1, при этом за счет прогнозируемых изменений погодных условий достигается эффективное использование энергоресурсов.

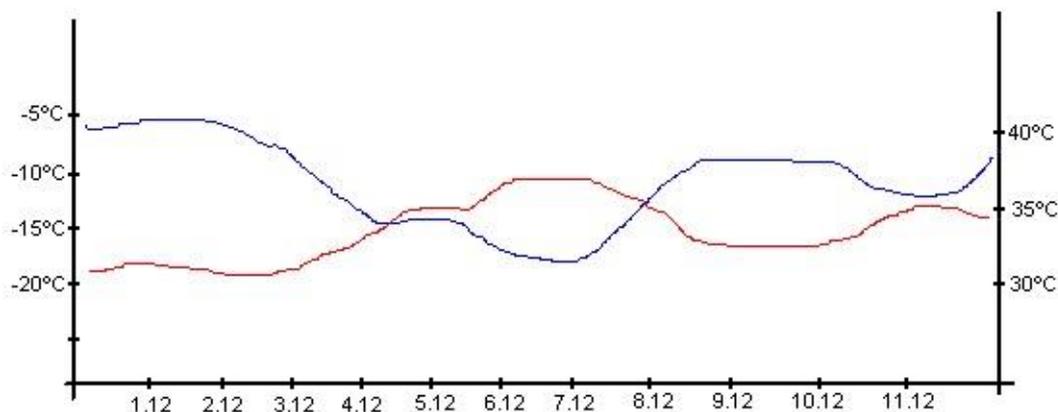


Рисунок 1. Пример изменений подачи теплоносителя в системе отопления теплым полом в зависимости от погодных условий.

Как мы можем видеть на рис.1 чем ниже температура воздуха за окном(синяя шкала), тем больше температура теплоносителя в системе отопления(красная шкала).

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа методов регулирования теплоснабжения.

	Способы управления системой теплоснабжения	Достоинства	Недостатки
1	Ручное (механическое)	Простота конструкции Дешевизна Большая ремонтпригодность	Необходимость постоянного контроля Низкая энергоэффективность Низкая точность поддержания заданных параметров
2	Автоматическое	Точное и быстрое регулирование заданных параметров Поддержание заданного режима в течении длительного времени Высокий ресурс работы	Необходимость в постоянной регулировки из-за сезонных колебаний Не обеспечивает энергоэффективное потребление ТЭР

3	Автоматизированное	Эффективное использование энергоресурсов Точное и быстрое регулирование заданных параметров Поддержание заданного режима в течении длительного времени Высокий ресурс работы	Высокая начальная стоимость системы автоматизации
---	--------------------	---	---

В 2020 году была утверждена энергетическая стратегия России до 2035 года [4], одним из главных направлений которой является цифровая трансформация и интеллектуализация тепло- и электроэнергетики, в контексте которого разработка интеллектуальных автоматизированных систем является актуальной.

Однако, в настоящее время научно-технической литературы по разработке автоматизированных систем недостаточно. На основании, можно заключить, что тема исследования, а именно «Автоматизация системы теплоснабжения теплового пункта №155 » является актуальной и значимой.

По проведенному анализу делаем вывод, что целесообразно выбрать третий метод регулирования, то есть автоматизированную систему теплоснабжения. В дальнейшем будет рассматриваться автоматизированная система теплоснабжения.

#### Список литературы

1. Степанов И.Д. Автоматизация тепловых пунктов - Учебное пособие. — Москва: МЭИ. 1.1.0
2. Бируков Г.В., Чирадов А.И. Тепловые пункты: Тексты лекций. – Омск: Изд-во ОмГТИ, 2001, - 97 с.
3. Галявин Е.В. Интеллектуальный автоматизированный комплекс– Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Иркутск, 2011.
4. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года»

# **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ**

**Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент,**

**Быковский В.В., канд. техн. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»**

Основной задачей современного высшего образования является освоение профессиональных компетенций. Анализ имеющихся и проектируемых ключевых компетенций формирует индивидуальные образовательные стратегии, помогает выбрать наиболее эффективные технологии обучения, определить механизмы внутреннего и внешнего оценивания студента. Образовательным результатом является совокупность освоенных ключевых компетенций, отражающих личностно-профессиональное развитие [1]. Овладение профессиональными компетенциями служит залогом дальнейшего профессионального роста. Одним из звеньев подготовки бакалавров в области электротехники является курсовое проектирование, которое является активной формой обучения [2]. Выполнение курсовой работы или курсового проекта имеет целью развитие навыков самостоятельной работы, освоение методик проектирования и экспериментальных исследований. Обучающийся в процессе выполнения работы систематизирует и закрепляет полученные на лекционных и практических занятиях теоретические знания, улучшает навыки работы с научно-технической литературой, справочниками, стандартами.

Целью данной работы является выявление наиболее важных аспектов в процессе курсового проектирования и повышение его эффективности при формировании профессиональных компетенций.

В учебном плане подготовки бакалавров по направлению электроэнергетика и электротехника предусмотрены и курсовые работы, и курсовые проекты. Курсовая работа – это самостоятельное исследование, в котором обучающийся демонстрирует способность применять методы исследования и делать выводы на основе полученных результатов. Как правило, основу курсовой работы составляют расчеты, выполненные на основании теоретических знаний. В курсовом проекте большее внимание уделяется практическим разработкам, реальным моделям. Исследование в курсовом проекте носит прикладной характер. Целью выполнения курсовой работы или курсового проекта является проверка самостоятельного умения применять теоретические знания для решения практических задач.

Выполнение курсовой работы и курсового проекта начинается с формирования преподавателем задания на курсовое проектирование. На этом этапе для преподавателя важно составить равнозначные по сложности, но индивидуальные по сочетанию исходных величин, варианты заданий или тем. Задание оформляется на отдельном бланке, который подписывают обучающийся и руководитель.

Для более эффективного курсового проектирования на кафедре автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники ОГУ разработаны учебные пособия, которые содержат краткие теоретические сведения, рекомендации, алгоритмы, примеры расчетов и аналоги моделей. В условиях цифровой трансформации высшего образования все расчеты проводятся с помощью специализированного программного обеспечения. Для математических вычислений используется MathCad (США) или SmathStudio, выпускается ООО «ЭсМат» (РФ) автор А. Ивашов, <http://ru.smath.com/>. Выбор программного обеспечения для выполнения проектно-графической части осуществляется студентами самостоятельно. Особое внимание при выполнении графической части и электрических схем уделяется соблюдению требований ГОСТ 21.613-2014, ГОСТ 2.702-2011 и других, что позволяет осуществить междисциплинарные связи и способствует формированию навыков и компетенций для будущей профессиональной деятельности. На лекционных и практических занятиях акцентируется внимание на вопросах, входящих в задание для курсового проектирования, что в свою очередь усиливает диалоговый контакт между лектором и обучающимися.

Самостоятельная работа студентов над курсовым проектом контролируется руководителем. К сожалению, современные учебные планы не предусматривают аудиторную работу по курсовому проектированию, поэтому преподаватели проводят индивидуальное консультирование вне расписания занятий, решая организационные вопросы по выбору аудитории и времени встреч с обучающимися самостоятельно. На консультациях руководитель и обучающийся обсуждают возникающие вопросы по проведению расчетов и анализируют промежуточные результаты. С целью повышения эффективности курсового проектирования ведущие преподаватели должны осуществлять непрерывный контроль соблюдения сроков и качества выполнения курсовой работы или курсового проекта. Одновременно с заданием студентам выдается календарный график самостоятельной работы, в котором указаны все этапы курсового проектирования, сроки выполнения, оформления и защиты.

Заключительным этапом в оценке курсовой работы или проекта является ее защита. Накануне защиты обучающийся предоставляет оформленный проект или работу на рецензирование руководителю. Письменную рецензию на курсовую работу по теоретическим основам электротехники предлагается составить на основе шаблона оценочного листа, разработанного на кафедре автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники ОГУ [3]. Заранее известная и понятная методика оценки курсовой работы побуждает студентов к систематической работе и выполнению требований по оформлению результатов своего труда, что позволяет повысить качество обучения. Курсовые работы, выполненные самостоятельно, имеющие оригинальные решения, заслуживают более высокой оценки. Учитывая, что курсовое проектирование по электротехническим дисциплинам - это создание и обработка математических моделей, математические расчеты различного уровня сложности и графическая часть, проверка выполненных курсовых работ и проектов в системе «Антиплагиат» смысла не имеет. К защите допускаются

законченные работы и проекты, получившие положительную рецензию и оформленные в соответствии с требованиями стандартов. Процедура защиты состоит из трех частей:

1) обучающийся представляет свою работу, демонстрируя знание основных понятий электротехники, используемых в расчётах, методики их вычисления и понимание их смысла;

2) обучающийся отвечает на вопросы преподавателя по содержанию теоретической части курсовой работы или проекта, по расчетам и выводам, содержащимся в практической части;

3) преподаватель обсуждает с обучающимся результаты курсового проектирования и оценивает курсовую работу (проект).

Для более эффективного и успешного для студента прохождения второго этапа список вопросов по теоретической части курсовых работ и проектов включен в ФОС и предоставляется обучающимся заранее.

Творчески выполненные курсовые проекты и работы с оригинальным подходом к определению заданных параметров могут быть рекомендованы для представления на студенческих конференциях и конкурсах.

Повышение эффективности курсового проектирования способствует более интенсивному формированию профессиональных компетенций у обучающихся и повышает их конкурентоспособность при трудоустройстве.

#### Список литературы

1. Татаринцев, В. А. Опыт и перспективы формирования профессиональных компетенций выпускников технических вузов // Образование и проблемы развития общества. 2021. №1 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-i-perspektivy-formirovaniya-professionalnyh-kompetentsiy-vypusknikov-tehnicheskikh-vuzov> (дата обращения: 29.11.2022).

2. Палкин Е. В., Розанова Т. С., Верт О. В. Развитие самостоятельной деятельности студентов посредством курсового проектирования // Вестник КрасГАУ. 2014. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-samostoyatelnoy-deyatelnosti-studentov-posredstvom-kursovogo-proektirovaniya> (дата обращения: 29.11.2022).

3. Быковская, Л. В. Об оценке курсовых работ по теоретическим основам электротехники / Л. В. Быковская, Н. Ю. Ушакова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 25-27 янв. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2021. - . - С. 2901-2904. . - 4 с.

# КУРС ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент,

Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Исторически внедрение информационных технологий в электротехнические дисциплины, как и в любые другие сферы деятельности, происходит по спирали и может служить иллюстрацией законов диалектики. Общепринятая в настоящее время модель эволюции информационных технологий во времени приведена на рисунке 1 [1].



Рисунок 1 – Временная модель эволюции информационных технологий

Эту модель нельзя рассматривать как линейную. В преподавании электротехники переход на каждый новый уровень всегда характеризовался не только количественными изменениями (развитием вычислительной техники и программного обеспечения, инфокоммуникационных технологий), но и новыми качественными показателями в технологиях, средствах и методах обучения, используемых в дисциплине. То есть налицо закон перехода количества в качество: развитие осуществляется путём накопления количественных изменений в предмете, что приводит к выходу за пределы меры и скачкообразному переходу к новому качеству.

История использования вычислительной техники в электротехнических дисциплинах в ОГУ берет свое начало с середины 80-х годов прошлого века (уровень компьютеризации). Студенты самостоятельно писали программы на языках высокого уровня, выполняли расчеты на ЕС ЭВМ, умели самостоятельно разработать алгоритм, блок схему процесса, широко использовали в расчетах численные методы. Несмотря на сложность реализации расчетов на этом этапе, выпускники тех лет, отлично владели навыками применения вычислительной техники в профессиональной деятельности.

В 90-е годы появились не только персональные компьютеры, но и системы компьютерной математики, самой популярной из которых стал

Mathcad. Особенностью систем компьютерной математики является то, что в них уже заложены типовые алгоритмы решения различных математических задач: уравнений и систем уравнений различных видов, интегрирования, дифференцирования, статистических функций, построения графиков и т.п. С этого времени все РГЗ и курсовые работы по дисциплинам «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) и «Электротехника», как правило, выполняются в подобных системах. Именно этот уровень можно назвать уровнем информатизации, так как основной задачей студентов стала репродукция имеющихся типовых алгоритмов ручного расчета в программу компьютерной математики. В это же время средства информатизации стали использоваться для контроля знаний студентов (система автоматизированного интерактивного сетевого тестирования АИССТ), разработки мультимедийных лекций, поиска информации.

Уровень цифровизации образовательного процесса, который существует в настоящее время, связан с активным внедрением инфокоммуникационных технологий и цифровых сервисов: Moodle, Teams, Zoom, личные кабинеты обучающихся и преподавателей. Это позволило расширить формат проведения занятий, сделать более продуктивным общение студентов с преподавателем, внедрить облачные и мобильные приложения. Так в учебном процессе кафедры АЭЭиЭ активно используются бесплатная система компьютерной математики Smath Studio, включая облачную и мобильную версии [2], и облачный симулятор Multisim Live [3].

Однако традиционная структура, алгоритмы, исходные данные расчетных и курсовых заданий, лабораторных работ на уровне цифровизации остались практически без изменений. Это привело к возможности использования студентами при расчетах чужих файлов, копирования оформленных работ, к деградации эффективности РГЗ как важного и необходимого элемента самостоятельной работы. В ТОЭ и Электротехнике назрела необходимость нового подхода к разработке заданий для самостоятельной работы, для контроля знаний. Без этого в учебном процессе невозможно перейти на следующий качественно новый уровень: уровень цифровой трансформации.

Цифровую трансформацию, к внедрению которой в настоящий момент подошло все информационное общество можно рассматривать в разных аспектах. В глобальном масштабе – это глубокая реорганизация процессов с широким применением цифровых инструментов для их исполнения, приводящая к существенному улучшению их характеристик (сокращению времени выполнения, исчезновению подпроцессов, сокращению затрачиваемых на выполнение ресурсов) и/или к появлению принципиально новых их качеств и свойств. В сфере образования цифровая трансформация это обновление планируемых образовательных результатов, содержания образования, методов и организационных форм учебной работы, а также оценивания достигнутых результатов в быстроразвивающейся цифровой среде для кардинального улучшения образовательных результатов каждого обучающегося [4].

Первоочередные задачи, которые необходимо решить при переходе на уровень цифровой трансформации в дисциплинах электротехники:

– разработка вариативного индивидуального контента для расчетных и курсовых заданий и дистанционных лабораторных работ;

– разработка прикладного программного обеспечения для генерации контента с заданными условиями;

– внедрение в задания для самостоятельного выполнения обязательных элементов исследовательской работы;

– разработка комплексных заданий для командной работы обучающихся с использованием облачных сервисов;

– формирование готовности преподавателей к управлению самостоятельной работой студентов в открытой информационно-образовательной среде с использованием современных цифровых сервисов.

#### Список литературы

1 Руднева, Т. И. Педагогическая деятельность в условиях цифровой трансформации образования / Т. И. Руднева // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. – 2021. – № 3(56). – С. 168-175. – DOI 10.26456/vtppsyped/2021.3.168.

2 Ушакова, Н. Ю. Об опыте использования бесплатного программного обеспечения в курсе электротехники / Н. Ю. Ушакова, Л. В. Быковская // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 26–27 января 2022 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. – С. 1222-1224.

3 Ушакова, Н. Ю. Электротехника. Схемотехническое моделирование в облачном приложении Multisim Live : Практикум / Н. Ю. Ушакова, Л. В. Быковская. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 104 с.–ISBN 978-5-4497-1789-4.

4 Кутлова, Г. Р. Сущность отечественного образования в условиях цифровой трансформации общества / Г. Р. Кутлова // Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке. – 2022. – Т. 11. – № 4-1. – С. 178-182. – DOI 10.34670/AR.2022.99.60.020.

## **О РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

**Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент,**

**Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Курс на цифровую трансформацию образования ведет к изменению содержания образования, методов и организационных форм учебной работы, а также оценивания достигнутых результатов в быстроразвивающейся цифровой среде. Для эффективного контроля знаний обучающихся в современном образовании наиболее часто применяется компьютерное тестирование.

В электронные образовательные ресурсы тесты включаются с целью получения эффективной обратной связи об учебных достижениях обучающихся для своевременной коррекции управления учебным процессом [1]. Тестирование относят к универсальным инструментам определения уровня освоения профессиональных компетенций.

Целью данной работы является обмен опытом в создании и использовании в учебном процессе тестовых заданий по электротехническим дисциплинам.

В процессе обучения электротехники преподаватели могут использовать различные тесты. Так перед выполнением лабораторных работ обучающиеся проходят тесты входного контроля по электробезопасности. Тесты текущего контроля знаний применяются по окончании изучения каждого раздела теоретических основ электротехники (ТОЭ). Для осуществления рубежного контроля знаний все, изучающие курсы ТОЭ или электротехники в Оренбургском государственном университете (ОГУ), проходят тестирование в автоматизированной интерактивной системе сетевого тестирования (АИССТ, рисунок 1). По завершению курса проводится итоговое тестирование.

Прежде чем приступить к разработке тестовых заданий, необходимо сформулировать цели тестирования. Для этого нужно описать, владение какими знаниями, умениями и навыками проверяет данный тест. Составитель теста должен понимать, что представляет собой проверяемое знание, умение или навык, каковы условия его формирования и какова желательная степень владения им для данного обучающегося [2].

С помощью тестов можно провести диагностику знаний фактов, их причин; научных проблем по теме; основных терминов и понятий по теме, их определений и их практического применения; основных правил, принципов и законов, их формулировок и особенностей применения; теорий и фактов, являющихся основой для разработки данных теорий, их основных положений, доказательств, выводов, прогностических возможностей. Помимо знаний с помощью тестирования могут быть проверены умения: владение фактами;

владение проблематикой, умение находить возможные пути решения каждой проблемы; владение правилами, закономерностями и законами [3, 4].

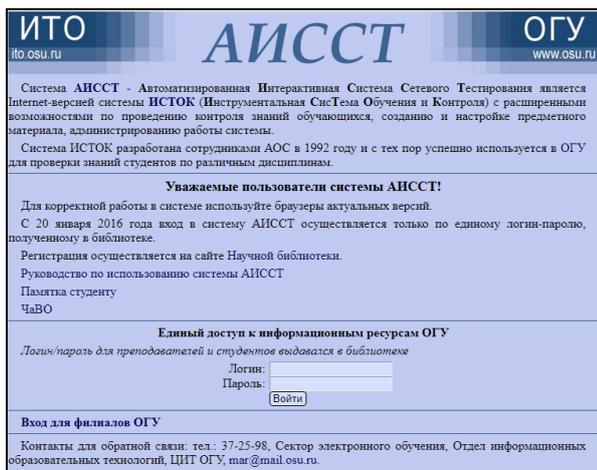


Рисунок 1 – Титульная страница АИССТ

Проведение сеансов тестирования в ОГУ не вызывает трудностей. В АИССТ предусмотрены все необходимые инструменты для настройки процесса тестирования: время тестирования, время ответа на каждый вопрос, количество вопросов, количество попыток, сроки, журнал оценок и многое другое. Таким образом, при созданном банке вопросов по дисциплине, может быть проведен любой вид тестирования.

Основные трудности возникают у разработчиков фонда тестовых заданий по разделам дисциплин по выполнению требования включения в фонд тестовых заданий разного типа:

- открытый вопрос, предусматривающий свободное изложение проблемного вопроса и его интерпретации, обоснования авторской позиции;
- открытый вопрос, предусматривающий правильный ответ в виде термина, краткого определения (до трех слов), числового значения;
- вопрос закрытого типа с выбором одного правильного ответа из предложенных вариантов ответов;
- вопрос закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из предложенных вариантов ответов;
- вопрос закрытого типа на установление соответствия терминов и определений, характеристик и объектов;
- вопрос закрытого типа на установление правильной последовательности действий, событий, процессов.

Самыми распространенными и понятными и для преподавателей, и для обучающихся являются вопросы закрытого типа с выбором одного (тип 3) или нескольких вариантов правильных ответов (тип 4). Такие тестовые задания не содержат дополнительных инструкций по ответу, не отвлекают внимание от основного содержания вопроса. Тестирующийся полностью осознает, что от него требуется.

При формулировке вопросов закрытого типа на соответствия (тип 5) разработчик должен быть уверен в однозначности соответствия терминов, пример приведен на рисунке 2.

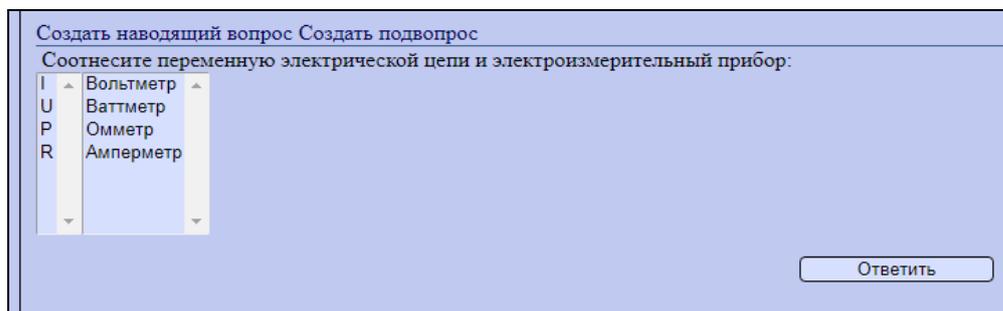


Рисунок 2 – Вопрос закрытого типа на соответствия

При разработке тестовых заданий закрытого типа по электротехнике и ТОЭ трудности возникают только в вопросах на установление правильной последовательности действий, событий, процессов (тип 6, рисунок 3). При решении задач по ТОЭ используются сложные алгоритмы, с большим количеством действий. Причем от перемены местами некоторых пунктов внутри алгоритма результат не меняется. В литературных источниках встречаются различные последовательности действий внутри алгоритмов. Поэтому, при подготовке обучающимся к тестированию не по конспекту лекции, а по литературным источникам, возможен неправильно зафиксированный результат при правильном ответе.

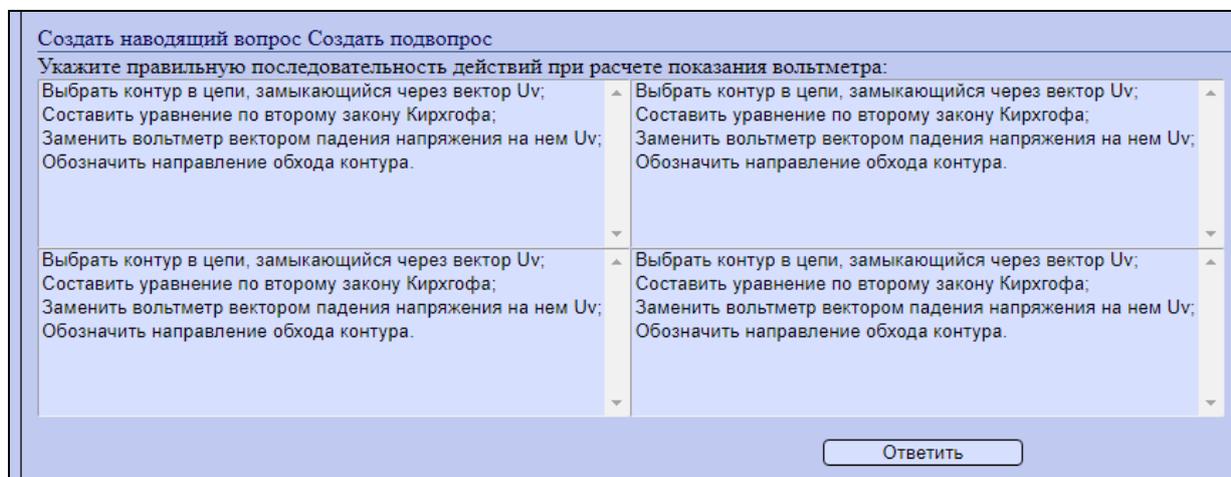


Рисунок 3 – Вопрос на установление правильной последовательности действий

Особого внимания заслуживают вопросы открытого типа. Открытый вопрос, предусматривающий правильный ответ в виде термина, краткого определения (до трех слов), числового значения (тип 2) должен обязательно сопровождаться подробной инструкцией к виду ответа. Если правильный ответ представлен в виде десятичной дроби, то требуется пояснить с точностью до какого знака после запятой приводится ответ. Точка или запятая используется в

ответе. В результате обучающийся тратит значительное время на осознание вида ответа, а непонимание инструкций или их отсутствие приводит к неверным результатам. Пример приведен на рисунке 4.

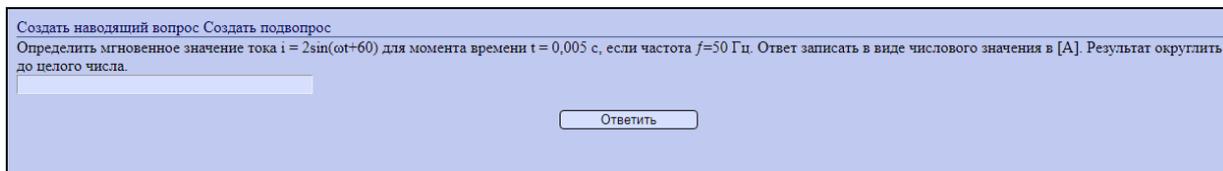


Рисунок 4 - Открытый вопрос, предусматривающий правильный ответ в виде числового значения

Наиболее невыполнимым, с нашей точки зрения, является требование включить в фонд тестовых заданий открытые вопросы, предусматривающие свободное изложение проблемного вопроса и его интерпретации, обоснования авторской позиции (тип 1). Во-первых, непонятна цель введения таких вопросов в контрольное задание. Проверка правильности ответов не может быть проведена автоматически, требует вмешательства в процесс проверяющего, следовательно, теряются основные преимущества компьютерного тестирования: оперативность получения результатов и объективность. Во-вторых, изложение авторской позиции или интерпретация проблемного вопроса в любой технической или математической дисциплине – это отдельное научное исследование или научный проект. Объем такой работы не соответствует ответу на тестовое задание. Чтобы выполнить требование по включению в фонд вопросов данного типа, в фонд тестовых заданий были включены вопросы, предлагающие записать формулировки законов или описать основные понятия, рисунок 5.

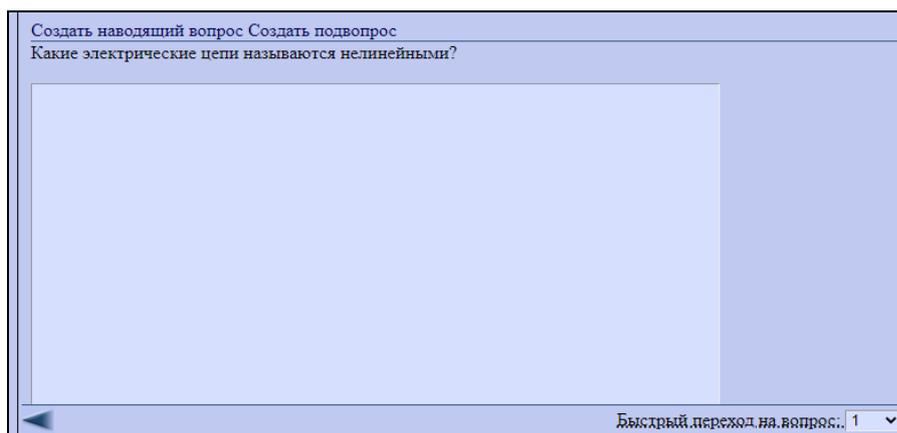


Рисунок 5 - Открытый вопрос, предусматривающий свободное изложение проблемного вопроса

Что касается формулировок законов, то даже формулировка первого закона Кирхгофа в различных источниках толкуется по-разному. Так у Бессонова Л.А. формулировка «Алгебраическая сумма токов, подтекающих к

любому узлу схемы, равна нулю», а у Касаткина А.С. «Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю». Исходя из различных формулировок одних и тех же законов, их написание можно отнести к вопросам открытого типа.

На основании вышеизложенного, делаем вывод, что использование тестирования при изучении курсов электротехники и ТОЭ является неотъемлемой частью учебного процесса. Разработка тестовых заданий требует от преподавателя ясного понимания целей тестирования, вдумчивого отношения к формированию фонда тестовых заданий, обязательного сопровождения подробной инструкцией открытых вопросов, предусматривающий правильный ответ в виде числового значения. Открытые вопросы, предусматривающие свободное изложение проблемного вопроса и его интерпретации, обоснования авторской позиции в фондах тестовых заданий электротехнических дисциплин следует заменить на вопросы других видов, что позволит получать более объективные результаты тестирования в короткие сроки.

#### Список литературы

1. Вострецова, Е.В. Составление педагогического теста для электронных образовательных ресурсов / Е. В. Вострецова, Е. В. Коршунова, Е. В. Мартынова, УрФУ, Екатеринбург, 2022.

2. Каплун О. А., Лаврищев А. И. Определение целей проведения тестирования для правильной интерпретации его результатов // Научный диалог. 2018. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-tseley-provedeniya-testirovaniya-dlya-pravilnoy-interpretatsii-ego-rezultatov> (дата обращения: 18.12.2022).

3. Соколова И.И. Компьютерное тестирование как наукоемкая педагогическая технология / И. И. Соколова // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. — 2004. — № 9, Т. 4. — С. 77—87.

4. Ушакова Н.Ю., Быковская Л.В. Облачные web-приложения для организации лабораторных работ по электротехническим дисциплинам // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 3.; DOI 10.17513/spno.30927

URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=30927>

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Влацкая Л.А., канд.техн. наук, доцент, Дубинин О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Электрическая сеть – совокупность трансформаторных подстанций, распределительных пунктов и соединяющих их кабельных и воздушных линий электропередач, предназначенная для передачи и распределения электрической энергии [1].

В процессе эксплуатации электрических сетей осуществляется постоянный мониторинг их состояния, в том числе оценка технического состояния основного оборудования. Например, контролируются такие параметры силовых кабельных линий (КЛ) как: температура нагрева жил и оболочки кабеля, сопротивление изоляции кабеля, уровень частичных разрядов. На основе этих и многих других параметров дается комплексная оценка состояния работоспособности силовых кабельных линий.

Можно выделить следующие кластеры, соответствующие состоянию работоспособности КЛ: допустимое, неудовлетворительное или предотказное. Корректное определение кластера состояния кабельных линий позволяет выявить потребности в ремонте или замене КЛ, и как следствие, обеспечить бесперебойную работу энергосистемы в целом и электрической сети в частности, а также значительно сократить затраты, связанные с внеплановыми (послеаварийными) ремонтами и заменами КЛ и недоотпуском электрической энергии. Таким образом, автоматизация процесса оценки состояния кабельных линий является актуальной задачей.

В настоящее время существует большое количество методов, которые могут быть использованы для комплексной оценки состояния силовых кабельных линий и определения кластера работоспособности. Проведенный в работе анализ таких методов позволил условно разделить их на четыре группы.

К *первой группе* отнесены методы, в основе которых лежит техноценологический подход. Сущность подхода заключается в том, что электрическую сеть или другую группу объектов следует рассматривать как искусственную систему – техноценоз, представляющий собой сообщество изделий (оборудования) со слабыми связями и слабым взаимодействием. Взаимосвязанность техноценоза определяется единством конечной цели, достигаемой с помощью общих систем управления и всестороннего обеспечения. Для анализа и оценки состояния техноценоза используются такие виды гиперболических распределений (*H*-распределения) как: видовое, ранговидовое и ранговое по параметру [2].

Алгоритм исследования техноценозов состоит из двух этапов [3]: информационного и аналитического, включающих различные процедуры (рисунок 1).

По результатам анализа с применением техноценологического подхода исследуемые объекты условно делят три группы (кластера): большое, многофункциональное и дорогостоящее оборудование; среднее по габаритам, функционалу и стоимости оборудование; сравнительно мелкое и дешевое оборудование.



Рисунок 1 – Алгоритм исследования техноценозов

Недостатком применения этого подхода является то, что он позволяет анализировать только структуру техноценоза, соотношение между количественными и качественными показателями оборудования (в частности кабельных линий), однако не дает информации о состоянии объектов с точки зрения эксплуатационных характеристик.

Ко второй группе отнесены методы экспертного оценивания. Они являются частью обширной области теории принятия решений. Экспертное оценивание заключается в оценке проблемы на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения (выбора) [4]. В случаях чрезвычайной сложности задачи, ее новизны, недостаточности имеющейся информации, невозможности математической формализации процесса принятия решения приходится обращаться к рекомендациям компетентных специалистов, прекрасно знающих проблему, – к экспертам. Их решение задачи, аргументация, формирование количественных оценок, обработка последних формальными методами получили название – «методы экспертных оценок».

Способы оценивания объектов можно разделить на 3 группы (рисунок 2).

Недостатками методов экспертного оценивания следует считать то, что им присущ субъективизм принятия решения, нивелировать который можно за счет привлечения большого количества компетентных экспертов. Однако, это в свою очередь может привести к трудоемкости и сложности процедур оценивания и обработки полученных результатов.

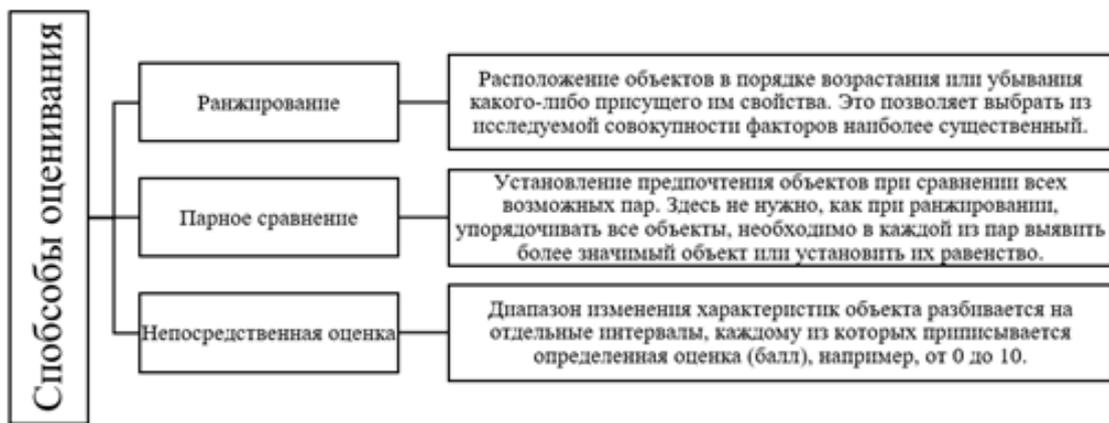


Рисунок 2 – Способы оценивания объектов

*Третья группа* методов – методы с использованием нейронных сетей. Они позволяют устанавливать связи между выходными характеристиками исследуемого объекта и входными факторами [5]. Такие связи позволяют вычислить прогнозные значения параметров и достаточно точно кластеризовать группы объектов, например группы потребителей электроэнергии. Кроме того, нейронные сети хорошо масштабируются и справляются с так называемым проклятием размерности, не позволяющим моделировать линейные зависимости при большом количестве переменных.

Каждая сеть состоит из нейронов (элементарных процессоров), получающих и передающих сигналы (рисунок 3). Все процессоры соединены в сеть связями (синапсами), имеющими определенный вес. Пороговое значение выходного сигнала нейрона используется при вычислении сигнала активации, равного разности между взвешенной суммой входных значений (сигналов) и пороговым значением. В случае нулевого порога сигнал активации равен взвешенной сумме входных значений. Функция активации нейрона, или передаточная функция, преобразует сигнал активации для получения на выходе сигнала нейрона.

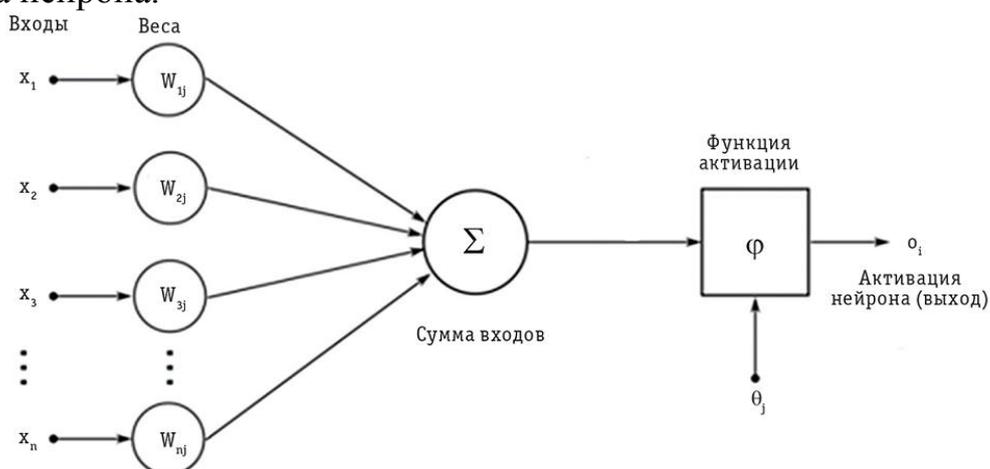


Рисунок 3 – Компоненты нейрона

Все данные перед подачей на входы нейронной сети преобразуются к числовому виду, сеть их обрабатывает и на выходе выдает числовые данные, которые при необходимости могут быть подвергнуты обратному

преобразованию, например в категориальные данные. Выбор подходящей сети зависит от конкретной задачи, а также от типа данных и их объема. Существуют различные классификации сетей, одна из которых приведена на рисунке 4, но для решения типичных задач для области электроэнергетики лучше всего использовать многослойный персептрон (задача прогнозирования потребления энергии) и сети Кохонена (задача построения клиентского профиля потребления электроэнергии).



Рисунок 4 – Классификация нейронных сетей

К четвертой группе отнесены методы кластерного анализа. Кластерный анализ – это многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы (кластеры) [6]. Классический алгоритм  $k$ -средних базируется на эвристический итерационных процедурах для группировки объектов в  $k$ -кластеров. Сначала (обычно случайным образом) выбирается  $K$ -центр кластера. Затем каждый объект классифицируется по ближайшим кластерам (выбирается минимальное расстояние от каждого объекта до кластера). На следующем шаге центр пересчитывается путем усреднения объектов каждого кластера. Процесс повторяется до тех пор, пока центры кластера не станут постоянными. В алгоритме  $k$ -средних расстояние между двумя объектами измеряется евклидовым расстоянием. Однако исследования предполагают [7], что косинусное расстояние, по сравнению с евклидовым, делает результаты более точными, в пространстве высокой размерности (т.е. более 10 объектов). На этом основан метод сферических  $k$ -средних, в котором используется косинусное расстояние.

Агломеративная иерархическая кластеризация, еще один метод кластерного анализа. В ней каждый объект инициализируется как одноэлементный кластер. Затем эти кластеры объединяются вместе в итеративном процессе, где на каждом шаге два ближайших кластера

объединяются на основе определенного критерия связи. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто желаемое количество кластеров. Критерий связи определяет сходство между двумя кластерами. Он определяется в отношении попарных расстояний между их элементами или центрами. Результат группировки во многом зависит от выбора метода определения расстояния (рисунок 5) [8].

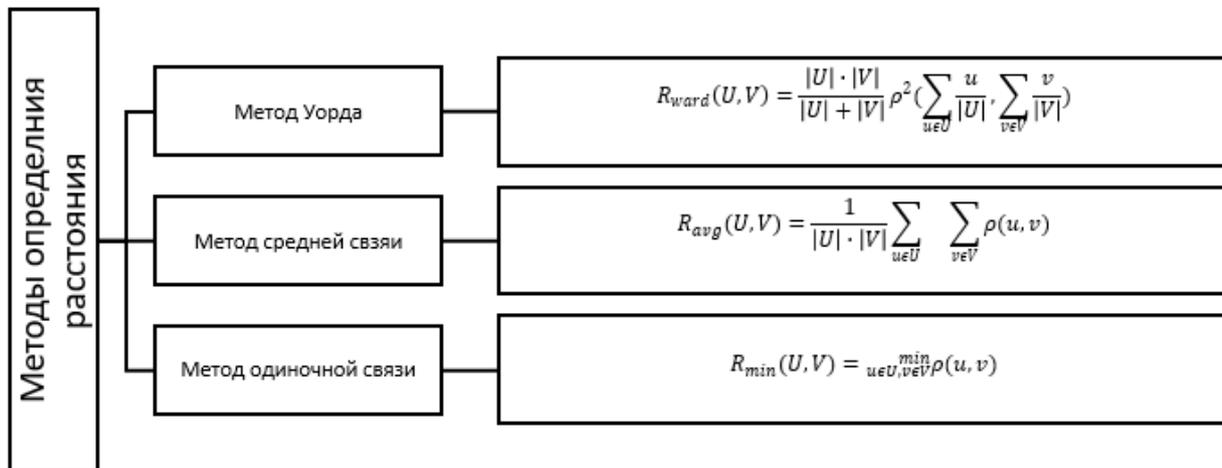


Рисунок 5 – Виды методов определения расстояния

В таблице 1 представлены результаты проведенного сравнительного анализа методов, которые могут быть использованы для комплексной оценки состояния силовых кабельных линий и определения кластера работоспособности.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа

Методы	Достоинства	Недостатки	Примеры решенных задач в электроэнергетике
Техноценологический подход	- анализ структуры техноценоза; - возможность оценить динамику изменения номенклатуры и количественного состава объектов.	- не позволяет получить информации о состоянии объектов с точки зрения эксплуатационных характеристик.	- прогнозирование электропотребления (В.И. Гнатюк, С.Н. Гринкевич); - прогнозирование отказов кабельных линий 6-10 кВ (Г.М. Лебедев, Д.М. Мешков).
Методы экспертного оценивания	- возможность получения количественных оценок в случаях, когда отсутствуют статистические показатели или показатель имеет качественную природу.	- субъективность; - достоверность результата (решения) зависит от компетентности эксперта; - потребность в высоко квалифицированных специалистах;	- экспертная оценка качества электромонтажных работ на предприятиях сферы инженерных услуг (Л.А. Траченко); - оценка работоспособности электротехнического оборудования (Д.К.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- трудоемкость процедуры оценивания;</li> <li>- для большей эффективности используются совместно с другими методами.</li> </ul>	Елтышев).
Методы использованием нейронных сетей	с <ul style="list-style-type: none"> <li>- устойчивость к шуму входных данных;</li> <li>- возможность адаптации к изменяющимся условиям;</li> <li>- отказоустойчивость;</li> <li>- высокая скорость работы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- неспособность выдавать точный ответ;</li> <li>- сложность получения результата при многошаговых решениях;</li> <li>- зависимость результата от выбора типа нейронной сети</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обнаружение и локализация неисправности в смешанной подземной кабельной и воздушной линии электропередачи (Ankita Nag, Anamika Yadav);</li> <li>- прогнозирование ресурса кабельных линий (Н.К. Полуянович, М.Н. Дубяго).</li> </ul>
Методы кластерного анализа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- позволяют осуществлять разбиение объектов по набору признаков;</li> <li>- не накладывают ограничение на тип данных;</li> <li>- позволяют рассматривать большие массивы данных, а также сжимать их и делать наглядными;</li> <li>- возможность циклического использования.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вероятность потери индивидуальных признаков отдельных объектов;</li> <li>- вероятность появлений искажений при сведении массива данных к компактному виду;</li> <li>- работа в условии отсутствия данных или значений в каком-либо кластере;</li> <li>- искусственное выделение классов при разработке алгоритмов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- экономический анализ работы силового трансформатора (Junde Chen, Defu Zhang).</li> <li>- кластеризация потребителей электроэнергии в Хвалере (Норвегия) (Hien Dang-На, Roland Olsson, Hao Wang)</li> </ul>

На основании вышеизложенного, для решения поставленной в работе задачи оценки состояния силовых кабельных линий и определения кластера работоспособности, представляется целесообразным использовать методы кластерного анализа.

### Список литературы

1. Сивков, А. А. Основы электроснабжения: учебное пособие / А. А. Сивков, А. С. Сайгаш, Д. Ю. Герасимов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 184 с.
2. Кудрин, Б. И. Исследование технических систем как сообществ изделий – техноценозов/ Б. И. Кудрин // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1980. – М. : Наука, 1981. – С. 236-254.
3. Семенова, Л. А. Разработка методики принятия решения по развитию систем электроснабжения с применением техноценологического подхода и теории нечетких множеств : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.02 / Л. А. Семенова. – Екатеринбург, 2010. – 24 с.
4. Орлов, А. И. Экспертные оценки. Учебное пособие / А. И. Орлов. – М.: ИВСТЭ, 2002. – 31 с.
5. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс / Саймон Хайкин. – М.: Вильямс, 2008. – С.1103.
6. Тюрин, А. Г. Кластерный анализ, методы и алгоритмы кластеризации / А. Г. Тюрин, И. О. Зуев, Д. Ю. Герасимов // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2014. – № 2. – С.86-97.
7. Seasonal impacts of ev charging on rural grids / B. Bremdal et al. // IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC). – IEEE, 2014. – PP. 1-8.
8. Chicco, G. Overview and performance assessment of the clustering methods for electrical load pattern grouping / G. Chicco. // Energy. – 2012. – Vol. 42(1). – PP. 68-80.

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПРЯМЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОМЕНТОМ DTC

Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент, Греков Д.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Принцип управления с прямым управлением момента заключается в переключении векторов напряжения. Если двигатель питать от автономного инвертора напряжения, таких векторов существует 8 и плюс 2 нулевых вектора, так как в нашей схеме используется два IGBT модуля с 8 транзисторами.

На рисунке 1 отображено текущее положение вектора потокосцепления.

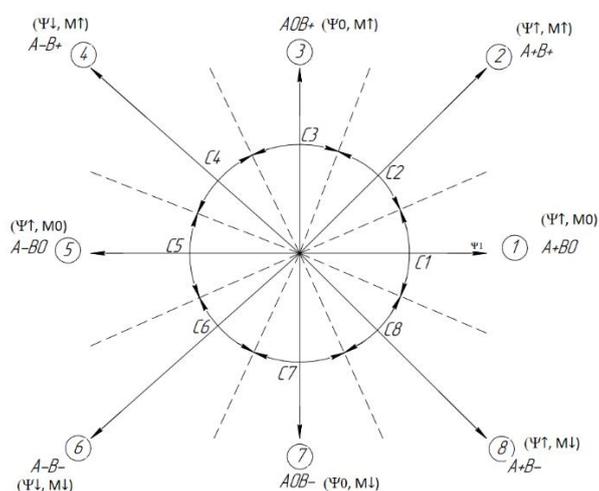


Рисунок 1 – Принцип прямого управления моментом

Для увеличения амплитуды потокосцепления, то необходимо включить такой вектор напряжения, который направлен в ту же сторону, что и вектор потокосцепления. Таких векторов по нашей схеме 3: вектор  $A+B0$ ,  $A+B+$ ,  $A+B-$ . При включении вектора  $A+B+$  приводит к увеличению момента двигателя и скорость увеличивается, так как фаза вектора тока изменяет свое направление в сторону вращения двигателя. При включении вектора  $A+B-$ , вектор тока отстает, и двигатель переводится в тормозной режим. Если же необходимо изменить только вектор потокосцепления, не изменяя момента, то необходимо включить вектор  $A+B0$ .

Для уменьшения амплитуды вектора потокосцепления, необходимо включить такие вектора напряжения, которые направлены в противоположную сторону от вектора потокосцепления. По нашей схеме это вектора:  $A-B+$ ,  $A-B0$ ,  $A-B-$ . Включение вектора  $A-B+$  приведет к увеличению момента и разгону двигателя. Включение вектора  $A-B-$



Для переключения векторов силовых напряжений нам необходимы два релейных регулятора – момента и потокосцепления статора. Регулятор потокосцепления переключается в положения «-1», «0», «+1» в зависимости от того, уменьшить или увеличить необходимо значение обратной связи по  $\Psi_1$ . Регулятор момента также имеет три положения «-1», «0», «+1».

Модели регуляторов показаны на рисунке 5.

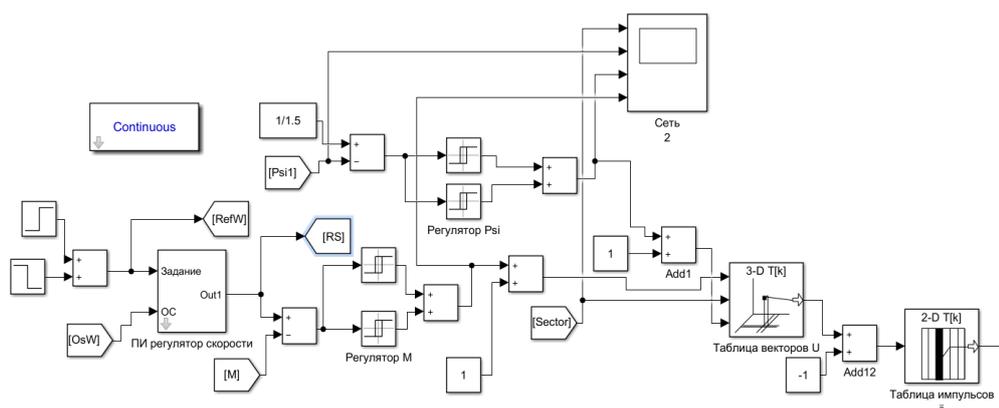


Рисунок 5 – Модели регуляторов момента и потокосцепления

Регуляторы представляют собой два параллельных звена с петлей гистерезиса, которые настроены на положительные и отрицательные входные сигналы.

Параметры регуляторов потокосцепления настроены с погрешностью поддержания потокосцепления  $\pm 2\%$  представлены на рисунке 6. Параметры регулятора момента с точностью поддержания момента  $\pm 5\%$  приведены на рисунке 7.

