

Секция 2

«НАУЧНО- МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ»

Содержание

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ И МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD Быковская Л.В., Быковский В.В.	283
О ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГОЛОЛЕДНОЙ НАГРУЗКИ НА ПОДСТАНЦИИ МЕДНОГРСКАЯ Кирпичников В.В., Куприенко В.В.	289
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ С ОХЛАЖДАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАСЧЁТАХ ТРЁХМЕРНОГО ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР Кутарев А.М., Падеев А.С.	293
ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ Кушнаренок В.М., Чирков Ю.А, Чирков Е.Ю., Полищук В.Ю., Материнко К.Н.	299
САМОЗАПУСК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ЕГО ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Лямзин В.В.	305
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ У СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ С ЦЕЛЬЮ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ Митрофанов С.В., Валиуллин К.Р., Чернова А.Д.	309
МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ Митрофанов С.В., Веремеев А.А.	313
ДИСЦИПЛИНА «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ Митрофанов С.В., Кильметьева О.И., Морозов В.А.	319
ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ Митрофанов С.В., Краснова К.С., Радаев А.В.	323
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ Митрофанов С.В., Морозов В.А.	328
МЕТОДИКА РАСЧЕТА МОЩНОСТИ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ НУЖД ОСВЕЩЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю.	333

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ Митрофанов С.В., Поздняков Н.В.	338
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМ ТРЕКЕРОМ Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю.	345
МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ВО ВНУТРИЗАВОДСКОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ МЕТОДОМ СКОЛЬЗЯЩЕГО ДОПУСКА Нелюбов В.М.	348
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Падеев А.С., Кутарев А.М., Сурков Д.В.	351
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ДОМА НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК С НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ Перепелкин Д.А., Шлейников В.Б.	355
РОЛЬ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ Свищева Т.Н., Шамсутдинова С.А.	360
МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ И НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ» Семенова Л.А., Кулеева Л.И.	365
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИМ ОСВЕЩЕНИЕМ Семенова Н.Г., Андреев И.С.	370
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Семенова Н.Г., Вакулук В.М.	374
АНАЛИЗ НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ» Суворин А.Ю.	379
МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ МАШИН С НЕСИММЕТРИЕЙ ОБМОТОК СТАТОРА И РОТОРА Сурков Д.В., Падеев А.С.	384
МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО МАГНИТНОГО РЕДУКТОРА Узяков Р.Н., Сурков Д.В., Греков Э.Л.	387
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ Чурикова Е.В.	391

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКОВ

Шлейников В.Б., Барнуков Д.Д., Натальченко Е.С.....395

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ И МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD

Быковская Л.В., Быковский В.В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Теоретическое исследование процессов в нелинейных электрических и магнитных цепях много сложнее процессов в линейных цепях [1]. Процессы в нелинейных и магнитных цепях описываются нелинейными алгебраическими и дифференциальными уравнениями. Для численного решения этих уравнений необходимо выразить аналитически характеристики всех нелинейных элементов. Характеристики нелинейных элементов электрических и магнитных цепей обычно задаются в виде таблиц или графиков. При численном расчете нелинейных и магнитных цепей существенным является способ представления характеристик нелинейных элементов, оказывающий влияние на точность и способ решения. Существует большое количество различных аналитических выражений, в той или иной мере пригодных для математического описания характеристик нелинейных элементов. Главным при выборе наиболее подходящего аналитического выражения для функции $y=f(x)$ является то, что кривая, описываемая аналитическим выражением, должна достаточно близко располагаться к экспериментальным точкам. Работы в этом направлении ведутся на протяжении многих лет [2].

Расчет нелинейных и магнитных цепей можно значительно упростить, если использовать возможности и средства системы MathCad. Имеющиеся в системе функции интерполяции **interp** определяют кривую, точно проходящую через заданные точки. При этом результат очень чувствителен к ошибкам данных. Сплайн-интерполяция позволяет провести кривую через набор точек таким образом, что первые и вторые производные кривой непрерывны в каждой точке. Эта кривая образуется путем создания ряда полиномов, проходящих через наборы из трех смежных точек. Полиномы затем состыкуются друг с другом, чтобы образовать одну кривую. Порядок действий следующий:

1. Создайте векторы, содержащие координаты. Элементы должны располагаться в порядке возрастания.
2. Вычислите вектор **lspline**(x,y). Вектор будет содержать вторые производные интерполяционной кривой в рассматриваемых точках.
3. Чтобы найти интерполируемое значение в произвольной точке, например x_0 , вычислите **interp**(vs,vx,vy, x0).

Пример интерполяции Вольт-Амперной характеристики полупроводникового диода приведен на рисунке 1.

Имея аналитические выражения всех нелинейных элементов можно численно или графически провести расчет нелинейной электрической или магнитной цепи [3].

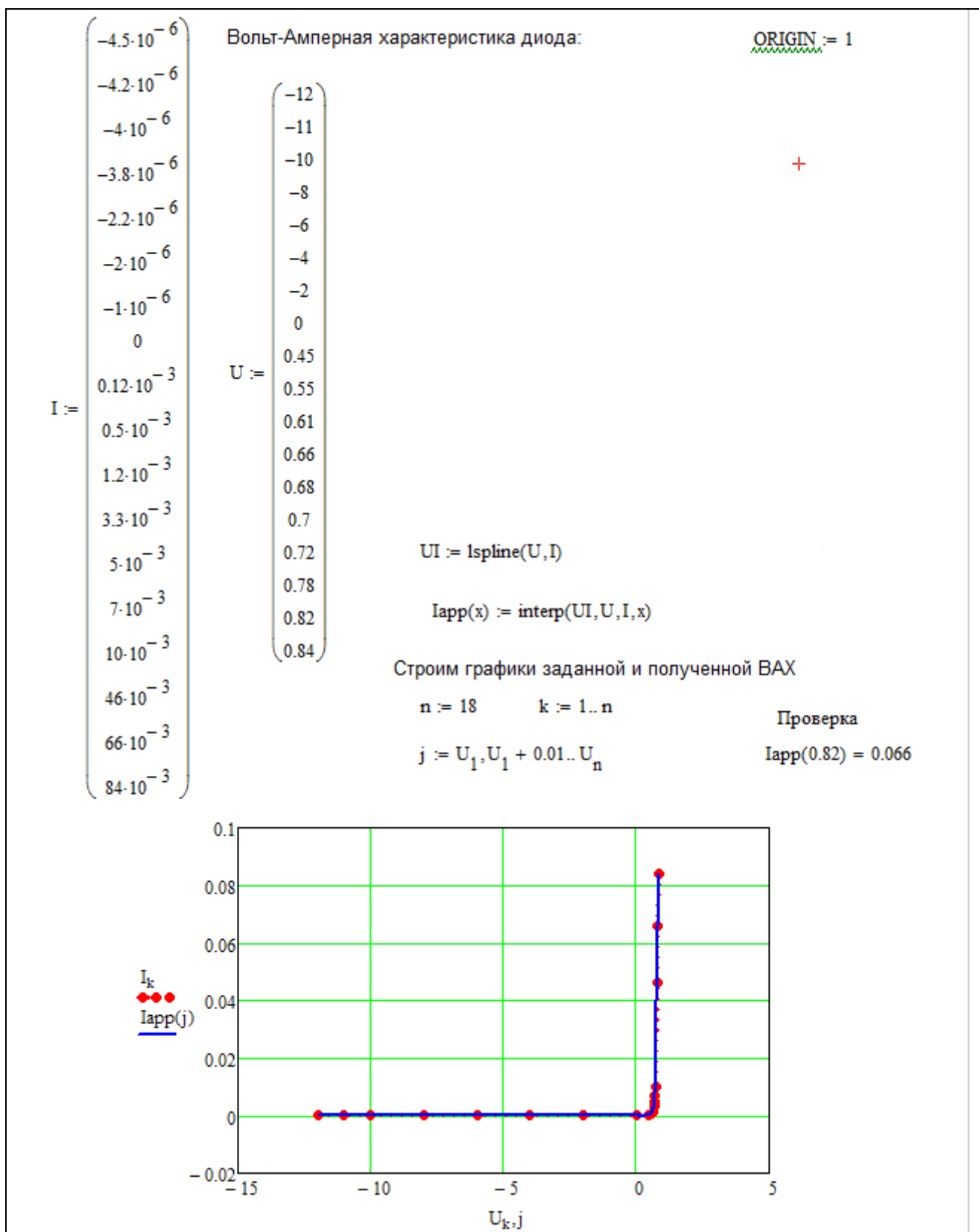


Рисунок 1 – Аппроксимация ВАХ полупроводникового диода интерполяцией в MatCad

Проведем расчет магнитной цепи постоянного тока, приведенной на рисунке 2. Известны геометрические размеры магнитопровода и кривая намагничивания стали. Требуется при известных токах в обмотках определить магнитные потоки.

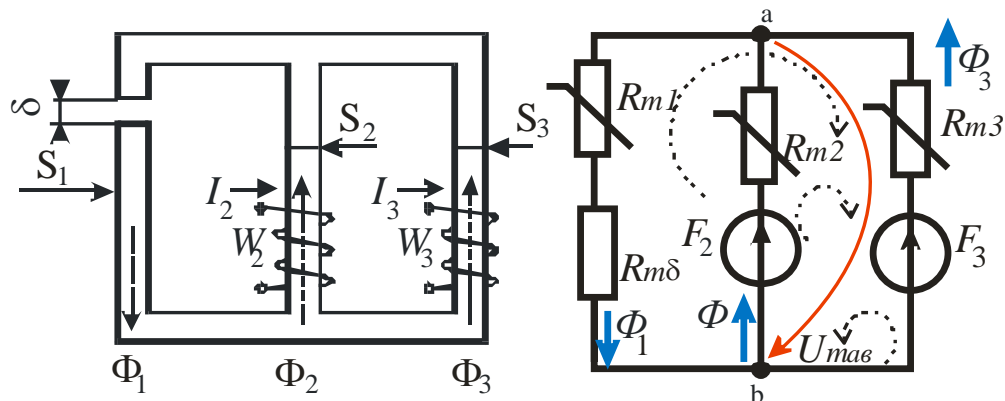


Рисунок 2 – Магнитная цепь и схема замещения

Предварительно проведем аппроксимацию кривой намагничивания аналогично рисунку 1. Для численного решения составляется система нелинейных уравнений по законам Кирхгофа. Для решения используется блок **Given Find**. Предварительно с помощью оператора присваивания указываем числовые значения параметров. Расчет приведен на рисунке 3.

Вводим функцию, вычисляющую значение напряженности магнитного поля в зависимости от значения магнитного потока и площади сечения:

$$H_m(\Phi, S) := \text{if}\left(\Phi \geq 0, \text{interp}\left(BH, B, H, \frac{|\Phi|}{S}\right), -\text{interp}\left(BH, B, H, \frac{|\Phi|}{S}\right)\right)$$

Решаем систему уравнений

$$\Phi_1 := 0.00 \quad \Phi_2 := -0.00 \quad U_{\text{mab}} := c \quad \Phi_3 := 0.00$$

Given

$$-\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = c$$

$$-H_m(\Phi_1, S_1) \cdot L_1 + U_{\text{mab}} - R_{m\delta} \cdot \Phi_1 = c$$

$$H_m(\Phi_2, S_2) \cdot L_2 + U_{\text{mab}} = F_2$$

$$H_m(\Phi_3, S_3) \cdot L_3 + U_{\text{mab}} = F_3$$

$$\text{rezult} := \text{Find}(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, U_{\text{mab}})$$

$$\text{rezult} = \begin{pmatrix} 2.735 \times 10^{-3} \\ -7.508 \times 10^{-4} \\ 3.485 \times 10^{-3} \\ 509.383 \end{pmatrix}$$

Рисунок 3 – Численное решение системы нелинейных уравнений в Mathcad

Следует отметить, что на результат большое влияние оказывают начальные приближения искомых величин. Повторим решение этой же задачи графически, рисунки 4,5.

```

ORIGIN:= 1
F2 := 500 F3 := 900 L1 := 0.97 L2 := 0.34 L3 := 0.969 δ := 0.5·10-3
S1 := 0.00 S2 := 0.0032 S3 := 0.00
n := 12 k := 1..n
μ0 := 4·π·10-7
B := (0 0.73 0.99 1.16 1.29 1.44 1.59 1.69 1.76 1.81 1.86 1.9)
Umδ :=  $\frac{B \cdot \delta}{\mu_0}$ 
H := (0 100 200 400 700 1500 4000 9000 15000 21000 28000 35000)

Φ1 := B·S1 Φ2 := B·S2 Φ3 := B·S3
Um1 := H·L1 Um2 := H·L2 Um3 := H·L3
Um11 := Um1 + Umδ Um22 := F2 - Um2 Um33 := F3 - Um3
St := stack(B, H, Um11, Φ1, Um22, Φ2, Um33, Φ3)

```

	1	2	3	4	5	6
1	0	0.73	0.99	1.16	1.29	1.44
2	0	100	200	400	700	1.5·10 ³
3	0	387.458	587.908	849.549	1.192·10 ³	2.028·10 ³
4	0	2.19·10 ⁻³	2.97·10 ⁻³	3.48·10 ⁻³	3.87·10 ⁻³	4.32·10 ⁻³
5	500	466	432	364	262	-10
6	0	2.373·10 ⁻³	3.217·10 ⁻³	3.77·10 ⁻³	4.192·10 ⁻³	4.68·10 ⁻³
7	900	803.05	706.1	512.2	221.35	-554.25
8	0	2.19·10 ⁻³	2.97·10 ⁻³	3.48·10 ⁻³	3.87·10 ⁻³	...

Рисунок 4 – Исходные данные и результаты расчетов

Результаты расчетов на рисунке 4 сведены в таблицу с помощью функции **stack**, которая объединяет векторы-строки путем размещения их друг под другом. Векторы-строки размещаются в том порядке, в котором представлен список аргументов функции **stack**, то есть в первой строке указаны значения магнитной индукции, во второй – напряженности магнитного поля и так далее по списку. Для того, чтобы воспользоваться функцией **linterp** необходимо, чтобы элементы вектора аргумента интерполирующей функции должны располагаться в порядке возрастания. Если по результатам расчета они убывают, то применяют функцию **reverse**, которая выводит новый вектор с обратным расположением элементов. Далее строятся кривые, исходя из заданных уравнений, составленных по законам Кирхгофа. Решение находится согласно уравнению, составленному по первому закону Кирхгофа, на пересечении кривых:

$$\Phi_1(U_{mab}) = \Phi_2(U_{mab}) + \Phi_3(U_{mab}).$$

Различие в результатах численного и графического решения системы нелинейных уравнений на уровне допустимой погрешности. Таким образом, использование системы Mathcad позволяет быстро и с высокой точностью выполнять расчеты нелинейных и магнитных цепей.

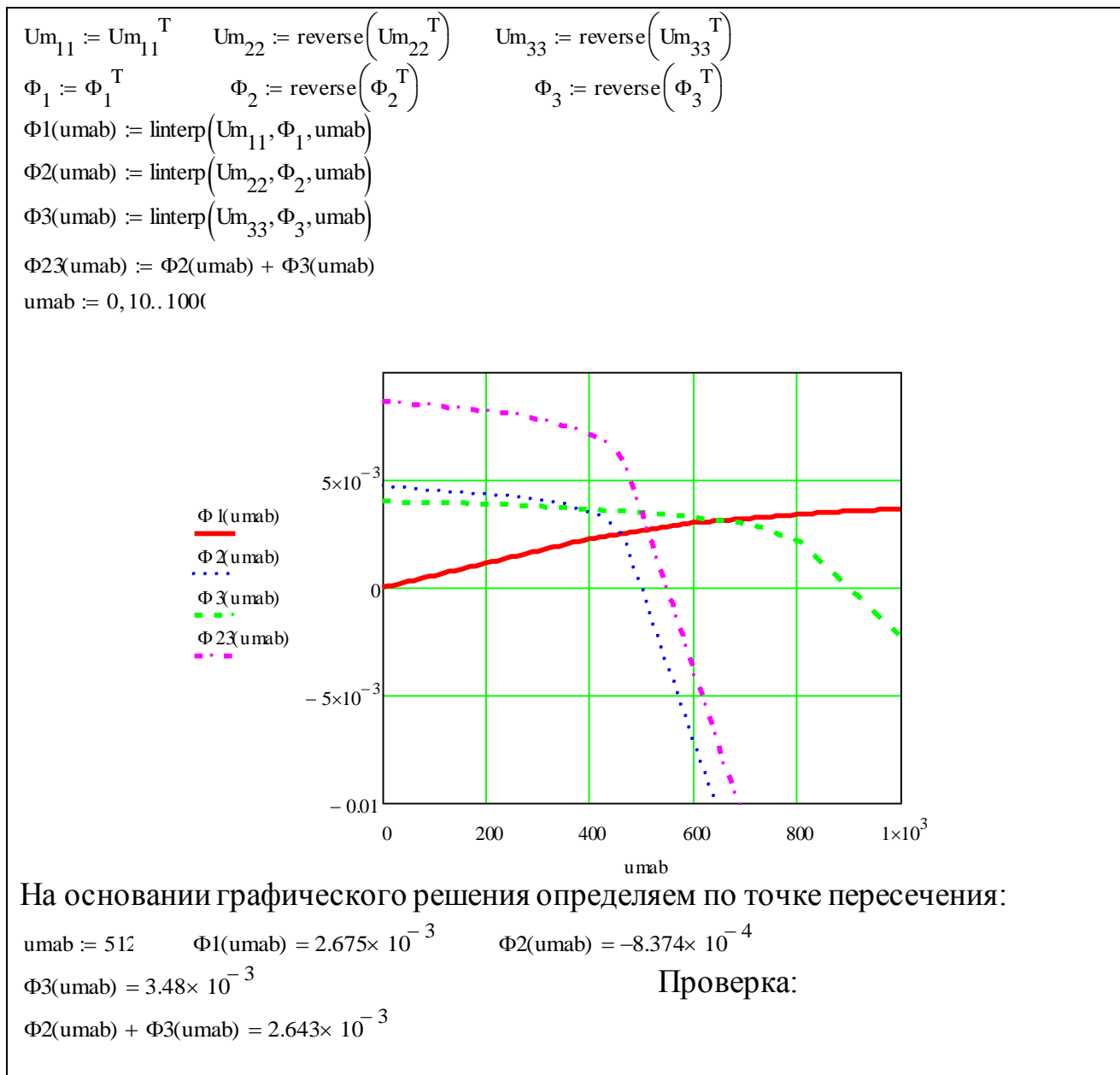


Рисунок 5 – Графическое решение в системе Mathcad

Список литературы

- 1 Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники: в 3 т.: учебник для вузов/ К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин - СПб.: Питер, 2009.- т.2 - 575 с. ISBN 978-5-388-00410-9.
- 2 Быковская, Л.В., Быковский, В.В. Анализ аналитических выражений для аппроксимации кривой намагничивания // Развитие университетского

комплекса как фактор повышения инновационного и образовательного потенциала региона. *Материалы всероссийской научно-практической конференции.* – Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2007. – т.25. С.3-7.

3 Исаев, Ю. Н., Купцов А.М. *Практика использования системы MathCad в расчетах электрических и магнитных цепей. Учебное пособие / Ю. Н. Исаев, А. М. Купцов,* - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. - 180 с. ISBN 978-5-91359-123-4.

О ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГОЛОЛЕДНОЙ НАГРУЗКИ НА ПОДСТАНЦИИ МЕДНОГРСКАЯ

Кирпичников В.В., Куприенко В.В.
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург

Воздушные линии электропередач расположены на открытом воздухе и подвержены воздействиям природных явлений. Наиболее тяжелым воздействием на воздушные линии электропередачи оказывают гололедно-ветровые нагрузки. Примерно половина от общего числа отказов при образовании гололедных нагрузок связано с повреждением или обрывом грозотроса или проводов, от действия вибрации, с хлеста, пляски проводов при сильных порывах ветра.[2]

Оренбургская область относится к зоне повышенного гололедообразования. Поэтому для воздушных линий электропередачи предусмотрены схемы плавки отложения. Для каждой линии разрабатывается технологическая карта, в которой указываются параметры плавки: сила тока, время проведения.

Медногорские районные сети находятся в районе южных отрогов Урала Оренбургской области. Поверхность гористая с перепадом уровня до 350 метров. Для неё характерно образование гололедно-изморезевых отложений в процессе выпадения мороси и тумана при температуре воздуха от -2 до -5°С.

В настоящее время от подстанции Медногорская районная организована плавка 6 линий:

Таблица 1

Наименование ЛЭП	Протяженность ВЛ, км	Район по гололеду	Район по ветровым нагрузкам
Медногорская районная–Сара-тяга	25,72 км	VI	V
Медногорская районная - Разъезд 213А с отпайкой на КС Сара	57,7 км	VI	V
Медногорская-районная – Рысаево – Кувандыкская – Дубенская до оп.№360.	52 км	V	VI
Медногорская-районная – Рысаево – Ку-вандыкская – Кувандык-тяга – Дубиновка-тяга	68,8 км	V	VI

Медногорская-районная – Рысаево – Ку-вандыкская – РК Опора №350–ПС Дубенская	76,455 км	V	VII
Рысаево-Кувандыкская I,II цепь с отпайкой на ПС ЮУКЗ	27,1 км	IV	V

ВЛЭП восточной части Оренбургской области располагаются большей частью в пятом и четвертом и особом районе по гололеду, поэтому проблема образования гололеда на ВЛ остро стоит перед энергетиками.

Для устранения гололеда используются специализированный метод плавки, когда часть энергосистемы отключается от передачи энергии потребителями и на неё подаются нагрузочные токи, приводящие к разогреву линий и плавке льда. Процедура плавки является сложной и дорогостоящей, что означает необходимость минимизации её использования. Для проведения такой процедуры необходимо иметь актуальную информацию о метеоусловиях на наиболее критических участках электрической сети. В настоящее время для этого формируются специальные бригады оперативно-ремонтного персонала, которые совершают визуальный осмотр мест наиболее вероятного образования максимального количества гололеда и сообщают диспетчерам данные о количестве отложений по существующим каналам связи. Точно определить вес отложений, их характер, скорость нарастания, а также метеорологические параметры визуально практически невозможно. Как правило, поступающая информация диспетчеру, необъективна и не полная, что влечет за собой увеличение времени принятия решения и количества неверных решений.

Эффективно выполнить данную задачу может только автоматизированная система мониторинга ВЛ ЛЭП, при использовании которой нет необходимости выезда персонала в контрольные точки для визуального наблюдения за ВЛ, т.к. информация, поступающая с устройств телеметрии достаточно, своевременна и точна.

Автоматизированная информационная система контроля гололедной нагрузки(АИСКГН), позволяет организовать мониторинг состояния сети ВЛ ЛЭП.

АИСКГН предназначена для раннего обнаружения опасности гололедообразования на ВЛ посредством контроля нагрузки на проводах и метеопараметров (температуры и влажности окружающего воздуха, направления и скорости ветра) и осуществлением видеоконтроля в местах установки пунктов контроля на опорах ВЛ, что обеспечивает своевременное принятие решений о начале и окончании плавки гололеда при необходимости внесения корректировки времени плавки гололеда.

Расширенные функциональные и информационные возможности системы, обусловленные использованием микропроцессорной вычислительной техники, современных систем связи и передачи данных. С помощью АИСКГН производится:

- автоматизированный сбор данных о гололедно–ветровых воздействиях на воздушные линии электропередачи, а также о метеорологических параметрах;
- прогнозирование развития гололедоопасной ситуации на ВЛ с учетом складывающихся метеоусловий и интенсивности гололедообразования;
- контроль опадания гололедных отложений при проведении плавки гололеда на фазных проводах
- получение видеоинформации о ходе гололедообразования на проводах и тросах ВЛ.

