

## **Секция 3**

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

## Содержание

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЛИНИЙ<br>ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ                                             |     |
| Агапов В.А., Пятаев Н.А. ....                                                                          | 421 |
| УСЛОВИЯ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ                                                  |     |
| Баев В.В., Баева М.С. ....                                                                             | 424 |
| БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ                                                              |     |
| Батраева К.З., Горшенина Е.Л. ....                                                                     | 427 |
| ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИ<br>ИЗУЧЕНИИ КУРСА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ                      |     |
| Быковская Л.В., Быковский В.В., Бравичев С.Н. ....                                                     | 433 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ<br>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ         |     |
| Валиуллин К.Р. Чернова А.Д. ....                                                                       | 437 |
| РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ<br>НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ» |     |
| Виноградная О.В., Коннова А.А., Шмакова Ю.В. ....                                                      | 440 |
| АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ<br>ЧАСТНОГО ДОМА                                    |     |
| Иванов В.С. ....                                                                                       | 444 |
| МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ С<br>ПРИМЕНЕНИЕМ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ                     |     |
| Исхаков Т.М., Иванов В.С. ....                                                                         | 447 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ В<br>ПРОЦЕССЕ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА В СЕТЯХ 10(6) кВ        |     |
| Кирпичников В.В., Куприенко В.В. ....                                                                  | 450 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ<br>ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ                                           |     |
| Лесной А.А. ....                                                                                       | 454 |
| ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ<br>ПРОЦЕССОВ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ              |     |
| Митрофанов С.В., Веремеев А.А. ....                                                                    | 457 |
| МЕТОД ЗАЩИТЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ОТ НАКОПЛЕНИЯ<br>СНЕГА И ЛЬДА                                    |     |
| Митрофанов С.В., Потехенченко А.В. ....                                                                | 462 |
| СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ОТ<br>ПОРЫВОВ ВЕТРА                                      |     |
| Митрофанов С.В., Потехенченко А.В. ....                                                                | 466 |

|                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМ ТРЕКЕРОМ НА<br>ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO                                                                                      |     |
| Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю. ....                                                                                                                     | 470 |
| ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ЧАСТНОГО ДОМА                                                                                                                                   |     |
| Перепелкин Д.А., Шлейников В.Б. ....                                                                                                                                        | 474 |
| ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В РАБОЧИХ<br>РЕЖИМАХ                                                                                                             |     |
| Печенкин В.И. ....                                                                                                                                                          | 477 |
| ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ<br>ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ<br>ПРОИЗВОДСТВОМ                                                                     |     |
| Печенкин В.И., Нелюбов В.М. ....                                                                                                                                            | 483 |
| ОСОБЕННОСТИ И САМОЗАПУСК СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ                                                                                                                              |     |
| Пилипенко В.Т., Дьяконов А.А. ....                                                                                                                                          | 487 |
| ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В<br>НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ                                                                                                  |     |
| Пятаев Н.А., Агапов В.А. ....                                                                                                                                               | 491 |
| СУХИЕ СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО<br>НАЗНАЧЕНИЯ                                                                                                                |     |
| Ротин А.П. ....                                                                                                                                                             | 496 |
| ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ<br>ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ - СОВРЕМЕННОЕ<br>НАПРАВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ<br>ЭНЕРГЕТИКОВ               |     |
| Садчиков А.В. ....                                                                                                                                                          | 500 |
| ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО ТОКА В УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ<br>ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН                                                                                                      |     |
| Саликов М.П., Греков Э.Л., Ямансарин И.И. ....                                                                                                                              | 505 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАБОРАТТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ДЛЯ<br>ЭФФЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ<br>КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ<br>ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ |     |
| Свищева Т.Н., Шамсутдинова С.А. ....                                                                                                                                        | 509 |
| АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВЫБОРА МЕСТ<br>УСТАНОВКИ И МОЩНОСТИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ                                                                     |     |
| Семенова Л.А., Инжеватова А.О., Салимов Р.М. ....                                                                                                                           | 513 |
| СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ<br>НАГРУЗОК                                                                                                               |     |
| Семенова Н.Г., Лазебник С.С. ....                                                                                                                                           | 517 |

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА<br>ОСНОВЕ АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ<br>Семенова Н.Г., Андреев И.С. ....                                  | 520 |
| СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛЭП И<br>ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ<br>Скрябина А.В. ....                                                                                 | 525 |
| АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО<br>ОЧИСТКЕ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ<br>ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА<br>Соколов В.Ю., Саитбатталов Р.Р. .... | 528 |
| ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ<br>УСТАНОВОК В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ<br>Степанов А.В., Соколов В.Ю. ....                                           | 532 |
| АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ<br>Студенихина И.В. ....                                                                                       | 535 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПО ДВУСТОРОНЕМУ<br>ИЗМЕРЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА НА ЛИНИИ 110 кВ<br>Суворин А.Ю. ....                              | 538 |
| РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ<br>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В КУРСЕ ТОЭ<br>Ушакова Н.Ю. ....                                            | 542 |
| ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ<br>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ<br>РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРОФИЛЯ<br>Филяк М.М. ....                   | 545 |
| АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ<br>Хусаинов А.Р. ....                                                                                                      | 550 |
| АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ И СИСТЕМ ОЧИСТКИ И<br>РАЗДЕЛЕНИЯ МЕТАНАСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ<br>Черяпкин Д.Ю. ....                                               | 554 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ<br>ЭНЕРГИИ В ДВУХПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ<br>Чижов К.А., Быковская Л.В. ....                                             | 561 |
| РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ<br>ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В<br>НЕНОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ<br>Шайлин Р.И. ....             | 565 |
| ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПО НАГРЕВУ И ОХЛАЖДЕНИЮ<br>ПРОВОДНИКОВ<br>Шлейников В. Б., Базлов Д.А., Байкасенов Д.К., Сулеев М.А. ....                                   | 569 |

# **АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

**Агапов В.А., Пятаев Н.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

В электроэнергетике наблюдается тенденция прироста мощностей, которые необходимо передать на дальние расстояния. При этом задаются условиями надежности, экономичности и эффективности схемы. Если какой-то параметр будет превышать рекомендуемые диапазоны, то данный вариант передачи неприемлем. В связи с этим проводят технико-экономическое сравнение, после чего принимается решение об использовании конкретного варианта передачи.

Энергетика всегда ищет новые пути и способы решения задач, которые стоят перед ней. Самые основные – это получить наименьшие потери при минимальных затратах. В связи с этим система постоянно модернизируется, однако общий вид передачи не изменяется с эпохи войны токов [1]. Но, бывает, применяются и альтернативные виды передач при обоснованных случаях, также, в связи с постоянно растущими требованиями к энергосистеме, ее функциональная схема может кардинально измениться.

Все чаще начинает применяться при передаче мощности постоянный ток. Он имеет определенные преимущества перед переменным в некоторых случаях [2]. Однако разграничивается применимость постоянного и переменного тока в ходе технико-экономического расчета. Расчет позволяет сравнить несколько вариантов по критериям. Анализ литературы показал, что перед линиями постоянного тока стоит проблема стоимости, выражаемая на данный момент в политике импортозамещения, а также дорогостоящим оборудованием, что их и ограничивает в применении [3, 4, 5]. Помимо этого получают потери при выпрямлении/инвертировании тока около 5%, что иногда недопустимо.

Следующий показатель, по которому происходит сравнение – надежность. В данной области линии постоянного тока также имеют определенные недостатки. Проблема выражается в аварийном отключении одного и одновременно двух полюсов. На рисунке 1 изображен график зависимости отключения полюса от протяженности линии, исходя из которого, можно заметить, что с увеличением длины вероятность отключений неуклонно растет. [3, 4, 5, 6]

Показатель экономичности является зависимой функцией от длины линии. При относительно большой передаваемой мощности, можно получить различные затраты, задаваясь различной длиной и видом передачи. Обычно постоянный ток целесообразнее применять уже при 500-800 км, иначе при более больших передачах наблюдается спад мощности по экспоненте при переменном токе [3, 4, 5, 6].

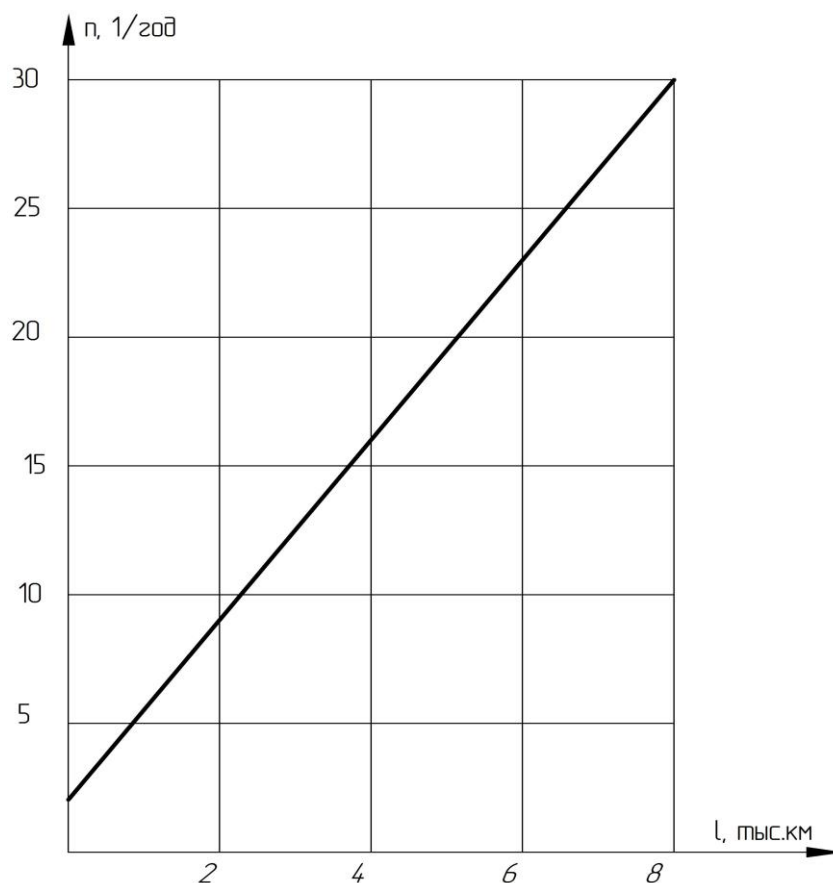


Рисунок 1 - График зависимости отключения полюса от протяженности ЛЭП

Анализ зарубежной литературы показал, что в Китайской энергетике собираются переходить на постоянный ток, также приведены примеры передачи мощности по кабельной линии по дну моря между двумя островами [7]. Обосновывается это все весомыми преимуществами постоянного тока. Однако вопрос о полной перестройке ЭЭС приобретает более глобальный характер и даже в случае предоставления необходимых доказательств в пользу постоянного тока, мы получим проблему больше всего психологического характера [8]. Это связано с тем, что любая модернизация ведет к смене технологического процесса, которая воспринимается людьми очень тяжело. Последствиями могут быть: переобучение и, возможно, сокращение обслуживающего персонала, изменение внешнего вида ЛЭП и подстанций, непригодность функционирующих систем и прочее. В связи с этим, мы идем по пятам давно уже изученных дорог вместо того, чтобы проложить новую дорогу.

Таким образом, анализ технического перевооружения показывает, что, несмотря на все яркие факты и неоспоримые преимущества, наше поколение еще не готово перестроить систему электроснабжения в связи с психологическими факторами. Необходимо придумать такую гибкую систему, которая сможет подстроиться под уже существующую энергосистему и постепенно вытеснит ее.

Список литературы:

1. Зотин О.А. В преддверии возрождения постоянного тока. Часть 1 // Силовая электроника. - 2013. - №4. – С. 15-20.
2. Advantages of HVDC over HVAC transmission [Электронный ресурс] // Electrical Engineering Portal. – Режим доступа: <http://electrical-engineering-portal.com/advantages-of-hvdc-over-hvac-transmission> (дата обращения: 13.09.16)
3. Агапов, В. А. Технико-экономическое сравнение линий постоянного и переменного тока [Текст] / В.А. Агапов, Д.А. Копылов, С.В. Митрофанов // Интеллектуальные энергосистемы. – 2016. – Т.2. С. 350-354
4. Назад в будущее: электроснабжение постоянным током [Текст] / Агапов В.А., Митрофанов С.В., Алёшина С.К. // Электрика. 2014. № 9. С. 8-11.
5. Агапов, В.А. Исследование применения вставок постоянного тока/ В.А. Агапов, Н.А. Пятаев, С.В. Митрофанов // В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». 2016. С. 84-87.
6. Кощев, Л.А. Перспективы использования передачи постоянного тока в России [Текст] / Л.А. Кощев, М.И. Мазуров, В.А. Шлайфштейн // ЭЛЕКТРО. – 2008. – №6. – С. 18-22.
7. Liu, Z. Ultra-high Voltage AC/DC Grids / Z. Lui. – Amsterdam: Elsevier, 2015. – 758 с.
8. Дудченко, И. П. Объединение энергосистем Дальнего Востока при помощи линии электропередачи постоянного тока/ И.П. Дудченко // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 20. – С. 1066–1070. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/54477.htm>
9. Высоковольтные линии постоянного и переменного тока. Генерация напряжения в электротехнике. Часть 1 [Электронный ресурс] // Стабилизаторы напряжения OBERON. – Режим доступа: <http://www.стабилизатор.рф/reference/tech-articles/327-direct-current-lines-01> (дата обращения: 10.09.16)
10. Линии электропередач постоянного тока // Электротехнический форум [Электронный ресурс] URL: <http://forum220.ru/lep-dc.php> (дата обращения: 12.09.16)
11. Линии электропередачи постоянного тока // Локус [Электронный ресурс] URL: <http://locus.ru/library/line/590/page/1/> (дата обращения: 12.09.16)
12. Современная электроэнергетика // Энергоконсультант [Электронный ресурс] URL: <http://www.energocon.com/pages/id1318.html> (дата обращения: 15.09.16)

# УСЛОВИЯ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ

Баев В.В., Баева М.С.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В рамках тематики магистерской диссертационной работы поставлена задача изучения и моделирования режима насыщения трансформаторов тока (ТТ) в условиях работы релейной защиты и автоматики (РЗА).

В «идеальном» ТТ вторичный ток линейно пропорционален первичному [1] и фактически равен первичному приведенному. В реальном же ТТ характеристика намагничивания нелинейна и вторичный ток меньше первичного приведенного на величину погрешности, обусловленной насыщением сердечника ТТ [3].

К тому же следует отличать условия работы реальных ТТ в устройствах измерения и в устройствах РЗА. Для нужд измерения обычно требуется работа ТТ определенного класса точности в установившемся режиме при первичном токе, не превышающем номинальный. В устройствах РЗА ТТ в большинстве случаев должны выполнять свои функции в экстремальных условиях коротких замыканий (КЗ) при токах, многократно превышающих номинальные, в условиях переходного режима [2].

Согласно схеме замещения ТТ и в соответствии с первым законом Кирхгофа ток, протекающий по первичной обмотке ТТ, делится на две части: одна трансформируется во вторичную обмотку, а вторая идет на намагничивание сердечника и способствует возникновению погрешности ТТ. В переходном процессе наличие в токе КЗ апериодической составляющей (которая не трансформируется во вторичную цепь, а идет на насыщение сердечника) ухудшает трансформацию периодической составляющей и повышает её долю в токе намагничивания («подмагничивающий эффект»)

К тому же в сердечниках ТТ обычно присутствует остаточная магнитная индукция, способная сохраняться в течение длительного времени. Наихудший режим работы возникает при совпадении в сердечнике ТТ направления остаточного магнитного потока с направлением магнитного потока, созданного апериодической составляющей. В результате в ТТ возникает режим насыщения, когда ток намагничивания растет значительно быстрее рабочего магнитного потока.

Все вышеописанное вносит искажения в величину и фазу вторичного тока, создавая тем самым токовую и угловую погрешности (именно величина тока намагничивания снижает точность работы ТТ). И несмотря на то, что в РЗА точность трансформации имеет гораздо меньшее значение, чем в измерительной технике, погрешности могут быть настолько велики, что могут вызвать существенную задержку срабатывания устройств РЗА, а также их ложное действие или отказ. Это особенно актуально для дифференциальных защит, так как вместе с токами намагничивания ТТ возрастают и токи



небаланса в схеме защиты. Обеспечение селективности и устойчивости функционирования при глубоком насыщении ТТ часто является проблемой, особенно – в защите силовых трансформаторов. Исследованию и повышению устойчивости функционирования дифференциальных защит посвящены, в частности, работы [4,5].

Насыщение ТТ является проблемой также и для максимальных токовых защит (МТЗ) с обратозависимой характеристикой выдержки времени и может привести к существенному увеличению времени срабатывания и, соответственно, - к неселективной работе.

Однако несмотря на появление новых преобразователей тока, традиционные ТТ продолжают занимать подавляющую долю в электроэнергетике.

Таким образом, при анализе влияния насыщения сердечников ТТ на поведение защит целесообразно рассматривать два случая:

- насыщение из-за превышения допустимой нагрузки при отсутствии апериодических составляющих, что для РЗА не столь актуально;
- насыщение из-за наличия апериодической составляющей в токе КЗ, что особенно актуально при больших кратностях тока КЗ относительно номинального тока ТТ.

В трехфазных группах соединений ТТ могут наблюдаться одновременно оба случая насыщения. Также известно, что ТТ разных фаз в общем случае работают с разными погрешностями и оказывают взаимное влияние друг на друга.

В РЗА кабельных и воздушных линий условия работы ТТ могут существенно отличаться. Для кабельных линий характерны большие активные и малые индуктивные сопротивления, в результате чего постоянная времени затухания апериодической составляющей тока невелика и переходные процессы быстро затухают. Для воздушных линий ситуация противоположная.

При наличии в первичном токе апериодической составляющей в работе ТТ можно выделить ряд стадий. В начальной стадии ТТ не насыщен, в трансформированных токах присутствуют апериодические составляющие, а высшие гармоники отсутствуют. В зависимости от конкретных условий работы ТТ насыщение может произойти на втором, третьем периоде и далее, а в неблагоприятных условиях ТТ насыщаются уже в первый период.

При насыщении ТТ его коэффициент трансформации резко увеличивается. Соответственно апериодическая составляющая во вторичном токе невелика, появляются четные и нечетные гармоники. Доля первой гармоники резко уменьшается. Из высших гармоник наиболее выражены вторая и третья. Влияние высших гармоник на интегральные характеристики несинусоидального вторичного тока может быть значительным [4]. По мере затухания апериодических составляющих ТТ выходит из насыщения, и погрешности в трансформации первичного тока уменьшаются.

Уменьшение вторичной нагрузки на ТТ при таком характере насыщения не является достаточно эффективным мероприятием по снижению

погрешностей, так как ТТ в неблагоприятных условиях могут насыщаться даже при закороченной вторичной обмотке [6,7].

Для уменьшения влияния насыщения ТТ на работу защит предлагается использовать специальные алгоритмы функционирования [4,5], что становится возможным при переходе РЗА на микропроцессорную элементную базу.

#### *Список литературы*

1. ГОСТ 18685-73. Трансформаторы тока и напряжения. Термины и определения. – М.: «Энергия». 2014 г. – 20 с.
2. Афанасьев, В. В. Трансформаторы тока / В. В. Афанасьев, Н. М. Адоньев, В. М. Кибель, И. М. Сирота, Б. С. Стогний . - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат, 1989 г. - 416 с.
3. Казанский, В. Е. Трансформаторы тока в устройствах релейной защиты и автоматики. – М.: Энергия, 1978 г. – 264 с.
4. Куприенко, В. В. Управление тормозным сигналом в дифференциальной защите // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», Благовещенск, 27-29 мая 2015, с. 421-423.
5. Бурнашев А. Н., Куприенко, В. В. Устройство для дифференциальной защиты электроустановки / патент на изобретение RUS 2024145, 1994.
6. Сопьяник, В. Х. Расчет и анализ переходных и установившихся процессов в трансформаторах тока и токовых цепях устройств релейной защиты. – Минск: БГУ, 2000. – 143 с.
7. Шмурьев, В. Я. Цифровые реле защиты. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 1999. – 56 с.

# **БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ**

**Батраева К.З., Горшенина Е.Л.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий, а также средств по обеспечению защиты людей от воздействий электрического тока и дуги, электромагнитных полей и статического электричества. К основным защитным методам относятся: обеспечение недоступности электроведущих частей, использование небольших напряжений и двойных изоляций, защитное разделение сети, заземление, зануление, контроль над состоянием изоляции и т.д.

К осуществлению безопасности от случайных прикосновений к токоведущим частям относятся: изоляция кабелей и проводов, размещение корпусов, устройств и ограждений на недоступной высоте. Также к защитному разделению относится разбивка протяженных сетей с изолированной нейтралью на отдельные электрические участки, которые между собою не связаны, при помощи специальных разделяющих трансформаторов. При помощи данных мероприятий обеспечивается большее сопротивление изоляции разделенных участков сети, а значит, снижается возможность поражения людей током.

Контроль по состоянию изоляции кабелей, проводов и других токоведущих частей заключается в периодических проверках их сопротивления по отношению к земле и друг другу. Сроки контроля определяются существующими правилами. К примеру, изоляцию в сырых помещениях необходимо проверять не реже раза в год, а в особо сырых проверку необходимо проводить не менее двух раз в год [5].

Организация безопасности эксплуатации электроустановок:

Эксплуатация действующих электроустановок заключается в оперативном обслуживании и производстве работ в них. К оперативному обслуживанию относятся: дежурства в электроустановках, их обходы и осмотры, оперативные переключения, выполнение небольших работ, которые оговорены в правилах безопасности.

К производству работ относятся выполнение ремонтных, строительных, монтажных и других работ в самих электроустановках. На электроустановках работы должны производиться при обязательном соблюдении следующих условий: на работы должны выдаваться устное или письменное разрешение уполномоченного лица; работы выполнять должны не менее двух человек; должны быть проведены мероприятия, которые обеспечат безопасность персонала.

Персонал, который занимается обслуживанием электроустановок, должен быть обучен и знать правила техники безопасности, способы оказания первой помощи при поражении током, поэтому каждый сотрудник в соответствии с опытом и знаниями получает квалификационную группу по технике

безопасности, и персональное удостоверение. По технике безопасности существует пять квалификационных групп. Проводится ежегодная проверка знаний персонала по правилам безопасности при эксплуатации электроустановок.

Обслуживающим персоналом электроустановок должны использоваться защитные средства: переносные приборы и приспособления от поражений током, воздействия электрической дуги и продуктов горения. Средства защиты по назначению подразделяются на изолирующие, ограждающие и предохранительные. А изолирующие, в свою очередь, подразделяются на основные и дополнительные.

В электроустановках с изолированной нейтралью, напряжением до 1000В используется защитное заземление, которое служит для создания между металлическим корпусом защищаемого оборудования и землёй электрического соединения достаточно малого сопротивления. В результате этого, если через прикосновение к оборудованию с поврежденной изоляцией через человека пройдет ток, то его величина не будет для человека опасной [1,3].

Все металлические части электроустановки, которые могут оказаться под напряжением в связи с проблемами изоляции, должны быть надежно соединены с землей. Подобное заземление называется защитным, так как его цель заключается в защите обслуживающего персонала от высоких напряжений. Для установок с напряжением от 500В и выше применение заземлений является обязательным, а в помещениях с повышенной опасностью, либо наружных установках – при напряжениях выше 36В переменного тока.

В электрических установках подвергаются заземлению: корпуса электрических машин, аппаратов, трансформаторов, вторичные обмотки измерительных трансформаторов, приводы электрических аппаратов, пульты, шкафы, распределительные щиты, металлические корпуса кабельных муфт, металлические оболочки и броня кабелей, проводов и другие конструкции, которые связаны с установкой электрооборудования [3].

Анализ вредных и опасных производственных факторов:

В процессе обслуживания могут возникнуть следующие опасные и вредные факторы:

- наличие опасного напряжения на токоведущих частях электрооборудования;
- наличие опасного напряжения (шагового) в зоне растекания электрического тока при замыкании токоведущих частей на землю;
- возможное наличие опасного напряжения на корпусах оборудования при его повреждении;
- высокий уровень шума на рабочем месте;
- слабое освещение рабочей зоны при работе в помещениях в темное время суток, а также в аварийных ситуациях при отсутствии напряжения в сети освещения;
- высокая, или наоборот, низкая температура воздуха рабочей зоны;
- опасность получения ожогов лица и глаз при коротком замыкании;

– загазованность воздуха рабочей зоны при пожаре [2].

Охрана труда:

#### 1) Противопожарная защита

Пожарная безопасность может обеспечиваться мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты.

Проектирование и эксплуатация всех промышленных предприятий регламентируются «Строительными нормами и правилами», «Правилами устройства электроустановок» и других правил пожарной безопасности на предприятии. В соответствии со СНиП II-2-80 все производства делятся по пожарной взрывной и взрывопожарной опасности на категории.

В соответствии с Правилами противопожарной защиты предусматриваются такие мероприятия по предупреждению возникновения пожаров в производственных помещениях, а также его быстрая локализация и ликвидация, как:

- использование огнестойких перекрытий во всех цехах;
- использование негорящего крепления во всех камерах с электрооборудованием, а также установка противопожарных дверей возле входов к камерам;
- для ликвидации пожаров на начальной стадии в цехах имеются огнетушители.

Противопожарная защита зданий и сооружений осуществляется при соблюдении противопожарных разрывов между строениями, при обеспечении свободных подъездов к пожарным гидрантам, установке противопожарных щитов с пожарным инвентарем и т.д.

#### 2) Правила техники безопасности при эксплуатации электрооборудования

Работающие электрические машины необходимо обязательно обслуживать в защитных очках и головных уборах. Дежурный персонал, при текущей эксплуатации может производить следующие работы (с записью в журнале и соблюдением ПТЭ):

- без снятия напряжения чистку и обтирку кожухов и корпусов электрооборудования, смазку подшипников, уход за кольцами и коллекторами электрических машин, смену ламп и перегоревших плавких вставок предохранителей;
- при полном снятии напряжения ремонт магнитных пускателей, кнопок, пусковых реостатов, автоматов и рубильников в случае установки их вне щитов и сборок.

При уходе и надзором за щетками вращающейся электрической машины дежурному персоналу необходимо выполнять следующие меры предосторожности:

- работать исключительно в комбинезоне и остерегаться, чтобы одежда, либо обтирочный материал не были захвачены вращающимися частями машины;

- щетки поправлять следует только в нарукавниках, которые плотно стягивают руку у запястья, на ноги должны быть надеты диэлектрические галоши, если на полу отсутствуют диэлектрические ковры из рифленой резины;
- не касаться одновременно руками токоведущих частей различной полярности или токоведущих и заземленных частей машины;
- шлифовать кольца вращающегося ротора следует производить только при помощи колодок из изолирующего материала, стоя на резиновом коврике или в галошах.

### 3) Правила техники безопасности при ремонте электрооборудования

На распределительных щитах станции работу должны выполнять не менее двух человек. Выполняют работу при отключенных шинах и оборудовании. На тех частях сборки или щита, с которых напряжение можно снять, под напряжением работать запрещено. Если же снять напряжение нельзя, то допустимо работать под напряжением, либо при непосредственном наблюдении мастера или техника (при условиях, что принимаются меры по надежному ограждению соседних фаз резиновыми ковриками, листами миканита или прессшпана).

Ремонтные работы следует выполнять при помощи исправных инструментов и проверенных приспособлений.

Ремонтные работы в помещениях передвижной станции необходимо производить с отключенным оборудованием. Если по каким-либо причинам остановить станцию, либо отключить какую-то отдельную её часть нельзя, то при работе под напряжением важно придерживаться правил безопасности и использовать защитные приспособления (резиновые перчатки и галоши, инструменты с изолирующими ручками, переносные заземления, приспособления для замыкания накоротко, защитные очки и т.д.) [4].

При работе с напряжением запрещено использовать напильники, ножовки, металлические метры. Отвертки и плоскогубцы должны иметь изолирующие ручки.

Запрещено работать в майках и с засученными рукавами, рукава одежды должны быть застегнутыми у кисти. Во время работы важно надевать галоши и головные уборы, а в процессе замены предохранителей – и очки.

С особой осторожностью необходимо носить с собою длинные металлические предметы (лестницы, трубы) и работать с ними на распределительных щитах (в которых не все части, находящиеся под напряжением, закрыты ограждениями) под наблюдением мастера или техника.

Производить присоединение амперметров, трансформаторов тока, либо других измерительных приборов, которые требуют разрыва первичной цепи, следует с полным снятием напряжения в соответствующих элементах цепи.

Измерять сопротивление изоляции в какой-либо части электроустановки разрешено только тогда, когда она полностью отключена. Рабочий, который производит измерение мегомметром, должен заранее убедиться, что данное требование выполнено.

Проводить испытания мегомметром изоляции аппаратов, к которым присоединены воздушные линии, во время грозы запрещено.

Перед тем, как начать измерения, необходимо убедиться, что на присоединяемой к мегомметру части электроустановки нет людей, а тем, кто находится поблизости – категорически запретить прикасаться к токоведущим частям во время измерения, чтобы избежать несчастных случаев.

Рабочий, который производит измерения, должен установить мегомметр таким образом, чтобы исключалась возможность случайного прикосновения, как самим работником, так и проводов прибора к частям установки. В связи с этим, необходимо правильно подбирать места соединения проводов к установке [2].

Проводники, которые служат для подключения прибора к токоведущим частям, должны обладать исправной резиновой изоляцией и изолирующими рукоятками.

При работе с паяльной лампой необходимо выполнять следующие указания:

- заполнять резервуар горючим необходимо не больше, чем на треть емкости; заправлять паяльную лампу не предусмотренным для нее горючим запрещено;

- после того, как лампа будет заправлена горючим, следует плотно закрывать пробку наливного отверстия;

- запрещено наливать или выливать горючее, разбирать лампу, отвертывать горелку вблизи огня;

- запрещено разжигать паяльную лампу подачей горючего через горелку;

- до спуска давления в резервуаре лампы снимать горелку нельзя.

Непозволительно чрезмерно накачивать паяльную лампу во избежание взрыва;

- перед тем как выпустить воздух из резервуаров горелки для снижения давления, следует лампу погасить и дать горелке остыть;

- если обнаружатся неисправности (утечка газа через резьбу горелки, течь в резервуаре), то лампу необходимо сразу же сдать в ремонт.

В работе с легковоспламеняющимися покровными лаками и различными красками, необходимо применять меры безопасности, которые исключат возможность возникновения пожара, либо отравления персонала станции. Работа с кислотами и щелочами, например, заливка аккумуляторов, должна производиться только в защитных очках, резиновых перчатках и резиновом фартуке.[4]

#### *Список литературы*

1. Федоров, А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: учебник для вузов/ А.А.Федоров, В.В.Каменева, – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 2000.- 408 с., ил.

2. Солопова, В.А.Обеспечение безопасности эксплуатации повышающей подстанции: статья/В.А.Солопова, Н.Н.Рахимова, Э.Э.Даминова, С.В.Петричук

- Оренбург: Участок оперативной полиграфии ОГУ, 2016.- С. 885-889 (CD-ROM) ISBN 978-5-7410-1385-4.

3.Филатов, А.А. Оперативное обслуживание электрических подстанций : учебник / А.А.Филатов, – М.: Энергия, 2005. – 232 с., ил.

4.Долин, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учебник/ П.А.Долин - М.: Энергия, 2001. - 408 с.

5.Неклепаев,Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б.Н.Неклепаев, И.П.Крючков - М.: Энергоатомиздат, 2009. - 608 с.



## **ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

**Быковская Л.В., Быковский В.В., Бравичев С.Н.**  
**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Ориентация на новые цели образования – компетенции – требует изменений форм и методов организации учебного процесса, активизации деятельности студентов, как на аудиторных занятиях, так и при самостоятельном изучении дисциплин, приближения изучаемых тем к реальной жизни и поисков путей решения возникающих проблем. Правильная организация самостоятельной работы студентов в университете является залогом успешного решения задачи подготовки кадров высшей квалификации [1].

Простейший путь - сокращение числа аудиторных занятий и увеличение часов самостоятельной работы - не повышает и даже не сохраняет на прежнем уровне качество образования, так как уменьшение объемов аудиторной работы совсем не обязательно сопровождается реальным увеличением самостоятельной работы. Усиление роли самостоятельной работы студентов означает принципиальный пересмотр организации учебно-воспитательного процесса в вузе, который должен строиться так, чтобы развивать умение учиться, формировать у студента способности к саморазвитию, творческому применению полученных знаний, способам адаптации к профессиональной деятельности в современном мире [2].

Под самостоятельной работой понимают совокупность всех видов самостоятельной деятельности студентов как в аудитории, так и за ее пределами, в контакте с преподавателем и в его отсутствии. На внеаудиторную работу в стандартах высшего образования отводится не менее половины от общего времени изучения дисциплины.

В учебных планах и разработанных в соответствии с ними рабочими программами по дисциплине «Электротехника и электроника» для различных направлений подготовки студентов в Оренбургском государственном университете, ориентированных на последние версии стандартов высшего образования на изучение дисциплины отводится три зачетные единицы. На аудиторную часть приходится около 30% от общего объема часов, соответственно на самостоятельную работу отводится 70%.

Поэтому от эффективности ее организации в значительной, а возможно, и в определяющей степени зависят объем и глубина освоения студентами учебного материала.

Рассмотрим особенности дисциплины «Электротехника и электроника» с точки зрения организации самостоятельной работы студентов. Основой успешного освоения дисциплины являются курсы физики и математики. Которые зачастую, в нарушение межпредметных связей, изучаются студентами параллельно с курсом электротехники или вследствие сокращения часов не

уделяют необходимого внимания разделам, активно используемым при анализе работы электротехнических устройств. Кроме того переход от абстрактных постановок задач и освоения методов решения разнообразных уравнений к исследованию электромагнитных процессов в конкретных технических устройствах оказывается очень сложным. Требуются не только глубина знания материала, но и способность к обобщению сведений, эрудированность, готовность самостоятельно мыслить.

К основным разделам курсов относятся:

- теория электрических цепей;
- электромагнитные устройства и электрические машины;
- основы электроники и электрические измерения.

Очевидно, что все разделы и задачи не могут быть изучены и проанализированы в пределах часов, отведенных на аудиторные занятия. Поэтому является важным правильно организовать самостоятельную работу студентов в соответствии с требованиями, предусмотренными образовательным стандартом и рабочей программой изучения дисциплины[1].

На нашей кафедре самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекционных и практических занятиях, при выполнении лабораторных работ; в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе выполнения творческих и индивидуальных заданий, при ликвидации задолженностей и т.д.

2. Вне аудитории при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Граница между этими видами работ не может быть четко определена, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Рассмотрим более подробно отдельные виды самостоятельной работы студентов.

Во-первых, это подготовка к лабораторному практикуму. Преподаватели нашей кафедры стремятся создать условия для максимально самостоятельного выполнения лабораторных работ. Поэтому при выполнении работы необходимо:

1. Перед началом проведения эксперимента провести экспресс-опрос в устной или письменной форме по теоретическому материалу, необходимому для выполнения опытов (с оценкой).

2. Предоставить студенту возможность самостоятельно собрать исследуемую схему электрической цепи, проверить и оценить работу студента в лаборатории и полученные им данные.

3. Проверить правильность самостоятельного оформления отчета по проделанной работе и выставить оценку.

Каждая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, освоение измерительных приборов, изучение методик проведения и планирование эксперимента, обработку и интерпретацию полученных в результате

проведения эксперимента данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. Для студентов, проявляющих интерес к научной деятельности, возможно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала [2]. С целью более детального самостоятельного изучения студентами работы электротехнических схем и устройств возможно дублирование и расширенное проведение экспериментов в виртуальных электротехнических лабораториях [3].

Весьма полезным, на наш взгляд, может быть тестовый контроль знаний и умений студентов, который отличается объективностью, экономит время преподавателя, в значительной мере освобождает его от рутинной работы. Тестирующие системы обладают высокой степенью дифференциации испытуемых по уровню знаний и умений и весьма эффективны при реализации балльно-рейтинговых систем [4], индивидуальной и самостоятельной работы, позволяют прогнозировать темпы и результативность обучения каждого студента. Тестирование помогает преподавателю выявить структуру знаний студентов и на этой основе индивидуализировать процесс обучения. Весьма эффективно использование тестов непосредственно в процессе обучения, при самостоятельной работе студентов. В этом случае студент сам проверяет свои знания. Благодаря, автоматизированной интерактивной системе сетевого тестирования (АИССТ), разработанной и поддерживаемой в Центре информационных технологий ОГУ, на нашей кафедре широко и весьма результативно используются возможности компьютерного тестирования. Преподаватели могут самостоятельно определить перечень тестируемых тем. По некоторым разделам разработаны задания с указанием уровня сложности. Система тестирования используется как для оценки уровня знаний, так в режиме обучения. В последнем случае используется возможность АИССТ увеличивать время ответа на вопрос, что дает возможность студенту обратиться к учебной литературе или более вдумчиво оценить поставленную задачу, выполнить необходимые вычисления.

Все перечисленные выше мероприятия по организации самостоятельной работы студентов при изучении курса «Электротехника и электроника» могли бы обеспечить высокий уровень знаний и умений при условии заинтересованности со стороны студентов. Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности. К сожалению, значительная часть студентов, оценивая ситуацию на рынке труда, приходят к выводу об отсутствии возможности трудоустроиться после окончания обучения по выбранному направлению профессиональной деятельности. Существуют и внутренние факторы, не способствующие активизации самостоятельной работы. В первую очередь, это совпадение по времени сроков предоставления домашних заданий по различным дисциплинам, что приводит к

неравномерности распределения самостоятельной работы по времени. Все эти факторы подталкивают студентов к формальному отношению к выполнению работы, к списыванию и, как это не парадоксально, к уменьшению времени, реально затрачиваемого студентом на эту работу

Таким образом, в настоящее время успешное освоение дисциплин профессионального цикла возможно не только за счет базовых знаний и контактной работы с преподавателем, но и за счет действий студентов, направленных на самостоятельное освоение знаний. Ни компьютер, ни информационные технологии сами по себе не способны сформировать интеллектуальные и этические качества выпускника вуза, они являются лишь вспомогательными средствами решения мировоззренческих задач.

#### Список литературы

1. Николаева, С. И. Принципы организации самостоятельной работы студентов по дисциплинам кафедры «электротехника»/ С. И. Николаева, Л. В. Хоперскова // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. № 7 (8)/ ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – 172 с. (Сер. Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе). ISBN 978-5-9948-1216-7. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/printsiipy-organizatsii-samostoyatelnoy-raboty-studentov-po-distiplinam-kafedry-elektrotehnika#ixzz4SXx1raVV>
2. Панкратова, Г.В. Самостоятельная работа студентов, цели и особенности организации [электронный ресурс]/ Г.В.Панкратова // Социальная сеть работников образования nsportal.ru. . – Электрон. журн. Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-43268 – Йошкар-Ола, 2000. – Режим доступа <http://nsportal.ru/npo-spo/obrazovanie-i-pedagogika/library/2014/03/02/samostoyatelnaya-rabota-studentov> (дата обращения 02.03.2014)
3. Быковская, Л. В. Применение интерактивных и информационных технологий в преподавании курса электротехники [Электронный ресурс] / Л.В.Быковская, В.В. Быковский // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 2013 г., Оренбург / Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург , 2013. – С. 285–288.
4. Быковская, Л. В. Использование балльно-рейтинговой системы при преподавании электротехники [Электронный ресурс] /Л.В. Быковская, С.Н. Бравичев, Б.К. Жумашева. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 2014 г., Оренбург / Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург , 2014. – С. 2831-2836.

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

**Валиуллин К.Р. Чернова А.Д.**  
**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,**  
**г. Оренбург**

В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению числа часов внеаудиторной работы в рабочих программах дисциплин. Как правило, на один час аудиторной работы приходится около двух часов самостоятельной работы студента.

В то же время, организация самостоятельной работы для студента является одной из самых сложных задач: отсутствие возможности оперативной консультации, контроля со стороны преподавателя, сложность определения приоритетов в изучении материала, большое количество отвлекающих факторов не способствуют эффективной самостоятельной работе студентов. Особенно данные обстоятельства влияют на выполнение курсовых и дипломных проектов.

Можно выделить следующие проблемы студентов в данной области:

- невозможность перехода к следующей части работы без проверки преподавателем предыдущих расчетов. Ошибка в расчете может повлечь за собой неверный выбор оборудования, и на конечных этапах проектирования исправление таких ошибок оказывается очень трудоемким. Следовательно, существенно возрастает цена ошибки на начальных этапах работы, когда студент еще не до конца понимает конечную цель проекта. Это приводит к тому, что студенты не решаются принимать какое-либо проектное решение без консультации преподавателя и отстают от сроков выполнения работы.

- проведение занятий по курсовому проектированию раз в две недели. При такой расстановке занятий, студенты не имеют возможности частого консультирования с преподавателем. Также данный подход приводит к тому, что между двумя занятиями студентам необходимо сделать больше работы, чем при проведении занятий каждую неделю. Это усложняет организацию работы и отпугивает студентов от работы.

- необходимость демонстрации выполненной части работы. Как правило, для того, чтобы показать ход выполнения работы студентам необходимо распечатывать свои расчеты, что требует большого количества бумаги. Усугубляется ситуация также наличием чертежей, распечатывать которые перед каждой консультацией довольно затруднительно. Кроме того, для нахождения ошибок должен предоставляться исходный файл расчета, выполненный в Excel или MathCAD. При проведении занятий не в компьютерном классе проверка правильности расчета становится затруднительной.

Совокупность всех этих проблем ухудшает условия работы студентов и снижает качество выполняемых проектов. Аналогичная ситуация наблюдается

при деятельности студентов и преподавателей в рамках научных исследовательских работ, написании статей и прочих видах совместной деятельности.