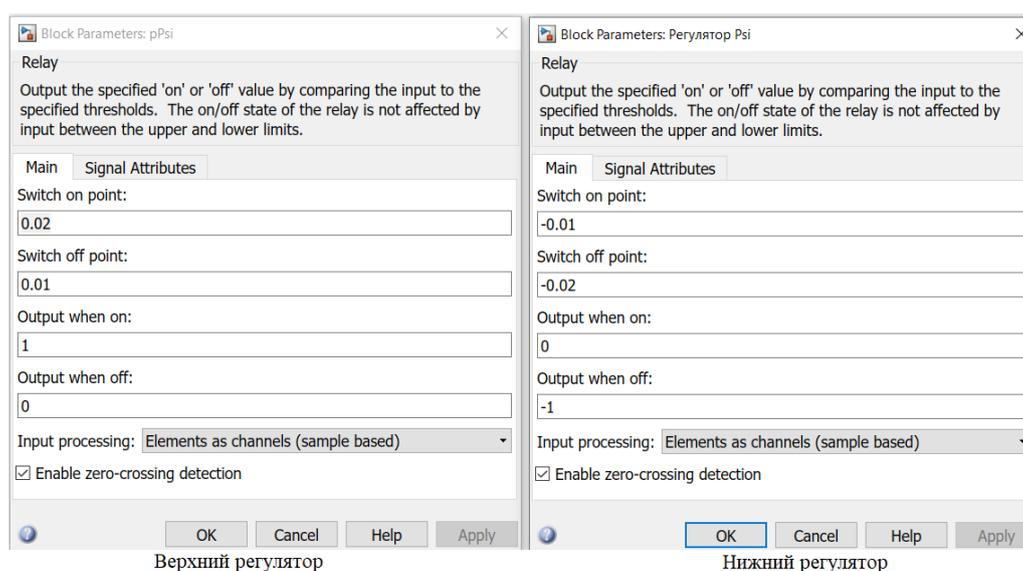


Рисунок 6 – Настройка регулятора потокосцепления статора

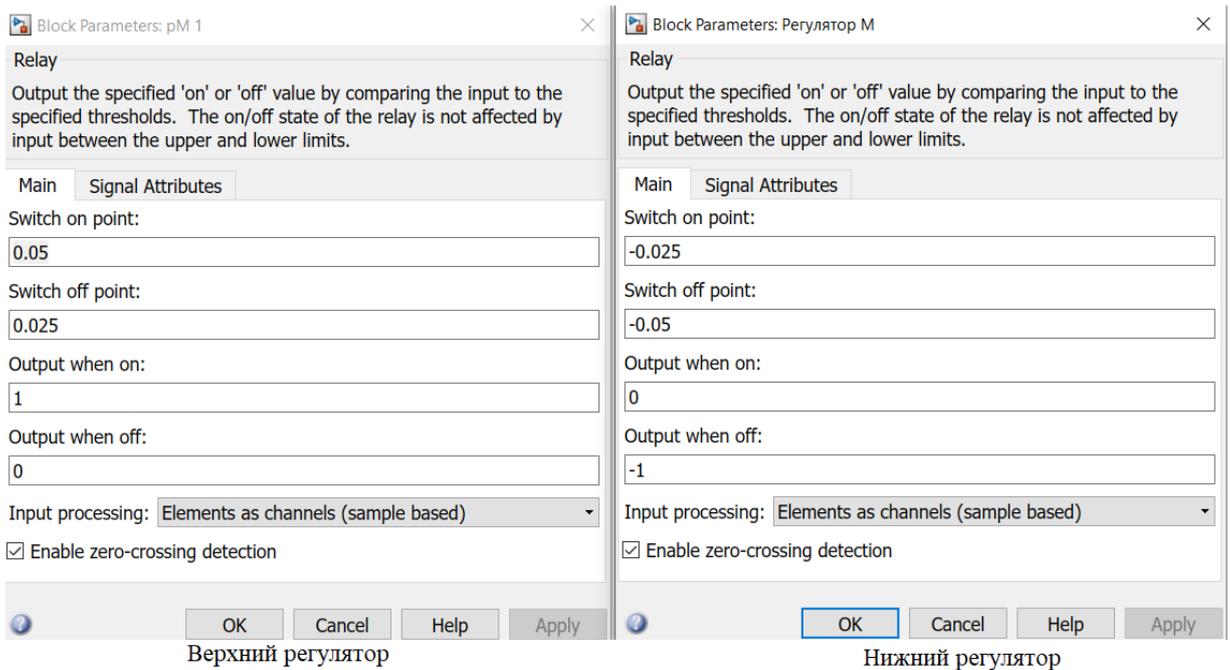


Рисунок 7 - Параметры регулятора момента с точностью поддержания момента  $\pm 5\%$

Для получения сектора, в котором находится вектор потокосцепления  $\Psi_1$ , необходимо подать обратные связи по току и напряжению на интегратор. Обратные связи по току и напряжению подаются через коэффициент усиления  $K_{ost}$  и  $K_{osn}$ , которые рассчитываются по формуле 3 и 4.

$$K_{ost} = \frac{U_{упр.макс}}{3 \cdot I_H \cdot \sqrt{2}}, \quad (1)$$

где  $U_{упр.макс}=1$ ;  
 $I_H=15$  А;

$$K_{ost} = \frac{1}{3 \cdot 14 \cdot \sqrt{2}} = 0,0176.$$

$$K_{osn} = \frac{R_{вх1}}{R_{вх2}} \cdot \frac{1}{U_{мп}}, \quad (2)$$

где  $R_{вх1}=200$  Ом – сопротивление на входе датчика тока и напряжения;

$R_{вх2} = R_1+R_2=18000 + 33000 = 51000$  Ом – сопротивление на плате управления;

$U_{мп} = 0,256$  В – напряжение на входе оптоусилителя НСР788J для получения кода АЦП 1 о.е.

$$K_{osn} = \frac{200}{18000 + 33000} \cdot \frac{1}{0,256} = 0,0153.$$

Координаты вектора обратной связи потокосцепления статора определяются с учетом коэффициентов ОС по току и напряжению по формулам 5, 6.

$$\begin{cases} \psi_{osa} = \int (U_{osa} - I_{osa} \cdot K_R) dt \\ \psi_{osb} = -\int (U_{osb} - I_{osb} \cdot K_R) dt \end{cases}, \quad (3)$$

$$K_R = \frac{R_1 \cdot K_{osn}}{K_{ost}}, \quad (4)$$

где  $R_{1a}=0,3125$  Ом;

$R_{1b}=0,444$  Ом;

$$K_{RA} = \frac{0,3125 \cdot 0,0153}{0,0176} = 0,27,$$

$$K_{RB} = \frac{0,444 \cdot 0,0153}{0,0176} = 0,3855.$$

Для определения фазы и амплитуды вектора потокосцепления используем два блока Real-Imag to Complex и Complex to Magnitude-Angle из библиотеки «Simulink / Math Operations /», которые преобразуют координаты в комплексное число, и из комплексного числа в значение амплитуды и фазы.

Номер сектора 0-7, в котором находится в данный момент времени вектор потокосцепления  $\Psi_1$  определяется по формуле 5.

$$\text{Sector} = \left\lfloor \frac{(\varphi + \frac{\pi}{8}) - \left\lfloor \frac{\varphi + \frac{\pi}{6}}{2 \cdot \pi} \right\rfloor}{\frac{\pi}{4}} \right\rfloor. \quad (5)$$

Обозначение « $\lfloor \dots \rfloor$ » показывает, что число округляется до ближайшего целого в меньшую сторону.

Данное уравнение соберем в системе моделирования Matlab с помощью двух блоков «Simulink / User-Defined Functions / Fcn». Для моделирования обозначения « $\lfloor \dots \rfloor$ » будем использовать функцию floor. Реализация данного уравнения в среде моделирования Matlab представлена на рисунке 8.

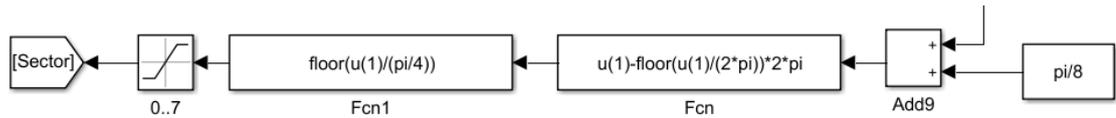


Рисунок 8 – Подсистема функции определения номера сектора

Коэффициент приведения ОС по моменту и потокосцеплению статора вычисляются по формулам 6 и 7.

$$K_{np.M} = \frac{p \cdot U_{y.макс}}{\lambda \cdot M_{ном} \cdot K_{ост} \cdot K_{осн}}, \quad (6)$$

где  $p=3$  – число пар полюсов;

$U_{упр.макс}=1$ ;

$\lambda = 2$  – перегрузочная способность привод;

$M_{ном}=9,5$  – номинальный момент двигателя;

$$K_{np.M} = \frac{3 \cdot 1}{2 \cdot 9,5 \cdot 0,0176 \cdot 0,0153} = 586,359,$$

$$K_{np.Psi} = \frac{U_{умакс}}{1,5 \cdot \psi_{1ном} \cdot K_{осн}}, \quad (7)$$

$$\psi_{1ном} = \frac{\sqrt{2}}{2 \cdot \pi \cdot f_n} \sqrt{U_{ф.ном}^2 - (I_{ном} - R_1)^2 - 2 \cdot U_{ф.ном} \cdot I_{ном} \cdot R_1 \cdot \cos \varphi_n},$$

где  $U_{ф.ном} = 33,941$  В,

$I_{ном} = 15$  А,

$R_1 = 0,3175$  Ом.

$$\psi_{1ном} = \frac{\sqrt{2}}{2 \cdot \pi \cdot 25} \sqrt{33,941^2 - (15 - 0,3175)^2 - 2 \cdot 33,941 \cdot 15 \cdot 0,3175 \cdot 0,8} = 0,266$$

$$K_{np.Psi} = \frac{1}{1,5 \cdot 0,266 \cdot 0,0153} = 586,359.$$

Имитационная модель электропривода с прямым управлением моментом представлена на листе 4 графической части.

На рисунке 9 представлены осциллограммы скорости вращения и электромагнитного момента в режиме холостого пуска, наброса активной нагрузки и генераторной нагрузки.

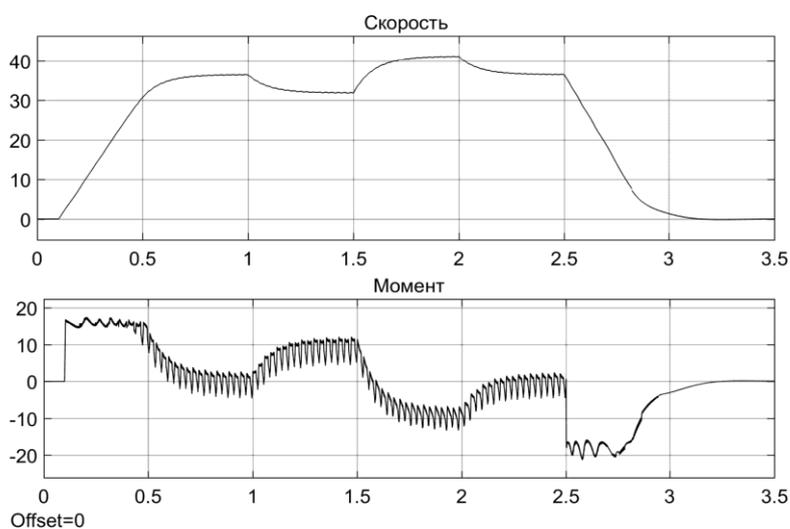


Рисунок 9 – Осциллограммы скорости и электромагнитного момента

На рисунке 10 изображена осциллограмма изменения номера сектора вектора потокосцепления при пуске электропривода, при набросе номинальной активной нагрузки, в генераторном режиме и при торможении электропривода.

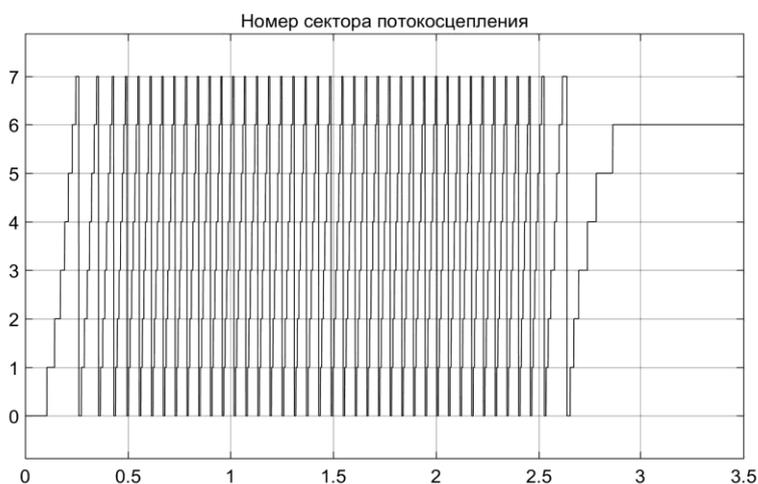


Рисунок 10 – Осциллограмма изменения номера сектора вектора потокосцепления.

По приведенным графикам видно, что двигатель достаточно быстро разгоняется и держит скорость при активной нагрузке и разгоняется при генераторной нагрузке, после чего успешно затормаживается. Также по графику 9 видно, что момент имеет достаточно большие колебания. Это

связано с не симметричностью двигателя, а расчет проводился по средним параметрам.

#### Список литературы

1. Имитационное моделирование частотно-регулируемых электроприводов: учебное пособие / Э.Л. Греков, А. С. Безгин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2022 – 139 с. ISBN.
2. Терёхин В.Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink: учеб. пособие [Электронный ресурс] / В.Б. Терёхин, Ю.Н. Дементьев. - Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. - 307 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=701804>

# **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Даныш А.В., Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Одной из важнейших задач в сфере теплоэнергетики на данный момент является разработка и применение способов для снижения потерь и повышения энергоэффективности систем теплоснабжения в целом.

С 2009 года на территории РФ действует закон от 23.11.09 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1]. Этот закон направлен на создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышение энергетической эффективности.

Сейчас системы теплоснабжения в основном настраиваются и поддерживаются либо вручную, либо с автоматическим регулированием. В основном новые установки горячего водоснабжения, приточных вентиляций, а также установки для кондиционирования воздуха идут со встроенными датчиками автоматического управления. Однако применение системы автоматического управления не лишено недостатков. Ее работа приводит к постоянному изменению расходов теплоносителя у потребителей, а также влечет за собой постоянное изменение давления теплоносителя в трубопроводах. Все это приводит к формированию неустойчивого гидравлического режима тепловых сетей.

Для того, чтобы создать устойчивый гидравлический режим, а также повысить энергоэффективность всей системы, необходимо внедрить элементы автоматизации, способные не только поддерживать и контролировать заданный режим работы, но и автоматически управлять системой теплоснабжения. На данный момент множество жилых, учебных и промышленных объектов, например, учебный корпус №8, лишены таких элементов управления. Их отсутствие объясняет столь низкую энергоэффективность системы в целом. Поэтому, задача повышения энергоэффективности систем теплоснабжения может быть решена, за счет использования автоматизированных систем теплоснабжения и приведения их к устойчивому режиму работы, на примере учебного корпуса №8.

Несмотря на то, что системы автоматизации вводятся в эксплуатацию в настоящее время, этот метод регулирования недостаточно изучен. Поэтому данная тема исследования является актуальной и несет научную ценность для энергетики в целом.

Цель исследования состоит в разработке энергоэффективной автоматизированной системы теплоснабжения учебного корпуса №8. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Анализ научно-технической литературы в области систем теплоснабжения;

Расчет системы теплоснабжения учебного корпуса №8;

Разработка структурной схемы автоматизации системы теплоснабжения;

Разработка математической модели управления функционированием автоматизированной системой теплоснабжения;

Разработка имитационной модели энергоэффективной автоматизированной системы теплоснабжения на базе среды имитационного моделирования Matlab;

Сравнение полученных теоретических и экспериментальных результатов исследования.

Анализ научно-технической литературы в области систем теплоснабжения.

В настоящее время одна из важнейших задач теплоэнергетики состоит в разработке энергоэффективных систем теплоснабжения. Особенно остро эта тема затрагивается при проектировании новых жилых и промышленных зданий, а также для объектов, которые были построены ранее, но имеют низкую энергоэффективность систем теплоснабжения. Важным условием, определяющим эффективность эксплуатируемой системы теплоснабжения, является метод ее регулирования. Системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения регулируются в зависимости от сезонных колебаний. Поэтому для них применяются различные способы управления, такие как – ручное, автоматическое и автоматизированное.

До определенного момента самым простым и распространенным способом регулирования системы теплоснабжения являлось ручное управление. Данный способ включает в себя установку необходимых параметров теплоносителя вручную, а также дальнейшее наблюдение и поддержание необходимых параметров системы теплоснабжения. Он достаточно эффективен, но только при стабильных внешних условиях, например, при постоянной наружной температуре воздуха. Однако, такой способ регулирования систем теплоснабжения является нежелательным при проектировании новых объектов, т.к. имеет малую энергоэффективность [2]. На рисунке 1 представлена схема с ручным способом управления. К достоинствам данного способа управления системой теплоснабжения относятся:

- простота конструкции;
- невысокая стоимость;
- высокая ремонтпригодность.

К недостаткам следует отнести:

- необходимость в постоянном контроле системы человеком;
- низкая точность поддержания заданных параметров;
- низкая энергоэффективность.

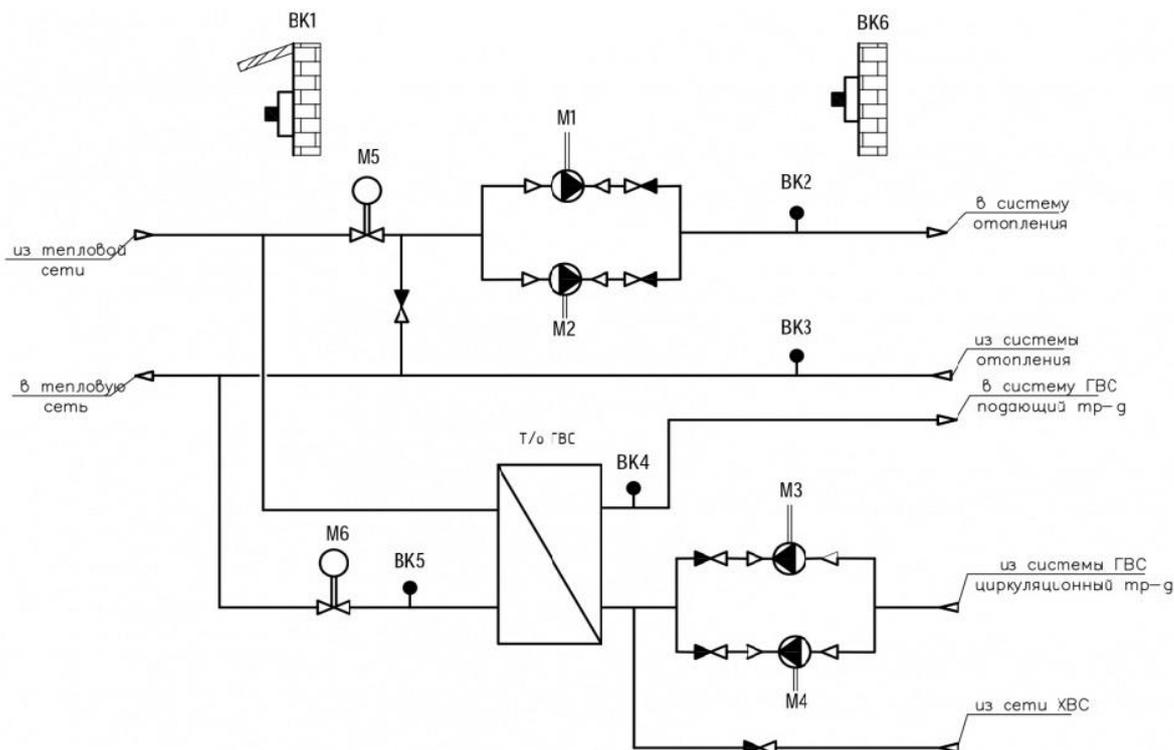


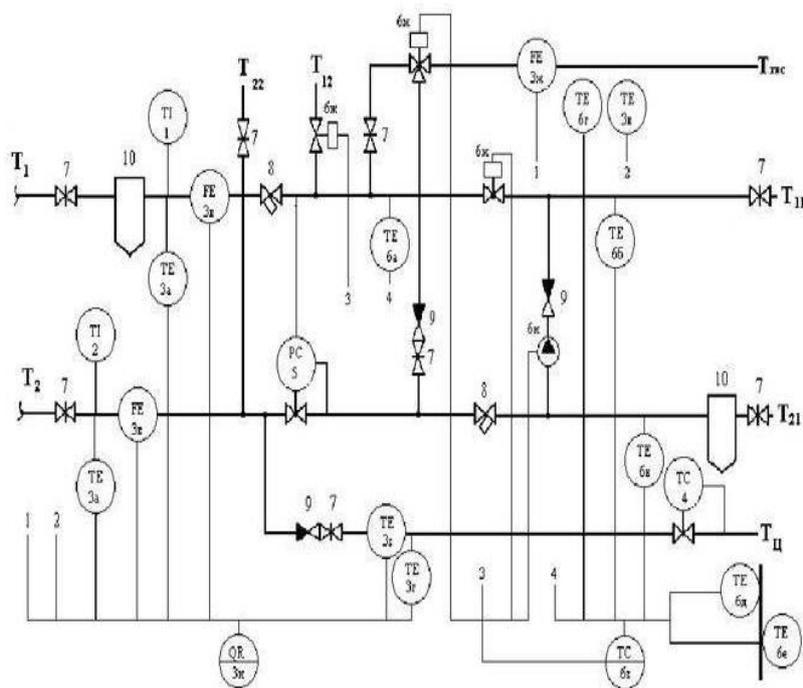
Рисунок 1 – Принципиальная схема системы теплоснабжения с ручным способом управления.

Другим способом регулирования системы теплоснабжения является автоматический метод управления. В отличие от ручного метода управления он обладает наличием различных автоматических датчиков, которые способны регулировать систему в зависимости от разницы температур внутри и снаружи здания. Такой способ управления является более предпочтительным в настоящее время, т.к. практически не требует вмешательства человека и способен в течении длительного времени поддерживать заданные параметры для системы теплоснабжения. Энергоэффективность системы при автоматическом регулировании также значительно выше, чем при ручном способе управления [3,4]. На рисунке 2 представлена схема теплоснабжения с автоматическим способом управления. Ему присущи такие положительные качества как:

- быстрое и точное регулирование заданных параметров;
- поддержание заданного режима в течении всего периода использования;
- высокий ресурс работы.

Тем не менее, данный способ также обладает и отрицательными сторонами:

- относительно высокая стоимость;
- необходимость в постоянной регулировке системы из-за сезонных колебаний;
- не обеспечивает энергоэффективное потребление ТЭР.



#### ПРИБОРЫ И РЕГУЛЯТОРЫ

ТС(поз.6) – погодный компенсатор;

РС(поз.5) – регулятор перепада давления;

ТС(поз.4) – регулятор температуры циркуляции;

QR(поз.3) – теплосчетчик

FE – преобразователь расхода  
TE – преобразователь температуры

#### ТРУБОПРОВОДЫ

T1, T11 – подающий

T2, T21 – обратный

T\_гвс – горячего водоснабжения

T\_ц – циркуляционный ГВС

T12, T22 – вентиляции

Рисунок 2 – Принципиальная схема системы теплоснабжения с автоматическим способом управления.

Наиболее желаемым и перспективным способом регулирования системы теплоснабжения является автоматизированный метод управления. Такой способ включает наличие автоматизированного оборудования, которое способно в автоматизированном режиме не только с высокой точностью поддерживать и регулировать необходимые параметры системы в зависимости от температуры наружного воздуха, но и обеспечивает энергоэффективное потребление ТЭР. Данный способ позволяет прогнозировать изменение погодных условий и настраивать систему теплоснабжения в зависимости от них [5,6]. На рисунке 3 представлена схема теплоснабжения с элементами автоматизации. К положительным сторонам данного метода следует отнести:

- эффективное использование энергоресурсов;
- быстрое и точное регулирование заданных параметров;
- поддержание заданного режима в течении всего периода использования;
- высокий ресурс работы.

К недостатку данного способа управления системой относится:

- высокая начальная стоимость автоматизации.

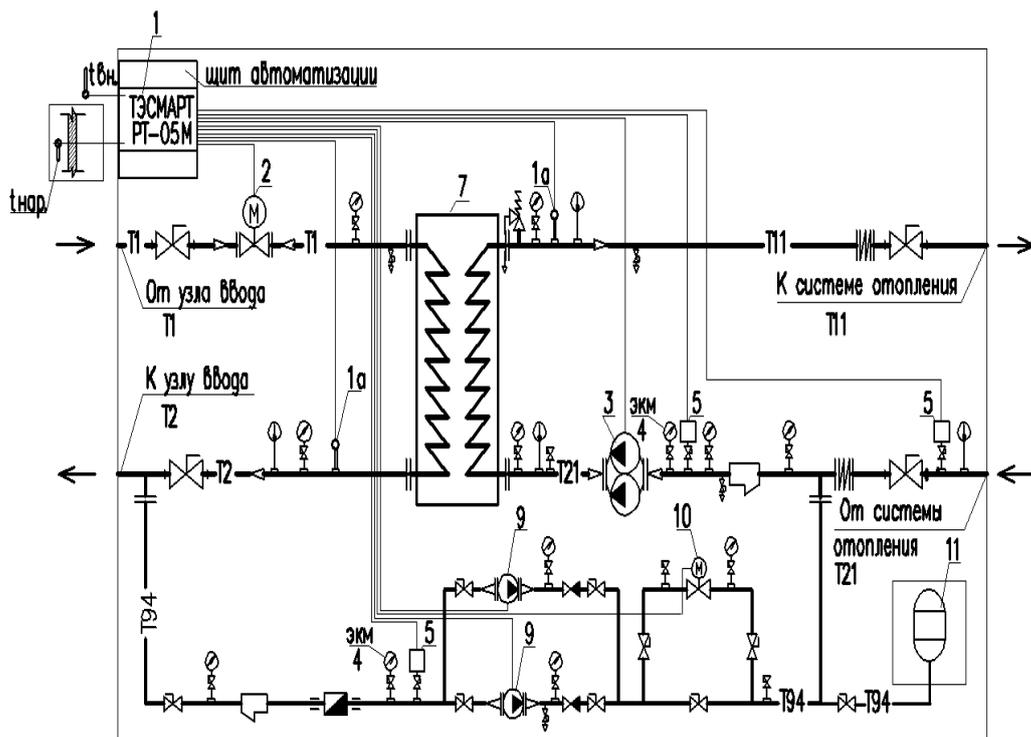


Рисунок 3 – Принципиальная схема системы теплоснабжения с элементами автоматизации.

Для наглядности результаты проведенного анализа способов регулирования систем теплоснабжения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа способов регулирования систем теплоснабжения

	Способы управления системой теплоснабжения	Достоинства	Недостатки
1	Ручное (механическое)	Простота конструкции Невысокая стоимость Большая ремонтпригодность	Необходимость в постоянном контроле системы Низкая точность поддержания заданных параметров Низкая энергоэффективность
2	Автоматическое	Быстрое и точное регулирование параметров Поддержание заданного режима в течении всего периода использования	Относительно высокая стоимость Необходимость в постоянной регулировке системы из-за сезонных колебаний

		Высокий ресурс работы	Не обеспечивает энергоэффективное потребление ТЭР
3	Автоматизированное	Эффективное использование энергоресурсов Быстрое и точное регулирование заданных параметров Поддержание заданного режима в течении всего периода использования Высокий ресурс работы	Высокая начальная стоимость системы автоматизации

Однако, в настоящее время научно-технической литературы по разработке автоматизированных систем теплоснабжения недостаточно. На основании, можно заключить, что тема исследования, а именно «Автоматизация системы теплоснабжения учебного корпуса №8» является актуальной и значимой.

В соответствии с проведенным анализом научно-технической литературы, можно сделать вывод, что автоматизированный способ регулирования системы теплоснабжения является более эффективным для дальнейшего развития. Поэтому данный способ взят за основу для разработки автоматизированной системы теплоснабжения.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.09 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
2. Беляйкина И.В., Громов Н.К. Водяные тепловые сети. – М: Энергоатомиздат, 1988, - 376 с.
3. Калмаков А.А. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции – Учебник для вузов. – М: Стройиздат, 1986.
4. Нефелов С.В. Техника автоматического регулирования в системах вентиляции и кондиционирования воздуха / С.В. Нефелов, Ю.С. Давыдов. – М.: Стройиздат, 1984. – 328 с.
5. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев. – Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.
6. Файерштейн Л.М. Справочник по автоматизации котельных / Л.М. Файерштейн, Л.С. Этинген, Г.Г. Гохбойм. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 256 с.

# К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Денисов Т.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Любая система электроснабжения является потребителем как активной, так и реактивной мощности. Составляющая реактивной мощности напрямую ухудшает эффективность работы энергосистем со временем. В соответствии с приказом Министерства Энергетики № 380 от 23.06.2015 г. «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии» [1] значение коэффициента реактивной мощности должно лежать в допустимых значениях диапазона за счет соблюдения режимов потребления мощности или использования устройств компенсации реактивной мощности (КРМ).

В связи с этим, одним из основных вопросов при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения является задача оптимальной КРМ, которая заключается в определении мест размещения и мощности компенсирующих устройств по выбранному критерию принятия решения. Решение поставленной задачи позволит улучшить технико-экономические показатели любой системы электроснабжения.

В качестве критериев принятия решения (целевой функции оптимизационной задачи) чаще всего выступают затраты на реализацию КРМ на предприятии или потери мощности.

В данной работе рассматривается оптимальная КРМ для системы электроснабжения электромеханического завода, особенностью технологического процесса которого является использование в работе большого количества асинхронных двигателей и трансформаторов, являющихся главными потребителями реактивной мощности (до 75%).

В качестве критерия принятия решения выбраны потери активной мощности:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n \frac{(P_i + P_{KV_i})^2 + (Q_i - Q_{KV_i})^2}{U^2} R_i, \quad (1)$$

где  $n$  – число узлов сети;  $P_i$ ,  $Q_i$  – активная и реактивная нагрузки  $i$ -ой линии, соответственно;  $P_{KV_i}$ ,  $Q_{KV_i}$  – потребление активной мощности на генерацию РМ и генерация РМ в  $i$ -ую линию, соответственно;  $U$  – номинальное напряжение сети;  $R_i$  – активное сопротивление  $i$ -ой линии.

Существует большое количество методов для решения поставленной оптимизационной задачи. Выбор того или иного метода определяется полнотой и достоверностью исходных данных, требований к быстродействию алгоритма принятия решения, точности получаемого результата и т.п.

В работе рассмотрены наиболее актуальные и перспективные на сегодняшний день методы искусственного интеллекта, которые разделены на три группы:

- методы экспертного оценивания;
- методы эволюционного поиска (в частности, генетические алгоритмы);
- искусственные нейронные сети.

*Методы экспертного оценивания (МЭО)* – это методы, которые основываются на мнениях специалистов с целью получения оценки рассматриваемой проблемы (задачи) для дальнейшего ее решения.

МЭО разделяют на две основные группы [2]:

- индивидуальная оценка (один эксперт);
- коллективная оценка (некоторое множество экспертов).

Отметим, что результат коллективной оценки можно рассматривать как наиболее достоверный, так как схождение мнений нескольких специалистов в одном даёт большую вероятность выбора рациональных дальнейших действий.

Алгоритм МЭО, включает семь этапов. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 1.

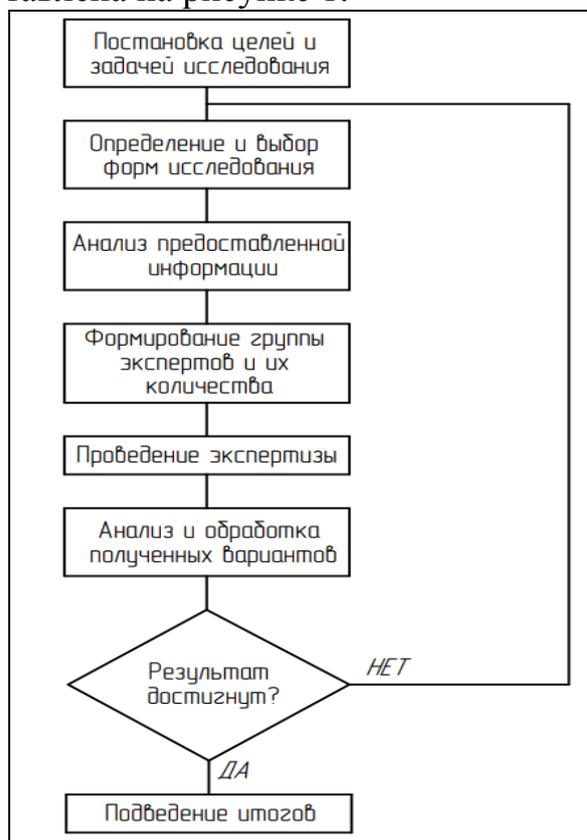


Рисунок 1 – Блок-схема метода экспертного оценивания

К достоинствам МЭО можно отнести малую вероятность принятия ошибочного решения, а к недостаткам: расхождение мнений в решении проблемы; влияние более опытного эксперта на мнение других экспертов; затраты ресурсов и времени на организацию экспертного опроса и анализ проблемы.

*Генетические алгоритмы* (ГА) являются эволюционными алгоритмами, которые основываются на принципах биологического естественного отбора [3].

ГА – это эвристические алгоритмы, использующие для решения оптимизационных задач комбинирование, случайный подбор, поиск различных искомых вариантов и базирующиеся на методе проб и ошибок.

При решении задач с применением ГА необходимо сформировать вектор генов, так называемый генотип, где каждый ген является возможным решением поставленной задачи. В работе генетических алгоритмов выделяют несколько основных этапов. Блок-схема ГА представлена на рисунке 2.

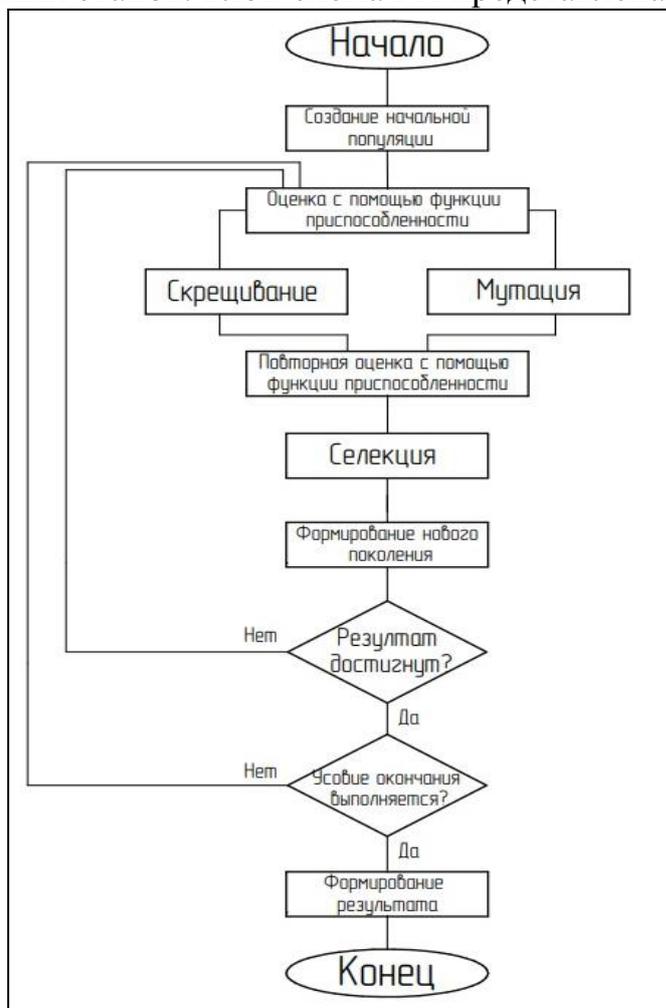


Рисунок 2 – Блок-схема генетического алгоритма

К достоинствам ГА можно отнести: широкий спектр применения в задачах оптимизации; параллелизм вычислений.

К недостаткам следует отнести: схождение к локальному, а не глобальному оптимуму; в простых целевых функциях всегда проигрывает по скорости простым алгоритмам поиска, так как происходит большое число итераций; для решения задачи необходимо разработать (закодировать в генотип) потенциально возможное ее решение; требует больших вычислительных ресурсов.

*Искусственные нейронные сети* (ИНС) или просто «нейронные сети» обладают множеством названий, таких как коннекционистские сети, сети

параллельной распределенной обработки и нейроморфные сети. Каким бы ни было название, все эти модели стремятся достичь наилучшей производительности за счет тесной взаимосвязи простых вычислительных элементов [4].

ИНС, как и генетические алгоритмы, были созданы по образу естественных биологических процессов. Таким образом, нейронная сеть основана на работе человеческого головного мозга.

ИНС – это большое количество нейронов, которые имеют связь между собой посредством синапсов для получения и обработки входных сигналов.

Принцип работы нейросетей довольно простой. Входной слой получает данные, которые с помощью синапсов, имеющих свои коэффициенты веса, переходят на следующий слой. Нейроны следующего слоя получают объединенную информацию предыдущих слоёв, перемноженную на коэффициенты веса, и подставляют полученные данные в функцию активации для формирования выходной информации. Процесс повторяется, пока не достигнет выходного слоя. Структура нейрона представлена на рисунке 3.

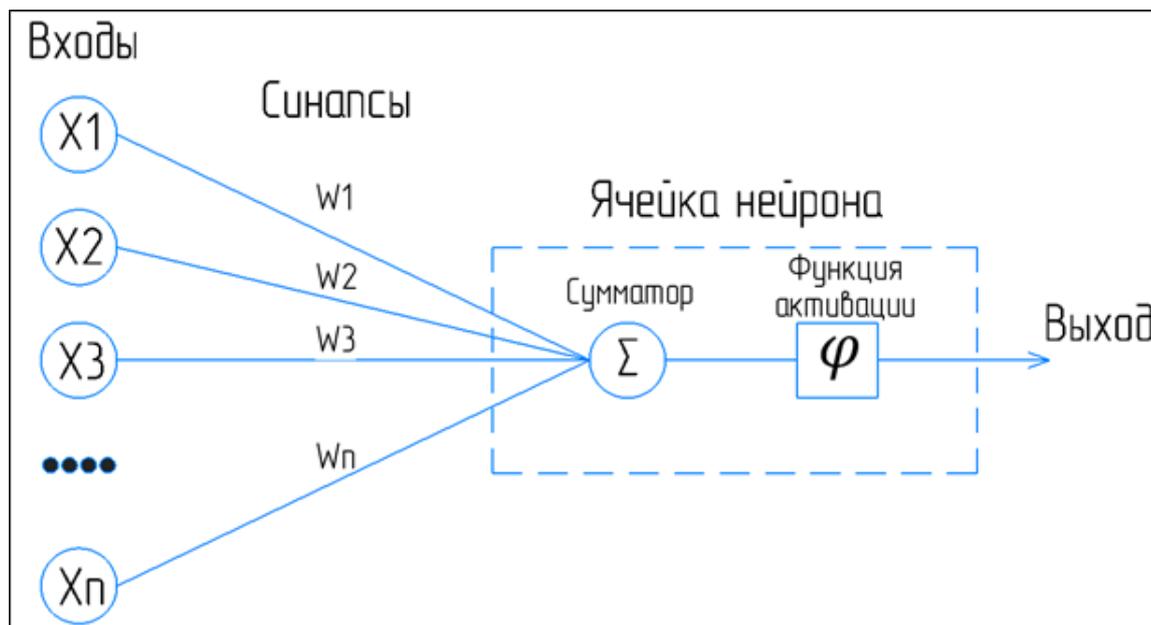


Рисунок 3 – Структура нейрона

Одна из классификаций ИНС – по количеству слоёв:

- однослойная структура нейронных сетей.
- многослойная структура нейронных сетей.

Сигналы в однослойной ИНС со входного слоя сразу поступают на выходной слой, где преобразуются и выдаются как результат.

Многослойная ИНС является более прогрессивной и применяется для решения сложных задач. Реализуется она посредством добавления между входным и выходным слоями нескольких промежуточных слоёв, количество которых зависит от степени сложности решаемой задачи. Именно многослойная структура отражает сущность биологических нейронных сетей.

Отметим, что у обеих структур нейронных сетей присутствует первый слой нейронов, который называется входным. Его задача не вычисление или обработка, а принятие и распределение сигналов по остальным нейронам.

Другая классификация ИНС – по направлению сигналов по синапсам между нейронами:

- нейронные сети прямого направления или однонаправленные нейросети;
- нейронные сети рекуррентного типа или нейросети с обратной связью;
- нейросети радиально-базисных функций;
- саморегулирующиеся карты Кохонена.

К достоинствам искусственных нейронных сетей относится: высокая скорость работы; отказоустойчивость; умение адаптироваться, обрабатывать и воспринимать только нужную им информацию; параллелизм вычислений.

Но, как и МЭО, и ГА, ИНС имеют свои недостатки: основываются на эвристическом алгоритме; обучение сети может привести к тупиковым ситуациям; долгий срок обучения.

В таблице 1 представлены достоинства и недостатки трех рассмотренных групп методов искусственного интеллекта.

Таблица 1 – Анализ методов и технологий

	Методы экспертного оценивания	Генетические алгоритмы	Искусственные нейронные сети
Сущность	Получение и обработка мнений специалистов-экспертов	Эвристические алгоритмы, базирующиеся на принципе естественного отбора	Алгоритм, основывающийся на принципе работы человеческого головного мозга
Достоинства	- малая вероятность принятия ошибочного решения	- широкий спектр применения в задачах оптимизации; - параллелизм вычислений.	- высокая скорость работы; - отказоустойчивость; - умение адаптироваться, обрабатывать и воспринимать только нужную им информацию; - параллелизм вычислений; - широкий спектр применения в задачах оптимизации.

Продолжение таблицы 1

Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- субъективизм оценки проблемы;</li> <li>- расхождение мнений при принятии решений;</li> <li>- временные затраты на организацию экспертного опроса;</li> <li>- трудоемкость обработки мнений экспертов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- схождение к локальному, а не глобальному оптимуму;</li> <li>- низкое быстродействие, ввиду большого числа итераций;</li> <li>- необходимость в кодировании потенциально возможного решения;</li> <li>- требуют больших вычислительные ресурсы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основываются на эвристическом алгоритме;</li> <li>- обучение сети может привести к тупиковым ситуациям;</li> <li>- долгий срок обучения.</li> </ul>
------------	---	--	--

Поведенный анализ возможных методов решения задачи выбора оптимальной мощности и мест установки компенсирующих устройств позволил сделать следующие выводы:

1. Методы экспертного оценивания – самые распространенные из всех, но требуют больших ресурсов для организации своей работы и привносят субъективизм в принимаемое решение.

2. Генетические алгоритмы – имеют широкую область применения, однако, для них характерна вычислительная трудоемкость и отсутствие гарантии получения оптимального решения.

3. ИНС – обладают высокой скоростью работы, самообучаемостью и адаптацией к изменениям.

4. Представляется целесообразным для решения поставленной задачи оптимальной КРМ выбрать многослойную нейронную сеть прямого распространения, ввиду простоты ее реализации, адаптивной архитектуры и разнообразием алгоритмов обучения персептрона.

#### Список литературы

1. Приказ Минэнерго РФ от 23.06.2015 № 380 «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии» : зарегистрировано в Минюсте РФ 22.07.2015 № 38151. – Режим доступа : <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=256534> (13.12.22)

2. Бешелёв, С. Д. Экспертные оценки / С. Д. Бешелёв, Ф. Г. Гурвич; под редакцией С. М. Вишнева. – Москва: «Наука», 1973. – 158 с.

3. Панченко, Т. В. Генетические алгоритмы [Текст] : учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с.

4. Lippmann Richard P. An Introduction to Computing with Neural Nets / Richard P. Lippmann // IEEE ASSP Magazine. – 1987, April. – PP. 4-22.

# НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ -ЖИВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

**Дорохин А.М., Иванова А.П., д-р техн. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

В мире увеличивается потребление электроэнергии, приходящееся на душу населения. При этом наибольшими потребителями, в настоящий момент являются США, государства Евросоюза (суммарно) и Китай (млрд. кВт · ч: 1) США -3873, 2) Китай- 2835 3) Япония- 1007 4) Россия- 840,4). Все острее стоит проблема с энергоносителями. Большинство передовых стран мира стремятся к увеличению выработки электроэнергии за счёт альтернативных источников энергии. На сегодняшний день доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире составляет около 18%. Это подтолкнуло многие страны к развитию «зеленой» энергетики, чтобы найти замену или дополнение традиционным топливно-энергетическим ресурсам: нефти, углю и газу. За счёт инноваций в сфере ВИЭ стало возможным использовать энергию солнца, ветра, воды, а также преобразовывать кинетическую энергию людей и транспорта в электрическую.

Большие города и мегаполисы являются крупными потребителями электроэнергии. К примеру, город Москва потребляет около 56700 млн. кВт · ч в год [1]. С каждым годом население мегаполисов растёт, следовательно, растёт и нагрузка на электрические станции, вырабатывающие энергию для потребителей. Увеличение количества потребителей негативно отражается на энергосистеме в целом, поэтому во избежание аварийных ситуаций, а также при нехватке мощности в сети, необходимо производить дополнительную электроэнергию и аккумулировать её для дальнейшего пользования. Лучше всего для этого подойдут электростанции, работающие на альтернативных источниках энергии: солнечные, ветряные, приливные, гидроаккумулирующие, геотермальные, электростанции, работающие на биотопливе и другие [2,3,4].

Одним из альтернативных видов генерации электроэнергии является биоэнергетика. Известные биоэнергетические источники позволяют провести определенную их систематизацию (рисунок 1). Из нее следует, что энергетический биоресурс имеет весьма широкий спектр охвата биопространства. Каждое направление обладает, мало изученными, недостаточно развитыми возможностями и практически, неограниченными перспективами.

Так как в биоэнергетике могут быть использованы отходы промышленности (производство бумаги, целлюлозы, продуктов питания, кормов и др.), сельского хозяйства, мусор свалок населенных пунктов, то биотопливо призвано выполнять еще и дополнительную функцию, связанную с улучшением экологического баланса. В настоящее время человечество

находится на стадии поиска альтернативных, восстанавливаемых, экологических технологий генерации электроэнергии.

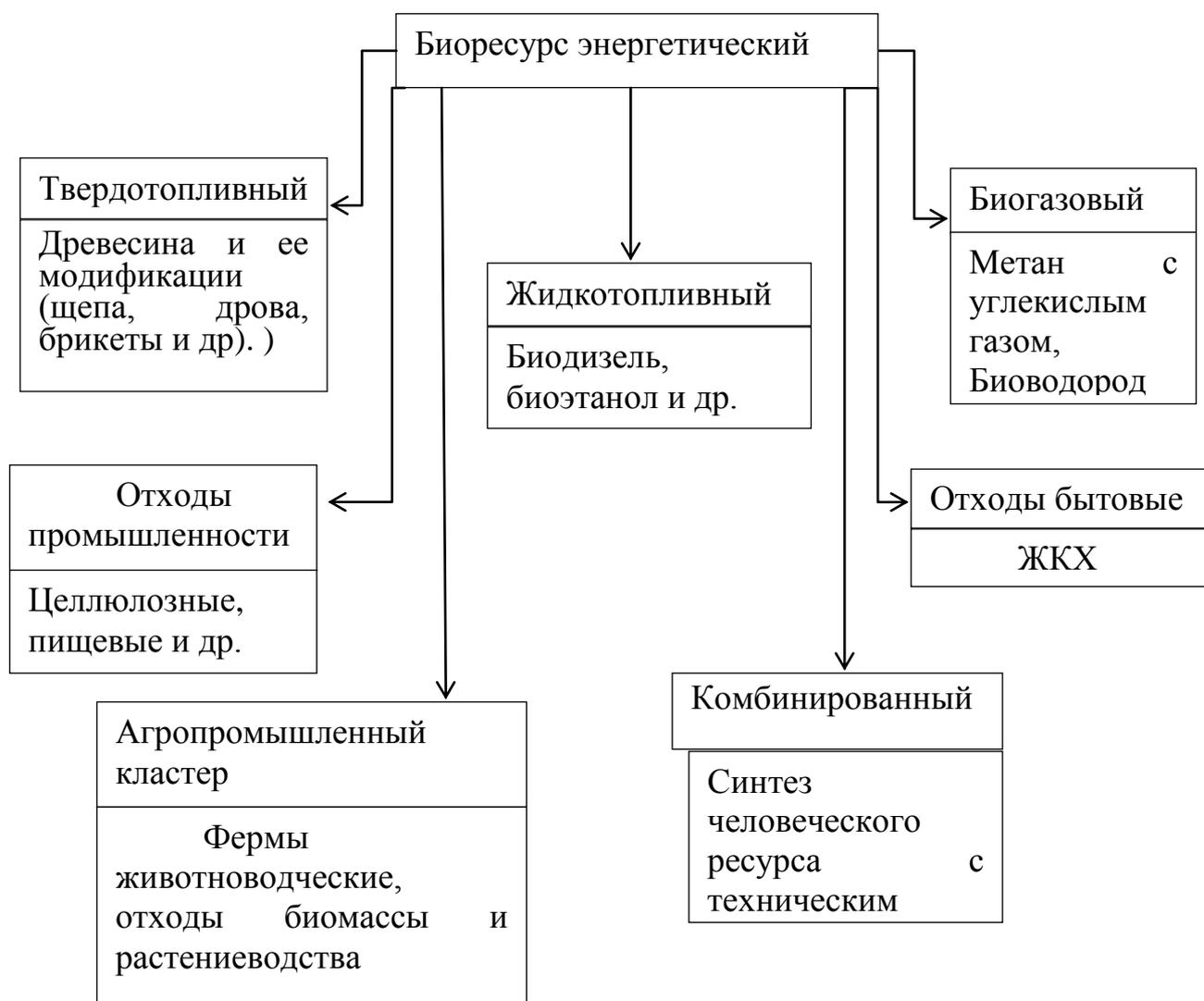


Рисунок 1- Систематизация биоэнергетических источников генерации электроэнергии

К комбинированным биоресурсам следует отнести синтез человеческого ресурса с современными техническими возможностями. Например, инженеры-энергетики предлагают компенсировать рост потребляемой мощности не только строительством новых электростанций, но и при помощи кинетической энергии больших скоплений людей, а также постояннодвигающегося транспорта по дорогам.