Программно-технический комплекс пунктов контроля содержит все устройства, расположенные непосредственно на ВЛ. С их помощью осуществляется сбор информации, необходимой для функционирования системы в целом.

Как правило, в состав программно-технического комплекса входят два пункта контроля гололедообразования с видеонаблюдением (ПК).

Пункт контроля гололедообразования с видеонаблюдением.

Пункт контроля по запросу из пункта приема выполняет следующие функции:

- автоматический контроль и первичную обработку информации о гололедно-ветровой нагрузке на фазных проводах ВЛ;
- видеонаблюдение за состоянием фазного провода;
- передачу данных на пункт приема.

Основным компонентом программно-технического комплекса пункта контроля, реализующим функции видеонаблюдения и передачи данных в пункт приема, является контроллер МЛП.

В пункте контроля производится:

- контроль механической нагрузки в точках подвеса фазных проводов к траверсам и грозотроса к тросостойке опоры ВЛ;
- контроль температуры и влажности окружающего воздуха;
- контроль направления и скорости ветра;
- контроль напряжения на клеммах аккумуляторной батареи;
- контроль состояние контактов сигнализатора закрытого положения двери шкафа контроля;
- видеонаблюдение за состоянием фазного провода.[4]



Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы контроля гололедной нагрузки.

Своевременное определение наличия гололеда на ВЛ и принятия эффективных мер, обеспечивают своевременность плавки гололеда на ВЛ и позволят обеспечить качественное и надежное электроснабжение потребителей.

Список литературы

1. Молоканов, Д.Ю. Автоматизированная информационная система контроля гололедной нагрузки на воздушных линиях электропередачи / П.П. Кудряшов, А.М. Герасимов, С.А. Фоменков / Известия ВолгГТУ : меж. сб. науч. ст. №15(102) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2012. – С. 53–57. – УДК 004.031.43.
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. Описание и разработка АИСКГН [Электронный ресурс] // Официальный сайт / «Спец КБП и СА». –[2015].– Режим доступа: <http://blice.ru/system>

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОТДАЧИ С ОХЛАЖДАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАСЧЁТАХ ТРЕХМЕРНОГО ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР

Кутарев А.М., Падеев А.С.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Наибольшую трудность в тепловых расчётах трансформаторов малой мощности (ТММ) представляет определение коэффициента теплоотдачи (КТО). Обычно в качестве КТО берут значения, полученные при эксперименте с конкретной установкой и условиями [1]. Если нет возможности экспериментально определить КТО, то пользуются критериальными уравнениями или расчётными зависимостями, полученными при анализе теплообмена на поверхности, которые затем уточняют при проведении эксперимента [2, 3,4, 5].

Теплоотдача с нагретой поверхности в газовой среде осуществляется одновременно конвекцией, излучением и теплопроводностью. Результирующий КТО при естественном воздушном охлаждении рассчитывается по выражению [3]

$$\alpha_{рез} = Nu \cdot \frac{\lambda}{l} + 5,67 \cdot \varepsilon_1 \cdot k_t, \quad (1)$$

где Nu - критерий Нуссельта;

λ – коэффициент теплопроводности пограничного слоя;

ε_1 – степень черноты поверхности;

k_t – коэффициент, учитывающий влияние температуры на значение КТО.

Первое слагаемое в формуле (1) представляет собой конвективную составляющую КТО. В практике расчётов часто принимается для обычных трансформаторов малой мощности (ТММ) ламинарный режим течения воздуха вдоль поверхности охлаждения, для которого, с достаточной степенью точности, для конвективной составляющей КТО, можно записать [6,7]

$$\alpha_{кв} = A_k \cdot \left(\frac{\Theta}{l} \right)^{0,25}, \quad (2)$$

где A_k - коэффициент, зависящий только от определяющей температуры пограничного слоя, данные для определения A_k приводятся, например, в [7];

Θ – превышение средней температуры поверхности над температурой охлаждающей среды;

l – определяющий размер, м.

За определяющий размер обычно принимают: для вертикальной поверхности –

размер по вертикали, для горизонтальной поверхности – меньший из размеров площадки. Если КТО получен по формуле (2) при базовых значениях температуры и размера (Θ_{δ} и l_{δ}), то $\alpha_{кв} = \alpha_{\delta}$.

Второе слагаемое в формуле (1) учитывает лучевую составляющую КТО. Значение степени черноты приводится в литературе в зависимости от типа материала поверхности, её обработки и температуры [3, 7]. Значение коэффициента k_t можно определить по формуле

$$k_t(T1 + T2) \cdot (T1^2 + T2^2) \cdot 10^{-8}, \quad (3)$$

где $T1, T2$ – абсолютные температуры нагретых тел. $T1 = 273 + \Theta_1 + t_{oc}$ и $T2 = 273 + \Theta_2 + t_{oc}$;

t_{oc} – температура окружающей среды.

Если полученная в результате теплового расчёта средняя поверхностная температура Θ отличается от базовой температуры Θ_{δ} , то производится перерасчёт $\alpha_{кв}$ по формуле

$$\alpha_{крез} = \alpha_{\delta} \cdot \left(\frac{\Theta}{\Theta_{\delta}} \right)^{0,25}, \quad (4)$$

где α_{δ} – средний по высоте катушки базовый коэффициент теплоотдачи при температуре Θ_{δ} .

Выражение (4) справедливо для всех температур в диапазоне от 40 до 120 °С [6].

При необходимости изменение координаты вдоль высоты катушки для КТО часто учитывают по следующему выражению

$$\alpha_{крез} = \alpha_{\delta} \cdot \left(\frac{l_{\delta}}{l} \right)^{0,125}, \quad (5)$$

где α_{δ} – средний по высоте катушки базовый коэффициент теплоотдачи при базовом размере l_{δ} и при базовой температуре Θ_{δ} .

Выражение (5) справедливо для всех высот катушек в пределах от 10 мм до 100 мм [6].

В общем случае, для $\alpha_{кв}$ с поверхности охлаждения может быть записано

$$\alpha_{крез} = \alpha_{\delta} \cdot \left(\frac{l_{\delta}}{l} \right)^{0,125} \cdot \left(\frac{\Theta}{\Theta_{\delta}} \right)^{0,25}, \quad (6)$$

Около нагретых горизонтальных поверхностей (например, поверхности 2, 3 на рисунке 1) движение охлаждающего агента имеет характер, в значительной мере зависящий от положения поверхности и ее размеров. Дульнев Г.Н. и Семяшкин Э.М. предлагают в своих работах для горизонтально ориентированной поверхности, обращенной нагретой стороной вверх, КТО увеличить в 1,3 раза относительного базового значения, а для поверхности, обращенной вниз – изменить в 0,7 раза [8].

На рисунке 1 показан эскиз ТММ выполненного на витом магнитопроводе типа ШЛ.

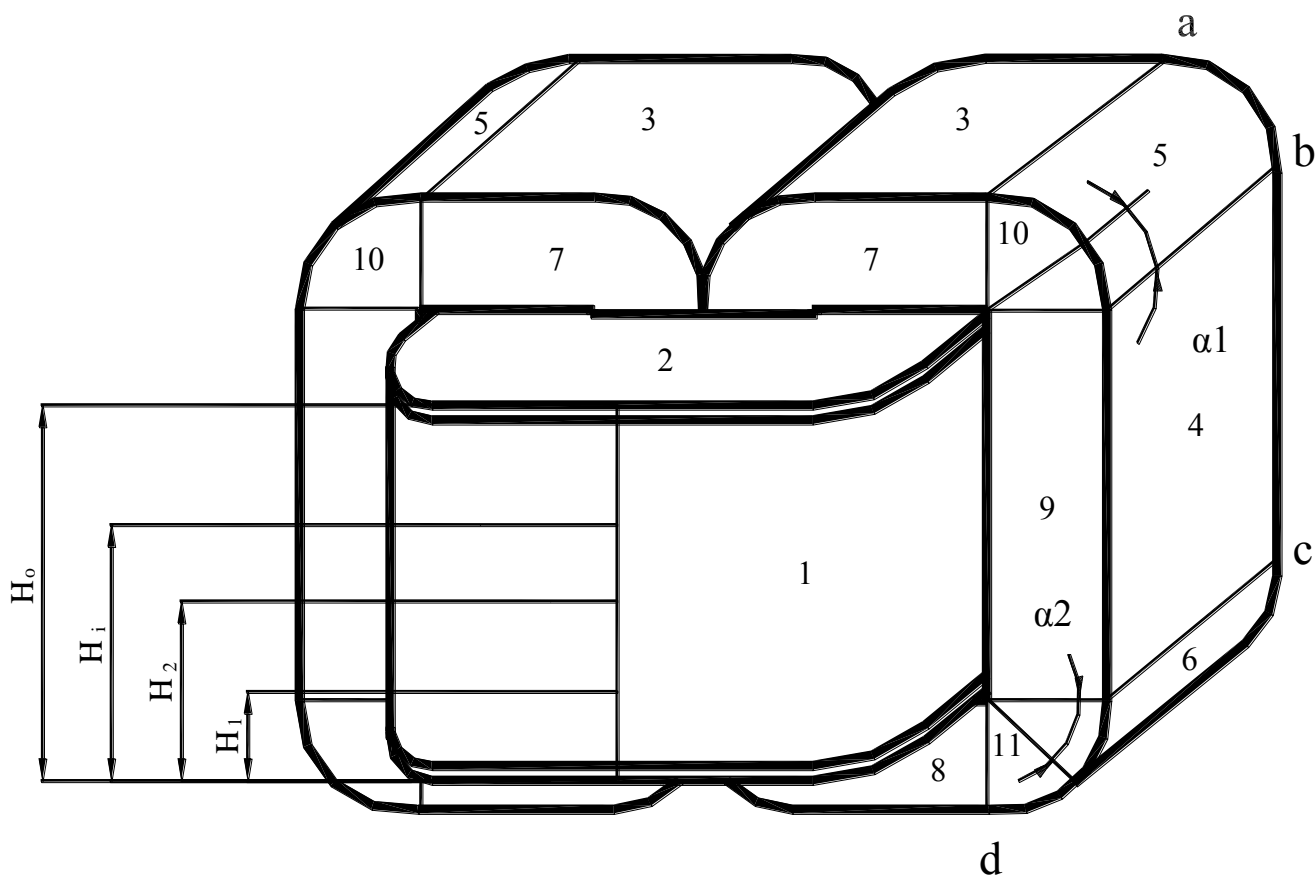


Рисунок 1 – К определению КТО с поверхностями охлаждения

При расчётах поля температуры численными методами, например, методом конечных разностей, можно учесть не только изменение коэффициентов теплоотдачи в зависимости от локальных значений температуры в ячейках сетки на поверхности охлаждения, но и изменение коэффициентов теплоотдачи с вертикальных поверхностей (поверхности 1, 4, 7, 8, 9 и т.д.) по высоте стенки.

Среднее значение функции на отрезке определяется по формуле

$$F_{cp} = \frac{1}{h} \int_0^h f(y) dy . \quad (7)$$

Для определения среднего значения коэффициента теплоотдачи для вертикальной поверхности охлаждения на основании (7) можем записать

$$\alpha_{крез} = \frac{1}{h} \int_0^h \alpha(y) dy. \quad (8)$$

Среднее значение КТО для вертикальной поверхности $h1$ (рисунок 1) определится по формуле

$$\alpha_{крез1} = \frac{1}{h1} \int_0^{h1} \alpha(y) dy, \quad (9)$$

а для поверхности высотой $h2$ по формуле

$$\alpha_{крез2} = \frac{1}{h2} \int_0^{h2} \alpha(y) dy. \quad (10)$$

Умножив левую и правую части равенства (10) на $h2$, получим

$$\alpha_{крез} \cdot h2 = \int_0^{h2} \alpha(y) dy. \quad (11)$$

Если два значения высоты стенки отличаются на величину Δh

$$h2 = h1 + \Delta h, \quad (12)$$

то можно записать

$$\int_0^{h2} \alpha(y) dy = \int_0^{h1} \alpha(y) dy + \int_{h1}^{h1+\Delta h} \alpha(y) dy, \quad (13)$$

или

$$\alpha_{крез2} \cdot h2 = \alpha_{крез1} \cdot h1 + \alpha_{крез12} \cdot \Delta h, \quad (14)$$

где $\alpha_{крез12}$ - среднее значение коэффициента теплоотдачи на вертикальной поверхности между координатами $y = h1$ и $y = h2$.

Решая уравнение (14) относительно $\alpha_{крез12}$ получим

$$\alpha_{\text{крес}12} = (\alpha_{\text{крес}2} \cdot h_2 - \alpha_{\text{крес}1} \cdot h_1) / \Delta h . \quad (15)$$

Заменив коэффициенты теплоотдачи в правой части (15) на их выражения, получим

$$\alpha_{\text{крес}12} = \alpha_{\delta} \cdot (l_{\delta})^{0,125} \cdot [(h_2)^{0,875} - (h_1)^{0,875}] / \Delta h . \quad (16)$$

В общем случае для элемента сетки на вертикальной поверхности можно записать

$$\alpha_{\text{крес}i,i+1} = \alpha_{\delta} \cdot (l_{\delta})^{0,125} \cdot [(h_{i+1})^{0,875} - (h_i)^{0,875}] / \Delta h . \quad (17)$$

Поверхность витого магнитопровода типа ШЛ, имеет участки, например 5 и 6 (рисунок 1), которые являются переходными между вертикальными и горизонтальными поверхностями. На угловых участках магнитопровода конвективная составляющая КТО для плавного перехода от значений КТО горизонтального участка ярма к вертикальному участку корректируется по формуле:

$$\alpha_{yi} = \alpha_{\delta} - (\alpha_{\delta} - \alpha_2) \cdot \sin \alpha_i , \quad (18)$$

где α_2 - конвективная составляющая коэффициента теплоотдачи с горизонтальной поверхности магнитопровода;

α_{δ} - конвективная составляющая коэффициента теплоотдачи с вертикальной поверхности магнитопровода;

α_i - центральный угол от конца вертикальной поверхности бокового ярма до середины ячейки сетки на поверхности углового участка магнитопровода.

Степень черноты ε_1 в (1) определяется материалом и наличием покрытия поверхности ТММ. По технологии изготовления весь ТММ покрывается лаком, например МЛ-92. Поэтому, не допуская большой погрешности в расчётах, можно принять для всех поверхностей обмотки, каркаса и магнитопровода, примерно, одинаковую степень черноты, равную степени черноты поверхности, покрытой лаком. Некоторые значения ε_1 приведены в работе [6]. Например, для поверхности, покрытой лаком, при температуре поверхности от 40°C до 95°C ε_1 составляет 0,8-0,9. Для расчётов можно принять среднее значение $\varepsilon_1 = 0,85$. Подставив полученные данные в (1) и с учётом (3), получим для лучевой составляющей КТО боковой поверхности обмотки $\alpha_n \approx 6,555 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Расчёт конвективной составляющей КТО, например, с боковой вертикальной поверхности обмотки выполняется по формуле (2). За базовый размер обмотки ТММ, например, примем высоту $l_{\delta} = 56 \text{ мм}$. За базовое

превышение температуры примем $\Theta_6 = 60^\circ \text{C}$ и $t_{\text{oc}} = 20^\circ \text{C}$. Приняв среднюю температуру пограничного слоя у вертикальной боковой поверхности обмотки 50°C , что обычно для ТММ стандартной конструкции [1], получим в (2) для коэффициента A_k значение $A_k = 1,3175$. Тогда расчёт по (2) даёт значение для $\alpha_{кв} \approx 7,538 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$.

Для результирующего КТО по формуле (1) получим $\alpha_{рез} = 7,538 + 6,555 = 14,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$. Рассчитанный коэффициент теплоотдачи является средним по высоте обмотки трансформатора.

Аналогично определяются средние значения КТО с других поверхностей. Для угловых участков магнитопровода коэффициент теплоотдачи определяется по формуле (18). Учесть влияние изменения КТО на вертикальных поверхностях на результаты расчёта поля температуры можно, определив локальные средние, в пределах ячеек сетки, значения $\alpha_{крес i, i+1}$ по формуле (17).

Список литературы

- 1 Загирняк М.В., Анализ результатов тепловых испытаний и расчёт намагничивающих катушек электромагнитных сепараторов // *Электротехника*/ -1994. 1994. –с. 54-58.
- 2 Логинов В.С., Приближённый расчёт интенсивности теплообмена на поверхности магнитопроводов трансформаторов и бета-тронов // *Электротехника*. -1983. №7. –с. 52-55.
- 3 Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. –М.: Энергия, 1973. -320 с.
- 4 Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент // *Справочник/Под общ. ред. Григорьева В.А. и Зорина В.М.* –М. :Энергоатом издат. 1988. – 559 с.
- 5 Фукс Л.Г. Свободная конвекция в нагретой вертикальной щели//*Известия вузов. Энергетика*. -1961. №3.
- 6 Бальян В.С., Трансформаторы для электроники. –М. :Советское радио. 1971. -720 с.:ил.
- 7 Сипайлов Г.А. и др. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчёты в электрических машинах: Учеб. для вузов по спец. «Электрические машины»/Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан. –М. :Высш. шк., 1989. –с. 225.
- 8 Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. "Энергия", Л., 1968.;

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**Кушнаренко В.М., Чирков Ю.А, Чирков Е.Ю.,
Полищук В.Ю., Материнко К.Н.**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Оценку эффективности методов контроля технического состояния, периодичности и объемов диагностических обследований оборудования, работающего под давлением в условиях воздействия коррозионных сред, проводили путем опроса специалистов в соответствующей области. В данной работе под термином оборудование подразумеваются сосуды, аппараты и другие оболочковые конструкции, имеющие диаметр обечайки до 3000мм, толщину стенки до 60мм и эксплуатирующиеся при давлении до 10МПа в условиях воздействия коррозионных рабочих сред.

Существуют различные формы экспертного опроса (разные виды анкетирования, интервью), подходы к оцениванию (ранжирование, нормирование, различные виды упорядочивания и т. д.), методы обработки результатов опроса, требования к экспертам и формированию экспертных групп, вопросы тренировки экспертов, оценки их компетентности (при обработке оценок вводятся и учитываются коэффициенты компетентности экспертов, достоверности их мнений), методики организации экспертных опросов.

Выбор форм и методов проведения экспертных опросов, подходов к обработке результатов опроса и т. д. зависит от конкретной задачи и условий проведения экспертизы.

Возможность использования экспертных оценок, обоснование их объективности обычно базируется на том, что неизвестная характеристика исследуемого явления трактуется как случайная величина, отражением закона распределения которой является индивидуальная оценка специалиста-эксперта о достоверности и значимости того или иного события. При этом предполагается, что истинное значение исследуемой характеристики находится внутри диапазона оценок, получаемых от группы специалистов, и что обобщенное коллективное мнение является достоверным.

С целью оценки эффективности методов контроля при диагностировании оборудования и необходимых объемов применения методов контроля проведения диагностирования оборудования проведено анкетирование по методу Дельфи [1]. Данная методика позволяет с помощью опросов, интервью добиться максимального согласования при определении правильного решения. Базовым принципом метода является то, что некоторое количество независимых специалистов (часто не связанных друг с другом) лучше оценивает и предсказывает результат, чем структурированная группа. Метод позволяет избежать открытых столкновений между носителями противоположных позиций, так как исключает непосредственный контакт специалистов между собой и, следовательно, групповое влияние, возникающее

при совместной работе и состоящее в приспособлении к мнению большинства. Применение данного метода дает возможность производить опрос специалистов дистанционно, не собирая их в одном месте.

В данной работе опрошено 19 специалистов из разных областей деятельности – специалисты по неразрушающему контролю, диагностике и экспертизе промышленной безопасности оборудования, работающего под давлением в условиях воздействия коррозионных сред, Специалисты оценивали в баллах от 1 до 5 эффективность методов контроля при диагностировании и необходимые объемы применения методов контроля.

При анализе анкет осуществляли статистическую обработку полученных данных, определяли среднее значение, среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации. Результаты анализа анкетных данных приведены в таблицах 1-2.

Оценка эффективности методов контроля при диагностировании оборудования. Определяющим параметром при оценке эффективности методов контроля при диагностировании оборудования приняли среднее значение каждого метода контроля. По результатам анализа анкет по эффективности методов контроля при диагностировании оборудования (таблица 1) определили, что наибольшим средним значением оценки при диагностировании технического состояния оболочковых конструкций обладает визуально-измерительный контроль, далее следует ультразвуковая толщинометрия стенки оборудования, ультразвуковой контроль основного металла и сварных соединений, измерение твердости, гидравлические или пневматические испытания. Специалисты отмечали, что методы контроля на наличие трещиноподобных дефектов – магнитопорошковый, вихретоковый и проникающими веществами имеют примерно одинаковое значение, однако магнитопорошковому методу контроля отдавали большее предпочтение.

Радиационный контроль и метод акустической эмиссии специалисты посчитали менее информативными при техническом диагностировании. Эти методы неразрушающего контроля отметили как дополнительные при возникновении спорных вопросов, а метод акустической эмиссии отметили как повышающий безопасность гидравлических и пневматических испытаний оболочковых конструкций.

Вырезки из оборудования для лабораторных испытаний специалисты выделили как нецелесообразные, так как наиболее рационально определять изменение механических характеристик по изменению твердости металла.

Контролю напряженно-деформированного состояния специалисты присвоили низкую оценку эффективности. При диагностировании определяется техническое состояние элементов оборудования, включая вид, местоположение и размеры дефектов и повреждений, что позволяет рассчитать напряженно-деформированное состояние металла элементов оборудования.

Водородные зонды и зонды сопротивления посчитали мало информативными в плане оценки технического состояния оборудования. Скорость коррозии, как отмечали специалисты при обсуждении, можно определять по коррозионному состоянию внутренней поверхности

оболочковых конструкций при визуально-измерительном контроле. При этом коррозия зачастую является язвенной и имеет локальный характер, чаще всего располагаясь на нижней образующей сосудов и аппаратов, зоне раздела фаз и застойных зонах.

Таблица 1 – Эффективность методов контроля при диагностировании оборудования

№ п/п	Метод контроля	Среднее значение	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации
1	Визуально-измерительный контроль (ВИК)	3,95	0,23	5,81
2	Измерение твердости (ИТ)	3,58	0,51	14,17
3	Ультразвуковая толщинометрия (УЗТ)	3,89	0,32	8,10
4	Капиллярный контроль (КК)	2,84	0,69	24,22
5	Магнитно-порошковый контроль (МПК)	2,84	0,69	24,22
6	Вихретоковый контроль (ВК)	2,79	0,71	25,57
7	Ультразвуковой контроль (УК) основного металла	3,84	0,37	9,75
8	Ультразвуковой контроль (УК) сварных соединений	3,74	0,45	12,11
9	Радиационный контроль (РК)	2,63	0,50	18,83
10	Гидравлические или пневматические испытания	3,68	0,58	15,81
11	Акустико-эмиссионный контроль (АЭК)	2,53	0,51	20,31
12	Контроль напряженно-деформированного состояния	-	-	-
13	Водородные зонды, зонды сопротивления, образцы-свидетели	-	-	-
14	Вырезки из оборудования для лабораторных испытаний	-	-	-

Оценка необходимых объемов контроля при диагностировании оборудования. Результаты анализа анкет по определению объема применения методов контроля при диагностировании оборудования приведены в таблице 2. Определяющим фактором оценки объемов контроля являлось среднее значение оценки объема контроля специалистами. Для повышения информативности анкетирования некоторые специалисты после анкетирования дополнительно были опрошены с целью обоснования своих ответов - почему именно такие ответы были даны и чем руководствовались при ответе на эти вопросы. Так же фиксировалось их личное мнение по отношению к неразрушающим методам

контроля. По результатам анализа анкет по объемам контроля при экспертном обследовании специалисты отмечали, что практически на стопроцентном уровне необходимо осуществлять визуально-измерительный контроль, толщинометрию и ультразвуковой контроль сварных соединений.