Одним из возможных путей решения данной проблемы является использование интернет технологий, которые можно разбить несколько основных направлений: облачные сервисы, сервисы совместного редактирования документов и коммуникационные сервисы.

Облачные хранилища информации представляют собой пространство, в котором могут храниться файлы. Самыми распространенными примерами таких хранилищ являются сервисы, предоставляемые Mail.ru, Яндекс Диск, Dropbox, Google Drive. Для использования этих сервисов необходимо пройти регистрацию (или авторизоваться через почту) и установить приложение в некоторых случаях. Также имеются мобильные приложения, позволяющие просматривать содержимое хранилищ. В рамках образовательного процесса подобные сервисы могут применяться для обмена методической и учебной литературой, частично заменяя собой громоздкие библиотечные системы. Правда, в таком случае возникает проблема урегулирования отношений по поводу авторских прав.

Самым доступным сервисом совместного редактирования документов является сервис, предоставляемый Google Docs. Участники, получив приглашения по ссылке или чья почта была внесена в список тех, кто может редактировать файлы, могут с любых устройств одновременно вносить изменения в файл. В Google Docs имеется возможность работы с текстовыми файлами, презентацией, таблицами. При совместной работе онлайн при изменении фрагментов показывается имя пользователя. Использование этого сервиса позволяет получить конечный документ без создания промежуточных версий, что экономит место и исключает путаницу. Также нет необходимости пересылать документ по почте.

Часто написание комментария для внесения исправлений в текст работы, оформление, расчет или чертеж занимает долгое время и требует создания указателей. При этом личная коммуникация позволила бы ускорить этот процесс. В этом случае, особенно при руководстве дипломными проектами у студентов заочной или дистанционной формы, используются коммуникационные сервисы типа Skype или Google Hangouts. Для использования Skype необходима установка приложения и регистрация, а для Google Hangouts достаточно почтового аккаунта в Gmail. Основным достоинством этих сервисов является возможность голосовой связи с возможностью показа экрана. В этом случае преподаватель может показать недостатки работы, открыв на компьютере чертеж, записку или расчет, и рекомендовать пути исправления.

Авторами использовались указанные выше методы при выполнении научно-исследовательской работы.

На первом этапе работы создавалась папка в Google Drive. В нее помещалась вся исходная информация для работы над проектом и открывался доступ для совместного просмотра и редактирования.

На втором этапе создавался файл, в котором отражался список поставленных задач и цветом выделялась степень выполнения. Тут же вносились комментарии о необходимости запроса дополнительной информации.

После проведения предварительных расчетов каждый из участников добавлял файлы в облачное хранилище для перекрестной проверки или составлялся единый файл, в который вносились части, выполненные каждым участником. Цветом выделялись сомнительные результаты, требующие уточнения.

На следующем этапе участники созванивались в конференции Skype и обсуждали спорные моменты. Результаты сразу же вносились в общий файл.

Окончательный файл проекта скачивался одним из участников и форматировался согласно требованиям. В том числе, так была написана эта статья.

Таким образом, использование предлагаемых технологий облегчает проектную работу с участием нескольких человек, существенно сокращает время выполнения и позволяет работать дистанционно.

## **РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ»**

**Виноградная О.В, Коннова А.А., Шмакова Ю.В.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Для разработки лабораторной работы необходимо спроектировать такую сеть, чтобы она удовлетворял следующим условиям:

1. наглядность;
2. простота конструкции;
3. удобство регулирования параметров.

Последний критерий стал основополагающим для выбора схемы, так как распределительная сеть в реальных условиях работает с различными нагрузками. Для точного определения потерь напряжения, изменение параметров является необходимым условием.

Особенности работы схемы обуславливают такие факторы, как простота и наглядность, при изменении конструкции и добавлении в схему дополнительных элементов можно на начальном этапе оценить изменения, происходящие в системе. Это позволяет подготовить студента к самостоятельности в принятии инженерных решений.

Данная лабораторная работа помогает достичь оптимальности в выборе типа, сечения и конструкции распределительной и питающей сети предприятия, выявить зависимость потерь напряжения от сечения линии.

Для точного определения параметров необходимо смоделировать схему в системе MathLab, экспериментально определив потери напряжения в начале и в конце линии [1].

Для проверки работоспособности схемы был проведен опыт. Для упрощения расчетов задаемся допущениями, пусть  $\cos\varphi=0,9$ ;  $L=1$  км;  $U_{ном}=0,4$  кВ,  $R_2=R_4=20$  Ом,  $X_2=X_4=40$  Гн.

Определим потери напряжения в воздушной линии, марки АС с различным сечением.



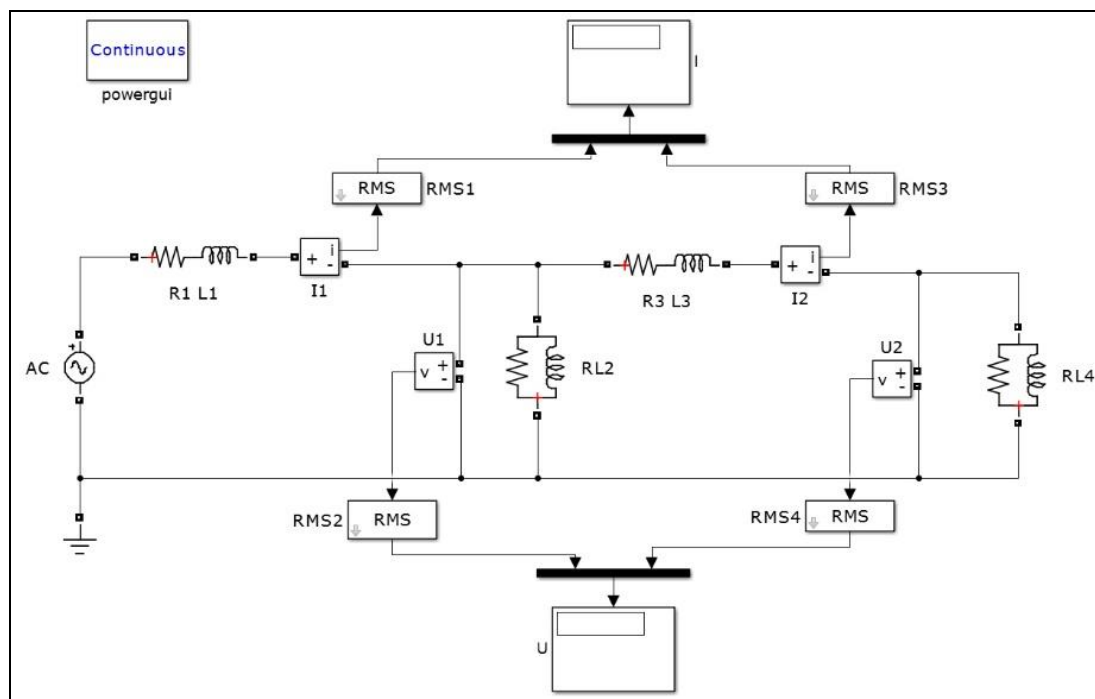


Рисунок 1 – Схема, смоделированная в системе MathLab

Таблица 1 – Расчетные данные для определения потерь напряжения ВЛ

| Сечение, мм <sup>2</sup> | R, Ом/км | X, Ом/км | I1, А | I2, А | U1, В | U2, В | P1, кВт | P2, кВт | Q1, квар | Q2, квар |
|--------------------------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|
| 50                       | 0,65     | 0,392    | 111,3 | 70,3  | 327,3 | 281,4 | 32,8    | 17,8    | 15,9     | 8,6      |
| 70                       | 0,46     | 0,382    | 120,2 | 77,1  | 344,2 | 308,6 | 37,2    | 21,4    | 18,0     | 10,4     |
| 95                       | 0,33     | 0,371    | 127,2 | 82,5  | 357,5 | 330,1 | 40,9    | 24,5    | 19,8     | 11,9     |
| 120                      | 0,27     | 0,365    | 130,8 | 85,2  | 364,2 | 341   | 42,9    | 26,2    | 20,8     | 12,7     |
| 150                      | 0,21     | 0,358    | 134,5 | 88,1  | 371,2 | 352,6 | 44,9    | 27,9    | 21,8     | 13,6     |

Таблица 2 – Потери напряжения в ВЛ

| $\Delta U1$ | $\Delta U2$ | $\Delta U$ | $\Delta U\%$ |
|-------------|-------------|------------|--------------|
| 68,84       | 37,41       | 31,43      | 7,86         |
| 60,04       | 34,55       | 25,5       | 6,4          |
| 52,15       | 31,24       | 20,91      | 5,23         |
| 47,89       | 29,22       | 18,67      | 4,67         |
| 43,07       | 26,81       | 16,26      | 4,07         |

Для сравнения определим потери напряжения для кабельных линий (трехжильные, медные):

Таблица 3 – Расчетные данные для определения потерь напряжения КЛ

| Сечение, мм <sup>2</sup> | R, Ом/км | X, Ом/км | I1, А | I2, А | U1, В | U2, В | P1, кВт | P2, кВт | Q1, квар | Q2, квар |
|--------------------------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|
| 4                        | 4,65     | 0,095    | 45,42 | 21,82 | 188,8 | 87,3  | 7,7     | 1,7     | 3,7      | 0,8      |
| 6                        | 3,06     | 0,09     | 58,73 | 31,2  | 220,3 | 124,8 | 11,6    | 3,5     | 5,7      | 1,7      |
| 10                       | 1,84     | 0,073    | 76,69 | 44,3  | 258,9 | 177,3 | 17,9    | 7,1     | 8,7      | 3,4      |
| 16                       | 1,2      | 0,067    | 91,92 | 55,71 | 289,7 | 222,8 | 23,9    | 11,2    | 11,7     | 5,4      |
| 25                       | 0,74     | 0,066    | 107,6 | 67,58 | 320,3 | 270,3 | 31,0    | 16,4    | 15,0     | 7,9      |

Таблица 4 – Потери напряжения в КЛ

| $\Delta U_1$ | $\Delta U_2$ | $\Delta U$ | $\Delta U\%$ |
|--------------|--------------|------------|--------------|
| 16,2         | 3,6          | 12,64      | 3,15         |
| 18,77        | 5,65         | 13,13      | 3,28         |
| 22,77        | 9,01         | 13,78      | 3,44         |
| 26,77        | 12,48        | 14,29      | 3,49         |
| 29,73        | 15,76        | 13,97      | 3,57         |

На основании полученных данных строим зависимость потерь напряжения от выбранных сечений.

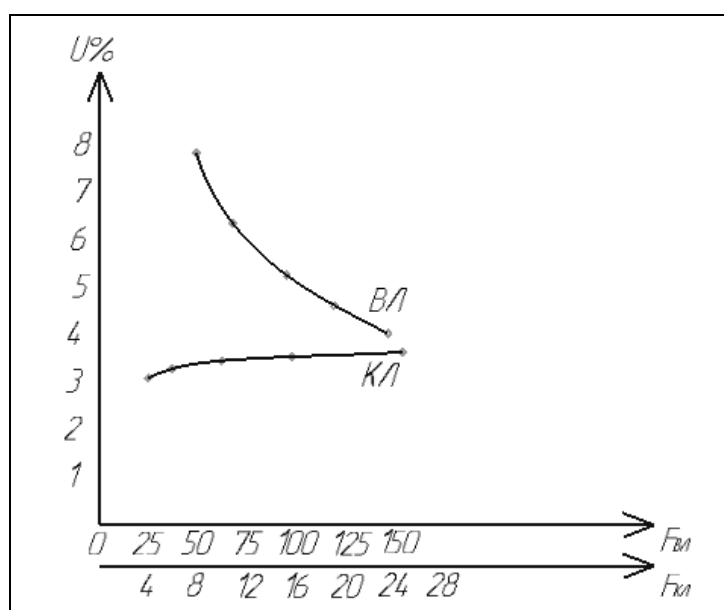


Рисунок 2 – Зависимость потерь напряжения от величины сечения линии

**Вывод:** данная лабораторная работа дает представление о влиянии факторов на потери напряжения, таких как: протяжённость линий; сечение проводника; состав материала и количество потребителей.

#### Список литературы

1. Митрофанов, С. В. Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие к лабораторному практикуму для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / С. В. Митрофанов, Л. А. Семенова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет, 2015. - ISBN 978-5-7410-1346-5.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ДОМА

Иванов В.С.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург

Вопрос о подключении частного дома к электросети является достаточно актуальным для владельцев вновь построенных домов или в том случае, если по той или иной причине дом остался без электроснабжения. Вызвано это не только тем, что в условиях нашей современной жизни электричество играет огромную роль, но ещё и пониманием того, что в частном доме состояние электросетей непосредственно влияет на работоспособность и эффективность остальных инженерно-коммуникационных систем. Проводка электрической сети – мероприятие чрезвычайно ответственное. Даже малейшая неточность или ошибочность подключения могут привести к печальным последствиям: порче приборов, а в самом худшем случае – к пожару.

Поэтому еще на этапе планирования работ по подведению электроснабжения необходимо уделить пристальное внимание схеме электроснабжения. На этом этапе необходимо руководствоваться основными нормами, инструкциями, рекомендациями, указаниями, выпускаемыми Министерством строительства РФ, Энергонадзором, Энергосбытом и другими уполномоченными государственными органами. Основные требования к электроустановкам жилых домов, квартир, коттеджей отражены в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) [1].

Профессионально подготовленное и реализованное электроснабжение загородного дома предполагает грамотное проектирование и монтаж, которые будут учитывать не только все требования безопасности и комфорта, но и архитектурные и ландшафтные особенности объекта недвижимости. Так же при проектировании электроснабжения дома учитывается наличие прочих инженерных сетей и коммуникаций. Электрическая схема загородного дома должна разрабатываться исключительно опытными профессионалами. Но зачастую владельцы жилья не представляют всей ответственности при выборе схемы электроснабжения частного дома. В результате чего они не обращаются к специалистам, а пытаются решить данную проблему самостоятельно. Такой подход может привести не только к постоянным замыканиям и проблемам с подачей электричества, но и к возможным угрозам возгорания. Согласно статистике МЧС России более двадцати пяти процентов пожаров возникают по причине допущенных при проведении электромонтажных работ ошибок, а также некачественных материалов и неправильной эксплуатации электроприборов.

Наиболее эффективным решением данной проблемы является автоматизация проверки схем электроснабжения частных домов. Основная цель – значительно упростить работу электрику сведя к минимуму время,

потраченное на выполнение расчетов или черчение схем, с чем часто сталкивается инженер-электрик. Модель поможет произвести расчет необходимого сечения провода или кабеля, выбрать необходимый аппарат защиты, вычислить номинальный ток того или иного провода или кабеля. А так же провести расчет температуры проводов в зависимости от участков, условий прокладки и режимов работы. Тепловой расчет позволяет определить максимально допустимый ток нагрузки, при котором температура нагрева не будет превышать величины, установленной для данного типа кабеля. Длительно допустимая температура нагрева кабеля выбирается в зависимости от применяемых материалов, в первую очередь, электроизоляционных, а также условий длительной и надежной эксплуатации кабелей.

Другим подходом к модернизации процесса электроснабжения любого дома является внедрения новых технологий, таких как «Умный дом». Умный дом – это домашняя автоматика, которая является жилым расширением автоматизации зданий. Главная автоматизация может включать централизованное управление освещением, ОВК (отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха), бытовую технику, открывать замки ворот, дверей, GSM и других систем, чтобы обеспечить улучшенное удобство, комфорт, энергоэффективность и безопасность. Нужно отметить, что для отдельных категорий населения это мероприятие может стать необходимым.

Система позволит сэкономить на освещении до 40% и на отоплении до 30%. Система сама контролирует и регулирует работу каждого устройства на основании текущих параметров согласно заданной программе.

Основной целью исследования является поиск направлений повышения безопасности электроснабжения частного дома.

Для достижения поставленной цели будут решены следующие задачи:

- 1) всесторонне изучить особенности электроснабжения частного дома;
- 2) изучить особенности электропотребления электроприборов частного дома;
- 3) предложить варианты правильных схем электроснабжения;
- 4) построение модели электроснабжения объекта.

Научная новизна исследования заключается в разработке новой конструкции электроустановок.

Объектом исследования является жилой частный дом.

Предметом исследования является обеспечение электроснабжения частного дома.

#### *Список литературы*

1) Приказ Минэнерго РФ от 08.07.2002 N 204 «Об утверждении глав Правил устройства электроустановок» (вместе с «Правилами устройства электроустановок. Издание седьмое. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Главы 7.5, 7.6, 7.10») – Электронный источник: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

- 2) Сибикин, Ю.Д., *Электроснабжение промышленных предприятий и установок* / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин, В.А. Яшков. – М.: Высшая школа, 2001. – 336 с.
- 3) Табунчиков Ю.А. *Энергоэффективные здания [Электронный ресурс]* / Табунчиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. // М. : АВОК-ПРЕСС, 2003.
- 4) Балаков, Ю.Н., *Проектирование схем электроустановок* / Ю.А. Балаков, М.Ш. Мисриханов, А.В. Шунтов. – М.: МЭИ, 2006. – 287 с.
- 5) Кабышев, А.В., *Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие/ А.В. Кабышев, С.Г. Обухов.* - Томск: Том.политехн.ун-т., 2005. – 168 с.
- 6) Интернет версия журнала Barlette. *Строительство – архитектура – дизайн* – Режим доступа: <http://barlette.ru/journal/article/568.html>
- 7) *Электроснабжение загородного дома* – Режим доступа: <http://elektrik24.net/provodka/v-chastnom-dome/skhema-elektroprovodki.html>

# **МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Исхаков Т.М., Иванов В.С.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Актуальной проблемой экономии электроэнергии на предприятии является модернизация систем освещения с применением современного оборудования. Наиболее эффективным решением является внедрение светодиодных источников света. На данный момент наличие методики решения проблемы и невысокая стоимость светодиодных источников и элементов автоматического управления освещением позволяют развивать электроэнергетические системы в нашей стране. Поэтому в настоящее время модернизация систем освещения находит широкое применение. На сегодняшний день системы управления устарели и не позволяют получать оперативную информацию о состоянии осветительных установок и об отказах по включению освещения. Замена таких систем внесет существенный энергосберегающий эффект, позволит сократить время на ликвидацию аварий, снизит затраты на обслуживание, сократит количество аварийных бригад и другого персонала.

Внедрение современных систем управления уличным освещением позволит устранить травматизм на территории предприятия в темное время суток. Для решения данной проблемы необходимо ликвидировать темные пятна территорий, где освещение полностью отсутствует. На данный момент светодиодные источники света имеют такие преимущества, как долговечность (срок службы светодиодов до 100 тысяч часов), простота в монтаже и в обслуживании, устойчивость к суровым условиям окружающей среды и высокая контрастность света, по сравнению с традиционными светильниками с лампами типов ДРЛ. Также отсутствует необходимость утилизации светодиодных светильников, так как они не содержат ртути и других ядовитых составляющих. Но, как и любой установки, у них есть недостатки, например светодиодные осветительные приборы очень чувствительны к показателям качества электроэнергии.

Основной целью работы является внедрение современных источников света и элементов автоматического управления освещением.

Для достижения поставленной цели будут решены следующие задачи:

1. Изучить современный опыт по замене осветительного оборудования;
2. На основе изученного опыта разработать алгоритм замены устаревших, не экономичных осветительных установок;
3. Создать эффективную автоматическую систему управления наружным освещением.

Основными объектами наружного освещения на территории промышленного предприятия являются:

1. Участки автомобильных дорог, пешеходные тротуары, подъезды к зданиям, погрузочно-разгрузочные зоны, стоянки, открытые площадки;
2. Железнодорожные пути;
3. Открытые рабочие площадки;
4. Подъезды к трансформаторным подстанциям;
5. Охраняемая зоны территории предприятия (освещения периметра забора).

Опираясь на действующий свод правил СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»[2] установлены нормы освещенности для основных объектов производственного наружного освещения, рекомендованы наиболее предпочтительные источники света, способы и параметры установки осветительного оборудования: прожекторов и светильников. Естественным образом тенденции энергосбережения диктуют необходимость планомерного перехода на светодиодное освещение с применением современных систем управления.

Электрическое освещение производственных помещений может быть рассчитано по двум методам: по величине удельной мощности освещения и коэффициенту использования, и по точечному методу; применение каждого обуславливается видом рассчитываемого освещения и требуемой точностью расчета.

Первый из названных методов является менее трудоемким, но и дает хорошую точность расчета и поэтому применяется только при предварительных ориентировочных расчетах, а также может служить целями проверочных расчетов существующих систем освещения. Метод коэффициента использования (метод светового потока) применяется для расчета общего равномерного освещения производственных помещений средней высоты при условии равномерного расположения светильников. Данный метод позволяет рассчитать усредненное значение освещенности по всей рабочей площади и поэтому непригоден для расчета местного освещения. При этом методе учитывается отражательная способность стен и потолка помещения.

Точечный метод (метод силы света) применяется для расчетов всех видов освещения: общего, местного, локализованного, наружного; он применим для расчета освещенности любой точки, при любом положении поверхности, на которой лежит заданная точка, и при любом расположении светильников.

Помимо универсальности этот метод является наиболее точным, недостатком его является большая трудоемкость по сравнению с остальными.

В процессе исследования разработана компьютерная программа, позволяющая сравнивать расчеты экономических затрат на потребление электроэнергии до и после внедрения современных источников света и применения систем управления освещением на территории промышленного предприятия. Также программа позволяет осуществлять выбор светодиодных источников света по каталогу известного производителя «JAZZWAY» [7] при реконструкции освещения территории промышленных предприятий на



основании полученной оценки характеристик современных осветительных установок.

*Список литературы:*

1. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б.Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Знак. 2006. – 972с.
2. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
3. Автоматизированные системы управления наружным освещением. Опыт Москвы. Журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ» № 2 (15) за 2011 г. [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=154](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=154)
4. Автоматизированные системы управления освещением - это сегодня наиболее перспективный инструмент энергосбережения». Журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ» № 2 (15) за 2011 г. Режим доступа: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=153](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=153) (дата обращения 15.12.2016)
5. Автоматизированная система управления наружным освещением на примере архитектурного и тоннельного освещения. Журнал «ЭНЕРГОСОВЕТ» № 1 (6) за 2010 г. Режим доступа: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=42](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=42) (дата обращения 20.12.2016).
6. Системы автоматического управления наружным освещением. Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=108> (дата обращения 10.12.2016).
7. Каталог светильников JAZZWAY. Режим доступа: <http://www.jazzway.com/catalog/> (дата обращения 23.12.2016).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ В ПРОЦЕССЕ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА В СЕТЯХ 10(6) кВ

Кирпичников В.В., Купrienko В.В.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Плавка гололеда переменным током применяется на линиях с напряжением не выше 110 кВ с проводами сечением не больше 180 мм<sup>2</sup>. Источниками питания служат шины 6-35 кВ подстанций или отдельный трансформатор. Схема плавки должна выбираться таким образом, чтобы обеспечить протекания по проводам ВЛ тока, в 1.5÷2 раза превышающего длительно допустимый ток для данного сечения провода [1].

При плавке гололеда в сетях 10(6) кВ практически в каждой схеме требуется создание точки искусственного КЗ. Для обеспечения требуемого тока плавки выполняют пункты закорачивания. Обогреваемая линия может закорачиваться разъединителем или закорачивающим выключателем (ВЗ).

Перед наступлением гололедного сезона устройство должно быть подключено к источнику питания, проверено и опробовано. Необходимо, чтобы пункты закорачивания, установленные на трассе ВЛ, имели автоматику дистанционного управления. Для питания схемы управления используется трансформатор напряжения TV1 и трансформатор тока ТА1.

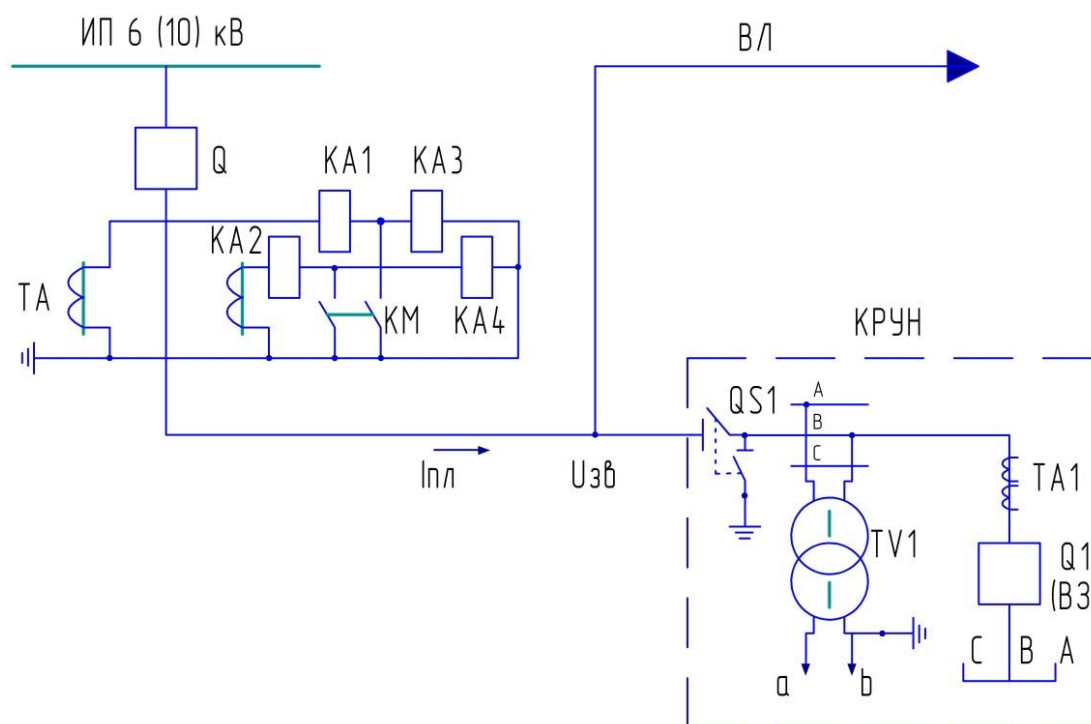


Рисунок 1. Схема подключения закорачивающего выключателя

Источник питания (ИП) плавки гололеда 6(10) кВ подключается к ВЛ выключателем Q. Чувствительная ступень релейной защиты ВЛ (КА3, КА4) выводится из работы при плавке гололеда контактором KM [2].

Дистанционное управление включением и отключением закорачивающего выключателя (ВЗ) осуществляется коммутациями выключателя Q за счет создания так называемой «бестоковой паузы». Рассмотрим работу схемы автоматического управления закорачивающим выключателем (рисунки 2 и 3).

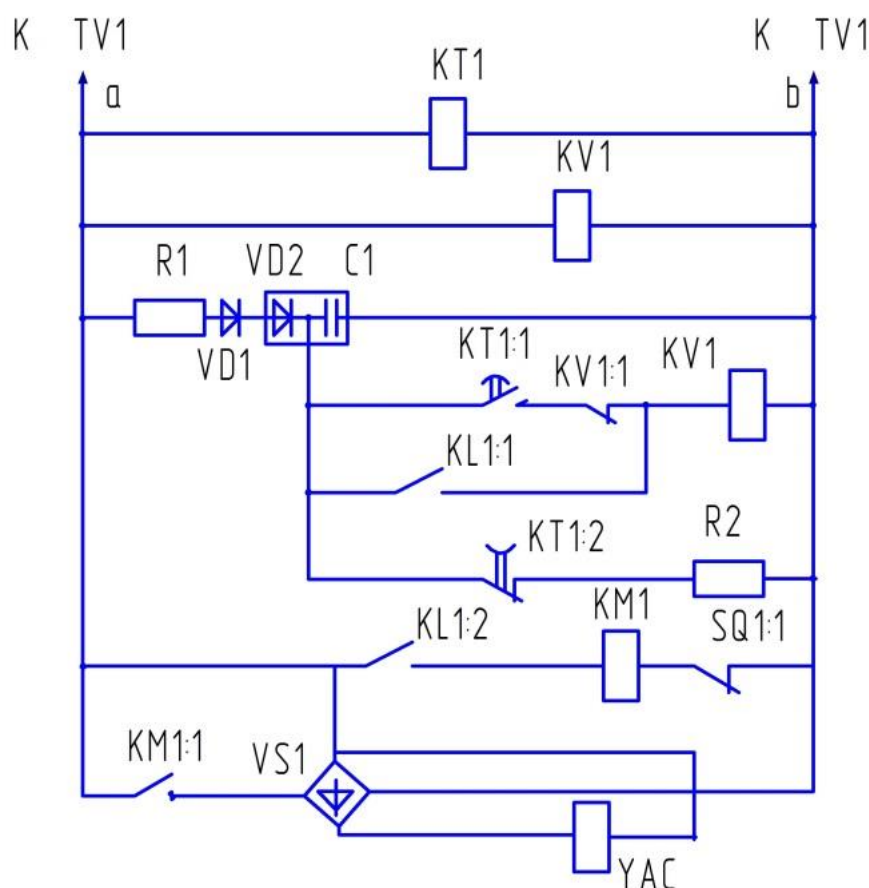


Рисунок 2. Схема автоматического включения ВЗ

Линия 10 кВ находится под напряжением, на схему автоматики подано напряжение 220 В. После отключения напряжения ВЛ выключателем Q реле KV1 контактом KV1:1 подготавливает цепь включения KL1. С выдержкой времени KT1:1 срабатывает KL1 от тока разряда C1, самоудерживается через KL1:1 и контактом KL1:2 подготавливает цепь включения KM1 в течение интервала времени до замыкания контакта KT1:2, когда C1 разряжается через R2 и KL1 возвращается. Если в этот интервал времени будет подано напряжение на ВЛ, то KM1 сработает, контактом KM1:1 через выпрямитель VS1 замкнет цепь электромагнита включения YAC и закорачивающий выключатель включится. По участку ВЛ от ИП до закорачивающего пункта начнет проходить ток плавки  $I_{пл}$ .

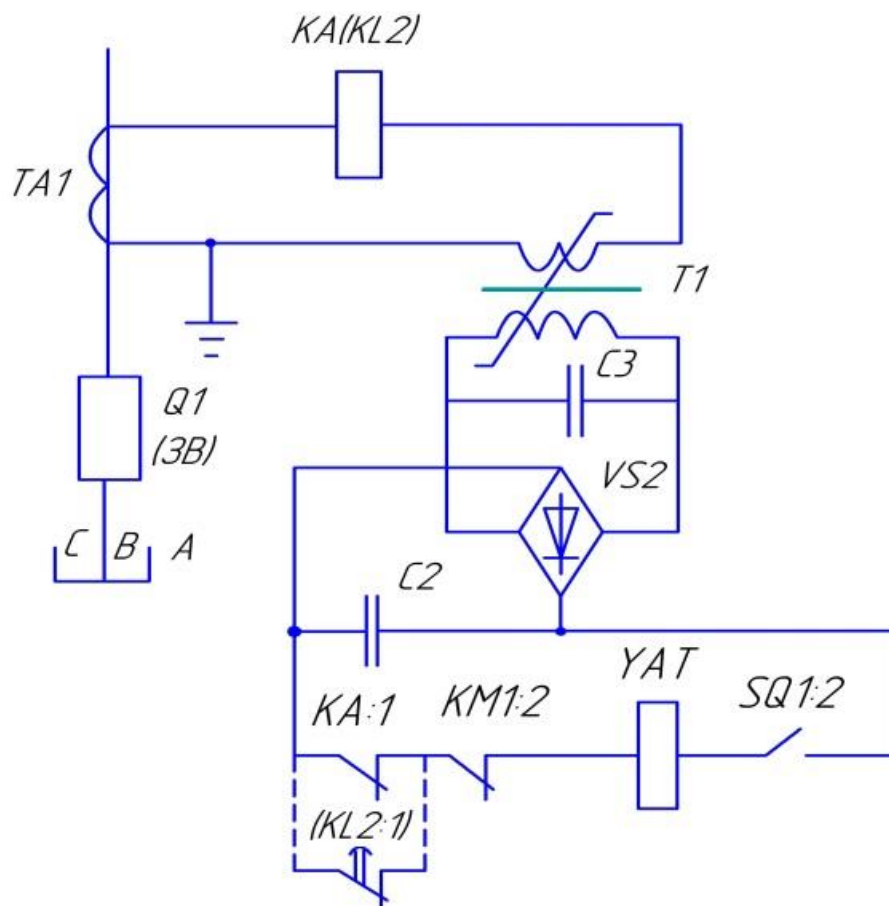


Рисунок 3. Схема автоматического отключения ВЗ

После отключения тока плавки выключателем Q источника питания контакт KA:1 реле KA замыкается. Поскольку вспомогательный контакт включения Q1 (B3) SQ1:2 замкнут (и замкнут контакт KM1:2), то конденсатор C2 разряжается на YAT и Q1 (B3) отключается. При использовании второго алгоритма управления отключением Q1 (B3) не нужен накопительный конденсатор C2, а вместо KA используется токовое промежуточное реле KL2 с задержкой при срабатывании. При отключении тока плавки выключателем Q контакт KL2:1 замыкается, а после включения в течение некоторого времени остается замкнутым; на YAT через токовый блок питания T1, C3, VS2 подается выпрямленное напряжение и Q1 (B3) отключается. Ток плавки отключается, а на ВЛ восстанавливается напряжение.

Данная схема имеет один существенный недостаток: при осуществлении оперативных переключений на подстанции «бестоковая пауза» в определенных случаях может быть создана не только выключателем плавки гололеда Q, но и другими выключателями (вводной, секционный) которыми может быть подано напряжение.

От этого недостатка избавлена схема (рисунок 4) для управления вакуумным закорачивающим устройством-реклоузером, который управляется с диспетчерского пункта (щита управления подстанции) по каналам GSM-связи с

компьютера диспетчера с использованием специального программного обеспечения.

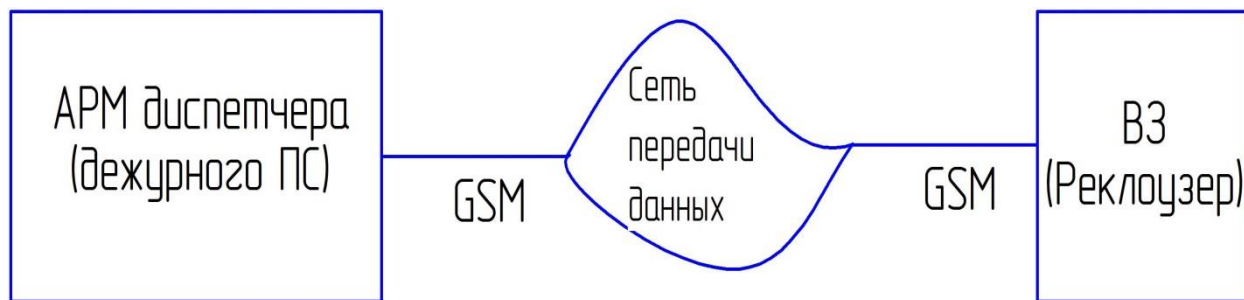


Рисунок 4. Структурная схема организации плавки гололеда по каналам GSM

#### Список литературы

1. РД 34.20.511 (МУ 34-70-027-82) Методические указания по плавке гололеда переменным током. Ч. 1. М.: Союзтехэнерго, 1983.
2. Левченко, И. И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах: учеб. пособие / И. И. Левченко, А. С. Засыпкин, А. А. Алилуев, Е. В. Сацук. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 448 с. ил.
3. Кирпичников, В. В. Особенности переключений при подготовке схемы плавки гололеда на воздушных ЛЭП. – Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: материалы VIII всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2016. – С. 114-116.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**Лесной А.А.**

**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург**

В современном мире сильно развиты рыночные отношения в электроэнергетической отрасли, вследствие чего возрастает экономическая ответственность энергоснабжающих компаний за нарушение нормального режима работы энергетической системы и снижение качества поставляемой потребителю электроэнергии. Поэтому энергетические компании заинтересованы в обеспечении надежности работы электрооборудования. Рост нагрузки, износ основных фондов и либерализация электроэнергетики – это основные факторы, влияющие на надежность электрооборудования и энергосистемы в целом.

Несмотря на развитие альтернативных источников энергии, тепловые электростанции составляют основу выработки электроэнергии (практически 70% электрогенерации приходится на ТЭС [1]).

Специфика производства электроэнергии заключается в невозможности накопления готовой продукции: в любой момент времени объем производства должен соответствовать объему потребления. Поэтому обеспечение надежности работы ТЭС является важнейшим аспектом устойчивого энергоснабжения потребителей. Проблема безопасной работы и надежности ТЭС требует комплексного подхода к повышению ресурса блоков и агрегатов электростанции.

Эксплуатационные факторы, которые действуют в различных условиях и режимах работы, оказывают определяющее влияние на степень износа электрооборудования, приводят к развитию и накоплению дефектов, к раннему наступлению предельного состояния и к отказу оборудования.

Количественные показатели надежности тепловых электростанций могут быть получены путем обработки статических данных по их эксплуатации и путем расчета по известным характеристикам надежности и структурным схемам. Методы расчета надежности структурных схем ТЭС называются статическими и аналитическими. Из-за достаточной точности и оперативности наиболее распространёнными являются аналитические методы. Эти методы основаны на моделировании процессов изменения состояния ТЭС, изучении функционального назначения станций, разработке их функционально-структурных схем.

На практике применяют схемы, в которых один или несколько элементов резервируют один или группу других элементов. Такие схемы называются схемами со скользящим резервом (например, на тепловых электростанциях с параллельными связями устанавливается резервный котел, который может заменить любой вышедший из строя рабочий котлов). Когда резервные

элементы находятся в ненагруженном скользящем состоянии, вероятность безотказной работы системы увеличивается.

Для обеспечения надежной и безопасной работы, при управлении режимами эксплуатации и ремонта необходимо знать фактический уровень надежности электрооборудования с учетом воздействия реальных эксплуатационных факторов [2]. Следовательно, актуальной задачей является разработка и внедрение методов и математических моделей количественной оценки показателей эксплуатационной надежности, позволяющих учесть основные факторы, которые влияют на износ электрооборудования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующий комплекс задач:

1. Исследовать подходы к оценке и обеспечению надежности тепловых электрических станций.
2. Проанализировать причины отказов энергооборудования главных схем.
3. Проанализировать причины отказов электрооборудования схем электроснабжения собственных нужд станции.
4. Провести анализ надежности схем распределительных устройств и блоков станции.
5. Усовершенствовать существующие методы расчета показателей надежности электрооборудования.
6. Разработать математическую модель показателей надежности энергоблоков.
7. Исследовать взаимосвязь между показателями безотказности и долговечности электрооборудования в реальных условиях эксплуатации.
8. Провести расчет показателей надежности электрооборудования на основе реальных исходных данных и обосновать достоверность разработанных математических моделей на примере действующих энергоблоков.

Объектом исследования являются электрические схемы соединений и основное оборудование ТЭС (силовые трансформаторы, высоковольтные выключатели, электродвигатели). Средний возраст основного оборудования тепловых электростанций на начало 2011 г. составил более 31 года. Высокий износ связан с низким уровнем инвестиций.

Предметом исследования являются методы и модели расчета показателей долговечности и безотказности электрооборудования. Время возникновения отказов носит случайный характер, поэтому аппаратом теории надежности может быть теория вероятностей и математическая статистика [3]. Из-за невозможности точного предсказания отказа по времени и месту, полностью предупредить отказы невозможно, но могут быть приняты меры по снижению их частоты.

В настоящее время вопросы надежности и продления рабочего ресурса узлов, блоков и агрегатов тепловых электрических станций являются особенно актуальными, так как значительно снижаются инвестиции в обновление

оборудование, и вследствие этого наблюдается выработка ресурса более половины основных агрегатов и узлов ТЭС. Поэтому задача повышения надежности тепловых электрических станций требует поиска новых решений.

*Список литературы.*

1. Гук Ю.Б. *Теория надежности в электроэнергетике.* Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.-208 с.
2. Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. *Схемы выдачи мощности электростанций: Методологические аспекты формирования.* М.: Энергоатомиздат, 2002. - 288 с.
3. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. *Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. 4-е изд., перераб. и доп.* - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.



# **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ**

**Митрофанов С.В., Веремеев А.А.**

**федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

На сегодняшний день, за долгий срок в истории развития теории электрических машин, а именно асинхронных двигателей, остаются открытыми многие вопросы, которые касаются неустановившихся режимов работы асинхронных двигателей. На практике эксплуатирующих электроэнергетических предприятий и практика электроизготавливающих заводов зачастую дает результаты существенного расхождения даже простейших расчетов установившихся режимов. Самое сильное проявление таких расхождений присутствует в крупных асинхронных двигателях с нетрадиционной геометрией активного объема и значительными электромагнитными нагрузками. Предприятия для расчета неустановившихся режимов используют методики, которые, как правило опираются на математические модели, включающие в себя ряд допущений, сложившихся с течением времени в системе электромеханики, которая в своем подходе базируется на переходе к эквивалентной двухфазной системе с сосредоточенными параметрами, а нередко и к однофазной эквивалентной схеме замещения [1]. При определении параметров в таких моделях прибегают к использованию полуэмпирических зависимостей, и стоит отметить, что чем более неординарным или сильной по нагрузке будет являться активный объем, тем более будет наблюдаться расхождение неопределенность параметров в таких моделях.

Практика свидетельствует, что достоверность оценки характеристик измерительного комплекса в процессе испытаний зависят в большой степени от погрешности определения фактических значений его характеристик. Поэтому немаловажную роль играет точность измерений. Она определяется точностью измерительных систем. В современных условиях точность приборов, применяемых в испытательном стенде должна быть не ниже класса точности 0,2. Тогда достоверность измеряемых величин не будет вызывать сомнений. Испытательный стенд может быть применен для оценки адекватности разрабатываемых для асинхронных двигателей математических моделей [3].