Идея проекта использования человеческого ресурса заключается в преобразовании кинетической энергии в потенциальную деформированного тела, а затем в электрическую энергию. Кинетическая энергия вырабатывается постоянными движениями людей по тротуарам и пешеходным дорожкам. Исследователи подсчитали, что на любую точку одной из оживленных улиц приходится в среднем до 50000 шагов в день. Британская компания «Pavegen Systems Ltd» разработала инновационный проект тротуарной плитки,

способной генерировать электроэнергию из кинетической энергии пешеходов, гуляющих по оживленным улицам города. Такая электрогенерирующая плитка сделана из гибкого водонепроницаемого материала, который при нажатии прогибается примерно на 5 миллиметров. За счёт этой деформации совершается механическая работа, в результате которой кинетическая энергия движения пешеходов преобразуется в потенциальную энергию деформированного тела (плитки). Затем потенциальная энергия преобразуется в электрическую энергию. Накопленные ватты либо аккумулируются, либо сразу идут на собственные нужды потребителей поблизости. Таким образом, внедряя этот проект, можно экономить на выработке электроэнергии на электростанции, что положительно скажется на экологии региона, так как снижается количество выбросов вредных примесей в атмосферу, а также на экономике региона, так как затраты на производство электроэнергии будут снижены. Чем больше будет использоваться подобных локальных генерирующих устройств, тем больший эффект будет заметен.

Плитка «Pavegen» считается экологически чистой, так как её корпус изготовлен из нержавеющей стали и переработанного полимера с низким содержанием углерода. Наружная поверхность плитки изготовлена из использованных шин, благодаря этому она обладает повышенной прочностью и высокой устойчивостью к износу.

Проект электрогенерирующей тротуарной плитки показал себя в действии во время проведения летней Олимпиады в Лондоне в 2012 году. Такую плитку установили на многих улицах, где количество туристов максимально. За две недели удалось сгенерировать 20 МДж энергии, что в переводе в ватт-час составляет приблизительно 60 кВт·час.

$$P = \frac{E \text{ (Дж)}}{t \text{ (ч.)}} = \frac{20 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{14 \cdot 24 \text{ ч}} \approx 60000 \text{ Вт} \approx 60 \text{ кВт} \quad (1)$$

Выработанной электроэнергии с избытком хватило для работы уличного освещения британской столицы (Рисунок 2) [5].



Рисунок 2 – Проект электрогенерирующей тротуарной плитки Pavegen

Ещё одним перспективным проектом является выработка электроэнергии при помощи «лежачих полицейских». Технологию уже начали реализовывать в Великобритании, затем в Бахрейне, а в ближайшем времени подобный проект начнёт свою работу и в России.

Британский изобретатель Питер Хьюс создал «генерирующую дорожную рампу» (Electro-KineticRoadRamp) для автомобильных дорог. Рампа представляет собой две металлические пластины, немного возвышающиеся над поверхностью дороги. Под пластинами заложен электрический генератор, который вырабатывает ток при каждом проезде автомобиля по данной рампе. В зависимости от веса машины рампа может вырабатывать от 5 до 50 киловатт в течение времени, пока автомобиль проезжает рампу. Такие рампы в качестве аккумуляторов способны питать электричеством светофоры и подсвечиваемые дорожные знаки. В Великобритании технология работает уже в нескольких городах. Способ начал распространяться и на другие страны — например, на маленький Бахрейн.

В России подобная технология носит концептуальный характер, однако в скором времени есть вероятность, что проект может быть реализован. Студент из Тюмени Альберт Бранд предложил подобное решение по уличному освещению на форуме «ВУЗПромЭкспо». По подсчетам разработчика, в день по «лежачим полицейским» в его городе проезжает от 1000 до 1500 машин. За один «наезд» автомобиля по оборудованному электрогенератором «лежачему полицейскому» будет вырабатываться около 20 ватт «чистой» электроэнергии [6].

Рассмотренные проекты действующих моделей электрогенерирующей плитки, а также генерирующей дорожной рампы, целесообразно использовать в больших мегаполисах, где скопление людей и автомобилей будет максимальным. В таких случаях применение подобных альтернативных источников энергии позволит снизить нагрузку на энергосистему, снизить затраты на производство электроэнергии, а также повысить экологическую обстановку в городе или регионе.

Следует отметить, что там, где присутствует вибрационный фон, всегда есть возможность создания альтернативного источника энергии [7].

Для России важно уже сегодня поддерживать подобные проекты по возобновляемым источникам энергии, так как за ними будущее энергетики страны. Развитие альтернативных технологий по генерации электроэнергии, позволит обеспечить дополнительным энергоресурсом как производственный, государственный сектор, так и создаст условия обеспечения определенной автономии от внешних поставщиков энергии мелких, частных объектов с удешевлением их содержания.

#### Список литературы

1. <https://russia.duck.consulting/maps/357/2018> - Электронный ресурс;
2. <https://trends.rbc.ru/trends/green/609e76449a7947f4755ac9dc#p1> – Электронный ресурс;

3. Шипилова Е.С. Ветроэлектрические установки - ядро энергетики будущего /Шипилова Е.С., Иванова А.П. В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников. 2018. С. 143-144.

4. Штыков В.К. Перспективы применения солнечных батарей на железнодорожном транспорте// В.К. Штыков, А.П. Иванова. В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Редколлегия: А.Н. Попов [и др.]. Оренбург-Самара, 2021. С. 194-195.

5. <https://recyclemag.ru/article/10-neobychnyh-alternativnyh-istochnikov-energii> - Электронный ресурс;

6. <https://pandia.org/text/86/099/17633.php> - Электронный ресурс;

7. Иванова А.П. Анализ вибрационного воздействия на машины и механизмы /Иванова А.П., Орлов К.В., Резепкина Д.А. В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Всероссийской научно-исследовательской конференции. 2019. С. 110-112.

## **АНАЛИЗ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ СТАРЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ**

**Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент, Ефремова С.А.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Согласно Энергетической стратегии России на период до 2035 года[1] одной из основополагающих задач перспективного развития электросетевого комплекса является повышение надежности функционирования ЕЭС. Для достижения поставленной цели необходимо добиться снижения частоты возникновения аварийных ситуаций, в том числе и коротких замыканий. Опыт эксплуатации показывает, что безотказность и безаварийность функционирования оборудования определяется его техническим состоянием, на которое в значительной мере влияют свойства изоляции.

Старение изоляции – это процесс изменения ее физических и химических свойств в сторону снижения электрической прочности под влиянием внешних факторов. К последним относят тепловые, электрические, механические нагрузки, а также негативное воздействие химически агрессивной внешней среды. Так как система электроснабжения представляет собой динамическую систему, развивающуюся в условиях неопределенности, достоверное определение значений вышеперечисленных нагрузок требует непрерывного мониторинга состояния изоляции, обеспечить который ввиду значительного количества оборудования не представляется возможным. Поэтому на основании данных проверок технического состояния электрооборудования необходимо производить прогнозирование остаточного ресурса изоляции, которое в свою очередь базируется на составлении моделей старения.

Моделью старения изоляции принято называть упрощенное математическое описание механизмов процессов, протекающих при деградации состояния изоляции, в частности изменения основных параметров диэлектриков под воздействием определенных факторов внешней среды.

В ходе проведенного анализа были рассмотрены модели, в которых в качестве основных разрушающих факторов учитывается воздействие температуры, напряженности электрического поля или же их совокупное влияние ввиду незначительности влияния остальных факторов или же невозможности их обособленного рассмотрения [2].

Одна из первых моделей старения изоляции основана на выведенном эмпирическим путем правиле Монтзигера, в соответствии с которым превышение предельно допустимой температуры на каждые 8 градусов сокращает срок службы изоляции вдвое. Математическая модель в таком случае принимает следующий вид:

$$t_{сл} = t_0 \cdot 2^{-\frac{T}{\Delta T}}, \quad (1)$$

где  $t_{сл}$  - срок службы изоляции при данных параметрах, лет;

$t_0$  - срок службы изоляции при «нулевых» условиях, лет;

$T$  - температура нагрева изоляции, К;

$\Delta T = (8 - 12)^\circ\text{C}$  - превышение температуры над допустимой, при которой срок службы изоляции сокращается в два раза.

Из уравнения (1) очевидно, что в данной модели учитывается только термическое воздействие на состояние изоляции. Это в значительной мере снижает точность расчетов, что и является главным недостатком применения данной зависимости. К достоинствам же относится форма математической зависимости, отличающаяся простотой и легкостью ее использования при выполнении практических ориентировочных расчетов.

К моделям, учитывающим возникновение и развитие дефектов изоляции под воздействием напряженности электрического поля, относят статистическую модель старения [3]. Деградация электроизоляционных свойств под воздействием электрических нагрузок объясняется явлением электрического триинга [4]. Образуется триинг в местах концентрации электрической напряженности, значение которой достаточно высоко для ионизации включений газа в изоляции, что в свою очередь приводит, как к росту тока утечки через изоляцию, так и к увеличению самих дендритов, запуская процесс лавинообразного накопления дефектов изоляции.

Математическое описание данной модели имеет следующий вид:

$$t_{сл} = \frac{S_{\min}}{f \cdot k_x \cdot l}, \quad (2)$$

где  $S_{\min}$  - минимальное количество молекул, которое нужно пробить для выхода из строя изоляции;

$f$  - выбранная рабочая частота, Гц;

$l$  - число секунд в году, с;

$k_x$  - коэффициент, учитывающий частоту появления разрядов на ранних стадиях старения изоляции.

Стоит обратить внимание, что данная модель носит вероятностный характер, так как в существенной мере зависит от статистической характеристики частоты возникновения пробоев, для определения которой требуется значительная статистическая база исследований. Согласно результатам исследования, приведенным в [3], данная математическая модель обладает достаточной точностью расчета для кабельных линий с полиэтиленовой изоляцией при работе в благоприятных условиях внешней

среды. Недостатками же являются необходимость составления статистической базы, учет только электрического воздействия и отсутствие проверки состоятельности данной теории для различных видов изоляции, отличающихся от полиэтиленовой.

Вышерассмотренные модели учитывают влияние на процесс деградации свойств изоляции только одного фактора. Однако различные механизмы старения не автономны. Скорость процессов появления электрических триингов, как и возникновения частичных разрядов, зависит от температуры и, напротив, влияет на вероятность возникновения теплового пробоя. Необходимость учета совокупного влияния внешних электрических и тепловых нагрузок на состояние изоляции обосновала создание термофлуктуационной теории старения диэлектриков и теории частичных разрядов, на основе которых соответственно разработаны модели деградации изоляционных свойств Журкова-Дмитревского и Кучинского.

Модель старения изоляции Журкова, в основе которой лежит термофлуктуационная теория, описывается следующим уравнением:

$$t_{сл} = t_0 \cdot e^{-\frac{w-\chi E}{RT}}, \quad (3)$$

где  $w$  – энергия активации структурного разрушения, Дж/моль;

$\chi$  – параметр структуры;

$E$  – напряженность электрического поля, В/м;

$R$  – универсальная газовая постоянная.

Очевидным достоинством данной модели является учет совокупного влияния напряженности и температуры. Кроме того, экспериментальная проверка данной зависимости свидетельствует о высокой точности результатов [5]. Среди недостатков же выделяют значительное влияние на прогнозируемый срок службы двух параметров, учитывающих особенность структуры изоляции, -  $\chi$  и  $w$ , точно определить которые проблематично. Стоит отметить и тот факт, что энергия активации структурного разрушения отличается от приведенной в [6] энергии активации термической деструкции, что также затрудняет применение данной модели.

Модель старения Кучинского же основана на теории частичных разрядов, представляющих собой локальный лавинный разряд в газовой поре изоляции или пробой малых объемов твердого или же жидкого диэлектрика. Возникновение частичных разрядов в каждом полупериоде синусоидального напряжения приводит к росту их разрушающего влияния.

Математическая модель Кучинского [7] имеет следующий вид:

$$t_{сл} = AE^{-n} \cdot e^{-\frac{W_a}{kT}}, \quad (4)$$

где  $W_a$  – энергия активации термической деструкции;

$A, n$  – характеристики, зависящие от типа и свойств изоляции.

Достоинства и недостатки данной модели в значительной степени совпадают с указанными для модели Журкова-Дмитревского. Однако учет энергии активации термической деструкции, вместо структурного разрушения, значительно облегчает использование данной модели, что и обуславливает большую распространенность применения этой зависимости при прогнозировании срока службы изоляции.

Вышеперечисленные достоинства и недостатки рассмотренных моделей, а также их характерные особенности для наглядности представлены в таблице 1.

Таблица 1.1 – Результаты сравнения моделей старения изоляции

Модели старения изоляции	Математическая модель и ее особенности	Достоинства	Недостатки
Модель старения изоляции Монтзигера	$t_{cl} = t_0 \cdot 2^{\frac{T}{\Delta T}}$ <p>Данная зависимость выведена эмпирически. В основе данной модели лежит механизм термического старения.</p>	<p>Простота в использовании за счет легкости определения необходимых параметров</p> <p>Зависимость результатов от одного параметра изоляции (<math>\Delta T</math>)</p> <p>Отсутствие в необходимости сложного оборудования для отслеживания используемых параметров</p>	<p>Малая точность результатов.</p> <p>Учет только термического воздействия на деградацию свойств изоляции</p> <p>Возможность применения только для ориентировочных расчетов</p>
Статистическая модель старения изоляции (модель К. С. Ивановой)	$t_{cl} = \frac{S_{\min}}{f \cdot k_x \cdot l}$ <p>Данная зависимость носит статистический характер. В основе данной модели лежит такой механизм старения, как образование</p>	<p>Высокая точность результатов для кабельных линий полиэтиленовой изоляции</p>	<p>Необходимость составления статистической базы.</p> <p>Учет обособленного воздействия электрического поля</p> <p>Отсутствие</p>

	электрических триингов.		проверки состоятельности теории для других видов изоляции
Модель старения изоляции Журкова	$t_{cl} = t_0 \cdot e^{-\frac{w-\chi E}{RT}}$ <p>Данная зависимость основана на термофлуктуационной теории. В основе данной модели лежит такой механизм старения, как образование электрических триингов..</p>	1. Учет совокупного влияния температуры и напряженности внешнего электрического поля на старение изоляции Высокая точность результатов	Зависимость результатов от 2 параметров изоляции Сложность в определении параметров $\chi$ и $w$ 3. Необходимость сложного оборудования для отслеживания используемых параметров
Модель старения изоляции Кучинского	$t_{cl} = A E^{-n} \cdot e^{-\frac{W_a}{kT}}$ <p>Данная зависимость основана на теории частичных разрядов. В основе данной модели лежит такой механизм старения, как возникновение искровых разрядов</p>	Учет совокупного влияния температуры и напряженности внешнего электрического поля на старение изоляции Высокая точность результатов Значение $W_a$ для различных видов изоляции приведено в справочной литературе	Зависимость результатов от 2 параметров изоляции Сложность в определении параметров $A$ и $n$ Необходимость сложного оборудования для отслеживания используемых параметров

Как видно из таблицы, наиболее перспективные модели, обладающие наибольшей точностью, требуют сложного оборудования для отслеживания уменьшения остаточного ресурса изоляции. Модель же Монтзигера, несмотря на легкость применения, может использоваться только для ориентировочных расчетов. Таким образом, проведенный анализ позволил сделать вывод, что данный вопрос в научно-технической литературе проработан не в полном объеме, а потому тема исследования актуальна и значима. Определение же наиболее целесообразной базисной модели, которую в дальнейшем планируется использовать для разработки методики прогнозирования остаточного ресурса изоляции, будет выполняться на основе исследования зависимости скорости старения изоляции, полученной экспериментальным путем.

## Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года»
2. Поляков,, Д. А. Мониторинг остаточного ресурса изоляции кабельных линий 6(10) кВ из сшитого полиэтилена : специальность 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Поляков, Дмитрий Андреевич ; Омский государственный технический университет. — Омск, 2018. — 148 с.
3. Иванова К.С. Статистическая модель старения изоляции / К. С. Иванова, К. И. Никитин, Д. А. Поляков, А. В. Радченко. // «Электроэнергетика глазами молодежи»: научные труды IV международной научно-технической конференции. — Новочеркасск : Лик, 2013. — С. 324-327.
4. Bahder G., Katz C., Lawson J., Vahlstrom Jr. Electrical and Electromechanical Treeing Effects in Polyethylene and Crosslinked Polyethylene Cables // IEEE Trans. PAS. – Vol.93. – May/June 1974. – pp. 977–986.
5. Бояршинов Б. С. Экспериментальная проверка теории старения диэлектрической изоляции Журкова-Дмитревского / Б. С. Бояршинов, Г. И. Хожайнова // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. — 2010. — Т. 316, № 2: Математика и механика. Физика. — С. 107-109.
6. Котеленец, Н. Ф. Испытания и надежность электрических машин / Н. Ф. Котеленец, Н. Л. Кузнецов. М. — Высш. шк. — 1988 — 232 с.
7. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях / Г.С. Кучинский. - Л.: «Энергия». Ленингр. Отд-ние., 1979. - 224 с.

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МАСЛЯНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ 6-10 КВ**

**Влацкая Л.А., канд. техн. наук, доцент, Зеленцов М.Ю.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Выключатели напряжением 6-10 кВ являются наиболее важными аппаратами распределительных устройств. Они служат для включения и отключения под нагрузкой электрических цепей в нормальных режимах работы и для автоматического отключения при коротком замыкании [1].

В настоящее время многие масляные выключатели, используемые на производстве, исчерпывают свой запас прочности. В связи с этим для обеспечения качественной и бесперебойной подачи электрической энергии всем потребителям необходимо своевременно выявлять дефекты работы масляных выключателей, осуществлять их техническое обслуживание, ремонт или полную замену выключателя в случае неисправности.

Заключение о техническом состоянии и работоспособности масляного выключателя выносит экспертная комиссия на основе соответствия/несоответствия результатов, полученных при проведении испытаний, требованиям нормативных документов (ПУЭ гл. 1.8, п.18 и ПТЭЭП пр. 3, п.10) [2,3].

Таким образом, без применения средств автоматизации, когда комплексная оценка состояния электрооборудования дается только лишь посредством экспертного мнения лиц, принимающих решение, человеческий фактор исключить невозможно. Введение в процесс определения технического состояния и работоспособности масляных выключателей методов искусственного интеллекта позволит беспристрастно оценивать состояния выключателей и, как следствие, свести к минимуму влияние человеческого фактора. Ввиду этого, автоматизация процесса определения технического состояния и работоспособности масляных выключателей на напряжение 6-10 кВ с применением методов искусственного интеллекта является актуальной задачей.

В качестве критериев комплексной оценки состояния масляных выключателей в соответствии с приложением 3 (Нормы испытаний электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей), п.10 Масляные и электромагнитные выключатели) Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) [3] предложено использовать результаты четырех наиболее важных испытаний: измерение сопротивления изоляции подвижных и направляющих частей (п.10.1.1); испытание повышенным напряжением промышленной частоты межконтактного разрыва, опорной изоляции и изоляции относительно корпуса (п.10.2.1); измерение сопротивления постоянному току контактов масляного

выключателя (п.10.5.1); испытание выключателя многократными включениями и отключениями (п.10.11). Рассмотрим их подробнее.

Согласно п.10.1 [3], минимально допустимое сопротивление изоляции подвижных и направляющих частей, выполненных из органического материала должно быть не менее 300 МОм. Этот параметр измеряется мегаомметром при напряжении 2500 В. Это минимально допустимое сопротивление, при котором разрешена эксплуатация масляного выключателя.

В соответствии с п.10.2 [3] испытательное повышенное напряжение промышленной частоты опорной изоляции и изоляции относительно корпуса при исполнении масляного выключателя с фарфоровой изоляцией составляет 32 кВ, при испытании изоляции межконтактного разрыва напряжение соответствует 37 кВ. Масляный выключатель считается пригодным, если не было пробоев изоляции в течении 1 минуты.

При испытаниях по п.10.5 [3] производится измерение сопротивления постоянному току контактов масляных выключателей, которое должно составлять не более 100 мкОм. Измерение происходит во включенном (рабочем) состоянии масляного выключателя для каждой фазы отдельно.

Согласно п.10.9 [3] выключатель проходит испытание многократными включениями и отключениями с целью проверки работы механизма включения/отключения: нет ли зацепов, торможений при отключении или очень резких и сильных толчков при включении.

Для автоматизации получения комплексной оценки состояния масляных выключателей по выбранным критериям предложено использовать алгоритм нечеткого вывода [4]. Разработанная функциональная схема для решения поставленной задачи представлена на рисунке 1.

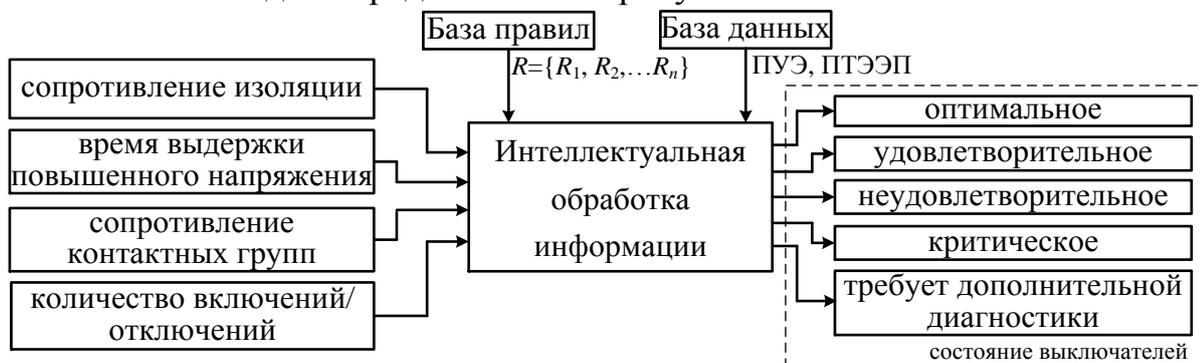


Рисунок 1 – Функциональная схема оценки состояния масляных выключателей

Для реализации алгоритма нечеткого вывода оценки технического состояния и работоспособности масляных выключателей (рисунок 1) предложено использовать программу реализатор FuzzyLogic «Программная система нечеткого вывода» [5]. Выбор в пользу этой программы обусловлен, во-первых, тем, что пользователю предоставляется большой набор различных функций принадлежности, которые могут быть адаптированы к решаемой задаче путем задания определенных параметров (коэффициентов). А, во-вторых, применение готового программного продукта, позволяет исключить

возможные ошибки и некорректности при самостоятельном программировании разработанного алгоритма на каком-либо языке.

Алгоритм работы с указанной программой включает следующие процедуры:

1. Формирование входных и выходных лингвистических переменных.
2. Определение для каждой переменной терм-множества.
3. Выбор и формирование для каждого термина лингвистической переменной соответствующей функции принадлежности.
4. Разработка лингвистической базы правил.

Рассмотрим некоторые из процедур подробнее (третья процедура, связанная с формированием функций принадлежности, в данной работе не рассматривается).

Модель нечеткого вывода содержит четыре входных лингвистических переменных и одну выходную. Входными лингвистическими переменными в соответствии с предложенными критериями оценки являются:

- сопротивление изоляции. Содержит шесть термов {«нулевое», «очень низкое», «низкое», «среднее», «выше средней», «высокое»};
- время выдержки повышенного напряжения. Содержит шесть термов {«нулевое», «очень малое», «малое», «среднее», «выше среднего», «большое»};
- сопротивление контактных групп. Содержит шесть термов {«близкое к идеальному», «оптимальное», «среднее», «выше среднего», «высокое», «очень высокое»};
- количество включений/отключений. Содержит шесть термов {«нулевое», «очень малое», «малое», «среднее», «выше среднего», «большое»}.

Выходная лингвистическая переменная – состояние масляных выключателей – содержит пять термов:

- «оптимальное» – масляный выключатель в хорошем состоянии;
- «удовлетворительное» – состояние среднее, выключатель проходит по нормативной технической документации;
- «неудовлетворительное» – требуется ремонт, замена деталей и т.д.;
- «критическое» – выключатель восстановлению не подлежит;
- «требует дополнительной диагностики» – необходимо провести дополнительные испытания выключателя.

*База лингвистических правил*  $R=\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$  составляется с использованием логических операций путем комбинаций входных и выходных переменных с учетом нормативных требований ПУЭ и ПТЭЭП [2, 3] к испытываемому выключателю.

Остановимся подробнее на разработке базы продукционных правил вида «если-то» (условных высказываний о состоянии выключателя на естественном языке), которые в последующем будут преобразованы в нечеткие лингвистические правила посредством связи (соотнесения) входной переменной и соответствующего термина.

Зная минимально допустимые значения сопротивления изоляции подвижных частей, выполненных из органического материала, одно из правил можно сформулировать как: «чем больше измеренное значение сопротивления

изоляции, тем более качественное оборудование». А это значит, что вероятность пробоя изоляции при работе с данным масляным выключателем с большой вероятностью исключаются, до ухудшения состояния изоляции. Аналогичное правило можно сформировать и для сопротивления изоляции вторичных цепей и электромагнитов управления.

Еще одним будет правило, что «масляный выключатель считается пригодным, если не было пробоев опорной изоляции и межконтактного разрыва в течении 1 минуты при подаче повышенного переменного напряжения 32 кВ». Этот показатель уменьшает вероятность пробоя высокого (рабочего) напряжения на корпус электрооборудования и того, что напряжение будет проходить через межконтактный разрыв при отключенном масляном выключателе. Возникновение такого случая может грозить не только поломкой другого более дорогостоящего оборудования, но и жизни и здоровью обслуживающего персонала.

Третье правило заключается в измерении сопротивления постоянному току контактов масляного выключателя, максимально допустимое значение сопротивления составляет 100 мкОм. Таким образом, «чем меньше переходное сопротивление контактов выключателя, тем он более качественный и надёжный». Соответствие выключателя этому правилу уменьшает вероятность нагрева контактного соединения и вывода из строя или возникновения перекоса фаз.

Так же можно сформулировать правило о возникновении каких-либо изъянов при многократном выключении/отключении выключателя. При нормальной работе выключателя и исправности всех механизмов их быть не должно. Соответствие выключателя этому правилу, во-первых, поможет избежать негативных последствий аварийных ситуаций на отходящей линии, а, во-вторых, необходимо для своевременного отключения неисправного оборудования посредством релейной защиты и селективности защиты предприятия.

Примеры разработанных продукционных правил:

R1: ЕСЛИ Повышенное напряжение ЕСТЬ пробой изоляции И Сопротивление постоянному току ЕСТЬ менее 100 мкОм И включение/отключение ЕСТЬ положительный опыт И Сопротивление изоляции ЕСТЬ более 300 МОм ТОГДА вывод ЕСТЬ требует дополнительной диагностики;

R2: ЕСЛИ Повышенное напряжение ЕСТЬ нет пробоя изоляции И Сопротивление постоянному току ЕСТЬ менее 100 мкОм И включение/отключение ЕСТЬ положительный опыт И Сопротивление изоляции ЕСТЬ более 300 МОм ТОГДА вывод ЕСТЬ рабочее;

R3: ЕСЛИ Повышенное напряжение ЕСТЬ нет пробоя изоляции И Сопротивление постоянному току ЕСТЬ более 100 мкОм И включение/отключение ЕСТЬ положительный опыт И Сопротивление изоляции ЕСТЬ более 300 МОм ТОГДА вывод ЕСТЬ не рабочее;

... ..

R7: ЕСЛИ Повышенное напряжение ЕСТЬ пробой изоляции И Сопротивление постоянному току ЕСТЬ более 100 мкОм И включение/отключение ЕСТЬ отрицательный опыт И Сопротивление изоляции ЕСТЬ менее 300 МОм ТОГДА вывод ЕСТЬ не рабочее;

.....

R13: ЕСЛИ Повышенное напряжение ЕСТЬ нет пробоя изоляции И Сопротивление постоянному току ЕСТЬ менее 100 мкОм И включение/отключение ЕСТЬ отрицательный опыт И Сопротивление изоляции ЕСТЬ менее 300 МОм ТОГДА вывод ЕСТЬ не рабочее;

R14: ЕСЛИ Повышенное напряжение ЕСТЬ пробой изоляции И Сопротивление постоянному току ЕСТЬ менее 100 мкОм И включение/отключение ЕСТЬ положительный опыт И Сопротивление изоляции ЕСТЬ менее 300 МОм ТОГДА вывод ЕСТЬ требует дополнительной диагностики.

Дальнейшая работа будет направлена на:

- 1) выбор для каждого термина лингвистической переменной соответствующей функции принадлежности;
- 2) запись разработанных продукционных правил в форме лингвистических нечетких правил;
- 3) программную реализацию оценки состояния масляных выключателей 6-10 кВ на базе алгоритма Мамдани в Fuzzy Logic.

#### Список литературы

1. Назарычев, А. Н. Модели расчета эксплуатационной надежности и управления техническим состоянием электрооборудования / А. Н. Назарычев, А. И. Таджибаев. – СПб.: ПЭИПК, 2002. – 39 с.
2. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/library/direction/pue/razdel-1-8-7.html> (дата обращения 20.12.2022).
3. ПТЭЭП. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/library/direction/pteep/pril-3.html> (дата обращения 20.12.2022).
4. Семенова Н. Г., Влацкая Л. А. Исследование и моделирование электроэнергетических объектов : учебное пособие. – Оренбург : ОГУ. – 2022. – 125 с.
5. Св-во о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программная система нечеткого вывода» / А.М. Семенов, Н.А. Соловьев, А.С. Цыганков; РОСПАТЕНТ. – № 2011613402 ; заявл. 29.02.11 ; опубл. 29.04.2011.

## **ОПЫТ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА К ДЕМОНСТРАЦИОННОМУ ЭКЗАМЕНУ ПО КОМПЕТЕНЦИИ «ЭЛЕКТРОМОНТАЖ»**

**Камаева Т.С., канд. пед. наук, Тушев С.И.**

**Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ**

Согласно перечню поручений по реализации Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 4 декабря 2014 года к 2020 [1] году необходимо было разработать комплекс мер, направленных на усовершенствование системы подготовки кадров среднего профессионального образования. Итогом реализации данного поручения является создание условий для подготовки кадров по 50 наиболее востребованным специальностям (Распоряжение от 3 марта 2015 года №349-р и приказ от 26 октября 2020 года N 744 «Об утверждении списка 50 наиболее востребованных на рынке труда, новых и перспективных профессий, требующих среднего профессионального образования») [2,3]. Результатом работы является разработка стандартов для проведения государственной итоговой аттестации (ГИА) по стандартам движения WorldSkills Russia (WSR) и включение демонстрационного экзамена в качестве одной из формы итоговой государственной аттестации наравне с защитой выпускной квалификационной работы в федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования (ФГОС СПО) [4].

Отличительной особенностью специалистов среднего профессионального образования с точки зрения промышленности или сетевой компании является способность принимать ими оперативные решения и решать практические задачи для обеспечения бесперебойной работы оборудования. В то время как в задачи инженерно-технического персонала входит управление режимами работы оборудования на тактическом и стратегическом уровне управления. Из этого можно сделать вывод о том, что специалист среднего звена должен обладать в большей степени практическими навыками с достаточной теоретической базой. Именно, исходя из этого принципа, и было принято решение о включении формы демонстрационного экзамена в государственную итоговую аттестацию. (Распоряжение №349-р).

Если провести параллель с подготовкой специалистов электроэнергетической отрасли в системе высшего образования, то можно выявить явные отличительные особенности. В основе подготовки бакалавров и магистров большую часть занимает теоретическое обучение, направленное на развитие технического и аналитического мышления. При этом проведение лабораторных работ направлено в большей степени на закрепление теоретических знаний, а не на отработку практических навыков монтажа и наладки электрооборудования [5]. В системе среднего профессионального образования главное место занимает отработка практических навыков, в этом случае основная задача преподавателей – научить «думать руками» и абстрактно мыслить, что является более сложной задачей.

Также следует сказать об особенностях электроэнергетической отрасли, которой является ее многогранность [6] и плотное сплетение со смежными науками (областями научного знания). Нельзя, например, современную релейную защиту и автоматику, автоматизированный электропривод представить без информационных и микропроцессорных технологий. Так как современные цифровые технологии позволяют быстро решать прикладные задачи в области электроэнергетики, сводя к минимуму ошибки, связанные с человеческим фактором. На сегодняшний день цифровизация электроэнергетического сектора дает стимул для развития новых технологий [7]. Следовательно, повсеместное внедрение цифровых технологий предполагает необходимость подготовки новых кадров с учетом этих тенденций.

Предлагаемая методика подготовки студентов среднего образования по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) подразумевает следующее:

В связи с ростом количества сложного технологического оборудования с числовым программным управлением, а также повсеместная автоматизация производства требует наличия соответствующих знаний и умений, которые приобретаются на таких дисциплинах как: информатика, основы программирования, основы автоматики и автоматизации технологических комплексов.

Зачастую студентов 3-4 курсов отправляют для участия в чемпионатах регионального масштаба, где участники показывают свои навыки именно по стандартам WSR. Но в большинстве случаев данный подход не оправдан ввиду того, что на чемпионате участвует ограниченное количество студентов соответствующего курса. А также необходима индивидуальная подготовка участников, что требует дополнительных усилий как со стороны профильного преподавателя, так и всей учебной организации. Следовательно, данный метод не может служить основным для подготовки к итоговой аттестации, он является только стимулом для развития личностных качеств отдельно взятого студента. На рисунке 1 представлены статистические данные по результатам сдачи демонстрационного экзамена студентов специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) в 2022 году. В качестве оценок использовались средние баллы, полученные группой из 18 человек по каждому модулю. Из анализа были исключены баллы, полученные за технику безопасности, проектирование, менеджмент. Использовались баллы, оценивающие только практические навыки студентов.

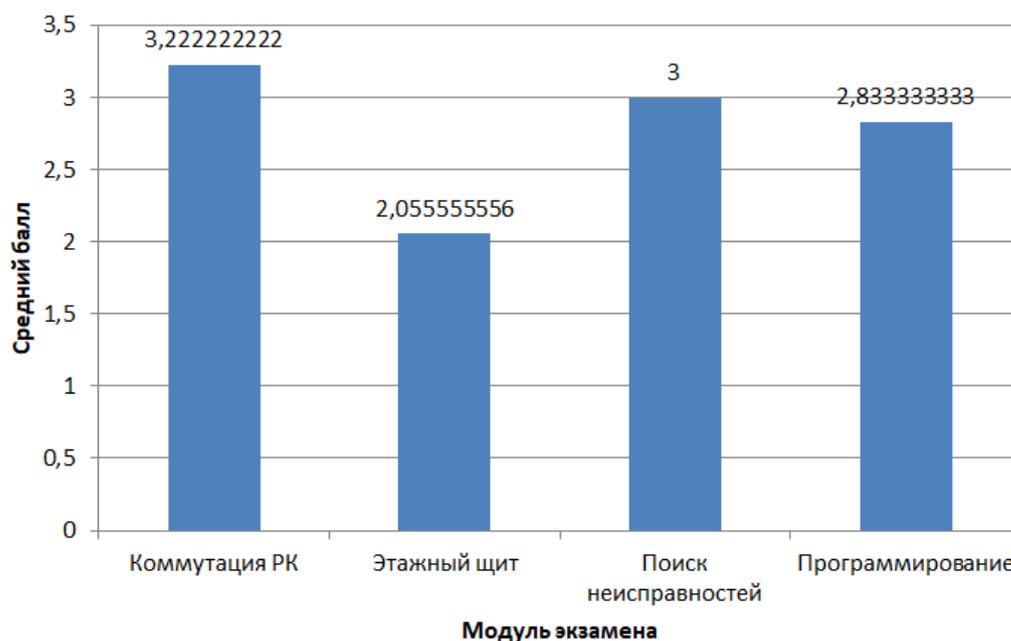


Рисунок 1 - Средние баллы по каждому модулю демонстрационного экзамена.

Краткий анализ графика позволяет сделать вывод о слабой подготовке студентов при выполнении задания «этажный щит» и «программирование». Предположительно, низкий уровень подготовки по модулю «этажный щит» вызван недостаточным уровнем владения специализированным электромонтажным инструментом и ограниченными материальными и временными ресурсами, так как именно этот модуль больше всего требует наличия расходного материала: проводов, автоматических выключателей, кросс-модулей. Невысокий уровень модуля «Программирование» вызван отсутствием базовых теоретических знаний в области цифровых технологий

Основные выводы:

Исходя из краткого анализа ФГОС по специальности 13.02.11 и компетенций WSR предлагается методика обучения специалистов среднего звена по специальности 13.02.11, объединяющая в себе три основных положения: 1. проведение лекционно-практических занятий, при которых студенты закрепляют теоретические знания практическими работами в соответствующих мастерских; 2. Интеграция перспективных дисциплин, связанных с цифровыми компетенциями в учебные планы; 3. Подготовка студентов к чемпионатам по стандартам WSR при проведении практических работ.

По результатам внедренной методики в 2023 году ожидается улучшение средних показателей по каждому модулю.

#### Список литературы

1 Перечень поручений по реализации Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 4 декабря 2014 года. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420267333>

2 Распоряжение от 3 марта 2015 года №349-р. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://government.ru/docs/17088>

3 Приказ от 26 октября 2020 года N 744 «Об утверждении списка 50 наиболее востребованных на рынке труда, новых и перспективных профессий, требующих среднего профессионального образования» (с изменениями на 20 октября 2021 года). [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566132131?marker=6520IM>

4 Приказ от 7 декабря 2017 г. № 1196 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos/fgos-13-02-11-tehnicheskaya-ekspluataciya-i-obsluzhivanie-elektricheskogo-i-elektromehaničeskogo-oborudovaniya-po-otraslyam-1196>

5 Митрофанов С.В. Методика проведения лабораторных занятий у студентов электротехнических специальностей с целью развития профессиональных компетенций / С.В. Митрофанов, К.Р. Валиуллин, А.Д. Чернова : Материалы Всероссийской научно-методической конференции: университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры – Оренбург, 2016. – 309-312 с.

6 Папков Б. В. Особенности управления объектами современной электроэнергетической системы // Б.В. Папков, В.Л. Осокин, Д.Е. Дулепов, С.В. Осокин / Вестник НГИЭИ. 2021. №7 (122) – Нижний Новгород, 2021. – 26-37 с.

7 Горбатенко Н. А. Цифровизация электроэнергетики России // Н.А. Горбатенко / Вестник науки и образования. 2020. №6-2 (84). – Иваново, 2020. – 5-8 с.

8 Таблица соответствия компетенции WSR, ФГОС СПО и Профстандарта. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://esat.worldskills.ru/competencies/0f24a055-4a6b-4a89-bfb8-65fb67169118/categories/539cc935-dbf6-448e-9f25-5bd894928a13>

9 Симон С. С. Некоторые проблемы подготовки и участия обучающихся в чемпионатном движении и демонстрационном экзамене по компетенции «электромонтаж»// С.С. Симон / Достижения науки и образования. 2021. №2 (74). – Иваново, 2021. – 32-33 с.

# **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ЖЕСТКИМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ КЛЮЧЕЙ ДЛЯ ПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**Клешнев С.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»**

В литературе представлено и проанализировано большое количество преобразователей [1]. Эти преобразователи работают с использованием управляемых выпрямительных цепей и могут быть классифицированы в зависимости от входного напряжения как однофазные или трехфазные преобразователи переменного тока в постоянный. Применение вышеупомянутых преобразователей варьируется в зависимости от специальных требований. Эти преобразователи могут работать в одном, двух или трех квадрантах. Однако производство более эффективных полупроводниковых переключателей в последние десятилетия привело к разработке новых преобразователей постоянного тока в постоянный. Эти преобразователи постоянного тока могут работать на высоких частотах, особенно в диапазоне десятков кГц. Они также обладают высоким быстродействием, и их применение для управления двигателями постоянного тока расширяется.

Обычные преобразователи с широтно-импульсной модуляцией использовались в импульсном режиме в течение последних нескольких десятилетий. Силовые ключи таких преобразователей должны отключать ток нагрузки во время включения и выключения, работая в режиме жесткого переключения. Термин «жесткое переключение» описывает момент переключения силовых электронных устройств, когда устройство питания работает под высоким напряжением и током одновременно во время процесса включения или выключения. Это приводит к высоким коммутационным нагрузкам и потерям. От данных явлений необходимо избавляться. По этой причине добавляют рассеивающие пассивные снабберы в силовые цепи. За счет этого можно добиться уменьшения  $dv/dt$  и  $di/dt$  [2]. Снижение максимальной частоты коммутации преобразователей также является еще одним фактором, направленным на снижение коммутационных потерь, поскольку они пропорциональны частоте коммутации. Типичная частота переключения силовых преобразователей ограничена и обычно находится в диапазоне от 20 кГц до 50 кГц. Кроме того, в преобразователях возникают значительные переходные процессы из-за наличия паразитных емкостей и индуктивностей в силовых цепях, что приводит к возникновению проблем с электромагнитными помехами [3].

На рисунке 1 представлен преобразователь с одним переключателем. Коммутационным устройством может быть тиристор, MOSFET или IGBT. Работа данного преобразователя ограничена первым квадрантом, что означает двигательный режим, поскольку он может подавать только положительное напряжение и ток на якорь двигателя постоянного тока.

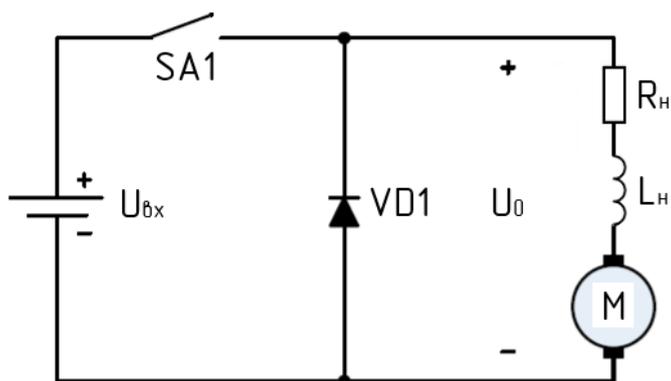


Рисунок 1 – Одноквadrантный привод с жестким переключением двигателя постоянного тока

На рисунке 2 представлен двухквadrантный привод постоянного тока с жестким переключением. Прерыватель первого квадранта образован компонентами SA1 и VD1, через которые энергия подается от источника  $U_{вх}$  к двигателю постоянного тока, что приводит к переходу в двигательный режим работы. Работа в четвертом квадранте, соответственно, формируется компонентами SA2 и VD2, посредством которых энергия подается от источника  $U_{вх}$  к двигателю постоянного тока, что приводит к режиму работы регенерации.

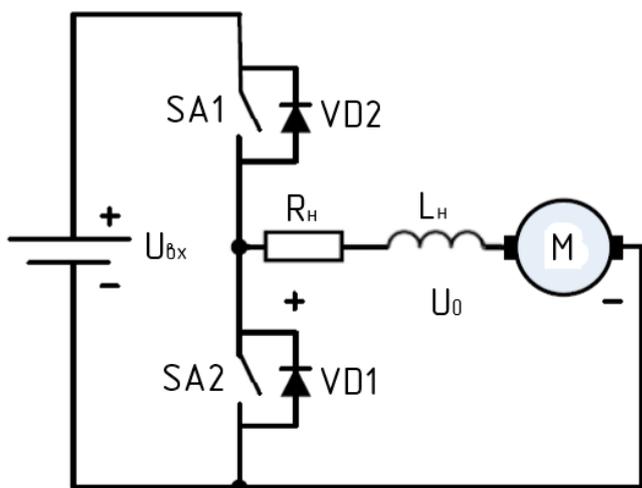


Рисунок 2 – Двухквadrантный привод с жестким переключением двигателя постоянного тока

На рисунке 3 изображен H-мост или четырехквadrантный преобразователь постоянного тока. Этим H-мостом можно управлять так же, как и при управлении двумя независимыми двухквadrантными прерывателями. Основное ограничение заключается в том, что переключения в одной и той же ветви не должны производиться одновременно. Первый прерыватель образован проводимостью ключей SA1 и SA4 с диодами VD1 и VD4. Первый прерыватель

работает в первом и втором квадрантах, где выходной ток положительный, а выходное напряжение двунаправленное. Второй прерыватель образован проводимостью переключателей SA2 и SA3 с диодами VD2 и VD3, что означает работу в третьем и четвертом квадрантах. В этом случае доступен отрицательный выходной ток с двунаправленным выходным напряжением. Два вышеупомянутых двухквадрантных прерывателя, встроенные в одинаковую топологию, обеспечивают работу двигателя постоянного тока в четырех квадрантах.

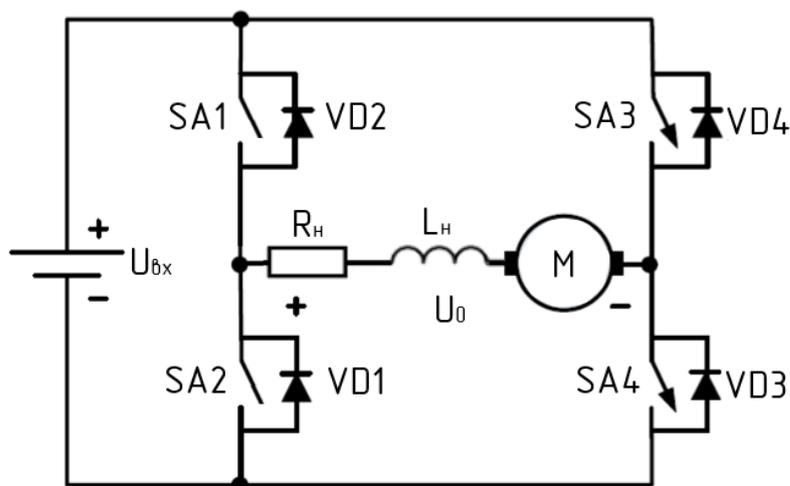


Рисунок 2 – Четырехквадрантный привод с жестким переключением двигателя постоянного тока

Преобразователи постоянного тока используются во всем мире, особенно для систем скоростного транспорта. Из-за их высокой эффективности, быстрого отклика и возможности регенерации они заменили обычный преобразователь с управляемым выпрямителем во многих системах с двигателями постоянного тока. Кроме того, они обеспечивают снижение потерь двигателя и пульсаций крутящего момента из-за уменьшения тока пульсаций якоря, явления, возникающего из-за высокой частоты коммутации.

#### Список литературы

1. Гельман, М.В. Вентильные преобразователи постоянного и переменного тока: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 228 с.
2. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
3. Абакумов А.М. Электрический привод. Ч.1. Электроприводы постоянного тока: учебное пособие / А.М. Абакумов., П.В. Тулупов, Ю.А. Чабанов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 123 с.: ил.

# АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИВОДА ШТОР С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

Коротков Н.В., Безгин А.С., канд. техн. наук, доцент,  
Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Электромеханическая система привода оконных штор в умной аудитории университета выполнена на основе шагового двигателя [1] M1 с драйвером управления [2] A2. На драйвер управления подаются управляющие сигналы посредством микроконтроллера A1 STM32F407VE [3]. Сигналы управления подступают на драйвер A2 с ножки PD11. С драйвера A2 формируются сигналы на шаговый двигатель с клемм A+, A- для первой обмотки возбуждения, B+, B- для второй обмотки возбуждения. Верхнее и нижнее положения оконных штор определяются концевыми выключателями SQ1 (низ) и SQ2 (верх), представленные герконами. Сухой контакт геркона сигнализирующий об верхнем положении штор подключен к входу PA4 через подтягивающий резистор, аналогично подключен сухой контакт геркона нижнего положения штор ко входу PC6.

Схема электрическая принципиальная представлена на рисунке 1.