Таблица 2 – Объемы применения методов контроля при диагностировании оборудования

№п/п	Метод контроля	Среднее значение	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации
1	Визуально-измерительный контроль (ВИК)	4,63	0,50	10,70
2	Измерение твердости (ИТ)	3,53	0,51	14,55
3	Ультразвуковая толщинометрия (УЗТ)	4,53	0,51	11,33
4	Капиллярный контроль (КК)	3,89	1,10	28,25
5	Магнитно-порошковый контроль (МПК)	3,63	0,50	13,65
6	Вихретоковый контроль (ВК)	2,84	0,69	24,22
7	Ультразвуковой контроль (УК) основного металла	3,63	1,07	29,33
8	Ультразвуковой контроль (УК) сварных соединений	4,42	0,51	11,47
9	Радиационный контроль (РК)	1,95	0,71	36,20
10	Акустико-эмиссионный контроль (АЭК)	2,05	0,71	34,35
11	Водородные зонды, зонды сопротивления, образцы-свидетели	-	-	-
12	Вырезки из оборудования для лабораторных испытаний	-	-	-

Специалисты сошлись во мнении, что ультразвуковой контроль сплошности основного металла оборудования необходимо осуществлять на уровне до 40-60 % от общей площади поверхности. Специалисты отмечали, что зоны контроля определяются при составлении карт контроля в ходе предварительного анализа документации на оборудование перед диагностированием. Также было отмечено, что на стопроцентном уровне необходимо проводить ультразвуковой контроль сплошности основного металла в области дефектов, обнаруженных другими методами.

Измерение твердости основного металла, сварных соединений и зоны термического влияния специалисты определили на уровне до 40-60 % от общего количества сварных соединений оболочковой конструкции. Как правило, измерению твердости должны подвергаться каждый силовой элемент

оболочковых конструкций, сварные швы в нагруженных зонах. Измерение твердости должно проводиться при диагностировании оборудования для косвенной оценки механических свойств металла и проверки их соответствия требованиям нормативных документов.

При анализе анкет выяснено, что контроль на наличие трещин – капиллярный, магнитопорошковый и вихретоковый достаточно осуществлять на уровне 40-80 % от общего количества контролепригодных участков оборудования. Методы контроля необходимо выбирать в каждом конкретном случае с учетом конструктивных особенностей и условий контроля оболочковых конструкций.

Радиационный контроль металла специалисты посчитали нецелесообразным, однако согласно результатам анкетирования необходимо осуществлять радиационный контроль для идентификации дефектов, выявленных при ультразвуковом контроле сварных соединений оборудования.

Специалисты отметили, что при пневматических испытаниях оболочковых конструкций целесообразно применять акустико-эмиссионный контроль для повышения безопасности проведения испытаний. Так же было отмечено, что метод акустической эмиссии позволяет выявлять скрытые дефекты, определять потенциальную опасность выявленных дефектов и склонность к их развитию, однако, в связи со сложностями интерпретации полученных данных, достоверность данного метода не высокая.

Водородные зонды, зонды сопротивления и вырезки из оборудования, согласно мнению специалистов, применять нецелесообразно как неэффективные.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее результативными методами технического диагностирования оборудования, работающего под давлением в условиях воздействия коррозионных сред, является визуально-измерительный контроль, далее идет измерение толщины стенки элементов оборудования, ультразвуковой контроль основного металла и сварных соединений, измерение твердости, гидравлические или пневматические испытания. Методы контроля оборудования на наличие трещиноподобных дефектов – магнитопорошковый, вихретоковый и капиллярный контроль имеют примерно одинаковое значение, однако магнитопорошковому методу контроля следует отдавать большее предпочтение.

2. Такие методы контроля как радиационный контроль и метод акустической эмиссии менее информативны при техническом диагностировании оборудования. Данные методы неразрушающего контроля необходимо применять как дополнительные при возникновении спорных вопросов, а метод акустической эмиссии как повышающий безопасность гидравлических и пневматических испытаний оборудования. Контроль напряженно-деформированного состояния при диагностировании не несет значимого количества информации и экономически не оправдан. Оценку напряженно-деформированного состояния элементов оборудования возможно

выполнить расчетными методами с учетом результатов диагностирования. Водородные зонды и зонды сопротивления дают мало информации о техническом состоянии оборудования. Скорость коррозии точнее определить по коррозионному состоянию внутренней поверхности оболочковых конструкций при визуально-измерительном контроле.

3. Визуально-измерительный контроль, толщинометрию и ультразвуковой контроль сварных соединений необходимо осуществлять на стопроцентном уровне. Контроль на наличие трещин – капиллярный, магнитопорошковый и вихретоковый целесообразно выполнять на уровне 40-80 % от площади внутренней поверхности оборудования. Как правило, швы вварки штуцеров и горловин люков должны подвергаться капиллярному контролю в объеме 100 %, сопряжения кольцевых и продольных швов корпуса – 100 %, кольцевые швы приварки днищ – 30 %, швы приварки опорных конструкций – 100 % в доступных зонах, потенциально опасные участки и дефектные участки, выявленные при ВИК и УК, – 100 %. Измерение твердости основного металла, сварных соединений и зоны термического влияния специалисты определили на уровне до 40-60 % от общего количества сварных соединений оборудования. Ультразвуковой контроль сплошности металла оборудования необходимо осуществлять на уровне до 40-60 % от общей площади внутренней поверхности и 100 % в области дефектов, обнаруженных другими методами. Радиационный контроль следует применять для подтверждения и уточнения результатов ультразвукового контроля, а метод акустической эмиссии – при пневматических испытаниях оборудования для повышения безопасности проведения испытаний.

Список литературы

1. Агафонов, В.А. Анализ стратегий и разработка комплексных программ. / В.А. Агафонов. – М.: Наука, 1990 – 245 с.

САМОЗАПУСК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ЕГО ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Лямзин В.В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург,

В рамках развития промышленного комплекса России уделяется большое внимание повышению уровней электрификации и автоматизации производственных и технологических процессов. Активное внедрение автоматизированного электропривода, рост мощности используемых электродвигателей является одним из основных способов достижения поставленных задач. Данный путь, с одной стороны, ведет к развитию и расширению технологических процессов, а с другой - к более сложной их взаимозависимости, что усугубляет последствия возможных аварий, возникающих при нарушении электроснабжения промышленных предприятий. В связи с этим становится очевидным, что рассмотрение вопросов электропривода должно быть связано с аварийными режимами системы электроснабжения [1].

Главными причинами аварий в системах электроснабжения являются короткие замыкания, провалы и исчезновения напряжения. Одной из основных задач для решения проблемы бесперебойного электроснабжения промышленных предприятий являются минимизация количества и длительности этих нарушений. Однако этот путь не гарантирует устойчивости нагрузки, потому что даже кратковременные перерывы в электроснабжении для многих непрерывных производств химической, металлургической, угольной промышленности может привести к частичному или полному расстройству технологического процесса, непроизводительному расходу энергоресурсов, и как следствие, возникновению значительных материальных убытков, и возможно, чрезвычайным ситуациям - взрывам, пожарам и т.д. На дальнейшее восстановление технологии требуется значительное время и трудовые ресурсы.

Накопленный опыт эксплуатации свидетельствует, что одной из главных причин аварийных остановов производственного процесса является неуспешность самозапуска электродвигателей после восстановления нормального режима электроснабжения [1,2]. Самозапуском называется восстановление нормальной работы электропривода без вмешательства персонала после кратковременного перерыва электроснабжения или глубокого снижения напряжения. Если после восстановления напряжения агрегат разогнался до нормальной угловой скорости и продолжает длительно работать с нормальной производительностью приводимого механизма и нагрузкой электродвигателя, то самозапуск считается обеспеченным

Активное использование устройств автоматизации дает возможность значительно повысить надежность систем электроснабжения, но для ответственных потребителей должного эффекта можно достичь только в сочетании с самозапуском электродвигателей [3].

Теоретические и практические основы эффективности самозапуска были разработаны в еще в 60-х годах и требования по его обеспечению заложены в ПУЭ. Первые исследования по самозапуску были выполнены И.А. Сыромятниковым, показавшем возможность сохранения включенного состояния двигателей при нарушении их питания. Благодаря этому становится возможным режим самозапуска и при его успешном исходе обеспечивается сохранность технологического процесса производства [4].

Большой вклад в рассмотрении и развитие этого вопроса были внесены Ю.М. Голодновым, А. Х. Хореняном, Л.С. Линдорфом, И.Д. Урусовым, предприятием треста «Энергочермет» и ВНИИЭ, Тяжпромэлектропроект, МЭИ. Много оригинальных и эффективных средств обеспечения самозапуска разработано и освоено производственным объединением «Союзхимпромэнерго» и другими предприятиями и организациями.

С 60-70-х годов были достигнуты новые успехи в теории и в практическом внедрении самозапуска. Особенно широкое распространение получил самозапуск на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей промышленности и промышленности минеральных удобрений, а также в собственных нуждах электростанций.

Позже тема внедрения самозапуска неоднократно поднимались на секциях энергетики научно-технических советов ряда Министерств. Например, в решении 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 самозапуска электродвигателей в целом по производствам не решаются на стадии проектирования и не всегда должным образом прорабатываются в процессе эксплуатации. Учитывая важность и насущность задачи, рекомендовано осуществлять проработку вопросов и разработку мероприятий по обеспечению самозапуска электродвигателей ответственных механизмов [1].

В последние годы самозапуск нашел широкое применение во многих отраслях промышленности. Особенно это характерно для предприятий со сложными непрерывными технологическими процессами (производства аммиака, азотных удобрений, органического синтеза, основной химии, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности и др.). Рационально обоснованное применение самозапуска в сочетании с определенным уровнем автоматики всегда приводит к повышению надежности электроснабжения и уменьшению простоев механизмов. В некоторых случаях самозапуск обеспечивает снижение эксплуатационных расходов (за счет уменьшения количества обслуживающего персонала, снижения потерь электроэнергии и др.) и материальных и капитальных затрат. Например, использование самозапуска электродвигателей насосных агрегатов, питающих водой доменные и сталеплавильные печи, позволяет отказаться от сооружения резервного привода (паротурбинного, газотурбинного и пр.) и многообъемных резервных напорных баков (конечно, при наличии системы электроснабжения с

требуемой надежностью).

Не смотря на вышеупомянутые преимущества, применение самозапуска должно быть обоснованным. Главная задача самозапуска — сохранить работоспособное состояние технологической линии или агрегата при кратковременном нарушении электроснабжения.

Вместе с тем, несмотря на достаточно широкий круг решенных теоретических вопросов, практическая обеспеченность и реализация самозапуска двигателей остается еще достаточно низкой, что отрицательно сказывается на экономических показателях промышленных производств. Это объясняется тем, что в ряде случаев вопросы самозапуска двигателей рассматриваются без должной взаимосвязи с технологическими процессами и параметрами систем электроснабжения и электропривода, и это отрицательно сказывается на решении проблемы группового самозапуска. Очевидно, что необходимо объединить большой накопленный опыт и вынести решение проблемы самозапуска двигателей на промышленных предприятиях на стадию внедрения в производство [5].

Таким образом, проблема самозапуска электродвигателей нагрузки на промышленных предприятиях является актуальной задачей, решение которой позволит получить значительный экономический эффект, заключающийся в уменьшении простоев механизмов, снижению брака продукции. Обеспечение самозапуска требует комплексного изучения вопросов, связанных с работой электродвигателя и его системы управления, электрической системы, а также самого приводимого механизма. При обеспеченном самозапуске предотвращается расстройство технологических процессов различных производств, что ведет к уменьшению простоев механизмов, снижению брака продукции и порчи механизмов, уменьшению количества персонала.

Вопросы самозапуска электродвигателей нагрузки рассматриваются в рамках изучения дисциплины «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», являющейся одной из наиболее важных при подготовке бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». В связи с большой практической значимостью эти вопросы включены в учебный план подготовки магистров по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль подготовки: «Автоматизированные энергетические системы и комплексы».

Анализ и решение проблем, связанных с самозапуском электродвигателей 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. Михайлов В.В. Надежность электроснабжения промышленных предприятий. 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Энергоиздат, 1982. – 152 с.*

3. *Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей: 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136с.*
4. *Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. 528 с.б. Уревич Ю.Е., Либова Л.Е., Хачатрян Э.А. Устойчивость нагрузки электрических систем. М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с.*
5. *Носов К.Б, Дворак Н.М. Способы и средства самозпуска электродвигателей: -М.: Энергоатомиздат,1992.-144с.*

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ У СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ С ЦЕЛЮ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

**Митрофанов С.В., Валиуллин К.Р., Чернова А.Д.
Федеральное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Вопрос использования современных технологий при проведении лекций у студентов электротехнических специальностей хорошо изучен [1]. Однако лабораторные работы являются не менее важным видом занятий: в ходе их выполнения студенты приобретают практические навыки работы с оборудованием, закрепляют теоретические знания, получают навыки работы в коллективе. Таким образом, лабораторные работы служат своеобразным мостиком от теоретических знаний к практическим навыкам, тем самым являясь одним из наиболее важных инструментов развития профессиональных компетенций у студентов.

Традиционный подход к проведению лабораторных занятий включает в себя следующие этапы работы со студентами:

- объяснение преподавателем цели работы, основных теоретических положений лабораторной работы;

- изучение студентами методической литературы, а затем оборудования, с помощью которого будет выполняться лабораторная работа, инструктаж по технике безопасности и консультация преподавателя по возникшим вопросам;

- выполнение лабораторной работы. Как правило, лабораторные работы выполняются на учебных стендах, либо на аудиторном компьютере с использованием специального программного обеспечения;

- оформление отчета по проделанной работе;

- защита отчета и лабораторной работы.

Рассмотрим возможные пути развития профессиональных компетенций студентов на каждом из этапов выполнения лабораторной работы.

1) Теоретическая подготовка к лабораторной работе. Данный этап наиболее консервативен. Теоретическую информацию о наблюдаемых в ходе лабораторной работы процессах и явлениях студенты получают во время лекционных занятий. Лабораторная работа позволяет закрепить пройденный теоретический материал, а также устранить пробелы в знаниях, оставшиеся после лекционного курса. Но часто встречаются и ситуации, когда лабораторная работа проводится раньше соответствующей лекции по данной теме или дополняет лекционный курс, и для подготовки к ней, студентам необходимо самостоятельно осваивать соответствующую информацию.

Как правило, все необходимые сведения можно найти в методических указаниях к проведению лабораторных работ, однако это приводит к тому, что познания студентов ограничены учебной литературой, предложенной преподавателем. В этом случае не формируется информационная

познавательная самостоятельность студента [2], не развивается навык поиска информации, ее анализа и переработки. В связи с этим возникает потребность в индивидуальных творческих или исследовательских заданиях по теме лабораторной работы.

Плюсом подобного подхода является тот факт, что к моменту проведения лекции, студент уже обладает некоторыми знаниями по теме, и, более того, на практике наблюдал описываемые явления.

2) Выполнение лабораторной работы. Основной проблемой в проведении лабораторных работ у студентов электротехнических специальностей является их техническая сложность и необходимость дорогостоящего оборудования. В связи с этим в недавнем времени наблюдалась тенденция к проведению лабораторных работ с помощью персональных компьютеров в виде так называемых "виртуальных лабораторий". В настоящее время наблюдается переход к специализированным учебным лабораторным стендам, что положительно сказывается на качестве проведения лабораторных работ. Студенты отмечают, что знания, усвоенные во время выполнения работы "своими руками", запоминаются намного лучше и дают более глубокое представление о происходящих процессах. Важной особенностью проведения лабораторных работ с помощью стендового оборудования является возможность допущения студентом ошибки в сборке схемы, либо методике проведения измерений. Как правило, учебные стенды оснащены защитным оборудованием и допущенная ошибка в худшем случае приводит к срабатыванию защитного оборудования и отключению стенда. Роль преподавателя в данном случае сводится к тому, чтобы дать студенту проанализировать причины, по которым эта ошибка возникла, и последствия, к которым она привела бы на реальном производстве. Данный анализ может быть проделан устно в ходе лабораторной работы всей группой студентов, либо в рамках отчета по лабораторной работе. Таким образом, студент имеет возможность учиться на собственных ошибках, либо ошибках своих товарищей и не допускать их в ходе своей профессиональной деятельности.

3) Оформление отчета по лабораторной работе. Этот этап предполагает самостоятельную работу студентов по анализу полученной информации, ее обработке и представлению в письменном виде. Но, как правило, лабораторные работы выполняются студентами в малых подгруппах, состоящих из 2-4 человек, что несколько нивелирует возможности самостоятельной работы при подготовке отчета. Зачастую, складываются ситуации, когда отчеты по работе оформляются студентами "по очереди", либо вовсе одним студентом из подгруппы. Такой подход приводит к фрагментарности и разрозненности знаний по курсу. Решением этой проблемы так же может быть формирование индивидуальных творческих или исследовательских заданий с использованием полученных в результате ее выполнения данных.

4) Защита отчета и лабораторной работы. На данном этапе происходит контроль выполнения задания и проверка, полученных студентом в ходе лабораторной работы знаний. Именно на этом этапе преподаватель имеет возможность развивать профессиональные компетенции студента. Стандартная

защита лабораторной подразумевает под собой проверку отчета и опрос студента по контрольным вопросам. В этом случае контролируется выполнение работы, степень усвоения теоретического материала, однако эта методика не дает студентам возможности продемонстрировать полученные в ходе работы навыки.

Поэтому авторами предлагаются следующая методика проведения защиты лабораторных работ:

1. Собеседование. Этот метод наиболее приемлем в том случае, когда лабораторная работа выполняется подгруппами по 3-4 человека. Из подгруппы выбирается один из студентов и назначается условным "работодателем". Его задача - собеседовать своих товарищей и на основе собеседования вынести своё аргументированное решение о том, кого из них он принял бы на работу. Роль преподавателя сводится к контролю над процессом собеседования и фиксации допущенных ошибок. Как показывает практика, "работодатель" задает только те вопросы, ответы на которые он сам знает, кроме того, в его обязанности входит проверка правильности ответов своих товарищей, поэтому эта роль является наиболее сложной. Такой вариант защиты развивает умение формулировать вопросы, находить на них ответы и готовит студентов к будущим настоящим собеседованиям. К минусам можно отнести некоторый психологический дискомфорт студента в тот момент, когда он вынужден выбирать между товарищами и невозможность проведения такого рода защиты дважды в течение одной пары.

2. Проведение защиты в виде практического задания. Данный метод более трудоемок с точки зрения подготовки к нему преподавателя, но позволяет студенту закрепить полученные знания. Студенту предлагается практическое задание по тематике лабораторной, предполагающее проведение того или иного эксперимента. Особенно это актуально при проведении виртуальных лабораторных работ.

3. Взаимная проверка отчетов. Две подгруппы обмениваются отчетами по работе. Каждой подгруппе ставится задача найти наибольшее число ошибок в отчете своих товарищей. После того, как все ошибки найдены, подгруппы защищают свои отчеты, указывая по какой причине, была допущена та или иная ошибка, либо опровергая эти ошибки. Подобный вариант проведения защиты позволяет студентам повысить качество отчетов в дальнейшем, учит находить и исправлять ошибки, что является важным навыком в деятельности инженера [3].

Таким образом, лабораторные работы могут быть основным инструментом развития профессиональных компетенций у студентов электротехнических специальностей.

Список литературы

1. Семенова, Н.Г. Мультимедийные курсы лекций в инженерно-техническом образовании/Н.Г. Семенова // Информатика и образование. – 2004. - №7. – С. 115-117. - ISSN: 0234-0453

2. *Ольховая, Т. А. Информационно-познавательная самостоятельность как фактор становления субъектной позиции студентов бакалавриата [Электронный ресурс] / Ольховая Т. А., Шакирова Д. У. // Современные проблемы науки и образования, 2014. - № 5. - С. 43*
3. *Вакулюк В.М. Подготовка кадров для электроэнергетической отрасли Оренбуржья // В.М. Вакулюк, С.В. Митрофанов, В.А. Морозов. Высшее образование в России, 2014. – с. 122-128.*

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Митрофанов С.В., Веремеев А.А.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

При выполнении проектирования, исследования и эксплуатации электрических двигателей зачастую встает вопрос о расчетах переходных процессов. Возможность прогнозирования процессов в асинхронных двигателях при пуске, при неодновременном включении фаз двигателей под напряжением сети, быстром переключении питания и реверсе, и ряд других показателей имеют большое практическое значение, так как эти машины широко распространены и применимы в промышленности. Повседневное использование и огромный спрос двигателей в системах автоматизации также требует серьезного внимания к их динамическим характеристикам[1].

На сегодняшний день расчету и моделированию асинхронных машин в фазных системах координатах уделено недостаточно много внимания. Развитие компьютерной техники дало возможность рассчитывать переходные процессы в естественной системе координат. На более ранних этапах из-за большого числа решаемых дифференциальных уравнений и из-за появления периодических коэффициентов в уравнениях связи осуществляли переход от естественной системы координат к преобразованным системам координат (координаты (α, β) , координаты (x, y) координаты (d, q) , координаты (u, v)). Преимущество преобразованных координат заключалось не только в уменьшении числа дифференциальных уравнений, в упрощении уравнений связи между потокосцеплениями и токами, но и в упрощении уравнения электромагнитного момента. Проблемой моделирования уравнения движения в фазной системе координат является число слагаемых в уравнении для электромагнитного момента, которое равно числу решаемых дифференциальных уравнений. Каждое слагаемое – это произведение соответствующих токов на соответствующие потокосцепления. Это усложняет моделирование АМ в фазной системе координат. Эту трудность можно преодолеть, используя мощную адаптированную к таким задачам компьютерную технику.

На сегодняшний день программное обеспечение, которое могло бы помочь для реализации данной задачи можно разделить на два типа:

- специализированное ПО основанное на преобразованных системах координат для асинхронных машин с короткозамкнутым ротором и для асинхронных машин с фазным ротором (например MatLab Simulink);
- специализированное ПО основанное на методах конечных элементов (Femm, ELCUT, Ansys, Femlab Matlab, Flux 2D, Maxwell);
- специализированное ПО для разнообразных инженерных расчетов (MathCad);
- алгоритмические языки объектно-ориентированного программирования (Delphi).

Для решения наших задач можно воспользоваться всеми этими видами ПО. Для начала, при решении поставленного вопроса, необходимо решить задачу аналитическим и численным методами. Затем сравним результаты расчета, уточним математическую модель аналитического расчета и проверим её сходимость с численным методом. После этого можно провести эксперимент на физическом объекте.

Планируется для решения задачи расчета переходного процесса, возникающего в асинхронной машине воспользоваться системой MathCad и его мощным инструментом символьной математики Symbolics. Инструмент символьной математики будут применяться для вывода и упрощения формулы электромагнитного момента.

После решения системы дифференциальных уравнений эту же задачу планируется решить, используя пакет программного обеспечения MatLab Simulink. Для оценки полученных результатов и их достоверности и правдивости, необходимо будет сравнить, результаты рассчитанной математической модели.

Для начала анализа моделирования фазной системы координат рассмотрим дифференциальные уравнения для асинхронных машин с фазным ротором. С точки зрения теории асинхронных машин с фазным ротором проще моделируется, чем асинхронные машины с короткозамкнутым ротором. Число решаемых дифференциальных уравнений равно $m_s + m_r + 1$. Где m_s - число фаз статора, m_r - число фаз ротора. Кроме дифференциальных уравнений для фаз статора и ротора решается дифференциальное уравнение движения. Сложность моделирования уравнения движения заключается в записи уравнения для электромагнитного момента. Число слагаемых в уравнении для электромагнитного момента на первый взгляд будет равно $m_s + m_r$ (позже мы докажем, что это не так!!!!). При этом каждое слагаемое будет представлять собой произведение соответствующих токов на соответствующие потокосцепления. Число дифференциальных уравнений АМ с короткозамкнутым ротором равно $m_s + Z_r + 1$. Соответственно число слагаемых в уравнении для электромагнитного момента будет равно $m_s + Z_r$ [2].