При большом числе публикаций по переходным процессам в асинхронном двигателе в современной периодике, можно говорить о возрастающем интересе к изучению этого вопроса. Совершенствуются старые методы и разрабатываются новые, которые позволят на заводах изготовителя и конструкторских бюро, уже на этапе проектирование и изготовления определить параметры двигателя при его различных режимах работы, а также будет предоставлена возможность оценки других ключевых параметров:

максимальные токи, электромагнитные моменты, магнитные поля и их зависимость от геометрии и конструктивных особенностях электрической машины. Для решения таких задач используются конечно-элементные расчеты, но они очень объемны по вычислениям. Сегодня, это уже не является острой проблемой, при современном уровне вычислительной техники и программных обеспечениях. Такие расчёты возможно проводить с минимальными допущениями и при минимальном количестве экспериментальных данных. К наиболее известным и востребованным программным обеспечениям в этой среде можно отнести ANSYS и Ansoft Maxwell, который является программным продуктом для расчета электрических машин методом конечных элементов [4].

На основании этого решено проведение экспериментального исследования реализовать в программной среде Ansoft Maxwell на основе дифференциальных уравнений, полученных в [5].

Ansoft Maxwell – это ведущее программное обеспечение для моделирования электромагнитных полей, используемое для проектирования и исследования двумерных и трехмерных моделей, типа двигателей, датчиков, трансформаторов и других электрических и электромеханических устройств различного применения. Maxwell базируется на методе конечных элементов (Finite Element Method - FEM) и точно рассчитывает статические, гармонические электромагнитные и электрические поля, а также переходные процессы в полевых задачах

В приведенном ниже примере реализован расчёт рассматриваемой электрической машины на основании классической аналитической теории электрических машин, а также метода эквивалентной магнитной цепи. При этом учитываются такие эффекты, как нелинейность электротехнической стали, несинусоидальность магнитного потока в зазоре, вытеснение тока в массивных проводниках [5, 6].

Рассматриваемая модель электрической машины АИР100S4 обладает следующими характеристиками:

Таблица 1 – Технические характеристики АД АИР100S4

| Электр<br>одвига<br>тель | Мощн<br>ость | Об/мин.<br>* | Ток<br>при<br>380В<br>, А* | КПД,<br>%* | Коэф.<br>мощн.<br>* | Ip/<br>In | Mп/<br>Mн | Mmax/<br>Mн | Момент<br>инерции,<br>кгм2* | Масса<br>,<br>кг* |
|--------------------------|--------------|--------------|----------------------------|------------|---------------------|-----------|-----------|-------------|-----------------------------|-------------------|
| АИР<br>100S4             | 3 кВт        | 1410         | 7,3                        | 82         | 0,82                | 7         | 2,0       | 2,2         | 0,0100                      | 34                |

Таблица 2 – Габаритно-присоединительные размеры двигателей исполнений IM1081, 2081, 3081.

| Тип       | l <sub>30</sub> * | h <sub>31</sub> * | d <sub>24</sub> | l <sub>1</sub> | l <sub>10</sub> | l <sub>31</sub> | d <sub>1</sub> | d <sub>10</sub> | d <sub>20</sub> | d <sub>22</sub> | d <sub>25</sub> | b <sub>10</sub> | n | h   | l <sub>21</sub> * | l <sub>20</sub> * | h <sub>10</sub> * | h <sub>5</sub> | b <sub>1</sub> |
|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|-----|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|
| АИР 100S2 | 376               | 227               | 250             | 60             | 112             | 63              | 28             | 12              | 215             | 14              | 180             | 160             | 4 | 100 | 14                | 4                 | 12                | 31             | 8              |

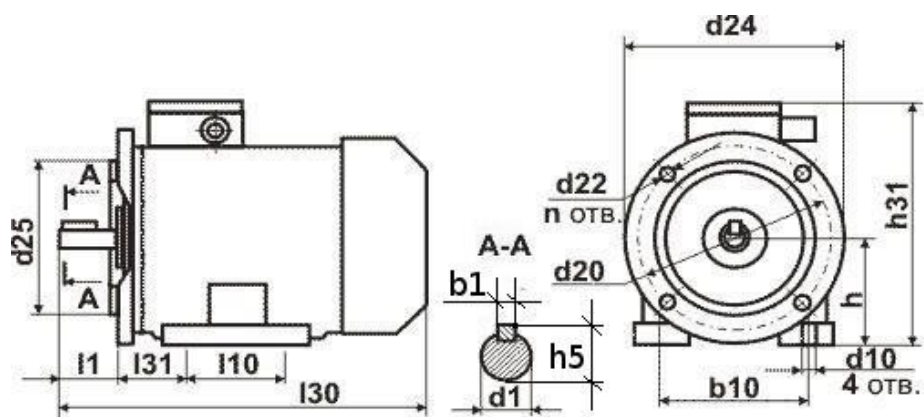


Рисунок 1 - Габаритно-присоединительные размеры двигателей исполнений IM1081, 2081, 3081.

В результате ввода и задания всех необходимых параметров, получена геометрия машины.

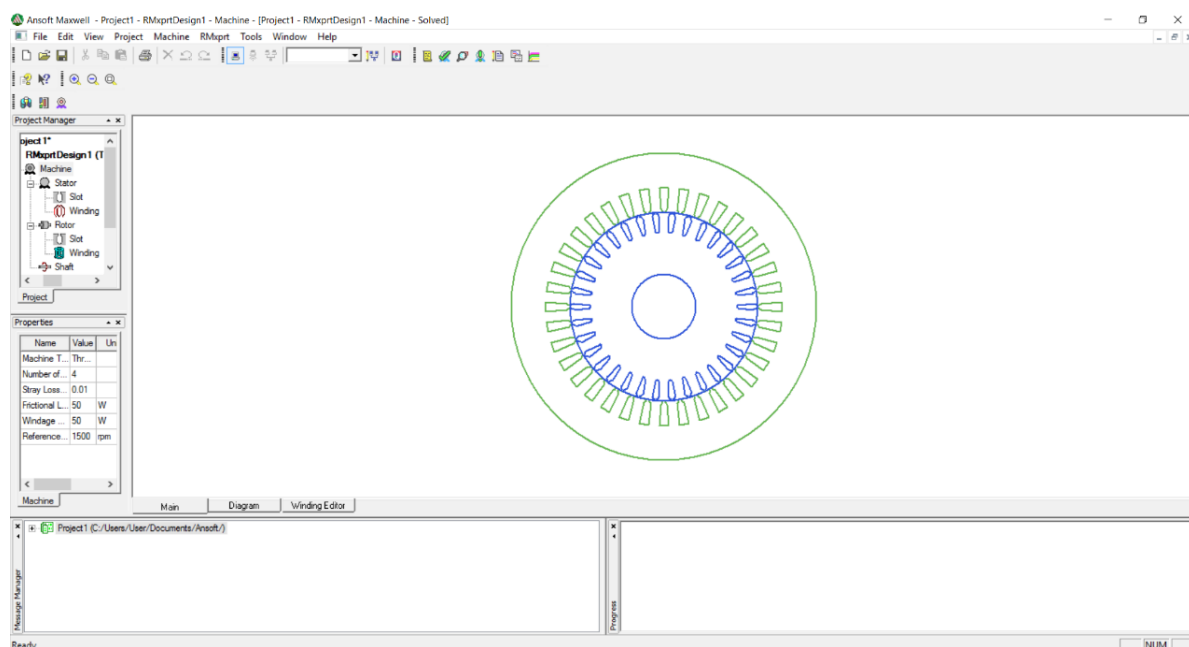


Рисунок 2 – Геометрия реализуемой электрической машины

При реализации решения методом Transient были получены следующие характеристики:

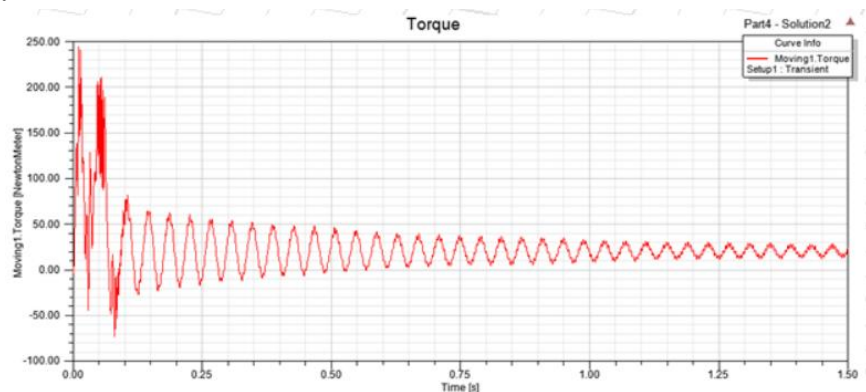


Рисунок 3 – График изменения момента двигателя

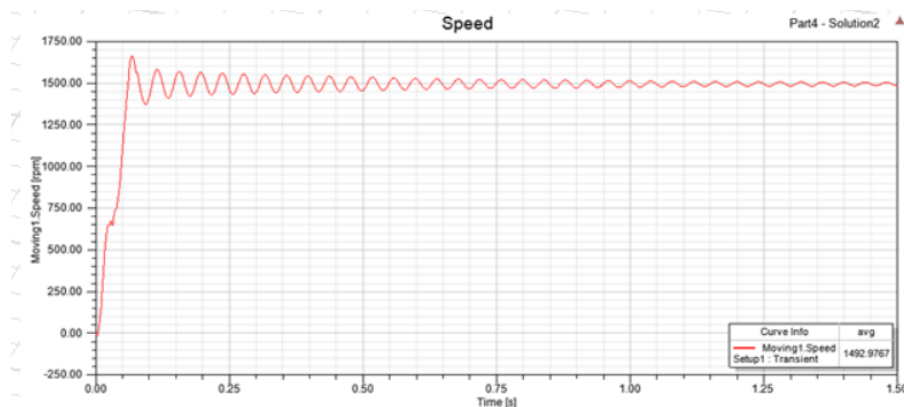


Рисунок 4– График изменения частоты вращения ротора двигателя

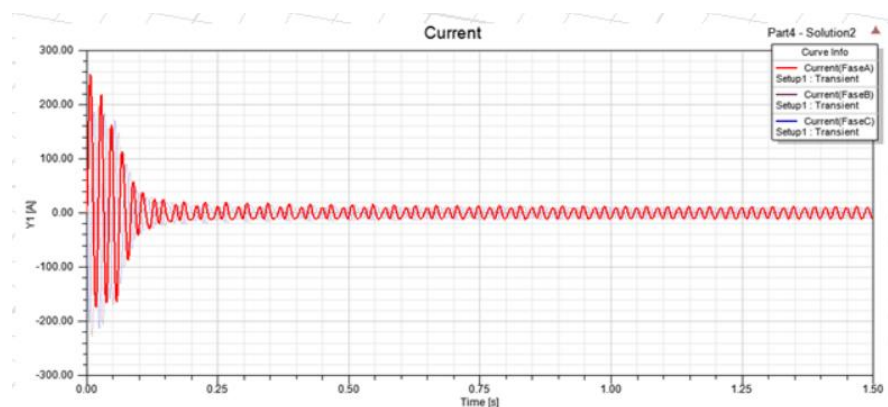


Рисунок 5 – График изменения тока в фазе А двигателя

Таким образом, для расчета переходных процессов асинхронного двигателя удобно использовать программное обеспечение Ansoft Maxwell. Адекватность математической модели будет проверена на физической модели.

#### Список используемой литературы:

- 1) Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин / И.П. Копылов. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.
- 2) Персова М.Г. О новом подходе к проектированию электрических машин на основе численного моделирования / М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик, З.С. Темлякова и др. // Электротехника. – 2007. – № 9. – С. 15–21.
- 3) Митрофанов С.В. /Методика автоматизированных испытаний асинхронного двигателя /Митрофанов С.В., Веремеев А.А.// В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции . 2014. С. 358-360.
- 4) А.С. Замчалкин, В.А. Тюков Численное моделирование процесса пуска асинхронного двигателя // Доклады ТУСУРа, № 1 (25), часть 1, июнь 2012.
- 5) Митрофанов С.В. /Математическая модель асинхронного двигателя в естественной системе координат // Митрофанов С.В., Жаворонков А.Е. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы ТРУДЫ VII

*Всероссийской научно-технической конференции. Материалы сборника опубликованы в авторской редакции. 2014. С. 211-216.*

б) Митрофанов С.В. /Методика моделирования переходных процессов в асинхронных двигателях//Митрофанов С.В., Веремеев А.А. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2016. С. 313-318.

# **МЕТОД ЗАЩИТЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ОТ НАКОПЛЕНИЯ СНЕГА И ЛЬДА**

**Митрофанов С.В., Потехенченко А.В.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Негативными факторами, влияющими на работу солнечной электростанции, является накопление льда и снега. Из-за накопления атмосферных осадков в виде снега или льда снизится освещенность солнечной панели, появится дополнительная нагрузка на поверхность панели и несущий каркас. Для поворота солнечной панели двигателям понадобится больше энергии. Чтобы избавиться от снега и гололедообразования необходимо солнечную электростанцию оснастить системой слежения за атмосферными осадками.

Одним из таких устройств может быть датчики давления. Резистивные датчики давления (рисунок 1) - это датчики, которые позволяют вам оценить уровень давления, силу нажатия и вес. Датчик состоит из двух слоев, которые разделены специальной прокладкой. Чем сильнее на него оказывает давление, тем лучше становится контакт между рисками активных элементов и полупроводником, в результате сопротивление уменьшается. Данные датчики в своей сути являются резисторами, которые меняют значение своего сопротивления в зависимости от оказания силы на чувствительный элемент. Такие датчики отлично подойдут для солнечного трекера управляемого с помощью платы управления Arduino.

Создадим систему слежения за атмосферными осадками на основе датчика давления Interlink 402. Практически все датчики данного типа обладают схожими параметрами. Выбранный датчик имеет размер: 1/2" (12.5 мм) чувствительной поверхности. Толщина - 0.02". Диапазон сопротивлений: бесконечность/разомкнутая цепь, от 100 КОм (легкое давление) до 200 Ом (максимальное давление). Диапазон силы: от 0 до 20 lb. (0 - 100 Ньютонов) на каждый 0.125 квадратный дюйм поверхности Источник питания постоянный ток менее 1 мА. Установка данного датчика на поверхности солнечной панели даст возможность сообщать о наличии инородных факторов (снег, лед) и запускать меры по их локализации. При условии расположения датчиков по интервалу нагрузок, однако, их количество будет расти в зависимости от площади панели.

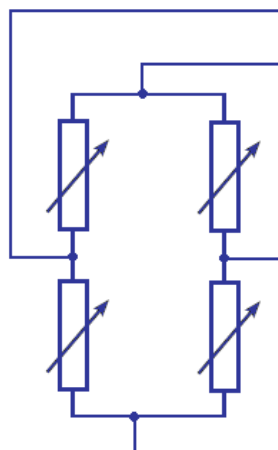


Рисунок 1- Принципиальная схема резистивного датчика давления

Рассмотрим также датчики дождя. **Принцип работы датчика дождя (рисунок 2) основан на сравнении оптических свойств стеклянного покрытия при разных атмосферных условиях, точнее – на различиях в отражении инфракрасного луча чистой и увлажненной или загрязненной поверхностью стекла.** Сам же датчик дождя достаточно прост – в его состав входят излучающий и принимающий инфракрасные светодиоды. Данный прибор находится на стекле с внутренней его стороны. От излучающего светодиода инфракрасное излучение падает на наружную поверхность, отражается от нее и улавливается фотодиодом. Уровень отраженного сигнала будет зависеть от состояния наружной поверхности стекла и от того будет ли стекло чистым, загрязненным или мокрым будет подаваться соответствующий сигнал.

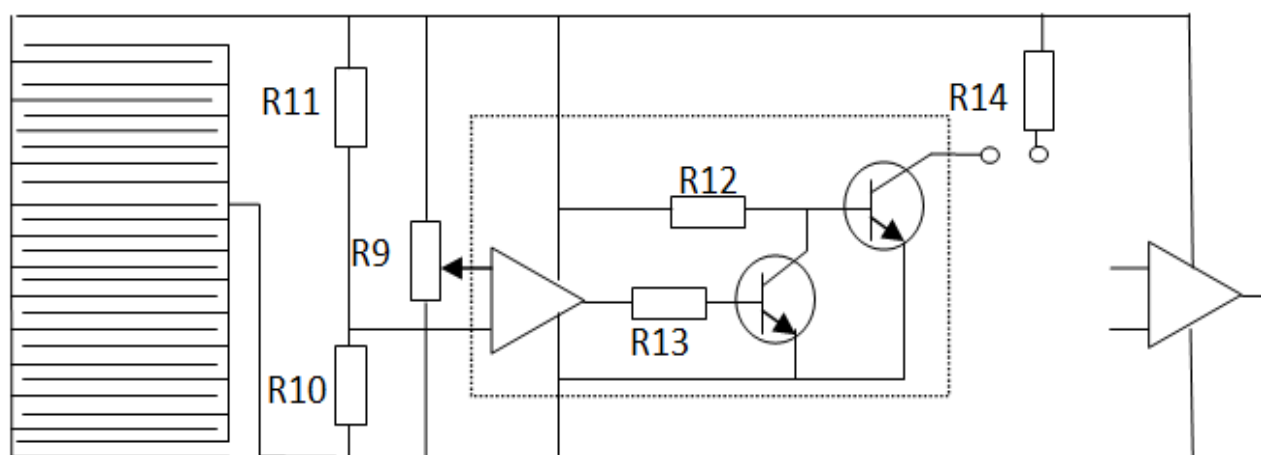


Рисунок – 2 Принципиальная схема с датчиком дождя и компаратора напряжения LM393

Применения данного оборудования для системы слежения за погодой солнечной электростанции позволит узнать о небольших по размерам объектах затемняющих солнечную панель. Однако датчик анализирует только участок на

котором установлен, в то время как необходимо считывать сигналы со всей поверхности солнечной панели, что ставит перед задачей по разработки индивидуального типа системы, использующей тоже принцип работы. Применение же резистивных датчиков может оказаться куда более эффективным при условии расположения датчиков по интервалу нагрузок, однако их количество будет расти в зависимости от площади панели.

Для выбора из выше приведенного оборудования необходимо выполнения нескольких критериев.

1) Получение наиболее детальной и стабильной информации о состоянии поверхности панели.

2) Количество необходимых элементов.

3) Сложность по монтажу и эксплуатации.

4) Стоимость.

Относительная стоимость каждого элемента в отдельности не велика. Монтаж имеет большую трудоемкость для обоих элементов, это связано, с площадью поверхности на которой они будут располагаться. Элементы всей системы слежения за атмосферными осадками необходимо расположить так, чтобы они были оптимально расположены по всей площади солнечной панели и не затеняли фотоэлектрические модули. Количественно датчиков давления варьируется от площади панели и шага.

Проведя сравнительный анализ элементов, из которых будет состоять система слежения за атмосферными осадками, был выбран резистивный датчик давления. Датчик будет обеспечивать необходимый мониторинг за появлением атмосферных осадков в виде снега и гололедообразованием, не нарушая основной процесс работы солнечной электростанции.

#### *Список используемых источников*

1) Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб. [Текст]: Наука и техника, 2004. – 544с.

2) Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы Atmel. – М. [Текст]: Издательский дом «Додэка», 2004 – 558 с.

3) Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высшая школа, 2006. – 799 с.

4) Официальный сайт производителя Arduino. Режим доступа: <http://arduino.cc>, Arduino, 2014

5) Микроконтроллеры фирмы AMD. Режим доступа <http://kazus.ru/articles/397.html>

6) <http://premier-pdc.narod.ru/chemfiles/meteo/anemometr.htm>

7) Митрофанов С.В. /Методика расчета мощности автономной солнечной электростанции для нужд освещения лаборатории энергосбережения и энергоэффективности // 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.



8) Митрофанов С.В. Использование микроконтроллеров в системе управления солнечным трекером // Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2016. С. 345-347.

9) Немальцев А.Ю. Описание и принцип работы автоматизированного двухкоординатного солнечного трекера// Немальцев А.Ю., Митрофанов С.В. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». 2016. С. 12-15.

10) Шлейников В.Б. Моделирование системы электроснабжения жилого дома с использованием солнечных установок// Шлейников В.Б., Перепелкин Д.А. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». 2016. С. 87-90.

# **СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ОТ ПОРЫВОВ ВЕТРА**

**Митрофанов С.В., Потехенченко А.В.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

На любое технологическое устройство постоянно оказывают влияния взаимодействующие факторы (такие как окружающая среда или человек). Это ставит перед задачей выявить наиболее вероятные из факторов, что бы впоследствии создать меры и средства для сохранения целостности и рабочего функционала оборудования, для разработки и создания были вложены средства.

Один из таких факторов влияющих на солнечную электростанцию является ветер. Чтобы конструкция несущей опоры солнечной электростанции не получила повреждений при сильных порывах ветра необходимо установить датчик анализа параметров окружающей среды и прописать алгоритм действий. В качестве аналитического датчика для слежения за скоростью ветра был взят анемометр.

Анемометр - прибор для измерения скорости движения газов, воздуха в различных системах. По принципу действия различают механические анемометры, в которых движение газа приводит во вращение чашечное колесо или крыльчатку, тепловые анемометры, принцип действия которых основан на измерении снижения температуры нагретого тела, обычно накаливаемой проволоки, от движения газа, ультразвуковые анемометры, основаны на измерении скорости звука в газе в зависимости от движения его, так, навстречу ветру скорость звука ниже, чем в неподвижном воздухе, по ветру - наоборот, выше. Дадим характеристику каждого типа анемометра.

В крыльчатых анемометрах поток воздуха вращает миниатюрное лёгкое ветровое колесо (крыльчатку), ограждённую металлическим кольцом для защиты от механических повреждений. Вращение крыльчатки через систему зубчатых колёс передаётся на стрелки счётного механизма.

Ручные крыльчатые анемометры применяются для измерения скорости направленного воздушного потока в трубопроводах и коробах вентиляционных устройств для вычисления расхода вентиляционного воздуха в вентиляционных отверстиях, воздуховодах жилых и производственных зданий.

Принцип работы тепловых анемометров, часто называемых термоанемометрами, основан на увеличении тепловых потерь нагретого тела при увеличении скорости обдувающего более холодного газа. Конструктивно такой анемометр представляет собой открытую тонкую металлическую проволоку нагреваемую выше температуры среды электрическим током. Сопротивление нити изменяется от изменений температуры, таким образом, по сопротивлению можно измерить температуру. Температура определённым образом зависит от скорости ветра, плотности воздуха и его влажности.

Проволока термодатчика включается в электронную схему. В зависимости от метода включения датчика различают приборы со стабилизацией тока проволоки нити, стабилизацией напряжением и с термостатированием проволоки. В первых двух методах характеристикой скорости является температура проволоки, в последнем - мощность необходимая для термостабилизации.

Термоанемометры широко используются практически во всех современных автомобилях в качестве датчика массового расхода воздуха

Недостатки термоанемометров - низкая механическая прочность, так как применяемая проволока очень тонкая, другой недостаток - нарушение калибровки из-за загрязнения и окисления горячей проволоки, но, так как они практически безынерционны, широко применяются в аэродинамических экспериментах для измерения локальной турбулентности и пульсаций потока.

Принцип действия ультразвукового анемометра основан на измерении скорости звука, которая изменяется в зависимости от ориентации вектора движения воздуха (направления ветра) относительно пути распространения звука.

Существуют двухкомпонентные ультразвуковые анемометры - измеряют помимо скорости и направление ветра по частям света - направление горизонтального ветра и трехкомпонентные ультразвуковые анемометры - измерители всех трёх компонент вектора скорости воздуха.

Скорость звука в таких анемометрах измеряется по времени прохода ультразвуковых импульсов между фиксированным расстоянием от излучателя до ультразвукового микрофона и затем измеренные времена пересчитываются в две или три компоненты скорости движения воздуха.

Так как скорость звука в воздухе зависит ещё от температуры (возрастает пропорционально корню квадратному из абсолютной температуры) в ультразвуковых анемометрах обязательно есть термометр, по показаниям которого вносятся поправки в вычисления скорости ветра.

Из выше перечисленных видов, наиболее подходящем был выбран крыльчатый анемометр, так как функционал совместимы и не конфликтны с системами контроллера.

Небольшой бесщеточный электродвигатель на постоянных магнитах. Основным критерий выбора - минимальное сопротивление подшипников на валу двигателя. Так как ветер может быть весьма слабый и из-за трения он не сможет провернуть вал двигателя.

Такой двигатель представляет собой 12 катушек, расположенных на статоре и ротор, на котором находится постоянный магнит. Для управления таким двигателем используются специальные контроллеры и драйверы. Но если начать вращать ротор, то на катушках начнут наводиться электрический ток. Причем частота этого тока будет, естественно, напрямую связана с частотой вращения ротора. А она, в свою очередь, зависит от скорости ветра. Именно эти факты мы и будем использовать для определения и снятия сигналов.

С помощью стальных стержней или шпилек мы закрепляем полусферы на диске, тщательно разметив его на сектора по 120 градусов. Тщательная балансировка выполняется в помещении, где нет никакого движения ветра при горизонтальном положении оси анемометра. Подгонка веса производится при помощи надфилей. Ротор должен останавливаться в любом положении, а не в одном и том же. После чего следует калибровка.

Считываемые параметры с датчика будут поступать в микроконтроллер. Сигналы поступают на аналоговые порты и фиксируются в виде изменения напряжения. Дабы показания независимо от основной программы постоянно фиксировались прописывается макрос. Внутри макроса установлены команды поведения при тех или иных показаниях с датчика. В случае если условия для запуска команды удовлетворены, то макрос запускает установленный алгоритм действий.

Одной из возможных проблем, которая может возникнуть при эксплуатации не возможность мгновенной реакции системы на резкие порывы ветра. Чтобы этого избежать необходимо, учесть период времени, при котором должен запускаться алгоритм безопасности.

Данная система должна будет обеспечивать сохранность механической конструкции солнечной электростанции от возможной поломки при работе, а также предоставлять сведения о состоянии окружающей среды пользователю.

#### *Список используемых источников*

- 1) Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб.[Текст]: Наука и техника, 2004. – 544с.
- 2) Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы Atmel. – М. [Текст]: Издательский дом «Додэка», 2004 – 558 с.
- 3) Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника[Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высшая школа, 2006. – 799 с.
- 4) Официальный сайт производителя Arduino. Режим доступа: <http://arduino.cc>, Arduino, 2014
- 5) Микроконтроллеры фирмы AMD. Режим доступа <http://kazus.ru/articles/397.html>
- 6) <http://premier-pdc.narod.ru/chemfiles/meteo/anemometr.htm>
- 7) Митрофанов С.В. /Методика расчета мощности автономной солнечной электростанции для нужд освещения лаборатории энергосбережения и энергоэффективности // 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.
- 8) Митрофанов С.В. Использование микроконтроллеров в системе управления солнечным трекером // Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2016. С. 345-347.

9) Немальцев А.Ю. Описание и принцип работы автоматизированного двухкоординатного солнечного трекера// Немальцев А.Ю., Митрофанов С.В. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». 2016. С. 12-15.

10) Шлейников В.Б. Моделирование системы электроснабжения жилого дома с использованием солнечных установок// Шлейников В.Б., Перепелкин Д.А. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». 2016. С. 87-90.

# **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМ ТРЕКЕРОМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO**

**Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю.**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Разработка управляющих систем, обеспечивающих высокую эффективность работы автоматики, процесс постоянного совершенствования: оборудования, способов, средств и т.п. Чтобы система управления удовлетворяла всем имеющимся требованиям необходимо учитывать уже имеющиеся научные достижения и решения.

В сферах электроэнергетики солнечная электроэнергия, способы её получения, имеет большое исследовательское и технологическое применение. Ставится задачи по повышению КПД за счет новых материалов и более сложной технологической структуры солнечных электростанций. Для наиболее эффективного преобразования солнечной энергии в электрическую необходимо применять системы слежения за солнцем «солнечные трекеры». Количество возможных вариантов по исполнению трекеров и их управлению весьма велико. Однако для стабильной работы потребуется автоматизированная система, способная анализировать текущее состояние оборудования и окружающей среды.

В качестве такого оборудования может выступать контроллер (микроконтроллер) с помощью которого можно задавать оптимальные параметры и полностью контролировать весь процесс работы.

Arduino – это инструмент, применяемый для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков для взаимодействия с окружающей физической средой и управления различными исполнительными устройствами.

Язык программирования выполнен на базе процессора ATmega328p с тактовой частотой 16 МГц с памятью 32 кБ и с возможностью контроля 20 контактов ввода и вывода для взаимодействия с внешними устройствами.

Arduino Uno может питаться как от USB подключения, так и от внешнего источника: батареи или обычной электрической сети. Источник определяется автоматически. Платформа может работать при наличии напряжения от 6 до 20 В. При напряжении менее 7 В работа может быть неустойчивой, а напряжение более 12 В может привести к перегреву и повреждению. Поэтому рекомендуемый диапазон рабочих напряжений питания колеблется от 7 до 12 В. Устройство имеет малые габариты что существенно увеличивает диапазон возможной установки контроллера на оборудовании. На все микроконтроллеры Arduino UNO и подобных ему имеется большое количество дополнительно подключаемых средств (датчиков, дисплеев и т.п.) что значительно расширяет сферу применения.

На Arduino UNO сделано большое количество опытных образцов с продуманной программой, в частых случаях управляющих шаговыми двигателями, так как через них удастся точно задать положение. Мы за основу взяли тот же подход, только управление солнечным трекером осуществляется двигателями постоянного тока. Основное питание контроллера обеспечивается за счет солнечной панели и учитывая малую мощность контроллера не значительно уменьшает энергоэффективность всей установки. Благодаря независимым системам программирования, управление может изменяться в режиме реального времени. Это позволяет наглядно показать работу трекера и позволит применять как в промышленном использовании, так и в обучении будущих инженеров.

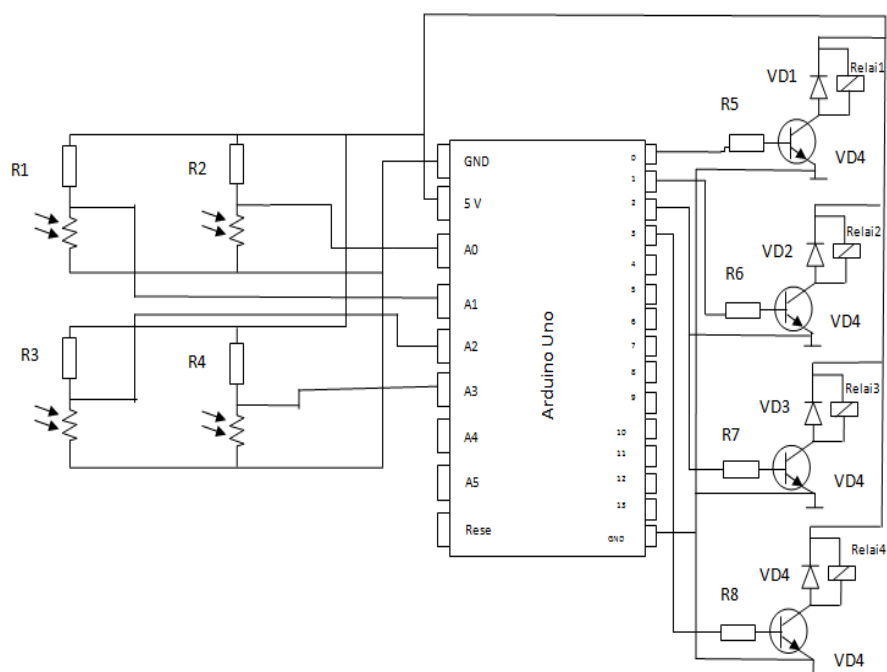


Рисунок – 1 Принципиальная схема управления через Arduino

Представленная на рисунке 1 принципиальная схема описывает работу системы слежения за солнцем основанной на получения данных с фотозлементов (фоторезисторов выполняющих функцию датчика) и обрабатываемых в микроконтроллере. По поступившей информации в операционную среду Arduino заносятся команды для управления механической системой согласно заданной программе.

Сама программа управления солнечным трекером базируется на нескольких этапах.

- 1) Установка начальных параметров, а именно указание диапазонов между светоприемниками.
- 2) Указания условий включения и выключения релейных модулей
- 3) Условия для возвращения трекера в начальную позицию.

Первоначальные алгоритмы следят, чтобы солнечный трекер всегда был максимально освещен, и производят мониторинг текущего положения, для подачи сигнала на движение от начального (домашнего) положения или возвращения к нему. Последнее обеспечиваться двумя способами:

программным кодом ограничения и контактными клеммами (использование контактных клемм необходимо для обеспечения безопасности установки в случае сбоя программы).

Вторичный алгоритм предназначен для добавочных элементов системы увеличивающих диапазон наблюдения за окружающей средой. Он обеспечивает считывания сигнала с датчиков и производит анализ. Это необходимо для уменьшения ущерба, который может быть нанесен метеорологическими факторами солнечной электростанции. Так при использовании анемометра контролер будет получать постоянно сигналы о скорости ветра. При возникновении сильного воздушного потока контроллером будет подана команда на поворот солнечной панели вдоль воздушного потока.

С точки зрения энергоэффективности солнечная электростанция должна быть обеспечена максимальным солнечным светом, но с точки зрения целостности конструкции она должна избегать сильных нагрузок.

Из всего выше перечисленного можно сказать, что данная система управления имеет возможность реализации и использования в энергосистемах с солнечными электростанциями. В перспективе планируется испытание такой системы управления на опытном образце электрической станции с системой слежения за солнцем.

#### *Список используемых источников*

- 1) Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб.[Текст]: Наука и техника, 2004. – 544с.
- 2) Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы Atmel. – М. [Текст]: Издательский дом «Додэка», 2004 – 558 с.
- 3) Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника[Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высшая школа, 2006. – 799 с.
- 4) Официальный сайт производителя Arduino. Режим доступа: <http://arduino.cc>, Arduino, 2014
- 5) Микроконтроллеры фирмы AMD. Режим доступа <http://kazus.ru/articles/397.html>
- 6) Петин В. А. П29 Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 400 с.: ил. — (Электроника) ISBN 978-5-9775-3337-9
- 7) Андреев, В.М. Фотозлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / Грилехес В.А., Румянцев В.Д. – Л.: Наука, 1989. – 310 с. – ISBN 5-02-024384-1
- 8) Веселков, Р.С. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Р.С Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский, Д.Д Дорешев, В.И., Дубинец, С.И. Савчук и др.; Под ред. Б.Б. Самотокина. – К.: Высша шк., 1990 – 343 с.: ил – ISBN 5-11-001910-X
- 9) Peter, W. Физика солнечных элементов: от принципов к новым концепциям / Авторское право ©2005 ВАЙЛИ-ВЧ Ферлаг ГмбХ & ко. Кгаа,



Вайнхайм – ISBN: 3-527-40428-7. Оригинальное название *Physics of Solar Cells: From Principles to New Concepts*

10) Кашкаров, А.П. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007 г. – 304с.: ил. – ISBN 978-5-94157-726-2

11) Трекеры – системы ориентации солнечных батарей  
<http://ust.su/solar/media/section-inner79/11275/>

12)Общемировые перспективы развития солнечной энергетики  
<http://pronedra.ru/alternative/2012/09/04/solnechnaya-energetika/>

13) Митрофанов С.В. /Методика расчета мощности автономной солнечной электростанции для нужд освещения лаборатории энергосбережения и энергоэффективности // 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.

14) Митрофанов С.В. Использование микроконтроллеров в системе управления солнечным трекером // Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2016. С. 345-347.

15) Немальцев А.Ю. Описание и принцип работы автоматизированного двухкоординатного солнечного трекера// Немальцев А.Ю., Митрофанов С.В. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». 2016. С. 12-15.

16) Шлейников В.Б. Моделирование системы электроснабжения жилого дома с использованием солнечных установок// Шлейников В.Б., Перепелкин Д.А. В сборнике: Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». 2016. С. 87-90.

# ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ЧАСТНОГО ДОМА

Перепелкин Д.А., Шлейников В.Б.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Статья посвящена определению нагрузок в системе электроснабжения частного дома, основанной на использовании возобновляемых источниках энергии (ВИЭ).

В настоящее время в мире развивается применение ВИЭ, к основным достоинствам которых относится неисчерпаемость и экологическая чистота.

Наиболее перспективным ВИЭ является солнечная энергетика. Солнечные электростанции, не смотря на высокую стоимость и длительный срок окупаемости, могут использоваться как в качестве дополнительного источника питания, так и в качестве основного для обеспечения энергетической независимости и в случаях, когда это целесообразно по техническим и экономическим причинам: отсутствие стабильности подаваемого напряжения, неудовлетворительное качество электроэнергии и удаленность потребителя от системы централизованного электроснабжения [1].

Одной из особенностей подобных систем электроснабжения является соизмеримость мощности генерирующего оборудования и нагрузки, поэтому достоверное определение нагрузок является необходимым условием для эффективного проектирования системы электроснабжения [2].

Целью настоящего исследования является разработка модели для уточнения методики определения нагрузки частного дома.

Нагрузка частного дома имеет резкопеременный характер и может изменяться в широких пределах на относительно небольших интервалах времени. В качестве примера на рисунке 1 приведены суточные графики электрических нагрузок частного дома, снятых в зимний и летний периоды с помощью АСКУЭ РМС 2150.

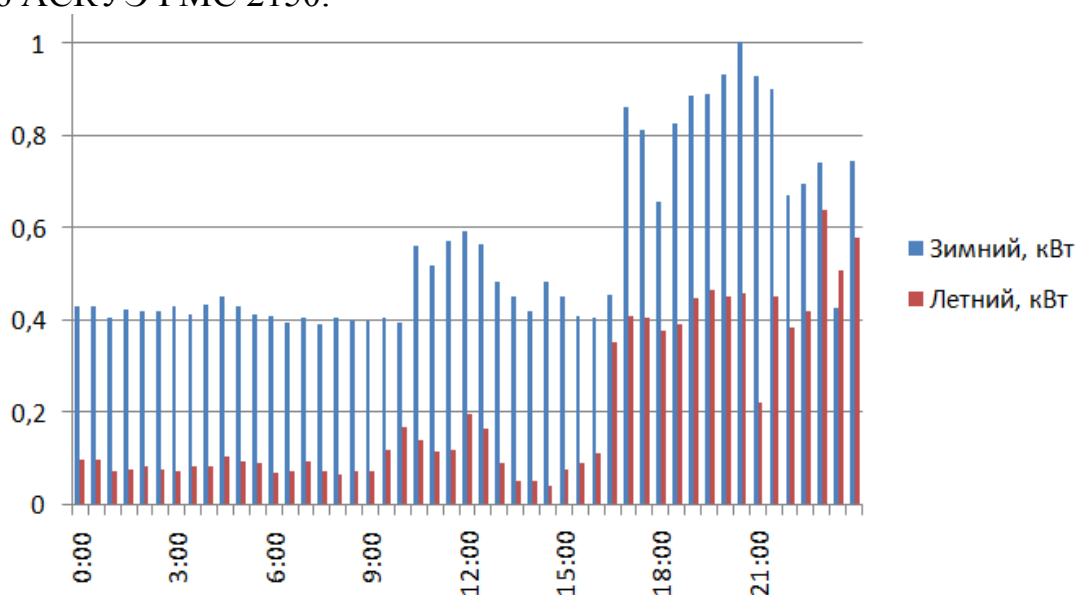


Рисунок 1 - Суточные графики электрических нагрузок частного дома

При рассмотрении домашних солнечных электростанций нужно учитывать, что потребитель получает питание от аккумуляторных батарей (АБ), а электроэнергия, которая в них запасается, вырабатывается только в светлое время суток. Как правило мощность АБ выбирается с учетом того, что бы запас электроэнергии не истекал в неблагоприятные периоды (сутки и более), когда генерация сводится к минимуму или отсутствует [3]. Современные методы расчета электрических нагрузок [4] позволяют получить лишь расчетную нагрузку, чего не достаточно для исследования процессов выработки и потребления электроэнергии, поэтому модель нагрузки должна обеспечивать формирование графика электрических нагрузок на протяжении нескольких дней и обеспечивать возможность применения методики в системе "умный дом", которая позволяет повысить экономию электроэнергии в доме.

Разработанная модель нагрузки содержит базу данных бытовых электроприемников и программу их включения, рассчитанную на семь дней. Модель реализована в системе MS Excel, пример сформированного графика нагрузки за 3 дня представлен на рисунка 2.