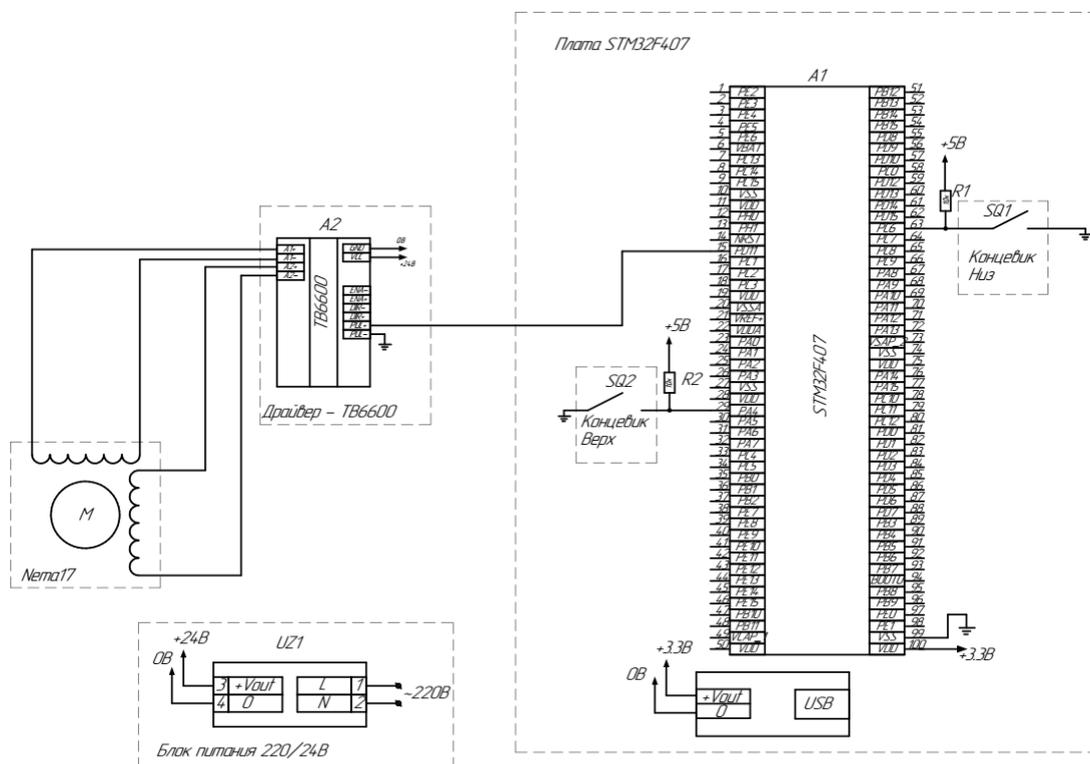


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная

Программа для управления шаговым двигателем описана далее. Следует отметить, что алгоритм работы начинается с раздела «Начало» и заканчивается

разделом «Конец», но т.к. программа, загруженная в контроллер, вызывается циклично, то данный алгоритм будет обрабатывать на протяжении всей его работы.

В начале алгоритма идёт проверка ошибок  $Error == 1$ , если ошибки есть, то контроллер не формирует сигналы управления на драйвер (Выкл. Step) и алгоритм переходит в конец.

Далее после обработки ошибок и их отсутствии, контроллер проверяет в начальном ли состоянии шторы  $Scena == 0$ . Начальное состояние штор – полностью подняты до верха. Если шторы не в начальном положении, то контроллер устанавливает задание на сигналы управления  $Ref = -Vust$  для поднятия штор. Затем формирует сигнал управления StepRequest через задатчик интенсивности  $RefZi = Z(Ref)$  для плавности вращения привода и ведёт подсчёт шагов двигателя ( $iStep$ ). Если шаги двигателя превысили максимально возможные ( $Max$ ), то выдать ошибку  $Error = 1$ . Если шаги двигателя не превысили максимальное их количество, и при этом сработал концевик сверху ( $KVV$ ), то обнулить шаги двигателя  $Step = 0$  и обозначить начальное положение штор  $Scena = 1$ . Если шаги двигателя не превысили максимальное их количество, и при этом не сработал концевик сверху  $KVV == 1$  (инверсная логика цифрового входа), то перейти в конец программы.

После того как было установлено начальное положение штор  $Scena == 1$  и нет ошибок  $Error == 0$ , контроллер принимает значение необходимого освещения в помещении и преобразует это значение в число шагов двигателя, а также высчитывает ошибку рассогласования  $E$ , которая равна (заданное значению шагов  $RefStep$  – подсчитанные шаги двигателя  $iStep$ ) – подпрограмма  $RefStep = GiveRef$ .

Затем контроллер обрабатывает полученные значения задания шагов двигателю и ошибки рассогласования в функции релейного регулятора.

Если задание шагов равно нулю  $Ref == 0$ , то контроллер обрабатывает следующее условие – если ошибка рассогласования  $E$  больше входного значения гистерезиса  $E_{in}$ , то присвоить задание движения вверх для привода штор  $Ref = +Vreg$ , а иначе если ошибка рассогласования  $E$  меньше входного значения гистерезиса  $E_{in}$ , то присвоить задание движения вниз для привода штор  $Ref = -Vreg$ .

Если задание шагов не равно нулю  $Ref \neq 0$ , то контроллер обрабатывает следующее условие – если значение задания  $Ref > 0$ , алгоритм переходит на следующее сравнение – если ошибка рассогласования  $E$  меньше выходного значения гистерезиса  $E_{out}$ , то присвоить задание движения вверх для привода штор  $Ref = 0$ , а иначе если ошибка рассогласования  $E$  больше выходного значения гистерезиса  $E_{out}$ , то присвоить задание движения вниз для привода штор  $Ref = 0$ .

Далее контроллер выполняет функцию обработки конечных выключателей.

Если сработал конечный выключатель сверху  $KVV == 0$ , то обнулить шаги двигателя  $Step = 0$ , далее проверить задание вращения привода  $Ref < 0$ , если да то установить  $Ref=0$ . Если сработал конечный выключатель снизу

$KVN == 0$ , то проверить задание вращения привода  $Ref > 0$ , если да, то установить  $Ref = 0$ . Далее контроллер выполняет те же действия, касательно формирования и подсчёта шагов двигателя.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 2.

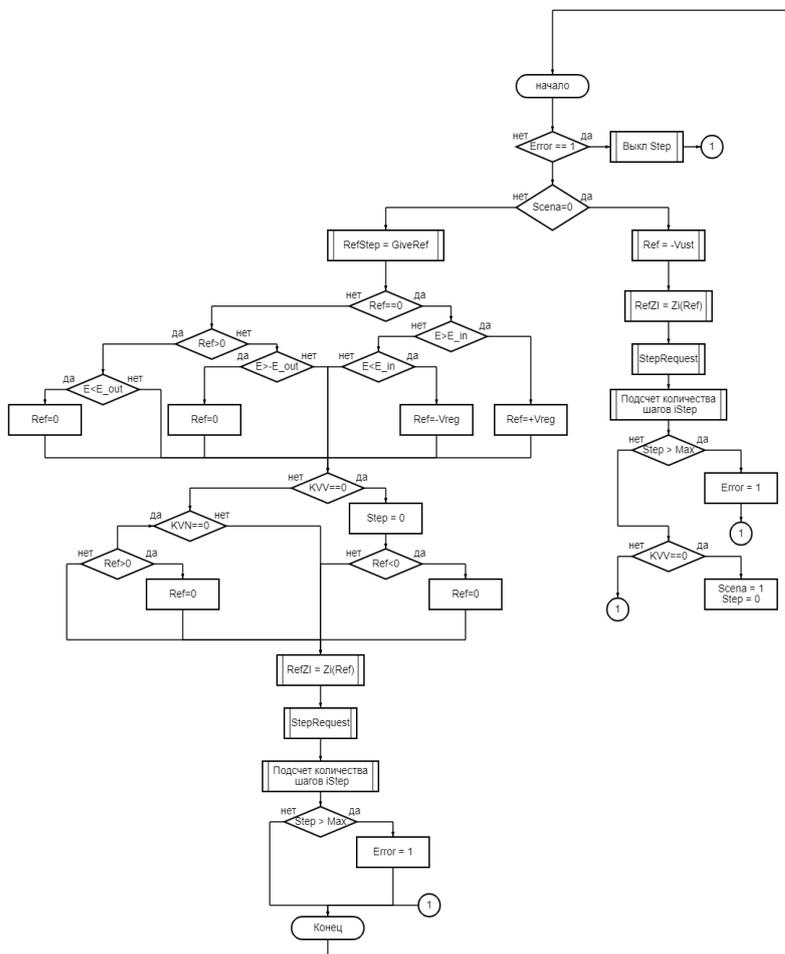


Рисунок 2 –Блок-схема алгоритма работы системы

### Список литературы

1. Шаговый двигатель 86BYGH450A – Режим доступа: <https://steepline.ru/tovar/51/shagovuj-dvigatel-nema-86bygh450a.html> – 16.12.22
2. Драйвер для шагового двигателя CWD860 – Режим доступа: <https://ru.sogears.com/products-overview/97-cwd860> – 16.12.22
3. Микроконтроллер STM32F407VE – Режим доступа: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407ve.html> – 16.12.22

# ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СЭС НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

**Крынова Е.К., Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Одним из актуальных направлений в электроэнергетике является интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в электроэнергетическую систему (ЭЭС). Особое место среди ВИЭ занимают солнечные электростанции (СЭС). В исследованиях [1, 2, 3] показано, что ВИЭ неблагоприятно влияют на релейную защиту и автоматику (РЗА) ЭЭС. Рассмотрим данную проблему при помощи имитационной модели ЭЭС в среде Simulink MATLAB, подробно изложенной в статье [4].

Наиболее эффективным способом уменьшения влияния ВИЭ на работу релейной защиты является координация уставок РЗ. Применим данный метод для разработки методики расчета уставок РЗА в ЭЭС с ВИЭ. Рассмотрим модель с комбинированным питанием, а именно с питанием, осуществляемым частично от СЭС, частично от традиционного источника ЭЭС. В данной системе СЭС не имеет РЗА, и все короткие замыкания рассматриваются относительно вводного выключателя Q1, отключение линии с СЭС происходит от сигнала, поступающего от вводного выключателя.

На основе проанализированных источников [1, 2, 3, 5] можно сделать вывод, что наиболее результативный метод – это использование адаптивных защит на основе трехслойной искусственной нейронной сети. Однако данный подход значительно усложняет систему, является ресурсозатратным и требует наличия высококвалифицированного персонала. Наиболее реальным и экономически целесообразным является метод установки РЗА со стороны СЭС. Рассмотрим идеальное распределение мощности в течение полного дня, в которой СЭС вырабатывает до 50% необходимой мощности, для наглядности отобразим данные в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Идеальное распределение мощности в течение полного дня

Время суток	Вид источника ЭЭС	Генерируемая мощность, %	Суммарный вклад в комбинированную систему
День	СЭС	100%	50%
	Традиционный источник ЭЭС	50%	50%
Ночь	СЭС	0%	0%
	Традиционный источник ЭЭС	100%	100%

Поскольку в ночное время суток питание всей систем осуществляется от ЭЭС (8 МВт), а в дневное время суток необходимая мощность питания системы может уменьшаться до 4 МВт за счет выработки оставшихся 4 МВт СЭС, то

мощность ЭЭС должна варьироваться от 4 до 8 МВт, в связи с чем РЗиА должна отстраиваться от режима максимальной загрузки традиционной системы.

На рисунке 1 представлен измерительный орган и РЗиА, подключенная к выключателю, на рисунке 2 – ТО-1 и МТЗ-1 в среде Matlab Simulink, цель данной РЗиА – это защита линии до трансформаторных подстанций (ТП), т.к. ТП и отходящие от них низковольтные группы защищаются при помощи предохранителей и автоматических выключателей.

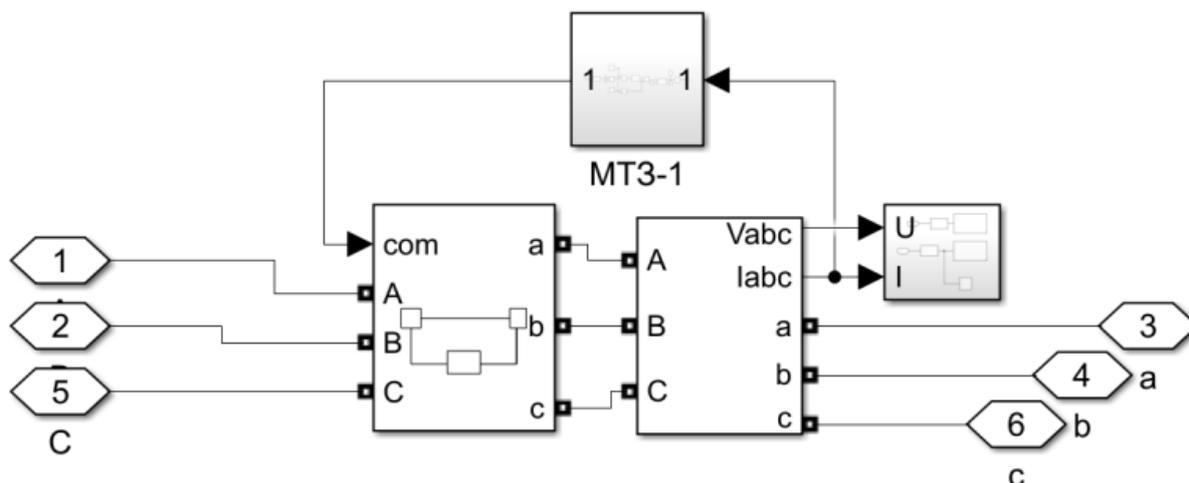


Рисунок 1 – Измерительный орган и РЗиА, подключенная к выключателю

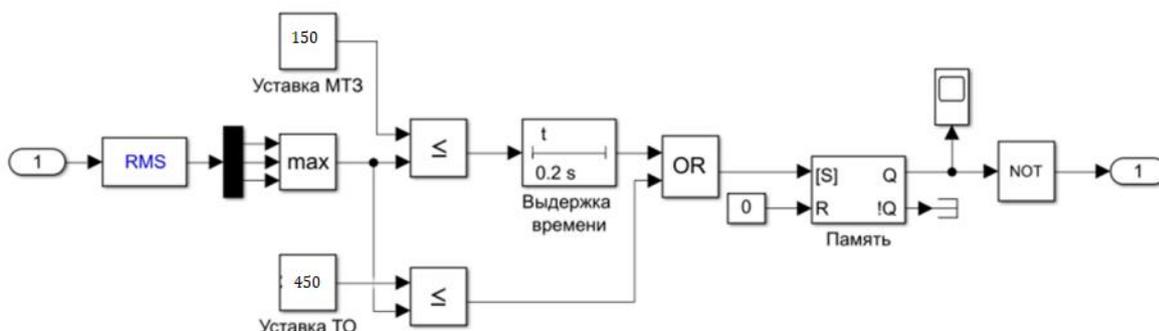


Рисунок 2 – ТО-1 и МТЗ-1 в среде Matlab Simulink

Для иллюстрации работы РЗиА вводного выключателя построим осциллограмму изменения фазного тока при двухфазном коротком замыкании в ближайшей точке (К2), при питании только от ЭЭС (рисунок 3) и при комбинированном питании (при наличии СЭС в ЭЭС рисунок 4).

Согласно выставленным параметрам, двухфазное КЗ в точке К2 происходит через 0,1 с после начала моделирования. Выходной сигнал подается на выключатель, при подаче сигнала «0» происходит отключение.

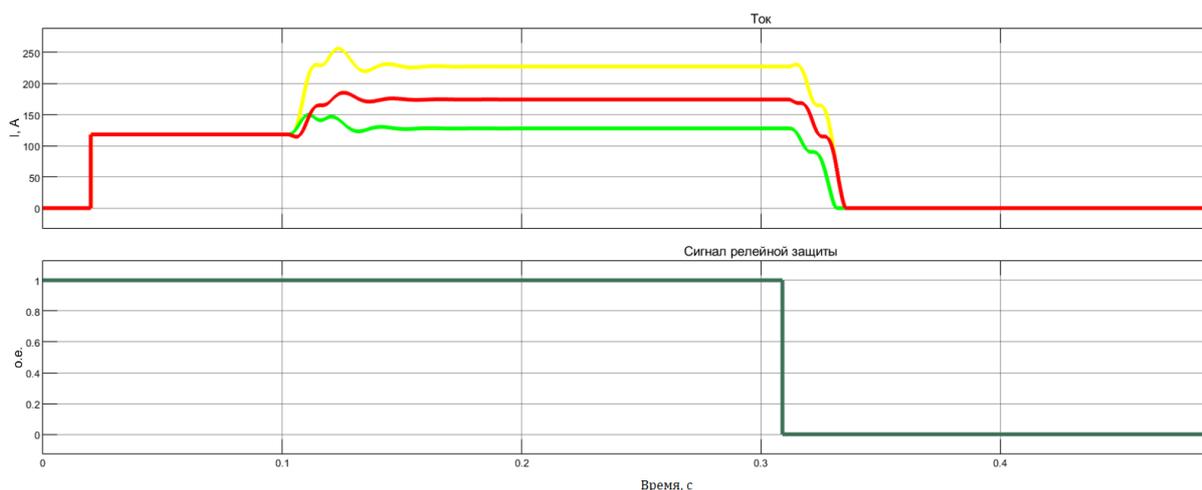


Рисунок 3 – Ток при двухфазном КЗ и сигнала срабатывания релейной защиты (ТО-1, МТЗ-1)

Из графика следует, что в точке К2 МТЗ сработала через 0,2 с после возникновения КЗ с в соответствии с заданной выдержкой времени.

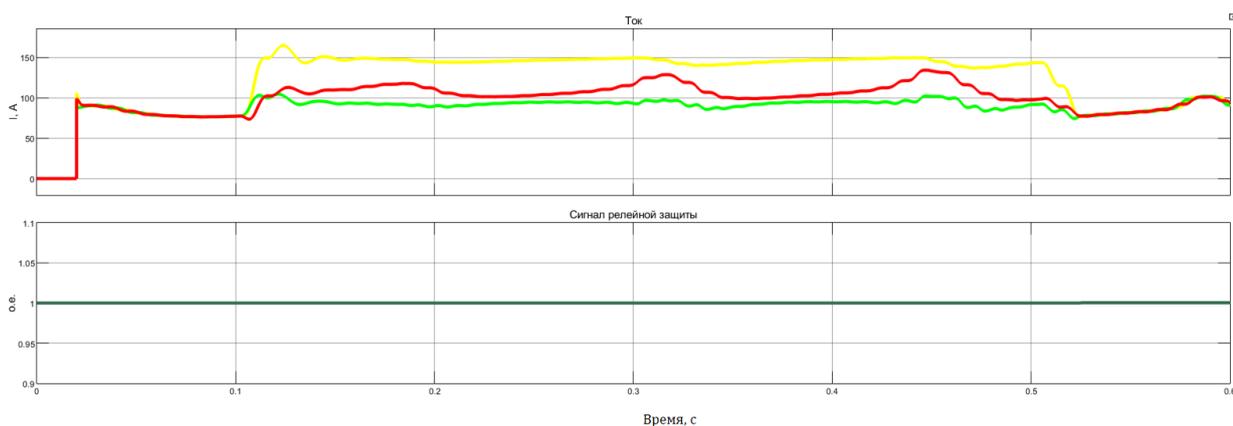


Рисунок 4 – Ток при двухфазном КЗ и сигнала срабатывания релейной защиты при наличии СЭС в ЭЭС (ТО-1, МТЗ-1)

Из рисунка 4 следует, что наличие СЭС, привело к несрабатыванию релейной защиты, а именно КЗ в точке К2 не было отключено.

В таком случае для корректной работы релейной защиты установим РЗиА со стороны СЭС. В качестве защиты используется максимальная токовая защита (МТЗ). Уставка ТО-2 составляет 240 А, уставка МТЗ-2 составляет 90 А, коэффициент чувствительности  $k_{\text{ч}}=1,5$ . Согласно ПУЭ, коэффициент чувствительности МТЗ в основной зоне должен быть не менее 1,5, следовательно, защита удовлетворяет условиям чувствительности при наличии СЭС в ЭСС. Рассмотрим графики токов и сигнала срабатывания релейной защиты при данной настройке системы.

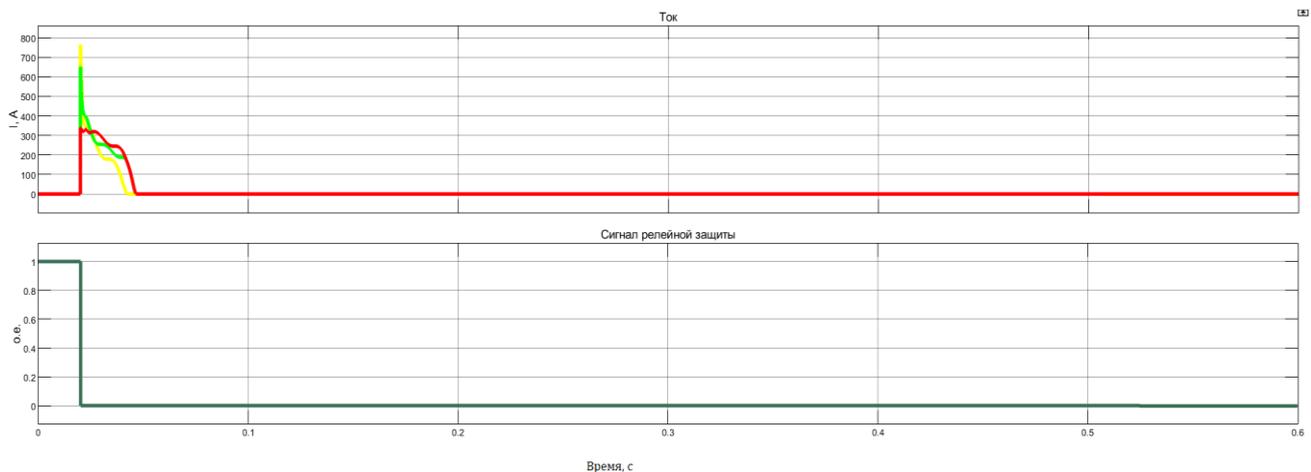


Рисунок 5 – Ток при двухфазном КЗ и сигнала срабатывания релейной защиты при наличии СЭС в ЭЭС (ТО-2, МТЗ-2)

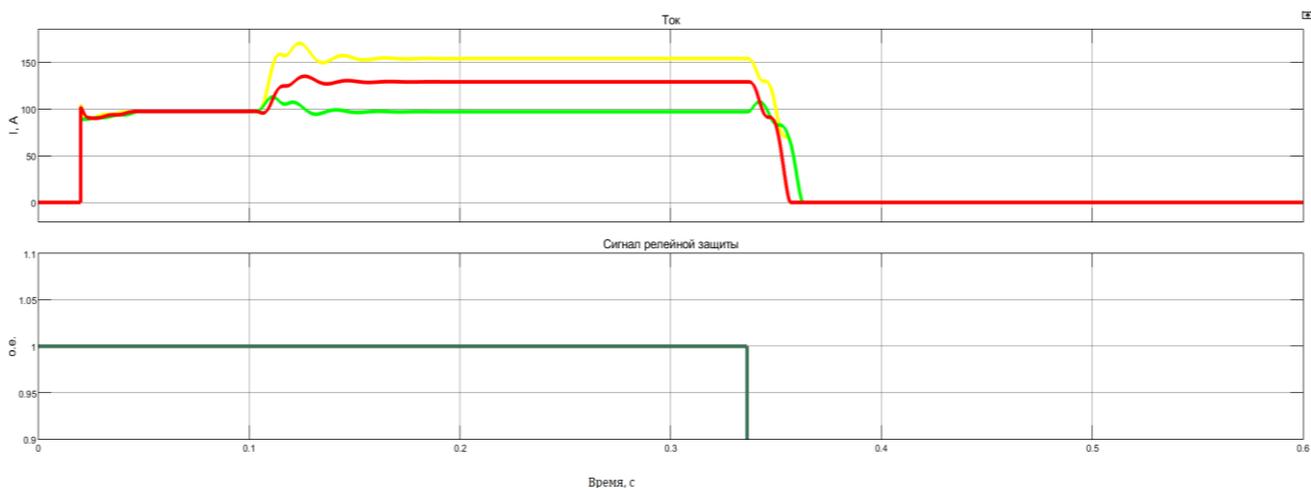


Рисунок 6 – Ток при двухфазном КЗ и сигнала срабатывания релейной защиты при наличии СЭС в ЭЭС (ТО-1, МТЗ-1)

Из рисунка 5 видно, что при данной настройке РЗиА, линия СЭС отключится при помощи ТО–2, из графика 6 следует, что в точке К2 МТЗ–1 отключило КЗ через 0,2 с после возникновения КЗ с в соответствии с выбранной выдержкой времени. В данном случае даже при наличии СЭС в системе, релейные защиты сработали и отключили поврежденный участок.

Данный способ является решением проблемы для ЭЭС с ВИЭ, применимым при наличии одного дополнительного источника питания в роле солнечной электростанции. Для более сложных систем рекомендовано применение других методов повышения эффективности РЗиА. Предложенный способ применяется для систем наиболее распространённых в данный момент времени, имеет ряд преимуществ:

- не приводит к усложнению схемы, надежность системы не уменьшается;
- не требует значительных затрат для реализации;

- незначительно уменьшает быстродействие;
- уменьшается влияние ВИЭ на ток короткого замыкания во время неисправности;
- используется в качестве основной защиты.

#### Список литературы

1 Андреев М. В., Суворов А. А., Аскарлов А.Б. Исследование влияния возобновляемых источников энергии на функционирование релейной защиты //Энергетика. 2019. Том 19. №. 4. С. 34-40.

2 Telukunta V. Protection challenges under bulk penetration of renewable energy resources in power systems: A review //CSEE Journal of Power and Energy Systems. 2017. Т. 3. №. 4. С. 365-379.

3 Yazdanpanahi H., Li Y. W., Xu W. A new control strategy to mitigate the impact of inverter-based DGs on protection system //IEEE Transactions on Smart grid. 2012. Т. 3. №. 3. С. 1427-1436.

4 Крынова Е.К., Валиуллин К.Р. Имитационная модель части электроэнергетической системы Оренбургского района в среде Simulink Matlab// Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции/ Оренбург: Оренбургский государственный университет ,2022. 1106-1112 с.

5. Крынова, Е. К. Анализ способов повышения эффективности устройств релейной защиты в электроэнергетических системах с возобновляемыми источниками энергии / Е. К. Крынова, К. Р. Валиуллин // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). Оренбург, 2021. 2974-2982.

# АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ РАДИОЭЛЕКТРОНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Куйсоков Т.А.**

**Бузулукский колледж промышленности и транспорта ОГУ**

Радиоэлектронная промышленность – важнейшая составляющая экономики. Задачи этой отрасли – разработка и производство радиоэлектронного оборудования, модулей, приборов, компонентов и встраиваемого программного обеспечения. По наукоёмкости отрасль находится на первом месте среди всех отраслей промышленности. Радиоэлектронные технологии ускоряют научно-технический прогресс, и то, насколько развиваются другие отрасли, зависит в том числе и от использования радиоэлектронной продукции. Поэтому соответствие производимой радиоэлектронной промышленностью продукции современным требованиям является одним из условий развития всей отечественной экономики.

Согласно Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года развитие кадрового потенциала для обеспечения нужд отрасли является одним из ключевых направлений государственной политики в сфере развития электронной промышленности Российской Федерации. [1] При этом неполное соответствие профессиональных компетенций работников предъявляемым квалификационным требованиям является главной кадровой проблемой отрасли. Данный факт, с одной стороны, может быть объяснен чрезвычайно высокой скоростью изменения потребностей радиоэлектронной промышленности, в том числе за счет освоения критически необходимых и новых перспективных направлений промышленной и бытовой электроники. С другой стороны, существует проблема, обозначенная работодателями отрасли и заключающаяся в недостаточном или полном отсутствии опыта по профессии у выпускников СПО.

В связи с этим обеспечение подготовки высоко квалифицированных специалистов, соответствующих самым современным отраслевым требованиям, является первостепенной задачей, решаемой в системе профессионального образования.

На сегодняшний день в профессиональном образовании цели обучения отражаются в компетентностной модели выпускника как перечни профессиональных и общих компетенций, а также в более детализированных требованиях к его знаниям, умениям и практическому опыту. То есть непосредственными результатами освоения образовательных программ выступают полученные знания и сформированные умения, обеспечивающие соответствующую квалификацию и уровень образования. [2]

Эффективность компетентностного подхода достигается через разработку и актуализацию профессиональных стандартов, федерального государственного образовательного стандарта и образовательных программ по наиболее

востребованным новым и перспективным специальностям. Одновременно с разработкой и актуализацией стандартов образования, в том числе и ФГОС, необходимым является совершенствование материально-технической базы образовательных учреждений среднего профессионального образования. Важным также является и обеспечение образовательного процесса педагогическими кадрами, эффективно использующими современные образовательные технологии и современную материально-техническую базу в своей профессиональной деятельности.

Важным аспектом в решении задачи подготовки высококвалифицированных специалистов является опережающий характер, когда образовательный процесс в части изучения профессиональных модулей и междисциплинарных комплексов основывается на изучении передовых технологий производства радиоэлектронной аппаратуры, которые соответствуют национальной стратегии развития отрасли и региональному производственному компоненту.

В данном аспекте наибольшую эффективность представляют практико-ориентированные методы обучения, в том числе дуальное образование, которое в широком смысле является инфраструктурной региональной моделью, в которой обеспечивается взаимодействие образовательного и производственного процессов. При этом наиболее перспективным направлением совершенствования дуальной модели в современных условиях и с учетом стратегии развития отрасли является двухсторонняя интеграция производственного и образовательного процессов, которая заключается как в проведении части лабораторно-практических занятий в производственной среде, так и в формировании части производственных мощностей на базе учебных лабораторий. Реализация переноса части производственных процессов может быть осуществлена путем их внедрения в заранее подготовленные к интеграции учебно-производственные комплексы, созданные в образовательной организации. В соответствии с [3] на базе учебно-производственных комплексов образовательного учреждения могут оказываться услуги, выполняться работы и осуществляться производство товаров по профилю реализуемых ими образовательных программ.

В соответствии со стратегией развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года ключевые технологические направления подразделяются на несколько видов, в том числе традиционные перспективные рынки, в которые входят промышленная электроника, электроника для энергетики, электроника оборонно-промышленного комплекса, электроника аэрокосмической отрасли, навигации и радиолокации, медицинская электроника, автоэлектроника, потребительская электроника, электроника торгового оборудования, и новые рынки, к которым относятся: беспилотная авиация, нейроинтерфейсы, «интеллектуальная» энергетика, автоматизированный транспорт, телемедицина, средства защиты информационных систем и т.д.

С учетом ключевых технологических направлений и в рамках регионального компонента дуальная модель образования в радиоэлектронике с

наибольшей эффективностью реализуется в части технического обслуживания и ремонта электронных устройств. При этом интеграция образовательного и производственных процессов в части проектирования и производства новых электронных устройств развита не в полном объеме.

С целью повышения эффективности дуальной модели в отраслевых региональных составляющих необходимым является осуществление охвата всех этапов жизненного цикла РЭП, а именно: проектирования, опытно-конструкторских работ, производства и эксплуатации (технического обслуживания и ремонта). При этом особое внимание предлагается уделить внедрению в образовательный материал новых отечественных разработок РЭП, в том числе с применением до 100% отечественных радиоэлектронных компонентов. Не меньшая эффективность может быть достигнута за счет реализации в рамках образовательного процесса, мероприятий по переводу наиболее востребованных электронных устройств на отечественную элементную базу. Реализацию указанных мероприятий за счет вариативной части целесообразно включить в междисциплинарные комплексы профессионального модуля ПМ.03 «Проектирование электронных приборов и устройств на основе печатного монтажа». [4]

Не менее важным аспектом в эффективности формирования профессиональных компетенций будущих специалистов являются базовые знания и умения, сформированные на этапе школьного образования. Данный аспект, в рамках стратегического планирования развития отрасли радиоэлектроники, с наибольшей эффективностью может быть реализован в рамках внеурочной совместной кружковой работы студентов и детей школьного возраста. В рамках совместных кружковых занятий реализуется выполнение задачи по формированию у детей школьного возраста интереса к отрасли, начальных базовых навыков и умений, необходимых при дальнейшем обучении по специальностям радиоэлектроники. Такой подход, наряду с формированием начальных профессиональных компетенций, также является профессионально ориентационной работой, в рамках которой осуществляется популяризация радиоэлектроники как отрасли.

#### Список литературы

1. Князева, О. Г. Компетентностный подход в профессиональном образовании в условиях реализации ФГОС СПО / О. Г. Князева. — Текст : непосредственный // Проблемы и перспективы развития образования : материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2015 г.). — Пермь : Меркурий, 2015. — С. 236-237.

2. Концепция развития кадрового потенциала системы среднего профессионального образования в целях кадрового обеспечения радиоэлектронной промышленности Российской Федерации до 2030 года, 2022. — С. 216.

3. Федеральный закон №449-ФЗ О внесении изменений в статьи 27 и 28 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» (утв. Президентом Российской Федерации, 21 ноября 2022 года).

4. Федеральный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств» (утв. приказом МОиН РФ 9 декабря 2016г. № 1563).

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПУТЕМ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ

**Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент, Калашник Н.А.**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Оренбургский государственный университет»**

Возобновляемая энергетика развивается по всему миру. Солнечная энергия является одной из перспективных возобновляемых источников энергии. Ежегодно вводятся в эксплуатацию новые мощности. Эксплуатация солнечных станций приводит к возникновению различного рода задач. Основной проблемой, решением которой занимаются ведущие ученые, является увеличение вырабатываемой мощности с единицы площади поверхности. Для решения этой задачи выделяют три подзадачи. Первая – это слежение за солнцем и увеличение свобод для экономичного перемещения поверхности солнечных панелей (СП). Вторая – это очистка солнечной панели от загрязнений (пыль, влага, снег), т.к. уменьшение площади поверхности падения солнечных лучей на панель вызывает падение вырабатываемой мощности. Третья связана с охлаждением СП. Перегрев СП ведет уменьшением КПД солнечной панели и к деградации кристаллов СП. Этот факт касается СП любого типа – монокристаллических, поликристаллических. В этой обзорной статье авторами сделан анализ научно-технической литературы в области снижения температурного влияния на долгосрочную деградацию солнечных модулей. Это поможет повысить энергоэффективность солнечных панелей, путем снижения уровня деградации на протяжении всего срока службы.

*Использование технологии принудительной циркуляции воздуха.* Этот способ является [1] широко известной технологией «airflow», применяемый к СП. Для повышения эффективности солнечных фотоэлектрических панелей можно использовать метод регулирования на основе сжатого воздуха. Метод принудительной циркуляции воздуха по поверхности СП, который может одновременно очищать и охлаждать фотоэлектрические панели. В настоящее время этот способ изучается и тестируется. Исследованию подвергаются механизм прилипания и отрыва пыли, а также анализ изменения температуры СП в процессе продувки.

Как показано на рисунке 1, система регулирования на основе сжатого воздуха имеет простую структуру, состоящую в основном из блока сжатого воздуха. Блок подачи сжатого воздуха состоит из компрессора, резервуара для воздуха и форсунок. Для реального применения блок сжатого воздуха может быть разработан для группы фотоэлектрических панелей. Компрессор питается непосредственно от фотоэлектрических панелей и выпуск сжатого воздуха из резервуара регулируется клапаном, чтобы удовлетворить требования массового расхода для очистки и охлаждения. Распределение воздуха из сопел, образует воздушный поток в форме хлопьев, который уносит пыль и отводит тепло с поверхности панели. Компоненты, используемые в системе, представляют

собой недорогие и высоконадежные стандартизированные продукты. Система может быть построена с использованием фиксированной трубы для подачи воздуха на панель и может быть изготовлена в виде мобильного комплекта оборудования для перемещения к месту, где требуется очистка и охлаждение. Такая система будет входить в капитальные затраты при строительстве солнечных станций, а цена ее будет зависеть от климатических условий эксплуатации.

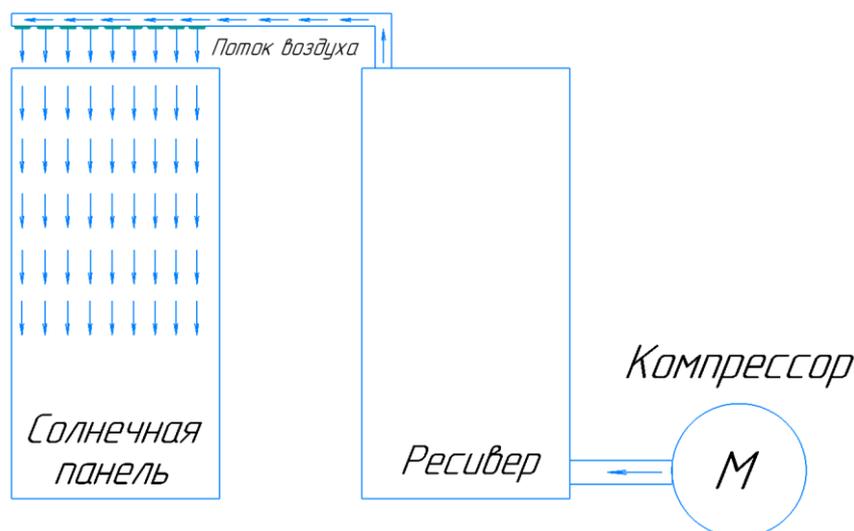


Рисунок 1 – Структурная схема модели «airfow»

*Использование технологии принудительной циркуляции воды.* Солнечную энергию можно использовать не только, для выработки электроэнергии напрямую через PV-модуль, за счет полупроводящего слоя в панели, но и для нагрева воды, чтобы снизить затраты на нагрев обычным способом (котлоагрегаты, водонагреватели).

Как видно из рисунка 2 солнечная панель помещается в стеклянный «саркофаг», для улучшения нагрева теплоносителя в трубках, будь то либо вода, либо любая другая жидкость. В литературе [2] такая технология используется для охлаждения СП. Вода, циркулируя по медным трубкам, охлаждает поверхность СП, отводя от нее тепло. Такие панели особенно активно используют в южных широтах.

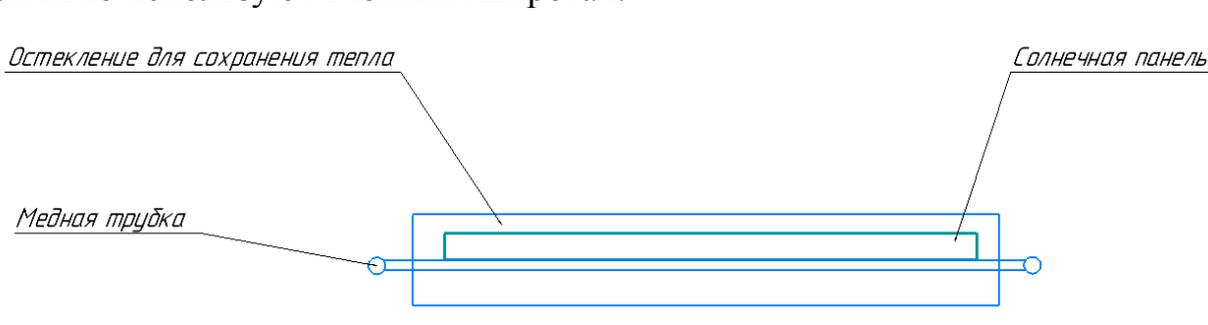


Рисунок 2 – Структурная схема модели с принудительной циркуляцией жидкости по поверхности панели для отвода тепла от нее

Приведем особенности конструкции такой панели. Панель имеет тепловой коллектор. Это своего рода петлевого термосборник, который

позволяет жидкости проходить короткий путь и для сбора тепла используется естественный (принудительный) теплообмен между термосборником и теплообменным оборудованием. Короб панели имеет покровное стекло для подавления теплового излучения от PV- модуля в окружающую среду. Чтобы решить проблему замерзания в холодных климатических условиях, есть возможность использовать незамерзающую жидкость, например, раствор этанола/воды. Недостатком такого метода охлаждения является снижение КПД панели за счет уменьшения коэффициента пропускания солнечных лучей через стекло.

*Использование метода распыления воды.* Еще одним способом [3] снижения температуры солнечной панели является распыление воды из диспенсеров при помощи водяного насоса. Система водяного распыления солнечной панели была спроектирована на углах поверхности панели как устройство для искусственного выпуска струи воды. При этом температура стекла солнечной панели снижается при увеличении расхода воды для охлаждения. Система управляется автоматически и определяет превышение температуры в заданных пределах. Автоматическая система распыления воды срабатывает, как только температура стекла солнечной панели превышает установленные пределы, и распыляет воду на поверхность панели пока температура не снизится до допустимого нижнего предела. Алгоритм, основанный на микроконтроллере, использует электронный резистивный датчик температуры. Температурный детектор для определения высокой температуры солнечной панели, и насос начинает распылять воду на панель, пока она не остынет. Из результатов алгоритма солнечной батареи с водяным напылением следует, что мощность, вырабатываемой солнечной панелью увеличивается на 16,65 %. Очень важно следить за тем, чтобы солнечные панели не превышали свою рабочую температуру для улучшения поглощения света. Контроль температуры в подходящем диапазоне необходимо для улучшения поглощения солнечного света и выработки энергии. Недостатком такого метода охлаждения – это расход воды для охлаждения, но ее можно также собирать с помощью желобов и после очистки отправлять обратно в систему.

#### Список литературы

1. Dacheng Li Study on the cleaning and cooling of solar photovoltaic panels using compressed airflow / Li Dacheng // Solar Energy. – 2021. – № 221. – С. 433-444. [2] - Development of an environmentally friendly PV/T solar panel
2. Kohei Terashima Haruki Sato Development of an environmentally friendly PV/T solar panel / Haruki Sato Kohei Terashima // Solar Energy. – 2020. – № 199. – С. 510-520.
3. Opeyeolu Timothy Laseinde Moyahabo Dominic Ramere Efficiency Improvement in polycrystalline solar panel using thermal control water spraying cooling / Moyahabo Dominic Ramere Opeyeolu Timothy Laseinde // Procedia Computer Science. – 2021. – № 180. – С. 239-248.

# **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ К ЗАЩИТЕ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ В РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТАХ**

**Петрушанский М.Г., канд. техн. наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Одной из мер защиты пациентов от дополнительного облучения при проведении исследований на рентгенодиагностических аппаратах является ограничение минимально допустимых величин общей, или суммарной, фильтрации и первого слоя половинного ослабления (СПО) пучка рентгеновского излучения. Основным документом, содержащим требования к указанным величинам, до 2015 года являлся стандарт ГОСТ Р 50267.0.3–99 [1]. В то же время, однако, продолжал действовать стандарт ГОСТ 26140–84 [2], требования которого, как показано в работах [3, 4], значительно расходились с ГОСТ Р 50267.0.3–99 [1].

После отмены стандарта ГОСТ Р 50267.0.3–99 [1] в 2015 году начал действовать стандарт ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5] с измененными требованиями к защите от излучения в рентгенодиагностических аппаратах, но стандарт ГОСТ 26140–84 [2] до сих пор не отменен и также остается в статусе действующего.

В стандарте ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5] приведены минимально допустимые величины первого СПО для дискретных значений анодного напряжения в диапазоне от 50 до 150 кВ с примечанием о возможности определения величин первого СПО для других напряжений с помощью линейной интерполяции или экстраполяции (таблица 3 [5]), а также сказано, что величина общей фильтрации должна быть не меньше, чем 2,5 мм в алюминиевом эквиваленте (пункт 7.1 [5]). Далее, в пункте 7.4 [5], дано указание определять соответствие этому требованию путем суммирования значений фильтрации от каждого слоя материала, находящегося в пучке рентгеновского излучения, без пояснений, откуда может быть получена эта информация, либо, что представляется более реальным, определять общую фильтрацию в соответствии с МЭК 60522. Имеется в виду стандарт ГОСТ ИЕС 60522–2011 [6], пункт 5 которого предписывает измерять общую фильтрацию при номинальном анодном напряжении рентгеновского аппарата, если оно меньше 65 кВ, и при значении анодного напряжения 75 кВ, если номинальное анодное напряжение больше 65 кВ. Таким образом, согласно совместному рассмотрению положений стандартов ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5] и ГОСТ ИЕС 60522–2011 [6], выполнение требования «не меньше, чем 2,5 мм в алюминиевом эквиваленте» может быть проверено только для значений анодного напряжения, не превышающих 75 кВ, хотя при дальнейшем увеличении анодного напряжения величина общей фильтрации не будет оставаться неизменной [7]. А если измерение и, следовательно, констатация соответствия или несоответствия

величины общей фильтрации стандарту для значений анодного напряжения, больших 75 кВ, соответствующими ГОСТами не предусмотрены, то логично считать, что в ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5] общая фильтрация стандартизирована только для значений анодного напряжения, не превышающих 75 кВ. В отличие от рассмотренного выше, в стандарте ГОСТ 26140–84 [2] приведены минимально допустимые величины общей фильтрации излучения для значений анодного напряжения в диапазоне от 50 до 150 кВ, но при этом отсутствуют требования по минимально допустимым величинам первого СПО.

В таблице 1 представлены требования действующих стандартов к минимально допустимым величинам первого СПО и общей фильтрации излучения. В соответствии с примечанием к таблице 3 стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5], величина первого СПО для значения анодного напряжения 75 кВ получена с помощью линейной интерполяции соседних величин первого СПО.

Таблица 1 – Минимально допустимые величины первого СПО и общей фильтрации излучения при различных значениях анодного напряжения

Анодное напряжение, кВ	Первый СПО, мм А1	Общая фильтрация, мм А1	
	таблица 3 ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013	пункт 2.4.25 ГОСТ 26140–84	пункт 7.1 ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013
50	1,8	1,5	2,5
60	2,2		
70	2,5		
75	2,7	2,0	?
80	2,9	3,0	
90	3,2		
100	3,6	4,0	
110	3,9		
120	4,3		
130	4,7	5,0	
140	5,0		
150	5,4		

Поскольку, как отмечено ранее, в стандарте ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5] минимально допустимые величины общей фильтрации для большей части значений анодного напряжения фактически не стандартизированы, в соответствующих ячейках таблицы 1 стоит знак вопроса.

Из таблицы 1 видно, что требования стандартов ГОСТ 26140–84 [2] и ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5] к минимально допустимой величине общей фильтрации излучения существенно отличаются. Для более детального сравнения этих требований можно воспользоваться полученным в работе [8] аналитическим выражением, однозначно связывающим величины первого СПО и общей фильтрации излучения для конкретного значения анодного напряжения. В таблице 2 представлены требования действующих стандартов к минимально допустимым величинам общей фильтрации излучения, содержащиеся в соответствующих пунктах и рассчитанные с использованием упомянутого выражения.

Таблица 2 – Минимально допустимые величины общей фильтрации излучения при различных значениях анодного напряжения

Анодное напряжение, кВ	Общая фильтрация, мм А1		
	по ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013		по ГОСТ 26140–84, пункт 2.4.25
	расчет по таблице 3	пункт 7.1	
50	3,2	2,5	1,5
60	3,4		
70	3,4		
75	3,6	?	2,0
80	3,7		
90	3,7		3,0
100	3,9		4,0
110	4,0		
120	4,1		
130	4,3		5,0
140	4,3		
150	4,4		

Из таблицы 2 видно, что, кроме уже отмеченной в работе [9] неопределенности и несогласованности требований внутри одного стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013 [5], подавляющее большинство требований этого стандарта отличается от соответствующих величин минимально допустимой общей фильтрации излучения, приведенных в стандарте ГОСТ 26140–84 [2]. Единственным исключением является частичное равенство требований для значения анодного напряжения 110 кВ.

В таблице 3 представлены требования действующих стандартов к минимально допустимым величинам первого СПО, содержащиеся в

соответствующей таблице и рассчитанные с использованием полученного в работе [8] аналитического выражения, однозначно связывающего величины первого СПО и общей фильтрации излучения для конкретного значения анодного напряжения.

Таблица 3 – Минимально допустимые величины первого СПО при различных значениях анодного напряжения

Анодное напряжение, кВ	Первый СПО, мм АІ		
	по ГОСТ Р МЭК 60601-1-3-2013		по ГОСТ 26140-84, расчет по пункту 2.4.25
	таблица 3	расчет по пункту 7.1	
50	1,8	1,5	1,1
60	2,2	1,8	1,2
70	2,5	2,0	1,4
75	2,7	2,1	1,8
80	2,9	?	1,9
90	3,2		2,8
100	3,6		3,0
110	3,9		3,9
120	4,3		4,2
130	4,7		5,2
140	5,0		5,5
150	5,4		5,8

Представленные в таблице 3 данные вновь подтверждают выводы работы [9] о неопределенности и взаимной несогласованности требований стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3-2013 [5] и показывают, что подавляющее большинство этих требований отличается от соответствующих величин допустимого первого СПО, приведенных в ГОСТ 26140-84 [2]. Частичное равенство требований вновь наблюдается только для значения анодного напряжения 110 кВ.

Таким образом, после ввода в действие стандарта ГОСТ Р МЭК 60601-1-3-2013 [5] взамен отмененного ГОСТ Р 50267.0.3-99 [1] сохранилось значительное расхождение требований нового стандарта с продолжающим действовать ГОСТ 26140-84 [2]. Как и прежде, эта неоднозначность позволяет, например, производителям рентгеновского оборудования при испытаниях новых или модернизированных диагностических аппаратов использовать наиболее подходящий вариант требований к защите от излучения [3]. Выходом из этой ситуации может быть только отмена давно устаревшего стандарта ГОСТ 26140-84 [2] и пересмотр требований ГОСТ Р МЭК 60601-1-3-2013 [5] для достижения их полной определенности и взаимной согласованности, что

возможно осуществить, например, с использованием рекомендаций, изложенных в работе [10].