Возможно представить систему дифференциальных уравнений однофазного асинхронного двигателя с общей несимметрией статора в системе координат в системе координат α, β и в относительных единицах следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{d\psi_a}{dr} = u_a \cdot \sin(\tau + \varphi_0) - r_a \cdot i_a \\ \frac{d\psi_B}{dr} = u_B \cdot \sin(\tau + \varphi_0) - r_B \cdot i_B \\ \frac{d\psi_{3\alpha}}{dr} = u_{3\beta} \cdot \sin(\tau + \varphi_0) - r_3 \cdot i_{3\alpha} \\ \frac{d\psi_{3\beta}}{dr} = u_{3\alpha} \cdot \sin(\tau + \varphi_0) - r_3 \cdot i_{3\beta} \\ \frac{d\psi_E}{dr} = u_E \cdot \sin(\tau + \varphi_0) - r_E \cdot i_E \\ \frac{d\omega}{dr} = \frac{1}{H} \cdot (M_{3M} - M_C) \end{cases}, \quad (1)$$

где

$$M_{3M} = x_m \cdot [i_a \cdot i_{3\beta} + i_B \cdot (i_{3\beta} \cdot \cos(\theta) - i_{3\alpha} \cdot \sin(\theta))], \quad (2)$$

Связь между токами обмоток и потокосцеплениями устанавливается уравнениями:

$$\begin{cases} \psi_a = x_a \cdot i_a + x_m \cdot i_{3\alpha} + x_m \cdot \cos(\theta) \cdot i_B \\ \psi_B = x_B \cdot i_B + x_m \cdot [i_{3\alpha} \cdot \cos(\theta) + i_{3\beta} \cdot \sin(\theta) + x_m \cdot \cos(\theta) \cdot i_a] \\ \psi_{3\alpha} = x_3 \cdot i_{3\alpha} + x_m \cdot \cos(\theta) \cdot i_a + x_m \cdot i_B \\ \psi_{3\beta} = x_3 \cdot i_{3\beta} + x_m \cdot \sin(\theta) \cdot i_B \end{cases}, \quad (3)$$

Рассмотрим дифференциальные уравнения асинхронной машины с фазным ротором, у которой обмотка ротора приведена к обмотке статора. В этом случае индуктивность взаимной индукции между обмоткой статора и обмоткой ротора и взаимная индуктивность между обмоткой ротора и обмоткой статора будут равны ($M_{1,2} = M_{2,1} = M$). Можно рассмотреть дифференциальные уравнения асинхронной машины и с не приведенной обмоткой ротора.

Дифференциальные уравнения для обмотки статора:

$$\begin{cases} \dot{U}_{1A} = r_{1A} \cdot i_{1A} + \frac{d\Psi_{1A}}{dt} \\ \dot{U}_{1B} = r_{1B} \cdot i_{1B} + \frac{d\Psi_{1B}}{dt} \\ U_{1C} = r_{1C} \cdot i_{1C} + \frac{d\Psi_{1C}}{dt} \end{cases} \quad (4)$$

где $\dot{U}_{1A}, \dot{U}_{1B}, \dot{U}_{1C}$ - фазные напряжения, подаваемые на зажимы обмотки;

r_{1A}, r_{1B}, r_{1C} - активные сопротивления обмоток статора;

i_{1A}, i_{1B}, i_{1C} - токи в фазах обмотки статора;

$\Psi_{1A}, \Psi_{1B}, \Psi_{1C}$ - полные потокосцепления фаз обмотки статора.

Дифференциальные уравнения для обмотки ротора:

$$\begin{cases} 0 = -(r'_{2a} + R'_{2a}) \cdot i'_{2a} + \frac{d\Psi_{2a}}{dt} \\ 0 = -(r'_{2b} + R'_{2b}) \cdot i'_{2b} + \frac{d\Psi_{2b}}{dt} \\ 0 = -(r'_{2c} + R'_{2c}) \cdot i'_{2c} + \frac{d\Psi_{2c}}{dt} \end{cases} \quad (5)$$

$r'_{2a}, r'_{2b}, r'_{2c}$ - приведенные к обмотке статора активные сопротивления обмоток ротора;

$R'_{2a}, R'_{2b}, R'_{2c}$ - приведенные к обмотке статора пусковые активные сопротивления, включаемые в фазы обмотки ротора;

$i'_{2a}, i'_{2b}, i'_{2c}$ - токи в фазах обмотки ротора;

$\Psi_{2a}, \Psi_{2b}, \Psi_{2c}$ - полные потокосцепления фаз обмотки ротора.

Уравнения связи между токами и потокосцеплениями можно записать:

$$\begin{cases} \Psi_{1A} = \Psi_{AA} + \Psi_{AB} + \Psi_{AC} + \Psi_{Aa} + \Psi_{Ab} + \Psi_{Ac} \\ \Psi_{1B} = \Psi_{BA} + \Psi_{BB} + \Psi_{BC} + \Psi_{Ba} + \Psi_{Bb} + \Psi_{Bc} \\ \Psi_{1C} = \Psi_{CA} + \Psi_{CB} + \Psi_{CC} + \Psi_{Ca} + \Psi_{Cb} + \Psi_{Cc} \\ \Psi_{2a} = \Psi_{aA} + \Psi_{aB} + \Psi_{aC} + \Psi_{aa} + \Psi_{ab} + \Psi_{ac} \\ \Psi_{2b} = \Psi_{bA} + \Psi_{bB} + \Psi_{bC} + \Psi_{ba} + \Psi_{bb} + \Psi_{bc} \\ \Psi_{2c} = \Psi_{cA} + \Psi_{cB} + \Psi_{cC} + \Psi_{ca} + \Psi_{cb} + \Psi_{cc} \end{cases} \quad (6)$$

где Ψ_{AA} - собственное потокосцепление фазы А статора;

Ψ_{AB} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой В статора;

Ψ_{AC} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой С статора;

Ψ_{Aa} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой а ротора;

Ψ_{Ab} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой b ротора;

Ψ_{Ac} - взаимное потокосцепление между фазой А статора и фазой с ротора.

Аналогично могут быть представлены и остальные потокосцепления в системе уравнений (6).

Приведем подробно расчетные формулы для потокосцеплений в уравнении (6).

Учет насыщения магнитопровода статора и ротора при пуске можно учесть через ток намагничивания в уравнениях связи токов и потокосцеплений. Насыщение путей потоков рассеяния и эффект вытеснения токов в стержнях ротора можно учесть через активное сопротивление ротора и индуктивные сопротивления рассеяния обмоток, так как в дифференциальных уравнениях они будут записаны независимо. В преобразованных координатах это сделать проблематично.

Достоинством моделирования АМ с короткозамкнутым ротором в фазной системе координат заключается в том, что с помощью данной системы координат можно рассмотреть несимметричные и неисправные АМ работающие в переходных режимах. В известных статьях по проблемам моделирования переходных процессов в преобразованных системах координат попытки учесть электрическую несимметрию приводило к возрастанию числа решаемых дифференциальных уравнений, сравнимого с числом дифференциальных уравнений в фазной системе координат. При этом для перехода к преобразованным системам координат вводятся допущения, которые приводят к большим погрешностям в расчетах.

К рассмотрению принимаются дифференциальные уравнения асинхронной машины с фазным ротором

Для построения и расчета математической модели несимметричных асинхронных двигателей (АД) в качестве наиболее удобного примера, который возможно использовать для рассмотрения общего случая рассмотрим однофазный асинхронный двигатель (ОАД) с общей несимметрией статора, которая отображается, как не в несимметрия или неравенство параметров фаз статора, в отличии от угла между осями обмоток статора от $2\pi/m$ электрических радиан, неравенстве числа витков фаз статора.

С течением времени картина переходного процесса электромагнитного поля не остается постоянной, а вместе с ней будут принимать иные значения параметры схемы замещения. В несимметричных ОАД малой мощности значимое влияние, оказывает насыщение магнитной цепи, на изменение параметров электрической машины. Насыщение магнитной цепи следует учитывать во всех типах несимметричных АД.

Возможность использования математического моделирования на этапах изготовления макетных и опытных образцов и проектирования позволяет разработчику уже на этих стадиях рассматривать динамику машины, оценивать ее пусковые и эксплуатационные свойства, что в значительной степени снижает затраты на макетное моделирование и сокращает срок разработки. Разрабатывая и просчитывая модель несимметричного асинхронного двигателя

дает возможность для изучения и оптимизации сложных нелинейных процессов, исследование которых традиционными способами затруднено или невозможно[3].

Список литературы

- 1. Тонн Д.А. Квазиустановившиеся переходные процессы несимметричных асинхронных двигателей, работающих от однофазной сети: Автореферат дис. Канд. Техн. Наук./ Тонн А.Д. – Воронеж: ВГТУ, 2004 – 17 с.*
- 2. Митрофанов С.В., Никиян Н.Г., Сурков Д.В. Дифференциальные уравнения асинхронной машины в фазной системе координат: Всероссийская научно-практическая конференция «Интеграция науки и практики в профессиональном развитии педагога»- . – Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – Секция “Современные технологии в электротехнике, электромеханике, электроэнергетике”- с. 2583–2594.*
- 3. Сергеев Д.Н. Моделирование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором для механизма подъёма (опускания) электромостового крана // Современная техника и технологии. 2013. № 5*

ДИСЦИПЛИНА «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

**Митрофанов С.В., Кильметьева О.И., Морозов В.А.
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
ООО «А7 Энерго», г. Оренбург**

Современные условия развития производства предъявляет особые требования к подготовке специалистов инженерного профиля. Это определяет актуальность изучения дисциплин, которые составляют основу будущей профессиональной деятельности студентов и позволяют правильно определить ключевые направления практической деятельности по выбранной специальности.

Большая часть технологических процессов в промышленности связана с производством, передачей, распределением и использованием электроэнергии, поскольку она является наиболее удобной для трансформирования и преобразования в другие виды энергии. Кроме того, процессы производства и передачи электроэнергии, а также распределения мощности в системах электроснабжения являются весьма динамичными по своему характеру и регламентируются режимными условиями и ограничениями. Это, в свою очередь, определяет необходимость наличия средств автоматизированного управления, устройств релейной защиты и системной автоматики. Современные подстанционные объекты и электрические сети электроснабжения располагают цифровыми системами коммуникации и связи, что существенно повышает их общий уровень надежности и управляемости, а также позволяет качественно изменить и автоматизированную систему диспетчерско-технологического управления электроэнергетическими объектами.

С учетом указанных обстоятельств, в учебную программу студентов электроэнергетического направления профиля «Электроснабжение» введена учебная дисциплина «Автоматизация технологических процессов в системах электроснабжения». Основные цели и задачи, поставленные перед студентами при освоении дисциплины, предполагают получение ими знаний в области методологии создания автоматизированных систем, применения различных программно-аппаратных комплексов, знакомство с составом проектной документации на АСУ ТП и др.

Рабочая программа по дисциплине «Автоматизация технологических процессов в системах электроснабжения», разработанная в 2013 году на кафедре электроснабжения промышленных предприятий ОГУ, является уникальной в России с точки зрения использования актуального практического материала. Она базируется на реальном опыте создания и развития АСУ ТП на объектах Оренбургской энергосистемы и практическом опыте работы со средствами диспетчерско-технологического управления в центральной

диспетчерской службе «Оренбургэнерго». За методологическую основу построения курса приняты основные принципы создания АСУ ТП и измерительных систем, изложенные в [1,2]. В целом, структура рассматриваемой учебной дисциплины представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Структура учебной дисциплины «Автоматизация технологических процессов систем электроснабжения»

№ раздела	Наименование разделов рабочей программы
1	Основные понятия автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП)
2	Состав АСУ ТП
3	Взаимодействие «человек—машина» в АСУ ТП
4	Автоматизированные системы управления агрегатами и установками
5	Автоматизированные системы управления производствами
6	Процесс создания и эксплуатации АСУ ТП
7	Технико-экономическая эффективность АСУ ТП на объектах электроэнергетики
8	Организация управления технологическими процессами в системах электроснабжения
9	Реализация автоматизированного управления на электростанциях
10	Информационные подсистемы автоматизированного управления
11	Подсистемы дистанционного ввода информации и управления
12	Автоматические системы защиты технологического оборудования
13	Автоматизация учета электроэнергии

В первом разделе рабочей программы определяются назначение, цели и функции АСУ ТП, а также их разновидности. Во втором разделе приводятся сведения о типовом составе АСУ ТП, в том числе:

- основные компоненты;
- техническое обеспечение;
- математическое обеспечение;
- программное и информационное обеспечение;
- направления автоматизации процесса создания математического и программного обеспечения.

Автоматизированные системы управления производственными процессами не могут полностью заменить человека (оператора), однако существенно расширяют его функциональные возможности, особенно при управлении удаленными электроэнергетическими объектами (электростанции, подстанции, параллельно работающие сети электроснабжения и др.).

Особенно актуальным, с нашей точки зрения, является раздел рабочей программы, посвященный процессам создания и эксплуатации АСУ ТП. Здесь последовательно рассматриваются основные стадии работ:

- предпроектные стадии (технико-экономическое обоснование и техническое задание);
- проектные стадии (технический проект и рабочий проект);
- стадии реализации (монтаж, наладка, испытания, опытная эксплуатация, приемо-сдаточные испытания, анализ функционирования системы).

Организация эксплуатации АСУ ТП включает в себя вопросы обеспечения ее надёжного функционирования, дальнейшего развития и модернизации.

Студентам на практических задачах и примерах поясняется необходимость наличия на предприятии структурных подразделений, имеющих подготовленный персонал для эксплуатации АСУ ТП и ее подсистем. Особое внимание обращается на разработку эксплуатационной документации на АСУ ТП, строгое выполнение требований действующих нормативных документов, а также приказов и распоряжений по предприятию на котором такая система внедрена [3].

Предполагается, в дальнейшем, создать лабораторную базу по основным компонентам программно-технических комплексов АСУ ТП подстанционных и сетевых объектов, а также организовать проведение практических занятий на объектах филиала ПАО «МРСК Волги» - «Оренбургэнерго» и ГУП «ОКЭС».

ВЫВОДЫ

1. Процесс получения высшего технического образования в современном ВУЗе предполагает изучение основ актуальных инженерных дисциплин, к одной из которых можно отнести курс «Автоматизация технологических процессов систем электроснабжения».

2. Студенту, в процессе изучения данной дисциплины, предлагается проработать системные вопросы и общие методологические принципы создания, внедрения и эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими процессами различных электроэнергетических объектов и систем электроснабжения.

3. Полученные студентами знания в области нормативной базы на создание, испытание и сертификацию автоматизированных систем, безусловно, имеет важное значение для формирования у них высокого уровня технической компетенции и квалификации.

Список литературы.

1. Садовский Г.А. Теоретические основы информационно-измерительной техники. – М.: Высшая школа, 2008 г.
2. Стефани Е.П. Основы построения АСУ ТП: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 352 с.
3. Морозов В.А. Актуальность дисциплины «Автоматизированные системы контроля и учета электропотребления (АСКУЭ)» при подготовке студентов электроэнергетических специальностей // В.А. Морозов, С.В. Митрофанов, О.И. Кильметьева. Труды VII Всероссийской научно-технической конференции

«Энергетика: состояние, проблемы, перспективы» - Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. – с. 112 -116.

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Митрофанов С.В., Краснова К.С., Радаев А.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

В современной энергетике все чаще применяются альтернативные источники энергии. Одним из направлений альтернативной энергетики является использование ветрогенераторов. Человек с давних времен использует энергию ветра. Но использовать ее в качестве получения электроэнергии научился относительно недавно.

Ветрогенератор кроме лопастей и генератора вырабатывающего ток имеет в своем составе:

- 1) контроллер (для управления генератором, преобразования тока, защиты установки, контроля электрической энергии);
- 2) Аккумуляторы необходимой ёмкости. Емкость выбирается в зависимости от мощности генератора;
- 3) Инвертор служит преобразователем постоянного тока в переменный ток с частотой 50Гц для питания потребителей;
- 4) Переключатели и предохранители.

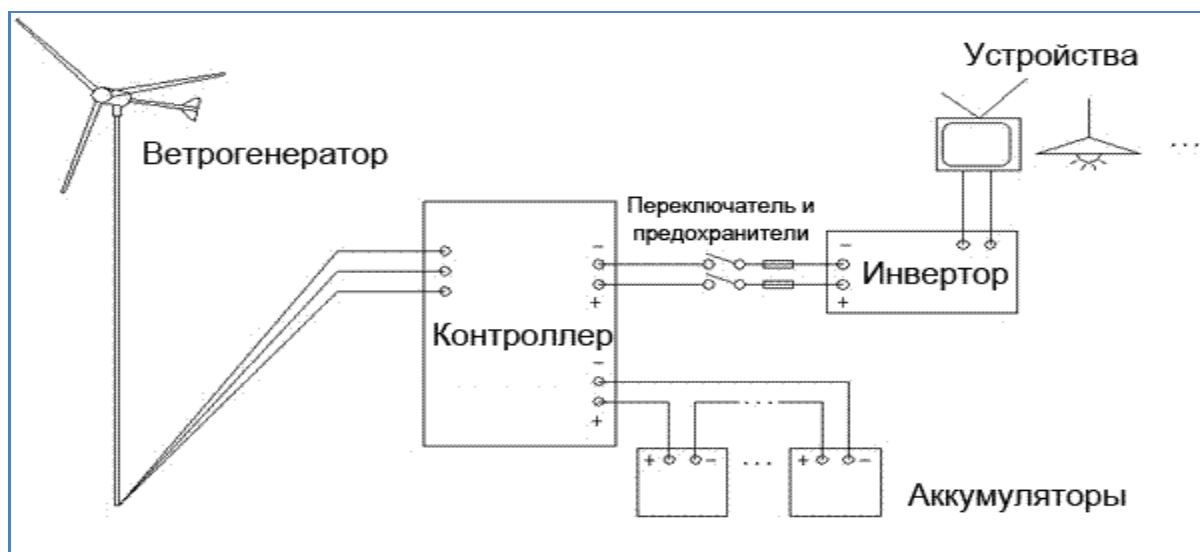


Рисунок 1 - Устройство ветрогенератора

За рубежом альтернативная энергетика развивается уверенными темпами. Альтернативная энергетика обеспечена соответствующей законодательной базой, что позволяет ей развиваться при поддержке государства и организаций созданных для поддержки нетрадиционной энергетике. Мощность ветроэнергетических установок достигает нескольких мегаватт. Особенно альтернативная энергетика развита в странах, имеющих выход в море, где скорость ветра достигает значительных значений, позволяющая вырабатывать

электроэнергию достаточно высокой мощности. Ветрогенераторы лучше всего располагать рядом, насколько это возможно и объединять в ветропарки. Например, вырабатываемая электроэнергия ветрогенераторами в Дании и Бельгии составляет около 25% от объема всей вырабатываемой электроэнергии. В нашей стране и в странах СНГ также растёт интерес к ветроустановкам [1]. Уже созданы и прошли испытания отечественные модели такие, как ВП-3,72 (Объединение "Ветромоторы") и ВЭУ-3, ВЭУ-10, мощностью соответственно 3 и 10 кВт. В настоящий момент в разных регионах России разрабатываются не только серьёзные проекты создания целых систем ветровой энергетики, но и инвестиционные проекты по развёртыванию производства ветроэнергетических установок 0,5-10 кВт [2].

Ветроэнергетика в нашей стране сегодня только зарождается (точнее говоря, возрождается), поэтому пока нет, так называемых, "хорошо зарекомендовавших себя" (имеются в виду, главным образом, длительные сроки эксплуатации) моделей ветрогенераторов отечественного производства. Ветрогенераторы отечественного производства мощностью от 15 до 30 кВт сегодня доступны по цене от 120 до 200 тыс. рублей. Установки такой мощности вполне могут обеспечить электропотребности "среднего" коттеджа. Планируется наладить серийное производство установок мощностью до 100 кВт. Учитывая стоимость установок, они широким массам пока еще недоступны. Неоспоримым техническим преимуществом ветрогенераторов отечественного производства является то, что в отличие от большинства западных образцов, наши установки способны работать в экстремальных условиях: при очень низкой температуре и большой скорости ветра [1].

В Оренбургской области ведется проектирование ВЭС (ветро-электростанции) проектной мощностью 150 МВт. Погодные условия позволяют использовать ветрогенераторы, как в промышленных, так и в бытовых масштабах. Среднегодовая скорость ветра в г. Оренбург составляет 3,5 м/с, что должно оказывать основное влияние на выбор типа ветрогенератора [5]. В Оренбургской области применимы, в связи с погодными условиями, два типа ветрогенераторов: парусный и вертикальный.

Парусный генератор.

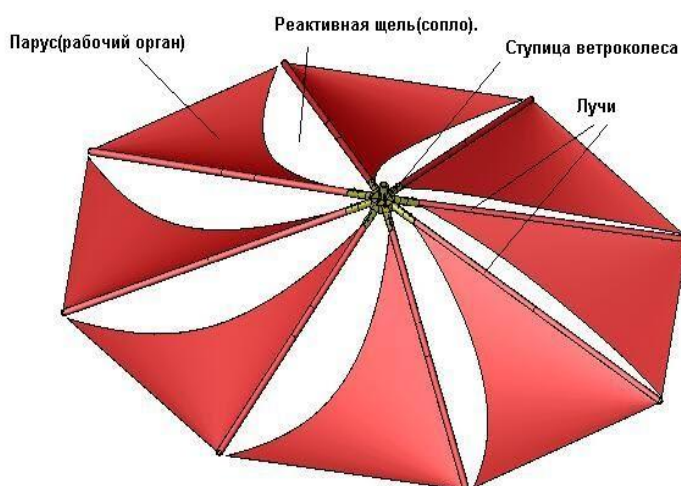
Парусные генераторы разрабатываются в двух вариантах:

- 1) с круговыми парусными лопастями;
- 2) с круговым парусным колесом.

Ветрогенераторы первого исполнения используют парусные лопасти треугольной формы. Форма треугольника подбирается индивидуально, в зависимости от силы ветра в данной местности. Во многих случаях из-за простоты используют заваленный прямоугольный треугольник, хотя для промышленного изготовления более технологичными будут парусные лопасти в виде равнобедренных треугольников. Эффективность использования парусных лопастей заключается в упругости материала лопасти, благодаря чему струя воздуха при встрече с поверхностью паруса отклоняется на некоторый угол в сторону и передаёт при этом свою кинетическую энергию парусной лопасти. Последняя начинает вращаться и передавать полезную

энергию вала электрогенератора. Вследствие этих особенностей парусный ветрогенератор начинает производить полезную работу уже при скоростях ветра 5 м/с – вдвое меньших, чем для генератора с жёсткими лопастями. Вместе с тем парусные ветрогенераторы лопастного исполнения обладают существенными недостатками – низкой стойкостью лопастей и недостаточным (хотя и большим, чем у ветрогенераторов с жёсткими лопастями) КИЭВ (Коэффициент использования энергии ветра). Объясняется это тем, что круговой парус не сбалансирован, не уравновешен и, следовательно, активен только с одной стороны. При внезапном изменении направления ветра такая лопасть сначала остановится, а потом очень медленно начнёт набирать обороты.

Ветродвижитель(ветроколесо) - парусный.



Типовое (современное) конструктивное решение древних (Критских) парусных ветроколес. Данный ветродвижитель применяется для маломощных ВЭУ (не более 4кВт). Разработчик - Владимир из Таганрога (Gravio) Малая серия - 1996 (в основном - экспорт). Изготовлено на авиационном предприятии.
Вес - 17кг. Мощность 8 л.с. при скорости ветра 4м/сек. Рекомендованный радиус ветроколеса (для данного исполнения) - не более 3000 мм. Материал лучей труба Д16т Диаметр - в диапазоне 40-60мм.