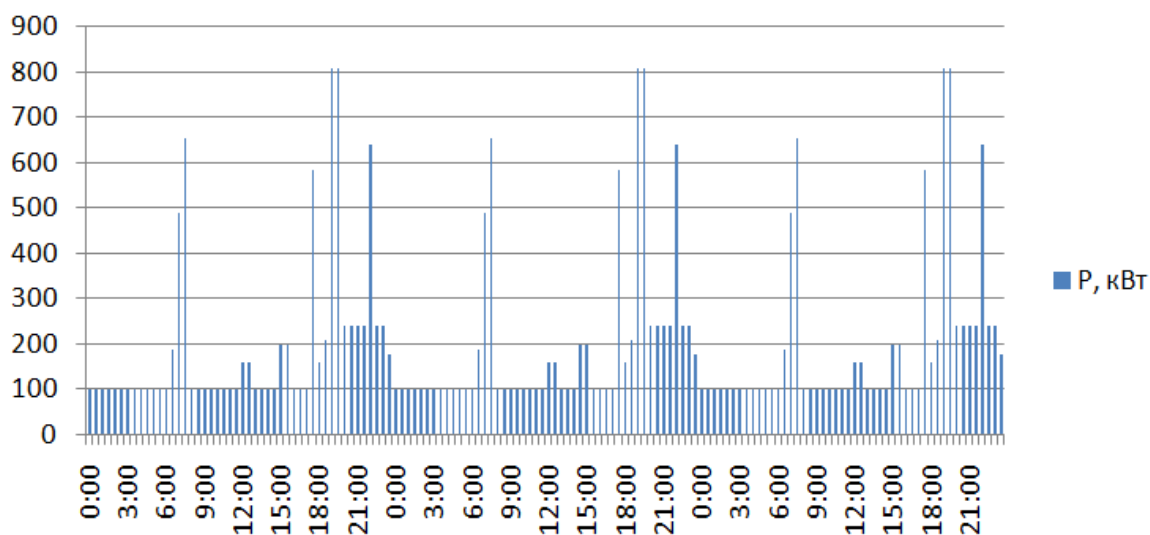


Рисунок 2 - Графики электрических нагрузок частного дома

### Список литературы

1. Германович, В. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы / В. Германович В., А. Турилин. - СПб.: Наука и Техника, 2014. - 320 с.
2. Обухов, С.Г. Физическая модель электрических нагрузок автономных энергосистем. Промышленные АСУ и контроллеры / С.Г. Обухов, И.А. Плотников, Д.Ю. Маров. - 2011.- N 11.- с. 37-40.
3. Перепелкин, Д.А. Моделирование системы электроснабжения жилого дома с использованием солнечных установок. Труды VIII Всероссийской научно-технической конференции Энергетика: состояние, проблемы, перспективы /

*Д.А. Перепелкин, В.Б. Шлейников. - Оренбург: ООО Агентство Пресса, 2016. - с. 87-90.*

*4. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей (утв: Минтопэнерго РФ 07.07.94, РАО "ЕЭС России" 31.05.94), 1994.*

# ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В РАБОЧИХ РЕЖИМАХ

Печенкин В.И.

Оренбургский Государственный университет, г. Оренбург

В работе рассматривается оптимизация режимов работы электрооборудования газохимических комплексов для снижения электропотребления в рабочих режимах и совершенствование методов управления электротехническими системами газохимических комплексов должно основываться на детализированном учете функциональных связей электротехнической и технологической систем в рабочих режимах их работы.

Ключевые слова: оптимизация режимов работы электрооборудования, газохимические комплексы, корреляционные связи между совокупностью входных и выходных потоков и электропотреблением.

This paper considers the optimization of modes of electric equipment of gas chemical complexes for the reduction of power consumption operating modes and improvement of methods for controlling electrical systems of a gas chemical complexes should be based on detailed consideration of the functional relations of the electrical and technological systems in the operating modes of their work.

Keywords: optimization of operation modes of electrical equipment, gas and chemical complexes, a correlation between the set of input and output streams and energy consumption.

Оптимизация — процесс максимизации выгодных характеристик, соотношений (например, оптимизация производственных процессов и производства), и минимизации расходов

Газохимические комплексы (ГХК) являются сложными техническими объектами, в которых в едином процессе связано функционирование технологической и электротехнической систем. Электротехнические системы (ЭТС) наиболее крупных ГХК характеризуются: большой установленной мощностью электроприемников (достигающей сотен МВА); большим составом электродвигательной нагрузки (свыше 90% установленной мощности); большой мощностью отдельных электроприемников (достигающей десяти МВт); развитыми распределительными электрическими сетями. Практика эксплуатации ЭТС ГХК остро ставит проблему совершенствования их управления. В работе рассмотрены и решены задачи, связанные с совершенствованием управления электропотреблением ЭТС ГХК.

Однако глобальный характер энергетических проблем, связанных с неустойчивостью мировых энергетических рынков и постоянным изменением мировых цен на энергоресурсы, а также объективная значимость российского топливно-энергетического комплекса в мировой энергетике определяют важную роль внешней энергетической политики страны. В настоящий момент главной задачей является повышение эффективности ее внешнеэкономической деятельности и усиление позиций России в мировой экономической системе.

Необходимо максимально эффективно использовать энергетический потенциал России для полноценной интеграции в мировой энергетический рынок, укрепления позиций на нем и получения наибольшей выгоды для национальной экономики.

В работе были использованы методический подход к анализу электропотребления технологических установок ГХК, основанный на установлении корреляционных связей между совокупностью входных и выходных потоков и электропотреблением, выделении значимых причинных связей и построении регрессионных зависимостей выхода товарной продукции и электропотребления. Также метод оптимального управления электропотреблением предприятия в часы максимума нагрузки энергосистемы, базирующийся на анализе состояния трехкомпонентного вектора: текущего, прогнозного и заявленного значения тридцатиминутного максимума нагрузок и трехуровневом воздействии на электрическую нагрузку (потребители-регуляторы): по предприятию, по производствам и по установкам.

В настоящее время дать четкие рекомендации по принятию решений в области управления электропотреблением при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий практически не реально ввиду невозможности оценки на перспективу (до 10 лет) затрат на оборудование, тарифов на энергоресурсы и других эксплуатационных затрат. Поэтому целесообразно, в первую очередь, сосредоточить внимание на решении эксплуатационных задач с целью повышения эффективности конечного использования электроэнергии.

Основной недостаток существующего подхода к управлению электропотреблением заключается в том, что электроэнергетическая система (ЭЭС) рассматривается ведомственно, изолировано от потребителя. Однако, при предварительно известных снижениях нагрузки, можно заранее выбрать и подготовить к изменениям режима работы отдельные объекты производства, обеспечив при этом нормальный ход технологического процесса и режим электропотребления остальных потребителей без значительных экономических потерь.

Исследования по регулированию электропотребления приемниками электроэнергии позволяют установить возможности, последствия и способы реализации регулирующих воздействий, но целесообразность и эффективность регулирования может быть установлена только с учетом ожидаемого эффекта от регулирования в ЭЭС. Следовательно, решение о возможности, целесообразности, масштабах и периодичности регулирования электропотребления должен принимать каждый потребитель, а задача ЭЭС заключается в создании условий, стимулирующих потребителя к решению вопросов управления нагрузкой.

Анализ программ, реализуемых в зарубежных энергосистемах показал, что главным условием в них выставляется принцип создания взаимозаинтересованности энергокомпаний и потребителей энергии.

Для регулирования нагрузки в часы максимума активных нагрузок энергосистемы предприятия разрабатывают регулировочные мероприятия и выделяют потребители-регуляторы.

Критерий эффективности регулирования электропотребления в часы максимальных нагрузок энергосистемы согласно запишется

$$Z_n \rightarrow \min$$

В зависимости от постановки задачи и целей управления управляющая функция может быть функцией времени, где управляющее воздействие на каждом интервале времени заранее задано; функцией возмущения, где управляющее воздействие формируется в зависимости от возмущения, действующего на систему или иметь более общий характер:

$$V=F(t, \xi, X).$$

где  $X$ - вектор, описывающий реальные нагрузки потребителей электроэнергии;

$\xi$  - вектор, описывающий состояние системы на следующем шаге управления, этот вектор можно определить как математическое ожидание нагрузки при условии, что измерены ее значения при  $t < l$ , т.е. прогнозом с упреждением  $l$ .

Задача решается в трех уровнях:

I уровень - распределение нагрузки по заводу;

II уровень - распределение нагрузки по цехам и производствам;

III уровень - распределение нагрузки по технологическим установкам и потребителям.

Структура представлена на рисунке 1

Основной задачей иерархической организации автоматизированных систем управления является распределение функций обработки информации и принятия решений. На верхнем уровне обобщается информация о нагрузке завода на текущий момент времени и ожидаемой нагрузки на ближайшие 30 минут. Принятие решений идет на нижних уровнях: какие потребители-регуляторы и на какое время необходимо отключить для получения максимального эффекта по регулированию.

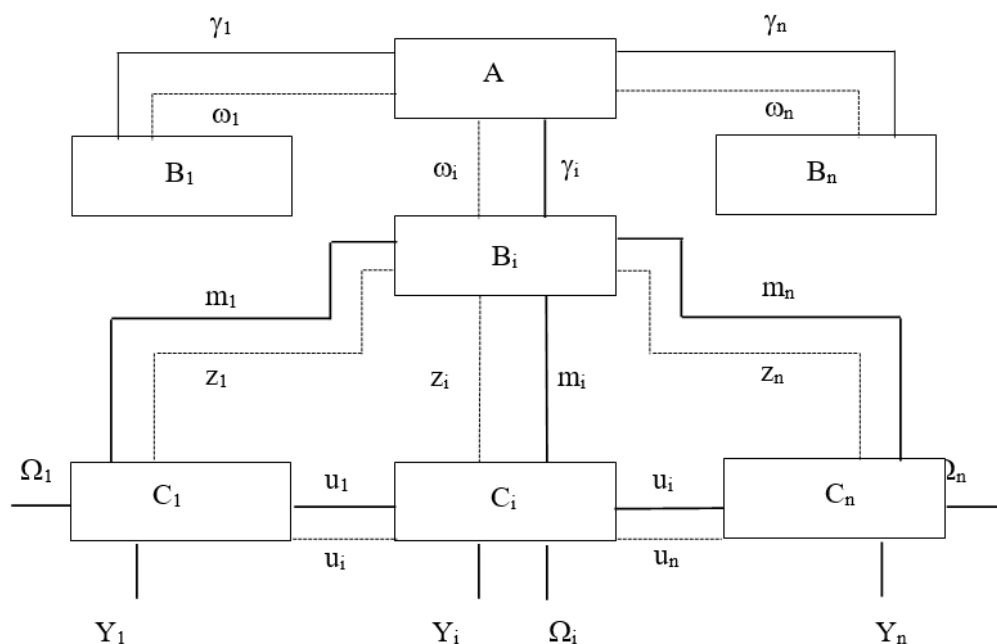


Рисунок 1 - Структура управления электропотреблением

В общем случае в цех (уровень II) входит  $n$  технологических установок, электропотребление которых взаимосвязано общим технологическим процессом переработки газа, тогда для одной технологической установки имеем

$$C_i : m_i \times \Omega_i \times U_i \rightarrow y_i,$$

где  $U$  - множество входных сигналов  $u$ , посредством которых технологические установки связаны друг с другом.

1. Начальное состояние системы (до момента наступления часов максимума) считается фиксированным. Для расчета текущего значения получасового максимума время прохождения максимума энергосистемы  $[0, T]$  разбивается на интервалы  $\Delta t$  одинаковой длительности, на каждом тридцатиминутном участке таких интервалов. Тогда текущее значение получасового максимума при цифровых методах измерения определится

$$P_{30 \max t} = \sum_{n=0}^N P(t_n) / N,$$

где  $t_n$  - момент времени, в который определяется получасовой максимум;

$P(t_n)$  - нагрузка в момент дискретизации.

2. В момент времени  $t_0, n = 0$  рассчитывается :

- прогноз нагрузки на первый тридцатиминутный интервал  $P_{30 \max}(1)$ ;



- получасовой максимум за предыдущие полчаса  $P_{30 \max t-1}$ .

3. Прогнозное значение нагрузки сравнивается с заданным  $P_{30 \max}$  (заявленный максимум).

4. При  $P_{30 \max(1)} > P_{30 \max}$  часть нагрузки необходимо отключить. Отключаемая нагрузка определится:

$$P_{от} = P_{30 \max(1)} - P_{30 \max}.$$

Контроль за качеством регулирования осуществляется по текущему значению получасового максимума  $P_{30 \max t}$ . Если  $P_{30 \max t} > P_{30 \max}$  и продолжает нарастать, то вводится корректировка по управляющему вектору

$$\Delta P_{от} = P_{30 \max t} - P_{30 \max}.$$

5. При  $P_{30 \max(1)} < P_{30 \max}$  целесообразность отключения нагрузки определяется по критериям:

- величина снижаемой нагрузки определяется из условия выполнения суточного плана выпуска продукции;
- эффект от экономии электроэнергии.

6. Через тридцать минут в момент времени дается новый прогноз электрической нагрузки на шаг вперед с учетом реализации предыдущего шага управления. Далее переходим к п. 3 и осуществляем программное управление на следующем тридцатиминутном интервале и т.д.

*По итогам работы получили следующее:*

1. Решения о возможности, целесообразности, масштабах и периодичности регулирования электропотребления должен принимать каждый потребитель, а задача ЭЭС заключается в создании условий, стимулирующих потребителя к решению вопросов управления нагрузкой. Отличительная особенность разрабатываемого подхода к управлению электропотреблением заключается в максимально глубоком исследовании возможностей потребителя по сокращению электропотребления.

2. Недостатки существующих методов моделирования нагрузок в основном заключаются в том, что они используют неполную первичную информацию, как о нагрузках, так и о факторах, определяющих их формирование из-за отсутствия в действующих системах электроснабжения технических средств, позволяющих регистрировать, накапливать и обрабатывать необходимую информацию.

#### *Список литературы*

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление: Пер. с англ. // Под ред. В.Ф. Писаренко. – М.: Мир, 1974, кн. 1. – 406 с.

2. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. - 573с.

3. Федотов, А. И. Оптимизация затрат на электроэнергию для производств с продолжительным режимом работы / А. И. Федотов, Г. В. Ваганов // Промышленная энергетика, 2010. - N 10. - С. 2-6.

# **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ**

**Печенкин В.И., Нелюбов В.М.**

**Оренбургский Государственный университет, г. Оренбург**

Процесс переработки газа связан с низкими температурами и высоким давлением, создаваемым компрессорными установками. Остановку технологического процесса вызывают не только аварийные отключения электроснабжения, но и кратковременные понижения напряжения. Поэтому большая часть потребителей электроэнергии (до 90% расчётной нагрузки) относится к I-ой категории по надёжности электроснабжения, в числе которой есть потребители особой группы. В состав особой группы входят вентиляторы приточно-вытяжной системы, аварийное освещение, светоограждение дымовых труб, насосы оборотной системы водоснабжения, ряд технологических установок, таких как осушка и очистка газа, получение серы, переработка конденсата и др. Аварийные остановки связаны с большими ущербами и нарушениями экологии не только на территории завода, но и в окружающей зоне. Это требует соответствующей надёжности и ремонтпригодности электрической схемы и обеспечения самозапуска ответственных электрических двигателей после перерыва питания.

Для обеспечения этих требований система внешнего электроснабжения должна быть хорошо развита и обладать высокой степенью структурной избыточности сетей 110 и 220кВ, достаточной мощностью источников электроэнергии.

Подсистемы должны взаимно резервироваться на всех ступенях напряжения с помощью устройств АВР. Кроме того, шины генераторного напряжения должны резервировать каждую из подсистем на стороне 6-10 кВ, независимо от состояния другой подсистемы.

В нормальном режиме подсистемы работают отдельно. Электродвигатели ответственных электроприёмников одного назначения дублируются и должны быть разделены на две независимые группы. Одна из групп при этом подсоединяется к шинам генераторного напряжения. Технологической особенностью ГПЗ является то, что предприятия имеют несколько идентичных технологических линий основных производств, работающих параллельно и запитанных от различных подсистем электропитания. Каждая из технологических линий имеет производственный резерв порядка 20% за счёт перевода линии из номинального режима в режим максимальной нагрузки. Т.е., мы имеем резерв по производственной мощности. Тем самым повышается технологическая надёжность в аварийных режимах на одной линии и компенсируется недодача товарного газа и других его фракций за счёт максимальной загрузки других линий.

Оптимальное управление электропотреблением - это одно из основных направлений экономии электроэнергии на газохимических комплексах (ГХК). Оно связано как с разработкой наиболее экономичных технологических процессов и технологических регламентов, так и с оптимизацией режимов работы электрооборудования, и снижения непроизводительных расходов электроэнергии.

К основным направлениям оптимизации электропотребления можно отнести следующие:

- ведение технологического процесса в соответствии с режимами энергосистемы данного часового пояса;
- оптимальная загрузка электрооборудования;
- технический учёт электроэнергии по цехам, установкам, заводу и управление потребителями-регуляторами.

В таблице 1 приведены результаты обработки суточных графиков электрической нагрузки одного из предприятий.

Из таблицы 1 следует, что вероятность превышения нагрузки в часы утреннего и вечернего максимума от среднесуточной довольно высока, что подтверждает необходимость введения контроля, прогноза и управления электрическими нагрузками. При непрерывном технологическом цикле колебания между максимальной и минимальной нагрузкой превышают более 10% от средней  $P_{ср.}$ , что свидетельствует о возможности введения регулирования.

Таблица 1 - Анализ графиков суточной нагрузки

| Показатели                                                                    | Зима  | Лето  |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| Колебания среднесуточной нагрузки                                             | 1,2   | 1,29  |
| Вероятность превышения среднечасовой нагрузки математического ожидания за год | 0,542 | 0,583 |
| Вероятность превышения нагрузки в часы утреннего максимума от среднесуточной  | 0,625 | 0,625 |
| Вероятность превышения нагрузки в часы вечернего максимума от среднесуточной  | 0,428 | 0,607 |

Приводы на газоперерабатывающих заводах используются не регулируемые. В то же время недельные графики электрических нагрузок показывают значительное изменение их в течении суток. Следовательно, возникает вопрос о введении регулирования электропотребления. Это можно осуществить по двум направлениям:

1. заменой основных приводов на регулируемые, с экономическим обоснование такой замены.
2. выбором потребителей-регуляторов, не нарушающих технологический режим, среди существующих приводов и введение технологического регулирования нагрузки в часы утреннего и вечернего максимума.

Для действующих предприятий второе направление перспективнее, на нём и остановимся в данной работе.

Математическая формулировка задачи оптимального управления электропотреблением соответствует общей задаче нелинейного программирования.

Найдем оптимальное значение функционала

$$F(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

при  $m$  линейных и нелинейных ограничениях в виде равенств

$$h_j(X) = 0, j=1, m, \quad (2)$$

$(p-m)$  линейных и нелинейных ограничениях в виде неравенств

$$\overline{g_i(X)} \geq 0, i=m+1, p, \quad (3)$$

где  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  - оптимизируемые параметры.

Уравнения (2) и (3) - уравнения связи, описывающие технологический процесс электропотребления на предприятии.

Качество решения сформулированной задачи оценивается набором из скалярных критериев, образующих вектор эффективности

$$\Sigma Z(\overline{X}) = Z_1(\overline{X}) + Z_2(\overline{X}) + \dots + Z_n(\overline{X}). \quad (4)$$

Это затраты энергосистемы, связанные с покрытием максимума активных нагрузок, затраты предприятия на регулирование нагрузки, ущербы, связанные с кратковременными нарушениями электроснабжения и т.д.

Следовательно, задача оптимального управления электропотреблением запишется: найти оптимальное значение функционала (1), минимизирующего целевую функцию затрат (4) и удовлетворяющего ограничениям (2) и (3):

$$\overline{X_0} = F^{-1} \cdot (\text{opt } \Sigma Z(X)), \overline{X_0} \in G, \quad (5)$$

где  $\overline{X_0}$  - оптимальное решение, определённое на допустимом множестве  $G$ ;

opt - оператор оптимизации;

$F^{-1}$  - обратное преобразование  $\Sigma Z$  в  $(\overline{X})$ .

Основываясь на принципе декомпозиции, задачу оптимального управления электропотреблением в рабочих и аварийных режимах можно рассматривать как оптимизационную задачу, имеющую определённый набор задач, характеризующихся автономностью, и построенных по определенной иерархической структуре.

Основные из них следующие:

1. Многофакторный анализ электропотребления технологическими установками и установление связи между выпуском продукта и электропотреблением.

2. Математическое моделирование графиков электрических нагрузок и оптимизация электропотребления ГХК в рабочих режимах.

1. Анализ влияния кратковременных нарушений электроснабжения на устойчивость узла нагрузки и управление электропотреблением ГХК в аварийных режимах.

#### *Список литературы*

1. Клер, А. М. Оптимизация режимных параметров и состава работающего оборудования крупных энергоисточников / Клер А. М., Деканова Н. П., Степанова Е. Л. // Известия Российской академии наук. Энергетика, 2004. - N 6. - С. 38-47. - Ил.: 6 табл.- Библиогр.: с. 47 (6 назв. ).

2. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. - 573с.

3. Федотов, А. И. Оптимизация затрат на электроэнергию для производств с продолжительным режимом работы / А. И. Федотов, Г. В. Вагапов // Промышленная энергетика, 2010. - N 10. - С. 2-6.

4. Нелюбов В.М. Электрические сети и системы: Учебное пособие по курсовому проектированию.- Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007.- 144 с.

# **ОСОБЕННОСТИ И САМОЗАПУСК СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Пилипенко В.Т., Дьяконов А.А.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

На сегодняшний день в развитии промышленного комплекса России пристальное внимание уделяется повышению уровня электрификации, а также автоматизации технологического, основных и вспомогательных производственных процессов. Для выполнения требуемых задач необходимо обеспечить рост мощности используемых электродвигателей и широкое внедрение автоматизированного электропривода. Решение поставленных задач приводит к организации и развитию технологического процесса, однако и к одновременному усилению их взаимозависимости, что усугубляет последствия аварийных режимов. Такие режимы связаны с нарушением электроснабжения промышленных предприятий. Следовательно, разработка вопросов, связанных с электроприводом, должна быть связана с аварийными состояниями системы электроснабжения [1].

Аварии в системах электроснабжения происходят, чаще всего, из-за нарушения питания, связанного с коротким замыканием, глубоким снижением напряжения и его исчезновением. Для решения проблемы бесперебойного электроснабжения промышленных предприятий, необходимо решить ряд задач, связанных с минимизацией количества и длительности аварий. Однако данный путь не гарантирует устойчивость нагрузки. Для многих потребителей первой категории, которыми являются предприятия химической, горнодобывающей, нефте- газоперерабатывающей промышленности и т.д., даже короткие перерывы, длительностью от нескольких десятых долей до нескольких секунд, приводят к частичному или полному расстройству технологического процесса. Остановка или нарушение технологического процесса приводит к непроизвольному расходу энергоресурсов, и как следствие, возникновению значительных убытков, и даже может повлечь опасность для жизни людей, привести к взрывам, пожарам и т.д. После остановки технологического процесса необходимо значительное количество времени, а также и трудовых ресурсов, для его восстановления.

Синхронные двигатели применяются там, где строго требуется постоянная скорость вращения. Как правило, преимущество двигателей такого типа заключается в следующем: значительно высокий коэффициент полезного действия по сравнению с асинхронными машинами той же мощности, вращающийся момент менее зависит от подводимого напряжения, независимость частоты вращения от нагрузки на валу электродвигателя. Однако главной особенностью синхронных машин является их способность работать при токе, который опережает напряжение по фазе, другими словами генерировать реактивную мощность, тем самым компенсируя ее потребление другими установками и машинами, питающихся от той же сети [2].

Работа синхронных двигателей обладает некоторыми особенностями, которые связаны со способностью перехода машины в генераторный или асинхронный (относительно питающего напряжения) режимы работы в случае кратковременного снижения или отсутствия напряжения, либо потери возбуждения.

Опыт, полученный в течении эксплуатации, свидетельствует о том, что одной из наиболее распространенных причин аварийных остановок производственного процесса является неуспешность самозапуска тихоходных синхронных двигателей после восстановления нормального режима электропитания. В 1965 году в США причиной крупной системной аварии, приведшей к колоссальным затратам, был срыв самозапуска двигателей собственных нужд крупного блока турбогенераторов [1]. Восстановление нормальной работы электропривода без вмешательства персонала после глубокого снижения напряжения или кратковременного перерыва электроснабжения называется самозапуском. Самозапуск считается обеспеченным, если после восстановления на синхронном двигателе напряжения агрегат разогнался до номинальной частоты вращения и продолжает длительно работать с номинальной производительностью всей установки (механизма и нагрузкой двигателя).

Рассмотрим самозапуск синхронных электродвигателей [3].

До настоящего времени самозапуск синхронных двигателей осуществляется по следующие последовательности:

- в случае выявления потери питания, необходимо осуществить отключение ввода секции электродвигателя;
- в случае снижения напряжения на секции, должен сработать АВР и питание начнет осуществляться от соседней секции шин;
- двигатели разворачиваются до подсинхронной частоты вращения, после подают возбуждение, вследствие чего двигатель втягивается в синхронизм.

На успешность самозапуска синхронных электродвигателей большое влияние оказывает время перерыва питания; чем меньше время, тем меньше скольжение, больше сопротивление двигателя и больше средний асинхронный момент. В силу этого при выборе устройств релейной защиты и автоматики для сети с синхронными электродвигателями желательно стремиться к максимальному ускорению действия защиты и устройств автоматического повторного включения, автоматического ввода резерва и быстродействующего автоматического ввода резерва [4].

Повысить надежность систем электроснабжения можно за счет активного использования устройств автоматизации, в частности для ответственных потребителей, чтобы обеспечить необходимую надежность, необходимо использовать системы с самозапуском электродвигателей [5].

В 60-х годах в ПУЭ были зафиксированы требования теоретических и практических основ эффективности самозапуска. Одним из первых исследователей самозапуска был И.А. Сыромятников, который показал



допустимость сохранения включенного состояния двигателей при нарушении их питания. Благодаря этому становится возможным режим самозапуска и при его успешном исходе обеспечивается сохранность технологического процесса [1]. Большой вклад в развитие данного вопроса были внесены Голодным Ю.М., Хореняновым А.Х., Гамазиным С.И., Серебровым Ю.М., Линдорфом Л.С., производственным объединением «Союзхимпромэнерго» и другими организациями и предприятиями.

Практическое внедрение самозапуска и новые открытия в теории были достигнуты в 60-70-х годах. Стоит отметить, что наибольшую популярность самозапуск получил на предприятиях химической, нефте- и газоперерабатывающей промышленности, а также в собственных нуждах подстанции [7].

В дальнейшем внедрение самозапуска неоднократно поднималось на секциях энергетики научно-технических советов Министерств. К примеру, решение научно-технического совета Министерства химической промышленности от 1977 года по вопросу «Основные организационно-технические мероприятия по повышению надежности и экономичности работы электроустановок» указано, что вопросы, связанные с самозапуском электродвигателей в целом по производствам не решаются на стадии проектирования и не всегда должным образом прорабатываются в процессе эксплуатации. Учитывая важность и насущность задачи, рекомендуется осуществлять проработку вопросов и разработку мероприятий по обеспечению самозапуска электродвигателей ответственных механизмов [1].

В настоящее время крупные синхронные двигатели применяют в качестве мощных приводов в металлургической и горнодобывающей промышленности, также широко используются в системах электропривода насосных и компрессорных установок магистральных нефте- и газопроводов. С использованием полупроводниковых преобразователей частоты синхронные двигатели начали успешно применяться в высококачественных приборных средней и малой мощности, используя достаточно широкий диапазон регулирования скорости вращения. Следовательно, вопрос самозапуска, его применения в различных отраслях промышленности является актуальным. Особенно это актуально для предприятий со сложными и непрерывными технологическими процессами (нефте- и газоперерабатывающая промышленность, нефтехимическая промышленность, производства удобрений, основной химии и др.). Автоматика в сочетании с самозапуском позволяет увеличить надежность электроснабжения системы и уменьшить простой механизмов. Самозапуск помогает снизить эксплуатационные расходы, капитальные и материальные затраты. Применение самозапуска электродвигателей насосных агрегатов, которые питают водой доменные и сталеплавильные печи, дает возможность отказаться от создания резервного привода и многообъемных резервных напорных баков.

Исходя из выше сказанного, использование самозапуска должно быть обоснованным. Успешный самозапуск позволяет обеспечить

работоспособное состояние технологического процесса при кратковременном нарушении электроснабжения.

На данный момент вопросы самозапуска электродвигателей рассматриваются без должного внимания с технологическими процессами и параметрами систем электроснабжения и электропривода, что отрицательно сказывается на вопросе группового самозапуска. Реализация и практическое применение самозапуска двигателей остается еще достаточно низкой [6].

Вопрос самозапуска синхронных двигателей на промышленных предприятиях является актуальным, решение которого обеспечит получение значительной экономической выгоды, которая зависит от простоя механизмов, снижения риска брака продукции. Необходим комплексный подход к изучению данного вопроса. Изучить связь между работой электродвигателя и системы управления, питающей системы, а также самого приводного механизма.

Разработка программы для автоматизации расчета самозапуска синхронных двигателей на предприятии газоперерабатывающего комплекса, являются темой будущей магистерской диссертации автора.

#### *Список литературы*

1. Дворак Н.М. Оптимизация управления процессом самозапуска синхронного электропривода поршневых компрессоров химических производств: Дисс. канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 11.07.84: утв. 17.11.84.-Томск, 1984.-171с.

2. Михалев С.В. Система поддержания устойчивости работы синхронных электродвигателей 6-10 кВ: Дисс. канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 25.06.2014: утв 24.07.2014.-Санкт-Петербург, 2014-121 с.

3. Слодарж, М.И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных двигателей/ М.И. Слодарж. – М.:«Энергия», 1977. – 215 с.

4.Савицкий, В.А. Внедрение цифровой релейной защиты, автоматики и самозапуска синхронных двигателей СТД-4000 на КС Смоленская/ В.А. Савицкий, С.П. Петров, В.И. Родионов // Газовая промышленность. – 2012 №2.

5. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей: 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136с.

6. Носов К.Б, Дворак Н.М. Способы и средства самозпуска электродвигателей:-М.: Энергоатомиздат,1992.-144с.

7. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. 528 с.

8. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Хачатрян Э.А. Устойчивость нагрузки электрических систем. М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с.

# **ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**Пятаев Н.А., Агапов В.А.**

**федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Нефтегазовые предприятия являются составной частью основных потребителей электроэнергии среди промпредприятий нашей страны. Текущий период эксплуатации этих предприятий характеризуется постепенным увеличением потребления электрической энергии.

Ключевыми особенностями системы электроснабжения нефтегазовых комплексов являются большая удаленность от энергосистем, территориальная разброс потребителей, разнообразие источников энергии. Передача электроэнергии от подстанций энергосистемы к потребителям связана с короткими перерывами в электроснабжении, происходящих из-за коротких замыканий (КЗ) и других причин. В процессе эксплуатации нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти огромную роль играет безостановочность рабочего процесса. Особенности электроснабжения нефтегазовых комплексов являются протяженные линии электропередач, постоянный рост потребляемой мощности, связанный с ростом электрических нагрузок месторождений [1].

Большой объем двигательной нагрузки является отличительной особенностью узлов нагрузки промышленных предприятий, в том числе предприятий нефтегазовой промышленности. Для кустовых насосных станций на нефтяных месторождениях используются синхронные двигатели (СД) до 6 МВт, а для установок извлечения нефти используют мощные асинхронные двигатели (АД). На компрессорных газоперекачивающих станциях для привода нагнетателей применяются синхронные электродвигатели мощностью до 25 МВт.

Перерывы электроснабжения подобных установок может привести к их отключению и срыву технологического процесса, на восстановление которого уходит много времени.

В связи с этим становится актуальным вопрос об ограничении длительности перерывов электроснабжения.

Схемы электроснабжения нефтегазовых комплексов от двух независимых источников с применением автоматического ввода резерва (АВР), которые используются в настоящее время, достаточно надежны. Но при использовании традиционных двусторонних АВР на секционном выключателе (СВ) 6, 10, 35 кВ закрытых распределительных устройств (ЗРУ), распределительных пунктов (РП) минимальное время работы средств автоматики равно  $0,4 \div 0,5$  с, а перерыв в электроснабжении после его кратковременного сбоя составляет более 1 с.

Применяемые в настоящее время схемы и устройства АВР не обеспечивает непрерывное электроснабжение СД и АД важных механизмов при кратковременных перерывах электроснабжения. Они могут являться причинами возникновения гидравлических ударов, повреждения трубопроводов и оборудования насосных станций при переключении на запасной источник питания за время 90-120 мс и более. Главными недостатками существующих систем АВР являются: долгое время срабатывания и время включения СВ, АВР, отсутствие алгоритмов работы АВР для подстанций с несколькими вводами и при наличии трех секций распределительных устройств (РУ).

Снижение времени перерывов электроснабжения может достигаться путем применения в системах электроснабжения микропроцессорного устройства быстрого действия автоматического ввода резерва (БАВР) и секционирования электрических сетей при помощи средств промышленной электроники и автоматики.

В качестве объекта исследования была выбрана компрессорная станция ДКС-1. Для таких объектов электроснабжение выполняется по схеме на рисунке 1[2], где АД – асинхронный двигатель, СД – синхронный двигатель, ИРМ – источник реактивной мощности,  $X_C$  и  $R_C$  – индуктивное и активное сопротивления системы,  $P_{нг}$  и  $Q_{нг}$  – прочая активная и индуктивная нагрузка.

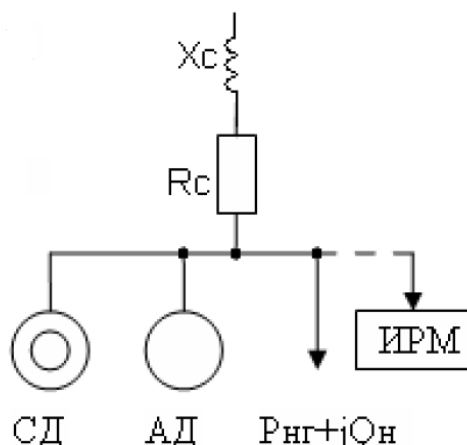


Рисунок 1 – Упрощенная схема узла нагрузки компрессорной станции

Сопротивления  $X_C$  и  $R_C$  существенно влияют на режим работы двигателей в связи с наличием в них потерь напряжения и активной мощности.

Большой процент двигательной нагрузки по отношению к суммарной нагрузки станции оказывает большое влияние на режим работы двигателей. Для газоперекачивающих станций объем двигательной нагрузки может достигать 90% от общего, а также мощность некоторых синхронных двигателей может доходить до 25 МВт. Эти факторы вызывают сложности при пуске и самозапуске двигателей.

Самозапуск и пуск электродвигателей отличается следующее:

– в момент восстановления напряжения большая часть двигателей вращаются;

– после потери питания один или группа двигателей некоторое время поддерживают на шинах подстанции остаточную ЭДС  $E$ ;

– самозапуск происходит в основном при нагруженных механизмах, что приводит к увеличению времени разгона и повышению температуры обмоток двигателей, обусловленному увеличением тока по сравнению с его номинальными значениями;

– в самозапуске участвует одновременно несколько двигателей, в результате чего в элементах сети растут токи, снижается напряжение на зажимах двигателей и соответственно уменьшается вращающий момент. [3]

Весь процесс самозапуска можно разделить на два этапа.

Первый этап — выбег электродвигателей (одиночный или групповой). При одиночном выбеге один электродвигатель оказывается отсоединенным от сети и от других двигателей, или другие двигатели, электрически связанные с ним, не оказывают заметного влияния на процесс выбега. Это происходит, когда между рассматриваемыми и другими двигателями включен реактор или трансформатор. Свободным называется выбег одного двигателя, отключенного от сети. Выбег нескольких двигателей называется групповым. В основном процесс выбега характеризуется механическими характеристиками агрегатов. Когда двигатели подпитывают близкое КЗ, выбег происходит по более крутой характеристике из-за влияния дополнительного тормозного момента.

Отключенный от источника питания двигатель при выбеге развивает ЭДС в обмотке статора. У АД ЭДС невелика, у СД значительна. При увеличении ЭДС увеличивается ток включения при восстановлении напряжения (при неблагоприятной фазе включения). Необходим достаточно большой промежуток времени до восстановления напряжения, т. е. необходимо увеличить время действия АВР или АПВ для обеспечения достаточного снижения  $E_d$ .

Второй этап — разгон и восстановление рабочего режима. Разгон происходит при сниженном напряжении, величина которого зависит от параметров сети, двигателей и прочей нагрузки.

Самозапуск считается обеспеченным, если при сниженном напряжении момент двигателя достаточен для доведения угловой скорости до номинальной и если за время разгона температура нагрева обмоток не превысит максимального значения. Поэтому время перерыва электроснабжения должно быть как можно меньшим.

В конце второго этапа СД должен войти в синхронизм. Процесс синхронизации зависит прежде всего от системы возбуждения и значения напряжения, так как синхронизирующий момент пропорционален ЭДС двигателя и напряжению сети. Иногда СД переходит в асинхронный режим после перерыва питания и тогда не требуется специальных средств для ресинхронизации. В зависимости от условий различают два основных способа самозапуска: с нагруженным механизмом и с ненагруженным механизмом.

До недавнего времени при самозапуске СД была принята следующая последовательность действий:

- при фиксации потери питания, осуществляется отключение ввода секции и гашение поля СД;
- после снижения напряжения на секции, срабатывает АВР и питание начинает осуществляться от соседней секции;
- двигатели разворачиваются до подсинхронной частоты вращения, после чего подается возбуждение и СД входят в синхронизм.[4]

Полное гашение поля до нуля снижает эффективность самозапуска, так как гашение поля до нуля через разрядное сопротивление требует достаточно много времени. В большинстве случаев ограничиваются гашением до величины, при которой ток и момент несинхронного включения не превышают допустимых значений. Чаще всего ограничиваются гашением поля до величины, при которой напряжение на выводах двигателей снижается до  $0,5 \div 0,6 U_{ном}$ . На практике это реализуется учетом снижения напряжения на секции при пуске АВР.

Успешность самозапуска больше всего зависит от времени перерыва электроснабжения: чем меньше время перерыва питания, тем меньше скольжение, больше сопротивление двигателя и больше средний асинхронный момент. Из-за этого при настройке релейной защиты и автоматики сети с СД стремятся к максимальному ускорению действия защиты и устройств АПВ, АВР и БАВР. В тех случаях, когда несинхронное включение не допускается, гашение поля необходимо осуществлять сразу после обнаружения потери питания.

Процессы выбега СД в случае кратковременного отключения источника и в случае кратковременного снижения напряжения из-за короткого замыкания на смежных элементах сети различаются.

При отключении источника питания торможение происходит за счет момента сопротивления приводимого механизма. Магнитная система возбужденных выбегающих СД насыщена. После восстановления питания устройствами АПВ или АВР может происходить электромагнитный переходный процесс из-за несинхронного включения возбужденных СД. Возникающие в обмотках двигателя токи и электромагнитные моменты могут значительно превышать соответствующие величины, имеющие место при коротком замыкании на вводах двигателя, а также при пуске двигателя. По этой причине необходимо обеспечить гашение поля СД.

При восстановлении напряжения после отключения КЗ на смежном элементе сети, токи и электромагнитные моменты вращения, возникающие в СД, как правило, меньше, чем при несинхронном включении, обусловленном действием устройств АПВ и АВР, так как результирующий магнитный поток двигателя в этом случае значительно ослаблен из-за размагничивающего эффекта тока короткого замыкания.

В настоящее время в связи с внедрением устройств БАВР стал возможен синхронный самозапуск СД, без необходимости гашения поля.

Таким образом, применение самозапуска СД с внедрением устройств БАВР на газоперекачивающей станции позволяет сократить экономические потери, связанные с расстройством технологического процесса из-за перерыва в электроснабжении [5].

#### *Список литературы*

1. Михалев, С.В. Система поддержания устойчивости работы синхронных электродвигателей 6-10 кВ: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.09.03 . Санкт-Петербург, 2014. – 121 с.
2. Абрамович, Б.Н. Возбуждение, регулирование и устойчивость синхронных двигателей/ Б.Н. Абрамович, А.А. Круглый. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 70 с.
3. Голоднов, Ю.М. Самозапуск электродвигателей.– 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1985.– 136 с.
4. Слодарж, М.И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных двигателей/ М.И. Слодарж. – М.: «Энергия», 1977. – 215 с.
5. Пятаев Н.А., Агапов В.А. Применение быстродействующих автоматических вводов резерва для повышения надежности систем электроснабжения нефтяных комплексов // Оренбург: ООО Агентство «Пресса», 2016. с. 90-93.

# **СУХИЕ СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Ротин А.П.**

**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург**

Предметом исследования в данной научно-исследовательской работе является силовой трансформатор общепромышленного назначения. Возрастающая потребность в значительных объемах электроэнергии требует сегодня от трансформаторов работы с высокими нагрузками.

Сухие трансформаторы по сравнению с маслонаполненными обладают одновременно высоким уровнем взрыво- и пожаробезопасности и большим энергетическим коэффициентом полезного действия (КПД). Поэтому целью данного исследования является определение целесообразности замены масляных силовых трансформаторов сухими.

В ходе исследования необходимо решить следующие задачи:

- 1) Выявить на практике достоинства и недостатки сухих силовых трансформаторов.
- 2) Провести сравнительный анализ сухих и масляных силовых трансформаторов общепромышленного назначения.
- 3) Рассмотреть все сферы применения сухих трансформаторов, и выявить специфические особенности трансформаторов в тех или иных областях применения.

Силовые трансформаторы это важнейшие элементы электроустановок и электрических сетей. Раньше, для преобразования электроэнергии в электроустановках использовались исключительно масляные силовые трансформаторы. Однако в последнее время вместо них более чаще стали применять сухие силовые трансформаторы, которые являются современными пожаро- и экологически безопасными типами трансформаторов, их обмотки и магнитная система не погружаются в жидкий диэлектрик.

Масляные трансформаторы, являющиеся пожаро- и экологически небезопасными, требуется размещать в помещениях оборудованных огнеупорными поверхностями, кроме того маслоприемниками для предотвращения растекания. К тому же масляные трансформаторы требуют постоянного контроля со стороны обслуживающего персонала, постоянного технического обслуживания, чего не скажешь о сухих трансформаторах, неприхотливых в обслуживании. Это приводит к дополнительным эксплуатационным затратам.