#### Список литературы

1. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности. 3. Общие требования к защите от излучения в диагностических рентгеновских аппаратах: ГОСТ Р 50267.0.3–99 (МЭК 60601–94). – М., 2000.
2. Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия: ГОСТ 26140–84. – М., 1990.
3. Петрушанский, М. Г. Сравнительный анализ требований государственных стандартов к величинам суммарной фильтрации пучка рентгеновского излучения рентгенодиагностических аппаратов / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2011. – № 5. – С. 11 – 14.
4. Петрушанский, М. Г. Особенности нормирования величины первого слоя половинного ослабления излучения рентгеновских аппаратов / М. Г. Петрушанский // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – С. 1471 – 1475.
5. Изделия медицинские электрические. Часть 1-3. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик. Дополнительный стандарт. Защита от излучения в диагностических рентгеновских аппаратах: ГОСТ Р МЭК 60601-1-3–2013. – М., 2015.
6. Излучатели рентгеновские. Методы определения постоянной фильтрации: ГОСТ ИЕС 60522–2011. – М., 2013.
7. Петрушанский, М. Г. Метод измерения величины слоя половинного ослабления излучения рентгеновских аппаратов / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2013. – №6. – С. 18 – 20.
8. Петрушанский, М. Г. К вопросу определения первого слоя половинного ослабления рентгеновского излучения / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2009. – №5. – С. 16 – 18.
9. Петрушанский, М. Г. Эволюция требований государственных стандартов в области нормирования качества излучения диагностических рентгеновских аппаратов / М. Г. Петрушанский // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С. 1143 – 1146.
10. Петрушанский, М. Г. Вариант взаимного согласования требований государственного стандарта к защите от излучения рентгеновских аппаратов / М. Г. Петрушанский // Медицинская техника. – 2015. – №5. – С. 49 – 51.

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

**Поляков К.А., Семенова Н.Г., канд. техн. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

В настоящее время проблемы использования в традиционной энергетике ископаемого топлива, стали проявляться все чаще. Ими являются истощение запасов ископаемого топлива, увеличение темпов роста загрязнения окружающей среды, уменьшение уровня кислорода в воздухе, увеличение среднегодовой температуры атмосферы Земли и Мирового океана. Альтернативой для вышеназванной проблемы является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как ветер и солнце. В настоящее время активно разрабатываются гибридные установки, работающие на солнечной и ветровой энергии и обеспечивающие электроэнергией отдаленные населенные пункты. Они включают в себя:

- два независимых возобновляемых источника энергии (солнечную панель и ветрогенератор);
- накопитель электроэнергии, обеспечивающий стабильную работу системы электроснабжения независимо от внешних условий (скорости ветра, времени суток).

Такие установки также могут применяться для электроснабжения уличного освещения, если дорожная трасса находится на большом расстоянии от централизованной электросети.

Проведем системный анализ научно-технической литературы в области существующих систем электроснабжения, используемых в электросетях для уличного освещения.

Автономное уличное освещение является весьма актуальным как для отдаленных потребителей электроэнергии, так и для населенных пунктов, где линии освещения имеют большую протяженность, в следствии чего значительная часть электроэнергии теряется в процессе передачи. На освещение даже небольшого города затрачивается колоссальное количество электроэнергии, что является серьезной статьей расходов для муниципалитетов. Применение автономных энергетических установок позволит не только разгрузить питающую сеть, но и снизить затраты на производство, трансформацию и передачу электроэнергии.

В настоящее время электроснабжение уличного освещения осуществляется как с использованием традиционных систем, так и автономных установок. Проведенный анализ научно-технической литературы в области существующих систем электроснабжения уличного освещения позволил разбить их условно на четыре группы.

К первой группе относятся традиционные системы электроснабжения, генерация электроэнергии происходит при помощи тепловых, гидро- или

атомных электростанций, от них энергия поступает в центральную систему электроснабжения, транспортировка и распределение энергии осуществляется с помощью линий электропередач (ЛЭП). Стоимость получения электроэнергии постоянно возрастает. К основным достоинствам данной системы можно отнести:

- Высокая надежность работы энергосистемы.

К недостаткам следует отнести:

- Зависимость от сети централизованного энергоснабжения.

Ко второй группе относятся солнечные установки электроснабжения. В данной системе генерация энергии происходит за счет преобразования энергии солнца при помощи солнечных панелей посредством фотоэлектрического эффекта, который происходит естественным образом в полупроводниках. Помимо солнечных панелей, как правило, солнечные установки включают в себя аккумуляторные батареи и контролер заряд-разряда. В случае электроснабжения потребителей переменным током данная установка включает в себя еще и инвертор. Солнечные установки электроснабжения, в отличие от предыдущей системы, используют возобновляемый, неисчерпаемый источник энергии, что является несомненным преимуществом. Однако, эта система обладает несколькими недостатками. К ним можно отнести:

- непостоянство выработки (волатильность) электроэнергии генерирующей установкой, так как в темное время суток КПД солнечной панели стремится к нулю, а в облачную погоду эффективность таких панелей очень мала;

- низкий к.п.д.;

- потеря излишков энергии в режимах малых нагрузок, так как при полной зарядки аккумуляторов система просто отключается;

- использование аккумуляторных батарей, работающих в циклическом режиме, что приводит к частой их замене;

- высокая стоимость оборудования.

К третьей группе отнесены ветроэнергетические установки, разработанные на основе преобразования кинетической энергии ветра в электрическую. Существенный вклад в разработку ветроэнергетических установок внесли ученые Н.Е. Жуковский, Г.Х. Сабинин и другие. Данные установки обладают следующими преимуществами: отсутствие загрязнения окружающей среды при производстве электроэнергии, огромные запасы ветровой энергии в России, а также экономическая конкурентоспособность по сравнению с традиционными источниками энергии. К недостаткам же можно отнести резкое падение эффективности выработки, когда скорость ветра опускается ниже 4-5 м/с, высокий уровень шума, создание помех для радиосвязи и телекоммуникации.

К четвертой группе можно отнести гибридную установку электроснабжения. Она представляет собой комбинированную систему, работающую на солнечной и ветровой энергии. Переключение между источниками зависит от погодных условий и мощности каждого узла. Встроенные аккумуляторные батареи будут исправно накапливать полученное электричество, расходуя его в темное время суток. Использование нескольких

видов источников энергии повышает надежность работы системы. Такая установка способна обеспечить стабильную работу небольшой электросети. Основные достоинства данной системы это: возможность стабильности поступления электроэнергии потребителям, обеспечение экологических нормативов при охране окружающей среды. К недостаткам следует отнести: необходимость дополнительного технического обслуживания, значительно больший срок окупаемости.

Для наглядности результаты проведенного сравнительного анализа существующих систем электроснабжения уличного освещения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа систем электроснабжения уличного освещения.

Существующие системы электроснабжения	Достоинства	Недостатки
Традиционные системы электроснабжения	Высокая надежность работы энергосистемы	Зависимость от сети централизованного энергоснабжения
Солнечные установки электроснабжения	Использование возобновляемого, неисчерпаемого источника энергии Высокий ресурс работы	Непостоянство выработки (волатильность) электроэнергии генерирующей установкой Низкий к.п.д. Высокая стоимость оборудования
Ветроэнергетические установки электроснабжения	Отсутствие загрязнения окружающей среды при производстве электроэнергии Огромные запасы ветровой энергии в России	Резкое падение эффективности выработки, когда скорость ветра опускается ниже 4-5 м/с
Гибридные установки электроснабжения	Бесперебойность выработки электроэнергии за счет использования двух независимых возобновляемых источников энергии	Необходимость дополнительного технического обслуживания Значительно больший срок окупаемости

### Список литературы

1. Лунин Л.С., Пащенко А.С. Моделирование и исследование характеристик фотоэлектрических преобразователей на основе GaAs и GaSb. М.: Журнал технической физики, 2011.
2. Попель О.С. Фортов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире. 2-е изд., стер. М: Издательский дом МЭИ, 2018.
3. Галявин Е.В. Интеллектуальный автоматизированный комплекс– Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Иркутск, 2011.
4. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года»

## **ТОРЦЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

**Раджабов А.Ф., Сурков Д.В., канд. техн. наук**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Оренбургский государственный университет»**

Во многих современных электрических приводах требуются специфические характеристики двигателей. Например, для электротранспорта необходим привод с низкой частотой вращения и высоким вращающим моментом. Таким характеристикам отвечают асинхронный и синхронный торцевой двигатель. Чаще всего такие электрические приводы строятся по схеме: высокооборотистый двигатель – редуктор – трансмиссия. Это позволяет снизить массу за счёт легкого двигателя, но приводит к снижению КПД из-за потерь при использовании редуктора. Торцевые двигатели имеют высокий вращающий момент, что позволяет исключить редуктор, повысив КПД и надежность электрического привода, одновременно снижая габариты и упрощая техническое обслуживание.

Цель работы: совершенствование методики проектирования и определение технико-экономических показателей тяговых двигателей торцевой конструкции.

Для достижения указанной цели необходимо решить задачи исследования:

- провести анализ научно-технической литературы и патентный поиск по конструкции торцевых двигателей;
- провести анализ известных методик проектирования тяговых двигателей торцевой конструкции, выявить их недостатки и предложить пути усовершенствования;
- провести расчет тягового двигателя торцевой конструкции по методике, расчеты магнитного и теплового полей численными методами, рассчитать характеристики двигателя;
- построить лабораторную модель двигателя и проверить точность методики расчета;
- сформулировать рекомендации по выбору конструктивных и электромагнитных параметров тяговых двигателей торцевой конструкции.

Объект исследования: тяговый двигатель торцевой конструкции.

Предмет исследования: конструкция, характеристики и технико-экономические показатели тягового двигателя торцевой конструкции.

Практическая значимость работы заключается в совершенствовании методик проектирования и определении технико-экономических показателей тяговых двигателей торцевой конструкции.

Самой простой конструкцией торцевого асинхронного двигателя является однороторное исполнение, представленное на рисунке 1. По сравнению с классическими асинхронными двигателями, торцевой асинхронный двигатель имеет меньший продольный размер двигателя. В зависимости от конструкции

торцевого асинхронного двигателя изменяются и его характеристики. Можно увеличить вращающий момент, если изменить количество рабочих воздушных зазоров до двух. Уменьшение частоты вращения достигается путем увеличения количества пар полюсов статора. Применение двухроторной конструкции приводит к увеличению вращающего момента и мощности торцевого двигателя. Также достигнуть увеличения мощности и вращающего момента можно использованием двух рабочих поверхностей обоих роторов.

Конструкция короткозамкнутой обмотки ротора торцевого асинхронного двигателя является аналогом «беличьей клетки» асинхронного двигателя классической конструкции. Она состоит из внутреннего и внешнего короткозамкнутых колец и радиальных проводников, выполненных из меди или алюминия. В роторе торцевого двигателя может быть выполнен скос пазов. Он позволяет устранить пульсации и достигнуть более плавного вращения ротора.

Основным преимуществом торцевого двигателя является его небольшие габариты (длина). Это открывает возможность сэкономить место под рабочий механизм, упрощает эксплуатацию и технологию изготовления двигателя.

Однороторные и двухроторные торцевые асинхронные и синхронные двигатели могут применяться в качестве мотор-колес. Применение встроенных в колёса электродвигателей устраняет необходимость использования специальных механических устройств (дифференциалов, карданных и гипоидных передач), значительно упрощает устройство трансмиссии и повышает надёжность транспортных систем.

Обмоточно-изолирующие работы в классических электрических машинах с всыпными обмотками составляют до 70 % от общей трудоёмкости их изготовления. Конструкция вращающихся торцевых электрических машин позволяет значительно снизить трудоёмкость этих работ.

К недостаткам торцевых электродвигателей относятся значительные силы осевого магнитного притяжения при однопакетном исполнении машины и повышенные потери трения в подшипниках из-за этого. Двухроторные торцевые машины лишены этого недостатка.

Также недостатком является повышенный момент инерции ротора, что отрицательно сказывается при работе с механизмами, требующими частого реверсирования, быстрого разгона и торможения.

На данный момент предложено несколько конструкции торцевых двигателей. Например, в [1] предложена разработка торцевого асинхронного двигателя с активным распределенным слоем, двухсторонним открытием паза и двумя роторами (рисунок 1). Такая конструкция позволяет повысить КПД машины за счёт уменьшения массы активных материалов, снизить магнитные потери и материалоемкость машины, уменьшить магнитную проводимость рассеяния из-за двухстороннего открытия паза.

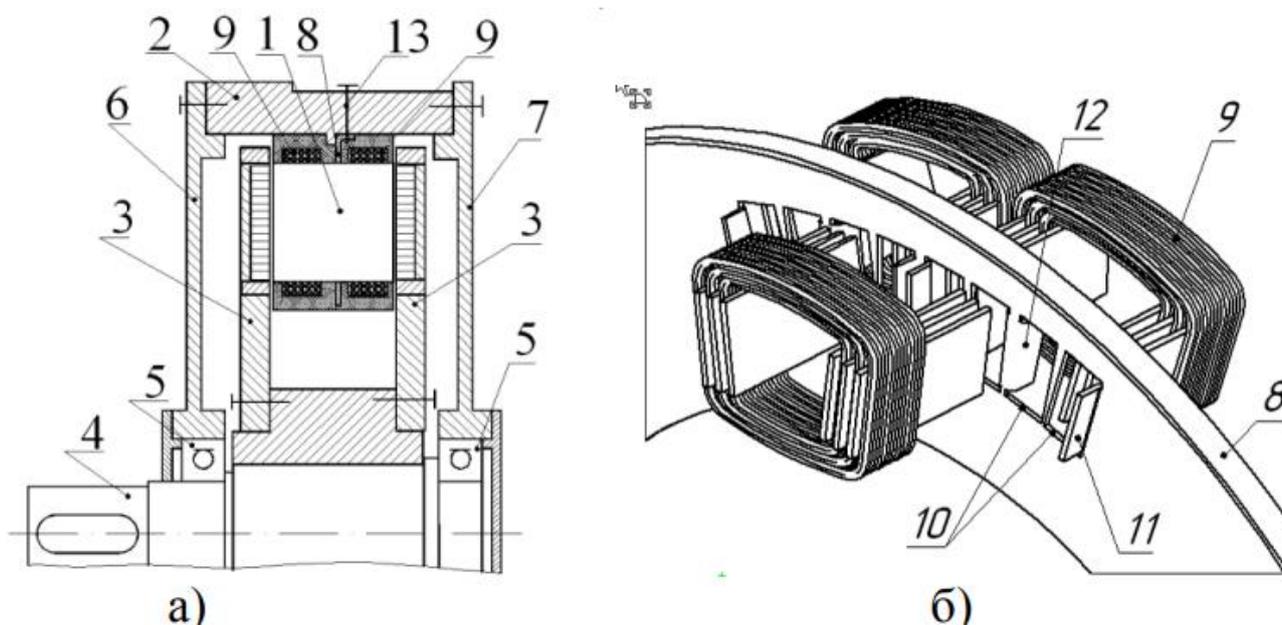


Рисунок 1 – Торцевой асинхронный двигатель

Также в [2] предлагается разработка торцевого моментного электродвигателя. Торцевой моментный электродвигатель содержит торцевой ротор с размещенными на нем постоянными магнитами и два статора, расположенных по обе стороны ротора (рисунок 2). Магнитопровод каждого статора выполнен из пакетов, расположенных в радиальном направлении, и из полых цилиндрических частей разных диаметров, каждая из которых имеет зубцы на торце. Число зубцов равно числу пар полюсов. При этом зубцы наружного и внутреннего цилиндрических частей каждого статора смещены по углу на угловую ширину полюса ротора, между цилиндрическими магнитопроводами размещена кольцевая обмотка одной из двух фаз.

На выставке Comtrans 2021 [3] была представлена отечественная разработка торцевого синхронного двигателя ТСДГ-18/8-У2 для электромобилей (рисунок 3) с гладким статором из аморфного сплава и жидкостным охлаждением.

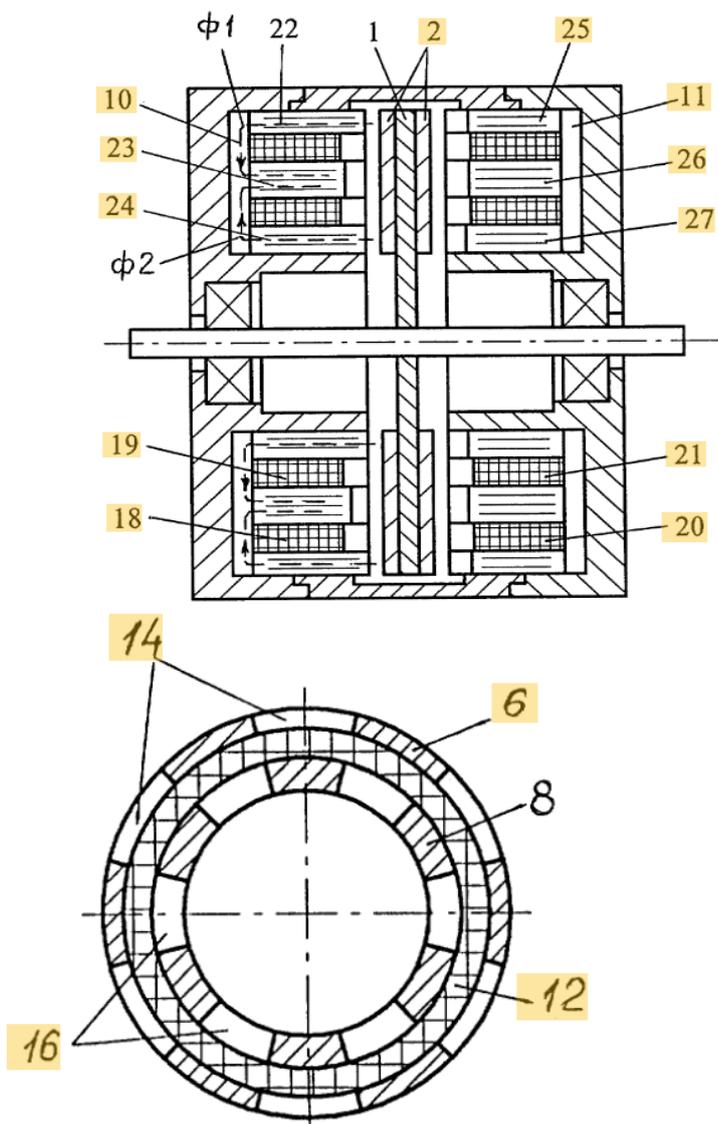


Рисунок 2 – Торцевой моментный электродвигатель



Рисунок 3 – Торцевой синхронный двигатель ТСДГ-18/8-У2

Исходя из анализа изложенного, можно сказать, что методика проектирования и технология изготовления торцевых двигателей не отработаны, литературных источников по изготовлению и по проектированию на данный момент очень мало как у нас, так и за рубежом. Вместе с этим торцевые двигатели могут оказаться более технологичными и удобными в применении, например в качестве мотор-колес двухколесных транспортных средств, при жестких ограничениях на длину двигателя. В итоге разработка тягового торцевого двигателя является актуальной и перспективной.

#### Список литературы

1. Полошков, Н.Е. Двухроторный торцевой асинхронный двигатель [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.01/Н.Е. Полошков. – Красноярск: ФГОУ ВПО, 2010. – 20с.

2. Пат. 2256276 Российская Федерация, МПК Н 04 М 15/07 Торцевой моментный двигатель / Сеньков А.П., Сеньков А.А.; заявитель и патентообладатель СМТУ. - №2003122143/09; заявл. 10.01.05; опубл. 10.07.05, Бюл. № 19.

3. Сердце будущих российских электромобилей - торцевой синхронный электрический двигатель. Режим доступа <https://pulse.mail.ru/article/serdce-buduschih-rossijskih-elektromobilej-torcevoj-sinhronnyj-elektricheskij-dvigatel-7415218763359440410-6944588680354787628/>

4. Загрядский В.И., Кобяков Е.Т., Степанов Ю.С. Торцевые асинхронные электродвигатели и совмещенные электромеханические агрегаты [Текст] : Под общей ред. докт. технич. наук, проф. Ю. С. Степанова - М.: Машиностроение - 1, 2003.- 287 с.

5. Пат. 2125759 Российская Федерация, МПК Н 04 М 15/07 Асинхронный торцевой двигатель / Хатунов Ю.М., Мамедов А.Ф.; заявитель и патентообладатель; Хатунов Ю.М., Мамедов А.Ф. - №96106152/09; заявл. 03.04.1996; опубл. 27.01.1999.

6. Пат. 2112306 Российская Федерация, МПК Н 02 К 17/16 Торцевой асинхронный электродвигатель / Сбитнев С.А.; заявитель и патентообладатель; Сбитнев С.А. - №96110989/09; заявл. 29.05.1996; опубл. 27.05.1996.

7. Пат. 2246167 Российская Федерация, МПК Н 02 К 21/24 Торцевая электрическая машина / Головин М.П., Встовский А.Л., Головина Л.Н., Встовский С.А., Кузьмин С.С., Супей В.А.; заявитель и патентообладатель; КГТУ - №2003123567/09; заявл. 24.07.2003; опубл. 24.07.2003.

# ПРИМЕНЕНИЕ ИНВЕРТОРА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Сенин В. В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время, одним из перспективных направлений, позволяющих значительно повысить энергоэффективность энергосбережения, является внедрение в энергетическую систему страны возобновляемых источников энергии. В области солнечной энергетики наиболее перспективными признаны солнечные фотоэлектрические станции с прямым преобразованием солнечного излучения в электроэнергию с помощью солнечных батарей. Современные солнечные станции должны быть оснащены приборами учета и контроля качества электрической энергии. В настоящее время доступные на рынке для потребителя солнечные электростанции не имеют таких устройств.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечные электрические станции, качество электрической энергии

Инвертор строится на основе двухтактного мостового преобразователя, работающего на IGBT-транзисторах с включенными параллельно диодами. Кроме инвертора в модели заложены блоки генератора сигналов широтно-импульсной модуляции, которые подаются на управляющий вход инвертора для формирования выходного переменного напряжения. Выходное напряжение инвертора проходит преобразование в повышающем трансформаторе 80/230 В.



Рисунок 1 - Модель инвертора

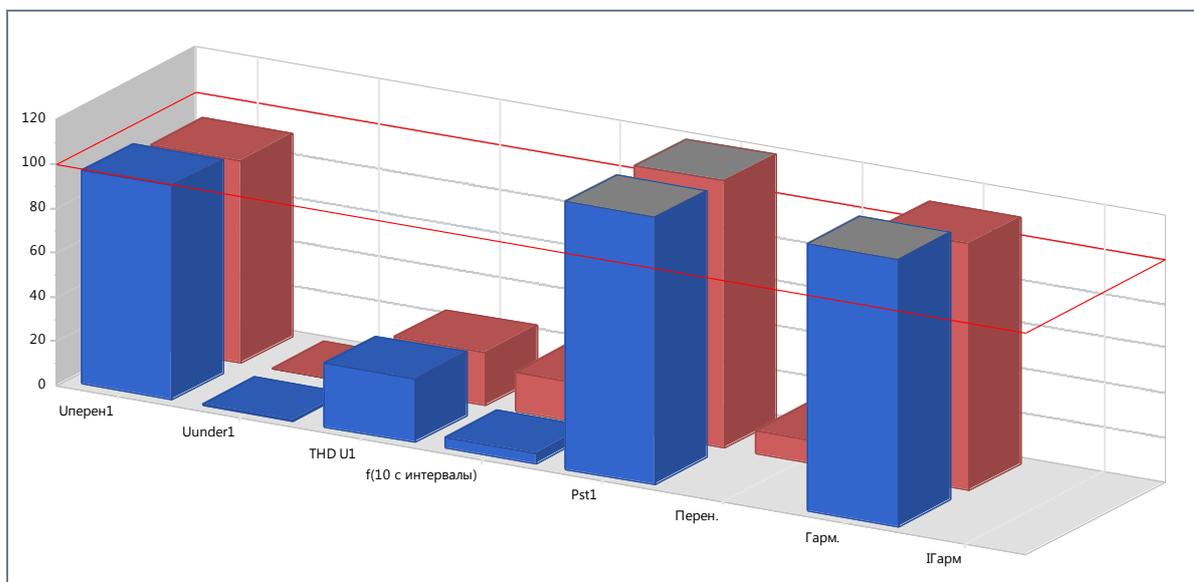


Рисунок 2 - Выходное напряжение инвертора

По данным рисункам видно, что форма напряжения на выходе инвертора существенно отличается от синусоиды и имеет сильную неравномерность. В дальнейшем форма напряжения становится ровнее путем трансформации через линейный трансформатор и прохождения через LC-фильтр. Современные инверторы имеют встроенные высокоэффективные фильтрующие устройства. Трансформатор также исключает постоянную составляющую.

LC фильтр функционально входит в блок инвертора, однако в модели вынесен в отдельную область. Параметры фильтра подбираются экспериментально для фильтрации наиболее выраженных гармоник выходного напряжения инвертора. Фильтр позволяет существенно сгладить форму кривой напряжения.

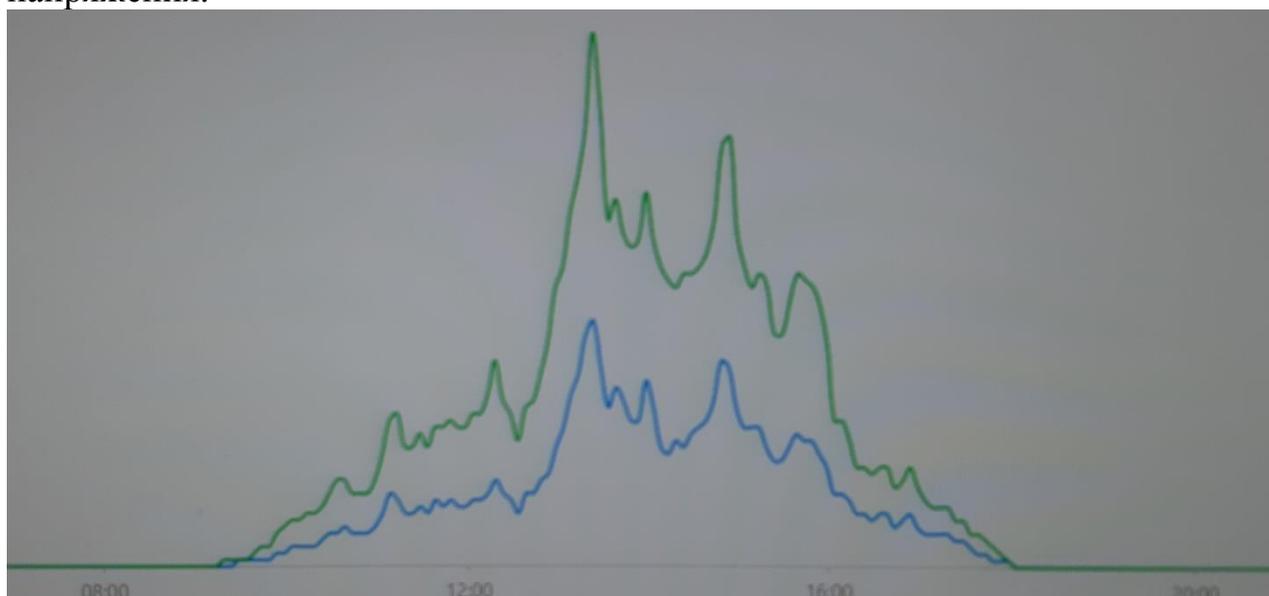


Рисунок 3 - Нагрузка в зависимости от времени суток

В зависимости от солнечной активности и времени дня можем построить уровень гармоник напряжения

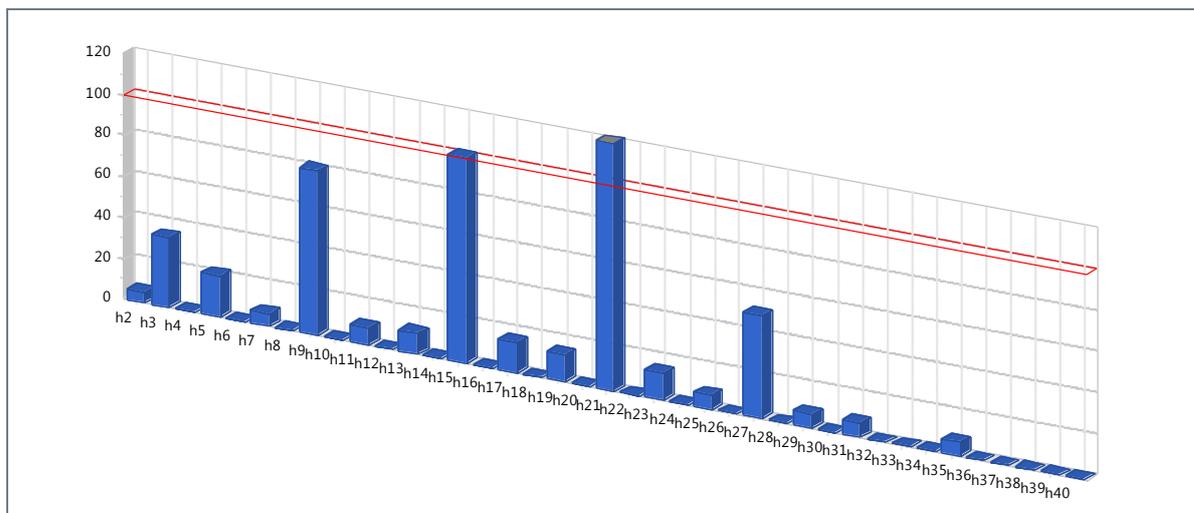


Рисунок 4 – Уровень гармоник напряжения (95%)

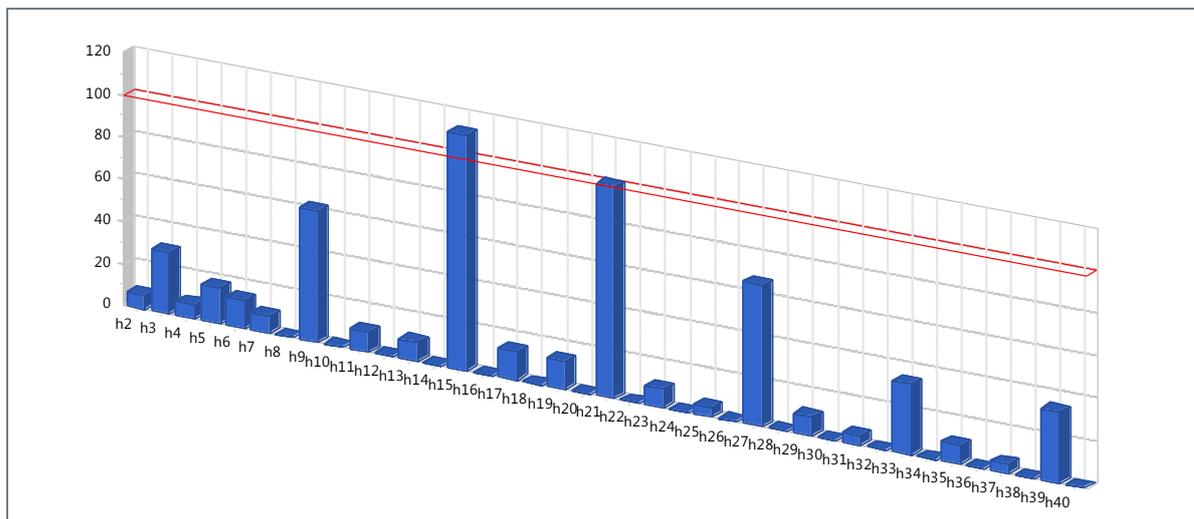


Рисунок 5 – Качество гармоник напряжения (100%)

Есть два узла измерения – это узел измерения тока солнечной станции и узел измерения тока сети, которые позволяют анализировать токи и мощности, подтекающие к узлу нагрузки от солнечной батареи и сети отдельно. Под маской черной линии скрывается измерительная подсистема.

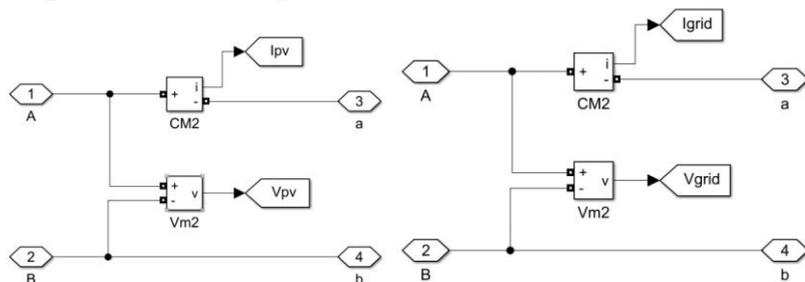


Рисунок 6 - Измерительная подсистема в узлах измерения

Данные измерения передаются по тэгам:

$I_{pv}$ ,  $V_{pv}$  – для солнечной станции;

$I_{grid}$ ,  $V_{grid}$  – для сети.

В дальнейшем данные измерений используется в двух анализаторах тока и мощностей –  $U$ ,  $I$ ,  $P$  от солнечной батареи,  $U$ ,  $I$ ,  $P$  от сети.

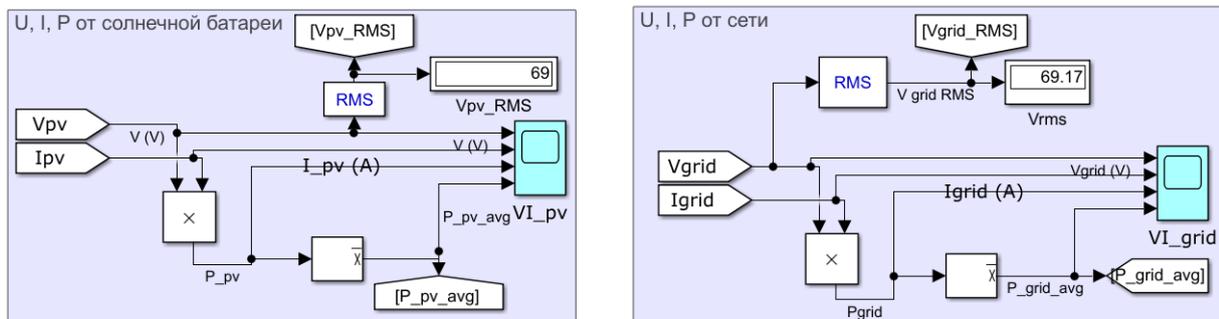


Рисунок 7 - Анализаторы напряжения, тока и мощности от солнца и сети

На выходе анализаторов формируются среднеквадратичные сигналы напряжения (В) и средней мощности нагрузки (Вт) через узел:

$V_{pv\_RMS}$ ,  $P_{pv\_avg}$  – от солнца;

$V_{grid\_RMS}$ ,  $P_{grid\_avg}$  – от сети.

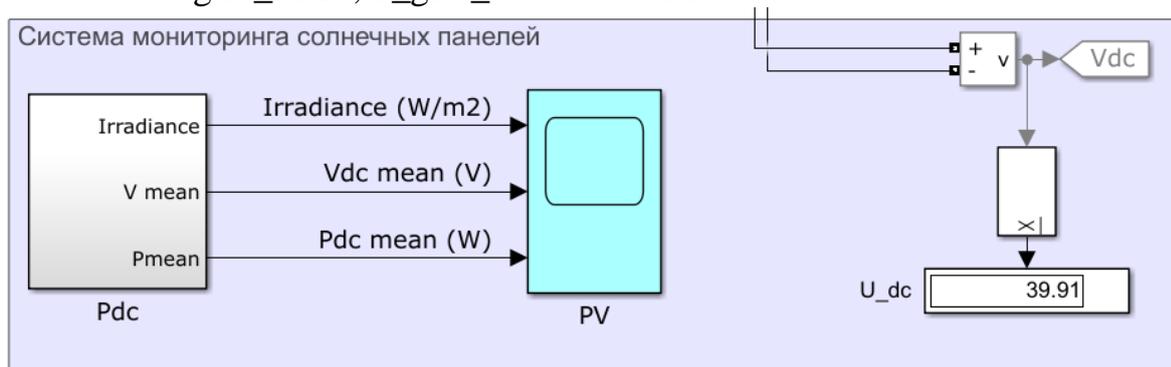


Рисунок 8 - Система мониторинга солнечных панелей

Система мониторинга солнечных панелей позволяет отслеживать солнечное излучение - Irradiance, среднее напряжение постоянного тока  $V_{dsmean}$  (В), среднюю мощность батареи постоянного тока  $P_{dcmean}$  (Вт). Дисплей  $U_{dc}$  показывает среднее напряжение постоянного тока на выходе батареи для наглядного мониторинга хода эксперимента.

Созданная имитационная модель СЭС, в среде моделирования MatlabSimulink, основанная на реальной станции, позволяет производить измерение статических показателей качества электроэнергии в соответствии с [ГОСТ 32144-2013]. Созданная модель, позволяет выполнять исследование работы солнечных панелей автономно и параллельно с централизованной сетью электроснабжения, выполнять измерения показателей качества электроэнергии при условии постоянства солнечного излучения и изменении приложенной нагрузки, и при постоянной нагрузке и постепенном снижении интенсивности солнечного света

### Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [<http://bnd1.kodeks.ru/kodeks01/>].
2. Методика расчета мощности автономной солнечной электростанции для нужд освещения лаборатории энергосбережения и энергоэффективно-сти/Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки, и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2016. С. 333-337
3. Суховеев А.В., Ефремов В.В. Автоматизированные системы контроля качества электрической энергии // Студенческий вестник: электрон. научн. журн. 2020. № 20(118). URL: <https://studvestnik.ru/journal/stud/herald/118>.

## **РОЛЬ УЧЕБНЫХ СТЕНДОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ВЫПУСКНИКА ВУЗА**

**Сильвашко С. А., канд. техн наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»**

В высшем образовании России на смену личностно-ориентированной парадигме, сущность которой заключается в отношении преподавателя к обучающемуся как к личности, как к самостоятельному и ответственному субъекту собственного развития, пришла компетентностная парадигма, направленная на формирование у обучающегося готовности к профессиональной деятельности путем формирования общих и профессиональных компетенций. Ожидаемым результатом образования при этом «является не система знаний, умений и навыков, а набор заявленных государством компетенций, стремление подготовить человека умелого и мобильного, владеющего не набором фактов, а способами и технологиями их применения» [1].

Согласно требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) третьего поколения, результатом обучения в вузе является приобретение обучающимся профессиональных компетенций для успешной деятельности в определенной области (с учетом направления подготовки). При этом понятие «компетенция» объединяет такие понятия как знания, умения, навыки, а также личностные качества (инициативность, целеустремленность, ответственность и т. д.), социальную адаптацию и профессиональный опыт.

Компетентностный подход предусматривает, во-первых, иную роль обучающегося в образовательном процессе (обучающийся должен уметь не просто воспроизводить информацию, а самостоятельно мыслить и быть готовым к реальным жизненным ситуациям), а во-вторых – создание новых технологических подходов, новых лабораторий и классов практического обучения, оснащенных современным производственным оборудованием. В связи с этим на передний план выдвигается практико-ориентированное обучение.

Под практико-ориентированным подходом в обучении понимается совокупность приемов, способов, методов, форм обучения, направленная на формирование у обучающихся умений и навыков практической работы, востребованных в разнообразных сферах социальной и профессиональной практики, а также на формирование у них понимания того, где, как и для чего полученные умения используются на практике. Практико-ориентированный подход означает, что в образовательном процессе решается основная задача подготовки выпускника к профессиональной деятельности – создание условий для развития профессиональной компетентности личности.

Значение практико-ориентированного обучения состоит в том, что данный подход позволяет повысить эффективность и качество обучения благодаря повышению личностного статуса учащегося и практико-ориентированному содержанию изучаемого материала. Такой подход в обучении развивает интерес обучающихся к творчеству, позволяет им познать радость творческой деятельности. В практико-ориентированном образовательном процессе не только используется имеющийся у обучающихся жизненный опыт, но и формируется новый опыт на основе вновь приобретаемых знаний.

С. С. Полисадов [2] выделяет четыре подхода к практико-ориентированному обучению, которые могут быть реализованы в вузе:

- 1) учебная, производственная и преддипломная практики для приобретения соответствующих компетенций;
- 2) профессионально-ориентированные технологии обучения для качественного выполнения обязанностей по профилю подготовки;
- 3) инновационные формы занятости обучающихся для успешности научных и опытно-производственных работ;
- 4) создание условий, мотивирующих приобретение профессиональных компетенций.

Организация различных видов практик предусмотрена ФГОС ВО, поэтому данный вид практической подготовки студентов является неотъемлемой частью любого учебного плана вуза. Важно только правильно выбрать места для прохождения обучающимися практик. Идеально, если это предприятия, являющиеся потенциальными работодателями по направлению подготовки будущих выпускников.

Реализация остальных трех подходов зависит от финансовых возможностей вуза, готовности преподавательского состава внедрять новые профессионально-ориентированные технологии обучения, наличия у преподавателей профессиональной компетенции в знании производства и т. д.

Существенную помощь вузу во внедрении практико-ориентированного обучения могут оказать предприятия – потенциальные работодатели для его выпускников. Ведь они, в первую очередь, заинтересованы в сокращении сроков адаптации молодого специалиста к условиям профессиональной деятельности, уменьшении затрачиваемых средств на ее обеспечение. Примером такой заинтересованности служит результат сотрудничества кафедры промышленной электроники и информационно-измерительной техники (ПЭИИТ) института энергетике, электроники и связи с ООО «АСУ ПРО» (г. Оренбург).

В результате совместной работы преподавателей кафедры и инженеров ООО «АСУ ПРО» разработан программируемый логический контроллер (ПЛК) КАПП-82-168. Контроллер предназначен для построения распределенных и локальных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), выполнения измерений электрических сигналов от первичных преобразователей с унифицированными входами, преобразования их и вычисления значений физических величин. ПЛК КАПП-82-168 может

применяться на объектах нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности, а также в других областях промышленности для создания автоматизированных измерительных и управляющих систем различной конфигурации.

Основная сфера деятельности ООО «АСУ ПРО» – проектирование АСУ ТП на основе ПЛК для объектов нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности, монтаж, пусконаладочные работы и сервисное обслуживание оборудования АСУ в процессе эксплуатации. Таким образом, выпускники кафедры ПЭИИТ по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, принятые на работу в ООО «АСУ ПРО», принимают непосредственное участие в монтаже оборудования, программировании ПЛК, отладке программ и т. д.

Будучи заинтересованным в том, чтобы молодые специалисты как можно в более короткие сроки смогли приступить к выполнению своих функциональных обязанностей, руководство ООО «АСУ ПРО» приняло решение об изготовлении и передаче кафедре (безвозмездно) десяти экземпляров стендов («Учебный стенд автоматизированной системы контроля и управления»), которые используются при проведении лабораторных работ и практических занятий по дисциплине «Технические средства автоматизации и управления». Внешний вид рабочего места и внутреннее содержимое «Шкафа телемеханики» из комплекта стендового оборудования показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид и состав стенда на основе ПЛК КАПП-82-168

Основу стенда составляет ПЛК КАПП-82-168 с модулями ввода/вывода аналоговой и дискретной информации. Обучающиеся на практических занятиях и при выполнении лабораторных работ имеют возможность подключить к ПЛК различные датчики аналоговой измерительной информации со стандартизованными выходными сигналами в виде тока или напряжения (например, датчики углового положения, температуры, влажности и др.), дискретные датчики (концевые выключатели, кнопки, переключатели и т. п.), а также исполнительные устройства (исполнительные электродвигатели,

нагревательные элементы и т. п.), приобретая тем самым навыки построения системы контроля и управления технологическим процессом.

Для разработки программного обеспечения ПЛК используется система программирования CoDeSys (Controller Development System), представляющая собой комплекс программ для проектирования прикладного программного обеспечения, отладки в режиме эмуляции и загрузки программ в ПЛК. На практических занятиях, а также при выполнении курсового проекта по дисциплине «Технические средства автоматизации и управления» обучающиеся приобретают навыки разработки программ для ПЛК на одном из стандартных языков программирования.

Среда программирования CoDeSys, наряду с разработкой прикладных программ для ПЛК, позволяет создавать экраны визуализации для контроллеров, представляющие собой графический интерфейс проекта (пример из курсового проекта студента показан на рисунке 2).

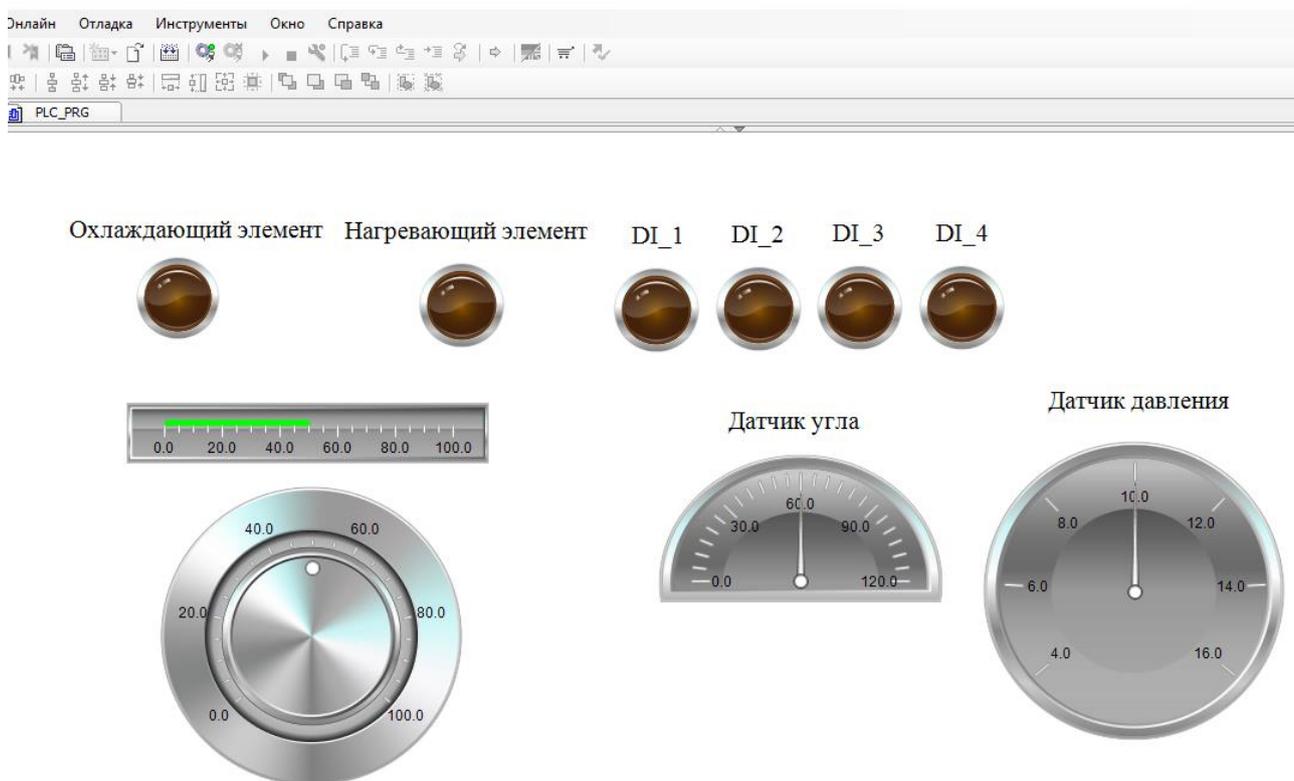


Рисунок 2 – Экран визуализации результатов функционирования ПЛК

Таким образом, использование в учебном процессе при изучении дисциплин специализации стендов, реализованных на основе современного оборудования, применяемого в реальном производстве, способствует формированию у обучающихся на качественном уровне профессиональных компетенций, которые необходимы будущим выпускникам при выполнении ими функциональных обязанностей, будучи принятыми на работу в профильные организации (предприятия).

### Список литературы

1 Климов, К. А. Практико-ориентированное обучение в системе высшего образования : монография / К. А. Климов, Л. Л. Мешкова, В. В. Смирнов и др. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2016. – 144 с.

2 Полисадов, С. С. Практико-ориентированное обучение в вузе [Электронный ресурс] / С. С. Полисадов. – URL:

[http://portal.tpu.ru/f\\_dite/conf/2014/2/c2\\_Polisadov.pdf](http://portal.tpu.ru/f_dite/conf/2014/2/c2_Polisadov.pdf).

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В РОССИИ**

**Смотрин В.А., Иванова А.П., д-р техн. наук, профессор,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Современное общество жестко завязано на электроэнергетику, без которой невозможно развитие, практически, не одной отрасли промышленности. Соответственно, перспективы развития, совершенствования, модернизации имеющихся электродвигателей в России являются весьма актуальной проблемой.

В свете развития импортозамещения и снижения экологической нагрузки на окружающее пространство, при производстве электродвигателей, остро стоят вопросы, связанные с уменьшением уровня шума создаваемого двигателями, упрощение обслуживания, снижение стоимости, улучшение рабочих характеристик, повышение надежности. Они используются в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте, в торговле, бытовой технике, медицине, в инфраструктуре, машиностроении и т.д.

Известно, что электродвигатель экономически и экологически (отсутствуют вредные выбросы в окружающую среду) выгоднее других видов двигателей. Так, например, по оценке Росстата автомобили с электродвигателем дешевле в эксплуатации в 5-7 раз в сравнении с двигателем внутреннего сгорания.