Рисунок 2 – Ветроколесо парусного ветрогенератора

Такие недостатки отсутствуют у **ветрогенераторов с парусным колесом**. С помощью воздушных клапанов парус ветрогенератора совершает возвратные высокочастотные колебательные движения. При помощи механической системы эти колебания воспринимаются поршнями гидравлической системы, которые преобразуют энергию получаемой энергии в давление несжимаемой жидкости. Именно энергия давления этой жидкости и используется в дальнейшем для вращения вала электрогенератора. КИЭВ генератора достигает 80% (по информации компании производителя), что в 2 раза превышает эффективность лопастных парусных генераторов. Таким образом парусные ветрогенераторы обладают рядом преимуществ перед жесткими лопастями:

- 1) меньший уровень шума;
- 2) работоспособность при меньших значениях силы ветра;
- 3) легкость и доступность для внедрения;

- 4) легкие лопасти парусного устройства, что облегчает общий вес конструкции;
- 5) высокая ремонтпригодность при эксплуатации;
- 6) доступность материалов для изготовления;
- 7) отсутствие радиопомех при работе;
- 8) легкость в монтаже, из-за малого веса [7].

Но есть и отрицательные качества:

- 1) при сильном ветре они теряют преимущество, а на сильных ветрах проигрывают лопастным ветрогенераторам из-за усиления трения о воздух;
- 2) получение относительно небольшого количества энергии;
- 3) большие габариты, по сравнению с конструкцией жесткими лопастями;
- 4) имеет меньшую по сравнению с лопастиками быстроходность, поэтому необходим более тихоходный генератор или мультипликатор с большим передаточным числом [4].

Вертикальные ветрогенераторы.

Вертикальный ветрогенератор - это ветряная установка, у которой ротор расположен вертикально, а лопасти позаимствованы с конструкции лопастей водяной турбины [3].

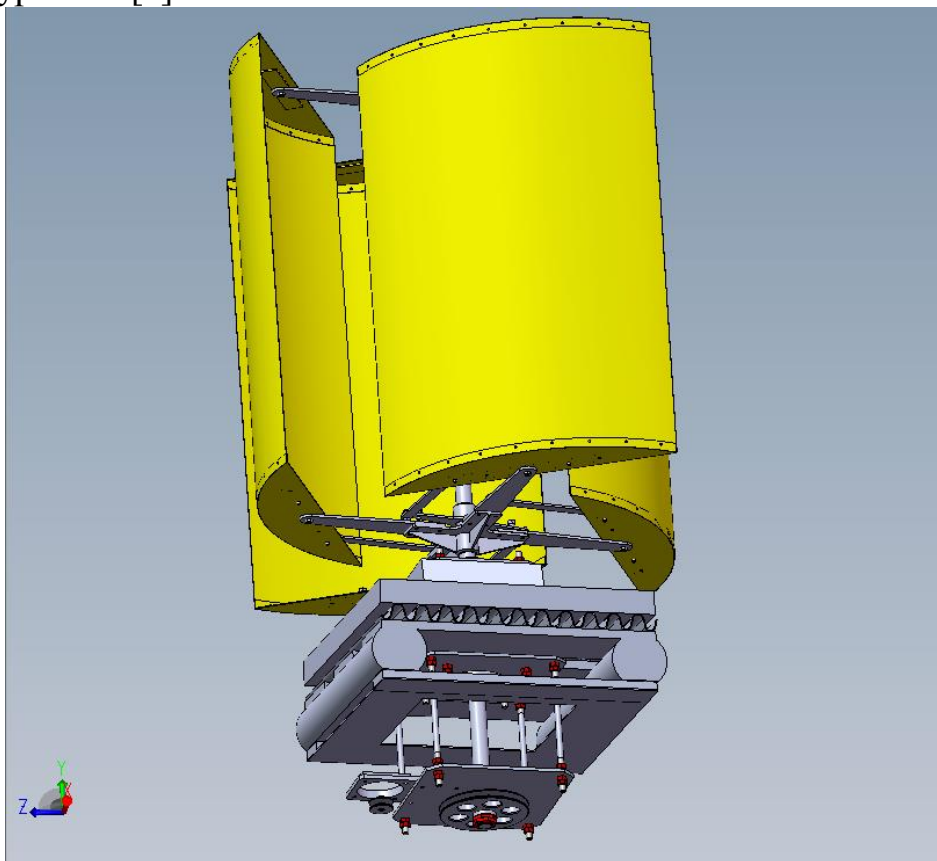


Рисунок 2 – Ветрогенератор с вертикальной осью вращения

В связи с такой необычной конструкцией вертикальный ветрогенератор имеет некоторые достоинства, которые являются важными в нашем климатическом регионе:

- 1) берёт старт при минимальном дуновении ветра до 1 м/сек;
- 2) обеспечивает оптимальный КПД при любых ветровых капризах;

- 3) ловит любые направления движения воздуха;
- 4) не боится мокрых снегопадов и обледенений;
- 5) не требует дополнительных приборов для запуска;
- 6) почти бесшумный при самых сильных порывах ветра;
- 7) его можно располагать вблизи дома, или на крыше.

Так же есть ряд недостатков:

- 1) неэффективное использование ветровой энергии по сравнению с горизонтальными ветрогенераторами;
- 2) при малых ветрах вырабатывает малое количество энергии;
- 3) при строительстве больших ветрогенераторов значительно увеличивается нагрузка на подшипники;
- 4) большие затраты на материалы для изготовления;
- 5) высокая стоимость [6].

Список использованных источников

1. *Есть ли будущее у ветрогенератора? – Режим доступа:* <http://www.energoinform.org/pointofview/futurewindgenerators.aspx>
2. *Анализ конструкции парусного ветрогенератора - Режим доступа:* <http://dom.delaysam.ru/ekoelektro/ekoelektro7.html>
3. *Различные виды и типы ветрогенераторов - Режим доступа:* <http://altenergiya.ru/veter/vidy-vetrogeneratorov.html>
4. *Преимущества и недостатки парусного ветрогенератора - Режим доступа:* <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/vertikal/38-preimuschestva-i-nedostatki-parusnogo-vetryaka-vetrogeneratora.html>.
5. *Ветроэнергетика в России - Режим доступа:* http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2012/1340181134.77.
6. *Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения - Режим доступа:* <http://batsol.ru/vetrogeneratoriy-s-vertikalnoj-osyu-vrashheniya.html>.
7. *ЭнергоМир - Режим доступа:* <http://energomir.net/alternativnaya-energetika/parusnyj-vetrogenerator.html>.
8. *Парусный ветряк. Анализ конструкции парусного ветряка, примеры использования, мощность - Режим доступа:* <http://dom.delaysam.ru/ekoelektro/ekoelektro7.html>.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Митрофанов С.В., Морозов В.А.
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»,
ООО «А7 Энерго», г. Оренбург

Развитие высшей школы, а также необходимость разработки учебного процесса, адаптированного требованиям народнохозяйственного комплекса России, определяют острую необходимость усиления взаимодействия вузов и хозяйствующих субъектов регионов. Существенную роль в укреплении практической составляющей обучения студентов играет повышение квалификации профессорско-преподавательского состава в условиях действующего производства, в том числе на передовых предприятиях электроэнергетической отрасли. При этом, преподаватель непосредственно общается с участниками производственного процесса и получает актуальные знания по проектно-сметной документации на объекты строительства и реконструкции, знакомится с характеристиками и техническими данными оборудования, закупаемого и поставляемого на участки работ. Там же, предоставляется возможность непосредственно наблюдать выполнение основных этапов технологии производства строительных, электромонтажных и пуско-наладочных работ (воздушные и кабельные линии, подстанции). Опыт практической деятельности электромонтажных организаций может быть рационально внедрен в учебный процесс студентов электроэнергетических специальностей, поскольку при строительстве или реконструкции электроэнергетических объектов приходится выполнять работы в чрезвычайно широкой сфере деятельности – начиная от общестроительных работ на площадке объекта и заканчивая системами автоматизированного управления технологическим производством (АСУ ТП), а также современными системами коммуникации и связи. Студент в процессе обучения в вузе должен постепенно «погружаться» в реалии производства и представлять, в каких условиях в дальнейшем он должен будет совершенствоваться в своей профессиональной деятельности

Безусловно, наряду с получением базовых знаний по инженерным дисциплинам, будущий бакалавр должен познакомиться с методологией инженерного труда и овладеть навыками решения инженерных задач. При этом, студентам необходимо определить для себя, в чем же заключается специфика повседневного инженерного труда, какие качества необходимы будущему специалисту для того, чтобы он мог успешно трудиться по выбранной специальности? В период обучения в вузе студент должен развивать в себе способность аргументированно защищать свои технические решения и стремиться к самосовершенствованию в выбранном направлении профессиональной деятельности.

Этому может способствовать целенаправленная система обучения с учетом

опыта организации производства передовых предприятий по профилю подготовки студентов, а лабораторные и практические занятия, а также курсовое проектирование должны последовательно развивать у студентов умение выполнять различные измерения, моделировать процессы и планировать эксперименты, оформлять графические материалы, технические заключения и отчеты, эффективно работать в коллективе и технически грамотно общаться со своими коллегами. Студент, как будущий руководитель производства, должен представлять основные функциональные виды деятельности производственного персонала (электромонтажники, инженеры-электрики, инженеры-наладчики и т.д.), знать основные понятия сметного дела и уметь «читать» сметы на выполнение работ, представлять для себя основные требования при составлении деловых документов и договоров, а также документооборот предприятия. Студентам необходимо «прочувствовать» основные положения, отражающие суть деятельности мастера или прораба при организации производства электромонтажных работ, поскольку, во многих случаях, именно в электромонтажных организациях начинается карьера бакалавра направления Электроэнергетика и электротехника.

Таким образом, определяется актуальность методических принципов внедрения в учебный процесс практических задач организации производства. Причем важно определить не только объем и содержание практических занятий, но и их место в учебной программе в соответствии и последовательностью изучаемых инженерных дисциплин.

Кроме того, эффективность получения студентами практических знаний неразрывно связано с развитием взаимодействия вуза с предприятиями и строительно-монтажными организациями. Успехом такого взаимовыгодного сотрудничества можно было бы считать создание на предприятиях базовых кафедр. В этом случае, в процессе практического обучения, наиболее эффективно были бы задействованы кадровые и материальные ресурсы предприятий. В качестве одного из примеров подобного сотрудничества можно привести ООО «А7 Энерго» (прежнее наименование предприятия – ООО «СПЕКТР-ГРУПП»). Работники этого предприятия участвуют в проведении учебных занятий со студентами в вузе и на самом предприятии в период производственной практики. Кроме того, непосредственно для учебного процесса может представлять интерес тематический материал, опубликованный в корпоративной газете «ВЕСТНИК А7» в рубрике «Секреты профессионального мастерства». Материалы систематизированы таким образом, чтобы отразить ключевые моменты, определяющие производственный процесс и взаимодействие его участников, проблемные ситуации и рациональные подходы к преодолению возникающих трудностей. Указанные публикации приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Тематический материал, опубликованный в корпоративной газете «ВЕСТНИК А7» в рубрике «Секреты профессионального мастерства»

№№ п.п.	Название статьи	Целевое назначение публикации	Место публикации
1	2	3	4
1	Основы инженерной деятельности	Методология решения инженерной задачи	Вестник «СПЕКТР - ГРУПП» сентябрь, 2013
2	Основы деятельности прораба	Основные положения и задачи руководства производственным процессом на объекте строительства	Вестник «СПЕКТР - ГРУПП», октябрь, 2013
3	Основы деятельности мастера или Дело мастера боится		Вестник «СПЕКТР - ГРУПП» декабрь, 2013
4	Профессия – управляющий проектом		Вестник «СПЕКТР - ГРУПП», март, 2014
5	Карьера сметчика: «Через тернии к звездам»	Основные задачи и характеристики профессиональной деятельности	Вестник «СПЕКТР - ГРУПП», февраль, 2014
6	Инженер по качеству. Система менеджмента качества		Вестник «СПЕКТР - ГРУПП» апрель, 2014
7	Инженер по наладке и испытаниям		Вестник «СПЕКТР - ГРУПП» май, 2014
8	Роль и задачи профессии электролинейщик	Истоки профессии, характерные особенности труда, требования к персоналу и его подготовке	Вестник «А7» июль, 2013
9	Профессия электромонтажник - кабельщик		Вестник «А7» сентябрь, 2013
10	Электромонтажник подстанционных объектов		Вестник «А7» сентябрь, 2015
11	Документация строительства	Состав документации, порядок ее разработки, оформления и использования на объекте и в офисе в процессе подготовки, производства и сдачи-приемки выполненных работ	Вестник «СПЕКТР - ГРУПП» июнь, 2014
12	Исполнительная документация		Вестник «А7» октябрь, 2014
13	Электронный документооборот		Вестник «А7» август, 2014
14	Проект производства работ	Подготовка производства работ применительно к фактическим характеристикам объекта строительства с учетом организации работы персонала, техники, механизмов и других условий	Вестник «А7» ноябрь, 2014

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
15	Строительный контроль	Проверка выполнения работ на соответствие требованиям проектной и рабочей документации, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка, требованиям технических регламентов в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений	Вестник «А7» декабрь, 2014
16	Стандарты организации	Обеспечение необходимой нормативно-технической базой, включающей в себя разработку правил осуществления и характеристик процессов проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки и др.	Вестник «А7» март, 2015
17	Организация работ компании на удалённых объектах	Специфика организации работ на объектах, расположенных в различных территориальных регионах страны и имеющих разнообразную отраслевую и ведомственную структуру	Вестник «А7» июнь, 2015

Подобная целенаправленная информация позволяет студентам получить сведения, стимулирующие к изучению реального производства и возможность делать более смелые и уверенные шаги в общении с его представителями.

Необходимо отметить, что для успешного внедрения в учебный процесс вуза и освоения студентами практических задач организации производства следует принимать во внимание ряд проблемных вопросов, которые сдерживают получение положительного результата [1].

Проблемы ВУЗа:

- несоответствие существующей лабораторной базы требованиям, предъявляемым к качеству подготовки и объему практических знаний, востребованных на производстве;
- отсутствие достаточного финансирования для приобретения сложных программно-технических комплексов;
- необходимость переподготовки ППС (в т.ч. стажировки) на передовых предприятиях, в ведущих технических центрах при университетах, в т.ч., за рубежом;

- практическое обучение и аттестация студентов на получение группы допуска по электробезопасности;
- диалог с предприятиями, поиск направлений для взаимовыгодного сотрудничества, создание базовых кафедр.

Проблемы со стороны предприятий:

- отсутствие мотивации у руководства;
- отсутствие свободного персонала, подготовленного для непосредственной работы со студентами в период производственной практики или практических занятий на производстве в учебном семестре;
- отсутствие гарантии трудоустройства студентов после прохождения практики на предприятии;
- потребность в кадровых ресурсах на предприятиях может изменяться при изменении конъюнктуры рынка [2].

Список литературы

1. Вакулюк В.М., Митрофанов С.В., Морозов В.А. Подготовка кадров для электроэнергетической отрасли Оренбуржья. Высшее образование в России, №7, 2014, с. 122 – 128.
2. Морозов В.А. Комплексный подход к реализации инновационных решений при сооружении и эксплуатации электроэнергетических объектов // В.А. Морозов. Труды VII Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы» - Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. – с. 104 -112.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МОЩНОСТИ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ НУЖД ОСВЕЩЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

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

Проблема использования солнечной энергии, которая является предметом изучения отдельных исследователей, сегодня привлекает пристальное внимание всей общественности (государственных деятелей, ученых, журналистов). Выработка электроэнергии при помощи электростанций на солнечных батареях используется сегодня практически во всем мире и масштабы использования электроэнергии солнечных батарей все время растут. Этому способствуют множество факторов, основными из которых являются использование альтернативных (возобновляемых) источников энергии, которые в последнее время приобретают все большую актуальность и полное отсутствие каких-либо движущихся частей, благодаря чему срок их службы практически не ограничен. Электростанции на солнечных элементах постоянно совершенствуются. Сегодня они могут использоваться как дополнительные источники электроснабжения, работающие совместно с другими или полностью автономные.

Для расчета автономной солнечной электростанции требуется определение номинальной мощности солнечных модулей, их количества, ёмкости аккумуляторных батарей, мощностей инвертора и контроллера заряда-разряда. При этом необходимыми данными для расчета мощности автономной солнечной электростанции являются: географическое расположение, суммарная мощность и примерное время работы каждого электропотребителя.

Данные вопросы в доступной литературе освещены недостаточно полно, поэтому разработка методики расчета мощности автономных солнечных электростанций и ее элементов, является актуальной задачей.

Основные понятия:

Автономной солнечная электростанция (АСЭС) - совокупность устройств, служащих для преобразования солнечной энергии в электрическую.

Основными комплектующими АСЭС являются:

1) Солнечная батарея (СБ) - несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) - полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток.

2) Контроллер заряда - устройство, являющееся промежуточным звеном между СБ и аккумуляторной батареей (АКБ), основная задача которого осуществлять контролируемый заряд-разряд АКБ.

3) Аккумуляторная батарея - составной элемент СЭС, служит для накопления и отдачи электрической мощности.

4) Инвертор напряжения - устройство, позволяющее трансформировать постоянное напряжение в переменное 220 В с частотой 50 Гц.

Целью исследования является разработка методики расчета мощности автономной солнечной электростанции для нужд освещения лаборатории энергосбережения и энергоэффективности.

Рассмотрим подробнее методику расчета АСЭС поэтапно.

Необходимые технические параметры светильника сведены в таблицу 1.

Таблица 1-Технические параметры светильника

№	Тип светильника	Потребляемое напряжение (В)	Мощность светильника (кВт)
1	Светодиодный «Е-ССП-Страда-А»	220В (+/-10%) / 50Гц	0,48

Расчет осветительной нагрузки

При проектировании АСЭС рассчитывается активная суммарная мощность $\sum P$ осветительной нагрузки по формуле:

$$\sum P = N \cdot P_c \quad (1)$$

где n – количество светильников;

P_c – мощность светильника, кВт

$$\sum P = 12 \cdot 48 = 0,576 \text{ кВт.}$$

Количество электроэнергии необходимое для осветительных устройств в сутки находится по формуле:

$$W = \sum P \cdot t, \quad (2)$$

$$W = 576 \cdot 9 = 5,184 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где t - время работы осветительных устройств.

Выбор величины напряжения постоянного тока системы

Величина напряжения системы подбирается исходя из мощности потребителей переменного тока. Если мощность потребителей переменного тока не превышает 1 кВт, то выбирается напряжение системы 12 В. В том случае если мощность потребителей превышает мощность 1 кВт, выбирается напряжение системы 24 В. При мощности потребителей больше 3,5 кВт выбирается напряжение системы 48 В.

В целях уменьшения потерь электроэнергии выбираем напряжение АКБ 48 В.

Выбор автономного инвертора напряжения

Выбор инвертора напряжения производится по суммарной пиковой мощности осветительной нагрузки.

Технические параметры инвертора напряжения приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические параметры инвертора напряжения

Тип инвертора напряжения	Входное постоянное напряжение (В)	Выходное переменное напряжение	Мощность (кВт)
NS-1200-S	24	220	1,2

Выбор и расчет солнечных батарей

Для расчета автономной солнечной электростанции выбираются поликристаллические СБ. Технические параметры СБ приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические параметры СБ

Тип СБ	Мощность СБ (кВт)	Напряжение СБ (В)	Количество СБ(шт)
Ехmork ФСМ-200П	200	24	4

Количество электроэнергии, вырабатываемой одной солнечной батареей в сутки, находится по формуле:

$$W_{\text{СБ}} = K \cdot P_{\text{СБ}} \cdot n, \quad (3)$$

$$W_{\text{СБ}} = 1,5 \cdot 200 \cdot 5 = 1,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки},$$

где K - коэффициент солнечной инсоляции характеризующий дневную сумму солнечной радиации, $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ при горизонтальной площадке [4] для г. Оренбург;

n - среднее время работы СБ в сутки;

$P_{\text{СБ}}$ - мощность одной СБ.

Расчет необходимого количества солнечных батарей для работы солнечной электростанции находится по формуле:

$$N_{\text{СБ}} = \frac{W}{W_{\text{СБ}}}, \quad (4)$$

$$N_{\text{СБ}} = \frac{5,184}{1,5} = 3,456 \text{ шт.}$$

Округляем значение до целого в большую сторону и уточняем мощность вырабатываемой системой солнечных батарей по формуле;

$$W = W_{\text{СБ}} \cdot N_{\text{СБ}}, \quad (5)$$

$$W = W_{\text{СБ}} \cdot N_{\text{СБ}} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сутки}.$$

Расчет емкости и выбор аккумуляторных батарей

Требуемое значение емкости АКБ находится по формуле:

$$C = \frac{W}{U} + C_1, \quad (6)$$

где C_1 - значение, учитывающее потери на заряд - разряд аккумуляторов находится по формуле [4];

$$C_1 = \frac{W}{U} \cdot \kappa_1, \quad (7)$$

где U - постоянное напряжение АКБ;

$\kappa_1 = 0,3$ - коэффициент потерь на заряд - разряд аккумуляторов;

$$C = \frac{6 \cdot 10^3}{48} + 37,5 = 162,5 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Округляем значение емкости АКБ в большую сторону и принимаем стандартное значение $C = 200 \text{ А} \cdot \text{ч}$.

Данные АКБ сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Данные АКБ

Тип АКБ	Емкость АКБ (А · ч)	Количество(шт)
<u>GX12-100</u>	100	2

Расчет контроллера заряда

АКБ типа GX12-100 заряжается током 10% от номинальной емкости. Ток заряда АКБ находится по формуле:

$$I_3 = 0,1 \cdot C, \quad (8)$$

$$I_3 = 200 \cdot 0,1 = 20 \text{ А}.$$

Выбираем два контролера заряда АКБ типа TS-MPPT-20 А. Данные контроллера СБ сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Данные контроллера СБ

Тип контроллера СБ	Ток заряда АКБ (А)	Рабочее напряжение (В)
<u>TS-MPPT-20</u>	20	24

Таким образом, в данной статье отражена методика поэтапного расчета АСЭС:

- расчет осветительной нагрузки, количество электроэнергии, потребляемое в сутки;
- выбор оптимального постоянного напряжения системы;
- выбор инвертора переменного напряжения;
- выбор и расчет необходимой мощности СБ;
- выбор и расчет емкости АКБ;
- выбор и расчет контроллера СБ.

Список литературы

1. Митрофанов С.В. Переносная солнечная электростанция с автономной системой слежения за солнцем// С.В. Митрофанов, А.Ю. Немальцев. Труды VII всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы» Оренбург, 21-23 октября 2014. с. 40-44.
2. Методика расчета солнечных электростанций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-moschnosti-solnechnyh-elektrostantsiy>.
3. Helios-house [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.helios-house.ru/kak-raschitat-solnechnuyu-elektrostantsiyu.html.
4. Mos-invertor [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.mos-invertor.ru/spr5.html.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Митрофанов С.В., Поздняков Н.В.

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

Найти обрыв в кабеле или определить место повреждения кабеля - одна из основных задач встающих перед инженером-измерителем в его повседневной практике.