Сухие силовые трансформаторы имеют множество преимуществ по отношению к масляным силовым трансформаторам, основные из которых приведены в таблице 1.



Таблица 1- Преимущества сухих силовых трансформаторов

| Наименование преимущества                 | Характеристика преимущества                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Надежность                                | Высокий уровень надежности, достигнутый благодаря технологическому прогрессу изготовления Высокая устойчивость к переменному и ударному напряжению. Отсутствие частичных разрядов Возможность работы с перегрузкой. Стойкость к условиям повышенной влажности и загрязненности                                                              |
| Экономичность                             | Возможность оптимизации электросетей благодаря установке сухих трансформаторов в центрах потребления электроэнергии, что снижает потери в ЛЭП и затраты на кабель в сетях низкого напряжения. Простота перенастройки при изменении условий эксплуатации. Отсутствие необходимости иметь специальные помещения для установки трансформаторов |
| Экологичность                             | Отсутствие в трансформаторе масла устраняет угрозу загрязнения окружающей среды при его утечке. Трудновозгораемость, исключительно высокий уровень пожаробезопасности. Отсутствие в случае пожара выброса в окружающую среду токсичных и едких газов. Низкий уровень шума                                                                   |
| Стойкость к воздействию окружающей среды  | Возможность работы при повышенной и пониженной температуре и высокой влажности воздуха Возможность работы в условиях соледержащей, агрессивной атмосферы, при наличии металлической пыли                                                                                                                                                    |
| Гибкость                                  | Возможность существенного (до 50%) увеличения мощности трансформатора посредством установки вентиляторов охлаждения.<br>Разнообразие вариантов техники подключения                                                                                                                                                                          |
| Компактность                              | Минимальная занимаемая площадь в виду компактности размеров сухих трансформаторов, что позволяет выгоднее использовать пространство производственных помещений                                                                                                                                                                              |
| Необслуживаемость                         | Обслуживание практически полностью исключается и сводится к периодическому проведению визуальных осмотров                                                                                                                                                                                                                                   |
| Улучшенные массогабаритные характеристики | Сухие трансформаторы имеют низкие потери ХХ и КЗ, характеризуются высокой стойкостью к КЗ и длительным тепловым перегрузкам                                                                                                                                                                                                                 |
| Технологичность                           | Сходная с масляными трансформаторами технология изготовления. Большая доступность основных изоляционных материалов                                                                                                                                                                                                                          |

Хотя однофазные сухие трансформаторы малой мощности использовались в устройствах связи, сигнализации, автоматики, радиотехники и т.п. еще в первой половине XX века, технология производства силовых одно- и, в особенности, трехфазных сухих трансформаторов, используемых для

преобразования электроэнергии в электроустановках и электросетях , была разработана намного позднее - в 70-х годах XX века.

За тридцать лет удалось увеличить рабочее напряжение сухих трансформаторов - в 2 раза (с 18 до 36 кВ), испытательное напряжение - в 2,5 раза (с 80 до 200 кВ), мощность в 40 раз (с 0,5 до 20 МВА), благодаря чему удалось наладить серийный выпуск различных конструкций сухих трансформаторов, которые согласно МЭК-726(международный стандарт) имеют классификацию, приведенную в таблице 2.

Таблица 2- Классификация сухих трансформаторов

| Наименование типов сухих трансформаторов | Общая характеристика особенностей конструкции трансформатора                                                                                                                |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Герметичные                              | Трансформатор окружен воздухом или помещен в защитный кожух, уплотненный таким образом, что отсутствует заметный обмен между его внутренним объемом и окружающей атмосферой |
| Полностью помещенные в герметичный кожух | Конструкция трансформатора такова, что окружающий воздух не охлаждает его магнитную систему и обмотки, однако он может сообщаться с атмосферой                              |
| Защищенные                               | Защитный кожух трансформатора выполнен так, что окружающий воздух может непосредственно охлаждать магнитную систему и обмотки трансформатора                                |
| Незащищенные                             | У трансформатора отсутствует защитный кожух, а его магнитная система и обмотки охлаждаются окружающим воздухом                                                              |

КПД современных трансформаторов составляет более 98-99%, но из-за необходимости неоднократного трансформирования энергии, трансформаторные потери энергии являются достаточно высокими. Например, в 1950-х годах они превышали 6% от всей выработанной энергии, а в последующие годы, при снижении потерь холостого хода(ХХ) до 50%, а потерь короткого замыкания(КЗ) - на 20-25%, общие трансформаторные потери незначительно уменьшились. Применение сухих силовых трансформаторов, которые имеют низкие потери ХХ и КЗ, позволит значительно уменьшить трансформаторные потери.

Многочисленные достоинства этих трансформаторов, позволяют применять их в областях, недоступных для масляных трансформаторов. Однако стоимость сухих трансформаторов в 2-3 раза больше масляных. Применение этих трансформаторов широко распространено в системах распределения электроэнергии в административных, бытовых, жилых и общественных зданиях. Также сухие трансформаторы находят применение на объектах, с высокими требованиями к взрывозащищенности и пожаробезопасности, низкого уровня шума и экологической чистоты. К таким объектам относятся

высотные здания, гостиницы, больницы, офисные центры, банки, наземный электротранспорт, метрополитен, и др. Помимо этого, для особых условий эксплуатации, таких как арктический, тропический, морской климат, применяются сухие трансформаторы изготовленные по специальному заказу.

*Список литературы.*

1. Быстрицкий, Г.Ф. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов: Учеб. пособие для вузов: Учеб. пособие для сред. проф. образования/Г.Ф.Быстрицкий, Б.И.Кудрин. — М.:Издательский» центр «Академия», 2003. -176 с.
2. Лизунов, С.Д. Силовые трансформаторы: Справочная книга/ С.Д. Лизунов, А.К. Лоханин — М.: Энергоиздат, 2004. - 616 с.
3. Информационно торговая система "ЭнергоТехИнфо" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.eti.su/>

# **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ - СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭНЕРГЕТИКОВ**

**Садчиков А.В.**

**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург**

Целью энергетической политики России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р, является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций.

Проведение долгосрочной государственной энергетической политики для защиты прав и законных интересов граждан и хозяйствующих субъектов, обеспечения обороны и безопасности государства, эффективного управления государственной собственностью, достижения качественно нового состояния энергетического сектора осуществляется на следующих неизменных принципах:

- последовательность действий государства по реализации важнейших стратегических ориентиров развития энергетики;

- заинтересованность в создании сильных и устойчиво развивающихся энергетических компаний, достойно представляющих Россию на внешних рынках и способствующих успешному функционированию конкурентных внутренних рынков;

- обоснованность и предсказуемость государственного регулирования, направленного на стимулирование частной предпринимательской инициативы в области реализации целей государственной политики, в том числе в инвестиционной сфере.

Главными стратегическими ориентирами долгосрочной государственной энергетической политики являются:

- энергетическая безопасность;
- энергетическая эффективность экономики;
- бюджетная эффективность энергетики;
- экологическая безопасность энергетики [1].

Для решения поставленных задач необходима качественная подготовка квалифицированных кадров в области энергетики и энергосбережения.

В настоящее время на электроэнергетическом факультете ФГБОУ ВО «Оренбургский Государственный Университет» ведется подготовка специалистов по следующим направлениям:

Направления подготовки бакалавров:

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(бакалавриат)

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств  
(бакалавриат)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника (бакалавриат)

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (бакалавриат)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Направления подготовки магистров:

11.04.04 Электроника и наноэлектроника (магистратура)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (магистратура)

Подготовка кадров высшей квалификации(аспирантура):

13.06.01 Электро- и теплотехника

Выпускники электроэнергетического факультета имеют возможность продолжить свое образование в аспирантуре. Подготовка аспирантов ведется по следующим научным специальностям:

050901 "Электромеханика и электрические аппараты";

050903 "Электротехнические комплексы и системы";

051116 "Информационно-измерительные и управляющие системы"[2].

В своей деятельности ВАК при Министерстве образования и науки России руководствуется Конституцией Российской Федерации, федеральными конституционными законами, федеральными законами, указами и распоряжениями Президента Российской Федерации, постановлениями и распоряжениями Правительства Российской Федерации, Положением о Министерстве образования и науки Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства России от 3 июня 2013 г. № 466 "Об утверждении Положения о Министерстве образования и науки Российской Федерации", приказами Министерства образования и науки Российской Федерации и Положением о Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации (постановление Правительства Российской Федерации от 26 марта 2016 г. № 237) [3,4].

Среди научных специальностей ВАК, входящих в перечень, рекомендованный Министерством образования и науки Российской Федерации, следует выделить научные специальности, имеющие непосредственное отношение к подготовке высококвалифицированных кадров в области энергетики и энергосбережения:

- 05.14.01 Энергетические системы и комплексы

- 05.14.02 Электростанции и электроэнергетические системы;

- 05.14.04 Промышленная теплоэнергетика

- 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

Научная специальность ВАК 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии охватывает приоритетные научные направления в области энергетики, энергосбережения и возобновляемых энергоресурсов.

Согласно паспорту научных специальностей ВАК, формула специальности 05.14.08 содержит следующие положения:

Научная специальность, объединяющая исследования по связям и закономерностям в области расчетов оптимальных параметров и режимов, проектирования, управления, монтажа и эксплуатации энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на основе возобновляемых источников энергии, известных в настоящее время и предполагаемых к использованию в будущем. В рамках специальности анализируются проблемы эффективного использования энергии водных потоков, включая гидроэлектростанции и гидроэнергетические установки и их каскады, солнечной энергии, энергии ветра, геотермальной энергии, энергии биомассы, энергии тепла океана и других видов возобновляемой энергии, принципиально допускающих возможность ее преобразования к виду, полезному в хозяйстве. Исследования проводятся с целью расширенного использования возобновляемых видов энергии в экономике страны и в ее отдельных регионах как альтернатива расходу ископаемых видов топлива и решению проблем социально-экономического характера.

Области исследований:

1. Разработка научных основ создания, исследования общих свойств и принципов функционирования энергоустановок электростанций и энергетических комплексов на базе возобновляемых видов энергии, предназначенных для параллельной работы с электросетью и в качестве автономных источников.

2. Теоретический анализ, экспериментальные исследования, физическое и математическое моделирование энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на базе возобновляемых видов энергии с целью оптимизации их параметров и режимов использования.

3. Совершенствование существующих и разработка принципиально новых технических схем комплексного использования возобновляемых видов энергии с целью экономии ископаемых видов топлива и решения проблем социально-экономического характера.

4. Разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, информационного обеспечения для контроля и диагностики, оценки надежности оборудования, энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов в целом.

По указанной специальности не рассматриваются работы, в которых не выявлена существенность взаимосвязи разрабатываемого объекта (системы) и вида возобновляемой энергии, используемой для его рабочего функционирования.

Важность исследований по данной специальности состоит в решении проблем эффективного использования энергии воды, солнца, ветра, геотермальной энергии, энергии биомассы, а также других видов возобновляемой энергии, допускающих её преобразование к виду, полезному в народном хозяйстве. Исследования проводятся для максимального замещения используемого в настоящее время для энергетических нужд углеводородного сырья.

Общие закономерности и оптимизация основных направлений развития различных типов энергетических установок, использующих возобновляемые источники энергии, связаны с направлениями научной подготовки высококвалифицированных кадров в области энергетики и повышения энергетической эффективности.

Среди стратегических направлений научной специальности 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии следует выделить:

- разработку научных основ, технологических процессов и оборудования для использования возобновляемых источников энергии;
- разработка новых методов автоматизации технологических процессов получения энергии, диагностирования состояния энергоустановок и технических систем, использующих возобновляемые виды энергии;
- оптимизацию энергетических процессов в холодильных системах;
- теоретический анализ, экспериментальные исследования, физико-математическое моделирование энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на базе возобновляемых видов энергии с целью оптимизации их параметров и режимов использования;
- совершенствование существующих и разработку принципиально новых технических схем эффективного использования возобновляемых видов энергии с целью экономии ископаемых видов топлива и решения проблем социально-экономического характера.

Смежные научные специальности:

- 05.14.01 - энергетические системы и комплексы;
- 05.14.02 - электростанции и электроэнергетические системы;
- 05.14.04 - промышленная теплоэнергетика
- 05.20.02 - электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Разграничения со смежными специальностями

В отличие от специальности 05.14.01 - энергетические системы и комплексы, в рамках которой рассматривается круг вопросов, связанных с проектированием, сооружением, эксплуатацией тепловых и электрических комплексов систем независимо от используемых источников энергии, в рамках специальности 05.14.08 рассматриваются энергетические системы и комплексы на базе только возобновляемых источников энергии.

В отличие от специальности 05.14.02 - электростанции и электроэнергетические системы, в рамках которой рассматриваются вопросы, связанные конкретно с проектированием, сооружением, эксплуатацией и управлением электрической части электрических станций, электрических сетей и электроэнергетических систем, в рамках специальности 05.14.08 рассматриваются только электрические станции, электрические сети и электроэнергетические системы, использующие возобновляемые источники энергии.

В отличие от специальности 05.14.08, в рамках специальности 05.20.02 - электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве решаются



проблемы, связанные со спецификой электроснабжения сельскохозяйственных потребителей и использованием возобновляемых видов энергии в технологиях сельскохозяйственного производства.

Таким образом, энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии - область науки и техники, предметом которой является исследование связей и закономерностей в области расчетов оптимальных параметров и режимов, проектирования, управления, монтажа и эксплуатации энергоустановок, электрических станций и энергетических комплексов на основе возобновляемых источников энергии (энергии водных потоков, солнечной энергии, энергии ветра, геотермальной энергии, энергии биомассы, энергии тепла океана и других видов возобновляемой энергии). Научная специальность 05.14.08 - Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии - направлена на решение важных стратегических задач развития энергетического комплекса России на период до 2030 года и представляет собой актуальное современное направление научной подготовки специалистов энергетиков.

#### *Список литературы:*

- 1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.*
- 2. Официальный сайт Оренбургского государственного университета. Электронный источник. Режим доступа: <http://www.osu.ru/doc/636/facult/5083>*
- 3. Положение о Министерстве образования и науки Российской Федерации, утвержденное постановлением Правительства России от 3 июня 2013 г. № 466 "Об утверждении Положения о Министерстве образования и науки Российской Федерации"*
- 4. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 марта 2016 г. № 237.*



# **ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО ТОКА В УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

**Саликов М.П., Греков Э.Л., Ямансарин И.И.**

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

Постоянный ток в лаборатории необходим для испытания двигателей постоянного тока с различными способами возбуждения. Двигатели постоянного тока способны создавать большой пусковой момент при относительно малом потребляемом от источника токе, плавно и в широком диапазоне с высокой экономичностью изменять частоту вращения. Они по настоящее время используются в троллейбусах, трамваях, электровозах, тепловозах и метро, в автомобильном транспорте, в прокатных станах и в бытовой технике в виде универсальных коллекторных двигателей. Последние, по причине их способности вращаться с частой до 30000 оборотов в минуту имеют малую массу при большой мощности используются в пылесосах, электродрелях, кофемолках и т.д.

Постоянный ток в таких лабораториях получают от генератора постоянного тока вращаемого двигателем переменного трёхфазного тока, обычно, асинхронного. Причём ток и напряжение, создаваемые генератором не являются постоянными в строгом понимании значения слова «постоянный», поскольку имеют пульсации, причиной возникновения которых является конечное число пластин в коллекторе генератора.

Недостатки такого способа получения постоянного тока очевидны. Это неизбежные шум и вибрация, низкий коэффициент полезного действия и надёжность, очень большие масса и габариты.

Использование полупроводникового выпрямителя полностью устраняет недостатки электромашинного источника. Однако для успешного применения такого выпрямителя необходимо правильно выбрать его электрическую схему.

Из представленных в [1,2] схем интерес могут представить три, а именно однофазная мостовая из четырёх диодов, трёхфазная мостовая из шести диодов и трёхфазная с уравнительным реактором из двенадцати диодов.

Очевидно, что однофазная мостовая схема самая простая. Но она создаёт наибольшие пульсации выпрямленного напряжения. Так, из рис.1 следует, что создаваемое ею напряжение изменяется от нуля до амплитудного. Если подключить к такому выпрямителю вольтметр, то он покажет среднее значение кривой напряжения 1 рис.1. Если же подключить и двигатель постоянного тока, то показание вольтметра увеличится до амплитудного, т.е. более чем в 1,5 раза, кривая 2 рис.1. Увеличение показания вольтметра возникает из-за наличия электродвижущей силы, близкой по величине к подведённому напряжению, возникающей во

вращающемся двигателе. Иначе, при провале кривой напряжения выпрямителя, двигатель, вращаясь по инерции, переходит в режим генератора, создавая электродвижущую силу.

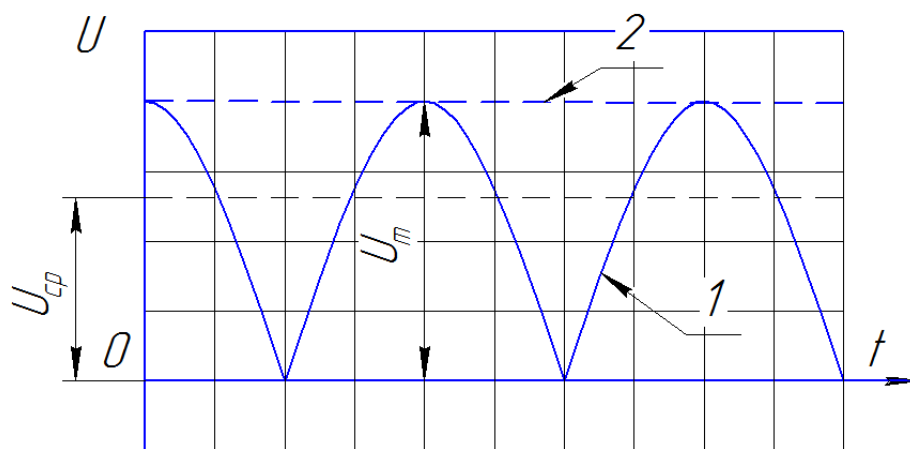


Рисунок 1 – Временная диаграмма выпрямленного напряжения

Трёхфазные схемы выпрямления создают гораздо меньшие пульсации выпрямленного напряжения, сравнимые с пульсациями напряжения генераторов постоянного тока. К тому же трёхфазные выпрямители в отличие от однофазного представляют собой симметричную нагрузку для трёхфазной сети. Поскольку оба названные трёхфазные выпрямители удовлетворяют требованиям учебной лаборатории, то предпочтение следует отдать более простой.

При выполнении одной из лабораторных работ в лаборатории необходимо переводить электрическую машину постоянного тока из режима двигателя в режим генератора, когда электродвижущая сила, возникающая в машине, превышает напряжение источника питания. В этом случае электрический ток протекает в направлении электродвижущей силы и встречно напряжению источника. Такое возможно, если источником является генератор постоянного тока. Но если источником является выпрямитель, то, как видно из рис. 2 такой ток не потечёт.

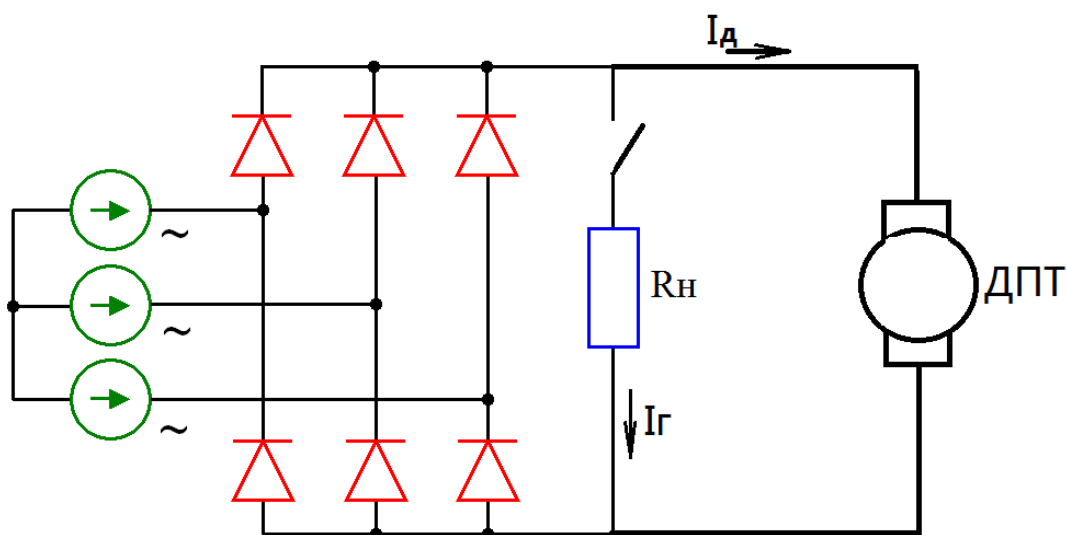


Рисунок 2 – Схема питания двигателя постоянного тока от трехфазного выпрямителя

Выходом из создавшегося положения является резистор  $R_n$ , подключённый к выходу выпрямителя. Для экономии электрической энергии резистор необходимо подключать к выпрямителю лишь на время выполнения упомянутой лабораторной работы.

Для пуска двигателя постоянного тока и для изменения его частоты вращения используют проволочные реостаты в цепи якоря и в цепи обмотки возбуждения. При перемещении движков реостатов неизбежно кратковременные обрывы цепей. Поскольку обмотка якоря и обмотка возбуждения представляют собой значительные индуктивности, то при разрыве таких цепей возникают перенапряжения, сопровождающиеся искрением и возникновением электрической дуги в месте разрыва. Разрыв цепи якоря или цепи возбуждения затрудняют пуск и изменение частоты вращения двигателя. При обрыве цепи возбуждения возможно увеличение частоты вращения до опасного значения, когда может начаться разрушение двигателя. Перенапряжения могут вывести из строя полупроводниковые диоды выпрямителя.

Для предотвращения описанных неблагоприятных явлений реостаты в цепи якоря и обмотки возбуждения необходимо включать не так, как показано на рис.3, а так, как показано на рис. 4.

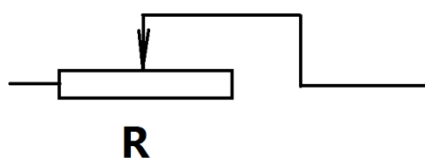


Рисунок 3 – Неправильная схема включения реостата

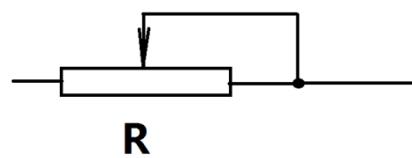


Рисунок 4 – Правильная схема включения реостата

При правильном включении реостата и при обрыве под движком ток начинает протекать по всей длине реостата, лишь незначительно уменьшаясь по величине. Для уменьшения толчков вращающего момента целесообразно настраивать реостат на его возможное наименьшее сопротивление.

Настоящие рекомендации могут быть использованы в лекционном курсе, при подготовке методических указаний и при проведении лабораторных работ в учебной лаборатории электрических машин.

#### *Список литературы*

1. *Чиженко, И. М. Основы преобразовательной техники [Текст] : учеб. пособие для вузов / И. М. Чиженко, В. С. Руденко, В. И. Сенько. - М. : Высш. шк., 1974. - 432 с. : черт*
2. *Основы промышленной электроники [Текст] : учеб. для неэлектротехн. спец. вузов / под ред. В. Г. Герасимова.- 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1978. - 336 с. : ил. - Библиогр.: с. 328*

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ**

**Свищева Т.Н., Шамсутдинова С.А.**

**Университетский колледж федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Каждая профессия требует овладения общими и профессиональными компетенциями. У студентов эти компетенции формируются в процессе неоднократного повторения соответствующих заданий, активных методов обучения. Суть активных методов обучения как раз и состоит в обеспечении студентам таких условий, в которых они овладели бы различными способами деятельности.

Студентов средних специальных учебных заведений необходимо постоянно ставить в такие условия, которые позволяли бы им упражняться в профессиональной деятельности. Практическая подготовка обеспечивает обучение профессиональным знаниям и умениям, охватывающим всю профессиональную деятельность специалистов. Учебное заведение должно обеспечивать будущему специалисту эту практическую подготовку в ходе выполнения лабораторных и практических работ.

Современные новшества, предъявляемые к учебному процессу ориентируют преподавателя на проверку сформированности общих и профессиональных компетенций через деятельность обучающихся.

Широкое использование лабораторных работ в учебном процессе делает его более интересным, повышает качество обучения, усиливает практическую направленность преподавателя, способствует развитию познавательной активности у обучаемых, их логического мышления и творческой самостоятельности [1]. Кроме того, проведение лабораторных работ при изучении профессиональных дисциплин и модулей способствует формированию у обучающихся профессиональных компетенций.

В процессе лабораторного занятия как вида учебной деятельности обучающиеся выполняют одну или несколько лабораторных работ (заданий) под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

В Университетском колледже для подготовки студентов по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) при выполнении лабораторных работ используются следующие виды типового лабораторного оборудования (стендов):

- релейная защита и автоматика в системах электроснабжения;
- электрические измерения на электрических станциях и подстанциях;
- электроэнергетические системы и сети;

- электрические машины;
- электроснабжение.



Рисунок 1 – Выполнение лабораторной работы студентами

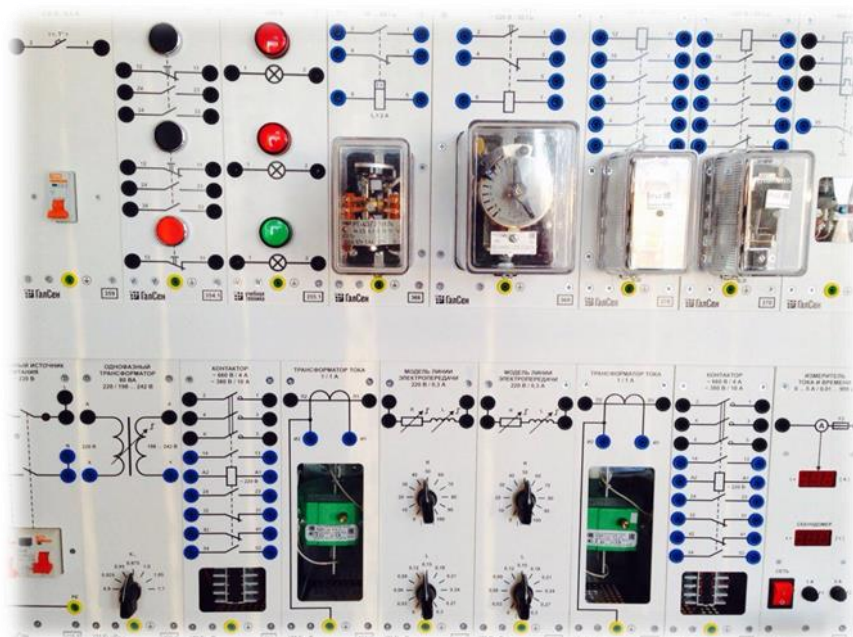


Рисунок 2 – Лабораторный стенд «Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения»

Практические занятия являются важной формой обучения, в ходе которого теоретические знания студентов превращаются в профессионально необходимые умения и навыки.

**Практические занятия** — метод репродуктивного обучения, обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у студентов

умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы.

В системе обучения большую роль играет верно построенная очередность лекций и практических занятий. Лекция является первым шагом подготовки студентов к практическим занятиям. Проблемы, поставленные в ней, на практическом занятии приобретают конкретное выражение и решение.

Таким образом, лекция и практические занятия должны быть методически связаны проблемной ситуацией. Лекция должна готовить обучающихся к практическому занятию [2, 3]. Формы проведения практических занятий зависят от содержания изучаемой дисциплины, уровня подготовки студентов, имеющейся учебно-материальной базы и целей обучения.

Цель практических занятий:

1. Углубление и конкретизация теоретических знаний, полученных на лекциях, до уровня, на котором возможно их практическое использование;

2. Экспериментальное подтверждение положений и выводов, изложенных в теоретическом курсе, и усиление доказательности обучения;

3. Обучение студентов приемам решения практических задач, способствовать овладению навыками и умениями выполнения расчетов, графических и других видов заданий;

4. Обучение работать с книгой, служебной документацией и схемами, пользоваться справочной и научной литературой;

5. Формирование умения учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

При отборе содержания практических работ по дисциплине руководствуются перечнем профессиональных умений, которые должны быть сформированы в процессе изучения данной дисциплины. Основой для определения полного перечня работ являются квалификационные требования к выпускнику.

Особенно важны практические занятия при изучении специальных дисциплин, например таких как: электроснабжение, электротехника, а также профессиональных модулей: ПМ.01 Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей, ПМ.02 Организация работ по ремонту оборудования электрических подстанций и сетей, ПМ.03 Обеспечение безопасности работ при эксплуатации и ремонте оборудования электрических подстанций и сетей, ПМ.04 Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих, содержание которых направлено на формирование профессиональных умений. В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться измерительными приборами, аппаратурой, инструментами; работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи.

Практические занятия требуют тщательной методической подготовки преподавателя, включающей составление подробного плана проведения занятий, подготовку учебно-материальной базы, подбор необходимой литературы и другие компоненты. Темы практических занятий лучше объявить заранее, чтобы студенты могли ознакомиться с содержанием занятия и подготовиться к нему.

Примерный ход практического занятия:

1. Вводный инструктаж:

- конкретизация теоретических знаний, необходимых для выполнения работы;
- повторение изученного материала;
- объяснение задания;
- показ образца решения;
- инструктаж по технике безопасности и т. п.

2. Самостоятельная работа и текущий инструктаж:

- алгоритм выполнения задания,
- консультация студентов,
- обобщение и систематизация полученных результатов в виде таблиц, графиков и т. п.

3. Подведение итогов: выводы, результаты, отчёт, проверка.

При организации практического занятия также необходимо продумать систему контролирования формируемых уровней знаний, систему оценок.

Все перечисленные виды занятий способствуют осуществлению межпредметных связей, связи теории с практикой, развитию мыслительно-познавательной активности студентов, приобщению их к методам научного исследования, что имеет большое значение для профессиональной подготовки обучающихся.

#### Список литературы

1. Кириченко, Е.А. Модульные лабораторные работы по физике как средство развития естественнонаучного мышления учащихся / Е.А. Кириченко // Проблемы научного обеспечения изучения философии и истории естествознания в современных условиях: Материалы V межрегиональной научной конференции. - Армавир: РИЦ АГПУ, 2010. - С.56-60

2. Лялькина Г.Б., Ковыева Л.А. Лабораторный практикум как часть процессного подхода к формированию компетенций безопасности / Г.Б. Лялькина, Л.А. Ковыева // Научные исследования и инновации. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2013. - С. 186-189

3. Гуменюк Е. А. Модульная программа лабораторных работ по физике как средство формирования ключевых компетенций учащихся // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2008. №63-2.



# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВЫБОРА МЕСТ УСТАНОВКИ И МОЩНОСТИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Семенова Л.А., Инжеватова А.О., Салимов Р.М.  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург

Реактивная мощность необходима для создания магнитных полей и работы таких электроприемников промышленных предприятий, как асинхронные двигатели, трансформаторы, индукционные печи, преобразовательные установки и др., которые наряду с активной мощностью потребляют также и реактивную.

Вместе с тем перетоки реактивной мощности увеличивают потери электроэнергии, снижают пропускную способность электрических сетей, влияют на уровни напряжения у потребителей. В связи с этим для любого промышленного предприятия актуальной задачей является компенсация реактивной мощности с целью уменьшения потерь электроэнергии, т.к. при отсутствии устройств компенсации потери могут составить от 10% до 50% от среднего электропотребления [1].

В системах электроснабжения промышленных предприятий наиболее часто в качестве средств компенсации реактивной мощности используют статические регулируемые и нерегулируемые компенсирующие устройства (КУ) в виду малых удельных потерь активной мощности, простоты монтажа и эксплуатации, возможности размещения в любом узле электрической сети.

Вопросу компенсации реактивной мощности в энергосистемах и системах электроснабжения промышленных предприятий в частности посвящены многие работы, в том числе [2-4]. Однако вопрос выбора мощности КУ с учетом дискретности ее значений (устройства позволяют регулировать генерируемую ими мощность только ступенчато) остается недостаточно проработанным.

Выбор мест размещения и мощности КУ является оптимизационной задачей, цель которой – нахождение наилучшего относительно некоторого критерия или критериев варианта при соблюдении всех технических условий нормальной работы электрической сети и электроприемников промышленного предприятия. В общем виде математическая модель оптимизационной задачи записывается в виде:

$$Z(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \text{extr}; \quad (1)$$

с учетом ограничений:

$$\begin{cases} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_1, \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_2, \\ \dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) > b_m \end{cases} \quad (2)$$

с граничных условий:

$$d_i \leq x_i \leq D_i, \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – искомые переменные, общее количество которых равно  $n$ ;

$b_j$  – свободные члены,  $j = \overline{1, m}$ ;

$m$  – общее количество ограничений;

$d_i, D_i$  – соответственно нижняя и верхняя границы диапазона изменения переменной  $x_i$ .

При выборе метода решения оптимизационной задачи (1-3) необходимо учитывать характер искомых переменных и исходных данных, вид связей в математической модели, количество критериев оптимальности. Проведенный анализ методов оптимизации [5-7] позволил их условно разбить на пять групп.

К первой группе отнесены аналитические методы, такие как метод множителей Лагранжа, Каруша-Куна-Таккера, вариационные методы и т.п. Данные методы оптимизации предполагают аналитическое задание целевой функции (1) и определение производной от нее, которую, в свою очередь, приравнивают к нулю. Методы данной группы применяют, когда количество искомых переменных невелико.

К основным недостаткам аналитических методов следует отнести, во-первых, их применение для задач с малым количеством искомых переменных, иначе возникает так называемый барьер многомерности, затрудняющий поиск решения. Следует отметить, что количество узлов распределительной сети промышленного предприятия, в которых могут устанавливаться КУ достаточно велико. Во-вторых, усложнение решения при большом числе ограничений и введении дополнительных неопределенных множителей, из-за которых увеличивается порядок системы уравнений. В-третьих, искомые параметры (величины)  $x_i$  системы (2) являются непрерывными переменными [8].

Вторая группа – это численные методы, к которым относятся методы покоординатного спуска, наискорейшего спуска, сопряженных градиентов, дихотомии, золотого сечения, Фибоначчи и другие. Численные методы решения оптимизационной задачи построены на точном или приближенном вычислении ее характеристик (значений целевой функции (1), ограничений (2), их производных), на основании которых строится приближение к решению задачи – искомой точке экстремума  $x^*$  или к множеству точек экстремума. Достоинством этих методов является то, что они основаны на вычислении значений целевой функции, следовательно, не требуют выполнения условия дифференцируемости и записи целевой функции в аналитическом виде. Однако указанное достоинство является и их недостатком – у численных методов малая скорость сходимости и существует вероятность закливания алгоритма поиска решения.

К третьей группе отнесены методы случайного поиска, в том числе метод Монте-Карло, методы статического градиента, методы статического наискорейшего спуска и другие. Данные методы предполагают введение

элемента случайности в алгоритм поиска решения. Область применения методов случайного поиска – оптимизационные задачи большой размерности, с множеством локальных экстремумов или не гладкостью целевой функции (1), т.е. те случаи, когда аналитические методы неприменимы. К достоинствам следует также отнести сравнительную простоту реализации алгоритма поиска решения.

Основными недостатками методов этой группы являются необходимость проведения большого числа итераций с целью получить решение, близкое к оптимальному, т.е. низкая скорость сходимости к точке экстремума, а также неопределенность в выборе условия остановки поиска.

К четвертой группе отнесен метод полного перебора. Он является самым простым методом для поиска экстремума целевой функции (1). К недостаткам данного метода следует отнести отсутствие приемов решения и алгоритмов мышления, кроме того необходимость проведения большого числа реализаций. Например, при  $n$  переменных (количество узлов распределительной сети), варьируемых на  $m$  уровнях (возможные варианты мощностей КУ), необходимо рассмотреть  $n^m$  вариантов.

К пятой группе отнесены методы искусственного интеллекта, одним из которых является генетический алгоритм (ГА). Генетический алгоритм, называемый «интеллектуальной» формой метода проб и ошибок, представляет собой эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации в различных областях и основанный на трех компонентах:

- генетической памяти, сконцентрированной в «хромосомах»;
- воспроизведении, осуществляемом при помощи операторов кроссинговера и мутации;
- селекции продуктивных решений методами оптимизации многоэкстремальных функций.

ГА, использующие элемент случайности, не относятся исключительно к методам случайного поиска, поскольку они успешно применяются в комбинациях с аналитическими методами или другими алгоритмами поиска оптимального решения.

Генетические алгоритмы имеют преимущества перед другими методами оптимизации при очень больших размерностях задач и отсутствия упорядоченности в исходных данных, когда альтернативой им является метод полного перебора вариантов. Возможность решения оптимизационной задачи в дискретных переменных с использованием ГА обусловлена тем, что на начальном этапе применения алгоритма необходимо дискретизировать пространство параметров целевой функции (1). Параметры  $x_i$  обычно кодируются бинарной строкой  $s$ .

На основании проведенного анализа методов оптимизации, выявленных достоинств и недостатков, в работе выдвинута гипотеза о целесообразности применения генетического алгоритма для решения задачи выбора мест размещения и мощности компенсирующих устройств. Дальнейшее

исследование необходимо направить на разработку соответствующего алгоритма и его программную реализацию.

#### Список литературы

1. Энергосбережение в системах промышленного электроснабжения: Справочно-методическое издание / Э. А. Киреева [и др.] ; под редакцией Э. А. Киреевой. – М. : «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик», 2014. – 304 с.
2. Железко, Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии / Ю.С. Железко. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
3. Ефременко, В. М. Выбор оптимальных способов компенсации реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий / В. М. Ефременко, Р. В. Беляевский, Н. В. Пономарев // Вестник Кузбасского технического университета. Энергетика. – 2011. - №5. – С. 81- 84.
4. Карагодин, В. В. Оптимизация размещения устройств компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях специальных объектов / В. В. Карагодин, Д. В. Рыбаков // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2015. – №10. – С. 823-828.
5. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи в электроэнергетике : учеб. пособие / В.Н. Костин. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 120 с.
6. Рейзлин, В. И. Численные методы оптимизации : учебное пособие / В. И. Рейзлин. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 105 с.
7. Ротиштейн, А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротиштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.
8. Семенова, Л.А. К вопросу выбора оптимальной мощности и мест размещения устройств компенсации реактивной мощности / Семенова Л.А., Инжеватова А.О., Салимов Р.М. // Энергетика: состояние, проблемы перспективы : труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса». – 2016. – С. 15-19.

# СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Семенова Н.Г., Лазебник С.С.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург

В настоящее время доля потребления электроэнергии жилыми районами, производственными секторами города значительно возросла. В виду того, что современные жилые дома, построенные по новым технологиям и отвечающие требованиям Smart House, относятся уже к 2 группе электроснабжения, то существующие системы электроснабжения не могут быть применены, так как они не соответствуют заявляемым техническим показателям. Поэтому актуальной и значимой становится задача модернизации систем электроснабжения районов города, которая непосредственно связана с прогнозированием электрических нагрузок.

Прогнозирование электрической нагрузки – важнейшая часть современной системы управления электропотреблением, которая реализуется в следующих вариантах: краткосрочный прогноз (от нескольких секунд до часа), оперативный прогноз (от часа до недели), среднесрочный прогноз (от недели до года), долгосрочный прогноз (от года до 20 лет). Прогноз нагрузок необходим для корректной работы текущего режима, рассмотрения оперативных диспетчерских заявок, связанных с отключением электроэнергетического оборудования для вывода в ремонт, для испытаний и т.п. [1].

Как отмечено в [2] формирование прогноза электропотребления чаще всего осуществляется в три этапа, рисунок 1.

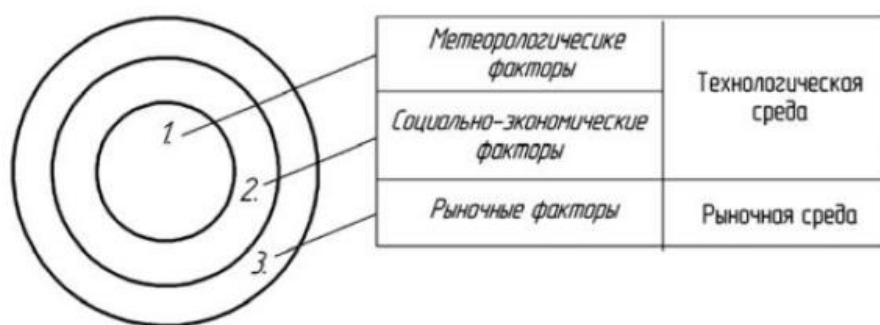


Рисунок 1- Основные этапы прогнозной модели электропотребления.

На первом этапе происходит учет метеорологических факторов, которые влияют на прогнозируемый график электропотребления. Основными метеорологическими факторами являются: температура воздуха, количество осадков и продолжительность светового дня.

На втором этапе учитывают социально-экономические факторы, к которым относятся ввод в производственный процесс и вывод

энергопотребляющих объектов, индивидуальные производственные программы предприятий, строительство новых жилых микрорайонов.

Третьим этапом формирования прогноза является учет факторов рыночной среды. Он производится на базе прогнозного графика, в котором уже учтены метеорологические и социально-экономические факторы.

В настоящее время существуют различные методы прогнозирования потребления электрической энергией как краткосрочных, так и долгосрочных. Однако предлагаемые методы не ориентированы на систематическое их применение, не разработана общая методология прогнозирования, позволяющая получать прогноз с необходимой степенью точности.