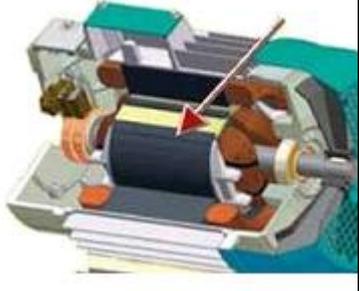
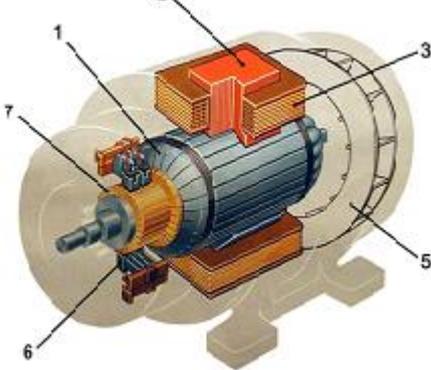
Цель статьи является оценка перспектив развития производства электродвигателей в России.

Согласно существующим научным публикациям электрический двигатель – это электрическая машина (электромеханический преобразователь), в которой электрическая энергия преобразуется в механическую [1].

В основе создания электродвигателей лежит целая система физических законов, разрабатываемых учеными на протяжении многих десятилетий.

Все электродвигатели подразделяются на двигатели постоянного тока и двигатели переменного тока. Двигатель постоянного тока — двигатель, переключение фаз в котором осуществляется прямо в самом двигателе [4]. Двигатель переменного тока — электрический двигатель, питание которого осуществляется переменным током [2, 3]. Выделяется несколько классификаций обозначенных электродвигателей, основные из которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Классификации электродвигателей

Вид двигателя	Типы	Подтипы	
Двигатель переменного тока		Явнополюсные	
		Неявнополюсные	
		С обмоткой возбуждения	
		С постоянными магнитами	
		Реактивный	
		Гистерезисный	
		Шаговый	
		Асинхронные	1-фазный – с короткозамкнутым ротором
			3-х фазный – с короткозамкнутым ротором
			3-х фазный – с фазным ротором
Универсальные	-		
 <p>1-якорь, 2-сердечник полюса, 3-обмотка полюса, 4-статор, 5-вентилятор, 6-щетki, 7-коллектор</p>	С обмоткой возбуждения	С независимым возбуждением	
		С последовательным возбуждением	
		Со смешанным возбуждением	
	С постоянными магнитами	-	
	Бесконтактные	-	
	Шаговые	-	
	Коллекторные	-	
	Вентильные	-	

Составлено авторами на основе [4]: На современном этапе, по мнению авторов, наибольшее распространение среди электродвигателей переменного тока получили асинхронные электродвигатели с многофазной симметричной обмоткой на статоре, которые питаются от сети переменного тока [6].

Такую широкую популярность многофазные электродвигатели получили из-за своей простоты конструкции и высокой эксплуатационной надежности. У многофазных асинхронных двигателей отслеживается снижение пульсаций момента и скорости на валу двигателя, увеличение надёжности при уменьшенных уровнях шума и вибрации. Дробление электрической мощности

по фазам делает регулировочные характеристики асинхронных двигателей несколько критичными к асимметрии по полярному углу и фазе питающего напряжение, что с увеличением числа фаз, в результате упрощает систему управления и значительно повышает надёжность. Системы электропривода с многофазными асинхронными двигателями реализуются при использовании преобразователя частоты с несколькими автономными инверторами напряжения, создающего симметричную систему напряжений, имеющую временной сдвиг, равный пространственному сдвигу фаз многофазных двигателей. Многофазные асинхронные двигатели создаются на базе серийных трехфазных электродвигателей основного применения. Иногда это реализуется при наличии в трехфазных двигателях несколько параллельных ветвей. Уменьшая их число, получаем многофазную модификацию (вдвое — шестифазная, втрое — девятифазная и далее). При этом геометрия активной части, число витков в фазе и сечение обмоточного провода не изменяется [2].

Электродвигатели в настоящее время широко применяются в разных отраслях промышленности. На рисунке 1 приведены области применения электродвигателей.

Насосы	Вентиляторы	Компрессоры
Прокатные станы, станки	Прессовое оборудование	Обработка тканей
Бытовая техника	Вентили	Роботы
Медицинская техника	Электромобили	Судостроение
Нанотехнологии	Интернет сети	Инфраструктура

Рисунок 1 – Области применения электродвигателей

В ситуации импортозамещения и введения санкций актуальным представляется оценка производственных возможностей России в части создания электродвигателей. В настоящее время электродвигатели выпускают АО «Сарапульский электрогенераторный завод», ОАО «Московский электромеханический завод имени Владимира Ильича - Электро ЗВИ», АО «Бавленский завод Электродвигатель», Баранчинский Электромеханический завод, НПО Элсиб.

За последние три года в России наблюдается спад производства электродвигателей мощностью не более 37,5 Вт; электродвигателей постоянного тока прочих; генераторов постоянного тока. В 2021 году в России было произведено 601717 шт электродвигателей мощностью не более 37,5 Вт,

что на 7,1% меньше объема производства предыдущего года. В 2022 году, объем выпуска электродвигателей российскими производителями снизился ещё на 14%.

К преимуществам отечественного производства электродвигателей относятся: создание «зоны опережающего развития» в России; толчок к инфраструктурному развитию, развитие промышленности, внедрение новых линий производства, что, несомненно, увеличит количество новых рабочих мест, и увеличит доходы бюджетной сферы в будущем; новый социальный «тренд» на экологичность, общее улучшение экологии на долгосрочный период, развитие экспорта [7].

Тем не менее, существуют трудности в развитии производства электродвигателей в России: большие расходы государства и организаций на разработки; большие объемы инфраструктурных вложений, в том числе магистральной инфраструктуры; риски неподготовленности инфраструктуры к объему продаж, не скоординированность действий государства и коммерческого сектора, а также недоработки в конструкции имеющихся электродвигателей.

#### Список литературы

1. ГОСТ 27471-87 Машины электрические вращающиеся. Термины и определения. – Введ. 1988–07–01. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 64 с.
2. Ахметшин, Э.Р. Исследование состояния российского рынка многофазных электродвигателей и перспективы их развития до 2025 года / Э.Р. Ахметшин. // Молодой ученый. – 2017. – № 48 (182). – С. 55-60.
3. Крахин, Д. В. Электродвигатель / Д. В. Крахин // Актуальные вопросы естественных наук и пути решения: Сборник материалов VI научно-практической конференции студентов и школьников с международным участием, Усть-Кинельский, 26 марта 2020 года. – Усть-Кинельский: Самарский государственный аграрный университет, 2020. – С. 33-38.
4. Марчук, Р.И. Современные электродвигатели / Р.И. Марчук // Электротехнологии АПК 2022. – Сборник тезисов IV ежегодной студенческой научно-технической конференции. – Новосибирск, 2022. – С. 47
5. Черкасов, М.Ю. Анализ перспектив производства отечественных автомобилей с электродвигателями в отрасли машиностроения Российской Федерации / М.Ю. Черкасов, Н.К. Овчинников, В.Э. Комов // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. – 2020. – № 1. – С. 260-263.
6. Производители электродвигателей – Режим доступа: <https://electrodvigatel.com/productiondvigatel/plants>
7. Карпец А.В. Универсальное техническое решение - ННО генераторы /КарпецА.В., Иванова А.П. В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Редколлегия: А.Н. Попов [и др.]. Оренбург-Самара, 2021. С. 114-116.

## О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Соколов В.Ю., канд.техн.наук, доцент, Богатов А.Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Единая энергетическая система Российской Федерации (ЕЭС России) до 2023 года, без вновь присоединенных в соответствии с федеральным конституционным законом от 4 октября 2022 года № 5-ФКЗ "О принятии в Российскую Федерацию Донецкой Народной Республики и образовании в составе Российской Федерации нового субъекта - Донецкой Народной Республики" территорий состояла из 71 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада. Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220-500 кВ и выше и работают в синхронном режиме (параллельно).

В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит 911 электростанций мощностью свыше 5 МВт каждая. На 1 января 2023 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 246 590,9 МВт.

В 2021 году введено 2 716,07 МВт новых генерирующих мощностей, выведено из эксплуатации 1 896,8 МВт неэффективного и устаревшего генерирующего оборудования.



Рисунок 1- Структура установленной мощности электрических станций и структуры выработки электрической энергии

Ежегодно все станции вырабатывают около одного триллиона кВт·ч электроэнергии. В 2022 году электростанции ЕЭС России выработали 1 114,55 млрд кВт·ч. (на 6,4% больше, чем в 2020). Потребление электроэнергии в 2021 году составило 1 090,44 млрд кВт·ч (на 5,5% больше, чем в 2020).

Сетевое хозяйство ЕЭС России насчитывает более 13 000 линий электропередачи класса напряжения 110 – 750 кВ общей протяженностью более 490 тыс.км и более 10 000 электрических подстанций 110–750 кВ. [1]

Как мы видим из предложенной схемы, основная доля генерации в городах нашей страны формируется от работы систем централизованного теплоснабжения. При этом используются знания и умение от ста лет эксплуатации систем имеющих один или несколько источников теплоты. Если не учитывать особенности пикового покрытия нагрузки источники работают независимо друг от друга.

В крупных городах Российской Федерации сформировались и эксплуатируются уникальные по конструкции тепловые сети, которые чаще всего разбросаны по большим территориям. Тепловая мощность ТЭЦ может превышать пять тысяч МВт. При этом действительный радиус теплоснабжения достигает тридцати километров, что значительно превышает эффективную зону покрытия в 12 километров предложенную ещё Е.Я.Соколовым на заре становления систем жизнеобеспечения городов и предприятий. Общая протяженность сетей в доходит до ста километров. А диаметры магистральных теплопроводов варьируют около значения 1000мм. Несмотря на то, что доля централизованного теплоснабжения достигает 80 процентов от общего числа потребителей тепловой энергии, следует учитывать тот факт что система покрывает собой менее пятидесяти процентов площади все страны и восточно- сибирский регион её не имеет.



Рисунок 2- Структура объединенных энергетических систем

При общей выработке 1 114 548,0 млн·кВт·ч энергетических носителей - доля ТЭС составляет 609 253,1 млн·кВт·ч.

Как мы видим, деятельность операторов рынка сведена к управленческим аспектам деятельности, а мы при этом имеем в эксплуатации тепловые сети в виде сложных инженерных сооружений, объединяющих в единую систему

источники тепла, систему его транспорта и разрозненную группу потребителей. Капиталовложения в системы транспортирования энергетических носителей достигают половины от общей стоимости системы. Расход электроэнергии на перекачку теплоносителя по данным системных операторов, превышает 7,8 кВт.ч/ГДж (32,6 кВт.ч/Гкал). Рациональное распределение генерирующих мощностей относительно заявленной нагрузки от потребителей является решающим показателем при выборе уровня централизации с размещением и концентрацией мощностей источников.

Многоконтурность и пространственность, а так же неоднородность и нелинейности характеристик элементов тепловых сетей описывает структурную сложность тепловых сетей. Гидравлические расчеты многоконтурных схем тепловых сетей существующих в городах представляют собой работу с двухлинейными системами централизованного теплоснабжения, обеспечивающими замкнутую циркуляцию теплоносителя. Основные проблемы с получением данных происходят из-за значительной протяженности тепловых сетей, сложного рельефа местности, неравномерности режимов работы активных элементов центральных тепловых пунктов.

Эффективные технические решения внедряются очень медленно. Новое оборудование присутствует только на конечных перед потребителями участках сетей, это связано с тем, что центральные тепловые пункты реконструировать намного дешевле и проще чем источники генерации. Для надежной работы систем централизованного теплоснабжения обязательно необходимы средства автоматизированного управления теплогидравлическими режимами работы.

Состояние систем и объектов теплоснабжения достаточно сложно оценить при бумажном ведении проектной, нормативной и эксплуатационной документации. Уровень отечественных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ не уступает зарубежным разработкам, а в ряде случаев их превосходит, но они не находят должного применения в практике по причине закрытости информации в каждом конкретном случае от всех участников рынка оказания аналогичных услуг.

Создание рынка эффективного проектирования и надежной эксплуатации систем теплоснабжения, это одна из приоритетных задач стоящая перед специалистами – энергетиками. При этом необходимо налаживать обратную связь от тех, кто эксплуатирует данные системы, для устранения недочетов, обязательно возникающих при моделировании работы нелинейных элементов тепловых сетей. В качестве примера работы с таким программным комплексом можно привести электронную модель системы теплоснабжения города Оренбурга выполненную с использованием расчетного комплекса Zulu Thermo, являющегося неотъемлемой частью геоинформационной системы Zulu (ГИС Zulu) Санкт-Петербургской компании ООО «Политерм». Целью разработки электронной модели системы теплоснабжения городского округа Оренбург можно считать: необходимость в информации процессов принятия. [2,3]

Решений руководством региона совместно с управляющими компаниями в процессах генерации энергетических носителей по текущему состоянию

работоспособности и перспективного развития системы теплоснабжения города; введения эффективных мер по поддержанию высокой надежности теплоснабжения города, снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в системе теплоснабжения.

Задачами для решения которых предназначена электронная модель можно считать: создание перспективного плана изменения положения элементов генерации тепловой энергии, тепловой сети и группирование потребителей по условиям оптимальности с сохранением привязки к топографической основе, оптимизация гидравлических режимов основных участков сети с учетом возможности подключения до десяти процентов дополнительной нагрузки с определением оптимальных характеристик теплового носителя на проектируемых и реконструируемых участках тепловых сетей, моделирование перспективных вариантов присоединения потребителей к существующей закольцованной двухтрубной системе теплоснабжения.

Экономия при проектировании с занижением характеристик магистральных трубопроводов чаще всего приводит к большим затратам на устранение аварий, ремонт и прочим эксплуатационным расходам. Несмотря на многочисленные попытки решить данную проблему, ситуация остается достаточно проблематичной по настоящее время. Слишком долго работает система производства тепловой энергии в условиях недофинансирования и стремления экономии первоначальных инвестиций при вводе новых мощностей в секторе ТЭК. Доминирование на этом рынке монополистов привело к отсутствию механизмов внедрения новых технологий и оборудования при принятии решений о развитии структуры и мощности систем централизованного теплоснабжения.

Чтобы изменить сложившуюся ситуацию в теплоснабжении необходимо проведение целого комплекса высокозатратных мероприятий по совершенствованию процесса производства тепловой энергии, например за счет введения органического цикла Ренкина. Но это даст эффект только на источнике генерации тепловой энергии, а в нашей работе мы рассмотрим вопросы повышения эффективности при распределении и потреблении энергетического носителя в виде горячей воды.

#### Список литературы

1. <https://www.so-ups.ru/functioning/>
2. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/)
3. Проект схемы теплоснабжения города Оренбурга до 2027 года. Доклад для Комиссии Минэнерго по утверждению Схем теплоснабжения городов с численностью населения более 500 тыс. чел. [http://www.orenburg.ru...dokumenty\\_k...Doklad-prezentaciya.ppt](http://www.orenburg.ru...dokumenty_k...Doklad-prezentaciya.ppt)

## **ПРИНЦИПЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПАО «ОРСКНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»**

**Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент,**

**Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

На одном из крупнейших предприятий востока Оренбургской области ПАО «Орскнефтеоргсинтез» до 2027 года будет построена новая установка депарафинизации бензинов. Предполагаемая сумма инвестиций под данный проект превышает 60 млрд рублей. Для выполнения данной работы начиная с 2020 года постепенно выполнялась работа по замене основного оборудования замедленного коксования и гидроочистки. Первоначальное финансирование данного проекта превысило 3 млрд рублей. В марте 2021 Министерство энергетики Российской Федерации подписало Инвестиционное соглашение с одной из крупнейших в Российской Федерации финансово-промышленных корпораций Промышленно-финансовой группой «Сафмар». Структура группы включает несколько основных блоков. Промышленный блок объединяет компании группы в нефтегазовой сфере, угледобыче, производстве калия. Крупнейшие предприятия промышленного блока — АО «Русснефть», АО «Нефтиса», АО «Русский уголь», ООО «Славкалий». Инвестиционное соглашение предполагает создание новых энергетических мощностей по глубокой переработке сырья в на предприятии.

Инвестиционное соглашение предполагается к реализации на двух основных этапах, в ходе которых предполагается структурное изменение Орского нефтеперерабатывающего завода.

Для понимания последовательности выполнения работ была составлена схема производственно - технологического процесса Орского нефтеперерабатывающего завода представленная на рисунке 1.

Надежная работа подстанций нефтеперерабатывающих предприятий во многом определяется безаварийной работой высоковольтных выключателей.

Подстанция ЦРП-2 требует модернизации не только из-за физического и морального износа электрооборудования, но и для обеспечения электрической энергией новых объектов:

- установки гидроочистки дистиллятов коксования;
- водоблока первой системы комплекса замедленного коксования;
- промежуточного парка установки гидроочистки дистиллятов коксования.

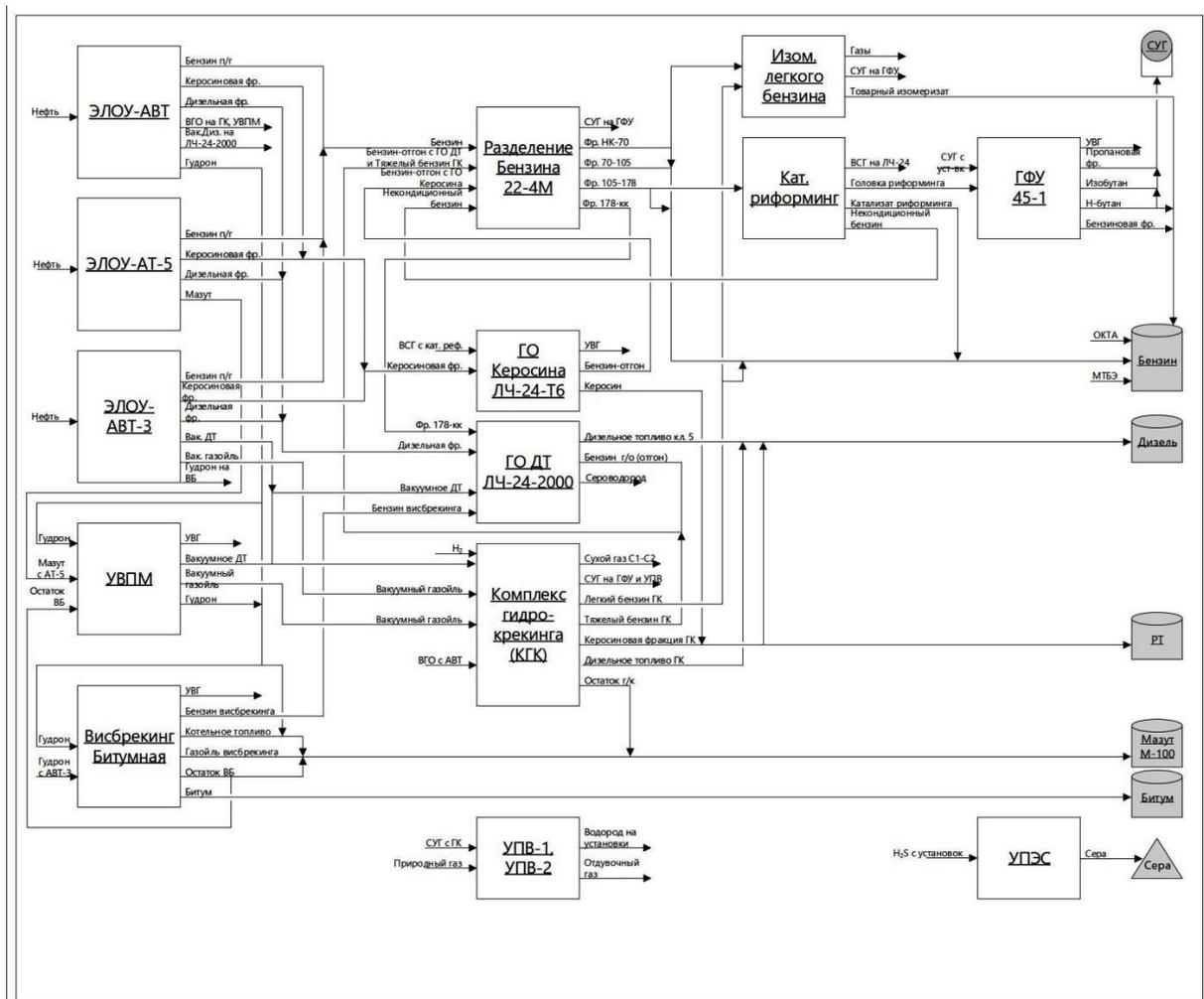


Рисунок 1 – Схема производственного процесса ПАО «Орскнефтеоргсинтез»

Появление высоконадежных микропроцессорных средств нового поколения, а также реконструкция высоковольтных подстанций в части электротехнического оборудования дали мощный импульс к внедрению полномасштабных АСУТП энергообъектов, реализующих функции информационные, автоматического регулирования, дистанционного и программно-логического управления, диагностики состояния электрооборудования и аппаратуры.

Основой автоматизированной системы управления технологического процесса подстанции (АСУТП ПС) является распределенная структура, обеспечивающая взаимодействие компонентов системы с использованием современных сетевых технологий, что дает неоспоримое преимущество в эффективности сбора и обработки информации.

Появление новых стандартов в энергетике позволяет использовать единые правила взаимодействия устройств различных производителей и делает механизмы интеграции значительно проще и надежнее. Интегрированная система позволяет организовать информационную базу, удовлетворяющую

современным требованиям по объему информации, включающую все параметры технологических процессов.

АСУ ТП СБ обеспечивает комплексную автоматизацию технологических процессов управления передачей, преобразованием и распределением электроэнергии с целью повышения надежности и эффективности работы подстанций и прилегающих электрических сетей, тем самым обеспечивая надежное электроснабжение потребителей электроэнергии и снижая эксплуатационные расходы. Сокращение обслуживающего персонала подстанций и повышение их безопасности.

Задачи, которые решаются при использовании АСУТП ПС могут быть описаны следующим образом. Первая решаемая задача это повышение надежности и долговечности работы основного энергетического оборудования за счет сокращения времени и средств на его ремонт. Для этого необходимо наладить учет всех возникающих видов выхода из строя оборудования с анализом первопричин возникновения данных ситуаций. Второй задачей можно считать уменьшение ошибочных действий оперативного персонала при выполнении своих трудовых функций. Здесь уместны постоянное обучение со сдачей квалификационных экзаменов и работа института наставничества. Третья задача это необходимость повышения эксплуатационной готовности с сохранением маневренности основного и вспомогательного технического оборудования электрических подстанций.

Рассмотренные выше задачи возможно решить за счет увеличения уровня автоматизированного управления на предприятии. При этом нам необходимо достичь как минимум третьего уровня автоматизации - комплексной автоматизации. На данном уровне автоматизации все этапы и звенья производственного процесса, начиная от подготовительных процессов и заканчивая испытаниями и отправкой готовой продукции сведены в единую систему учета и управления. Этого возможно достичь за счет повышения надежности средств контроля и управления путем применения надежной элементной базы, и самоконтроля технических и программных средств. Не следует забывать и о том, что в сложившихся сейчас отношениях Российской Федерации со своими бывшими партнерами ситуации связанной с необходимостью полного импортозамещения следует внедрять непрерывные методы технической диагностики электротехнического оборудования.

АСУТП ПС, таким образом, становится главным средством ведения оперативным персоналом технологического процесса, обеспечивающим требуемый уровень надежности и эффективности эксплуатации основного оборудования во всех режимах функционирования подстанции. АСУТП ПС обеспечивает сбор оперативно-диспетчерской и технологической информации и передачу в существующий комплекс технических средств диспетчерского управления (КТС ДУ) для целей оперативного управления.

#### Список литературы

1. ТР-1-16-2018 Технологический регламент на эксплуатацию водозаборных сооружений УКПГ-14, утвержденный 28.03.2018 главным

инженером – первым заместителем генерального директора ООО «Газпром добыча Оренбург» А.В. Швецом.

2. ТР 1–14–2017 Технологический регламент на эксплуатацию установки комплексной подготовки газа № 14, утвержденного 05.12.2017 главным инженером – первым заместителем генерального директора ООО «Газпром добыча Оренбург» А.В. Швецом.

3. СП 32.13330.2018 Свод Правил. Канализация. Наружные сети и сооружения.

4. СанПин 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий

## **РАБОТА ОСНОВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СОРОЧИНСКОГО НГДУ**

**Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент,**

**Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент,**

**Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»,**

**МРС ООО «Газпром добыча Оренбург»,**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный аграрный университет»**

Основным топливом котельной Сорочинского НГДУ является попутный нефтяной газ, резервным - дизельное топливо по ГОСТ 305-82. Используемым резервным топливом оборудованием, являются три водогрейных котла: ТТ-100 тепловой мощностью 4200кВт каждый производства "Энтророс", Россия. Все котлы оборудованы газо-дизельными модуляционными горелками производства «Cibital Unigas» производство - Италия.

Каждый из котлов оснащен индивидуальным комплексом средств автоматизации, позволяющим выполнять следующие функции:

а) Автоматический розжиг котла на газообразном топливе, который решается средствами автоматики горелочного блока фирмы «Cibital Unigas»;

б) Автоматическое регулирование средствами автоматики горелочного блока фирмы «Cibital Unigas» тепловой нагрузки котла в зависимости от температуры воды на выходе из котла путем плавного-двухступенчатого регулирования подачи газа к горелке котла по алгоритму "много-мало"; соотношения "газ-воздух" по соответственно аналогичному закону регулирования путем изменения положения регулирующей заслонки в заборном воздуховоде к дутьевому вентилятору.

в) Противоаварийная защита (ПАЗ) котла осуществляется путем автоматического прекращения подачи топлива к горелкам при: повышении и понижении давления газообразного топлива перед горелками ; понижении давления воздуха перед горелками; погасании факелов горелок (комплект горелки); повышении и понижении давления прямой воды на выходе из котла; неисправности цепей защиты, включая исчезновение напряжения (решается построением электрической схемы); повышение величины напора в топке; остановке вентилятора (решается электрической блокировкой в электрической схеме горелочного блока); концентрации СО в воздухе помещения котельной 100 МГ/М<sup>3</sup> (5ПДК); концентрации метана в воздухе помещения котельной (СН<sub>4</sub>) 10% НКПВ.

Управление быстродействующими клапанами на газопроводе к каждому котлу решено конструкцией комплектного блока фирма «Cibital Unigas», в

схему которого введены сигналы дополнительных датчиков для организации защит в соответствии с требованиями отечественных нормативов.

Электрическая схема обработки дополнительных защит собрана в изготовленном щите горелки ШУК.

Примечание: по первым семи параметрам защита выполняется путем прекращения подачи газа комплектными с горелкой отсечными клапанами перед каждым котлом. Прекращение подачи газа при концентрации метана 10% НКПР и оксида углерода при концентрации 100 мг/м<sup>3</sup> производится быстродействующим запорным клапаном общим для всей котельной.

Общий для всей котельной быстродействующий запорный клапан закрывается автоматически и при отключении электроэнергии,

г) Световая сигнализация выполняется: на комплектном блоке управления фирмы «Sibital Unigas», по следующим параметрам: горелка включена; неисправность горелки; режим эксплуатации; на щите горелки ШУК: давление воды высоко; давление воды мало; давление газа мало; давление газа высоко; температура воды высока; давление в газоходе высоко.

Все аварийные состояния сопровождаются звуковым и индивидуальным световым сигналом.[1]

д) Автоматический контроль по месту измерения осуществляется местными показывающими приборами по следующим параметрам: температуры дымовых газов за котлом; напора воздуха за дутьевым вентилятором; напора дымовых газов в газоходе котла; давления обратной воды на входе в котел; давление прямой воды на выходе из котла; давление топливного газа перед быстродействующими отсечными клапанами котла; давление топливного газа после основного запорного органа; давление топливного газа за последним регулирующим органом перед горелкой котла.

Работа расходомерного узла топливного газа. Расходомерный узел оснащен средствами автоматизации, обеспечивающими выполнение нижеследующих функций:

а) Автоматическая регистрация: расхода топливного газа на котельную; температуры топливного газа; давления топливного газа.

При регистрации расхода топливного газа вводится автоматическая корректировка его по температуре и давлению.

б) Контроль местными показывающими приборами: давления топливного газа перед общекотельным отсечным клапаном; давления газа на выходе расходомерного узла; давления газа в газопроводе ПСК; перепада давления газа на счетчиках, перепада давления газа на газовом фильтре.

в) Автоматическая светозвуковая сигнализация на щите автоматики ША: концентрации метана в воздухе помещения котельной (СН<sub>4</sub>) 10 % НКПР; концентрации СО в воздухе помещения котельной равной 100 мг/м<sup>3</sup> (5ПДК), концентрации СО в воздухе помещения котельной равной 20 мг/м<sup>3</sup> (1ПДК).

г) Противоаварийная защита котельной путем прекращения подачи газа быстродействующим запорным клапаном с соленоидным электроприводом на газо-подводящем трубопроводе при: концентрации метана в воздухе помещения котельной (СН<sub>4</sub>) 10 % НКПР; концентрации СО в воздухе

помещения котельной равной  $100 \text{ мг/м}^3$  (5ПДК); неисправности цепей защиты, включая исчезновение напряжения, остановке всех сетевых насосов, аварийно низком давлении воды на входе в котельную, аварийно высоком давлении воды на входе в котельную, аварийно низком давлении после НС, аварийно высоком давлении после НС, пожаре, несанкционированном проникновении, при понижении-повышении давления газа к котлам.

Расходомерные узлы учета энергоресурсов обеспечивают:

а) Автоматическую регистрацию: расхода горячей воды в системе отопления, ГВС и подпитки; температуры воды в трубопроводах; давления воды в трубопроводах;

Тепловычислитель осуществляет регистрацию показаний, выполняет расчет количества отпущенного тепла и архивирование данных Организация работы тепломера регламентируется техническими документами завода-изготовителя на монтаж и эксплуатацию.

Для управления узлом приготовления сетевой воды и контроля за значениями параметров, определяющих процесс предусматривается:

а) Автоматическое регулирование температуры сетевой воды: регулирование температуры прямой сетевой воды выполняется только в отопительный период, температура в трубопроводе прямой сетевой воды поддерживается путем изменения степени открытия регулирующего клапана на перепускном трубопроводе от трубопровода обратной сетевой воды после сетевых насосов в трубопровод прямой сетевой воды. Т.е. дозированным подмешиванием охлажденной обратной сетевой воды температура прямой сетевой воды поддерживается автоматически согласно температурного графика; значение температуры прямой сетевой воды устанавливается автоматически в зависимости от температуры наружного воздуха; зависимость температуры прямой сетевой воды от температуры наружного воздуха задается с панели оператора по 10 точкам; для регулирования температуры используется пропорционально -интегральный закон регулирования.

б) Автоматический контроль и регистрация: температуры наружного воздуха; температуры прямой сетевой воды; значение заданной температуры прямой сетевой воды.

Для работы насосов сетевой воды работающих в зимние время предусмотрено ручное и автоматическое управление зимними сетевыми насосами. Для этого в ШУ установлены ключи выбора режима работы НС «мест.-авт.», кнопки «Стоп» и «Пуск».

В котельной установлено три зимних сетевых насоса, два основных и один резервный. Включение АВР осуществляет контроллер системы при понижении; давления на выходном коллекторе каждого насоса или отключении работающего насоса. Выбор основных и резервного насосов осуществляется с панели оператора. Для работы АВР необходимо чтобы все насосы находились в автоматическом режиме управления. Первый пуск насосов производится в ручном режиме, затем насосы переводятся в «Автоматический» режим. При отключении работающего насоса вручную с ШУ или по месту АВР не происходит.

Предусмотрено ручное управление, оно местное, при помощи пультов управления расположенных на ШУ и по месту, при местном управлении АВР не предусматривается.

Для контроля работоспособности сетевых насосов предусмотрен автоматический местный контроль показывающими манометрами типа МП4У, установленными на: всасывающих патрубках НСЗ 1, НСЗ 2, НСЗ 3.

Для работы насосов сетевой воды работающих в летнее время так же предусмотрено ручное и автоматическое управление летними сетевыми насосами.

В котельной установлено два летних сетевых насоса, один основной и один резервный. Включение АВР осуществляет контроллер системы при понижении давления на выходном коллекторе насосов или отключении работающего насоса.

Выбор основного и резервного насосов осуществляется с панели оператора. Для работы АВР необходимо чтобы все насосы находились в автоматическом режиме управления. Первый пуск насосов производится в ручном режиме, затем насосы переводятся в «Автоматический» режим.

При отключении работающего насоса вручную с ШУ или по месту АВР не происходит. Предусмотрено ручное управление местное, при помощи пультов управления расположенных на ШУ и по месту, при местном управлении АВР не предусматривается.

Для контроля работоспособности сетевых насосов предусмотрен автоматический местный контроль показывающими манометрами типа МП4У, установленными на: всасывающих патрубках НСЛ 1, НСЗ 2; нагнетающих патрубках НСЛ 1, НСЛ 2;

Работа насосов исходной воды (НИВ1, НИВ2). Для их работы предусмотрено ручное и автоматическое управление насосами НИВ. Для этого в ШУ установлены ключи выбора режима работы НИВ «мест.-авт.», кнопки «Стоп» и «Пуск».

В котельной установлено два насоса НИВ. Выбор «Основной - резервный» осуществляется с панели оператора. Включение основного насоса происходит при падении давления в трубопроводе Т2 и при понижении давления в трубопроводе подпитки после НИВ, отключение - при достижении номинального давления в Т2 и в трубопроводе исходной воды. Включение АВР осуществляется, если через определенный период времени (устанавливается вручную при наладке) основной насос не выполнил цикла подпитки. Для работы АВР необходимо все насосы НИВ перевести в режим «Автомат».

Предусмотрено ручное управление оно местное, при помощи пультов управления расположенных на ШУ и по месту, при местном управлении АВР не предусматривается.

Для контроля работоспособности насосов НИВ предусмотрен автоматический местный контроль показывающими манометрами типа МП4У, установленными на: всасывающих патрубках НИВ1и НИВ2; на нагнетающих патрубках НИВ1и НИВ2;

Работа насосов рециркуляция (НР1, НР2). В котельной установлено два насоса НР. Включение насосов осуществляет контроллер системы при понижении температуры воды на входном коллекторе котлов или при понижении расхода через котлы. Для этого необходимо перевести на ШУ ключ выбора режима управления насосами в положение «Автомат». Пуск насосов происходит при пуске котлов (одного котла) и температуре на входе в котлы меньше заданной или расходе меньше допустимого. Температура на входе в котлы контролируется термометром, расход контролируется расходомером. Диапазон температуры задается с панели оператора, необходимый расход вычисляется контроллером. Первый пуск насосов рециркуляции производится вручную, затем насосы переводятся в «Автоматический» режим. Предусмотрено ручное управление оно местное, при помощи пультов управления расположенных на ШУ и по месту.

Для контроля работоспособности насосов НР предусмотрен автоматический местный контроль показывающими манометрами типа МП4У, установленными на всасывающих патрубках НР 1 и НР2; на нагнетающих патрубках НР1 и НР2;

При работе насосы циркуляции ГВС (НПГ 1, НПГ 2), предусмотрено ручное и автоматическое управление насосами НЦГ. В котельной установлено два насоса НПГ, один основной и один резервный.

Включение основного осуществляет контроллер при понижении давления в трубопроводе ТЗ и увеличении расхода воды ГВС. Включение АВР осуществляет контроллер системы при понижении давления на выходном коллекторе насосов или отключении работающего насоса. Выбор основного и резервного насосов осуществляется с панели оператора. Для работы АВР необходимо чтобы все насосы находились в автоматическом режиме управления.

Первый пуск насосов производится в ручном режиме, затем насосы переводятся в «Автоматический» режим. При отключении работающего насоса вручную с ШУ АВР не происходит. Предусмотрено ручное управление оно местное, при помощи пультов управления расположенных на ШУ и по месту, при местном управлении АВР не предусматривается.

Для контроля работоспособности сетевых насосов предусмотрен автоматический местный контроль показывающими манометрами типа МП4У, установленными на: всасывающих патрубках НПГ 1, НПГ 2; нагнетающих патрубках НПГ 1, НПГ 2. [2]

#### Список литературы

1. Котельные установки и их обслуживание Москва «ВШ» 1990г. Деев Л.В. Балахничев Н.А
2. СНиП 11-35-76 «Котельные установки».

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА УКПГ-14 ОРЕНБУРГСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент,  
Соколова Т.Ю., канд. экон. наук, доцент,  
Васянин Е.Г., канд. техн. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»,  
МРС ООО «Газпром добыча Оренбург»**

В настоящее время на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении (далее – ОНГКМ) к системам непрерывного ведения технологического производства относятся:

- системы энерго-водо-теплоснабжения;
- вентиляционные системы;
- канализационно-насосные станции (КНС);
- пожарно-насосная установка (ПНУ).

Вода для хозяйственно-питьевых и производственно-противопожарных нужд установки комплексной подготовки газа № 14 (далее – УКПГ-14) поступает с водозаборного сооружения УКПГ-14, состоящего из 2-х артезианских скважин (одна рабочая, другая резервная) с погружными насосами марки ЭЦВ 6-10-110 и эксплуатируется в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Возможно переключение работы скважин на ручной режим со щита в автоматической пожарно-насосной установке (далее – АПНУ).

От водозабора до УКПГ-14 проложены два водовода Ду=89 на 3мм с рабочим давлением  $P_p=0,6$  МПа, обустроенные колодцами с отключающей арматурой. По водоводам вода поступает в резервуар производственно-противопожарного запаса воды ёмкостью  $500 \text{ м}^3$ , откуда насосами подается на нужды УКПГ-14.

Для водоотведения на УКПГ-14 проложены следующие системы канализации:

- хозяйственно-бытовая;
- промышленная канализация.

Канализационно-насосная станция (КНС-2) предназначена для перекачки хозяйственных и бытовых стоков на канализационные очистные сооружения (далее – КОС) в районе УКПГ-14.

Для перекачки хозяйственно-бытовых стоков используются насосы типа НХФ-3, НХФ-4 (центробежные консольные ЦК 80-65-160).

Хозяйственно-бытовые стоки из столовой, душевых, жилых комплексов УКПГ-14 направляются в хозфекальную емкость объёмом  $V=10 \text{ м}^3$  в КНС-2. Контроль уровня хозфекальной емкости производится сигнализатором уровня LS-003 в искробезопасном исполнении NY1-ВД2210. Сигнал от него идёт на

включение и выключение насосов НХФ-3, НХФ-4 для откачки резервуара хоз.-бытовых стоков. Для откачки дренажного приемка в КНС-2 используется один из насосов НХФ-3 или НХФ-4, по максимальному уровню в приемке (насосы включаются вручную).

По системе трубопроводов хоз.бытовой канализации стоки поступают на КОС УКПГ-14.

Производственно-дождевые сточные воды с площадки УКПГ-14 (стоки с установки сепарации, технологического корпуса, компрессорной воздуха КИПиА, склада метанола) поступают на КОС по трубопроводу системы пром. канализации в приёмный резервуар объемом 90м<sup>3</sup> бывшей КНС бытовых стоков, переоборудованную под станцию закачки очищенных стоков в пласт. В приёмном резервуаре расположен датчик уровня Сапфир-22Ду, по сигналу (по высокому LАН-02 и низкому LАL-02 уровню в ёмкости промстоков на мониторе компьютера в диспетчерской) которого погружными насосами Н-3-1, Н-3-2 (марки 2ГНОМ 16-16 Ex - 1 рабочий/1 резервный) стоки подаются на очистку на установку БМ-2К (КОС). Включение насосов производится как автоматически, так и вручную.

КОС включают в себя:

- установку очистки хозяйственно-бытовых сточных вод АТН-30 производительностью 30м<sup>3</sup>/сут по 2 линиям;
- установку очистки производственно-дождевых сточных вод - БМ-2К;
- резервуарный парк;
- насосно-компрессорное оборудование;
- приборы контроля и автоматизации управления процессом очистки сточных вод;
- ёмкость производственно-дождевых сточных вод Е-3;
- ёмкость хозяйственно-бытовых сточных вод - КНС-1.

Резервуарный парк КОС содержит:

- два резервуара горизонтальных стальных Е-2-1, Е-2-2 объемом  $V=10\text{м}^3$  для надземного хранения бытовых сточных вод;
- два резервуара-отстойника Е-4-1, Е-4-2 объемом  $V=30\text{м}^3$  для приёма производственно-дождевых сточных вод;
- два резервуара очищенных стоков  $V=100\text{м}^3$  для приёма и хранения очищенных сточных вод.

Технологический процесс КОС УКПГ-14 полностью автоматизирован. Автоматизированная система управления технологическим процессом (далее – АСУ ТП) КОС организована в виде трёхуровневой структуры:

- 1-й нижний уровень реализован на базе датчиков и исполнительных механизмов;
- 2-й средний уровень микропроцессорных контроллеров, ориентированных на автоматизированное управление производственными процессами. Контроллеры снабжены подсистемой ввода-вывода, которая обрабатывает информацию, получаемую от полевых приборов, и осуществляет управление;

- 3-й верхний уровень - автоматизированное рабочее место (далее – АРМ) оператора-технолога на базе персонального компьютера, обеспечивает автоматизированный контроль и управление технологическим оборудованием.

АСУ ТП КОС УКПГ-14 обеспечивает:

- автоматическое поддержание технологических параметров на заданном уровне с возможностью дистанционного изменения режима работы систем из операторной;

- автоматическую защиту оборудования и агрегатов в аварийных ситуациях с сигнализацией причины аварийной ситуации и положения отключающей арматуры;

- дистанционный контроль параметров с регистрацией на цифropечатающем устройстве;

- сигнализацию о работе и отключении агрегатов и положении запорной арматуры.

КОС введены в эксплуатацию с 09.06.2006.

Здание существующей КНС бытовых стоков было переоборудовано под станцию закачки очищенных сточных вод в пласт в верхней надземной части, а в нижней подземной части ёмкость для приёма производственно-дождевых сточных вод (Е-3).

В период с 2012 по 2016 год внесено изменение в схему КОС:

- установлено резервное оборудование для подачи воздуха на установку очистки хозяйственно-бытовых стоков АТН-30 - воздуходувка 2АФ (К-2).

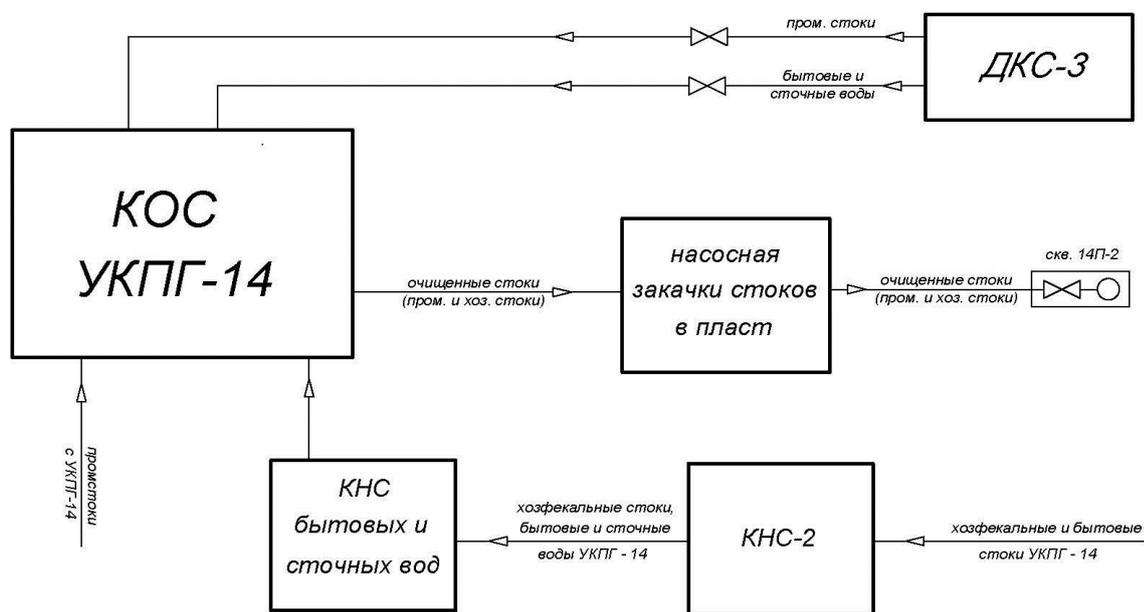


Рисунок 1- Принципиальная схема трубопроводов сброса промышленных и хозяйственных стоков УКПГ-14

Таблица 1. Сравнительный состав хозяйственно-бытовых сточных вод по данным исследований НИЛ ООС ГПУ по состоянию на декабрь 2022 года

Хозяйственно-бытовые сточные воды			
Данные на декабрь 2022 года			
показатель	количество		единицы измерения
	Вход	Выход	
водородный показатель	7,6	7,5	рН
плотность	1,0	1,0	кг/м <sup>3</sup>
нефтепродукты	0,85	0,72	мг/дм <sup>3</sup>
фосфат ионы	0,69	0,64	мг/дм <sup>3</sup>
ионы аммония	8,90	8,77	мг/дм <sup>3</sup>
ХПК	38,5	28,4	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
БПК	1,125	1,085	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
взвешенные вещества	30,2	20,5	мг/м <sup>3</sup>
сухой остаток	890,0	856,0	мг/дм <sup>3</sup>

Таблица 2. Сравнительный состав производственно-дождевые сточных вод по данным исследований НИЛ ООС ГПУ по состоянию на декабрь 2022 года

Производственно-дождевые сточные воды			
Данные на декабрь 2022 года			
показатель	количество		единицы измерения
	Вход	Выход	
водородный показатель	6,7	6,8	рН
плотность	1,042	1,040	г/см <sup>3</sup>
нефтепродукты	0,042	0,024	г/дм <sup>3</sup>
метанол	1,295	1,016	г/дм <sup>3</sup>
сероводород	0,031	0,025	г/дм <sup>3</sup>
взвешенные вещества	0,044	0,023	г/дм <sup>3</sup>
сухой остаток	1,846	1,230	г/дм <sup>3</sup>

#### Список литературы

1. ТР-1-16-2018 Технологический регламент на эксплуатацию водозаборных сооружений УКПГ-14, утвержденный 28.03.2018 главным инженером – первым заместителем генерального директора ООО «Газпром добыча Оренбург» А.В. Швецом.

2. ТР 1–14–2017 Технологический регламент на эксплуатацию установки комплексной подготовки газа № 14, утвержденного 05.12.2017 главным инженером – первым заместителем генерального директора ООО «Газпром добыча Оренбург» А.В. Швецом.

3. СП 32.13330.2018 Свод Правил. Канализация. Наружные сети и сооружения.

4. СанПин 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий

## **ВЫБОР СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ РЕЗЕРВА ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПОСЕЛКА ДОМБАРОВСКИЙ**

**Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент,  
Соколова Т.Ю., канд. экон. наук, доцент,  
Козловцев А.П., д-р техн. наук, профессор**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»,**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный аграрный университет»**

Основным назначением любой электроэнергетической системы является выработка и поставка качественной электрической энергии потребителям. Особенно это касается удаленных от энергетических центров потребителей.

Несмотря на то что требования к показателям качества электрической энергии есть в каждом типовом договоре с энергоснабжающей организацией у потребителей на удаленных территориях возникает много вопросов по следующим показателям качества электрической энергии: установившемуся отклонению напряжения, коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, отклонении частоты, коэффициенту временного перенапряжения, дозе фликера.

В поселке Домбаровский имеется потребитель первой категории Домбаровская Районная больница согласно акта о технологическом присоединении от 19 марта 2019 г. Под номером 0687. Центром питания является ТП 120 питающий фидер 1) Фидер №6 2) Фидер №9 подстанция Домбаровская -1. согласно схеме ВЛ 10кВ п. Домбаровский.

Автоматический ввод резерва – ситуация, при которой вместо основного источника питания в ход идёт запасной. Сбой и отключения питания, скачки напряжения и перебои в работе приводят к простоям, а в не которых случаях и к гибели человека.

В большинстве случаев устройство АВР представляет собой распределительную схему с односторонней коммутацией входов, которая контролирует напряжение на входах питания и токи нагрузки через реле или с помощью микропроцессорного блока. Один из входов используется как рабочий; когда контрольные показатели опускаются ниже критического уровня, автоматически вводится резерв; существуют также двусторонние схемы, которые не разделяют разделы на рабочие и резервные. Обязательным условием бесперебойной работы электросетей является то, что система автоматической передачи должна возобновить подачу электроэнергии сразу же после отключения основного источника. При проектировании систем АВР необходимо соблюдать технические требования, чтобы обеспечить быстрое восстановление электроснабжения сети:

- быстрое и надежное включение резервного ввода;
- отключение основного источника питания перед подачей резервного питания;
- одноразовая активация системы;
- возможность настройки порога срабатывания резервного ввода для предотвращения ложных срабатываний;
- контроль работоспособности оборудования резервной секции с обязательной блокировкой подачи напряжения в случае короткого замыкания; в то же время система АВР должна работать только при наличии резервного входного источника питания.

Схема автоматического включения резерва для потребителей поселка Домбаровский представлена на рисунке 1.