Поиск места повреждения кабеля - это в наиболее сложных случаях целый комплекс измерительных процедур, использующий три основные группы кабельных приборов:

- рефлектометры реализующие импульсный метод (как для силовых, так и для слаботочных кабелей), импульсно-дуговой и волновой методы (для силовых кабелей): позволяют с высокой точностью (до 0.01%) определять расстояние до неоднородностей волнового сопротивления кабеля и таким образом определять: длину кабеля, определять расстояние до обрыва и короткого замыкания кабеля, определять места «замокания кабеля», определять муфты кабеля и места кроссировок, в том числе и определять ошибки кроссировки, места пониженной изоляции;

- кабельные-мосты реализующие мостовые методы поиска повреждений, позволяют как найти место повреждения кабеля (обрыв, пониженное сопротивление изоляции, короткое замыкание), так и измерить основные электрические параметры кабеля (измерение сопротивления шлейфа, измерение сопротивления изоляции, измерение электрической ёмкости);

- трассоискатели и трассодефектоискатели реализующие индукционный и контактный методы - это приборы позволяющие на местности проводить отыскание места повреждения кабеля типа обрыв, короткое замыкание, места пониженной изоляции (утечка на землю), определять направление и глубину залегания кабеля. К таким приборам предъявляются весьма жесткие требования в смысле помехозащищенности и избирательности приёмного тракта.

Точному определению места повреждения в линиях связи и электропередачи, которое производится трассовыми методами, должна предшествовать предварительная его локализация методом импульсной рефлектометрии.

Метод импульсной рефлектометрии позволяет определить зону повреждения (в пределах погрешности измерения) и применить отдельные трассовые методы обнаружения только на небольших участках трассы, что позволяет существенно сократить время точного определения места дефекта.

Основными видами повреждений в кабельных линиях электропередачи и связи являются: короткие замыкания и обрывы, появление утечки между жилами или между жилой и экраном (броней), увеличение продольного сопротивления.

Причин возникновения повреждений много: механические повреждения, например при проведении земляных работ, старение изоляции, нарушение изоляции от воздействия влаги и т.п.

Приборы, реализующие указанный метод, называются импульсными рефлектометрами.

Сущность метода импульсной рефлектометрии заключается в выполнении следующих операций:

Зондировании кабеля (двухпроводной линии) импульсами напряжения.

Приеме импульсов, отраженных от места повреждения и неоднородностей волнового сопротивления.

Выделении отражений от места повреждений на фоне помех (случайных и отражений от неоднородностей линий).

Определении расстояния до повреждения по временной задержке отраженного импульса относительно зондирующего.

Одним из важных применений современных осциллографов стала импульсная рефлектоскопия. Название происходит от слова reflect - отражение и свидетельствует об использовании при измерении параметров сигналов (импульсов), отраженных от тестируемых объектов и вернувшихся к началу линии. Более общим понятием является рефлектометрия. В процессе рефлектометрии выполняются определенные измерения, например, измеряется расстояние до обнаруженной неоднородности, оцениваются коэффициенты отражения и пропускания и т. д.

Рефлектометрия – это технология, позволяющая определять различные характеристики исследуемой среды по отражению отклика сигнала: поверхности (например, определение коэффициентов отражения и поглощения) или объемной среды (например, изучение распределения неоднородностей в оптическом волокне).

Импульсная рефлектометрия – это область измерительной техники, которая основывается на получении информации об измеряемой линии по анализу её реакции на зондирующее (возмущающее) воздействие. Импульсная рефлектометрия применяется как для металлических кабелей всех типов, так и для волоконно-оптических кабелей связи.

В принципе любой скоростной осциллограф можно использовать (совместно с импульсным генератором) для построения импульсного рефлектометра. Некоторые осциллографы имеют специальный выход перепада малой длительности, который можно использовать для целей рефлектометрии.

Подав импульсный перепад с помощью тройника на 50-омный вход осциллографа и подключив к свободному разъему тройника отрезок испытуемого коаксиального кабеля, можно превратить осциллограф в рефлектометр с неплохим временным разрешением. Осциллограмма, снятая при нагрузке в виде отрезка коаксиального кабеля, нагруженного на его волновое сопротивление 50 Ом, показывает на отсутствие отражений. Длительность развертки обычно ограничивают возможностью наблюдения отражения от конца линии.

Отраженный перепад меняет полярность и, дойдя до входа кабеля, гасит

исходный перепад. В результате на отрезке кабеля формируется почти прямоугольный импульс, длительность которого равна удвоенному времени задержки отрезка кабеля.

Таким образом, легко найти время задержки линии и, зная скорость распространения волны в линии, определить ее длину. Заметим, что скорость распространения импульса в кабеле с диэлектриком и в вакууме (воздухе) различна, и это различие в рефлектометрах учитывается с помощью специальных поправочных коэффициентов укорочения и таблиц, сохраняемых в памяти рефлектометра.

Разумеется, осциллограф позволяет наблюдать и импульс на выходе тестируемого отрезка линии, в том числе при использовании импульсов с почти прямоугольной формой. Большинство современных цифровых осциллографов, позволяет выполнять автоматическое измерение множества параметров наблюдаемых сигналов.

Осциллограф с полосой частот до 5 ГГц с перепадом в 0,1 нс позволяет методом рефлектометрии измерять одиночные неоднородности с отклонением от волнового сопротивления на 0,5 Ом, индуктивности до 0,1 нГ и емкости до 0,05 пФ. Современные цифровые осциллографы (правда, очень дорогие), работающие в реальном масштабе времени, имеют полосу частот до 20 ГГц и выше и куда более эффективны в роли импульсных рефлектометров.

Что касается измерения малых емкостей и индуктивностей, то современные измерители импеданса, иммитанса и адмитанса справляются с этим лучше и имеют на порядок и более низкую стоимость, чем широкополосные осциллографы. Однако они требуют подключения непосредственно к объектам измерения (R , L , C), что не всегда возможно. Многие современные широкополосные осциллографы (особенно стробоскопические) имеют специальные средства для рефлектометрии в области малых времен, в частности, установку параметров зондирующих импульсов, растяжку осциллограмм, таблицы скоростей распространения сигнала в линиях передачи и другие возможности. Для этого есть и специализированное программное обеспечение. Как уже отмечалось, рефлектометры позволяют оценивать коэффициенты отражения и определять вид нагрузки испытываемых линий - сопротивление, емкость и индуктивность нагрузки.

Рефлектограммы позволяют опознать характер неоднородности в конце линии W или в ее середине. Для расчета емкости или индуктивности используются значения постоянных по времени отраженных импульсов. Осциллограф позволяет измерять их с точностью до единиц процентов, так что рассчитывать на высокую точность измерений тут не приходится.

Ряд фирм выпускает портативные, легко переносимые, цифровые рефлектометры с автономным и сетевым питанием.

Области применения портативных рефлектометров:

- эксплуатация и прокладка кабельных линий всех типов в связи, энергетике и т. п.;
- эксплуатация нефтепроводов и газопроводов, угледобывающая

промышленность;

- эксплуатация городского электро- и железнодорожного транспорта, ТЭЦ, ГЭС, АЭС, ГРЭС;

- гражданская и военная авиация, речной и морской флот и транспорт, эксплуатация портов, аэродромов и космодромов, судостроение и самолетостроение;

- кабельные и воздушные системы электропередачи, телекоммуникаций и связи промышленных предприятий, учреждений, жилищных массивов;

- кабельное телевидение и компьютерные сети;

- монтаж и эксплуатация тепловых сетей с предварительно-изолированными трубами на основе пенополиуретановой изоляции;

- производство и реализация кабельной продукции.

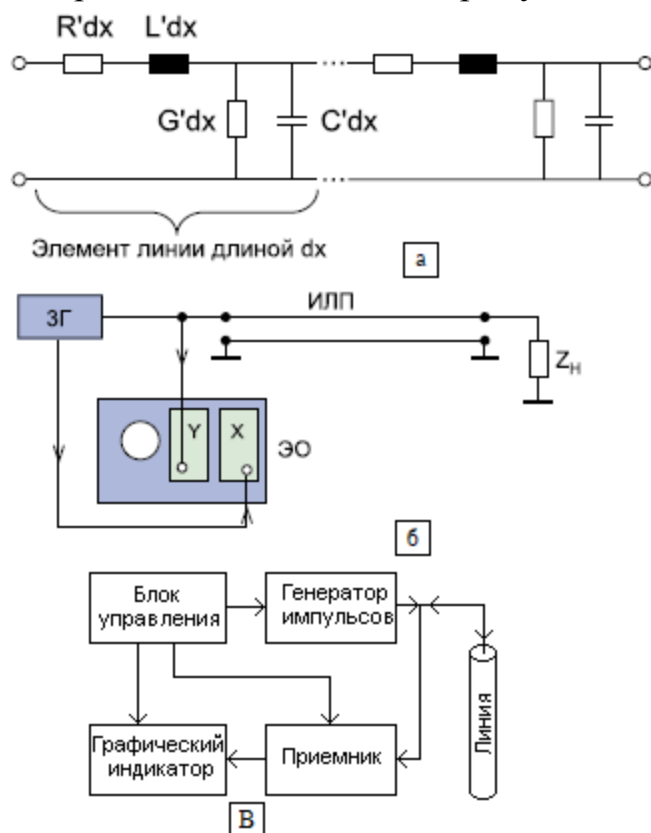


Рисунок 1 – а) эквивалентная схема линии передач; б) функциональная схема импульсного рефлектометра; в) упрощенная структурная схема импульсного рефлектометра

Функциональная схема импульсного рефлектометра представлена на рис. 1б.

Импульс генератора задающих импульсов (или перепадов) ИГ - малой длительности, и сигнал на входе линии контролируется широкополосным электронным осциллографом ЭО - в наши дни цифровым. Осциллограф позволяет контролировать не только исходный импульс, но и отражения от всех неоднородностей линии от ее начала в середине и от конца.

Важно отметить, что рефлектометр подключается к тестируемой линии с одного конца - входного. Второй конец (выходной), особенно при линиях

большой длины, может оказаться просто недоступным. Такое подключение позволяет нередко провести такие измерения, которые принципиально невозможны при использовании других измерительных приборов и других методов измерений. Например, возможно измерение емкости и индуктивности в конце линии, то есть на значительном расстоянии от места расположения тестируемого устройства.

По виду осциллограмм отраженных сигналов можно судить о характере согласования линии с нагрузкой Z_n и о характере нагрузки, в общем случае комплексной. Нетрудно, по относительному уровню ступенек осциллограммы, оценить коэффициенты отражения. По виду отраженных импульсов можно судить и о характере импеданса нагрузки. Однако нужно учитывать, что современные цифровые анализаторы цепей позволяют делать это с гораздо большей точностью. Но это очень дорогие приборы, как правило, требующие подключения к началу и концу тестируемой линии.

С генератора импульсов зондирующие импульсы подаются в линию.

Отраженные импульсы поступают с линии в приемник, в котором производятся необходимые преобразования над ними. С выхода приемника преобразованные сигналы поступают на графический индикатор.

Все блоки импульсного рефлектометра функционируют по сигналам блока управления.

На графическом индикаторе рефлектометра воспроизводится рефлектограмма линии - реакция линии на зондирующий импульс.

Линия передачи может быть представлена эквивалентной схемой, показанной на рисунок 1. Здесь R' , L' , G' и C' - погонные (на единицу длины) удельные сопротивление, индуктивность, проводимость и емкость линии. Их значения зависят от типа линии передачи и ее конструктивных особенностей.

Сопротивление R_0 называют волновым сопротивлением. Оно является важным параметром линии.

Элемент линии (рисунок 1а) представляет собой фильтр, ослабляющий высокие частоты. Поэтому импульс, перемещающийся вдоль однородной линии, постепенно ухудшается по форме: у него возрастает время нарастания и спада и увеличивается длительность. Кроме того, из-за потерь в линии уменьшается амплитуда импульса. Достигая конца линии (или неоднородностей в любом ее месте), сигнал отражается.

Основную сложность и трудоемкость при методе отраженных импульсов представляет выделение отражения от места повреждения на фоне помех.

Метод импульсной рефлектометрии базируется на физическом свойстве бесконечно длинной однородной линии, согласно которому отношение между напряжением и током введенной в линию электромагнитной волны одинаково в любой точке линии.

Если кабель исправен и его волновое сопротивление не меняется - сигнал проходит по кабелю без отражений. Если имеет место обрыв, короткое замыкание или иная неоднородность - сигнал отражается полностью, или частично.

При использовании метода импульсной рефлектометрии в линию

посылают зондирующий импульс и измеряют интервал t_x - время двойного пробега этого импульса до места повреждения (неоднородности волнового сопротивления).

Отношение амплитуды отраженного импульса U_0 к амплитуде зондирующего импульса U_z обозначают коэффициентом отражения $K_{отр}$.

Отраженный сигнал появляется в тех местах линии, где волновое сопротивление отклоняется от своего среднего значения: у муфт, у мест изменения сечения жилы, у мест сжатия кабеля, у места обрыва, короткого замыкания и т.д.

Если выходное сопротивление импульсного рефлектометра отличается от волнового сопротивления измеряемой линии, то в месте подключения рефлектометра к линии возникают переотражения.

Переотражения - это отражения от входного сопротивления рефлектометра отраженных сигналов, которые пришли к месту подключения рефлектометра из линии. Выходное и входное сопротивления рефлектометра, как правило, равны между собой.

В зависимости от соотношения входного сопротивления рефлектометра и волнового сопротивления линии изменяется полярность и амплитуда переотражений, которая может оказаться соизмеримой с амплитудой отражений. Поэтому перед измерением рефлектометром обязательно нужно выполнить операцию согласования выходного сопротивления рефлектометра с волновым сопротивлением линии.

При распространении вдоль линии импульсный сигнал затухает, то есть уменьшается по амплитуде. Затухание линии определяется ее геометрической конструкцией и выбором материалов для проводников и изоляции и является частотно-зависимым.

Следствием частотной зависимости является изменение зондирующих импульсов при их распространении по линии: изменяется не только амплитуда, но и форма импульса - длительности фронта и среза импульса увеличиваются ("расплывание" импульса). Чем длиннее линия, тем больше "расплывание" и меньше амплитуда импульса. Это затрудняет точное определение расстояния до повреждения.

Зондирующие импульсы распространяются в кабельных линиях по определенным волновым каналам, определяемым режимом включения "жила - жила", "жила - оболочка" и другие варианты.

Импульсный сигнал распространяется в линии с определенной скоростью, которая зависит от типа диэлектрика.

Коэффициент укорочения показывает во сколько раз скорость распространения импульса в линии меньше скорости распространения в воздухе.

В любом рефлектометре перед измерением расстояния нужно установить коэффициент укорочения. Точность измерения расстояния до места повреждения зависит от правильной установки коэффициента укорочения.

Коэффициент укорочения можно определить импульсным рефлектометром по кабелю известной длины.

Для многожильных и многопарных кабелей коэффициент укорочения, волновое сопротивление и затухание различны для каждого варианта включения, поэтому рекомендуются включения рефлектометра независимо от типа повреждения по схеме "жила - жила". При повреждении одной из жил можно использовать схему включения "поврежденная жила - неповрежденная жила".

Включение рефлектометра по схеме "жила - оболочка" позволяет выявить поврежденную жилу методом сравнения.

При измерениях на воздушных линиях электропередачи с горизонтальным расположением проводов рефлектометр следует подключать по схеме "средний провод - крайний провод" или "средний провод - земля".

Управлением всем процессом измерения (считывание рефлектограмм и импульсных характеристик, сравнение, вычитание, отстройка от помех, контроль за напряжением питания, запоминание, вывод информации на экран и т.п.) и обработкой информации занимается мощный встроенный микропроцессор.

Современные методы рефлектоскопии и рефлектометрии достигли высокой степени совершенства и привели к созданию отдельного класса измерительных приборов — рефлектометров. Множество таких приборов выпускает как отечественная, так и зарубежная промышленность. Большая часть из них - это портативные и легко переносимые приборы с автономным питанием, поэтому их можно применять в полевых и производственных условиях.

Метод импульсной рефлектометрии удобен для практического использования, так как для измерения импульсным рефлектометром достаточно доступа к линии с одного конца.

Появились первые приборы, использующие новый вид математической обработки сигналов - вейвлет-преобразования. Пока они находятся в самом начале своего развития.

Список литературы

- 1. Зевеке, Г. Основы теории цепей : учебник для вузов / Г. Зевеке, П.Ионкин, А. Нетушил, С. Страхов. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с. – ISBN 5-283-00523-2.*
- 2. Бессонов, Л. Теоретические основы электротехники : электрические цепи : учебник / Л. Бессонов. – Москва : Энергоатомиздат, 2013. – 701 с. – ISBN 978-5-9916-1449-8.*
- 3. Афонский, А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения: учебник / А. Афонский, В.Дьяконов. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2007. – 541 с. – ISBN 5-98003-290-8.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМ ТРЕКЕРОМ

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

Одной из характерных особенностей современного этапа развития человечества является быстрый рост энергопотребления. Электроэнергия представляет собой наиболее совершенный вид энергии, легко доставляемый потребителю и преобразуемый в другие виды энергии. Способов выработки электроэнергии большое множество, которые реализованы в научных проектах и статьях.

Наиболее обсуждаемым является способы получения энергии с помощью альтернативных источников энергии. Одними из основных источников альтернативной энергетики по-прежнему считается сила ветра и солнца. Ветро- и солнечные электростанции активно внедряются в существующую систему электроснабжения. Перед инженерами ставится задача по проектированию и автоматизации установок способных обеспечить достаточно высокий КПД преобразования электроэнергии солнечных электростанций. В данной статье будет рассматриваться вопрос автоматизации системы управления солнечной электростанцией с учетом экономической эффективности [1].

Какие преимущества дает установка солнечных батарей:

- солнечную батарею можно установить в любом удобном месте, будь то крыша дома или специально отведенная площадка;
- работа солнечных батарей не сопровождается сильным шумом, т.к. все процессы, протекающие в ней, идут на электронном уровне.

Существуют и недостатки:

- малый коэффициент преобразования солнечной энергии в электрическую энергию;
- влияние на эффективность работы батарей погодных условий (снег, дождь, туман, облачность, пыль и т.д.);
- отсутствие у большинства солнечных батарей системы управления слежения за солнцем.

Для создания системы управления слежения за солнцем (солнечного трекера) необходимо вместе с электроприводом выбрать микроконтроллер управления с оптимальными характеристиками.

Контроллеров способных осуществить управление солнечным трекером огромное множество. Начиная от AVR и заканчивая контроллерами от Simens [2, 3]. Существуют контроллеры, специально изготовленные для солнечных трекеров, например контроллер марки **TRACER 4210RN**. Однако эти контроллеры имеют высокую стоимость [4].

По экономическим соображениям, мы можем использовать две марки недорогих микроконтроллеров Am186Ex и ATmega328 [5, 6].

Покажем характеристики тестируемых микроконтроллеров в Таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Характеристики микроконтроллеров Am186Ex

Контроллер	Am186ED	Am186ER	Am186ES	Am186EM
Тактовая частота, 5,0 В	20, 25, 33, 40		20, 25, 33, 40	20, 25, 33, 40
Схема тактирования	/2, 1x	/2, 1x	/2, 1x, 4x	/2, 1x
Ширина внешней шины	8/16	8/16	16	16
Контроллер DRAM	Есть	Нет	Нет	Нет
Встроенная память	-	-	32 Кбайт SRAM	-
Таймеры (с ШИМ)	3	3	3	3
Каналы DMA	2	2	2	2
Внешние/внутренние прерывания	8/8	8/8	6/7	6/7
Порты ввода/вывода	32	32	32	32
Дешифрация адресов памяти	12	12	13	12
Широтно-импульсная модуляция	Есть	Есть	Нет	Нет
Производительность	5,3 MIPS на 40 МГц	5,3 MIPS на 40 МГц	6,6 MIPS на 50 МГц	5,35 MIPS на 40 МГц
Максимальный потребляемый ток, 5,0 В	5,9 мА/МГц	5,9 мА/МГц		5,9 мА/МГц

Таблица 2 - Характеристики микроконтроллера ATmega328

Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	32 Кб (ATmega328) из которых 0.5 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц

Проведя анализ предложенных вариантов микроконтроллеров, можно сделать вывод о том, что оба микроконтроллера подходят для управления

электроприводом солнечного трекера и полностью удовлетворяют поставленным условиям.

Выбор наиболее подходящего контроллера осуществлялся по следующим критериям:

- доступность литературы для изучения архитектуры контроллеров;
- большое количество примеров использования;
- простота использования программной среды;
- простота монтажа.

Микроконтроллер Am186Ex прост в монтаже. Он имеет хорошее описание, но достаточно сложную среду программирования. Не имеющему опыта программирования инженеру будет сложно задать нужные параметры удовлетворяющие алгоритму работы. Не смотря на это, работа контроллера производится на высокой скорости.

Микроконтроллер ATmega328 имеет плату со строго прописанными входами и выходами, но благодаря добавочному оборудованию эти порты можно изменять. Количество примеров по использованию микроконтроллеров ATmega328 огромное множество, также как литературы и научных статей. Главное преимущество это очень простая и достаточно понятная программная среда. В ней даже не опытный инженер может написать программу строго по алгоритму с пояснениями.

По итогам тестирования для использования в качестве управления нашего солнечного трекера был выбран микроконтроллер ATmega328. На основе микроконтроллера ATmega328 разработано много систем управления сервоприводами малой мощности. Система управления слежения за солнцем будет разработана для макетного образца в ближайшее время.

Список литературы

1. Митрофанов С.В. Переносная солнечная электростанция с автономной системой слежения за солнцем// С.В. Митрофанов, А.Ю. Немальцев. Труды VII всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы» Оренбург, 21-23 октября 2014. с. 40-44.
2. Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб.[Текст]: Наука и техника, 2004. – 544с.
3. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы Atmel. – М. [Текст]: Издательский дом «Додэка», 2004 – 558 с.
4. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника[Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высшая школа, 2006. – 799 с.
5. Официальный сайт производителя Arduino. Режим доступа: <http://arduino.cc>, Arduino, 2014
6. Микроконтроллеры фирмы AMD. Режим доступа <http://kazus.ru/articles/397.html>

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ВО ВНУТРИЗАВОДСКОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ МЕТОДОМ СКОЛЬЗЯЩЕГО ДОПУСКА

Нелюбов В.М.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Задача оптимальной компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения промышленного предприятия заключается в выборе мощности и мест расстановки по узловым точкам сети низковольтных и высоковольтных конденсаторных батарей и определение загрузки по реактивной мощности имеющихся на предприятии синхронных электродвигателей при минимальных приведенных затратах при выполнении режимных и технических ограничений.

Экономико-математическая модель конденсаторной батареи (высоковольтной или низковольтной), как источника реактивной мощности, с учетом затрат на коммутационный аппарат имеет вид

$$Z_{KB} = p_{\Sigma} \cdot K_{y_KB} \cdot Q_{BK} + C_0 \cdot tg\varepsilon_{BK} \cdot Q_{BK} + Z_{KA}(Q_{KB}), \quad (1)$$

где Z_{KB} - приведенные затраты на установку и эксплуатацию конденсаторной установки;

p_{Σ} - суммарный коэффициент отчислений от капитальных вложений на конденсаторную установку, включающих нормативный коэффициент экономической эффективности;

K_{y_KB} - удельная стоимость конденсаторной батареи, руб/квар;

Q_{BK} - реактивная мощность конденсаторной батареи, квар;

C_0 - стоимость потерь активной мощности, руб/кВт;

$tg\varepsilon_{BK}$ - тангенс угла диэлектрических потерь;

$Z_{KA}(Q_{KB})$ - затраты на коммутационный аппарат, руб., которые зависят от мощности батареи и представляют собой дискретную функцию.

Экономико-математическая модель синхронного двигателя как источника реактивной мощности представляет собой стоимость дополнительных потерь активной мощности на генерацию реактивной мощности

$$Z_{CD} = C_0 \cdot \left(\frac{D_1}{Q_H} \cdot Q_{CD} + \frac{D_2}{Q_H^2} \cdot Q_{CD}^2 \right), \quad (2)$$

где D_1, D_2 - коэффициенты потерь, кВт;

Q_H - номинальная реактивная мощность синхронного двигателя;

Q_{CD} - генерируемая реактивная мощность синхронного двигателя в режиме перевозбуждения.