Анализ научно-технической литературы позволил авторам условно разделить существующие методы прогнозирования электропотребления на две группы.

### ***Классические методы прогнозирования электропотребления.***

#### **1) Аналитические методы.**

Аналитические методы на основе выявленных закономерностей (взаимосвязи объекта прогнозирования и факторов, влияющих на него) позволяют построить математическую модель, выраженную системой уравнений. По этой модели рассчитываются прогнозные значения исследуемого явления (например, уровня нагрузки) при тех или иных сочетаниях факторов прогнозного фона.

#### **2) Статистические методы.**

Статистические методы основаны на теории вероятности. В основном используется для прогнозирования стабильно функционирующих электроэнергетических объектах. Эти методы не применимы в случаях существенного (скачкообразного), динамического изменения электрической нагрузки.

### ***Интеллектуальные методы прогнозирования электропотребления.***

#### **1) Экспертные системы**

Экспертная система – это пакет прикладных программ, предназначенный для решения неформализованных задач на основе знаний о проблемной области и опыта специалистов, представленных множеством машинных процедур и описаний. Структуры экспертных систем в зависимости от отрасли применения различны, типовая структура экспертной системы представлена на рисунке 2.



Рисунок 2- Типовая структура экспертной системы.

В зависимости от вида используемых моделей на нижнем (исполнительном) уровне, интеллектуальные системы управления делятся на два класса: интеллектуальные системы логического управления и интеллектуальные регуляторы. В системах первого класса на исполнительном уровне используются логические модели, а в системах второго класса – модели традиционной теории автоматического управления.

## 2) Искусственные нейронные сети

Искусственные нейронные сети – это устройства, основанные на параллельной обработке информации всеми звеньями. Данные звенья могут обучаться в процессе работы и обобщают накопленные знания. Нейронным сетям присущи черты искусственного интеллекта.

Самая популярная архитектура искусственной нейронной сети для прогнозирования электрической нагрузки является архитектура прямого распространения. Эта сеть использует непрерывно оцениваемые функции и обучение с учителем. Фактические числовые данные весов, присваиваемые входам элементов определяются путем сопоставления архивных данных (например, время и погода) с заданными выходами (например, прогнозные данные нагрузки) во время обучения. Искусственные нейронные сети с неконтролируемым обучением не требуют предварительной оперативной подготовки.

В виду того, что в настоящее время приоритетным направлением в области модернизации электроэнергетики является разработка Smart Grid, поэтому в исследовании при решении задачи прогнозирования электрических нагрузок будут использованы методы искусственного интеллекта.

## Список литературы

1. Методы прогнозирования электропотребления в распределительных сетях, режим доступа: <http://electrical-engineering.ru/issues/2016/2016-1-1.pdf> (10.12.2016)
2. Соловьева И.А. Прогнозирование электропотребления с учетом факторов технологической и рыночной среды / И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Научный диалог. – 2013. – №7(19).
3. Долгосрочное прогнозирование электропотребления с помощью искусственных нейронных сетей, режим доступа: <https://portalenergetika.com/articles/27> (09.12.2016)

# **УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ**

**Семенова Н.Г., Андреев И.С.**  
**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,**  
**г. Оренбург**

Значительную долю в энергопотреблении городов составляет потребление электрической энергии на нужды освещения (до 40%), поэтому одной из основных задач электроэнергетики является разработка энергоэффективных систем внутреннего освещения производственных помещений. В настоящее время задача энергосбережения в установках внутреннего освещения осуществляется применением энергоэффективных светильников, которая позволяет добиться существенной экономии, однако не решает проблему в целом, так как система управления осветительными установками остается по-прежнему неэффективной.

В связи с этим целесообразно разрабатывать системы управления, как отмечено авторами в [1], с использованием методов искусственного интеллекта. В контексте данной работы предлагается осуществить управление мощностью осветительных установок на основе нечеткой логики [2].

Методы нечеткого вывода используются для аппроксимации функций, распознавания и классификации образов, моделирования и управления нелинейными объектами, принятия решений в условиях неопределенности. Наиболее широкое применение в этом направлении получил метод нечеткого вывода Мамдани [3]. Разработанный алгоритм Мамдани, основан на нечетком логическом выводе, который позволяет избегать чрезмерно большого объема вычислений. Основным достоинством алгоритма Мамдани является то, что он работает по принципу «черного ящика», для которого выделяют только входные и выходные параметры, не выделяя в явном виде математические методы построения «черного ящика», представляя его в виде некоторой аппроксимацией рассматриваемых процессов.

Целью данного исследования является разработка системы автоматизированного управления внутренним освещением производственного помещения на основе нечеткого вывода Мамдани.

Алгоритм Мамдани состоит из следующих этапов:

- 1) Фаззификация входных и выходных переменных;
- 2) Формализация базы правил;
- 3) Агрегирование подусловий;
- 4) Активация подзаключений;
- 5) Аккумуляция заключений;
- 6) Дефаззификация.

Рассмотрим операционные действия каждого этапа для поставленной задачи исследования.

1) В системе управления осветительными установками на этапе *фаззификации* происходит установление соответствий между значениями входной переменной и значение функции принадлежности соответствующего



ей состояния лингвистической переменной. В блоке нечеткого вывода происходит принятие решения, в соответствии со структурной схемой, на рисунок 1, на основе входных переменных «Освещенность» Е, и «Присутствие»

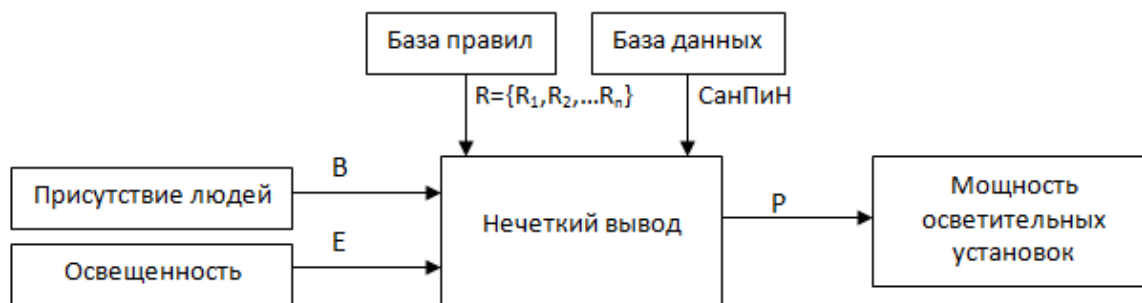


Рисунок 1 – Структурная схема АСУ осветительными установками

В соответствии со структурной схемой на рисунке 1 вводятся входные нечеткие множества  $A_1$  и  $A_2$ , определяемые следующим образом:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{B, \mu_{A_1}(B); B \in X_1\} \\ A_2 &= \{E, \mu_{A_2}(E); E \in X_2\} \end{aligned} \quad 1)$$

где В – входная переменная «Присутствие»;  
 $\mu_{A_1}(B)$  – функция принадлежности В к нечеткому множеству  $A_1$ ;  
 $X_1$  – множество значений переменной «Присутствие»;  
Е – входная переменная «Освещенность»;  
 $\mu_{A_2}(E)$  – функция принадлежности Е к нечеткому множеству  $A_2$ ;  
 $X_2$  – множество значений переменной «Освещенность».

Выходным нечетким множеством  $A_3$  является:

$$A_3 = \{P, \mu_{A_3}(P); P \in X_3\} \quad 2)$$

где Р – выходная переменная «Мощность»;  
 $\mu_{A_3}(P)$  – функция принадлежности Р к нечеткому множеству  $A_3$ ;  
 $X_3$  – множество значений переменной «Мощность»;

Для всех состояний входных и выходных переменных выбрана функция принадлежности на основе функции распределения Гаусса, как наиболее используемой при описании нечетких множеств.

Переменная «Присутствие» будет иметь следующие состояния и соответствующие им значения параметров выражения для функций принадлежности на интервале от 0 до 1: «отсутствуют» ( $a=0$ ;  $b=0,3$ ); «присутствуют» ( $a=1$ ;  $b=0,3$ );

Для входной переменной «Освещенность» на интервале от 0 до 300 люкс: «нулевая» ( $a=0$ ;  $b=10$ ); «очень низкая» ( $a=40$ ;  $b=10$ ); «низкая» ( $a=40$ ;  $b=10$ );

«средняя» (a=145; b=15); «выше средней» (a=210; b=15); «высокая» (a=300; b=25);

Для выходной переменной «Мощность» на интервале от 1 до 100%: «нулевая» (a=0; b=5); «очень низкая» (a=15; b=5); «низкая» (a=35; b=5); «средняя» (a=55; b=5); «выше средней» (a=75; b=5); «высокая» (a=100; b=5);

Соответствующие данным термам функции принадлежности для всех переменных изображены на рисунке 2.

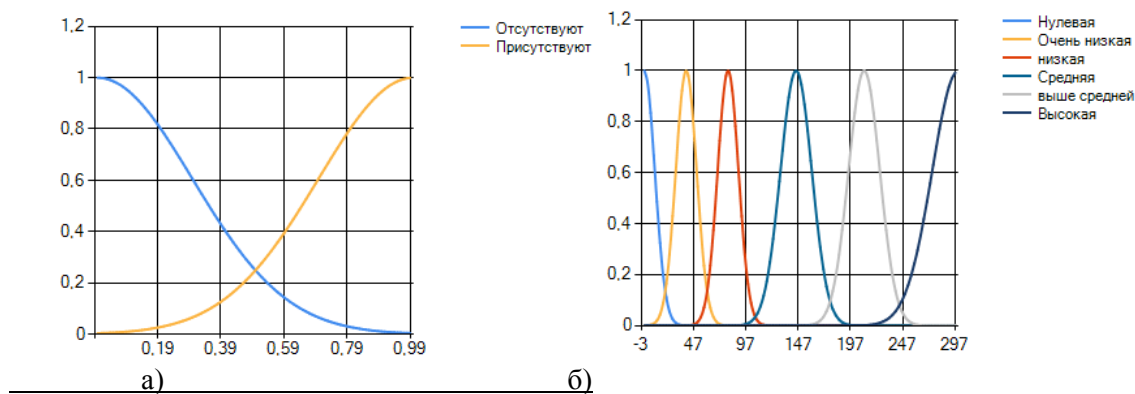


Рисунок 2 – Функции принадлежности лингвистических переменных:  
а) – присутствие; б) – освещенность

2) В соответствие с введенными состояниями, были рассмотрены примеры возможных комбинаций входных переменных и определено множество лингвистических правил  $R=\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ . Примеры разработанных правил:

R1 – Если «Присутствие» «отсутствуют» и «Освещенность» «нулевая», то «Мощность» «нулевая»;

R2 – Если «Присутствие» «присутствуют» и «Освещенность» «нулевая», то «Мощность» «высокая»;

R3 – Если «Присутствие» «присутствуют» и «Освещенность» «высокая», то «Мощность» «нулевая».

3) *Агрегирование* или процедура определения истинности условий по каждому из перечисленных правил системы нечеткого вывода.

Так как во всех правилах используется только операция «И», то агрегирование проводится по методу логической конъюнкции:

$$b_i = \min\{\mu(P), \mu(E)\}.$$

3)

4) В качестве метода вывода заключений (*активации*) используется метод минимального значения, выполняющий активацию логического заключения по формуле:

$$\mu_i(P) = \min\{c_i, \mu(P)\},$$

4)

где  $\mu(P)$  – функция принадлежности терма, являющегося значением выходной переменной  $P$ ;

$c_i$  – элемент множества  $C=\{c_i\}$ , который определяется, как алгебраическое произведение элементов  $b_i$  множества  $B$  и значений весовых коэффициентов  $F$  для каждого из правил системы нечеткого вывода.

5) *Аккумуляция* или процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных  $P=\{P_i\}$ , выполняется по формуле:

$$\mu_i(P) = \max\{\mu_i(P)\}, \quad 5)$$

где  $\mu(P)$  – функция принадлежности, полученная в результате активации лингвистических правил.

6) Дефаззификация или приведение к четкости осуществляет нахождение конкретного численного значения для выходной переменной. Результатом выполнения являются количественные значения выходной переменной «Мощность» в процентах. Дефаззификация выполняется по методу наибольшего модального значения:

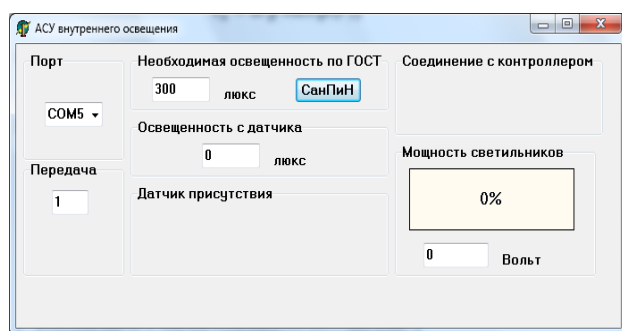
$$P = \max\{P_M\}, \quad 6)$$

где  $P_M$  – модальное значение нечеткого множества для выходной переменной  $P$  после аккумуляции, определяемая следующим образом:

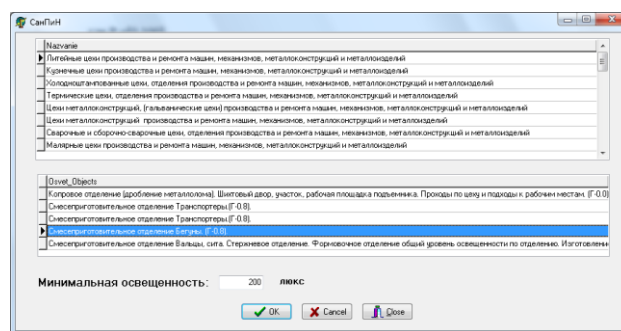
$$P_M = \arg \max\{\mu(P)\}, \quad 7)$$

где  $P = [0,100]$ .

Экранные формы разработанной АСУ внутреннего освещения на основе алгоритма Мамдани представлены на рисунке 3.



а)



б)

Рисунок 3 - Интерфейс программы: а) – Основная экранная форма; б) – Экранная форма «СанПиН»

Достоинствами разработанной АСУ на основе алгоритма Мамдани являются:

- управление освещением осуществляется по двум входным переменным;
- система осуществляет оперативный контроль освещенности производственного помещения в соответствии с нормативными значениями;
- определяет оптимальную мощность светильников, обеспечивая эффективный режим потребления электрической энергии.

#### *Список использованных источников*

1 Андреевко, И.С. Анализ существующих систем автоматизированного управления внутренним освещением / И.С. Андреевко, Н.Г. Семенова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). - Оренбург: Участок оперативной полиграфии ОГУ, 2016.- С. 457-461.

2 Усков А.А. Принципы построения систем управления с нечеткой логикой / А.А. Усков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 6. – С. 7-13.

3 Осипов, Г.С. Методы искусственного интеллекта / Г.С. Осипов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 296 с.

# **СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛЭП И ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ**

**Скрябина А.В.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Передача электроэнергии от станции к потребителям представляет собой одну из важнейших задач энергетики. Электрическая энергия экспортируется чаще всего по воздушным линиям электропередачи (ЛЭП), которые состоят из кабельных линий и оборудования для преобразования энергии и согласования с нагрузкой.

Высоковольтные воздушные линии электропередачи являются наиболее аварийным элементом в составе единой технологической цепи снабжения потребителей электроэнергией. Более половины всех перерывов в энергоснабжении обусловлено проблемами воздушных ЛЭП. Эффективность и надежность передачи энергии определяется состоянием сетей электроснабжения. Мониторинг ЛЭП позволяет решить многие проблемы в этой области.

Большую часть причин выхода ЛЭП из работы являются форсмажорными, и не могут быть предупреждены средствами оперативной диагностики.

Во время максимально-нагруженных режимов работы энергетической сети диспетчеру постоянно необходима информация о токовых нагрузках оборудования, для чего в этот период организуется круглосуточное дежурство, на модернизированных же подстанциях используются системы электронных мониторингов, которые находятся непосредственно в местах наиболее вероятного повреждения токоведущих частей. С помощью имеющихся каналов связи диспетчеру передается информация о токовых характеристиках на ВЛ и оборудовании единой энергетической сети.

При использовании интерактивных систем мониторингов отсутствует необходимость визуального наблюдения за ЛЭП. Поступающая информация с постов телеизмерений достаточна, своевременна и точна. Системы мониторингов гололедно-изморозевых отложений представляют собой только круглосуточное дежурство оперативного персонала на наиболее загруженных участках сети.

Многие сетевые компании используют по отдельности разные системы мониторингов ЛЭП и энергетического оборудования, более выгодно использоваться комплексные системы температурных, нагрузочных, токовых анализов.

Возможность определения тока и скорости увеличения температуры провода помогает предотвратить перегрев проводов и предоставляет

возможность увеличить нагрузку на линию для более эффективной, рациональной работы сети.

Пиковая эксплуатация передающей способности ВЛ может быть достигнута при наличии надежной информации о состоянии ЛЭП (включая данные о габаритах проводов до пересекаемых линий, до земли), а также достоверные данные о температуре проводов и плотности протекающего тока. Автоматизированный мониторинг относится к числу наиболее эффективных технологий проверки технического состояния элементов линий, трехмерного моделирования рельефа вдоль ВЛ.

База данных о технологическом состоянии исследованных линий позволяет всему персоналу сетевой компании в довольно короткие сроки обозначить проблемные участки сети. А также оперативные данные мониторинга состояния проводов позволяют управлять режимами работы ВЛ, которые получают благодаря применению автоматизированных систем контроля тока провода и его температуры, установленных на некоторых ВЛ.

Проектные параметры существующих ВЛ включают максимально допустимые и номинальные токовые нагрузки, определяющие пропускную способность. В большинстве случаев, исходя из экономической плотности тока, устанавливаются номинальные параметры.

Одной из важных задач безопасной и надежной эксплуатации воздушных линий является обеспечение нормативных значений габаритов проводов до объектов, пересекаемых ВЛ, и земли. Поэтому температурный мониторинг токовых нагрузок ВЛ и всего энергетического оборудования, оценку на основе данных контроля изменяющихся провесов и габаритов проводов до пересекаемых объектов и земли, выполняемая с учетом достоверных метеорологических условий, следует расценивать как необходимое условие успешного решения задачи по повышению базовый рейтингов существующих ЛЭП.

Из-за постоянного увеличения потребности в электрической энергии энергосистемы поневоле используют ЛЭП на пределе их электрофизических возможностей, а потребность в эффективности и безопасности кабелей имеет огромное значение для операторов, которым необходимо знать, что происходит вдоль трассы электропередач (неравномерный нагрев, предельная раскачка проводов, обледенение, критический провес). Системы мониторинга воздушных электросетей ЛЭП предоставляют возможность дополнительных функции, позволяя увеличить результативность передачи электроэнергии и уменьшить потери. Автоматизированные системы мониторинга не только позволяют повысить надежности транспортировки электрической энергии, но и способствуют снижению расходов на обслуживание ЛЭП за счет более оперативного и точного определения аварийных элементов, а также прогнозирования проблемных моментов на энергомагистралях. Использование автоматизированных систем мониторингов электросетей в настоящее время стало особенно актуальным в России, потому как, во-первых, значительно возросла стоимость ремонта элементов ЛЭП и оборудования, просто

производства при крупных авариях, а во-вторых — из-за уменьшения надежности энергосистемы ввиду сильного износа как проводящих линий, так и используемого энергооборудования.

Единая энергетическая система ЛЭП должна быть готова противодействовать даже самым крупным непредвиденным аварийным ситуациям, то есть потере большого количества составных элементов сети. На самом деле, это означает, что потенциалы главных частей энергосети ограничены показателями линий всех напряжений, образующих единую систему. Из-за факторов дробления нагрузки, применение показателей реального времени к кажущимся незначительными линиям может позволить увеличить пропускную способность всех линий, что во много раз выше, чем имеющийся потенциал уже существующих линий.

#### *Список литературы*

1. Левченко, И. И. *Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи : учеб. пособие / И. И. Левченко, А. С. Засыпкин, А. А. Аллилуев, Е. В. Сацук.* – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 448 с.

2. Хабибулли, М. С. *Опыт усовершенствования и разработки новых принципов телеизмерений токовых нагрузок на проводах ВЛ-110 500 кВ. / М. С. Хабибулли // Вторая научно-технической конференция молодых специалистов электроэнергетики.* – Москва, 1999.

3. Костиков, И. *Система мониторинга САТ-1 — повышение пропускной способности и надежности в ЛЭП / И. Костин // Энергетика.* – 2011. – № 3 (38).

4. Самарин А. *Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП / А. Самарин, Д. Рыгалин, А. Шкляев // Естественные и технические науки.* – 2012. – № 1, 2.

5. СО. *Правила отображения технологической организации.* – 2015–04–13. – Москва: АО «СО ЕЭС». 2015. – 126 с.

6. Урьев Е. *Проблемы создания систем технической диагностики турбин / Е. Урьев, Ю. Агапитова // Теплоэнергетика.* – 2001. – № 11

7. Юрьев Е. *Концепция и реализация систем технической диагностики энергетического оборудования / Е. Урьев, Ю. Агапитова, А. Сбитнев, С. Евдокимов // Проблемы вибрации и диагностики оборудования электростанций: Сборник докладов. М.: ВТИ, 2001.*

# **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ОЧИСТКЕ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА**

**Соколов В.Ю., Саитбатталов Р.Р.  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург**

Тема моего научного исследования предполагает внедрение устройства по очистке трубопроводов с использованием электрогидравлического эффекта. Известно, что уже при толщине отложений на стенках труб от 1,5 до 2 мм резко снижается коэффициент и возрастают потери основного технологического продукта. Увеличение толщины отложений приводит к зарастанию проходного сечения труб от 20 до 100% и необходимости выведения из технологического цикла для ремонта.

Изучение проблемы очистки труб показало, что особенно остро стоит вопрос удаления прочных отложений с пределом прочности на сжатие. В странах СНГ в этом случае одновременно применяют несколько способов: размягчение отложений химическим способом (например, с помощью раствора соляной кислоты или углеводородных растворителей) и последующее удаление отложений (доочистка) механическим способом (бурами, ершами, шарошками и пр.) или гидромеханическим способом – струей воды высокого давления (от 15 до 70 МПа).

Однако химический способ экологически грязен, а травильные растворы могут вызвать коррозию материала труб. У механического способа недостаточная полнота очистки (60–70% от начальной массы прочных отложений), большая доля ручного труда, низкая производительность и пр. Гидромеханический способ также не обеспечивает требуемую полноту очистки прочных отложений. Кроме того, этот способ энергоемкий, металлоемкий и не исключает ручной труд. Все это свидетельствует о необходимости разработки и исследования новых высокопроизводительных, экологически чистых способов очистки труб, позволяющих механизировать и автоматизировать этот процесс.

Особенности процесса электрогидравлического эффекта очистки труб от отложений имеет ряд существенных особенностей по сравнению с другими технологическими процессами, использующими электрический разряд в жидкости, в том числе:

- необходимость введения высоковольтного электрода внутрь трубы и перемещения его вдоль всей длины трубы;
- невозможность обеспечения оптимальной длины разрядного промежутка во многом определяется диаметром проходного сечения трубы и толщиной слоя отложений;
- требуемая величина энергии для разрушения отложений может превышать прочностные характеристики материала труб;



- требование по минимизации диаметра изоляции электрода из-за малых величин остаточных проходов в отложениях входит в противоречие с необходимостью обеспечения высокой электрической прочности изоляции электрода;

- сложность удаления разрушенных отложений из-за малого диаметра (20-70 мм) и большой длины (до 9 м) труб;

- большая вероятность пробоя на стенку трубы по торцу изоляции электрода, что приводит к быстрому износу;

- ограниченное время действия гидропотока, по сравнению с разрядом в больших объемах жидкости, из-за малого объема воды в зоне разрушения отложений и пр.

Все это свидетельствует о том, что для широкого внедрения в производство ЭГЭ очистки труб от прочных отложений необходимо решить ряд прикладных научных, технологических и конструкторских задач.

По работам студентов и сотрудников кафедры электро- и теплоэнергетики электроэнергетического факультета Оренбургского государственного университета предложено устройство эффективно решающих задачи очистки трубопроводов от отложений.

Принцип работы, предлагаемого нами устройства основан на электрогидравлическом эффекте Л.А.Юткина(Рисунок 1).

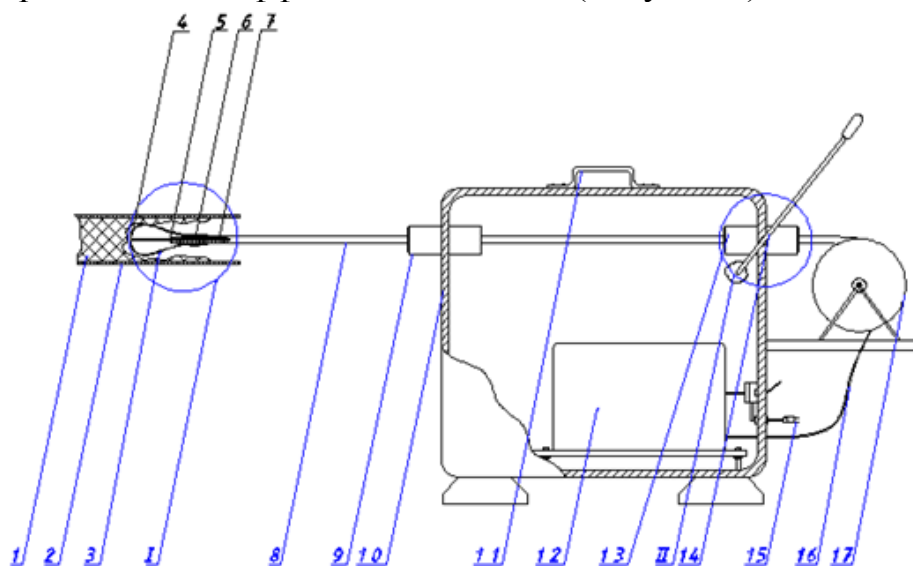


Рисунок 1- Электрогидравлическое устройство для очистки труб

1-внутритрубные отложения; 2-трубопровод; 3-жесткий электрод каплевидной формы; 4-рабочий искровой промежуток из электродов каплевидной формы; 5-центральная жила; 6-байонетное соединение; 7-токопроводящая оплетка; 8-коаксиальный кабель; 9-штука для поддержания коаксиального кабеля; 10-корпус; 11-ручка; 12- блок генерации импульсов (блок юткина); 13-зажимной механизм; 14-рычаг управления зажимным механизмом; 15-кабель электропитания; 16-гибкий электрод, расположенный внутри коаксиального кабеля; 17-катушка с механизмом размотки коаксиального кабеля.

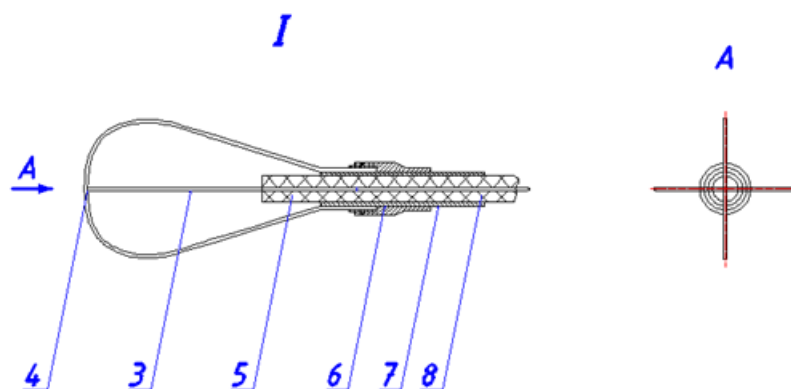


Рисунок 2 – Очистной инструмент

3-жесткий электрод каплевидной формы; 4-рабочий искровой промежуток из электродов каплевидной формы; 5-центральная жила; 6-байонетное соединение; 7-токопроводящая оплетка; 8-коаксиальный кабель.

II

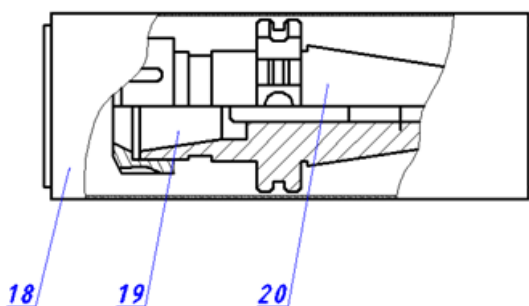


Рисунок 3 – Зажимной механизм

18-втулка для поддержания коаксиального кабеля; 19-зажимная цанга; 20-патрон зажимной цанги.

Устройство работает следующим образом.

Рабочий конец коаксиального кабеля 8 помещают в трубопровод 2, внутри которого внутритрубные отложения 1. Положительный полюс блока генерации импульсов 12 соединяют с центральной жилой 5, а отрицательный - с токопроводящей оплеткой 7. При подаче импульсов тока через гибкий электрод, расположенного внутри коаксиального кабеля 16, между концами центральной жилы 5 и вершинами жестких электродов единой каплевидной формы 3 происходят "осевые" искровые разряды и возникают электрогидравлический удары, действием которых осуществляется ударное возбуждение и очистка трубопровода 2 от внутритрубовых отложений 1. Вода, подаваемая в трубопровод, удаляет загрязнение, отделенные со стенок. Передвижение очистного инструмента внутри трубопровода осуществляется механически при помощи зажимного механизма 13 и рычага для управления зажимным механизмом 14.

Продвигая кабель вперед по трубе, вручную, осуществляют непрерывную очистку стенок трубы.

Поскольку петли данного устройства, практически не экранируют действие электрогидравлических ударов ни в стороны, ни вперед, устройство энергично очищает себе путь для свободного продвижения по трубе.

Предлагаемая установка позволяет интенсифицировать процесс очистки и повысить его качество за счет простоты, надежности и эффективности конструкции.

Наша же задачей является сделать эту установку автоматизированным, чтоб процесс был использован без ручного труда человека, для этого нам придется разработать план по модернизации процесса.

Таким образом, тема научного исследования «Автоматизированный энергетический комплекс по очистке трубопроводов с использованием электрогидравлического эффекта» является значимой и актуальной.

#### *Список литературы*

1. Юткин Л. А. Перспективы применения электрогидравлической обработки — В кн. Новое в электрофизической и электрохимической обработке материалов М ; Л Машиностроение, 1966, с 249—270
2. Юткин Л. А. Электрогидравлическое дробление Л. ЛДНТП, ч 1, 1959.
3. Юткин Л. А. Электрогидравлическое дробление Л ЛДНТП, ч 2, 1960.
4. Юткин Л. А. Электрогидравлическая обработка металлов — В кн. Электроразрядная обработка материалов. Л Машиностроение, 1971, с 197—252
5. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект М , Л • Машигиз, 1955.
6. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в горном деле — Строительные материалы, изделия и конструкции, 1955, № 9.
7. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и некоторые возможности его применения Л ЛДНТП, 1959.
8. Соколов В.Ю. и Есов И.Е. Определение интенсивности коррозии и способы устранения отложений/ VIII Всероссийская научно – техническая конференция «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы».2016
9. Соколов В.Ю. и Есов И.Е. Электрогидравлическое устройство для очистки труб/ Национальная ассоциация ученых/2016/ том №17 , с.45-47.

# **ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Степанов А.В., Соколов В.Ю.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Данная работа посвящена вопросу о целесообразности размещения тригенерационных установок в Оренбургской области, так как нынешние способы получения таких видов энергии как, электрическая, тепловая и холодильная, в данный момент времени, имеют ряд недостатков, а именно разделение процессов получения таких видов энергии на отдельные установки и сравнительно низкий КПД.

При использовании когенерации в теплый период года возникает проблема с полезной утилизацией тепловой энергии. Необходимость в отоплении отсутствует, поэтому вся излишняя тепловая энергия зачастую выбрасывается в окружающую среду, что значительно снижает КПД таких установок. Эта проблема решается при использовании тригенерации.

Тригенерация - это получение одновременно трех видов энергии: электрической, тепловой и холодильной. Достигается это путем присоединения к обычной когенерационной электростанции абсорбционной холодильной установки. Образование холода происходит посредством использования тепловой энергии, а не электрической. В зимний период времени вырабатывается тепловая энергия для обогрева, в летний период можно осуществлять охлаждение помещений [1].

Преимущества тригенерационных установок по сравнению с когенерационными:

- высокая эффективность использования топлива;
- возможность выработки холода;
- отсутствие применения принудительного охлаждения, тем самым экономия электроэнергии;
- получение энергоносителя для системы кондиционирования;
- возможность выборочного использования либо тепловой, либо холодильной энергии в зависимости от времени года;
- одновременное использование электрической тепловой и холодильной энергии, как для собственных нужд, так и для продажи;
- хорошие экологические параметры
- снижение себестоимости электроэнергии для конечных потребителей за счет сведения до минимума расходов на выработку и транспорт [2].

Использование абсорбционных установок в системах тригенерации дает возможность:

- Уменьшения расходов на техническое обслуживание, так как в них отсутствуют подвижные механизмы, что приводит к минимальному уровню износа;

- Низкую себестоимость холодильной энергии благодаря высокому коэффициенту полезного действия абсорбционной холодильной установки;
- бесшумность работы абсорбционной холодильной установки [2].

Высокая степень экологичности достигается за счет использования в качестве хладагента воды, а в качестве топлива газ.

Пример тригенерационной установки, сочетающей когенерационную установку с абсорбционной холодильной машиной, позволяющей использовать для охлаждения избыток тепла горячей воды представлен на рисунке 1.

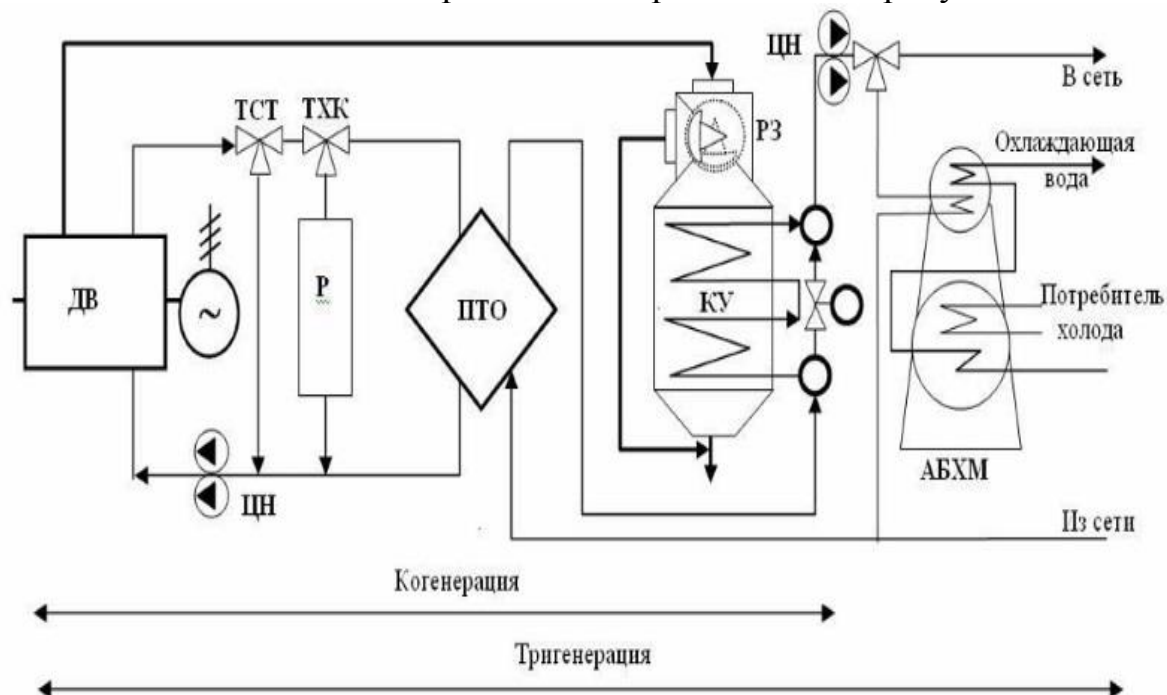


Рисунок - 1. Упрощенная принципиальная схема тригенерации на базе ГПА с блоком утилизации тепла с КУ вне контура двигателя

ДВ - двигатель; КУ - котел-утилизатор; Р - радиатор; РЗ - регулирующая заслонка; ПТО – промежуточный теплообменник; ТСТ – термостат; ТХК – трехходовой клапан; ЦН - циркуляционный насос [3].

Существует два направления применения тригенерации – районное и промышленное. Под районной тригенерацией подразумевается кондиционирование жилых зданий, промышленных предприятий, коммерческих объектов. Кондиционирование проводится с помощью систем коллективного пользования. Для этого используется канальная система, воздуховоды, которые скрываются под внутренней отделкой здания. Так же можно использовать и стандартное кондиционирование с установкой одного мощного внешнего блока, но затраты электроэнергии будут непозволительно велики.

При использовании в районном кондиционировании наиболее предпочтительно применение абсорбционных охладителей (чиллеров), легко интегрирующихся с когенерационным оборудованием. Преимуществом

становится удовлетворение сезонной потребности кондиционирования, уменьшение затрат и повышение коммерческой привлекательности.

Расположение чиллеров может быть централизованным вместе с общей когенерационной системой, или удаленным на определенное расстояние с установкой на территории потребителя. Районное кондиционирование с помощью тригенерационных систем предусматривает охлаждение помещений, общая площадь которых составляет от 300-400м<sup>2</sup> и более.

Промышленное кондиционирование распространяется, как на сферы пищевой, химической промышленности, так и на поддержание определенной температуры жидкости, рабочих процессов в лабораториях, деятельность которых связана с бурильными работами, либо энергоснабжением нефтедобычи [1].

Коэффициент полезного действия тригенерационной установки от 86-92%.

Значительно больший коэффициент полезного действия был достигнут при использовании двигателя Стирлинга типа гамма с электрическим коэффициентом полезного действия - 0,35-0,38, а тепловой - 0,28-0,36, коэффициент полезного действия абсорбционной холодильной машины составляет 0,31-0,33. И тогда суммарное получение энергии становится близко к единице [2].

Из выше сказанного становится понятно, что наиболее привлекательным вариантом для использования тригенерационных установок является области с ярко выраженными изменениями температуры в зависимости от времени года, где существует необходимость использования и тепловой и холодильной энергии.

Климатические условия Оренбургской области очень хорошо подходят для использования тригенерационных установок.

Зима в Оренбургской области довольно холодная, до - 43 °С охлаждается воздух.

Лето - засушливое и жаркое, с температурой воздуха от + 30 °С до +40 °С [4].

В связи с такими климатическими условиями появляется потребность, как в холодильной, так и в тепловой энергии, поэтому использование тригенерационных установок в Оренбургской области считаем актуальным.

#### *Список литературы*

1. <http://www.ngenergo.ru/blog/trigeneratsiya/>
2. Фирсова, Е.В. Использование двигателя Стирлинга в тригенерационном цикле/ Е.В. Фирсова, В.А. Соколов// *Фундаментальные исследования*, 2012.-№3.-С.141-144.
3. <http://www.powercity.ru/catalog/trigeneratsiya/>
4. [http://56orb.ru/avto-v-orenburge/avtoobzor/klimaticheskie\\_i\\_pogodnye\\_usloviya\\_orenburga.html](http://56orb.ru/avto-v-orenburge/avtoobzor/klimaticheskie_i_pogodnye_usloviya_orenburga.html)

# **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

**Студенихина И.В.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

В данной статье рассматриваются вопросы о проблемах увеличения эффективности регулирования напряжения в распределительных сетях промышленных предприятий. Раскрываются вопросы о методах регулирования напряжения.

Компенсация реактивной мощности, групповое регулирование напряжения, методы снижения потерь.

Рассматриваемая проблема по увеличению эффективности регулирования напряжения в распределительных сетях промышленных предприятий, является важной научно - технической задачей, решить которую позволит приближение уровня напряжения в системе к оптимальному, вследствие этого будет достигнуто уменьшение потерь электрической энергии, если будет достигнуто соблюдение норм ее качества как в удаленных точках электрической сети, так и на шинах главных понизительных подстанций.

Одним из самых лучших методов уменьшения потерь электрической энергии считается групповое регулирование напряжения, оно достижимо при регулировании коэффициента трансформации силовых трансформаторов под нагрузкой. Так же, чтобы достичь, поставленную задачу в сети нужно принимать во внимание следующее: распределение нагрузки и режимы ее работы в электрической сети, протяженность отходящих линий, мощность потребителей, регулирующие эффекты по напряжению, наличие и состав локальных устройств регулирования и компенсации отклонения напряжения.

Формирование главных требований к режимам электроснабжения электрооборудования и качеству электрической энергии состоит из электросетевого распределительного комплекса, состава нагрузок и особенности технологического процесса промышленных предприятий.

Так же, ограничение объема средств измерения и передачи информации об электропотреблениях некоторых электроустановок не дает возможность во время поддерживать уровень напряжения на шинах понизительной подстанции при вариации структуры и параметров нагрузки.

Актуальным являются решения задач по поддержанию уровня напряжения в системе электроснабжения ПП на стабильном уровне с использованием средств группового регулирования напряжения в настоящий момент времени, что дает возможность уменьшить до минимума потери электрической энергии в распределительных сетях и уменьшить электроэнергетическую составляющую себестоимости конечного продукта промышленных предприятий.

Все методы, которые существуют по регулированию напряжения в сетях предприятий по добычи нефти, используют групповое регулирование

напряжения, как основной метод регулирования на шинах главной понизительной подстанции (ГПП), регулируют потоки реактивной мощности и иногда изменяют сопротивление системы.