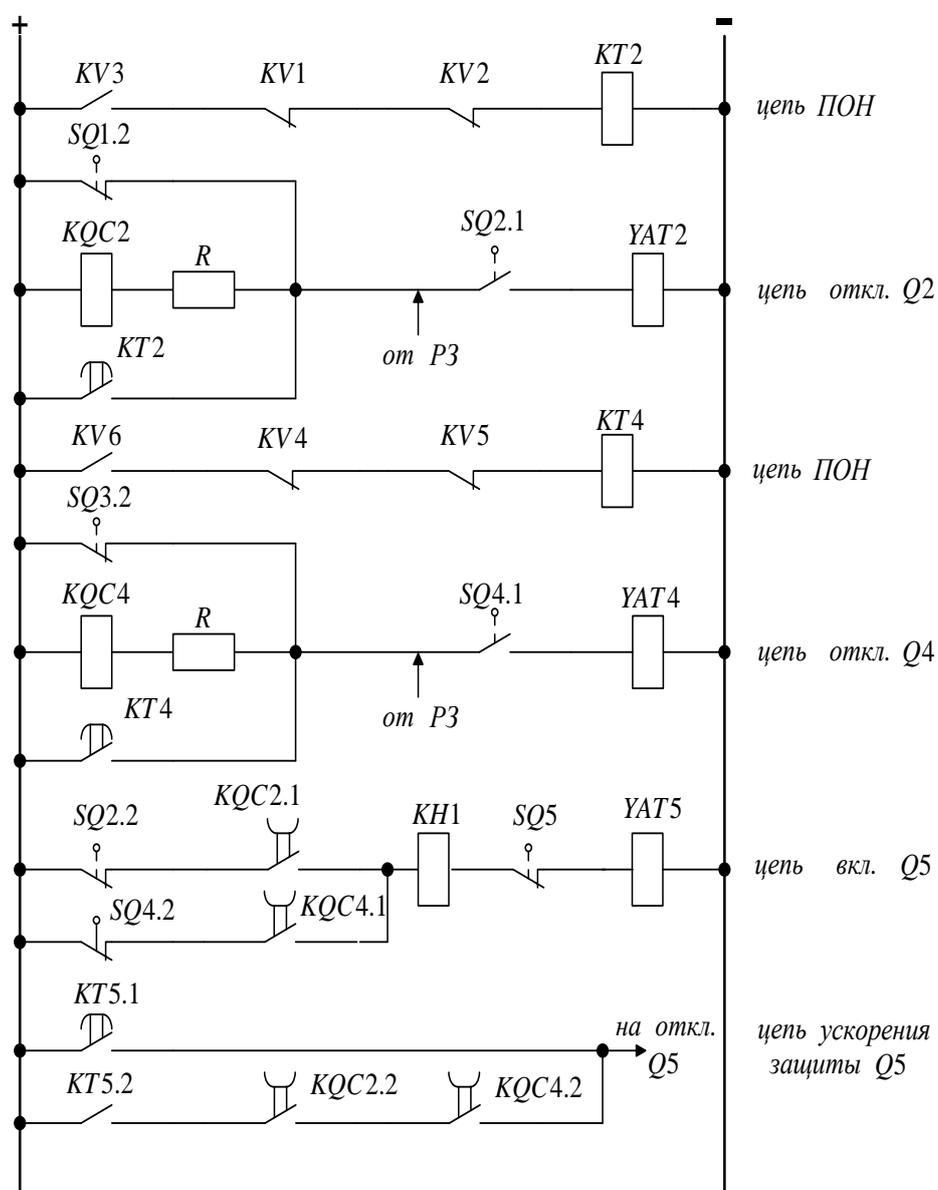


Рисунок 1 - Схема автоматического включения резерва для потребителей поселка Домбаровский

В зависимости от того, насколько критично исчезновение электроснабжения для всех или части потребителей, строится схема электроснабжения объекта в целом и АВР в частности. Схемы АВР имеют определенную классификацию как с точки зрения конструкции, так и с точки зрения производительности блока питания и устройств управления.

Два входа (основной и резервный) в общую шинную систему – основной вышел из строя, потребители питаются от резервного;

Два рабочих входа для двух секций шины с секционированием – это когда каждый вход питает своих потребителей и в случае отключения питания на одном из входов второй “берет на себя” своих потребителей, включив секционное устройство;

Два рабочих входа для двух секций шинопроводов с секционированием + вход от дизель-генераторной установки - аналогично пункту 2, только при полном отсутствии сетевого питания нагрузки, которые нельзя отключить, питаются от генератора, приводимого в действие дизельным двигателем. Логика работы всех схем устройств АВР.

Если параметры основного входа нормализованы, то АВР переключается на него, т.е. переходит в нормальный режим работы.

Работающая подстанция ТП 120 запитана от двух силовых линий ВЛ 10 кВ и её подключены к разным секциям сборных шин. Отсюда возникает необходимость в использовании пускового органа напряжения (ПОНа).

Эффект замыкания размыкающих контактов минимального реле напряжения построен на срабатывания ПОН по условию отстройки от минимального напряжения самозапуска. При этом учитывается минимальное остаточное напряжение при трехфазном коротком замыкании за сосредоточенным сопротивлением.

Реле напряжения РН53/60Д используется в качестве реагирующего органа с длительно допустимым напряжением 110 В или 220 В, в пределах уставок от 15 до 60 В.

#### Список литературы

1. Д.Т. Комаров - Резервные источники электроснабжения сельскохозяйственных потребителей (Библиотека электромонтера, вып. 1990 г) - 85 с.
2. Железко Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях : руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко. - Москва : Изд-во НИЦ ЭНАС, 2014. - 277 с.
3. <https://samelectrik.ru/dlya-chego-nuzhen-avtomaticheskij-vvod-rezerva-i-kak-rabotaet-avr.html>

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО СИСТЕМАМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Пичугин А.В., Сорокин В.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»,

В наше время существует довольно много стендов для изучения как общих принципов программирования ПЛК, так и более продвинутых, в которых происходит взаимодействие нескольких систем управления. И за каждым из таких стендов студент знакомится с основами работы и программирования управления ПЛК, средой программирования CoDeSys.

В данной статье будет рассмотрена два подобных комплекса, например, автоматизированная лабораторная установка для исследования систем контроля и регулирования технологических параметров [1], разработанная в СибГИУ и представленная на рисунке 1.

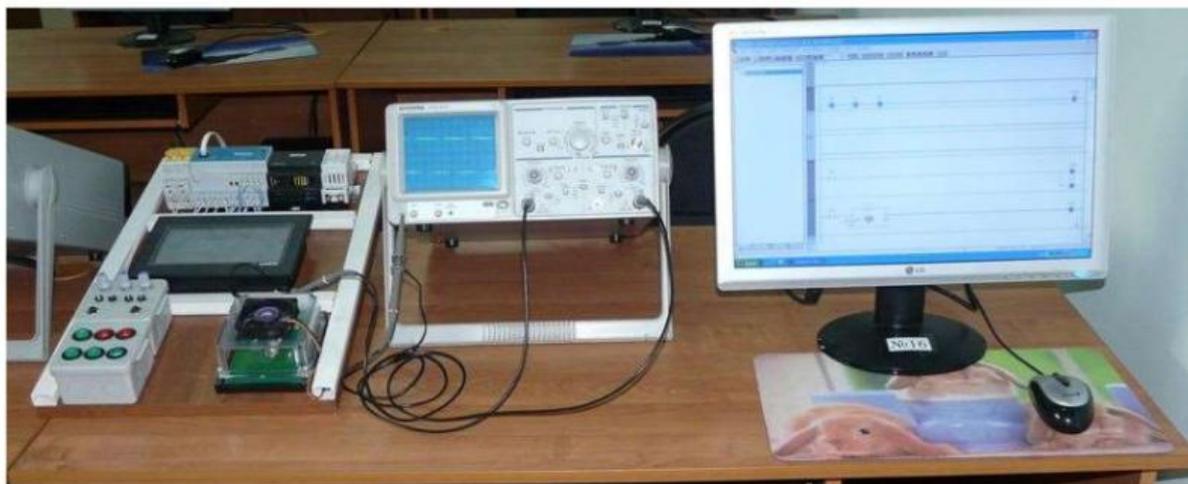


Рисунок 1 – Автоматизированная лабораторная установка

Лабораторный стенд, состоящий из контроллера ОВЕН ПЛК 150-220-А-М, источника питания ОВЕН ВР60В-D4-24, панели управления SP270, датчика температуры ОВЕН DTS125-50. V2. 60 и эмулятора печи ОВЕН EP10, на данном стенде возможно обучиться основам создания дискретных и аналоговых задающих сигналов на входах и выходах контроллера на простейших примерах [2].

Преимущество этого стенда заключается в простом и понятном получении начальных знаний по программированию на важнейших стандартных языках МЭК 61131-3. Именно на подобных стендах можно в

полном объеме освоить основы программирования без осложненных конструкций взаимодействия.

Вторым рассмотренным аналогом можно считать комплект учебного оборудования «Системы автоматического управления ОВЕН». Данный лабораторный комплекс (представлен на рисунке 2) позволяет получить основные сведения о технических характеристиках и основах программирования логического контроллера, преобразователя частоты, сенсорной панели оператора, программируемого реле, а также основы построения систем управления с использованием распределенной периферии и реализовывать системы автоматизации на их основе [3]. Данный стенд является прямым конкурентом разрабатываемого комплекса, что неизбежно приводит к их сравнению.



Рисунок 2 – Комплект учебного оборудования САУ-ОВЕН

Одной из особенностей стенда является его модульная конструкция [4], в комплект входят модули: блок питания стенда; программируемый контроллер и панель оператора; преобразователь частоты ПЧВ; Электрооборудование; сопряжение сигналов; программируемое реле; методическая печь. Преимуществом лабораторной установки является подробное изучение основ построения преобразователя частоты и реализации различных программ для его управления, а также изучение структуры распределенных систем управления с использованием GSM-модема.

Но у этого стенда присутствуют и значительные недостатки, ограничивающие его использование: Дороговизна лабораторного комплекса, которая составляет 800тыс.руб. и закрытая архитектура комплекса, что в свою очередь ограничивает модернизацию и обслуживание комплекса в целом являются критическими в выборе стенда.

Из рассмотренных комплексов можно выделить основные направления улучшения лабораторных стендов:

1) Снижение стоимости стендов – это достигается путем снижения универсальности стендового оборудования, без вреда целевому назначению стенда, ведь большая часть функционала стенда просто не используется и усложняет обслуживание.

2) Также существенным недостатком является так называемая «закрытая архитектура» лабораторного комплекса – силовая часть скрыта от обучающегося, на лицевой панели располагаются клеммы для подключения внешних устройств, а как без устройств согласования, созданных для комплекса, подключить ПЛК к ПК и силовой части – неизвестно.

В данной связи было принято решение разработки собственного стенда, предназначенного для проведения натурального испытания алгоритмов управления электродвигателем с открытой архитектурой.

Учебно-лабораторный стенд может быть использован для обучения студентов различных специальностей, изучающих дисциплины по разработке систем управления технологических процессов, программированию логических контроллеров.

Одной из особенностей разрабатываемого стенда является его модульная конструкция и открытость архитектуры, что не ограничивает пользователя в реализации различных схем управления, в комплект входят модули: блок питания постоянного напряжения; программируемый контроллер; панель оператора; преобразователь частоты; электрооборудование; промежуточные реле; контактор; электродвигатель и расширительные модуля для контроллера, структурная схема разрабатываемого комплекса представлена на рисунке 3.

Преимуществом лабораторной установки является подробное изучение основ управления преобразователем частоты, электродвигателем и реализация различных программ для его управления.

Модель разрабатываемого стенда представлена на рисунке 4. При этом есть возможность привлекать студентов в работах по усовершенствованию стендов. Данное преимущество в большинстве случаев отсутствуют при покупке готового решения. К тому же проведение настройки, ремонта и замены отдельных компонентов лабораторного комплекса, можно также проводить своими силами. Все это приводит к значительному снижению стоимости производства стенда и более качественному процессу обучения с его использованием.

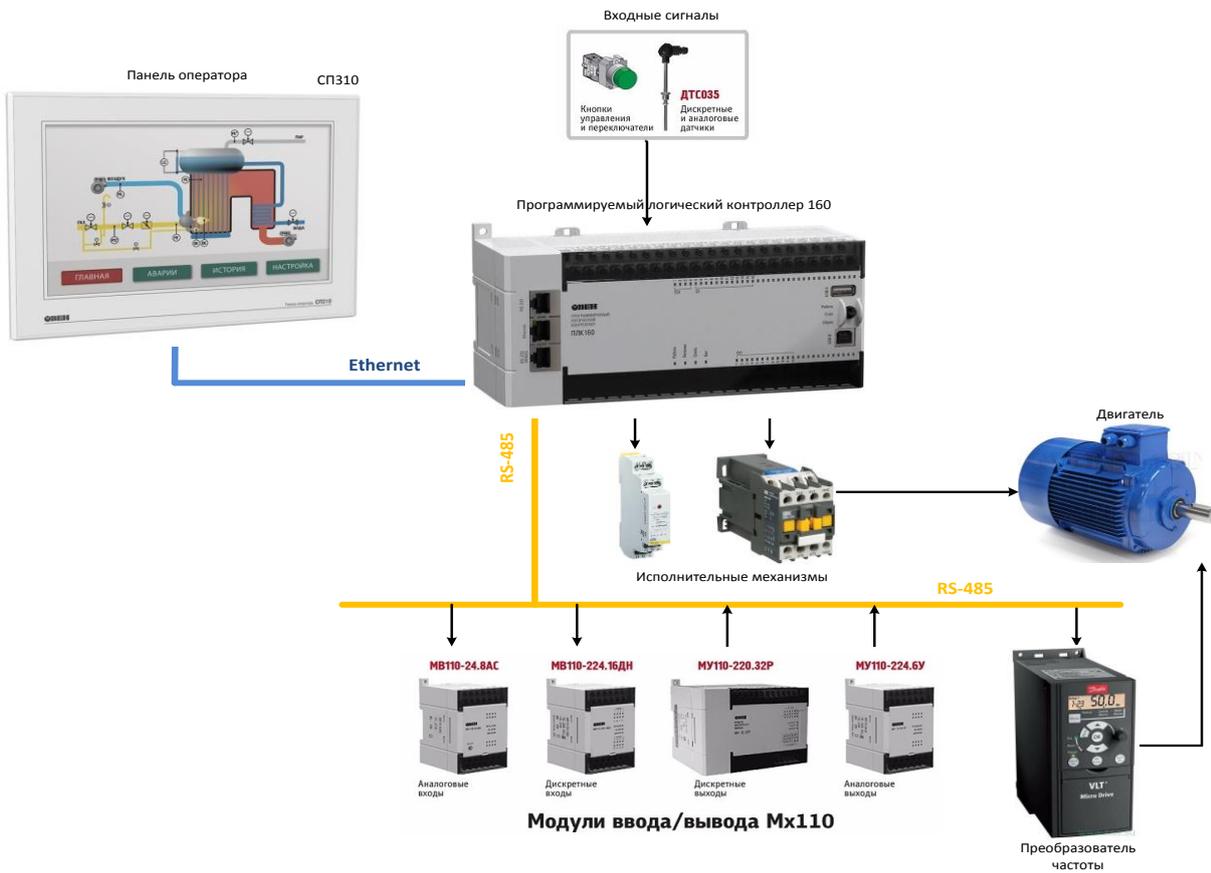


Рисунок 3 – Общая схема стендовой модели

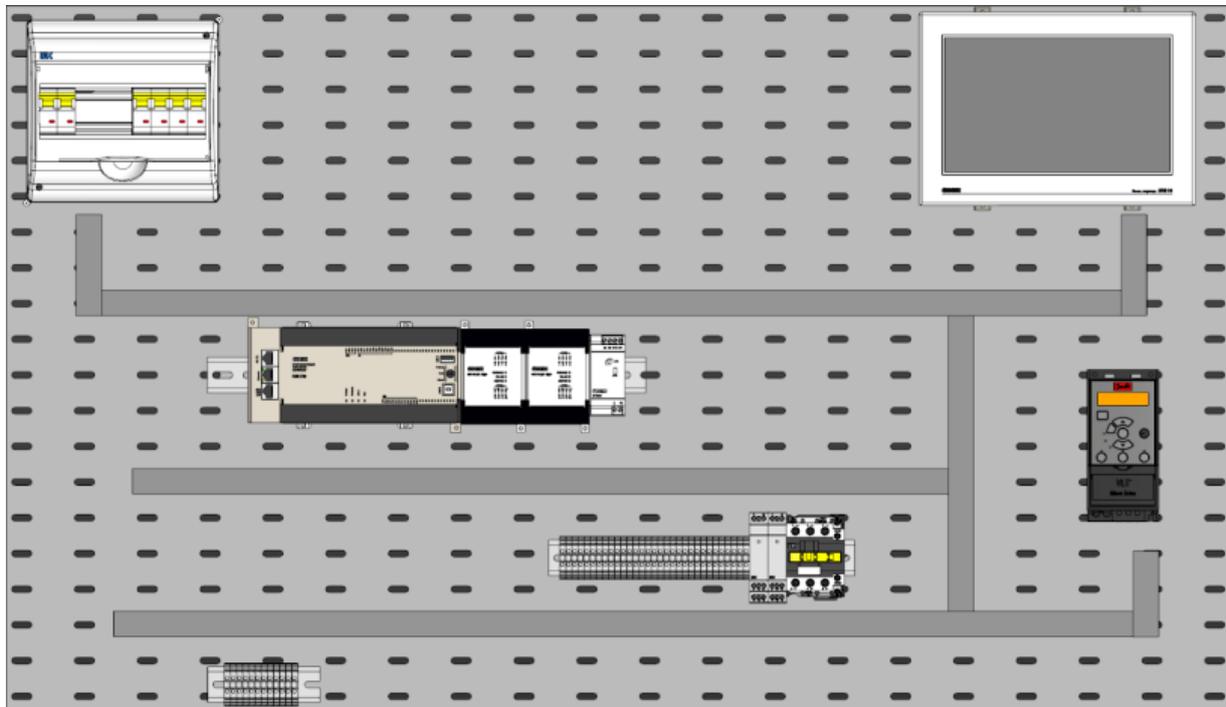


Рисунок 4 – 3Д модель прототипа разрабатываемого стенда

## Список литературы

1. Чернигов, И.А. Автоматизированная лабораторная установка для изучения систем контроля и регулирования технологических параметров / И. А. Чернигов, Н. Ф. Бондарь // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ'2012) с международным участием, 29-30 марта 2012 г., [г. Екатеринбург]. — Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2012. — С. 294–297.

2. Изучение ОВЕН ПЛК-150 в Сибирском государственном индустриальном университете [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.owen.ru/news/izuchenie-oven-plk150-v-sibirskom-gosudarstvennomindustrialnom-universitet> - Заглавие с экрана.

3. Типовой комплект учебного оборудования "Система автоматического управления ОВЕН", исполнение настольное с ноутбуком, САУ-ОВЕН-НН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://labstand.ru/catalog/sistemy\\_avtomatizatsii\\_i\\_upravleniya\\_sau/tipovoy\\_komplekt\\_uchebnogo\\_oborudovaniya\\_sistema\\_avtomaticheskogo\\_upravleniya\\_oven\\_ispolnenie\\_nastol\\_6270](http://labstand.ru/catalog/sistemy_avtomatizatsii_i_upravleniya_sau/tipovoy_komplekt_uchebnogo_oborudovaniya_sistema_avtomaticheskogo_upravleniya_oven_ispolnenie_nastol_6270) - Заглавие с экрана.

4. Нестеров, А.С. Техническое описание лабораторного комплекса «Система автоматического управления ОВЕН» (САУ-ОВЕН-НН). / А.С. Нестеров. – Челябинск: «Учтех-Профи», 2017. – 18 с.

## **ОПЫТ РАСЧЕТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**Сурков Д.В., канд. техн. наук,  
Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент,  
Ямансарин И.И., канд. техн. наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»,**

В современных малых беспилотных летательных аппаратах широко применяются бесколлекторные электродвигатели постоянного тока (в зарубежной литературе BLDC). Подобные двигатели имеют значительные различия в конструкции, величине электромагнитных нагрузок, тепловому режиму, степени защиты от воздействия окружающей среды.

В некоторых конструкциях применяются плоские постоянные магниты (ППМ), в более дорогих – дугообразные постоянные магниты (ДПМ), соответствующие внутреннему диаметру ярма ротора (рисунок 1 соответственно справа и слева). Магниты изготовлены из сплава неодим-железо-бор. Применение ДПМ позволяет получить равномерный воздушный зазор, снизить тепловое сопротивление перехода магнит-ярмо, при этом усложняется технология изготовления и повышается стоимость магнитов. Также нельзя исключать маркетинговые возможности применения ДПМ.

Рассмотрим особенности магнитного поля бесколлекторного электродвигателя постоянного тока с ДПМ и ППМ на примере двигателей серии U8 фирмы T-Motor [1]. В данных двигателях применяются ДПМ. Способ соединения с ярмом ротора клеевой.

Расчет магнитного поля двигателя выполнялся в программе FEMM 4.2, свойства материалов были взяты из доступных источников: магнитопровод статора, ярмо ротора - сталь 2412, постоянные магниты - сплав NdFeB марки N40.

Было рассчитано магнитное поле двигателя в режиме холостого хода при нескольких положениях ротора для конструкции с ДПМ и ППМ. Картина силовых линий индукции магнитного поля представлена на рисунке 1 для двух взаимных положений статора и ротора. Анализ рисунка 1 показывает, что при указанных параметрах расчета и режиме работы двигателя различия в величине индукции магнитного поля на отдельных участках элементов двигателя незначительны.

На рисунке 2 показаны графики индукции магнитного поля в воздушном зазоре над полюсами статора в положениях ротора, соответствующих рисунку 1. Из графиков видно небольшое увеличение индукции в углах полюса при его положении между магнитами в конструкции с ППМ. Указанные отличия могут сказаться на пульсационных потерях в зубцах статора и постоянных магнитах.

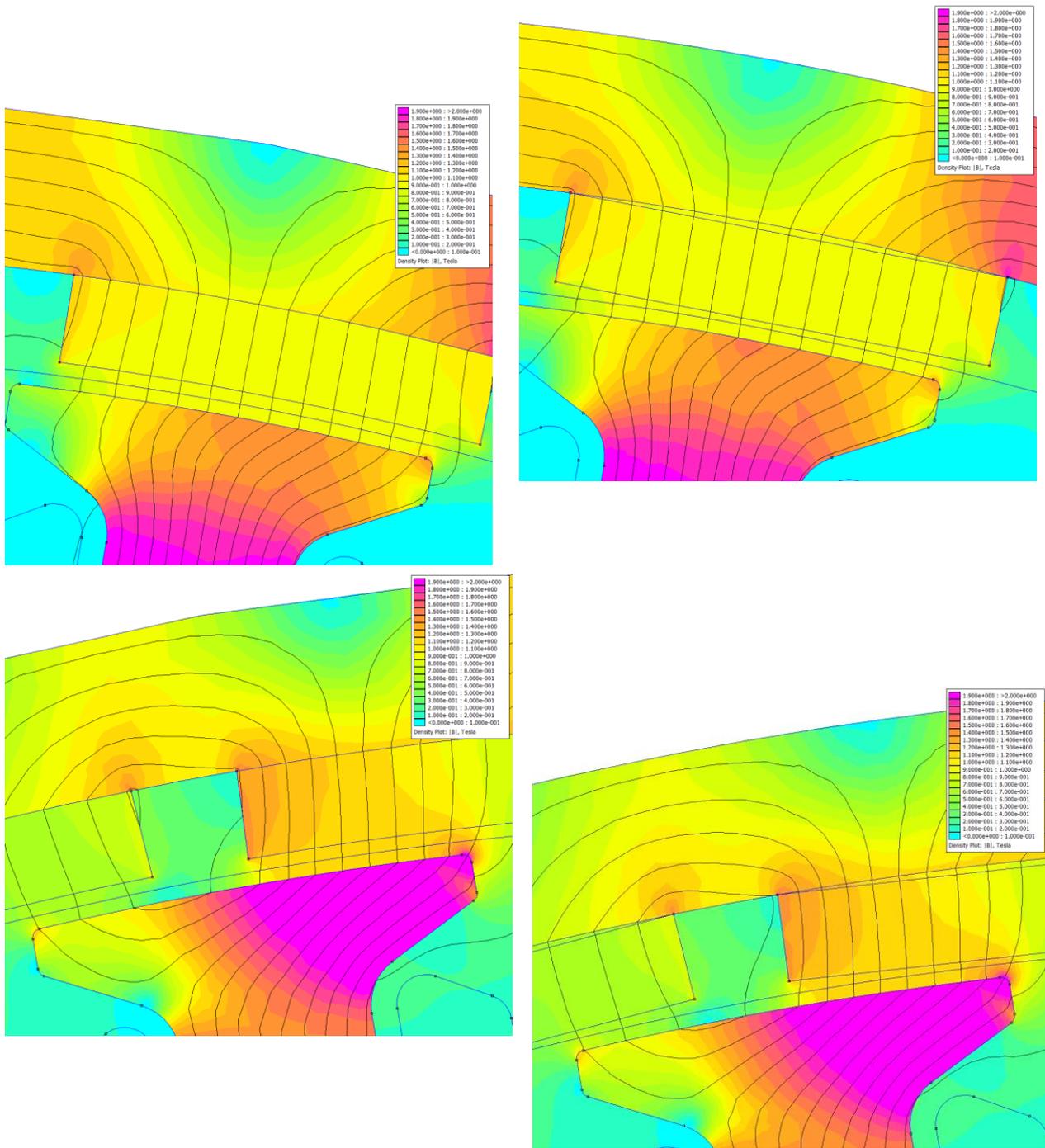


Рисунок 1 – Результат расчета магнитного поля (слева ДПМ, справа ППМ)

Также для расчета потерь представляет интерес гармонический состав индукции магнитного поля в отдельных элементах магнитной цепи. Расчет временных гармоник среднего значения индукции был выполнен при различных положениях ротора. Среднее значение индукции определялось в сечениях перпендикулярных магнитному потоку, в том числе для постоянных магнитов по поверхности, обращенной к статору, для зубцов статора по

сечению, проходящему под наконечником полюса. Амплитуда гармоник определялась с помощью быстрого преобразования Фурье. Результаты расчета гармоник индукции представлены в таблице 1, спектры гармоник показаны на рисунках 3 и 4. В зубцах статора расчет магнитного поля не выявил значимых высших гармоник средней индукции магнитного поля.

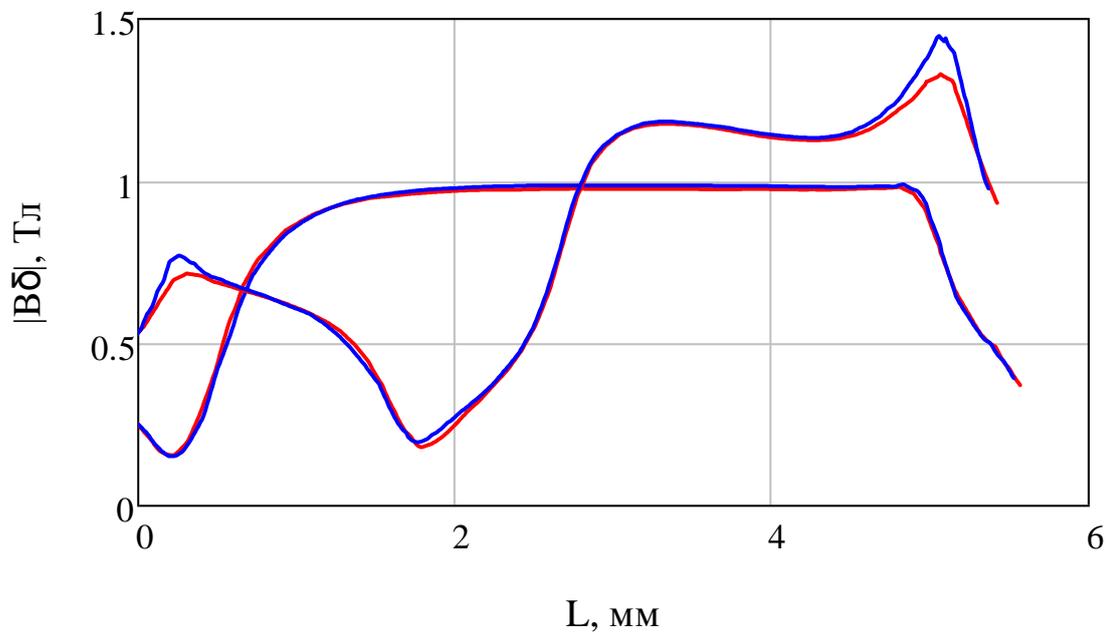


Рисунок 2 – Магнитная индукция в воздушном зазоре над полюсами по рисунку 1 (красные линии – ДПМ, синие линии – ППМ)

Таблица 1 – Гармоники индукции магнитного поля, Тл, в элементах магнитной цепи

Гар-мо-ника	Постоянные магниты			Ярмо ротора			Ярмо статора		
	при ДПМ	при ППМ	Отличие, %	при ДПМ	при ППМ	Отличие, %	при ДПМ	при ППМ	Отличие, %
	0,941093	0,933016	-0,9	0,667244	0,637058	-4,5	0,000787	0,000591	-24,8
1	0,033860	0,034120	0,8	0,07599	0,074093	-2,5	0,843876	0,847925	0,5
2	0,003329	0,003746	12,5	0,018293	0,018839	3,0	0,000661	0,000828	25,3
3	0,006850	0,007172	4,7	0,041854	0,042473	1,5	0,00416	0,006558	57,7
4	0,001133	0,001087	-4,0	0,010121	0,009143	-9,7	0,000626	0,00079	26,1
5	0,000637	0,000755	18,4	0,003612	0,003159	-12,5	0,038225	0,039939	4,5
6	0,000509	0,000488	-4,2	0,003915	0,003524	-10,0	0,001034	0,000983	-4,9
7	0,001284	0,001346	4,8	0,004829	0,005326	10,3	0,008262	0,007833	-5,2
8	0,000174	0,000203	16,3	0,002996	0,002764	-7,7	0,002405	0,002481	3,2
9	0,000507	0,000515	1,6	0,000422	0,000161	-61,7	0,001337	0,001394	4,2
10	0,000021	0,000026	25,2	0,001998	0,001773	-11,2	0,005675	0,005564	-2,0
11	0,000242	0,000246	1,6	0,001328	0,001141	-14,1	0,000852	0,000887	4,1
12	0,000083	0,000096	15,8	0,002128	0,001949	-8,4	0,005996	0,006235	4,0

13	0,000446	0,000465	4,3	0,002054	0,002054	0,0	0,001217	0,001268	4,2
14	0,000055	0,000046	-16,7	0,002249	0,002028	-9,8	0,002863	0,002981	4,1
15	0,000271	0,000293	8,0	0,001124	0,001012	-10,0	0,001481	0,001484	0,2
16	0,000102	0,000097	-4,3	0,002195	0,001957	-10,8	0,001529	0,001537	0,5

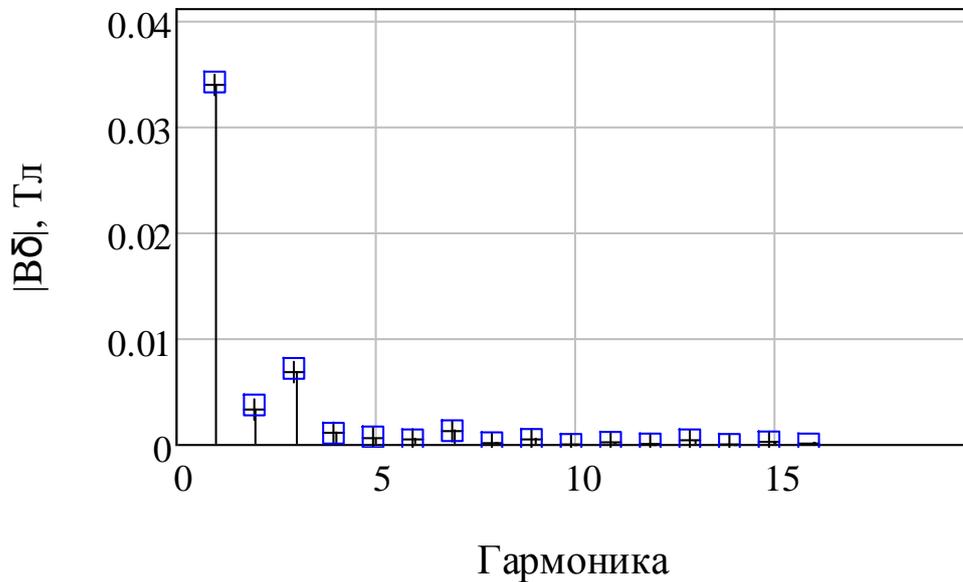


Рисунок 3 – Гармонический состав магнитного поля в постоянных магнитах (крестики – ДПМ, квадраты – ППМ)

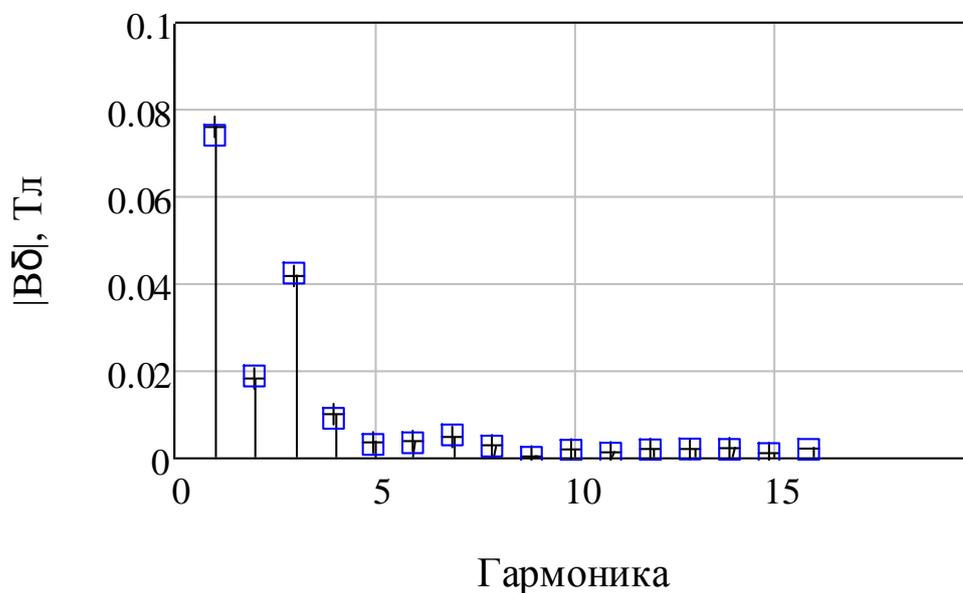


Рисунок 4 – Гармонический состав магнитного поля ярма ротора (крестики – ДПМ, квадраты – ППМ)

В таблице 1 составляющие спектра индукции, имеющие значимую величину для рассматриваемого вопроса, выделены подчеркиванием. Анализ

величины выделенных гармоник индукции магнитного поля показывает, что их различия при применении ДПМ или ППМ малы, в некоторых случаях сопоставимы с погрешностью расчета поля из-за различий в конечно-элементной сетке.

Рассмотренный расчет магнитного поля бесколлекторного электродвигателя постоянного тока с применением ДПМ и ППМ не выявил различий, существенно влияющих на электромагнитные характеристики и вращающий момент. Влияние различий в конструкции двигателя с ДПМ и ППМ на потери и тепловой режим двигателя необходимо анализировать отдельно. В частности, наличие значительных гармонических составляющих индукции в постоянных магнитах (первая гармоника 3,6 % от постоянной составляющей) может привести к их перегреву и необходимости применения высокотемпературного сплава.

#### Список литературы

1. <https://rccopter.ru/product/t-motor-u8-ii-kv100>. Режим доступа 09.01.2023.
2. Быковская, Л. В. Моделирование электрических и магнитных полей в программе FEMM [Электронный ресурс]: лабораторный практикум для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Л. В. Быковская, В. В. Быковский, Д. В. Сурков; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2019.

## **ОГУ - ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ТУРНИКЕТОВ**

**Турсунов Р.Н., Иванова А.П., д-р техн. наук, профессор,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

В энергетике 21 века прослеживается тенденция в развитии альтернативных источников энергии в различных масштабах.

Нами предлагается инновационный подход к этому вопросу в рамках создания проекта: «Оренбургский государственный университет-генерирование энергии с помощью турникетов».

Рассматривая, такое учебное заведение, как Оренбургский государственный университет, который частично использует систему турникетов, можно реализовать задачу по генерации энергии с их помощью. В университете обучается около 20000 студентов и работает 1000 преподавателей, которые систематически проходят через турникеты. При этом за счёт толкания турникетов образуется кинетическая энергия, которая может быть преобразована в электрическую.

К примеру, тысячи людей каждый день проходят через турникеты при входе в метрополитен. Толкая турникет, человек прикладывает силу, при этом затрачивая механическую энергию. Эту энергию можно преобразовать в электрическую, и в дальнейшем использовать её на нужды внутреннего потребления или аккумулировать на случай аварийных ситуаций, в качестве резервного питания [1].

Для этого целесообразно воспользоваться зарубежным опытом (приведенным ниже) и перенести его в наши условия, создав инновационный проект силами:

- института энергетики, электроники и связи,
- факультета математики и информационных технологий,
- кафедры начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики,
- финансово-экономического факультета.

Соответственно каждое звено может выполнить свою функцию в создании проекта, т.е. генерация и сбор энергии; автоматизация и передача информации; графическая разработка с элементами дизайна; экономическое обоснование с расчетом срока окупаемости.

Получаемая в результате электрическая энергия, может компенсировать расходы на освещение учебных корпусов, отопление и работу интернета с затратами на приобретение компьютерных программ.

Любой город, производственный объект, учреждение является крупным потребителем электроэнергии. С ростом населения увеличивается потребность в электроэнергии, соответственно, увеличивается количество вырабатываемой мощности, что является дополнительной нагрузкой на электростанции, а также

на энергосистему в целом. Всё это может приводить к аварийным ситуациям. Во избежание аварии следует снижать нагрузку на энергетическую сеть за счёт дополнительной выработки электроэнергии с помощью альтернативных источников энергии.

В глобальном масштабе это означает строительство новых видов электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии. К этому можно отнести не только строительство новых солнечных и ветряных электростанций, но и развитие таких типов электростанций как: приливные, гидроаккумулирующие, геотермальные, волновые и электростанции, работающие на биотопливе.

В локальном масштабе развитие возобновляемой энергетики заключается во внедрении альтернативных источников энергии в повседневную жизнь человека. К примеру, генерация электроэнергии за счёт солнечных панелей или ветряного генератора в частном доме. Внедряя альтернативные источники энергии в энергосистему для отдельного человека, снижается нагрузка на энергетическую сеть в целом, так как происходит выработка электроэнергии без дополнительной нагрузки на электростанции, которые производят основное количество электроэнергии [2].

В нашей стране основными источниками энергии на данный момент остаются тепловые электростанции, которые суммарно вырабатывают около 70% всей энергии в России. Увеличение числа источников возобновляемой энергии позволит улучшить экологическую обстановку, за счёт уменьшения выбросов углекислого газа и других вредных примесей при производстве электроэнергии традиционными способами. Однако электростанция, работающая за счёт возобновляемых ресурсов, не может стать основным источником энергии, так как её вырабатываемой мощности не будет хватать для обеспечения электроэнергии больших городов. То есть полностью прекратить производство электроэнергии с помощью невозобновляемых ресурсов невозможно [3].

К такому выводу пришли многие энергетики и уже сегодня имеется несколько перспективных технологий, которые работают за счёт альтернативной энергии, при этом вырабатывают электричество без вредных выбросов в атмосферу [4, 5, 6, 7].

Японская компания «East Japan Railway Company» (рисунок 1), разработала действующую модель турникета, который способен вырабатывать электроэнергию. Инженеры компании оснастили каждый турникет генераторами.

Принцип действия заключается в том, что когда человек проходит через турникет, то он наступая на пол, в котором встроены пьезоэлементы. За счёт оказываемой силы, давления и вибрации, происходит выработка электроэнергии. Такая установка работает на вокзале в токийском районе Сибуя [8].

Идея использовать скопление людей в качестве альтернативного генератора энергии используется в Китае и в Нидерландах. В этих странах

инженеры решили использовать не эффект нажатия на пьезоэлементы, а кинетическую энергию при толкании ручек турникета или дверей-турникетов.



а)



б)

Рисунок 1 – а) система турникетов в России

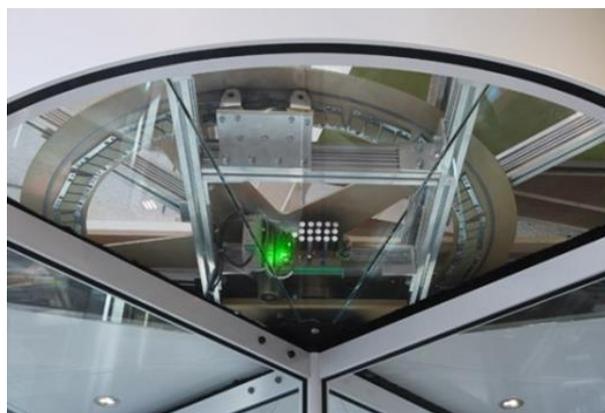
б) проект «энерготурникетов» японской компании «East Japan Railway Company» в Токио

Компания «Royal Boon Edam Group Holding» в очередной раз доказала, что является мировым лидером в технологии входных дверей, представив новейшую особенность для вращающихся дверей. Концепция голландского конструктора Бун Адама предполагает замену стандартных дверей при входе в торговые центры (которые обычно работают по системе фотоэлемента и сами начинают крутиться) на двери, которые посетитель должен толкать и таким образом производить электроэнергию.

В кафе «Natuurcafe La Port» в Нидерландах был установлен генератор внутри вращающейся двери. Такая дверь способна производить около 4600 киловатт-час энергии в год, что на первый взгляд может показаться незначительным, но служит неплохим примером альтернативной технологии по выработке электричества (рисунок 2) [9].



а)



б)

Рисунок 2 – Кафе «Natuurcafe La Port» в Нидерландах,

а) вращающаяся дверь-генератор

б) фото генератора вращающейся двери-генератора

Альтернативные источники энергии стремительно развиваются в условиях современных тенденций, связанных с уменьшением выбросов вредных газов при производстве электроэнергии традиционными способами, а также с уменьшением использования невозобновляемых ресурсов. Доля «зелёной» энергетики в энергосистемах передовых стран уже занимает значимое место и со временем показатели будут только расти. В России на данный момент уже построено 65 солнечных электростанций (СЭС) и 30 ветроэлектростанций (ВЭС). Эти цифры указывают на стремительное развитие возобновляемой энергетики в нашей стране за последние годы. В будущем эти цифры будут только увеличиваться. На сегодняшний день Россия активно развивает водородную энергетику в качестве альтернативного источника энергии.

Рассмотренные проекты действующих моделей турникетов, находят признание, на данный момент, только в развитых странах с ограниченными ресурсами топливно-энергетического комплекса, так как для энергетики таких стран важна экономия электроэнергии в виду дороговизны её производства. В попытке выработать лишние ватты электроэнергии, инженеры-энергетики используют подобные способы, чтобы получить электрическую энергию за счёт кинетической энергии большого потока людей. Условно такой способ производства электроэнергии можно назвать «пассивным», однако он действительно помогает сэкономить. В рассмотренных проектах «энерготурникетов» и «двери-генератора» важен вклад каждого человека в генерировании электроэнергии. В будущем подобные проекты будут развиваться и в нашей стране.

Разработка турникетов, генерирующих электроэнергию и установка их в учебных заведениях, больницах, торговых комплексах, банках помогла бы частично восполнить потребность в энергоресурсах каждого заведения.

Оренбургский государственный университет, являясь самым крупным вузом в регионе, призван демонстрировать передовые технологии, создаваемые и внедряемые на его базе, при использовании имеющегося опыта и научного потенциала, как генератора не только идей, но и альтернативных источников энергии.

#### Список литературы

1. <https://recyclemag.ru/article/10-neobychnyh-alternativnyh-istochnikov-energii> - Электронный ресурс;
2. Ховалова Т.В. Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения [Электронный ресурс]. // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – №10(3). – С. 274-283. — Режим доступа: <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-3-274-283>;
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетика\\_России#Распределение\\_электрогенерирующих\\_производств\\_по\\_России](https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетика_России#Распределение_электрогенерирующих_производств_по_России) – Электронный ресурс
4. Карпец А.В. Универсальное техническое решение - нно генераторы/ Карпец А.В., Иванова А.П. В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Международной

научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Редколлегия: А.Н. Попов [и др.]. Оренбург-Самара, 2021. С. 114-116.

5. Штыков В.К. Перспективы применения солнечных батарей на железнодорожном транспорте / Штыков В.К., Иванова А.П. В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Редколлегия: А.Н. Попов [и др.]. Оренбург-Самара, 2021. С. 194-195.

6. Иванова А.П. Локомотивный ветрогенератор Иванова А.П., Межуева Л.В., Попов А.Н., Быков А.В. Патент на изобретение RU 2704384 С1, 28.10.2019. Заявка № 2019100272 от 09.01.2019.

7. Шипилова Е.С. Ветроэлектрические установки - ядро энергетики будущего / Шипилова Е.С., Иванова А.П. В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников. 2018. С. 143-144.

8. <https://www.cleanenergo.ru/2017/turnikety-dadut-dragotsennye-dzhouli/> - Электронный ресурс;

9. <http://www.infuture.ru/article/1515> - Электронный ресурс.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

**Филяк М.М., канд. техн. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»**

Использование современных информационно-коммуникационных технологии (ИКТ) в подготовке квалифицированных кадров можно рассматривать как первостепенное условие повышения качества образования. Во время пандемии Covid-19 образовательные учреждения стремились найти средства, чтобы студенты могли продолжить учебу, несмотря на кризис и социальное дистанцирование [1]. В связи с этим возникла необходимость срочного перевода учебного процесса в дистанционный формат. Наибольшие проблемы возникли с теми дисциплинами, при изучении которых предусмотрен такой вид аудиторных занятий, как лабораторный практикум. Поэтому потребность в дистанционном обучении в случае чрезвычайных ситуаций делает актуальным разработку виртуальных лабораторных стендов.

Существенным преимуществом виртуальной лаборатории является возможность наглядной имитации реального эксперимента. Максимальная приближенность виртуальных лабораторных работ к реальным стендам позволяет студенту полноценно осваивать дисциплину, совмещая изучение теоретического материала и приобретение практических навыков. Кроме того, это позволит не нарушить учебный процесс и выполнить все, предусмотренные учебным планом лабораторные работы.

Виртуальный практикум обладает рядом неоспоримых достоинств:

реальная обстановка эксперимента, воссозданная благодаря виртуальной реальности;

широкий набор применяемых учебных объектов;

отсутствие затрат на расходные материалы, а также на содержание и обслуживание лабораторного оборудования;

отсутствие необходимости разработки специальных инструкций по технике безопасности.

В данной статье приведен пример виртуального лабораторного практикума по дисциплине «Материалы электронной техники» для направлений подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиль «Промышленная электроника» и 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи профиль «Электронные средства телекоммуникаций».

Для реализации виртуальных лабораторных стендов были выбраны следующие материалы, методы и параметры:

1. Проводниковые материалы. Исследование зависимости удельного сопротивления металлов от температуры. Металлы алюминий, медь, серебро и др. Метод сравнения.

2. Диэлектрические материалы. Измерение удельного поверхностного и объёмного электрического сопротивления твердых диэлектриков: текстолита, стеклотекстолита и гетинакса. Прямой метод определения электрических сопротивлений с помощью терраметра.

3. Диэлектрические материалы. Исследование свойств конденсаторных материалов. Измерение емкости конденсатора и тангенса угла диэлектрических потерь материала диэлектрика. Метод Q – метра.

4. Диэлектрические материалы. Исследование явления пробоя газообразных диэлектриков.

5. Полупроводниковые материалы. Измерения удельной электрической проводимости примесных полупроводников. Четырехзондовый метод.

При создании прикладных программ использовался PC с ОС Microsoft Windows 10 и специализированным программным обеспечением (среда программирования Microsoft Visual Studio 2019) [2]. Интегрированная среда разработки (Integrated Development Environment - IDE) представляет собой многофункциональную программу, которую можно использовать для различных аспектов разработки программного обеспечения. Интегрированная среда разработки (IDE) Visual Studio предлагает ряд высокоуровневых функциональных возможностей, которые выходят за рамки базового управления кодом. Помимо стандартного редактора и отладчика, которые существуют в большинстве сред IDE, Visual Studio включает в себя компиляторы, средства авто завершения кода, графические конструкторы и многие другие функции для упрощения процесса разработки. Интегрированная среда разработки Visual Studio — это стартовая площадка для написания, отладки и сборки кода, а также последующей публикации приложений. В процессе разработки программ выполнялись их тестирование и отладка. Особое внимание уделялось двум моментам – правильности работы выводимых изображений и правильности задачи данных.

Каждая лабораторная работа имеет методическое обеспечение, которое представлено в виде изложения основных законов и явлений, изучаемых в работе, а также присутствует описание экспериментальной установки, ход выполнения работы и методы математической обработки результатов измерений. Материал изложен в удобном для восприятия виде, что позволит выполнить лабораторную работу студентам самостоятельно в режиме удаленного доступа.

В качестве примера приведена лабораторная работа «Измерение удельной электрической проводимости примесных полупроводников четырехзондовым методом».

Данная работа проводится с помощью имитационной программы, которая моделирует работу четырехзондовой установки [3]. Программа позволяет произвести измерение удельного электрического сопротивления полупроводниковых материалов различных марок четырехзондовым методом и определить тип и концентрацию легирующей примеси в полупроводниках.

В процессе проектирования был определен список полупроводниковых материалов разных марок. Проведены расчеты удельного сопротивления для выбранных материалов, исходя из их марки, задаваемого тока и расстояния между зондами. Для создания и редактирования трехмерной графики и анимации был использован компонент PictureBox. С его помощью были созданы необходимые изображения: четырехзондовая установка, кнопки управления, увеличенное изображение передней панели установки. Анимацию, иначе, последовательную замену изображения реализовали заданием компоненту pictureBox свойства «Image». Для включения установки и запуска измерения использовали элемента управления Button. Для реализации выбора исследуемого материала, создания выпадающего списка, применили элемент ComboBox.