Целевая функция затрат задачи оптимальной компенсации реактивной мощности будет иметь вид

$$Z(Q_{НКБ}; Q_{ВКБ}; Q_{СД}) = Z(\bar{Q}_{KV}) = \sum_1^{N_{НКБ}} Z_{НКБ} + \sum_1^{N_{ВКБ}} Z_{ВКБ} + \sum_1^{N_{СД}} Z_{СД} + C_0 \cdot \Delta P(\bar{Q}_{KV}), \quad (3)$$

где $Q_{НКБ}, Q_{ВКБ}$ - соответственно реактивная мощность низковольтной и высоковольтной конденсаторной батареи, квар;

\bar{Q}_{KV} - вектор компенсирующих устройств;

$N_{НКБ}, N_{ВКБ}, N_{СД}$ - соответственно количество рассматриваемых низковольтных конденсаторных батарей, высоковольтных конденсаторных батарей и синхронных электродвигателей.

На целевую функцию (3) подлежащую минимизации наложено ограничение равенство в форме баланса реактивной мощности

$$H(\bar{Q}_{KV}) = Q_{НАГР} + \Delta Q(\bar{Q}_{KV}) + \sum_1^{N_{НКБ} + N_{ВКБ} + N_{СД}} Q_{KV} - Q_{Э1}, \quad (4)$$

где $Q_{НАГР}$ - суммарная реактивная нагрузка электропотребителей;

$\Delta Q(\bar{Q}_{KV})$ - потери реактивной мощности в сети предприятия, зависящие от вектора \bar{Q}_{KV} ;

$Q_{Э1}$ - экономическое значение входной реактивной мощности, задаваемое энергоснабжающей организацией в часы максимальных нагрузок, квар, определяемое по /1/.

Кроме того существуют ограничения неравенства (неотрицательности переменных и ограничение по располагаемой реактивной мощности синхронных двигателей)

$$G_j = \left| \begin{array}{l} Q_{KV} \geq 0 \\ Q_{СД} - Q_{СД}^{MAX} \geq 0 \end{array} \right|, \quad j = \overline{1, N_{НКБ} + N_{ВКБ} + 2 \cdot N_{СД}}, \quad (5)$$

где $Q_{СД}^{MAX}$ - предельная располагаемая мощность синхронного двигателя, квар.

Представленная задача относится к классу задач нелинейного программирования общего вида.

Для ее решения может быть использован метод /2/, согласно которому исходная задача минимизации целевой функции (3) с ограничениями (4) и (5), заменяется более простой задачей, - минимизировать функцию (3) при одном глобальном ограничении

$$\Phi^{(k)} - T(\bar{Q}_{KV}) \geq 0, \quad (6)$$

где $\Phi^{(k)}$ - значение критерия скользящего допуска на k -м этапе поиска;
 $T(\bar{Q}_{KV})$ - положительно определенный функционал, определенный над множеством всех функции задающих ограничения (4) и (5).

$$T(\bar{Q}_{KV}) = \left[H^2(\bar{Q}_{KV}) + \sum_1^{N_{НКБ} + N_{ВКБ} + 2 \cdot N_{СД}} U_j \cdot G_j^2(\bar{Q}_{KV}) \right]^{1/2}, \quad (7)$$

где U_j - оператор Хевисайда.

$$U_j = \begin{cases} 0, & \text{при } G_j \geq 0 \\ 1, & \text{при } G_j \leq 0 \end{cases}, \quad (8)$$

Минимум функции (3) ищется одним из методов безусловной оптимизации с контролем на каждой k -ой итерации выполнения неравенства (6). Если оно нарушается, то алгоритм переключается на поиск допустимой или квазидопустимой точки путем минимизации функционала $T(\bar{Q}_{KV})$. По мере развития поиска уменьшается значение $\Phi^{(k)}$, что приводит к сужению области квазидопустимости, а так как в пределе $\Phi^{(k)}$ стремится к нулю, то по окончанию поиска оптимальное решение будет принадлежать к допустимой области с наперед заданной погрешностью.

В качестве метода безусловной оптимизации может быть применена процедура деформируемого многогранника Нелдера-Мида [2].

Алгоритм применялся для поиска оптимального решения на ряде практических задач и показал высокую эффективность.

Список литературы

1. Приказ Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации от 22 февраля 2007 г. № 49 «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)
2. *Applied Nonlinear Programming [By] David M.; Himmelblau McGraw-Hill, 1972 - 498 с. – ISBN-13: 978-0070289215*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Падеев А.С., Кутарев А.М., Сурков Д.В.
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург

Проблема повышения энергоэффективности российской промышленности является одной из ключевых в настоящее время. Известно, что энергоёмкость российской экономики в несколько раз превышает данный показатель развитых стран [1]. В связи с этим возникает задача внедрения на промышленных предприятиях энерго- и ресурсосберегающих технологий.

На большинстве промышленных предприятий основными потребителями электроэнергии являются электрические двигатели. При этом наиболее распространенные в силу своей относительной дешевизны и надежности – это асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. В России, согласно ГОСТ Р 54413-2011, односкоростные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором имеют четыре класса энергоэффективности (IE1 – IE4). В тоже время, асинхронные двигатели, выпускаемые отечественными предприятиями, имеют, как правило, низшие классы энергоэффективности (IE1-IE2). Для примера в таблице 1 приведены технические данные двух, четырех и шестиполусных двигателей мощностью 4 кВт.

Таблица 1 – Энергетические показатели асинхронных электродвигателей

Тип двигателя	4A100S2	AIP100S2	5A100S2	RA112M2
КПД, %	86,5	87	84	83,5
Класс энергоэффективности	IE2	IE2	IE1	IE1
Тип двигателя	4A100L4	AIP100L4	5A100L4	RA112M4
КПД, %	84	85	82	84,2
Класс энергоэффективности	IE1	IE1	IE1	IE1
Тип двигателя	4A112MB6	AIP112MB6	5A112MB6	RA132MA6
КПД, %	82	82	81	84
Класс энергоэффективности	IE1	IE1	IE1	IE1

Таким образом, возникает задача повышения энергетических показателей выпускаемых двигателей при минимальном увеличении их массогабаритных показателей и стоимости.

Объектами исследования были выбраны асинхронные двигатели серии 4А мощностью 4 кВт. Решение поставленной задачи целесообразно начинать с анализа потерь энергии в электродвигателе. В Таблице 2 приведены количественные значения потерь энергии и их процентное соотношение. В

последней строке таблицы приведены значения перегрева обмотки статора при продолжительном режиме работы.

Таблица 2 – Потери мощности в исследуемых электродвигателях

Потери	4A100S2	4A100L4	4A112MB6
$\Sigma P, \text{Вт}/\%$	614/100	714/100	898/100
$P_{эл1}, \text{Вт}/\%$	251/41	323/45	449/50
$P_{эл2}, \text{Вт}/\%$	151/25	210/29	232/26
$P_{ст}, \text{Вт}/\%$	118/19	138/20	179/19
$P_{мех}, \text{Вт}/\%$	72/12	19/3	14/2
$P_{доб}, \text{Вт}/\%$	22/3	23/3	24/3
$\Delta v_1, ^\circ\text{C}$	60	69	80

Из таблицы 2 видно, что наибольшую долю потерь (более 40 %) занимают электрические потери в обмотке статора. При этом доля данных потерь возрастает с ростом числа полюсов двигателя. Электрические потери в обмотке ротора составляют от 25 % до 29 %, потери в магнитопроводе около 20 %. Механические и добавочные потери относительно невелики. Превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды составляет от 60 °С до 80 °С.

Как известно, для повышения энергоэффективности необходимо уменьшать потери энергии. Механические и добавочные потери в двигателях существенно снизить малозатратными способами практически невозможно, к тому же они относительно невелики. Таким образом, остаются только электрические потери в обмотках статора и ротора и потери в стали статора, которые можно снизить.

Уменьшение электрических потерь в обмотке статора осуществляется путем уменьшения плотности тока в обмотке (J_1), т.е. увеличением сечения обмоточного провода. В исследуемых двигателях серии 4А плотность тока: $J_{1\ 2p=2} = 5,4 \text{ А/мм}^2$, $J_{1\ 2p=4} = 6,5 \text{ А/мм}^2$, $J_{1\ 2p=6} = 7,4 \text{ А/мм}^2$. При расчете двигателей класса энергоэффективности IE3 плотность тока в обмотках составила: $J_{1\ 2p=2,4} = 4 \text{ А/мм}^2$, $J_{1\ 2p=6} = 3,8 \text{ А/мм}^2$. В двигателях класса IE4: $J_1 = 2,6 - 2,8 \text{ А/мм}^2$. Для размещения в пазах статора увеличившегося “объема меди”, пазы статора также были увеличены за счет внешнего диаметра статора до максимально возможного при данной высоте вращения. При использовании в производстве нового оборудования для изготовления и укладки обмоток, коэффициент заполнения паза может быть повышен до 0,85.

Расчет короткозамкнутого ротора выполнялся с пазами той же конфигурации, что и в двигателях серии 4А. Для улучшения пусковых характеристик пазы ротора применялись максимальной глубины, а для уменьшения электрических потерь в короткозамкнутой обмотке ротора плотность тока J_2 была уменьшена на 15 – 25 %.

Магнитопровод рекомендуется выполнять из электротехнической стали с большой индукцией насыщения и низкими удельными потерями. В спроектированных двигателях была использована сталь марки 2215 (удельные потери $p_{1,0/50} \leq 2 \text{ Вт/кг}$). Для уменьшения реактивной составляющей полного тока, воздушный зазор должен быть выполнен минимально возможным.

Практически у всех спроектированных энергоэффективных двигателей увеличилась длина активной части. Двигатели класса IE3, были выполнены на первоначальных высотах оси вращения. У четырех и шестиполусного двигателей класса IE4 пришлось увеличить высоту оси вращения до следующего стандартного значения. В таблицах 3-4 представлены потери мощности и перегрев обмотки статора в энергоэффективных двигателях.

Таблица 3 – Потери мощности в электродвигателях класса IE3

Потери	100S2	100L4	112MB6
$\Sigma P, \text{ Вт/\%}$	542/100	513/100	606/100
$P_{эл1}, \text{ Вт/\%}$	187/34,5	176/34,3	212,7/35
$P_{эл2}, \text{ Вт/\%}$	125/23	165/32	158/26
$P_{см}, \text{ Вт/\%}$	135,7/25	128/25	196,7/32,5
$\Delta v1, \text{ }^\circ\text{C}$	49,9	47,2	51,8

Таблица 4 – Потери мощности в электродвигателях класса IE4

Потери	100S2	112S4	132MB6
$\Sigma P, \text{ Вт/\%}$	432/100	399/100	453/100
$P_{эл1}, \text{ Вт/\%}$	111/25,7	123,7/31	133,2/29,4
$P_{эл2}, \text{ Вт/\%}$	104/24,1	95/23,8	91,1/20,1
$P_{см}, \text{ Вт/\%}$	123/28,5	127,2/31,8	178/39,3
$\Delta v1, \text{ }^\circ\text{C}$	34,5	34,4	34,4

Из таблиц 3-4 видно, что повышение энергоэффективности приводит к существенному уменьшению электрических потерь в обмотке статора и ротора. Как следствие уменьшается перегрев обмотки статора до 47-52 $^\circ\text{C}$ у двигателей класса IE3, и до 34-35 $^\circ\text{C}$ у двигателей класса IE4. Вместе с тем уменьшение электрических потерь за счет уменьшения плотности тока в обмотках неминуемо приводит к увеличению массы проводникового материала. В таблице 5 приведено процентное изменение масс активной части двигателя при повышении класса энергоэффективности. Видно, что масса обмотки статора увеличивается у всех энергоэффективных двигателей (почти в 3 раза у шестиполусного двигателя). Масса алюминия также увеличивается, но не столь существенно (до полутора раз). Изменение массы магнитопровода не столь однозначное. У двигателей класса IE3 масса магнитопровода изменялась в пределах $\pm 6\%$ от базового значения, у двигателей класса IE4 масса увеличивалась от 7 до 27% в зависимости от числа полюсов. Однако, даже при

уменьшении массы магнитопровода (-6% у АД 100S2), увеличился расход электротехнической стали за счет увеличения внешнего диаметра статора.

Таблица 5 – Изменение масс активной части энергоэффективных двигателей

Класс энергоэффективности	IE3		
Тип двигателя	100S2	100L4	112MB6
Изменение массы обмотки статора ΔG_{Cu}	+36%	+53%	+95%
Изменение массы обмотки ротора ΔG_{Al}	+13%	+8%	+27%
Изменение массы магнитопровода ΔG_{Fe}	-6%	+6%	-2%
Класс энергоэффективности	IE4		
Тип двигателя	100S2	112S4	132MB6
Изменение массы обмотки статора ΔG_{Cu}	+116%	+129%	+170%
Изменение массы обмотки ротора ΔG_{Al}	+32%	+30%	+46%
Изменение массы магнитопровода ΔG_{Fe}	+7%	+12%	+27%

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Повышение класса энергоэффективности приводит к уменьшению рабочей температуры обмотки статора и других составных частей, что приводит к повышению надежности, и продлевает срок службы двигателя.

2. Уменьшение потерь энергии позволяет использовать более простые системы вентиляции и охлаждения.

3. К сожалению, повышение энергоэффективности происходит за счет увеличения массы и габаритов активной части, что неминуемо приведет к увеличению стоимости энергоэффективного двигателя.

4. Таким образом, использование энергоэффективных асинхронных двигателей экономически наиболее оправдано при эксплуатации в продолжительном режиме работы.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. // ТЭК. – 2003. – № 2. – с. 5–37.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ДОМА НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК С НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ

Перепелкин Д.А., Шлейников В.Б.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Работа посвящена применению солнечных установок в системах автономного электроснабжения частного дома, дачи и т.п. В настоящее время для замены традиционного электропитания от централизованных источников по линиям электропередач в мире развивается применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), главным образом солнечных батарей и ветрогенераторов. Наиболее перспективным ВИЭ является солнечная энергетика. Солнечное излучение представляет собой практически неограниченный источник энергии. Солнечные батареи не нуждаются в топливе и способны работать на внутренних ресурсах, в них отсутствуют промежуточные фазы преобразования получаемой энергии, они практически не боятся механического износа, не вырабатывают выбросов вредных веществ в окружающую среду и абсолютно безопасны. Обслуживание состоит в удалении пыли и снега с их поверхности. Практичность и экологически безопасный характер солнечной энергии влияет на людей по всему миру, что положительно сказывается на продаже оборудования. Каждый год объем продаж фотоэлектрических панелей только растет.

Актуальность темы обусловлена возможностью снизить стоимость электроснабжения автономных потребителей основанное на использовании солнечной энергии. Вопрос о самостоятельном создании автономной системы электроснабжения является особо актуальным для людей, проживающих вдали от городской жизни. Акцент на загородном доме или даче как потенциальных объектах для оборудования автономной системой электроснабжения можно сделать по ряду возможных причин:

1. Сложность или отсутствие технической возможности подключения к уже существующей электрической сети, то есть когда в районе нет сети централизованного электроснабжения, или подключение связано с прокладкой новых линий электропередач и установке дополнительной подстанции. Часто бывает так, что мощность ближайшей подстанции не позволяет обеспечить всех желающих электроэнергией, поэтому могут либо совсем отказать в подключении, либо установить ограничение по подключаемой мощности. Это связано с тем, что степень изношенности многих подстанций сегодня высока, а "аппетиты" городов и посёлков постоянно увеличиваются в связи со строительством новых зданий, частных домов, вводом в эксплуатацию различных объектов;

2. Экономическая нецелесообразность такого подключения ввиду большого объема работ, соответственно их высокой стоимости: при подключении к сетям централизованного электроснабжения необходимо оплатить стоимость подключения к сетям (в зависимости от установленной

мощности), стоимость прокладки высоковольтной ЛЭП и установки дополнительных подстанций, стоимость прокладки низковольтной ЛЭП, а также платить за потребляемую электроэнергию по расценкам энергосетей. Более того, даже после оплаты стоимости оборудования (линий электропередач, трансформаторных подстанций и т.п.) оно будет на балансе электросетей. Чтобы максимально снизить свои личные расходы, необходимо собрать средства со всех желающих подключиться вместе с вами, на что может уйти немало времени. В конечном итоге процесс подключения к сетям централизованного электроснабжения может затянуться на несколько лет. Ещё нужно помнить о том, что стоимость электроэнергии с каждым годом стабильно повышается;

3. Отсутствие стабильности подаваемого напряжения и перебои питания.

Проблемы, существующие в солнечной энергетике: количество солнечного света, и высокая стоимость оборудования. Первый зависит от географии применения и ориентации солнечных панелей относительно солнца. В рамках этой работы решение данной проблемы не рассматривается. Вторым недостатком, хоть постепенно и снижается с увеличением объемов производства, но в совокупности с более высокой стоимостью конечной энергии, полученной на базе ВИЭ, по сравнению с традиционной энергией, является основным фактором сдерживающим использования «зеленой» энергии.

Целью работы является разработка виртуальной модели системы электроснабжения, обеспечивающей автономное питание сельского дома на основе солнечных установок, которая позволит проанализировать пути возможного удешевления комплектов оборудования дома солнечными батареями.

Для достижения данной цели и выявления путей исследования необходимо рассмотреть особенности уже существующих систем автономного электроснабжения и их составных частей и провести экономический анализ с учетом всех факторов, которые могут повлиять на стоимость генерируемой ими электроэнергии. Как правило комплект оборудования дома солнечными батареями состоит из следующих элементов:

- 1) непосредственно сами солнечные батареи;
- 2) инвертор;
- 3) контроллер заряда;
- 4) аккумуляторы.

Средняя стоимость солнечных батарей составляет около 40% от стоимости всего комплекта, инвертора - 20%, аккумуляторных батарей - 30%, контроллера заряда - 10%. Определить стоимость всей системы можно на основе расчета энергосистемы, который состоит из следующих шагов:

1. Определение общей нагрузки и потребляемой мощности.
2. Определение необходимой мощности инвертора и емкости аккумулятор-ных батарей.
3. Определение необходимого количества фотоэлектрических модулей, исходя из данных по среднестатистическому количеству солнечной радиации в месте установки системы.

Чаще всего, к числу энергопотребителей частных домов относятся:

- освещение;
- система отопления дома;
- холодильное оборудование;
- кондиционирование;
- различная крупная и мелкая бытовая техника;
- насосное оборудование, обеспечивающее подачу воды от скважины или колодца.

Для снижения нагрузки нужно рассмотреть все способы по повышению энергоэффективности в доме.

В автономной системе электроснабжения необходимо использовать только энергоэффективные приборы. Например, не рекомендуется использование ламп накаливания, так как они имеют малый срок службы и потребляют в 4-5 раз больше электроэнергии, чем люминесцентные лампы, и в 10 раз больше, чем светодиодные. Несмотря на то, что обычно энергоэффективные приборы дороже, их использование может обернуться значительной экономией за счет снижения мощности источника энергии и емкости аккумуляторных батарей (АБ).

По возможности исключить нагрузку (такую как насосы для воды, наружное освещение, холодильники переменного тока, стиральная машина, электронагревательные приборы и т.п.) из системы или заменить ее на другие аналогичные модели, такие как приборы, работающие на газе или от постоянного тока. Начальная стоимость приборов постоянного тока обычно выше (потому что они выпускаются не в таком массовом количестве), чем таких же приборов переменного тока, но их использование позволит избежать потерь в инверторе. Более того, зачастую приборы постоянного тока более эффективны, чем приборы переменного тока (во многих бытовых приборах, особенно электронных, переменный ток преобразуется в постоянный, что ведет к потерям энергии в блоках питания приборов). Можно рассмотреть вариант, при котором нагрузка, которую нельзя исключить, будет либо включаться только в солнечные периоды, или только летом, либо получать питание от дополнительных источников энергии (дизель- или бензогенератор).

Панели фотоэлементов. При выборе панелей фотоэлементов помимо их мощности следует учитывать три фактора — их геометрию, тип фотоэлементов и номинальное выходное напряжение.

Геометрия определяется конкретными условиями установки. Для более эффективного использования площади и уменьшения внешних соединений, а значит повышения надежности, лучше использовать панели больших размеров. Панели небольших размеров (возможно, на меньшее номинальное напряжение) следует использовать только там, где невозможно установить более крупные панели.

В настоящее время наиболее распространены фотоэлементы на монокристаллическом или поликристаллическом кремнии. Монокристаллический кремний обычно имеет КПД в районе 16-18%, а поликристаллический — 12-14%, зато он несколько дешевле. Однако в готовых

панелях цена за ватт (т.е. в пересчёте на вырабатываемую мощность) получается почти одинаковой, и монокристаллический кремний может оказаться даже выгодней. По такому параметру, как степень и скорость деградации, разницы между ними практически нет. В связи с этим более предпочтительными являются фотоэлементы на монокристаллическом кремнии, так как при равной мощности панели из него компактнее. Кроме того, при снижении освещённости монокристаллический кремний обеспечивает номинальное напряжение выше и дольше, чем поликристаллический, а это позволяет получать хоть какую-то энергию даже в очень пасмурную погоду и в лёгких сумерках.

Для достижения нужных значений напряжения и мощности панели объединяют в последовательные сборки, которые затем коммутируются параллельно. Панели имеют номинальное напряжение 12 и 24 В. Панели с номинальным напряжением выше 24 В встречаются редко и обычно собираются из более низковольтных.

Выработка электроэнергии солнечными фотоэлектрическими батареями зависит от потока света и угла падения солнечных лучей на солнечные батареи. Очевидно, что они не способны обеспечить стабильного электроснабжения, поэтому непосредственным источником энергии являются аккумуляторные батареи, постоянное напряжение которых, при необходимости, преобразуется в переменное напряжение промышленной частоты и стандартного значения. В качестве аккумуляторной батареи рекомендуется использовать герметичные необслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторы, которые обладают самыми лучшими эксплуатационно-экономическими параметрами. Для эффективного и «правильного» заряда аккумуляторов от солнечных батарей применяются контроллеры заряда.

Мощность инвертора зависит от максимальной мощности электроприемников переменного тока. Обычно нет смысла выбирать суммарную мощность панелей фотопреобразователей больше мощности инвертора. Однако, такое превышение может быть оправдано при наличии мощного блока аккумуляторов в расчёте на длительные периоды пасмурной погоды или при наличии мощной постоянной нагрузки. Так же стоит принять во внимание тот факт, что потери энергии в инверторе могут составлять от 10% до 40%.

Таким образом, можно рассмотреть следующие варианты снижения стоимости автономной системы электроснабжения на солнечных батареях:

1. Уменьшение потребляемой мощности за счет замены существующих потребителей на энергоэффективные, с низким потреблением электричества, а также исключение тепловой и необязательной нагрузки (например, можно использовать холодильники, кондиционеры и т.п., работающие на газе).

2. Замена нагрузки переменного тока на нагрузку постоянного тока, питающейся на пониженном напряжении. В этом случае можно выиграть на отсутствии потерь в инверторе и снизить его мощность. Однако, нужно учитывать особенности построения низковольтных систем постоянного тока.

3. Введение в систему электроснабжения дополнительного генератора электроэнергии - дизель- или бензогенератора, в качестве резервных

источников питания.

Список использованных источников

- 1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. - СПб.: Наука и Техника, 2014. - 320 с.*
- 2. Кашкаров А. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. - М.: ДМК Пресс, 2011. - 144 с.*
- 3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов. - М.: Здательский дом МЭИ, 2008. - 276 с.*

РОЛЬ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

**Свищева Т.Н., Шамсутдинова С.А.
Университетский колледж ОГУ, г. Оренбург**

Метод проектов - одно из инновационных направлений, которому в последнее время уделяется все большее внимание. Проектирование - это образ будущего, предвидение будущего на все исторические времена. Целью этого метода является подготовка студента на саморазвитие и самообразование и необходимо создать для этого условия [1]. Характерной особенностью проектирования является не изучение того, что уже существует, а создание новых продуктов и одновременно познание того, что лишь может возникнуть.