Уменьшение потерь напряжения достигается путём:

- изменения сечения проводников линий электропередач ( $R$ ) из-за потерь напряжения;
- изменения реактивного сопротивления в следствии последовательного включения конденсаторных установок ( $X_c$ ), другими словами за счет использования продольной емкостной компенсации реактивного сопротивления системы ( $X$ ).
- изменения реактивной мощности после того как подключат конденсаторные батареи и синхронные электродвигатели, которые работают в режиме перевозбуждения ( $Q_c$ ), то есть за счет компенсации реактивной мощности в системе ( $Q$ ).

Потери электрической энергии уменьшаются в следствии изменения величины напряжения на шинах ГПП с использованием группового регулирования.

Из проведённого анализа регулирующих методов можно сделать вывод, что в системах электроснабжения предприятий нефтедобывающего комплекса, самым эффективным методом регулирования является изменение коэффициента трансформации силовых трансформаторов. В этом методе существует возможность регулировать коэффициент трансформации в пределах 10– 20%. Использование устройства автоматического регулирования коэффициента трансформации в зависимости от величины нагрузки — устройств регулирование под нагрузкой (РПН) позволяет изменять напряжение.

Главные принципы регулирования напряжения трансформаторами с РПН:

- стабилизация напряжения на выводах подстанции (рисунок 1.3А),
- стабилизация напряжения на выводах подстанции по заданному графику (рисунок 1.3Б)
- работа согласно принципу встречного регулирования (рисунок 1.3В).

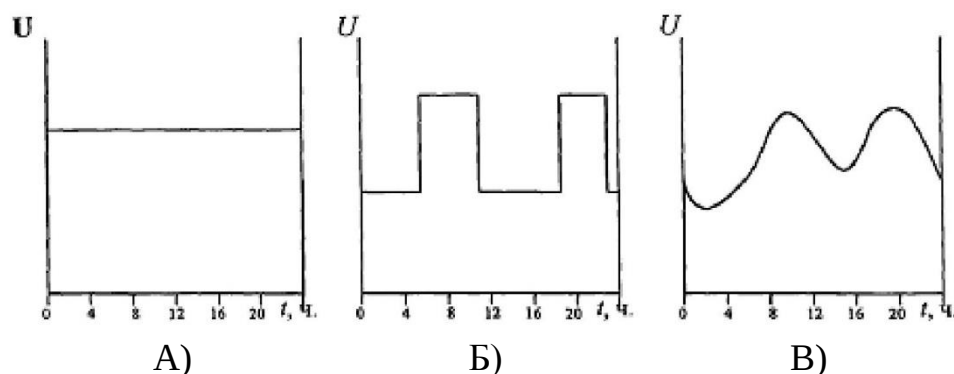


Рисунок 1.1 - Графики напряжений при различных законах управления



Использование принципа стабилизации напряжения, то есть когда в одно и то же время для одних нагрузок необходимо увеличить напряжение, а для других - наоборот, понизить, возможно если к шинам подстанции подключены нагрузки с резко различающимися графиками потребления энергии.

Применение стабилизации напряжения используется при регулировании напряжения на подстанциях и в некоторых случаях для регулирования напряжения у некоторых электрических приемников.

Под регулированием напряжения в зависимости от тока нагрузки понимается принцип встречного регулирования. Под данным видом регулирования понимается увеличение напряжения с увеличением нагрузки. В момент максимальных нагрузок для компенсации потерь напряжения, значение его на питающей подстанции поддерживается на 5-10% больше номинального значения, а в период минимальных нагрузок - меньше номинального.

Изменение напряжения может быть осуществлено на подстанциях с помощью трансформаторов, в которых имеется устройство переключения отпаяк на обмотках с различными коэффициентами трансформации - переключение без возбуждения (ПБВ), другими словами трансформатор должен быть отключен от сети.

#### *Список литературы*

1 *Оптимальная компенсация реактивной мощности в электротехнических комплексах нефтегазодобывающего комплекса / Д.Н. Нурбосынов [и др. ] // Промышленная энергетика, 2010. - N 2. - С. 40-44.*

2 *Ермилов, И. В. Проектирование и создание оптимальной батареи емкостной компенсации для мобильных испытательных комплексов / И. В. Ермилов // Электротехника, 2013. - № 6. - С. 9-14.*

3 *Конюхова, Е. А. Оптимальная степень компенсации реактивной мощности в электрических сетях до 1 кВ при радиальной схеме электроснабжения напряжением 10 кВ / Е. А. Конюхова, С. А. Токарев // Промышленная энергетика, 2007. - N 4. - С. 31-35.*

4 *Мамедяров, О. С. К вопросу о выборе компенсирующих устройств в распределительных сетях / О. С. Мамедяров, Н. Ф. Зарбиева // Промышленная энергетика, 2009. - N 2. - С. 38-41. - Библиогр.: с. 41 (2 назв. ).*

5 *Гамазин, С.И. Современные способы повышения надежности электроснабжения потребителей напряжением 10, 6 и 0,4 кВ / С. И. Гамазин, В. М. Пупин, Р. В. Зелепугин, А. Р. Сабитов // Промыш-ая энергетика. – 2008. - №8. - С. 20-23.*

6. *Абрамович, Б.Н. Показатели регулирования режима напряжения в системах электроснабжения / Б.Н. Абрамович, В.В. Полищук, А.Н. Евсеев // Автоматическое управление энергообъектами ограниченной мощности: сб. статей. - Л.,1991. - С.57-60.*

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПО ДВУСТОРОННЕМУ ИЗМЕРЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА НА ЛИНИИ 110 кВ**

**Суворин А.Ю.**  
**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,**  
**г. Оренбург**

Для электрических установок возможны 4 режима работы: нормальный, аварийный, послеаварийный и ремонтный. Аварийный режим является кратковременным режимом, а остальные - продолжительными режимами.

Электрическое оборудование выбирается по параметрам продолжительных режимов и проверяется по параметрам кратковременных режимов, наиболее важным из которых является режим короткого замыкания, поэтому в данной статье рассмотрим именно этот режим.

Последствия коротких замыканий:

1. Тепломеханические повреждения электрического оборудования;
2. Пожары в электрических установках;
3. Снижение уровня напряжения в сети, ведущее к недовыработке продукции на промышленных предприятиях, остановам производств, нарушениям электроснабжения потребителей сферы ЖКХ;
4. Выпадение из синхронизма генераторов, электростанций и частей электрической системы, возникновение аварий, которые могут привести к каскадному отключению электрической системы.
5. Электромагнитное влияние на линии связи.

До появления в энергетике приборов определения места повреждения (вторая половина XX века) выявление мест повреждения линий электропередач и их поиск, проводились путем обходов или объездов. Это занимало много времени, ввиду того, что линии электропередач имеют большую протяженности и часто расположены в труднодоступной местности. В связи с этим появилась острая необходимость в методах и средствах определения места повреждения (ОМП) на линии электропередач.

В данной статье рассмотрен метод, позволяющий определить место КЗ на воздушной линии 110 кВ. Теория двустороннего определения места короткого замыкания (ОМКЗ) поясняется с помощью рисунка 1, на котором приведена схема одноцепной линии. В виду того, что короткое замыкание создает в ЛЭП участок поперечной несимметрии, расчет токов и напряжений ЛЭП осуществим на основе метода симметричных составляющих. В этом случае схема замещения нулевой последовательности имеет вид, рисунок 2, а эпюра напряжений этой последовательности - рисунок 3. Как видно из рисунка 3 максимум напряжений будет приходится непосредственно на участке поперечной несимметрии, а именно в точке в точке КЗ.

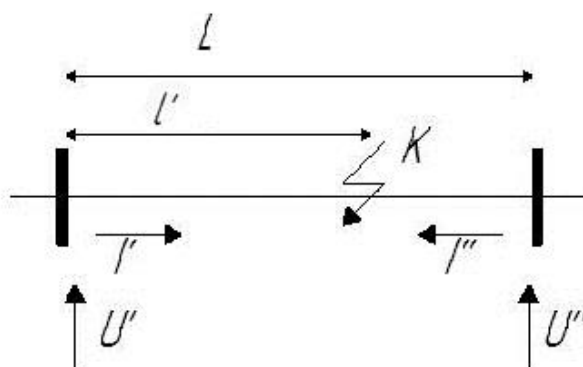


Рисунок 1- Схема одноцепной линии

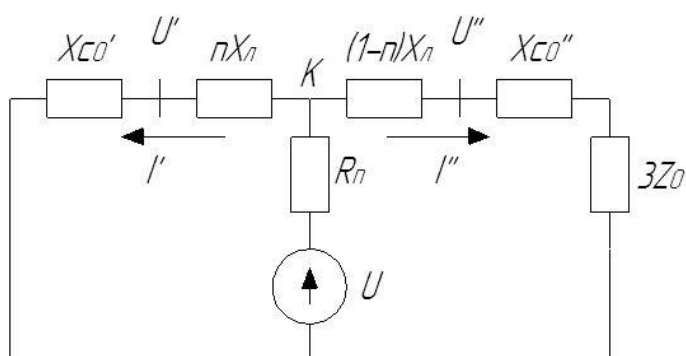


Рисунок 2- Схема замещения нулевой последовательности

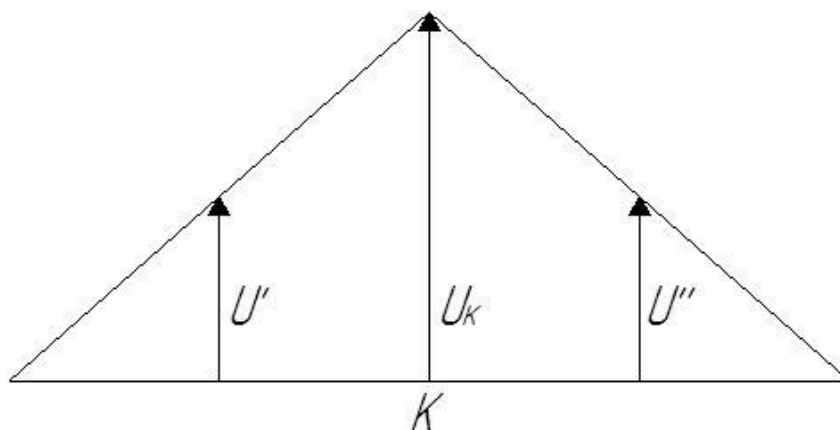


Рисунок 3- Эпюра напряжений нулевой последовательности

В контексте данной работы считаем известными четыре значения:  $U', I'$ - напряжение и ток со стороны СТЭЦ,  $U'', I''$ - напряжение и ток со стороны КТЭЦ, которые определяются комплексом приборов для снятия показаний тока и напряжения нулевой последовательности. На основании схемы замещения, рисунок 2 и применения второго закона Кирхгофа нами получены следующие выражения для напряжений в точке КЗ при движении "слева" и "справа" (от шин СТЭЦ до шин КТЭЦ) к точке КЗ:

$$U_k = U' + I' \cdot nX_{\text{Л}}, \quad (1)$$

$$U_k = U'' + I'' \cdot (1 - n)X_{\text{Л}}. \quad (2)$$

где  $X_{\text{Л}}$  - сопротивление линии в схеме нулевой последовательности;

$nX_{\text{Л}}$  - сопротивление от левого конца линии до места КЗ. Выражения записаны для модулей, в них не учтен сдвиг по фазе между током и напряжением;

$n = l'/L$  - отношение длины до точки КЗ от шин СТЭЦ к полной длине линии электропередач.

Приравнивая правые части выражений и решая полученное уравнение относительно  $nX_{\text{Л}}$ , получаем:

$$U' + I' \cdot nX_{\text{Л}} = U'' + I'' \cdot (1 - n)X_{\text{Л}}, \quad (3)$$

$$nX_{\text{Л}} \cdot (I' + I'') = U'' - U' + I'' \cdot X_{\text{Л}}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) определяем расстояние до места КЗ:

$$nX = \frac{U'' - U' + I'' \cdot X_{\text{Л}}}{(I' + I'')}. \quad (5)$$

$$l' = n \cdot L = \frac{nX_{\text{Л}}}{X_{\text{уд}}}. \quad (6)$$

где  $X_{\text{уд}}$  - сопротивление одного километра линии в схеме нулевой последовательности;

$L$  - полная длина линии.

$$l' = \frac{U_0'' - U_0' + I_0'' \cdot X_{0\text{уд}} \cdot L}{(I_0' + I_0'') \cdot X_{0\text{уд}}}. \quad (7)$$

Полученное выражение было экспериментально апробировано для воздушной линии 110 кВ Сакмарская ТЭЦ (СТЭЦ)- Каргалинская ТЭЦ (КТЭЦ) СТЭЦ-КТЭЦ №2.

Длина воздушной линии 110 кВ (СТЭЦ-КТЭЦ) составляет 27,15 км. Удельное реактивное сопротивление провода АС-120(19)  $X_{\text{уд}} = 1,281$  Ом/км. Напряжение на шинах СТЭЦ  $U_{\text{СТЭЦ}} = 89,5$  кВ, на шинах КТЭЦ  $U_{\text{КТЭЦ}} = 75,3$  кВ. Ток короткого замыкания со стороны СТЭЦ:  $I_{\text{кСТЭЦ}} = 5,354$  кА. Ток короткого замыкания со стороны КТЭЦ:  $I_{\text{кКТЭЦ}} = 3,851$  кА.

По формуле (7) определяем расстояние от шин СТЭЦ до точки КЗ:

$$l' = \frac{75,3 - 89,5 + 3,851 \cdot 1,281 \cdot 27,15}{(3,851 + 5,354) \cdot 1,281} = 10,154 \text{ км.}$$

В данной статье был предложен метод определения расстояния до точки КЗ, основанный на методе симметричных составляющих и двустороннего измерения значений токов и напряжений аварийного режима на линии 110 кВ Сакмарская ТЭЦ- Каргалинская ТЭЦ. Предложенный метод апробирован на практике. Погрешность определения расстояния до точки КЗ составляет 5,4%.

#### *Список литературы*

1. *Электроснабжение промышленных предприятий: метод. пособие к курс. проекту по курсу ЭПП / Б. И. Кудрин, В. И. Чиндяскин, Е. Я. Абрамова. - Оренбург : ОГУ, 2000. - 124 с.*

2. *Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Издание 6, 7 - Новосибирск: Новосиб. ун - т; 2007-854 с.*

3. *Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.*

# **РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В КУРСЕ ТОЭ**

**Ушакова Н.Ю.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Инженерное образование России переживает очередной этап обновления, Приоритетным становится подготовка кадров с учетом требований профессиональных стандартов и запросов работодателей. Очередной раз актуализируются федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования, обновляется перечень и содержание универсальных и общепрофессиональных компетенций. Минобрнауки даже рассматривает возможность проведения государственной итоговой аттестации выпускников инженерных направлений в форме демонстрационного экзамена, который даст возможность оценить результаты освоения образовательной программы в условиях, моделирующих реальную производственную ситуацию.

Однако министр образования России О. Васильева на одной из последних встреч отметила, что главную задачу высшего образования нельзя рассматривать только как поставщика кадров под текущие потребности рынка труда. По словам министра, вузы должны идти на опережение, давать поступательное развитие процессам в бизнесе и социальной сфере, а не только отвечать на запросы бизнеса.

В связи с этими требованиями и должна сегодня формироваться образовательная программа по инженерным направлениям. Совокупность компетенций и запланированных результатов обучения по дисциплинам и практикам должна быть такой, чтобы обеспечить выпускнику:

- 1) способность осуществлять профессиональную деятельность в различных областях и сферах деятельности, определённых ФГОС;
- 2) способность к освоению и применению новых знаний в профессиональной деятельности;
- 3) способность к научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе с целью разработки новых объектов, технологий с учетом последних достижений науки и техники.

Подготовка выпускника новой формации требует усилий от преподавателей всех дисциплин, запланированных учебным планом. Особое внимание должно быть направлено на одаренных студентов, мотивированных не просто на получение оценки, а на развитие и практическое применение своих способностей. Ведущую роль в этом процессе должна играть научно-исследовательская работа студентов (НИР) /1/.

Как правило, активное занятие НИР начинается на старших курсах, когда студенты приступают к изучению специальных дисциплин и могут участвовать в выполнении грантов и реальных научных проектов, ведущихся на выпускающих кафедрах. Изучение же курса ТОЭ, являющегося базой для всех

электротехнических дисциплин, ведется на 1-2 курсе, когда знаний у большинства студентов недостаточно для выполнения серьезных научных работ. В этом случае целью НИР является развитие исследовательских компетенций студентов и навыков исследовательской работы в профессиональной области.

При изучении курса ТОЭ эта цель реализуется посредством введения в стандартные расчетные задания, курсовую работу, лабораторные работы исследовательских модулей различного уровня.

Традиционно лабораторная работа содержит проведение эксперимента, обработку его результатов и их графическую иллюстрацию, расчетное подтверждение эксперимента. Этого достаточно для работ, цель которых подтвердить выполнение основных законов электротехники (например, работа «Исследование законов Кирхгофа»). Однако такой состав работы не достаточен для лабораторных работ, цель которых изучить свойства элементов или исследующих какой-либо процесс. Узкий диапазон эксперимента и ограниченность работы во времени не позволяют студентам увидеть закономерности, сделать обобщения, которые можно распространить на практические задачи или на другие электротехнические устройства. В результате для большинства студентов выполнение лабораторных работ, после того, как они освоили сборку схем и проведение эксперимента, становится скучным, они не видят связи с практикой. В этом случае студентам предлагается не просто обработка результатов измерений, а продолжение исследования на виртуальной модели в системе Mathcad. Основная цель таких исследований – ответы на вопрос: «Что произойдет в цепи, если... (например, варьировать в широком диапазоне значениями параметров, изменить схему, устроить аварийный режим)?».

Виртуальные лабораторные работы в Mathcad. можно классифицировать как /2/:

- начальную часть работы, когда, студент определяет параметры, необходимые для проведения эксперимента на стенде, используя характеристики конкретного стенда. Такой предварительный расчет использовался, например, при выполнении лабораторных работ по темам «Резонанс в электрических цепях» и «Переходные процессы»;

- исследовательскую часть работы, когда после проведения эксперимента на стенде студент проводит исследование необходимых характеристик, используя дополнительные условия, заданные самостоятельно или преподавателем;

- самостоятельную лабораторную работу. В этом случае расчетные формулы могут быть полностью или частично в работе заданы. Студенту только предстоит выполнить свое индивидуальное задание и сделать выводы. Этот вариант наиболее подходит для студентов заочной формы обучения или для случая, когда натурный эксперимент требует наличия дорогостоящего оборудования (например, для исследования электромагнитного поля).

Исследовательская часть работы позволяет студентам делать самостоятельные выводы о закономерностях процессов, происходящих в электрических цепях, заставляет применять для анализа ранее изученный материал, совершенствовать владение вычислительной техникой.

Например, в лабораторной работе по трехфазным цепям, режим обрыва линейного провода на стенде экспериментально исследуется при фиксированном значении и характере нагрузки, по результатам опыта строится одна векторная диаграмма. Исследование этого аварийного режима при широком диапазоне изменения нагрузки, в том числе и в резонансном режиме, позволило сделать очень интересные выводы о величине напряжения в месте обрыва и фазных напряжениях нагрузки в «здоровых» фазах. Кроме того, при исследовании в Mathcad, были применены как традиционные формулы расчета трехфазных цепей, так и метод симметричных составляющих, что позволило увидеть практическое применение этого метода для расчета реально возникшей аварийной ситуации. Совокупность векторных диаграмм, которые были построены в работе по результатам исследований, наглядно продемонстрировала нежелательные сочетания параметров нагрузки, наиболее опасные для электрической сети. Исследования аварийных режимов были продолжены несколькими студентами в вариативной части курсовой работы, по результатам исследований была подготовлена статья в научный сборник.

Практика введения исследовательских модулей в традиционные формы проведения занятий повысила мотивацию большинства студентов к овладению профессиональными знаниями, к освоению навыков постановки и решения исследовательских задач, показала связь академической теории с практическими проблемами.

#### *Список литературы*

1. Ушакова, Н. Ю. Научно-исследовательская работа бакалавров как обязательный элемент образовательного процесса [Электронный ресурс] / Ушакова Н. Ю. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.- метод. конф. (с междунар. участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбургский гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург , 2015. - С. 198-201.

2. Корощенко, А.В. Теоретические основы электротехники. Применение современных вычислительных средств: учебное пособие/ А.В.Корощенко, В.Ф. Денник, Е.А. Журавель и др.- Донецк:ДОННТУ, 2016.- 186 с.



# **ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРОФИЛЯ**

**Филяк М.М.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

В условиях напряженной внешней политической обстановки, когда необходимо выйти из сложной ситуации, укрепив свои позиции на международной арене и внутри страны, смена образовательной парадигмы является действенным средством модернизации высшего образования, воспитания собственных инженерных кадров, обеспечивающих нашу независимость.

Чтобы решить проблему импортозамещения и обеспечить экономический рост, предприятиям необходим приток свежих кадров. Именно сегодня важно не упустить шанс возродить престиж инженерной профессии и привлечь в нее трудоспособных и талантливых ребят. Современной молодежи нужно объяснять, что это такое на самом деле – инженер, насколько это интересно, сколь безграничны его перспективы. Ведь именно инженерное образование определяет перспективы инновационного, а значит, и экономического развития страны.

Высшее техническое образование в целом отвечает общественным запросам на грамотных инициативных бакалавров, выполняя требования федеральных образовательных стандартов. ФГОС ВО инженерных направлений подготовки определяют такие качества бакалавров, как профессиональную подготовленность, осознание ответственности за принимаемые инженерные решения.

Компетентностный подход служит, таким образом, способом достижения нового качества образования и задает новые ориентиры, как в содержании образования, так и в его результатах [1,2]. С позиций компетентностного подхода основным непосредственным результатом образовательной деятельности становится формирование компетентностей [1,3].

Каждый технический вуз сейчас должен поставить перед собой задачу качественно новой подготовки студентов, максимально приблизить подготовку кадров к реальному производству. Студентов должны учить не только педагоги, но и практики с современных предприятий. При этом, в образовательной деятельности вуза при формировании у обучающихся по техническим специальностям различных компетенций особое внимание уделяется формированию именно профессиональных компетенций в соответствии с видами профессиональной деятельности в зависимости от направления и профиля подготовки [4,5].

А.А Вербицкий подчеркивает, что для того, чтобы процесс формирования профессиональной компетентности был успешным, «студенту необходимо осуществлять деятельность, адекватную той, которая воплощена в продуктах

социального опыта: знаниях, умениях, средствах, орудиях конкретной профессиональной деятельности» [6].

Профессиональная компетенция – это способность осуществлять конкретную деятельность в определенной области на основе применения профессиональных знаний и умений и проявления личностных качеств, делающих эту деятельность успешной.

Для каждого направления подготовки в вузе Федеральными государственными образовательными стандартами определен свой набор компетенций. Выпускник программы бакалавриата с присвоением квалификации «академический бакалавр», должен обладать профессиональными компетенциями (ПК), соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата.

Так для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», установлены следующие профессиональные компетенций [7]: проектно-конструкторская деятельность - готовностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств (ПК-5); готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-6); способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-7);

производственно-технологическая деятельность - готовностью внедрять результаты разработок (ПК-9); способностью выполнять работы по технологической подготовке производства (ПК-10); готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства электронных средств (ПК-11);

Естественно, что все указанные компетенции не могут быть сформированы только за время теоретической и практической подготовки в рамках преподаваемых дисциплин, на лекционных и лабораторных занятиях. Именно поэтому в новой редакции ФГОС ВО предусмотрен Блок 2 «Практики», который относится к вариативной части программы бакалавриата. В частности, в учебный план бакалавров направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» включены учебная и преддипломная практики, на которых учащиеся овладевают знаниями, умениями и навыками, необходимыми в профессиональной деятельности.

Целью практик является формирование соответствующих компетенций согласно требованиям основной образовательной программы (ООП) подготовки бакалавров по направлению «Конструирование и технология электронных средств» с профилем подготовки «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» [7]. В ходе практик студенты приобретают навыки реализации теоретических знаний на профильных предприятиях с

закреплением соответствующих компетенций, что и составляет сущность «компетентностного» подхода.

Работая на профильных предприятиях, студенты знакомятся с деятельностью, структурой, организацией и управлением современных предприятий; приобретают практические навыки использования методических и нормативных материалов по проектированию радиоэлектронных средств и технологии их производства; знакомятся с техническими характеристиками и экономическими показателями лучших отечественных и зарубежных конструкций электронных средств; осваивают современные технологические процессы производства электронных средств. Немаловажное значение имеет и общение со специалистами предприятия по профессиональной тематике, возможность наглядного пояснения принципов работы оборудования, принципов организации производства, тонкостей технологии, а также возможность познакомиться с производственными проблемами «изнутри». Все это позволяет студентам закрепить знания в области конструирования и технологии электронных средств, в качестве теоретической и практической базы, как для выполнения выпускной квалификационной работы, так и в дальнейшей профессиональной деятельности.

При подготовке к практической работе на предприятиях, оформлении документации по практике необходимо обратить внимание студентов на использование учебной, учебно-методической литературы, специализированных периодических изданий, а также современных средств САПР.

В качестве оценочных средств, которые позволят оценить уровень сформированности компонентов профессиональных компетенций и степень усвоения студентами знаний, умений и навыков, полученных за время прохождения практики, могут выступать отчет по практике и дневник студента по практике [8,9]. Оценка результатов выполнения всех видов работы за время практики проводится путем сравнения результатов овладения компонентами компетенций с заданным Федеральным государственным образовательным стандартом эталоном овладения (всех форм оценочных средств).

Уровень готовности обучающегося это в большой степени внутренняя характеристика, которую теоретически можно оценить вероятностью, осуществления выпускником профессиональных функций. Управлять такой идеальной величиной (вероятностью) можно лишь создавая условия для появления желаемого события и устраняя причины его не появления. Следовательно, в задачу вуза и, в первую очередь, преподавателя входит реализация мероприятий, способствующих возрастанию уровня профессиональной готовности выпускников, начиная от обеспечения соответствующих рабочих мест, специализированных аудиторий для подготовки выпускных квалификационных работ, предоставления компьютерного времени и заканчивая соответствующим методическим обеспечением.

Большое значение в этом плане должно придаваться производственным и преддипломным практикам. Будущий выпускник должен реально осознавать все тонкости и условия своей профессиональной деятельности. Для этого необходимо требовать от него подробных отчетов, он должен делиться своими впечатлениями с преподавателем. К сожалению, в настоящее время не все выпускники могут устроиться на работу по избранной специальности. Об этом тоже нужно говорить и ни в коем случае, это не должно стать препятствием глубокому усвоению знаний по избранной специальности, поскольку впереди у выпускников долгая профессиональная деятельность и профессионализм всегда найдет себе применение в ней.

Таким образом, производственная практика является важным средством формирования профессиональных компетенций у студентов радиоэлектронного профиля подготовки. Она является одновременно и процессом, и результатом формирования профессиональных компетенций студентов выпускных курсов, занимающихся выполнением ВКР. В процессе прохождения практик происходит формирование профессиональных навыков бакалавров, осуществляется их самореализация в производственной среде и ориентация на усложняющиеся социально-экономические условия.

#### *Список литературы*

1. Байденко, В.И. Компетенции в профессиональном образовании (к освоению компетентностного подхода) / В.И. Байденко // *Высшее образование в России*. 2004. - № 11. - с. 3-14.

2. Пиралова, О.Ф. Оптимизация обучения профессиональным дисциплинам студентов инженерных вузов в условиях компетентностного подхода. Возможности реализации : монография / О.Ф. Пиралова. – М.: Изд. дом Академии естествознания, 2012. – 136 с.

3 Татур, Ю.Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалиста / Ю.Г. Татур // *Высшее образование сегодня*. - 2004. - № 3. - с. 20-26.

4.Ахмедьянова, Г.Ф. Формирование профессиональной компетентности на основе педагогического проектирования и организации учебной деятельности/Г.Ф. Ахмедьянова//*Вестник Оренбургского государственного университета*. -2012. -№2. -С. 16 -20.

5. Ахмедьянова, Г.Ф. Профессиональная компетентность как показатель уровня инженерного образования в университете. Ахмедьянова Г.Ф.//В сборнике: *Психология и педагогика XXI века: теория, практика и перспективы материалы III Международной научно–практической конференции*. -2015. -С. 43-44.

6. Вербицкий, А.А. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции : монография /А.А. Вербицкий, О.Г. Ларионова // - М. : Логос, 2009. - 336 с.

7. Федеральный государственный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и

*технология электронных средств» квалификация (степень) «БАКАЛАВР»  
Режим доступа <http://www.osu.ru/>*

8. Ахмедьянова, Г.Ф. Теория и практика развития инженерной компетентности будущих бакалавров техники и технологий./Г.Ф. Ахмедьянова//учебно-методическое пособие. Оренбург, 2014

9. Филяк, М. М. Проектирование и технология радиоэлектронных средств [Электронный ресурс] : метод. указания к диплом. проектированию / М. М. Филяк, М. Д. Аджиева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. проектирования и технологии радиоэлектрон. средств. - Оренбург : ГОУ ОГУ. - 2008.

# **АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ**

**Хусаинов А.Р.**

**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург**

В настоящее время 35-40% от общего потребления электроэнергии и приблизительно 30% от суммарного количества выброса парниковых газов приходится на жилые дома и производственные сооружения [1]. В связи с этим разработка систем управления микроклиматом в помещении, обеспечивающих комфортные условия для проживания и работы при минимальном энергопотреблении является актуальной и значимой в реалиях сегодняшнего дня.

Одним из основных направлений развития инновационной электроэнергетики является разработка и внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий во все сферы деятельности человека, в том числе при строительстве жилых домов нового поколения – Smart House. Умный дом — жилой дом современного типа, организованный для проживания людей при помощи автоматизации и высокотехнологичных устройств. Такие дома выгодно отличаются тем, что каждая из подсистем может функционировать полностью автономно, либо требует от человека только подтверждения некоторых действий. Благодаря чему, при условии отсутствия людей дом будет поддерживать постоянный микроклимат, создавать видимость их присутствия, включая и выключая освещение в определённой комнате, при необходимости задействовать охранные системы, тем самым предоставляя хозяину возможность спокойно уехать отдыхать.

Умных домов в нашей стране пока немного, однако, большинство специалистов уверены в перспективности данного направления. В основном это коттеджи и новые квартиры в Москве и Санкт-Петербурге. В регионах также уже строятся бюджетные проекты, включающие отдельные виды автоматических систем управления Smart House. Система «Умный дом» в Оренбурге представлена следующими объектами: на ул. Комсомольской, 35 находится демонстрационный зал - шоу-рум системы домашней автоматизации; системы премиум класса в пос.Ростоши, на ул. Раздольная; на улице 8 Марта, 35 представлена умная квартира.

Дома проектируют таким образом, чтобы все системы управления имели возможность свободного интегрирования друг с другом. В результате этого достигается экономия ресурсов и оптимизируется обслуживание. Большинство проектов предполагают возможность расширения и изменения конфигурации систем.

К основным подсистемам умного дома относят:

- управление электроснабжением (контроль электрических нагрузок и аварийных состояний);

- отопление, вентиляция и кондиционирование (управление микроклиматом здания);
- система освещения;
- охранно-пожарная сигнализация;
- видеонаблюдение;
- сети связи (в том числе телефон и локальная сеть здания);
- механизация здания (открытие/закрытие с помощью сервоприводов ворот, жалюзи, окон, шлагбаумов и т. п.);
- телеметрия (удалённое слежение за объектами).

Система микроклимата является одной из самых важных составляющих системы «Умный дом». Она позволяет защищать комнатные растения и мебель, при включении раздельного климат-контроля, воссоздаёт в одно и то же время в разных комнатах особый температурно-влажностный режим разных климатических зон.

Анализ научно-технической литературы по существующим системам управления микроклиматом позволили авторам условно их разделить на три группы: традиционные, автоматизированные и автоматические. Рассмотрим кратко каждую из них.

### ***Традиционные системы управления микроклиматом.***

Управление системой микроклимата осуществляется посредством датчиков температуры и механических преобразователей (в основном электромагнитных реле). Основные достоинства таких систем - простота конструкции и дешевизна, а также большая ремонтпригодность. К основным недостаткам относится низкая точность поддержания заданных параметров, в следствии чего необходим постоянный контроль и высокое энергопотребление. Используются наиболее часто, что связано с их относительной простотой реализации.

### ***Автоматизированные системы управления микроклиматом..***

Такие системы управления базируются на использовании микроконтроллеров таких как, Siemens Logo, Pixel. По сути, здесь механические реле заменены "программируемыми выключателями", которые позволяют чётко задавать требуемые параметры работы в соответствии с заранее заданным алгоритмом. К достоинствам следует отнести возможность точного поддержания параметров в заданных пределах, относительно невысокую стоимость.

Недостатки заключаются в следующем: некорректное управление микроклиматом при режимах, которые заранее не заданы в алгоритмах функционирования; необходимость смены алгоритмов при изменении условий функционирования или добавлении новых элементов в систему управления. Исследованием и разработкой таких систем управления занимались: Чувашев В.Н., Низовцев М.И., Протопопов К.В., , Гаранов С.А..

### ***Автоматические системы управления микроклиматом.***

Под автоматическими системами управления понимают комплекс взаимодействующих между собой механизмов управляемого объекта, предназначенных для управления объектом без вмешательства человека.

В настоящее время автоматические системы управления разрабатывают с использованием методов искусственного интеллекта. В этом случае выделяют только входные и выходные параметры управления, не выделяя в явном виде физические принципы построения модели управления. Такая модель является некоторой аппроксимацией наблюдаемых процессов. К таким системам управления можно отнести всевозможные системы, разработанные на основе: дифференциальных уравнений теплового баланса здания; нечеткой логики; нейронных сетей; мультиагентных систем; генетических алгоритмов и др..

Наиболее распространенными автоматическими системами управления микроклиматом являются системы, разработанные на основе нечеткой логики, обеспечивающие оптимальный показатель комфортности PMV/PDD [2] за счёт высокой точности и быстродействия. Под оптимальным параметром микроклимата понимают такое состояние микроклимата помещения, при котором длительность и систематическое воздействие его на человека обеспечивает нормальное тепловое состояние организма при минимальных напряжениях механизмов терморегуляции и ощущение теплового комфорта не менее чем у 80% людей. Основными производителями современных кондиционеров с использованием нечеткой логики являются фирмы Mitsubishi Electric, LG.

Вопросы проектирования и разработки автоматических систем управления микроклиматом представлены в работах: Петровой И.Ю., Бушера В.В., Андриевской Н.В.. В этих исследованиях отмечается, что поддержание комфортных условий в жилом помещении является сложной многокритериальной задачей. Основными входными величинами при проектировании автоматических систем управления микроклиматом выбраны следующие: температура и влажность жилого помещения. Однако в исследованиях не рассмотрен вопрос разработки автоматической системы управления микроклиматом, обеспечивающий оптимальный показатель комфортности при минимальном энергопотреблении.

Таким образом, проведенный анализ научно-технической литературы показал, что в настоящее время основным инновационным направлением в области энергосбережения климатическими установками является - разработка и внедрение автоматических систем управления, основанных на методах искусственного интеллекта, следовательно, тема научного исследования является значимой и актуальной.

### ***Список литературы.***

1. *Модели управления микроклиматом в помещении. /Карпенко А.В., Петрова И.Ю. /Фундаментальные исследования. 2016. № 7-2. С. 224-229.*



2. Применение систем на базе нечёткой логики в климатических установках. /Бушер В.В., Мельникова Л.В./ Электромеханические и компьютерные системы. 2012 №7. С. 068-073.

# **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ И СИСТЕМ ОЧИСТКИ И РАЗДЕЛЕНИЯ МЕТАНАСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ**

**Черяпкин Д.Ю.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Биогаз – классический возобновляемый источник энергии, так как из 1 м<sup>3</sup> биогаза можно выработать в среднем 14÷16 МДж тепловой энергии при использовании биогаза в котельных. При утилизации свалочного биогаза в когенерационных установках из 1 м<sup>3</sup> можно получить до 2,3 кВт·ч электрической энергии и 7÷8 МДж тепловой энергии.

Опыт показывает, что каждая тонна твердых коммунальных отходов (ТКО) содержит приблизительно от 150 кг до 250 кг органических веществ, которые биологически разлагаемы; при разложении 1 м<sup>3</sup> ТКО выделяется до 1,5÷2,5 м<sup>3</sup> биогаза в год в течение 15–20 лет.

В настоящее время сведения о составе свалочного газа, приводимые во многих доступных отечественных и зарубежных источниках, сильно отличаются по объемной доли азота. Наиболее распространенным заблуждением является утверждение, что типичному составу свалочного газа соответствует значение объемной доли N<sub>2</sub> не более 2÷5 %, тогда как, в отличие от биогаза метантенков, в свалочном газе азот может составлять 20 % и выше!

Так, по данным исследований ООО «КомплеСУ», проведенных в августе 2015 г, в состав свалочного газа полигона твердых бытовых и промышленных отходов (котлованного типа) ОАО МСК «Водино» Самарской области входят 41 % метана, 24 % азота и 30 % углекислого газа.

По данным исследований ООО «ЭкоБиос» (г. Оренбург), в состав свалочного газа полигона твердых бытовых отходов (курганного типа) г. Оренбурга входят 46 % метана, 20 % азота и 32 % углекислого газа.

По данным Министерства экологии Нижегородской области, примерный состав свалочного газа включает азот в количестве от 5 % до 20 % по объему.

Азот относится к негорючим (балластным) компонентам газовой смеси, и при содержании азота в газе свыше 8 % его необходимо отделять, а процесс отделения азота достаточно сложный и энергозатратный в сравнении с процессом отделения других макрокомпонентов свалочного газа, таких как сероводород и углекислый газ.[1]

На сегодняшний день существует много различных способов очистки метана содержащих смесей: метод жидкого и твердого химического поглощения примесей (абсорбционный и адсорбционный), метод мембранного разделения, метод вымораживания (криогенный метод) и комбинированный. Более подробно эти способы показаны на рисунке 1.

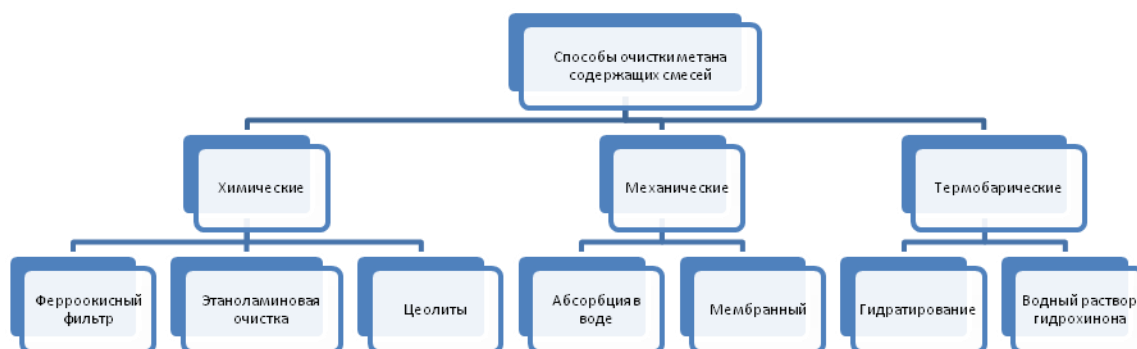


Рисунок 1. Способы очистки метана содержащих смесей

## 1 Химические способы

1.1 В первом методе уменьшение сероводорода в биогазе простым и экономичным способом добиваются сухой доочисткой в спецфилт্রে. Как абсорбер применяют металлическую «губку», состоящую из деревянной стружки и смеси окиси железа (ферроокисный фильтр):  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ . Оптимальная влажность адсорбента (5–20%) поддерживается присутствующими в биогазе парами воды. Регенерацию адсорбента производят продувкой воздухом. При этом образуется элементарная сера, отлагающаяся на поверхности оксида железа:  $3\text{Fe}_2\text{S}_3 + \text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}_2$ . После каждой регенерации сорбционная способность оксида железа уменьшается в среднем на 15%, что обуславливает необходимость регулярной замены отработанного сорбента. Интересно, что металлическая губка размером в 0,035 м<sup>3</sup> способна из биогаза «вытянуть» почти 4 кг серы. При содержании сероводорода в биогазе около 0,2%, этого объема губки хватит для очистки 2,5 тысяч метров кубических газа от сероводорода. Заметим, что для регенерирования губки, ее некоторое время держат на воздухе. Данную методику также отличает минимальная стоимость и незамысловатость эксплуатации фильтра, что в совокупности представляет надежную защиту и газгольдера, и компрессоров, и двигателей от коррозии, которую вызывает продолжительное воздействие сероводорода, присутствующего в биогазе. С этой же целью применяют и окись цинка, которая является результативным абсорбентом сероводорода. Отметим, что последнее вещество характеризуется и дополнительными плюсами, т.к. выделяет из соединения органические серы (меркаптан, карбонил и т.п.). Для непрерывной десульфуризации биогаза применяют двухколонную установку с переменным режимом работы колонн: в одной колонне протекает процесс поглощения сероводорода, а в другой – регенерация сорбента продувкой воздухом. [9]

Недостатки:

- Необходимо периодически менять фильтр на новый
- Наличие двух фильтров(работающий и регенерирующий)

1.2 Часто используются жидкие химические поглотители  $\text{CO}_2$  – моно- и диэтаноламины. Они намертво «хватают» углекислый газ, не взаимодействуя с метаном. Получается фактически чистый метан, однако жидкую фазу приходится менять. Для того чтобы освободить её от поглощённой углекислоты, её нужно греть. А это значит, что энергетически такая технология начинает проигрывать. Способ моноэтаноламиновой очистки обеспечивает полное удаление из биогаза  $\text{CO}_2$  и снижение концентрации  $\text{H}_2\text{S}$  до 0,001% об. [1]

Недостатки:

- Необходимы энергетические затраты на регенерацию поглотителя

1.3 Известен способ адсорбционной очистки углеводородных газов от сернистых соединений путем контактирования с цеолитом NaX с последующей регенерацией цеолита путем продувки осушенным и очищенным углеводородным газом при температуре 300-350°C. Проведение регенерации при температуре 300-350°C обусловлено особенностью десорбции воды из пор цеолита [3].