Рассмотрим порядок измерения удельного сопротивления с помощью виртуальной четырехзондовой установки.

После запуска программы «Четырех зондовый метод.exe». Открывается основное окно программы (рисунок 1). Изображение виртуального лабораторного стенда состоит из контактного устройства и измерительного блока с индикатором. Контактное устройство содержит подвижную зондовую головку и столик с вакуумным присосом. На столике контактного устройства размещаются пластины из полупроводникового материала, которые можно выбрать из выпадающего списка. С помощью цифрового вольтметра измеряют падение напряжения на втором и третьем зондах. Величина тока между первым и четвертым зондом устанавливается по умолчанию (100...1000 мкА) постоянной для одной и той же серии измерений.



Рисунок 1 – Основное окно программы «Четырех зондовый метод»

Перед началом измерений необходимо нажать кнопку «Справка» в верхней правой части экрана, изучить теоретические сведения, выписать в тетрадь основные формулы для расчетов.

Для проведения измерений надо включить измерительный блок кнопкой «Старт», после чего на индикаторе появится сообщение, что измерительный блок включен. После нажатия кнопки на контактном устройстве зондовая головка опускается на поверхность пластины, производится измерение падения напряжения. Результаты измерений появляются на индикаторе измерительного блока. Для удобства передняя панель измерительного блока с индикатором показана в увеличенном виде в нижней части окна программы. Далее можно рассчитать удельное сопротивление образца по формуле:

$$\rho = \frac{U_{23}}{I} \cdot 2\pi S, [\text{Ом}\cdot\text{см}]$$

где  $U_{23}$  - данные индикатора на панели измерительного блока, В;

$I$  - величина тока, по умолчанию задана  $10^{-3}$  А;

$S$  - расстояние между зондами, по умолчанию задано 0,01 см.

И в завершении эксперимента, зная марку образца можно определить тип легирующей примеси, а затем по графику Ирвина ее концентрацию.

Виртуальный лабораторный практикум не является абсолютной заменой реальным лабораторным работам. Тем не менее, как в чрезвычайных ситуациях, так и в отдельных случаях при очной форме обучения (например, обучение людей с ограниченными возможностями здоровья), виртуальные лабораторные работы могут быть полезным дополнением к традиционным формам аудиторной работы.

#### Список литературы

1. Гладков, Э. Л. Развитие информационного обеспечения дистанционно-образовательных технологий в эпоху пандемии / Э. Л. Гладков // Молодой ученый. — 2021. — № 17 (359). — С. 97-100. <https://moluch.ru/archive/359/80298/> (дата обращения: 27.12.2022).

3. Страуструп, Б. Язык программирования С++ для профессионалов : практическое пособие / Б. Страуструп. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2006. – 568 с.

2. Павлов, Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов: Учебник для вузов / Л.П. Павлов. – М.: Высш. шк., 1987.- 239 с.

# **АНАЛИЗ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ОБЛАСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Хамидулин Ф.Р.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Проектирование и монтаж внутреннего освещения помещений является одной из важных задач при проектировании цехов промышленных предприятий. Организованное освещение – это не только привлекательный интерьер, но и благоприятная среда для работы, поэтому к формированию систем внутреннего освещения следует относиться предельно внимательно. Именно от него зависит эффективность работы сотрудников, их настроение и безопасность. Однако современные сети внутреннего освещения представляют собой достаточно энергоемкие объекты. Внедрение автоматизированных систем управления освещением способствует решению актуальной для России проблемы энергосбережения при сохранении качества освещения. Согласно федеральному закону от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности являются приоритетными направлениями развития электроэнергетики Российской Федерации.[1] Поэтому из всего выше сказанного можно сделать вывод, что разработка энергоэффективных систем управления внутренним освещением промышленного предприятия является актуальной и значимой задачей.

Основными направлениями по энергосбережению в установках внутреннего освещения являются:

- применение энергоэффективных осветительных устройств;
- автоматизация управления установками внутреннего освещения.

Конечно, лучшим решением будет совмещение этих двух способов.

В зависимости от размеров и других особенностей сетей внутреннего освещения возможны различные подходы к управлению включением сетей освещения и контролю за их состоянием.

В связи с этим целью исследования выбрана разработка автоматизированной системы управления освещением промышленного предприятия. Для достижения поставленной цели был проведен анализ научно-технической литературы в области существующих методов и средств управления системой внутреннего освещения промышленных предприятий. Проведенный анализ позволил разбить их условно на две группы.

К первой группе относится ручной метод управления. При данном методе включение и выключение освещения осуществляется в ручном режиме. Каждый источник света или их группа управляется оператором

непосредственно на месте. Несмотря на простоту реализации данного способа управления освещением, все же главной проблемой является довольно высокие потери электроэнергии. Также в промышленной среде управление светом в ручном режиме невозможно из-за больших масштабов предприятий, поэтому такой способ используется только в экстренных случаях (например, при выполнении ремонта).

Ко второй группе относится автоматизированный метод управления системой освещения. Данный метод предложен в работах [2, 3]. Управление с помощью автоматики уже более продвинутый способ управления светом. Регулирование освещения осуществляется при помощи датчиков, действующих по определенному алгоритму. В результате система освещения работает практически без участия человека. Главное преимущество автоматизированных систем управления освещением заключается в том, что человеку нет необходимости самостоятельно отслеживать яркость дневного света и задумываться о включении или выключении освещения в ручном режиме. Кроме того, автоматизация не только обеспечивает удобство, но и позволяет повысить электроэффективность системы освещения, так как осветительное оборудование будет включаться только тогда, когда это действительно необходимо.

При этом данный метод подразделяется на две подгруппы: отключением всех или части светильников (дискретное управление) и плавным изменением мощности светильников (одинаковым для всех или индивидуальным). Дискретное управление может быть реализовано с использованием датчиков освещенности или датчиков движения, либо же и того, и другого. Принцип дискретного управления по освещению основан на включении и отключении нагрузки по сигналам датчика естественной освещенности. Обычно к ним относятся различные фотореле(фотоавтоматы). Однако при таком методе регулирования не обеспечивается точное поддержание уровня освещенности.

Следующий способ автоматизированного управления освещением – использование систем, оснащенных датчиками присутствия. Они отключают светильники в помещении спустя заданный промежуток времени после того, как из него удаляется последний человек. Это довольно экономичный вид систем дискретного управления, однако к побочным эффектам их использования относится возможное сокращение срока службы ламп за счет частых включений и выключений и применение данного способа управления оправдано далеко не во всех помещениях. Данные недостатки можно устранить, используя комбинированный метод управления, то есть сигналы будут учитываться и с датчиков движения, и с датчиков освещения. Освещение будет включаться при наличии движения в зоне контроля сенсоров только при недостаточной освещенности, а при достаточном уровне освещенности включение света происходить не будет. Экономия электроэнергии при данном методе управления может составить до 70–80 %.

Основным недостатком рассмотренных выше методов является дискретное управление путем полного или частичного отключения осветительных приборов. У такого метода управления есть недостаток – срок

службы ламп при постоянном включении или отключении снижается. Оптимальный вариант – плавная настройка яркости, изменяющаяся в зависимости от степени естественной освещенности помещения, времени суток и наличия людей на рабочем месте. За счет плавного затухания без резких отключений технология несколько дороже в эксплуатации, однако она бережет лампы от перегорания и обеспечивает больший комфорт находящимся в здании людям.

При таком методе управления система способна поддерживать заданный уровень освещенности, автоматически уменьшая или увеличивая световой поток группы светильников в зависимости от уровня солнечного света, проникающего в цех через окна. В светлое время суток светильники, расположенные ближе к окнам, будут работать с меньшей мощностью. Мощность светильников регулируется плавно в диапазоне 2-100% от номинального значения. При всем этом также будет контролироваться нахождение людей в помещении или вблизи мест нахождения датчиков движения. Данный метод управления рассмотрен в работе [4].

Конечно, можно выделить и третью группу методов управления системой освещения – полностью автоматическое. Используя современные технологии, сегодня можно добиться полной автоматизации освещения. Причем это касается не только процесса управления системой, но и контроля. Удаленный мониторинг работы всех устройств способен своевременно предупредить о возможной поломке, тем самым снижая затраты предприятия на электромонтажные работы.

Автоматическое управление освещением обеспечивается рядом высокоточных приборов и модулей программного управления. Используя современное оборудование, можно добиться правильного алгоритма освещения, постоянного контроля за всеми элементами освещения и проводки, а также перехода от одного режима освещения к другому в зависимости от времени суток или стадии производственного процесса. Кроме того, системы автоматического управления осветительным оборудованием позволяют снизить энергозатраты, а вместе с тем и расходы предприятия на электроэнергию. Также можно предусмотреть связь с другими системами управления, например, с системой пожарной сигнализации здания - при возникновении пожара система освещения коридоров и холлов переводится в режим максимальной мощности для обеспечения нормальной эвакуации людей из здания и тушения пожара.

Несмотря на все преимущества данного метода – его реализация требует довольно больших денежных затрат, во много раз превышающие предыдущий способ управления освещением.

Для наглядности результаты проведенного сравнительного анализа методов и средств управления системой внутреннего освещения промышленных предприятий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа методов и средств диагностики электроизмерительных приборов

Наименование метода		Преимущества	Недостатки
Ручное управление		Простота реализации	Довольно высокие потери (низкий КПД)
Автоматизируемое дискретное управление	По датчику освещенности	Простой алгоритм реализации	Не обеспечивает точное поддержание уровня освещенности.
	По датчику присутствия	Освещение включается, только при наличии людей в помещении.	Сокращение срока службы ламп за счет частых включений и выключений. Применение данного способа управления оправдано не во всех помещениях.
	По датчику освещенности и датчику присутствия	Экономия электроэнергии на освещении может составить 70–80 % Быстрая окупаемость	Срок службы ламп при постоянном включении или отключении снижается
Автоматизируемое плавное регулирование	По датчику освещенности	Изменения яркости осветительного прибора позволяет снизить количество коммутаций, что позволит несколько увеличить срок службы осветительного устройства. ШИМ-модуляция позволяет точно установить требуемый уровень яркости	Потери электроэнергии в моменты отсутствия людей на рабочем месте.
	По освещенности и датчику присутствия	Система автоматического управления светильника, обеспечивающая плавное регулирование освещенности на постоянном, стабильном во времени уровне в течение суток;	

Также необходимо учесть специфику систем освещения для промышленных предприятий. Система освещения должна обеспечивать выполнение нормативов освещенности, быть энергоэффективной, повышать производительность труда специалистов предприятия. От этой системы напрямую зависит безопасность и контроль процесса производства. Рассмотрим более подробно особенности ее проектирования и монтажа, а также требования к реализации проекта и специфику выбора осветительного оборудования.

Необходимо проанализировать все зоны промышленного объекта по их режиму освещения, графику работы, и в зависимости от этого разделить на следующие категории:

- осветительная система для рабочих цехов, линий, площадок производства;

- складское освещение;

- система для подъездных путей, дорог, зон погрузки – разгрузки;

- система для прилегающей территории, вспомогательных объектов.

Нормативы освещенности для зон технологических операций определяются спецификой производимых работ. Средние показатели для прилегающей территории зависят от интенсивности движения и особенностей объекта. [5]

Осветительные приборы монтируются на зданиях, заборах, транспортных узлах, сооружениях. Для установки могут использоваться опоры высоковольтных линий, прожекторные мачты, а также специальные опоры, расположенные не ближе одного метра к проезжей части. Из-за сложного расположения осветительных установок на предприятии их замена является крайне трудоемким процессом, поэтому в приоритете решения, позволяющие повысить срок службы светильников.

На основании вышеизложенного в работе основным принципом энергоэффективной автоматизированной системы управления освещением промышленного предприятия является разделение производственной территории на зоны, определение для каждой зоны нормы освещенности с учетом расположения рабочих мест, а также вида трудовой деятельности. Система должна регулировать яркость искусственного освещения с учетом изменения светового потока естественного освещения в течение всего рабочего дня в помещении. При этом включение освещения будет производиться только при подтверждении сигнала с датчика присутствия. При всем этом системе автоматизированного управления необходимо наличие резервного управления ручным методом. Для сокращения количества релейного отключения световых установок должно быть предусмотрена возможность плавного снижения освещенности. Следует учитывать, что плавное изменение мощности осветительных приборов является оправданным с точки зрения отказоустойчивости осветительного прибора.

Данный метод управления приведет не только к практически максимально возможной энергоэффективности систем управления внутренним освещением промышленных предприятий, но и улучшит

качественные показатели освещения, что приведет к повышению эффективности всего предприятия.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>.

2. Управление внутренним освещением на основе нечеткого вывода [Электронный ресурс] / Семенова Н. Г., Семенова Л. А., Валиуллин К. Р. // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2017. - № 12. - С. 86-89. . - 4 с.

3. Ёлкин В. Д. Энергосберегающее управление электрическим освещением // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2005. №4 (23). URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/energoberegayuschee-upravlenie-elektricheskim-osvescheniem.ru>

4. Ахтулов И.И., Глухов Д.О. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ // Научное обозрение. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 5-9;

5. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. 2013. 59 с.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Соколов В.Ю., канд. техн. наук, доцент,  
Чернова А.Д., канд. техн. наук, Корносенко Г.Н.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Ветер – это естественное явление, и он часто меняет направление, главным образом в горизонтальной плоскости. Кроме того, меняется и скорость ветра. Непостоянство энергии ветра усложняет ее использование.

Если скорость ветра возрастает в течение минуты в 2-3 раза, то мощность при этом возрастет в 8-27 раз.

Ниже рассмотрена физика преобразования энергии ветра в механическую энергию вращения ротора. Энергия ветра  $E$ , что фактически является кинетической энергией воздуха, проходящего через кругообразную площадь, охватываемую ротором ветрогенератора радиусом  $R$ , равна:

$$E_в = \frac{m \cdot V_в^2}{2} = \frac{1}{2} \rho \cdot (S \cdot x_{воз}) \cdot V_в^2 \quad 1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха ( $\text{кг/м}^3$ ) (стандартное ее значение при температуре  $+15^\circ\text{C}$  и давлении 760 мм ртутного столба  $1,225 \text{ кг/м}^3$ );

$x_{воз}$  – перемещение воздуха в направлении ветра, м;

$V$  – скорость ветра (м/сек);

$S$  – площадь «ометания» ротора ( $\text{м}^2$ ) (практически равна площади круга, который описывают при движении самые удаленные от оси вращения кромки лопастей ветрогенератора). Она вычисляется по формуле :

$$S = \pi \cdot R^2 \quad 2)$$

где  $R$  – радиус ветроколеса (м).

Производное выражения энергии дает выражение для мощности ветра (Вт):

$$N_в = \frac{\partial E_в}{\partial t} = \frac{1}{2} \rho \left( \pi \cdot R^2 \frac{\partial x_{воз}}{\partial t} \right) V_в^2 \quad 3)$$

Так как  $\frac{\partial x_{воз}}{\partial t}$  фактически это скорость ветра  $V_в$ , мощность ветра в упрощенном виде может быть записана как:

$$N_в = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2} \quad 4)$$

Взаимосвязь мощности ветра и мощности ветрогенератора определяется безразмерным параметром – коэффициентом мощности  $C_m$ :

$$N_{\text{вз}} = C_m \cdot N_{\text{в}}$$

5)

Теоретически максимальное значение коэффициента мощности  $C_m$  определяется законом Бетца и равно  $16/27$ . На практике ветрогенераторы в лучшем случае достигают значения  $0,5$ . Значение коэффициента зависит от скорости ветра, скорости ротора (быстроходности) и угла поворота лопастей.

Типичная зависимость коэффициента мощности от быстроходности ветрогенератора и угла поворота лопасти  $\theta$  показана на рисунке ниже.

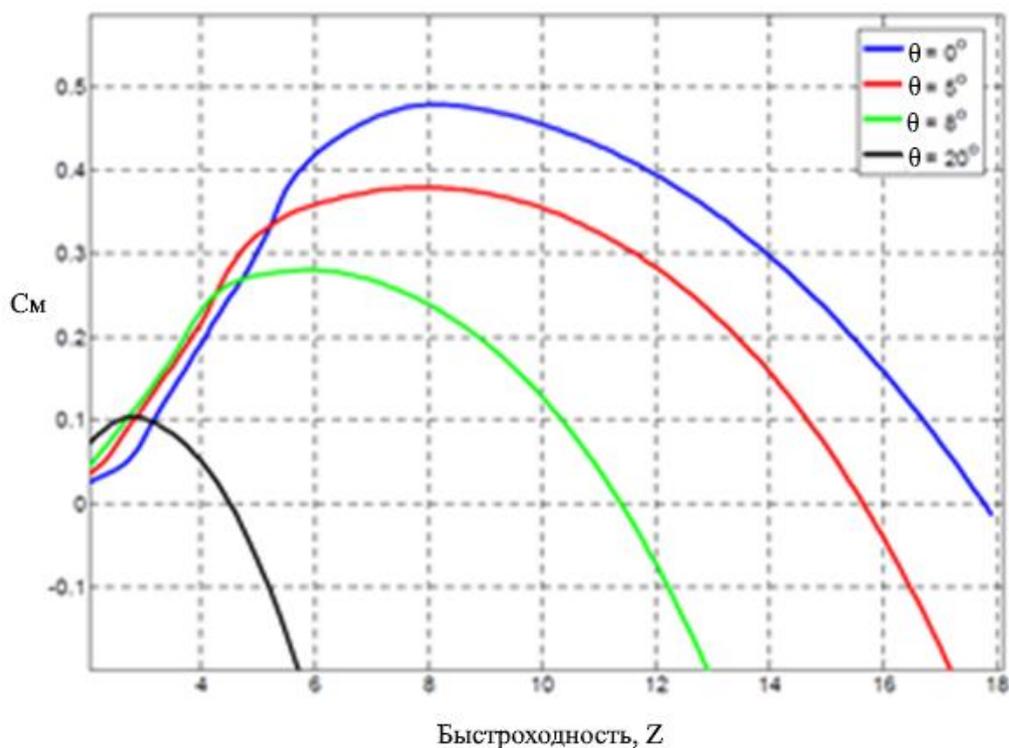


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента мощности  $C_m$  от быстроходности (TSR) и угла поворота лопасти

Выходная механическая мощность турбины горизонтально-осевого ветрогенератора определяется следующим уравнением:

$$N_{\text{вз}} = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2} C_m(Z, \theta)$$

6)

С одной стороны, при преобразовании ветровой энергии в механическую, а затем и в электрическую нужно стремиться к ее максимальному использованию за счет использования всего диапазона скоростей ветра. Однако в этом случае возрастают требования к механической прочности ветрогенератора, а в месте с тем и его вес. Кроме того, возникает вопрос с обеспечением баланса выработки и потребления при выдаче этой резко

переменной мощности в электрическую сеть. В этом случае пришлось бы использовать накопитель электроэнергии, чтобы сглаживать пики выработки. А генератор, с параметрами, рассчитанными на максимальные значения ветра, при малых скоростях ветра будет иметь низкое значение КПД. Поэтому для определения параметров ветрогенератора используют расчетную скорость ветра сопоставимую с среднегодовыми скоростями. Мощность ветрогенератора, определенная при расчетной скорости ветра называют установленной мощностью ветрогенератора.

Электрооборудование, входящее в состав ветрогенератора, рассчитано на определенную мощность и число оборотов, которые должны оставаться постоянными в течении работы этого электрооборудования.

Из-за нелинейной и крутой зависимости мощности от скорости ветра, мощность будет низкой при малой скорости ветра и очень высокой при большой скорости ветра.

Для обеспечения постоянства этих величин используется регулирование ветрогенератора. Оно заключается в изменении положения ветроколеса или его лопастей в потоке ветра для получения постоянных мощностей и оборотов путем увеличения или уменьшения угла атаки лопастей турбины.

В случае регулирования положения ветроколеса используется механизм рыскания (yaw), позволяющий установить гондолу на ветер. Для маломощных ветряных турбин (1 кВт или менее), может использоваться частичное отклонение ротора от ветра для уменьшения мощности. Но этот способ ротор циклически изменяющимся нагрузкам, которые в конечном итоге могут повредить всю конструкцию.

При слабых ветрах задача системы управления состоит в максимизации мощности ветрогенератора. В местности с низкими скоростями ветра нет необходимости в управлении поворотом лопастей, кроме как в удержании его значения на оптимальном значении  $C_m$  (чаще всего около  $0^\circ$ ). Поэтому оптимизация мощности достигается с помощью адаптации скорости ротора при определенной скорости ветра такому значению TSR, при котором  $C_m$  будет максимальным.

Напротив, при сильных ветрах система управления должна ограничивать скорость вращения ротора и мощность ветрогенератора для избежания перегрузок. Достигается это также путем поворота лопастей ротора. Кроме того, некоторые старые ветряные турбины используют элероны (закрылки) для управления мощностью несущего винта, точно так же, как самолеты используют закрылки для изменения геометрии крыльев, чтобы обеспечить дополнительную подъемную силу при взлете.

Для регулирования вырабатываемой мощности и скорости вращения путем изменения угла лопастей и управления торможением используются три разных подхода:

- пассивное управление торможением путем сваливания (passive stall);
- активное управление торможением путем сваливания (active stall);
- активное управление углом поворота лопасти (pitch control).

## Список литературы

1. Miller S. Wind Turbine Model  
<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/25752-wind-turbine-model>
2. Ескендир Ж.Б. Управление поворотом лопастей ветрогенератора переменной скорости с целью ограничения мощности и уменьшения динамических нагрузок // Современные научные исследования и инновации. 2013. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2013/03/23161>
3. Пигот Х. Расчет лопастей для ветряков [Электронный ресурс]// Малая энергетика: [сайт]. [2011]. URL: <http://www.rosinmn.ru/vetro/bladeDesing/bladeDesign.htm>
4. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. М.: 1949. 544 с.

# **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ. ПРОВЕДЕНИЕ МАСТЕР КЛАССОВ С ВИДЕОТРАНСЛЯЦИЕЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

**Шамардин Д.А.**

**Бузулукский колледж промышленности и транспорта ОГУ**

Мастерство приходит только с практикой и не может появиться лишь в ходе чтения инструкций. Наполеон Хилл.

В настоящее время резко возросли требования к уровню профессиональной подготовки выпускников среднеспециальных учебных заведений. Работодателю необходимы специалисты, которые умеют думать самостоятельно и решать разнообразные проблемы, обладают критическим и творческим мышлением, владеют богатым словарным запасом и разбираются в новых технологиях. Современный выпускник должен уметь адаптироваться в меняющихся жизненных ситуациях, самостоятельно приобретать знания, умело применять их на практике для решения поставленных задач.

В рамках подготовки студентов по специальностям 11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств» [1] и 11.02.02 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники» (по отраслям) [2] коллектив колледжа тесно взаимодействует с предприятиями города, учитывая требования к уровню профессиональной подготовки выпускников и специфике современного производства. На практических занятиях студенты старших курсов решают приближенные, а иногда и превосходящие по сложности задачи, которые может им поставить местный работодатель. Кроме того, в образовательной программе предусмотрены производственные практики, во время проведения которых студенты получают практический опыт непосредственно на производственной базе работодателя.

При проведении теоритических занятий, входящих в объем программы МДК 04.01 «Технология выполнения работ» у учащихся возникают проблемы с пониманием физических процессов, происходящих во время выполнения пайки легкоплавкими припоями, подготовки печатных плат и радиоэлементов к монтажу, формовке выводов, установки компонентов и прочих операций, входящих в технологический процесс[3]. Поэтому в образовательной программе предусмотрены практические занятия, направленные на устранение данных недостатков и получения практического опыта выполнения электрорадиомонтажных работ.

Однако при проведении практических занятий в то время, когда преподаватель проводит демонстрацию примера выполнения определенного вида работ, у студентов возникает сложность приближенно рассмотреть все тонкости процесса в виду мелких размеров компонентов и элементов монтажа. К примеру, размер некоторых поверхностно монтируемых компонентов с которыми студент должен уметь работать составляет 0,6x0,3x0,25мм.

Эту проблему можно решить, проводя индивидуальные мастер-классы для одного или нескольких студентов одновременно, но в рамках ФГОС не предусмотрено достаточное для этого количество часов практических занятий. Поэтому было принято решение проводить мастер классы, где преподаватель показывает пример выполнения определенного вида работ с прямой трансляцией видеоизображения на монитор компьютера или экран проектора в реальном времени. Для решения этих задач применялся лабораторный цифровой микроскоп NB-MIKR-300 [4] с возможностью передачи видеосигнала на монитор компьютера и возможностью сохранения фото и видеофайла.

Изображение, представленное на мониторе, позволяет не только как можно ближе рассмотреть ход выполнения работ, но и понять все тонкости технологического процесса, выявить мельчайшие ошибки и неточности.

Данный метод позволяет четко визуализировать процесс пайки легкоплавкими припоями, к примеру, процесс перехода припоя в жидкое состояние, смачивание спаиваемых поверхностей с дальнейшей кристаллизацией (затвердеванием) припоя, что как раз-таки сложно понять студентам при проведении теоритических занятий. Также помогает лучше понять температурный режим пайки, точность дозирования припоя, методы работы с определенными видами радиоэлементов, проводить оптический контроль качества паяных соединений, выявлять дефекты незаметные невооруженным глазом.

Лабораторно-практические занятия с применением описанной выше технологии визуализации работ проводились по программе МДК 04.01 «Технология выполнения работ» в группах 21МОРЭ-21 и 21ТОРР-21 в первом семестре 2022-2023 учебного года на занятиях по темам: «Технология навесного монтажа и сборки электронных приборов и устройств», «Технология поверхностного монтажа», «Проведение визуального и оптического контроля качества печатного монтажа электронного устройства» и показали свою высокую эффективность в усвоении нового материала студентами. У студентов не возникало сложностей наблюдать за работой преподавателя в мельчайших подробностях, слушать комментарии к работе, понимать сущность и последовательность проводимых операций. Так же по ходу проводимого в форме мастер-класса занятия преподаватель отвечал на вопросы студентов, что способствовало более эффективному закреплению материала.

В дальнейшем при выполнении самостоятельной работы студенты показали более высокий уровень теоретической подготовки, практически повторяя примеры выполнения работ, продемонстрированных преподавателем. Большая часть студентов группы справилась с поставленной на практическом занятии задачей самостоятельно, с первого раза, и не нуждалась в повторном объяснении и демонстрации проведенных работ.

Мастер-класс, проведенный в подобном формате, вызвал большой интерес у студентов группы, что подтверждалось повышением активности и глубоким интересом к оборудованию, применяемому при демонстрации работ. Студенты захотели провести работу самостоятельно, используя предложенный метод и получили такую возможность. При выполнении задания возникало

много споров, связанных с точностью воспроизведения операций, пояснением выбора принятых решений, качеству монтажа и пайки радиоэлементов.

Проведение практических занятий с использованием цифрового микроскопа позволяет мотивировать студентов к выполнению более сложных работ, развивает самоконтроль и самокритичность, тем самым прививая профессиональную аккуратность и эстетичность в работе. Использование профессионального оборудования позволяет почувствовать себя «профессионалом» своего дела, стимулирует чувство гордости к выбранной профессии и повышает качество выполненных работ, заставляя оттачивать профессиональные навыки до совершенства.

Успешное выполнение студентами практических заданий в ходе лабораторно-практических работ подтверждает эффективность предлагаемого метода проведения занятия в форме мастер-класса с использованием технологий визуализации выполнения радиомонтажных работ. Кроме того, представленная методика может быть использована при изучении смежных дисциплин по специальностям 11.02.02 и 11.02.16 таких как: «Проведение диагностики обнаружения отказов и дефектов различных видов радиоэлектронной техники»; «Диагностика и ремонт электронных приборов и устройств», и «Выполнение технологических процессов сборки, монтажа и демонтажа электронных приборов и устройств».

#### Список литературы

1. Федеральный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств» (утв. приказом МОиН РФ 9 декабря 2016г. № 1563.

2. Федеральный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники (по отраслям) (утв. приказом <https://base.garant.ru/70687372/> МОиН РФ от 15 мая 2014 г. N 541).

3. Петров, В.П., Выполнение монтажа и сборки средней сложности и сложных узлов, блоков, приборов радиоэлектронной аппаратуры, аппаратуры проводной связи, элементов узлов импульсной и вычислительной техники. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В.П. Петров.- 2-е изд., испр. - Москва : Академия, 2015. - 176 с. - (Профессиональное образование). - Библиогр.: с. 171. - ISBN 978-5-4468-2392-5.

4. Инструкция по эксплуатации цифрового микроскопа NB-MIKR-300: [https://alfaeco.su/cont/prod/digimicro/instr\\_digimicro.pdf](https://alfaeco.su/cont/prod/digimicro/instr_digimicro.pdf)

## **ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ СЕТЯХ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА**

**Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент, Митрофанов Н.С.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Вопросы, связанные со снижением потерь электроэнергии в сельских сетях, являются актуальными. На сегодняшний день просматриваются перспективы построения новых современных сельских сетей с внедренными мероприятиями по снижению потерь электроэнергии в сельских сетях. В данной работе представим классификацию потерь электроэнергии и основные способы снижения потерь электроэнергии.

К сельским сетям относятся сети напряжением 110-0,4 кВ. С помощью данных сетей получают электроснабжение потребители, живущие в сельской местности, сельскохозяйственные предприятия растениеводства и животноводства, учреждения культуры и быта, предприятия торговли и др.. Активная электрификация сельского хозяйства началась в начале 50-х годов. Особенностью сельских электрических сетей является низкая плотность нагрузок на один квадратный километр. Поэтому при питании сельских потребителей линии электропередач являются длинными, соединяющими поселки между собой в основном сетями 35 кВ. Внутри поселков с помощью понижающей подстанции напряжение снижается до 10 кВ и распределяется по зонам внутри поселка. Улицы поселков уже имеют линии электропередач 0,4 кВ. Такое напряжение получают с помощью понижающих трансформаторов 10/0,4 кВ. Таким образом цепочка система электроснабжения – сельский потребитель выглядит так. Главная районная понизительная подстанция 110/35 кВ, линии межпоселковые линии электропередач 35 кВ, поселковая понизительная подстанция 35/10 кВ, внутрипоселковые линии электропередач 10 кВ, распределительные трансформаторы 10/0,4 кВ, линии 0,4 кВ до сельского потребителя.

Так как межпоселковые линии электропередач относительно длинные, то потери в таких линиях могут достигать уровня 12 %. Исходя из вышеприведенного анализа можно привести классификацию потерь электроэнергии в сельской местности. В таблице 1 приведена структура потерь в объектах сельской энергетики [1].

Таблица 1 – Структура потерь в объектах сельской энергетики

Наименование элемента электрической сети	Доля потерь электроэнергии в рассматриваемом элементе в % от общего количества
Линии электропередачи напряжением 0,4 кВ	34
Трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ	26
Линии электропередачи напряжением 6-10 кВ	25
ПС 35-110кВ сельскохозяйственного назначения	6
ВЛ 35-110 кВ, питающие ПС сельскохозяйственного назначения	9
Итого:	100

Снижение потерь на всех уровнях является задачей исследования, проводимого авторами. Мероприятия по снижению потерь можно разделить на несколько групп. Разукрупнение главных районных подстанций 110/35/10 кВ и создание децентрализованной системы. Например, сельский район может быть запитан от системы электроснабжения с нескольких источников, расположенных с разных сторон его границ. Это позволит сократить протяженность линий электропередач 10-35 кВ со 100-150 км до 10-15 км. Для повышения надежности электроснабжения и уменьшения потерь электроэнергии необходимо сооружать больше двухтрансформаторных подстанций 110/35/10 кВ. снизить потери электроэнергии и повысить надежность электроснабжения позволят и создание сетей 10 кВ с двухсторонним питанием от разных источников электроснабжения. Питающие подстанции 100/35 кВ можно устанавливать в рассечку таких линий, а также двумя ответвлениями от одноцепных или двухцепных высоковольтных линий. Снизить потери позволит и создание децентрализованных подстанций 110/10 кВ вместо ныне существующих главных районных подстанций 110/35 кВ. Особое внимание следует уделить и обновлению изношенных фондов электрических сетей.

Методы расчета потерь изложены в приказе Министерства энергетики РФ [2]. В нем приведена общая классификация потерь. Применив этот приказ к нашим исследованиям, выделим потери, касающиеся сельской энергетики.

Нагрузочные потери в сетях 0,4 кВ рассчитываются следующими методами:

- оценки потерь электроэнергии на основе зависимости потерь от обобщенной информации о схемах и нагрузках сети;
- расчета потерь электроэнергии в линиях 0,4 кВ с учетом падения напряжения в начале и конце участка цепи [3];

- поэлементного расчета потерь мощности и электроэнергии с использованием схемы электрической сети и ее режимных параметров.

Метод оценки потерь по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети применяется для расчета потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4 кВ.

Потери электроэнергии в N линиях 0,4 кВ со средним сечением головных участков  $F_{r\text{cp}}$ , мм<sup>2</sup>, отпуском электроэнергии в линии  $W_{0,4}$ , тыс.кВт.ч, за период Д, дней, рассчитываются в соответствии с методом оценки потерь электроэнергии на основе зависимости потерь от обобщенной информации о схемах и нагрузках сети по формуле:

$$\Delta W = k_{0,4} \cdot \left( \frac{W_{0,4}}{N} \right)^2 \cdot \frac{(1 - d_n)^2 \cdot (1 + tg^2 \varphi) \cdot L_{\text{экв}}}{F_{r\text{cp}} \cdot Д} \cdot \frac{1 + 2k_3}{3k_3}, \text{ тыс.кВт.ч, (1)}$$

где  $L_{\text{экв}}$  - эквивалентная суммарная длина линий, км;

$tg \varphi$  - средний коэффициент реактивной мощности;

$k_{0,4}$  - коэффициент, учитывающий характер распределения нагрузок по длине линии и неодинаковость нагрузок фаз;

$d_n$  - доля электроэнергии, потребляемая на расстоянии 1-2 пролета от ТП, по отношению к суммарному отпуску в сеть 0,4 кВ.

Эквивалентная суммарная длина N линий определяется по формуле:

$$L_{\text{экв}} = L_m + 0,44L_{2-3} + 0,22L_1, \text{ км, (2)}$$

где  $L_m$  - суммарная длина магистралей N линий 0,4 кВ, км;

$L_{2-3}$  - суммарная длина двухфазных и трехфазных ответвлений N линий 0,4 кВ, км;

$L_1$  - суммарная длина однофазных ответвлений N линий 0,4 кВ, км.

Коэффициент  $k_{0,4}$  определяют по формуле:

$$k_{0,4} = k_u (9,67 - 2,67d_p - 1,48d_p^2) \cdot (1,25 + 0,14d_p), \text{ (3)}$$

где  $d_p$  - доля энергии, отпускаемой населению по отношению к суммарному отпуску в сеть 0,4 кВ, о.е.;

$k_u$  - коэффициент, принимаемый равным 1 для линии 400/230 В.

Потери в трансформаторах делятся на условно-постоянные потери и нагрузочные потери. Условно-постоянные потери напрямую связаны с потерями холостого хода трансформатора. Потери холостого хода

трансформатора определяются в основном потерями в стали его магнитопровода. Эти потери трудно поддаются расчетам и определяются в основном по эмпирическим формулам, полученным на основе экспериментальных данных с разными марками и толщиной листов электротехнической стали. Условно-постоянные потери определяются согласно [2] по формуле:

$$\Delta W_n = \Delta P_x \sum_{i=1}^m T_{pi} \left( \frac{U_i}{U_{ном}} \right)^2, \text{ МВт.ч} \quad (4)$$

где  $\Delta P_x$  - потери холостого хода трансформатора, указанные в паспортных данных;

$T_{pi}$  - число часов работы трансформатора (автотрансформатора) в  $i$ -м режиме, ч;

$U_i$  - напряжение на высшей стороне трансформатора (автотрансформатора) в  $i$ -м режиме, кВ;

$U_{ном}$  - номинальное напряжение высшей обмотки трансформатора (автотрансформатора), кВ.

При этом  $\Delta P_x$  определяются заводом-изготовителем на основе приемосдаточных испытаний трансформатора. Снижение этих потерь сложная задача. При работе трансформаторов в сельской местности необходимо следить за состоянием трансформаторов, особенно за трансформаторами, находящимися в эксплуатации более 10 лет. Рост условно-постоянных потерь обусловлен неисправностью магнитной системы трансформатора (распушение листов стали, ослабление шпилек ярмовых балок, появление частичных разрядов и т.д.). Задача эксплуатации трансформаторов сельской энергетики заключается в создании систем непрерывного мониторинга с целью раннего предупреждения дефектов в магнитопроводах.

Нагрузочные потери трансформаторов, кабельных и воздушных линий определяются согласно [2] методом средних нагрузок. Нагрузочные потери трансформаторов на подстанциях в основном определяются величиной тока в обмотках (нагрузкой). Величина токов в обмотках зависит от нагрузки потребителя и постоянно изменяется. Поэтому нагрузочные потери трансформатора являются функцией времени и зависят от графика нагрузки. Потери трансформатора, работающего под нагрузкой – это фактически электрические потери в его обмотках. Снизить данные потери в обычных условиях не представляется возможным. Однако переход к двухтрансформаторным подстанциям с разгрузкой трансформаторов и подбором оптимального коэффициента загрузки при обеспечении максимального КПД трансформатора является актуальной задачей.

Нагрузочные потери согласно [2] определяются как:

$$\Delta W_n = k_k \cdot \Delta P_{cp} \cdot T \cdot k_\phi^2 \cdot 10^{-3}, \text{ МВт}\cdot\text{ч} \quad (5)$$

где  $k_k$  – коэффициент, учитывающий различие конфигураций графиков активной и реактивной нагрузки, о.е.;

$\Delta P_{cp}$  – потери активной мощности трансформатора, кабельной или воздушной линии, кВт;

$T$  – число часов в базовом периоде, ч;

$k_\phi$  – коэффициента формы графика нагрузки за базовый период, о.е..

Коэффициент формы графика нагрузки определяется по формуле:

$$k_\phi^2 = \frac{1 + 2k_3}{3k_3}, \text{ о.е.}, \quad (6)$$

где  $k_3$  – коэффициент заполнения графика, определяется по формуле:

$$k_3 = \frac{P_{cp}}{P_{max}}, \text{ о.е.}, \quad (7)$$

где  $P_{cp}$  – среднее значение активной мощности за базовый период на головном участке согласно графику нагрузки, МВт;

$P_{max}$  – максимальное значение активной мощности за базовый период на головном участке согласно графику нагрузки, МВт;

Потери активной мощности трансформатора, кабельной или воздушной линии определяются по формуле:

$$\Delta P_{cp} = 3 \cdot I_{нагр}^2 \cdot R \quad (8)$$

где  $I_{нагр}$  – ток нагрузки трансформатора, кабельной или воздушной линии, кА;

$R$  – омическое сопротивление трансформатора, кабельной или воздушной линии, Ом.

Согласно [2] активное сопротивление двухобмоточного трехфазного трансформатора находится по формуле:

$$R_T = \frac{\Delta P_{K3} \cdot U_{Bном}^2}{S_{ном}^2} \cdot 10^{-3}, \text{ Ом/фазу}, \quad (9)$$

где  $\Delta P_{K3}$  – потери мощности короткого замыкания, указанные заводом-изготовителем, кВт;

$U_{Bном}$  – номинальное напряжение высшей обмотки, кВ;

$S_{ном}$  - номинальная мощность трехфазного трансформатора, МВА.

Активное сопротивление кабельной или воздушной линии определяют исходя из удельно сопротивления на 1 км длины:

$$R_{л} = r_0 \cdot L, \quad (10)$$

где  $r_0$  – активное сопротивление воздушной или кабельной линии, указанное в паспортных данных, Ом·км;

$L$  – длина кабельной или воздушной линии, км.

Если паспортные данные о кабельной или воздушной линии неизвестны, то активное сопротивление можно найти по стандартной формуле зная материал провода, сечение и его длину.

На подстанциях сельской энергетики также присутствуют потери в трансформаторах тока и напряжения, токоограничивающих реакторах, шинпроводах, которые можно определить по методике, изложенной в [2]. В линиях электропередач присутствуют также потери, зависящие от погодных факторов (потери на корону, утеки через изоляторы), которые трудно поддаются расчетам, однако их можно определить по эмпирическим формулам методики [2].

Таким образом в данной работе мы рассмотрели основные принципы построения сельской системы электроснабжения. Привели классификацию потерь. Показали основные методики их расчета. Дальнейшие исследования будут направлены на создание автоматизированной системы расчета потерь в сельских сетях.

#### Список литературы

1. Справочник по проектированию электрических сетей / С74 под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. №326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работ по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при её передаче по электрическим сетям».
3. Исупова, А. М. Методические положения расчета потерь электроэнергии в сельских электрических сетях / А. М. Исупова // Вестник АПК Ставрополя. – 2022. – № 1(45). – С. 4-8. – EDN ВНАВМВ.

# ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМПЛИТУД ГАРМОНИК ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ямансарин И.И., канд. техн. наук.,  
Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент,  
Падеев А.С., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

В работе [1,2] предлагается проводить исследование диагностического состояния асинхронных электродвигателей (АД) по сигналу ЭДС наведенной в индуктивном датчике внешним магнитным полем (ВМП). Сигнал ЭДС далее для анализа раскладывается в ряд Фурье. Проводится анализ состава гармоник ЭДС и их амплитуд. По изменению амплитуд, либо гармонического состава делаются выводы о техническом состоянии АД.

Диагностика технического состояния АД требует точного определения амплитуд гармоник ВМП. Для точного определения амплитуд необходимо [3]:

- жесткое крепление датчиков ВМП к корпусу АД;
- использование шумоподавляющих устройств, либо использование низкочастотных измерительных устройств.

При исследовании высших гармоник ВМП АД необходимо учитывать скольжение ротора  $s$ . Первая, третья, пятая гармоника ВМП вызвана как правило основной гармоникой источника питания АД, насыщением магнитопровода, либо конструкцией обмотки. Частоты этих гармоник пропорциональны основной частоте (50 Гц), т.е. равны 50, 150, 250 Гц, и не зависят от скольжения  $s$ .

Помимо перечисленных гармоник в составе ВМП имеются высшие гармоники вызванные неравномерностью воздушного зазора вследствие зубчатости статора и ротора. Высшие гармоники могут быть вследствие дискретного расположения обмоток статора и стержней ротора. По другому эти гармоники называются зубцовыми гармониками.

Наиболее сильно проявляются зубцовые гармоники ротора с числом пар полюсов  $\left(\frac{\mu \cdot Z_2}{p} \pm 1\right)$ . Частота зубцовых гармоник ротора  $f_p$  зависит от скольжения  $s$

$$f_p = f_1 \left( \frac{\mu \cdot Z_2}{p} \pm 1 \right) (1 - s),$$

где  $f_1$  – частота питающей сети, Гц,  $Z_2$  – число зубцов ротора,  $\mu$  – порядок гармоник,  $p$  – число пар полюсов.

Знак «+» в скобках относится к зубцовым гармоникам вращающимся в ту же сторону что и основная гармоника магнитного поля, знак «-» для гармоник вращающихся в противоположную сторону с основной гармоникой.

На рисунке 1 показана гистограмма гармоник ВМП АД АИР100S2 работающего под нагрузкой с частотой вращения 2897 об/мин. Полученная осциллограмма ВМП была разложена в ряд Фурье на периоде  $T(1+s)$ , где  $T=0,02$  мс. На гистограмме видны зубцовые гармоники 23,25 первого порядка и зубцовые гармоники 47,49 второго порядка.

Первая, третья и пятая гармоника изменяются с периодом кратным  $T=0,02$  мс, а на рисунке 1 показаны амплитуды полученные разложением в ряд Фурье на периоде  $T(1+s)$ , поэтому на гистограмме показаны неточные амплитуды. Кроме того можно отметить что в результате такого неправильного определения амплитуд появились четные гармоники – вторая, четвертая, шестая. Эти четные гармоники получены в результате некорректной математической обработки и отсутствуют в ВМП.

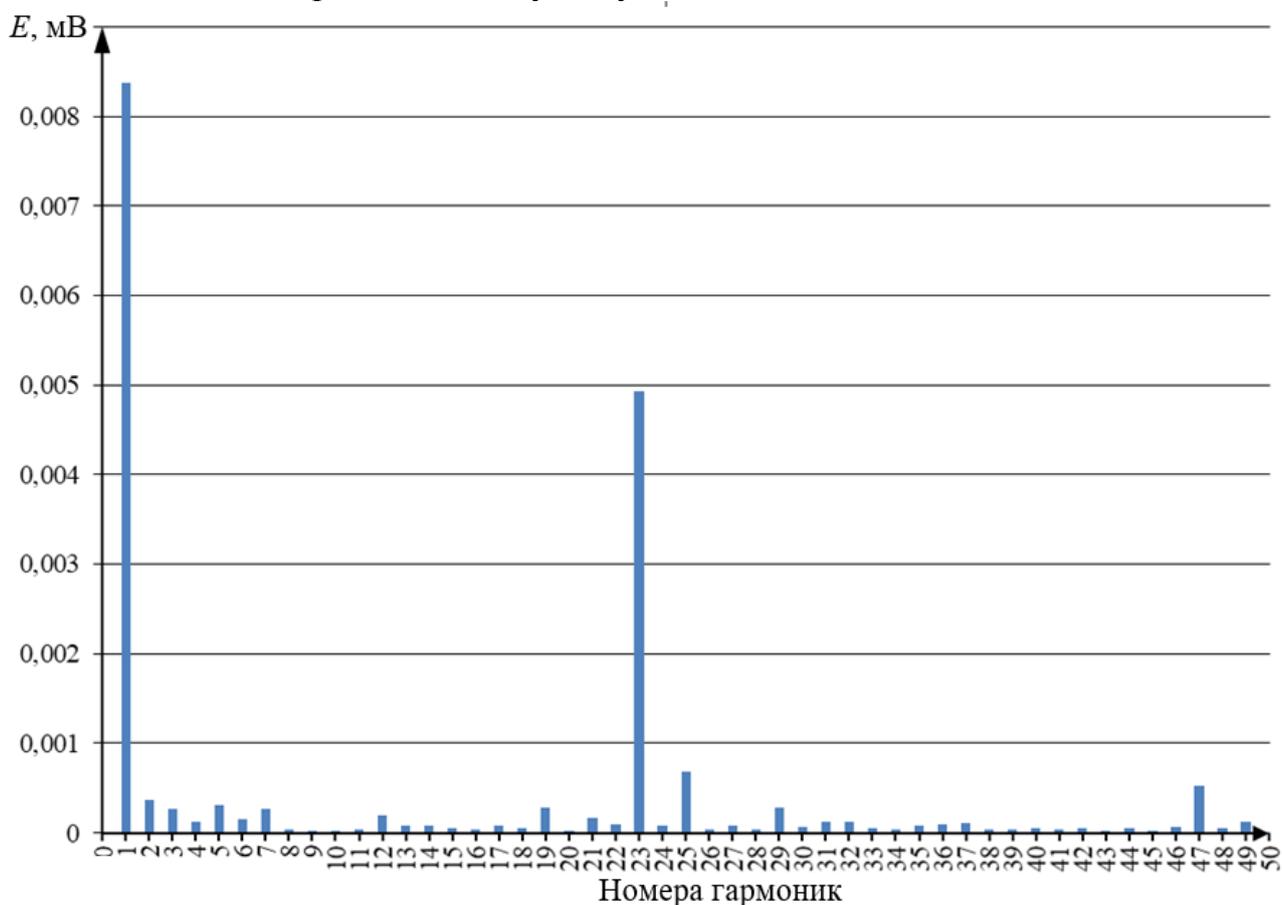


Рисунок 1 Гармонический состав ВМП полученный с учетом скольжения ротора

Если бы разложение осциллограммы ВМП было произведено на периоде  $T=0,02$  мс, то верно бы определились амплитуды первой, третьей, пятой гармоник. И не правильно бы были определены зубцовые гармоники, а возможно их невозможно было бы определить.

Выводы:

Для корректного определения гармонического состава и значений амплитуд гармоник ВМП АД необходимо учитывать скольжение  $s$ . Разложение ВМП в ряд Фурье необходимо проводить в два этапа: для первой, третьей,

пятой гармоник на периоде  $T=0,02$ ; для зубцовых гармоник зубцового порядка на периоде  $T(1+s)$ .

#### Список литературы

1 Подход к использованию внешнего магнитного поля в качестве диагностического признака неисправности асинхронного электродвигателя [Электронный ресурс] / И. И. Ямансарин, М. П. Саликов, А. С. Падеев, Д. В. Сурков // Известия высших учебных заведений. Электромеханика, 2021. - Т. 64, N 3. - С. 18-23. . - 6 с.

2 Поиск диагностических признаков в сигналах внешнего магнитного поля асинхронного электродвигателя [Электронный ресурс] / И. И. Ямансарин, М. П. Саликов // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : материалы XII Всерос. науч.-техн. конф., 28-30 окт. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т".- Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2021. - С. 125-127. . - 3 с.

3 Обработка данных осциллографа полученных при снятии внешнего магнитного поля электрической машины [Электронный ресурс] / И. И. Ямансарин, М. П. Саликов, А. С. Падеев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), Оренбург, 26-27 янв. 2022 г. / Оренбург. гос. ун-т ; ред. А. В. Пыхтин. - Оренбург : ОГУ, 2022. - С. 1235-1240. . - 6 с.