Недостатком известного способа является быстрое снижение динамической адсорбционной емкости цеолита по сернистым соединениям вследствие одновременной адсорбции паров воды, меркаптанов  $\text{C}_3^+$ , тяжелых углеводородов, смолистых веществ (в попутном нефтяном газе), а также сокращение срока службы цеолита в связи с частичным разложением меркаптанов и смолистых веществ при их десорбции с образованием коксовых отложений и сероводорода в процессе высокотемпературной регенерации цеолита. [4]

## 2 Механические способы

2.1 Абсорбция в воде под давлением наиболее широко распространена для подготовки биогаза на работающих биогазовых установках в Европе. Она основана на различной растворимости  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  в воде. Предварительно очищенный биогаз (то есть сепарация вероятно захваченных из реактора капель воды или из взвеси в гравийной засыпке) сначала сжимается примерно до 3 бар и затем на последующей ступени компрессора примерно до 9 бар. После чего биогаз в противотоке протекает через наполненную  $\text{H}_2\text{O}$  абсорбционную колонну (реактор с орошаемым слоем катализатора). В колонне в воде растворяются сероводород, двуокись углерода, аммиак и вероятно имеющиеся в сыром газе пыль и микроорганизмы. Эти вещества после понижения давления воды удаляются из системы.[5]

Недостатки:

- Энергетические затраты на создание давления
- Недостаточная степень очистки

2.2 Мембранный метод разделения основан на пропускании через мембрану сжатого компрессором биогаза. «Известны пилотные «классические» мембранные установки, которые функционируют в Австрии, в городе Брук. Идея такова: давление биогаза при помощи компрессора повышают до 10 и более атмосфер и подают его в мембранный модуль. После первой стадии очистки концентрация метана повышается до 80–85 процентов. Это не годится. Его подают на вторую ступень. В итоге затраты на самообеспечение такой установки достигают 30 процентов от выработанной энергии».

Недостатки:

- Большие энергетические затраты на очищение
- Недостаточная степень очистки

### 3 Термобарические условия

3.1 Ключевой технологией, обеспечивающей простое выделение метана, его безопасную транспортировку и энергоэффективную переработку является выработка гидрата метана. Один кубометр гидрата метана при плотности  $\sim 970 \text{ кг/м}^3$  содержит порядка  $164 \text{ Нм}^3$  метана, что эквивалентно сжатию метана до  $\sim 200 \text{ атм.}$  Высокая энергоёмкость  $1,7 \text{ кВт-ч/кг}$ , а также стабильность при атмосферном давлении и сравнительно небольшой отрицательной температуре -  $29^\circ\text{C}$  делают гидрат метана более дешёвой и безопасной альтернативой КПГ и СПГ при использовании в качестве моторного топлива. Перечисленные свойства гидрата метана позволяют хранить его в термоизолированных контейнерах, и контролируемо высвобождать потребное количества метана путем нагрева от внешнего источника, например, при использовании тепла атмосферного воздуха или тепла, выделяемого при работе двигателя внутреннего сгорания. Безопасность транспортировки гидрата метана обеспечивается как его низкой теплопроводностью, так и эффектом самоконсервации, заключающемся в том, что при разложении гидрата метана на метан и воду, вода замерзает и образует на поверхности гидрата ледяную корку, препятствующую его дальнейшему интенсивному разложению. газ без примесей и конденсата поступает в модуль по производству гидрата метана, где смешиваясь с водой, образует гидрат, механически отделяемый в сепараторе от газообразных примесей. [6]

Способ ступенчатого разделения биогаза осуществляется в следующей последовательности. Газгольдер представляет собой термостат высокого давления, заполненный водой. В газгольдере поддерживается постоянная температура, например  $5^\circ\text{C}$ . Далее биогаз с помощью компрессора закачивается в газгольдер, до достижения давления в нем более  $5 \text{ МПа}$ . При этом компоненты биогаза - сероводород, углекислый газ, метан - в соединении с водой перейдут в форму газовых гидратов, а азот остается в газообразной форме в виде газовых пузырьков. Достигнув заданных условий,

газгольдер выполняет функцию хранилища биогаза, в рассматриваемом примере 1 м<sup>3</sup> воды свяжет 156 - 207 м<sup>3</sup> биогаза.

В случае дальнейшего использования компонентов биогаза осуществляется процесс дегидратации, заключающийся в последовательном ступенчатом снижении давления в газгольдере, достигаемым выпуском из него компонентов биогаза. В рассматриваемом примере на первом этапе выводят из газгольдера азот, при этом давление нельзя понижать ниже уровня 5 МПа. На втором этапе давление снижают до уровня 2,5 МПа, метан освободится от гидратной формы и перейдет в газообразное состояние. На третьем этапе давление снижают до 0,5 МПа, при этом выводят из газгольдера углекислый газ. На последующем этапе удаляют сероводород.

Использование способа разделения биогаза, основанного на процессе гидратации с выделением его компонентов позволит получать метан и углекислый газ с высокой степенью чистоты, а также одновременно хранить значительные объемы биогаза при относительно небольших объемах газгольдера.[7]

Недостатки:

- Энергетические затраты на создание термобарических условий
- Создание оборудования предназначенного для газа высокого давления
- Высокие капитальные затраты

3.2 С помощью гидрохинона получения метана из метаносодержащей смеси осуществляют следующим образом. Получаемая метаносодержащая смесь проходит предварительную механическую очистку. После этого ее сжимают и пропускают через водный раствор гидрохинона. Разделяют смесь за счет образования клатратов метана с гидрохиноном. При этом давление в емкости с водным раствором гидрохинона при пропускании метаносодержащей смеси поддерживают не менее 3 МПа, а температуру - не выше +2°C. Это позволит осуществить наиболее эффективное образование клатратов. Клатраты (от лат. clathratus - защищенный решеткой; соединения включения), вещества, в которых молекулы соединения-хозяина образуют пространственный каркас, а молекулы соединения-«гостя» располагаются в полостях каркаса, например в клатрате C<sub>12</sub>·6H<sub>2</sub>O молекулы C<sub>12</sub> занимают полости каркаса, образованного H<sub>2</sub>O. Гидрохинон (пара-дигидроксибензол), C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>, светло-серые кристаллы, t<sub>пл</sub> 174°C. [2]

Недостатки:

- Энергетические затраты на создание термобарических условий
- Создание оборудования предназначенного для газа высокого давления
- Высокие капитальные затраты

## Комбинированные способы

В большинстве случаев применяют комбинированные способы очистки биогаза. Этим способом достигается более высокая очистка биогаза и возможно увеличение энергоэффективности установки.

Например, отечественным специалистам удалось избежать дополнительных энергозатрат, которые в традиционных способах кондиционирования идут на нагрев химического сорбента, охлаждение газовой смеси (термобарический способ) или на повышение давления биогаза (в мембранном методе очистки). Суммарные затраты на самообеспечение не превышают 10 процентов общей энергии, вырабатываемой установкой. Столь высокий КПД достигли благодаря полимерным мембранам, запатентованным ИНХС РАН им. А.В. Топчиева. Энергоэффективность отечественной технологии выше аналогичных разработок за рубежом. [8]

Метод разделения биогаза, созданный в лаборатории Теплякова, – мембранно-абсорбционный. Эта технология объединяет в себе достоинства абсорбционного и мембранного методов разделения. Так же как в классическом методе химического поглощения, углекислый газ здесь «захватывается» жидким абсорбентом. Однако здесь нет непосредственного контакта фаз – жидкость и газ разделяет мембрана. Благодаря такой технологии не требуется повышать давление биогаза для подачи его на мембрану – газ поступает из биореактора самотоком под давлением чуть выше атмосферного.

Углекислый газ проходит через мембрану лучше, чем метан. Во время движения потока биогаза вдоль мембраны углекислый газ отводится через мембрану в подвижную жидкую фазу абсорбента, и концентрация «непроникающего» метана в биогазе резко возрастает. Мембранный модуль устроен как этажерка – жидкость/газ/жидкость/газ, – и собран в герметичный коллектор». Если поместить мембранную систему на выходе из биореактора, то  $\text{CO}_2$  будет отводиться, и можно добиться извлечения метана требуемой чистоты. Углекислый газ в дальнейшем удаляется сдувкой и подаётся по трубам в парники. [8]

Недостатками этих методов является потребление электроэнергии, необходимость в первичных капитальных затратах, периодическое обслуживание фильтров, недостаточная степень очистки. Поэтому для очистки биогаза необходимо разрабатывать более приемлемые методы.

Гидраты метана широко распространены на глубинах океана и в Антарктиде. Они обладают пожаробезопасными свойствами, при этом при дегидратации выделяется практически чистый метан. Использование такого газа существенно снизит нагрузку на экологию.

Очистка метана с помощью гидратации происходит при определенных термобарических условиях. Существуют установки которые очищают таким образом, но у них высокие энергетические затраты на очистку.

Данная тема является актуальной и дальнейшие исследования будут направлены на разработку технологии у которой энергетические затраты на очистку будут снижены.

#### Список литературы

1. Садчиков А.В., Соколов В.Ю., Кокарев Н.Ф., Наумов С.А. Обеспечение энергетической независимости и экологической безопасности полигонов ТКО. // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2016. – № 15–18 (203–206). – С. 104–111.
2. Способ получения метана из метановоздушной смеси и устройство для его осуществления номер патента RU 2302401 // Толстунов С.А. Мозер С.П. Толстунов А.С. // <http://www.findpatent.ru/patent/230/2302401.html>
3. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. // М.: Химия, 1985, с.396
4. Способ осушки и очистки углеводородных газов от меркаптанов и сероводорода номер патента RU 2213085 // Николаев В.В., Трынов А.М., Слющенко С.А., Савин Ю.М., Молчанов С.А., Шахов А.Д., Коренев К.Д., Кисленко Н.Н. Золотовский Б.П.
5. Цеолит и перспективы его использования при очистке биогаза // *Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XVIII междунар. науч.-практ. конф. Друзьянова В.П., Петров Н.В.* – Новосибирск: СибАК, 2013. // <http://sibac.info/conf/tech/xviii/31691>
6. Инновационные преимущества газогидратного получения, хранения и транспортировки моторного топлива из биогаза и свалочного газа. // Величко В.В. // [http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz/files/S04\\_Velitsko.pdf](http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz/files/S04_Velitsko.pdf)
7. Способ разделения биогаза номер патента RU 2118560 // Просвирнин В.Ю., Евтеев В.К. // <http://www.findpatent.ru/patent/211/2118560.html>
8. Доходы из отходов: как российские учёные получили энергию биомассы // Новиков Владислав // [http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d\\_no=40356#.WBBJmi2LTcu](http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d_no=40356#.WBBJmi2LTcu)
9. <http://biogaz-russia.ru/ochistka-biogaza/>



# **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ В ДВУХПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ**

**Чижев К.А., Быковская Л.В.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

В мощных линиях передачи электрической энергии на большие расстояния, в телефонных и телеграфных линиях, в антеннах радиотехнических устройств и других аналогичных установках, линейные размеры которых соизмеримы с длиной волны электромагнитного колебательного процесса, все изменения и превращения энергии электромагнитного поля распределены вдоль всей линии [1].

Параметры линии зависят от типа линии (воздушная, кабельная), геометрических размеров и расположения её проводов, их материала и частоты приложенного напряжения.

Согласно данным, опубликованным на сайте министерства энергетики РФ [2], потребление электроэнергии в целом по России в 2015 году составило 1036,4 млрд. кВт•ч. Очевидно, что спрос на эксплуатацию ЛЭП велик. Согласно статистическим данным на территории РФ [3] более 20% (по протяженности) воздушных линий электропередачи напряжением 220-500 кВ эксплуатируется свыше 40 лет, 67% – свыше 25 лет. Значительная протяженность ЛЭП требует проведения реконструкции, следовательно, встаёт ряд вопросов, связанных с проведением данного мероприятия. К примеру, выбор оборудования, которое придёт на смену старому. Очевидно, что новое оборудование должно превосходить старое по качественным показателям. Продуктивная модернизация достигается за счёт проведения исследований, по результатам которых анализируются показатели качества и эффективности того или иного оборудования, а также разрабатываются пути совершенствования этих качеств.

Детальным образом достоинства и недостатки устройств только практическими исследованиями не выявить. Выявить их с высокой точностью можно путём проведения исследований физических процессов, протекающих в этих устройствах. В настоящее время физические процессы, протекающие в электроустановках, описаны в мельчайших подробностях, следовательно, остаётся только грамотно использовать эти знания в совокупности с использованием современных технологий. С развитием компьютерных технологий моделирование физических процессов при проведении исследований осуществляется в виртуальном виде, а уже затем, при необходимости, в реальном. Данная логическая цепочка послужила основой для выбора темы исследования.

Как говорилось ранее, необходимость в передаче электроэнергии велика, так же отмечено то, что значительный объём устройств для передачи электроэнергии отслужил свой срок и требует замены, что подчёркивает необходимость проведения исследований в данной области. Эта необходимость

существует в настоящее время, значит, она является актуальной, как и выбранная область и тема исследования.

Для исследования процессов передачи электромагнитной энергии в двухпроводной линии необходимо создать математическую модель, которая позволяла бы устанавливать связь между величинами на входе и выходе такой линии. Прежде чем приступить к созданию такой математической модели, необходимо исследовать физическую модель двухпроводной линии, представленной на рисунке 1.

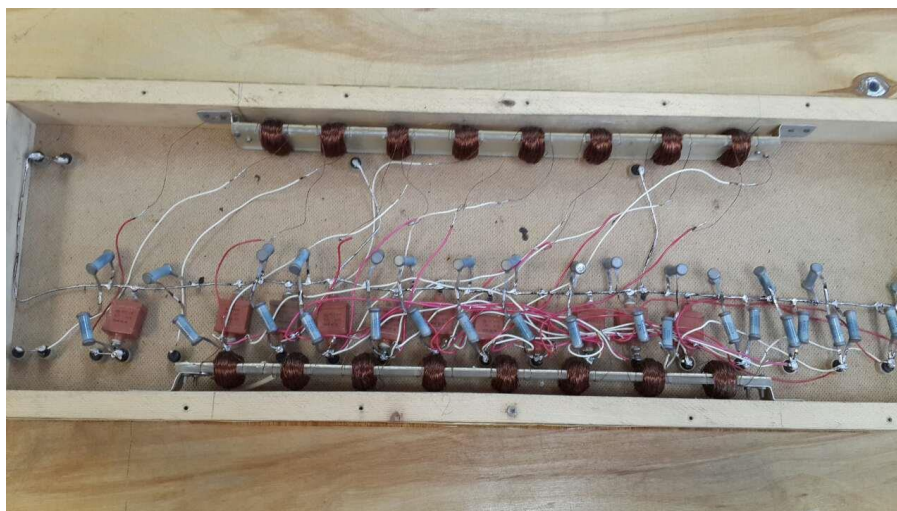


Рисунок 1 – Физическая модель двухпроводной линии

Модель состоит из шестнадцати четырехполюсников. Суммарная емкость каждого четырехполюсника  $C_0=0,015$  мкФ, активное сопротивление провода индуктивной катушки  $r_0=9$  Ом, индуктивность  $L=4$  мГн. Электрическая схема двухпроводной линии приведена на рисунке 2.

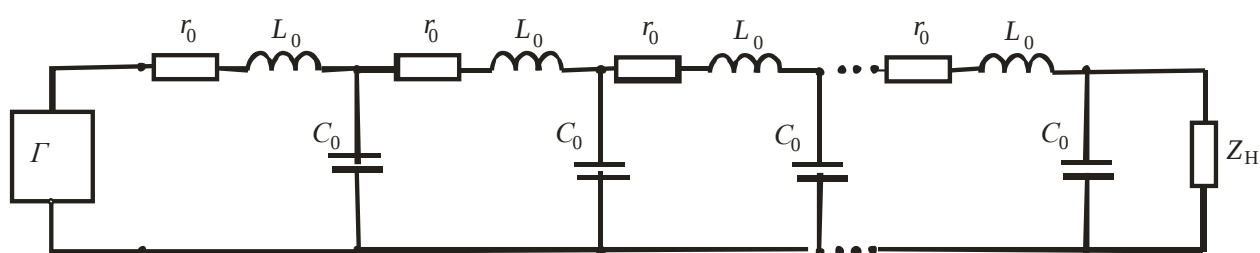


Рисунок 2 - Электрическая схема двухпроводной линии

Источником синусоидального напряжения служит генератор сигналов ГЗ-123, позволяющий изменять частоту питающего напряжения в диапазоне частот от 10 Гц до 200 кГц. При изменении частоты питающего напряжения можно добиться изменения длины волны, так как  $\lambda = 2\pi/\beta$ , где  $\beta = \omega/v$ . Здесь  $v$  - фазовая скорость распространения волны вдоль линии [4].

При подготовке к выполнению эксперимента были определены следующие величины: волновое (характеристическое) сопротивление,

коэффициент фазы для одного звена цепочки линии на частоте  $f=10$  кГц, параметры (длина  $l$ , волновое сопротивление  $Z_B$  и коэффициент фазы  $\beta$ ) линии, эквивалентной одному четырёхполюснику и длину линии, эквивалентной цепочке из 16 звеньев.

При расчётах были приняты следующие допущения: фазовая скорость волны принимается равной скорости света, так как линия относится к воздушным и пренебрегли величиной  $r_0$ , так как  $\omega L_0 \gg r_0$ .

Экспериментально были определены распределения действующего значения напряжения цепочки в режимах холостого хода - конец линии разомкнут,  $\dot{I}_2 = 0$ ;  $Z_H = \infty$ , короткого замыкания - линия замкнута на её конце -  $\dot{U}_2 = 0$ ;  $Z_H = 0$  и при согласованной нагрузке - однородная линия в конце замкнута на нагрузку, сопротивление которой равно характеристическому (волновому) сопротивлению линии ( $Z_H = Z_B$ ), рисунок 3.1-3.3.

Напряжения в узловых точках схемы замещения, соответствующие точкам по длине линии, измерялись электронным вольтметром. Проведенные опыты были подтверждены расчетами в системе Mathcad.

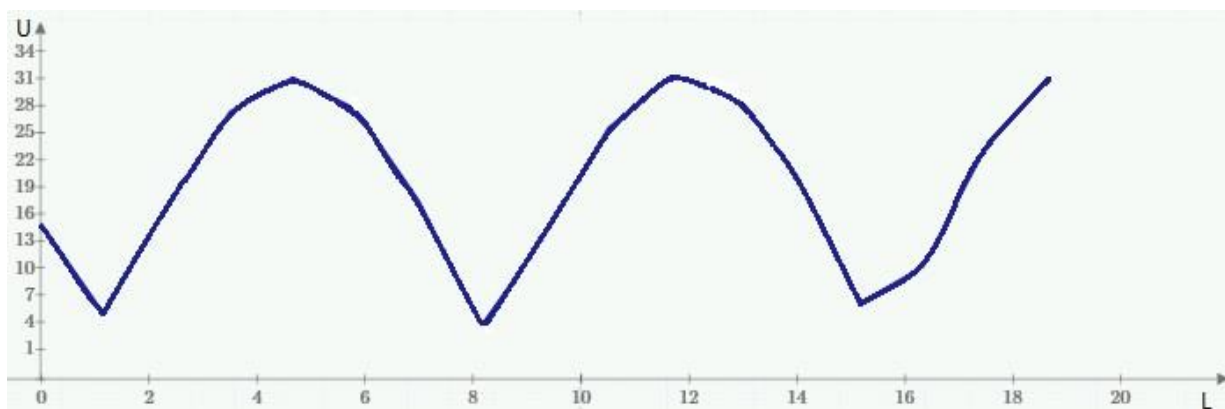


Рисунок 3.1 - Распределения действующего значения напряжения при холостом ходе

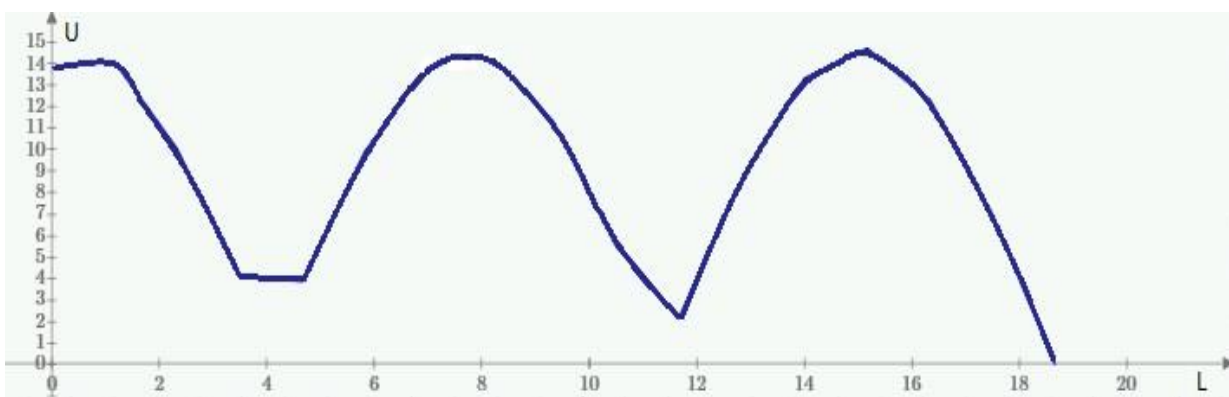


Рисунок 3.2 - Распределения действующего значения напряжения в режиме короткого замыкания

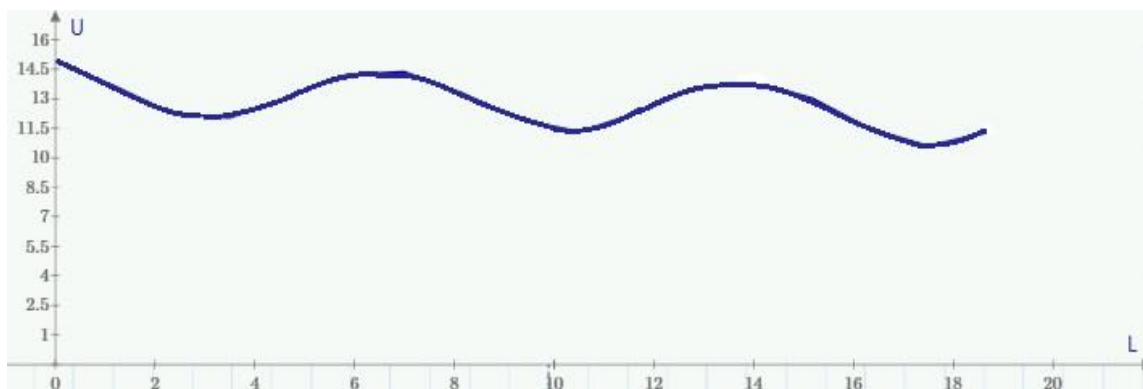


Рисунок 3.3 - Распределения действующего значения напряжения в режиме согласованной нагрузки

Условия отражения волны от конца линии, а, следовательно, и распределение напряжения и тока вдоль линии, зависят от того, в каком режиме работает линия, то есть на какое сопротивление замкнута линия на конце.

В режимах холостого хода и короткого замыкания, как известно [1], имеет место наложение двух незатухающих бегущих волн с одинаковыми амплитудами, то есть, образуются стоячие волны, что и было подтверждено экспериментально.

В согласованном режиме напряжение и ток падающей волны по мере передвижения от начала к концу линии монотонно убывают по величине (вследствие потерь), одновременно с этим у них будет изменяться фаза в сторону отставания.

Проведенные эксперименты позволяют использовать вышеописанную физическую модель двухпроводной линии в качестве образца для определения истинности её математического аналога.

#### Список литературы

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : Учебник. – 10-е изд. – М.: Гардарики, 2002. – 638 с.

2. Потребление электроэнергии в ЕЭС России в 2015 году уменьшилось на 0,5 % по сравнению с 2014 годом [Электронный ресурс] : Министерство энергетики, 2016. URL: <http://minenergo.gov.ru/node/3851> (дата обращения: 30.10.2016).

3. Лебедева Ю.В., Шевченко Н.Ю., Бахтиаров К.Н. Техническое состояние электрических сетей России и перспективы их развития // Современные проблемы науки и образования. – 2013.–№4.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9808> (дата обращения: 30.10.2016).

4. Быковская Л.В. Электрические цепи с распределёнными параметрами: методические указания для расчетно-графической работы/ Л.В.Быковская, В.В.Быковский. - Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2009. - 31 с.

# **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В НЕНОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

**Шайлин Р.И.**

**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург**

В настоящее время существенно возрастают требования надежности электроснабжения низковольтных электрических сетей. Объединение региональных ЭСС, повышение качества энергетического оборудования и устойчивости, развитие и создание межсистемных связей, внедрение модернизированной противоаварийной автоматики в существенной мере повысили надежность всех потребителей, в том числе и потребителей получающих питание от низковольтных электрических сетей.

Наряду с этим, продолжающийся постоянно процесс увеличения электрических нагрузок, углубление и расширение технологических процессов, значительный рост единичных мощностей промышленных агрегатов предъявляют ещё более высокие требования надежности электроснабжения и к качеству электрической энергии.

Так что же собой представляют ненормальные режимы работы электрической сети, как правило, они связаны с увеличением тока (сверхтока), к которому приводят короткие замыкания, атмосферные и коммутационные перенапряжения, перегрузки. Данные ненормальные режимы могут привести к повреждению электрических сетей с входящим в них оборудованием, созданию ситуаций, которые опасны для обслуживающего персонала. Из этого делается вывод, что сети и установки должны быть защищены от перегрузок и токов короткого замыкания. Зачастую надежность низковольтных электрических сетей зависит от основных узлов стоящих на верхнем уровне иерархии.

В условиях высокого уровня износа основного оборудования, вероятность коротких замыканий, создающих провалы напряжения, возрастает с каждым годом. В данной ситуации проблемы надежности электроснабжения возлагаются на самих потребителей электроэнергии. Для предприятий со сложными технологическими процессами, а так же для предприятий, использующих средства автоматизации для решения своих задач, данный вопрос является наиболее актуальным. Как известно на работу высоковольтных электродвигателей, электродвигателей приводов насосов, устройств управления различными элементами систем, связанных с технологическим процессом, оказывают влияния короткие по продолжительности провалы питающего напряжения.

***Устройства автоматического включения резервного источника питания (АВР).***

Как правило, в качестве основного пускового органа в этих устройствах используется реле минимального напряжения. Для потребителя необходимо как

можно быстрее получить электропитание, несмотря на это, используется намеренное замедление действия пускового органа АВР. Это выполняется для предотвращения излишнего срабатывания устройств АВР при коротких замыканиях на смежных участках сети, а так же при срабатывании устройств АПВ питающих линий. Следовательно, нужно производить замедление на время, большее, чем максимальная выдержка времени используемой релейной защиты на смежных участках данной сети, или же на время, значительно большее, чем время выдержки включения устройств АПВ. Из этого делается вывод, что выдержка времени на действие устройства АВР может достигать нескольких секунд. Для сохранения непрерывности обеспечения электроэнергией сложных технологических процессов величины выдержки устройства АВР недопустимо, так как происходит множественное выпадение из синхронизма мощных синхронных двигателей, отключение контакторов и магнитных пускателей, используемых на напряжение 0,4 кВ, выход из строя частотно-регулируемой аппаратуры. Для исключения приведенных выше ущербов и снабжения непрерывным электропитанием ответственных технологических процессов разработано более совершенное устройство БАВР, которое отличается сверхбыстродействием. В устройстве БАВР используются уникальные алгоритмы и новые технические решения в пусковом устройстве управления БАВР, тем самым обеспечивая время реакции на аварийную ситуацию в пределах от 5 до 12 мс. Для выполнения настройки устройства БАВР используется специальное программное обеспечение, апробация которого имеет высокую точность определения напряжений, мощностей, токов в используемых узлах схемы. Реальность и достоверность программного обеспечения уже подтверждена внедрением и использованием в институте «Гипротюменьнефтегаз», «Электропроект». Основные достоинства БАВР:

- пусковое устройство имеет минимальное время реакции на аварийный режим 5-12 мс.;
- надежно работает при наличии синхронных и асинхронных двигателей;
- работает без привязки к РЗА, для (ТП) без использования РЗА на базе БАВР можно организовать защиту вводов МТЗ, ТО и ЗМН;
- основное переключение на резерв осуществляется с соблюдением синфазности источников питания

***Основные устройства обнаружения ненормальных режимов работы в электрических сетях.***

Данные устройства позволяют сократить время поиска и обнаружения аварийных режимов, возникающих в электрических сетях сокращая ущерб, который наносится потребителю низковольтной электрической сети. Основной особенностью данных устройств, которые входят в комплекс, является упрощенный отбор информации без присоединения к высоковольтной линии, основанный на применении индукционных преобразователей тока и антенных преобразователей напряжения. Все это позволяет в значительной мере снизить стоимость их эксплуатации и установки, в следствии исчезает

необходимость в реконструкции токопроводов для подключения этих устройств. Устройство контроля обрыва проводов типа УКО предназначено в основном для защиты низковольтной электрической сети от неполнофазных режимов, которые вызваны обрывом провода на линии, а так же для повышения уровня электробезопасности. В конструкцию данного устройства входит: фильтр напряжения обратной последовательности, реагирующий орган, пороговый орган и исполнительный орган. Устройство контроля неполнофазных режимов типа УКН обеспечивает защиту электрической сети от неполнофазных режимов, вызванных обрывом провода или же перегоранием предохранителя. УКН состоит из исполнительного органа, антенного фильтра напряжения выполненного на нулевую последовательность и ФНОП (обратной последовательности). Устройство контроля изоляции УКИ которое предназначено для контроля автоматического контроля изоляции электрической сети, в состав которого входит линейный измерительный усилитель, антенный преобразователь напряжений и блок питания.

Представленные выше устройства рассчитаны в основном на надежность не в целом потребителей низковольтной электрической сети, а как дополнительный гарант надежности всей системы в целом. Согласно ПУЭ основными аппаратами защиты от ненормальных режимов работы сети являются предохранители с плавкими вставками и автоматические воздушные выключатели, надежность которых обусловлена скорее качеством завода изготовителя, нежели самой структурой сети. Данные исследования хорошо представлены в работе: Апполонский С.М., Куклев Ю.В. А вот их быстроедействие и возможность селективного выбора поврежденного участка, зависит напрямую от расчётных схем сети и согласованности селективности с нижестоящими устройствами защит.

Из этого можно сделать вывод, что разработка технологии повышения надежности электроснабжения низковольтных электрических сетей в ненормальных режима работы сводится к нахождению оптимального алгоритма для выбора устройств защиты электрической сети. Исследования в этом направлении представлены в работах: Сомов И.Я., Баев В.И.. Данные алгоритмы возможны только при исключении человеческого фактора, а именно использование микропроцессорной технике на базе французской фирмы «Schneider Electric», устройства Sepam. Это устройство представляет собой персонализированное многофункциональное реле защиты с функциями измерения, управления и анализа всего участка сети посредством датчиков и контроллеров. В развитии данных направлений лежит надежность не только отдельных распределительных сетей, но и всей энергосистемы в целом

#### *Список литературы.*

1. *Расчёт надежности электрических сетей.* /Розанов М.Н., – М.:ВИПКРПС, 1980.-83 с.

2. *Методические и практические проблемы надежности либерализованных систем энергетики. / Отв. ред. Н.И. Воропай . – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2009. – 442 с.*

3. *Физические процессы в электрических аппаратах. /Апполонский С.М., Куклев Ю.В./Saarbrücken (Germany): Palmarium Academic Publishing? 2012. – 476 с.*



# ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПО НАГРЕВУ И ОХЛАЖДЕНИЮ ПРОВОДНИКОВ

Шлейников В. Б., Базлов Д.А., Байкасенов Д.К., Сулеев М.А.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

*Цель работы:* разработка лабораторного комплекса для экспериментального определения тепловых характеристик электрических кабелей.

При работе электрооборудования, электрические кабели, питающие электроустановки подвергаются нагреву электрическим током, что приводит к возникновению износа изоляции, а также потерям электроэнергии. Чрезмерное превышение температуры проводников свыше установленных норм значительно увеличивает вероятность пробоя изоляции и даже возникновения пожаров. Во избежание возможных опасных последствий для электроустановок и обслуживающего персонала часто выбирают сечения кабелей с чрезмерным запасом. При таком выборе предприятие несет значительные излишние капитальные затраты на формирование и обслуживание электрической сети.

Разработанный комплекс по нагреву и охлаждению проводников, состоящий из лабораторного стенда и прикладной программы позволяет экспериментально определить оптимальное сечение кабеля, исходя по износу изоляции, полученному при длительной нагрузке электрическим током.

Монтажная схема, лабораторного стенда состоящая из блоков, представлена на рисунке 1.

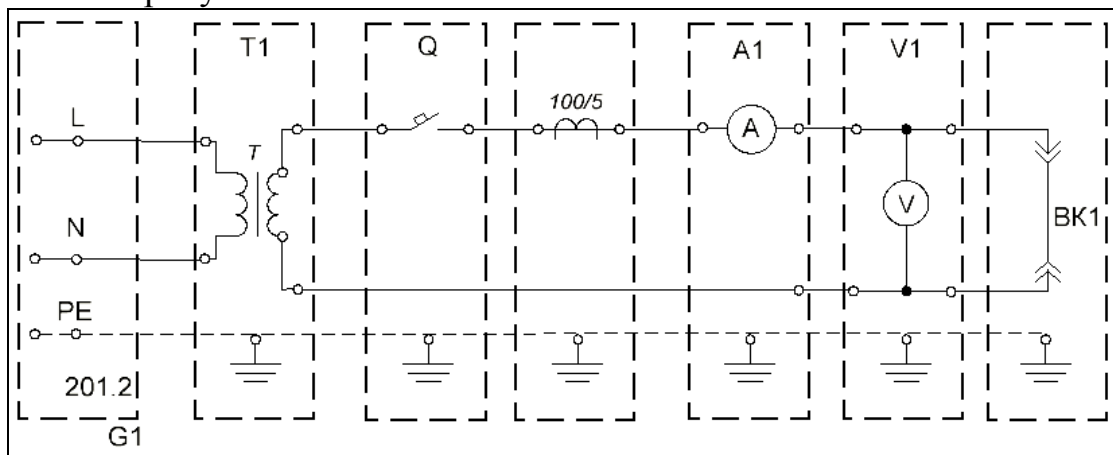


Рисунок 1 – Монтажная схема лабораторного стенда

*Оборудование лабораторного стенда:*

- 1) Дифференциальный автоматический выключатель Q1;
- 2) Автоматический выключатель Q2 (200 А);
- 3) Сварочный трансформатор «ТСД-200»;
- 4) Трансформатор тока;
- 5) Вольтметр V;
- 6) Амперметр А;
- 7) Пирометр «Питон-102»;
- 8) Лампа (индикатор наличия напряжения);
- 9) Универсальные клеммники «Wago» на разные сечения кабелей.

*Порядок выполнения работы:* с помощью дифференциального автоматического выключателя «Q1» подают напряжение на стенд (Рисунок 2). После загорания индикатора наличия напряжения «HL», с помощью сварочного трансформатора «ТСД-200» «Т» устанавливают необходимую величину тока в исследуемом электрическом кабеле. Затем включают автоматический выключатель «Q2». Величину силы тока в данном опыте определяют по показаниям амперметра «А», включенного во вторичную обмотку измерительного трансформатора тока. Температуру жил проводника измеряют с помощью пирометра «ТЕ» («Питон-102») до достижения установившегося значения. После измерения температуры необходимо отключить автоматический выключатель стенда «Q2», затем отключить дифференциальный автоматический выключатель «Q1» [2].

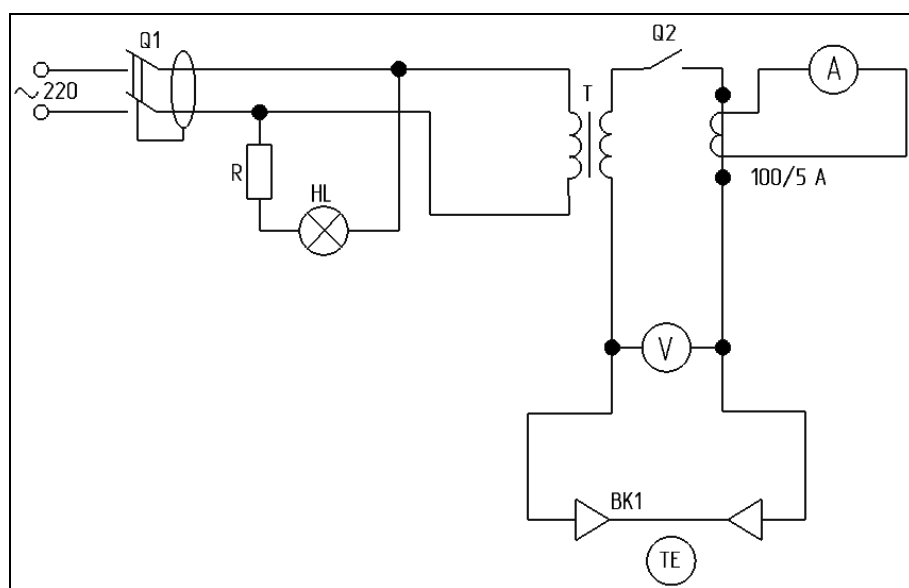


Рисунок 2 – Принципиальная схема лабораторного стенда

После проведения лабораторных исследований, все необходимые данные (сечение токопроводящей жилы, момент отключения нагрузки и величина измеренного тока, протекающего по кабелю) [5] нужно свести в прикладную программу «Исследование процесса нагрева и охлаждения одножильных ВВГ кабелей» [4], написанную на языке программирования «ObjectPascal».

На рисунке 3,а представлены экспериментальные данные для кабеля ВВГ 1х4 [5], полученные с помощью лабораторного стенда. На рисунке 3,б отражены расчетные данные, полученные с помощью программного обеспечения – температура в момент отключения тока, превышение установившейся температуры, установившаяся температура, постоянная времени нагрева и относительное значение износа изоляции кабеля, полученное за время нагрева исследуемым током [5].

На основании рассчитанных величин, прикладная программа позволяет получить тепловую характеристику, характеризующую процесс нагрева и охлаждения одножильного ВВГ кабеля (Рисунок 4).

Итоговые результаты расчета и исследования программа позволяет экспортировать в среду MicrosoftOfficeWord 2010 для дальнейшего теоретического анализа, отчетов по лабораторным работам и для других технологических нужд [5].

Ввод исходных данных

Введите исходные данные:

Сечение токопроводящей жилы

4

мм<sup>2</sup>

Момент отключения нагрузки

165

с

Величина измеренного тока

65

А

Выполнить расчёт

Перейти к построению графика

(а)

Расчётные величины:

Температура в момент отключения

102,911

°C

Превышение установившейся температуры при токах отличающихся от Iдоп

100,535

Установившаяся температура

125,535

°C

Величина допустимого тока

41

А

Постоянная времени нагрева\*

110,628

с

Износ изоляции кабеля\*

232,949754532103

ч

(б)

а – окно ввода экспериментальных данных; б – расчетные величины  
Рисунок 3 – Окна ввода экспериментальных данных и расчетных величин



Рисунок 4 – Тепловая характеристика кабеля ВВГ 1х4

**Вывод:** Разработанный лабораторный комплекс позволит выполнить планирование эксперимента с целью разработки средств индикаторного контроля накопленного износа изоляции кабелей для экспресс оценки

остаточного ресурса силовых кабелей, а также испытания изоляции современных кабелей нового поколения.

#### *Список литературы*

1. Базлов Д.А., Байкасенов Д.К. Исследование процесса нагрева и охлаждения проводников // *Перспектива. Сборник статей молодых учёных, Часть I.* – Оренбург: Участок оперативной полиграфии ОГУ, 2016. – Вып. 19. – С. 149-153. – ISBN 978-5-7410-1466-0.

2. Базлов Д.А., Байкасенов Д.К. Лабораторный стенд для экспериментального исследования процесса нагрева проводников // *Новая наука: современное состояние и пути развития.* – Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2016. – Вып. 4-3. – С. 15-17. – ISSN 2412-9712.

3. Базлов Д.А., Байкасенов Д.К. Влияние нагрева на износ изоляции кабеля при защите плавкими предохранителями // *Интеграция науки, общества, производства и промышленности. Сборник статей Международной научно-практической конференции.* – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. – С. 3-6. – ISBN 978-5-906869-35-7.

4. Митрофанов С.В., Шлейников В.Б., Базлов Д.А., Байкасенов Д.К., Сулеев М.А. Исследование процесса нагрева и охлаждения одножильных ВВГ кабелей [Электронный ресурс].: прикладная программа. – Электрон. дан. (37,5 Мб). – [Оренбург] :ОГУ, 2016.– 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). Системные требования.

5. Шлейников В.Б., Базлов Д.А., Байкасенов Д.К., Сулеев М.А. Computer simulation of the heating of single-core cables with PVC insulation // *International Scientific Review of the Problems and Prospects of Modern Science and Education // International Scientific Review № 18 (28) / XXVI International Science Conference (Boston. USA, 7-8 November, 2016).* С.40-45. ISSN 2410-275X UDC 08