Преподаватель может подсказывать новые источники информации или просто направлять мысль студентов в нужную сторону для самостоятельного поиска [2]. Суть метода проектов - стимулировать интерес студентов к определенным проблемам, предполагающим владение некоторой суммой знаний, и через проектную деятельность, предусматривающую решение одной или целого ряда проблем, показать практическое применение полученных знаний.

Результатами проектного обучения могут служить как научно-исследовательские работы, курсовое проектирование, макеты, экспонаты и т.д.

Профессиональная компетентность выпускника является в настоящее время основным показателем успешности, как образовательного учреждения, так и работодателя, принимающего молодого специалиста.

Формирование компетенции учащегося профессионального образовательного учреждения закладывается как ведущая цель всего этапа обучения, и тогда учебный процесс становится лабораторной площадкой развития и накопления опыта [3]. Большая роль в учебном процессе отводится курсовому проектированию.

Курсовое проектирование - это вид учебного процесса по изучаемой дисциплине, результатом которого является курсовая работа или проект, предусмотренный учебным планом специальности [4]. Его цель состоит в закреплении теоретического материала и выработке навыков самостоятельного творческого мышления, формировании умения применять теоретические знания при решении практических вопросов.

Курсовое проектирование позволяет обобщать и углублять знания, полученные обучающимися в период изучения теоретического курса. В ходе его осуществляется подготовка к государственной итоговой аттестации, эффективность которой в значительной степени определяется организацией и методикой курсового проектирования.

Процесс курсового проектирования содержит в себе образовательную и воспитательную цель.

Образовательная цель формирует у обучающихся систематизацию и закрепление программного материала дисциплины, углубление теоретических

знаний, умение работать с литературой: справочниками, ГОСТами, каталогами, нормативными и правовыми документами.

Воспитательная цель развивает творческое отношение к профессии, уверенность в своих силах, ответственность и организованность.

Выполнение КП осуществляется на заключительном этапе изучения учебной дисциплины, в ходе которого производится обучение применению полученных знаний и умений при решении комплексных задач, задач связанных со сферой профессиональной деятельности будущих специалистов.

Тематика курсовых проектов соответствует содержанию примерной и рабочей программы дисциплины и пм, разрабатывается преподавателями спецдисциплин и рассматривается на заседании предметно-цикловой цикловой комиссии.

Количество часов обязательной учебной нагрузки студента, отведенное на выполнение КП, определяется Государственным образовательным стандартом.

По структуре КП состоит из пояснительной записки и практической части. Пояснительная записка включает:

- введение, в котором раскрывается актуальность и значение темы
- расчетную часть с расчетами по профилю специальности
- описательную часть, в которой излагаются обоснования принятых решений
- заключение, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможности использования материалов проекта
- список литературы
- приложения, таблицы

Практическая часть КП может быть представлена чертежами, схемами, графиками, диаграммами выполненными на формате А1.

КП оформляется и разрабатывается в соответствии с требованиями ЕСКД.

Общее руководство и контроль за ходом КП осуществляет преподаватель соответствующей дисциплины.

Важный этап КП – защита проекта. Для многих студентов это первое в жизни публичное выступление, когда нужно грамотно рассказать текст, ответить на вопросы оппонентов, правильно их обосновывать отстаивать свои решения. Это первый опыт в подготовке к итоговой государственной аттестации.

В ходе консультаций преподаватель разъясняет назначение и задачи, структуру и объем, принципы разработки и оформления, распределение времени, отвечает на вопросы.

Курсовое проектирование в Университетском колледже ОГУ при подготовке по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) по дисциплине «Электроснабжение» и по МДК «Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций» дает преподавателям возможность иметь объективную картину уровня знаний студентов по предмету, оценить реально сложившуюся ситуацию, внести необходимые коррективы.

Результаты проектного обучения были представлены студентами предметно-цикловой комиссии электроснабжения на V выставке научно-технического творчества «Свой мир мы строим сами», которая проходила в 2015 году в Колледже электроники и бизнеса.

Так студенты второго курса группы 13Э-2 специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) представили разработанный макет «Электроснабжения жилого комплекса». Данный экспонат выполняет роль наглядного пособия для изучения междисциплинарного курса 01.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения», исполнен из пенополистера и дерева. Электрическая часть выполнена из БП 220/12 В, проводов и светодиодов разного цвета.



Рисунок 1 – Внешний вид макета «Электроснабжение жилого комплекса»

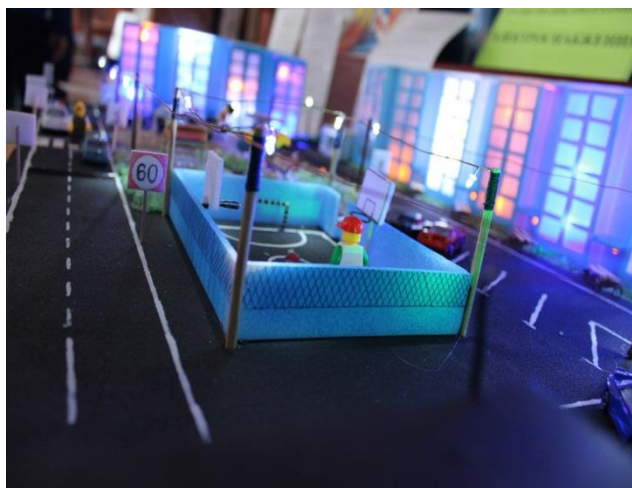


Рисунок 2 – Макет «Электроснабжение жилого комплекса»

Также на этой выставке был продемонстрирован учебный стенд «Выпрямители», разработанный студентами второго курса группы 13Э-1 специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), выполненный в процессе учебной практики ПМ01 «Техническое обслуживание оборудования»

электрических подстанций и сетей». Учебный стенд «Выпрямители» предназначен для изучения студентами принципов работы практически всех схем выпрямителей, их характеристик и особенностей. Стенд позволяет наглядно демонстрировать работу практически всех типов однофазных и трехфазных выпрямителей, в том числе однофазного управляемого. Стенд имеет встроенный трехфазный генератор с изменяемой частотой выходного напряжения, что позволяет убедиться в преимуществах более высоких частот в системах электропитания, чем широко применяемые 50 герц.

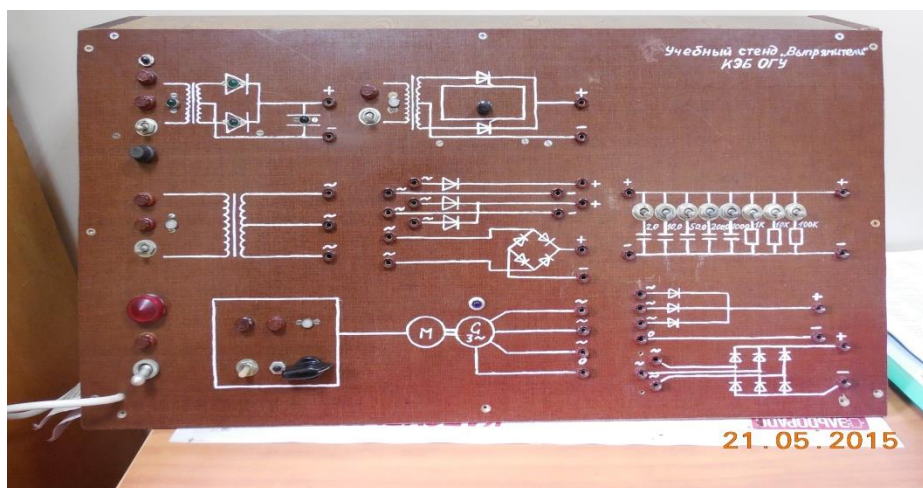


Рисунок 3 – Учебный стенд «Выпрямители»

Помимо тех проектов, которые студенты выполняют под руководством преподавателей, на выставке были представлены экспонаты разработанные студентами самостоятельно. Так студент группы 12Э-1 Кручинин Владимир продемонстрировал действующую модель часов на радиолампах. Включает в себя технологии прошлого и настоящего: соединение микросхем с радиолампами. Ранее была настроена на обратный отсчёт до дня празднования 70-летия Победы.



Рисунок 4 – Действующая модель часов на радиолампах

Можно сказать, что особая роль в достижении целей профобразования принадлежит развитию и расширению использования проектной технологии, в

частности курсового проектирования, и напрямую связывается с проблемой улучшения эффективности обучения и развития компетентности обучающихся, а также является условием обеспечения качества профессионального обучения в Университетском колледже ОГУ.

Список литературы

- 1. Колесникова, И. А. Педагогическое проектирование : учеб. пособие / И. А. Колесникова, М. П. Горчакова-Сибирская .- 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 286 с.*
- 2. Забавина, Е. Г. Проектная деятельность в образовательном процессе / Е. Г. Забавина // профессиональное образование. Столица. - 2010. - № 3. - С. 39-40.*
- 3. Зотова, Н. К. Сущность педагогического проектирования / Н. К. Зотова // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2005. - № 2. - С. 127-132.*
- 4. Бондарев, П. Б. Проектирование в профессиональной деятельности / П. Б. Бондарев, В. Е. Курочкина // Школьные технологии. - 2004. - № 6. - С. 113-123.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ И НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ»

Семенова Л.А., Кулеева Л.И.

ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В соответствии с образовательным стандартом ФГОС ВО студенты, обучающиеся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника должны овладеть такими профессиональными компетенциями как:

- использование современных и перспективных компьютерных и информационных технологий (ПК-9);
- использование прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора устройств электроэнергетического оборудования (ПК-14);
- решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения (ПК-19).

Лабораторные работы по дисциплине «Математические задачи в энергетике» ориентированы на ознакомление студентов с прикладными пакетами *MathCAD* (MathSoft Inc.) и *MatLAB* (MathWorks Inc.) и их применение для решения научно-технических и прикладных задач в профессиональной деятельности.

В данной работе описана методика проведения лабораторного занятия «Математическое и имитационное моделирование симметричных и несимметричных режимов работы трехфазной цепи».

Целью работы является составление математических и имитационных моделей, характеризующих симметричный и несимметричный режимы работы трехфазной цепи.

Поставленная цель достигается при решении следующих задач:

- формализация математических моделей расчета линейных и фазных токов и напряжений, мощностей трехфазной цепи в симметричном и несимметричном режимах в *MathCAD*;
- создание имитационной модели для определения токов, напряжений, мощностей трехфазной цепи в аналогичных режимах работы в *MatLAB*;
- сравнительный анализ результатов, полученных при математическом и имитационном моделировании.

Методика выполнения лабораторной работы рассмотрена на примере решения задачи для трехфазной цепи (ТФЦ) с линейным напряжением $U_n = 660\text{ В}$, частотой 50 Гц, источник которой собран по схеме звезда; нагрузка – активная, собрана по схеме треугольник, сопротивления фаз $Z_\phi = 20\text{ Ом}$; причина нарушения симметричного режима работы – обрыв фазного провода «са» через 0,05 с.

1. Составить схему замещения трехфазной цепи.

Выбор схемы соединения ТФЦ, ее параметров, а также причина

несимметрии задается преподавателем каждому студенту индивидуально. Для рассматриваемого примера схема замещения представлена на рисунке 1.

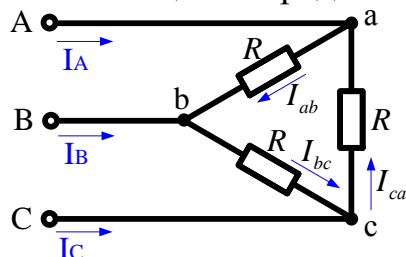


Рисунок 1 – Схема замещения трехфазной цепи

2. Составить математическую модель для расчета токов, напряжений, мощностей в симметричном режиме работы трехфазной цепи.

3. Составить математическую модель для расчета несимметричного режима работы трехфазной цепи.

Фрагмент математической модели расчета несимметричного режима при обрыве фазного провода «са» приведен на рисунке 2.

<p>Фазные напряжения источника При обрыве фазного провода нагрузки, собранной по схеме треугольник, фазные напряжения источника не изменятся</p> $U_A := \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} \cdot e^{j \cdot 0 \text{deg}}$ $U_B := U_A \cdot e^{j \cdot -120 \text{deg}}$ $U_C := U_A \cdot e^{j \cdot 120 \text{deg}}$	<p>Линейные напряжения источника Обрыв фазного провода нагрузки, собранной по схеме треугольник, не сказывается на изменении линейных напряжений источника</p> $U_{AB} := U_{\text{л}} \cdot e^{j \cdot -30 \text{deg}}$ $U_{BC} := U_{\text{л}} \cdot e^{j \cdot -90 \text{deg}}$ $U_{CA} := U_{\text{л}} \cdot e^{j \cdot -150 \text{deg}}$
<p>Фазные токи нагрузки</p> $I_{ab} := \frac{U_{AB}}{Z_{\phi}}$ $I_{bc} := \frac{U_{BC}}{Z_{\phi}}$ $I_{ca} := 0$	<p>Линейные напряжения нагрузки</p> $U_{ab} := I_{ab} \cdot Z_{\phi}$ $U_{bc} := I_{bc} \cdot Z_{\phi}$ $U_{ca} := I_{ca} \cdot Z_{\phi}$
<p>Линейные токи В несимметричном режиме работы линейные токи определяются по первому закону Кирхгофа</p> $I_A := I_{ab} - I_{ca}$ $I_B := I_{bc} - I_{ab}$ $I_C := I_{ca} - I_{bc}$	
<p>Баланс мощности Комплексная мощность источника (S_и) и нагрузки (S_н) В несимметричном режиме работы мощность определяется как сумма мощностей всех фаз</p> $S_{\text{и}} := U_A \cdot \overline{I_A} + U_B \cdot \overline{I_B} + U_C \cdot \overline{I_C}$ $S_{\text{н}} := (I_{ab})^2 \cdot Z_{\phi} + (I_{bc})^2 \cdot Z_{\phi} + (I_{ca})^2 \cdot Z_{\phi}$	
<p>Активная (P) и реактивная (Q) мощности</p> $P_{\text{и}} := \text{Re}(S_{\text{и}})$ $P_{\text{н}} := \text{Re}(S_{\text{н}})$	$Q_{\text{и}} := \text{Im}(S_{\text{и}})$ $Q_{\text{н}} := \text{Im}(S_{\text{н}})$

Рисунок 2 – Фрагмент математической модели расчета несимметричного режима работы трехфазной цепи при обрыве фазного провода «са»

4. Создать имитационную модель, позволяющую исследовать симметричный режим работы ТФЦ. Измерить линейные и фазные токи и напряжения, снять их осциллограммы. Измерить активную и реактивную мощности трехфазной цепи.

4.1. Собрать имитационную модель.

4.2. Создать подсистему для измерения токов, напряжений и мощностей ТФЦ в симметричном режиме работы.

4.3. Настроить параметры всех блоков модели в соответствии с вариантом задания.

4.4. Запустить расчет модели, выбрав метод и установив время моделирования. Проанализировать полученные результаты.

5. Создать имитационную модель, позволяющую исследовать несимметричный (или аварийный) режим работы ТФЦ. Измерить линейные и фазные токи и напряжения, снять их осциллограммы. Измерить активную и реактивную мощности трехфазной цепи.

5.1. Собрать имитационную модель.

На рисунке 3 представлена модель для исследования несимметричного режима работы ТФЦ, возникающего в результате обрыва фазного провода «са».

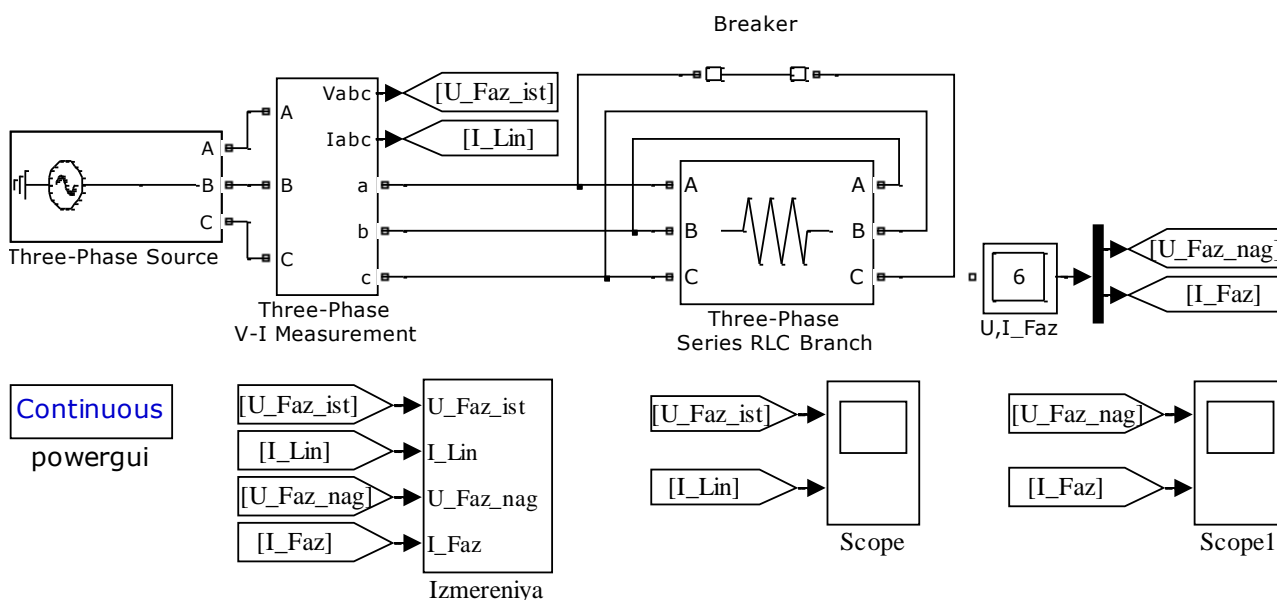


Рисунок 3 – Имитационная модель исследования аварийного режима работы трехфазной цепи

5.2. Создать подсистему для измерения параметров цепи в несимметричном режиме работы.

5.3. Настроить параметры всех блоков модели в соответствии с вариантом задания.

5.4. Запустить расчет модели, выбрав метод и установив время моделирования. Проанализировать полученные результаты.

Результаты математического и имитационного моделирования аварийного режима работы трехфазной цепи, представлены на рисунке 4. На

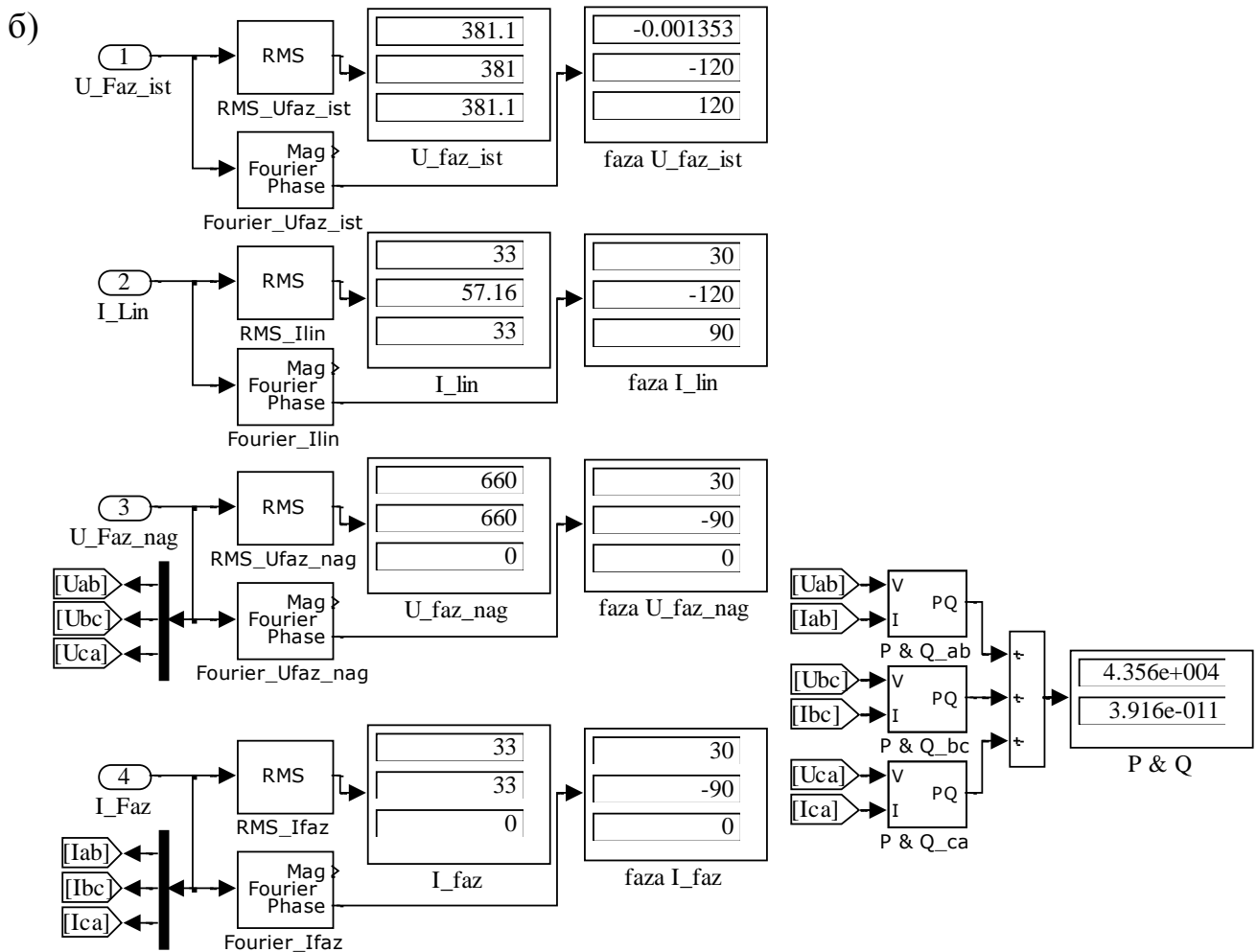
рисунке 5 приведены осциллограммы измеренных фазных токов и напряжений.

a)

$ U_A = 381.051\text{ V}$	$\arg(U_A) = 0\text{-deg}$	$ U_{ab} = 660\text{ V}$	$\arg(U_{ab}) = 30\text{-deg}$
$ U_B = 381.051\text{ V}$	$\arg(U_B) = -120\text{-deg}$	$ U_{bc} = 660\text{ V}$	$\arg(U_{bc}) = -90\text{-deg}$
$ U_C = 381.051\text{ V}$	$\arg(U_C) = 120\text{-deg}$	$ U_{ca} = 0$	
$ I_A = 33\text{ A}$	$\arg(I_A) = 30\text{-deg}$	$ I_{ab} = 33\text{ A}$	$\arg(I_{ab}) = 30\text{-deg}$
$ I_B = 57.158\text{ A}$	$\arg(I_B) = -120\text{-deg}$	$ I_{bc} = 33\text{ A}$	$\arg(I_{bc}) = -90\text{-deg}$
$ I_C = 33\text{ A}$	$\arg(I_C) = 90\text{-deg}$	$ I_{ca} = 0$	

$$P_{\Sigma} = 4.356 \times 10^4\text{ W}$$

$$Q_{\Sigma} = 0\text{ W}$$



а) токи, напряжения и мощности, рассчитанные в *MatCAD*;

б) токи, напряжения и мощности, полученные в *MatLAB*

Рисунок 4 – Сравнение результатов моделирования аварийного режима работы трехфазной цепи

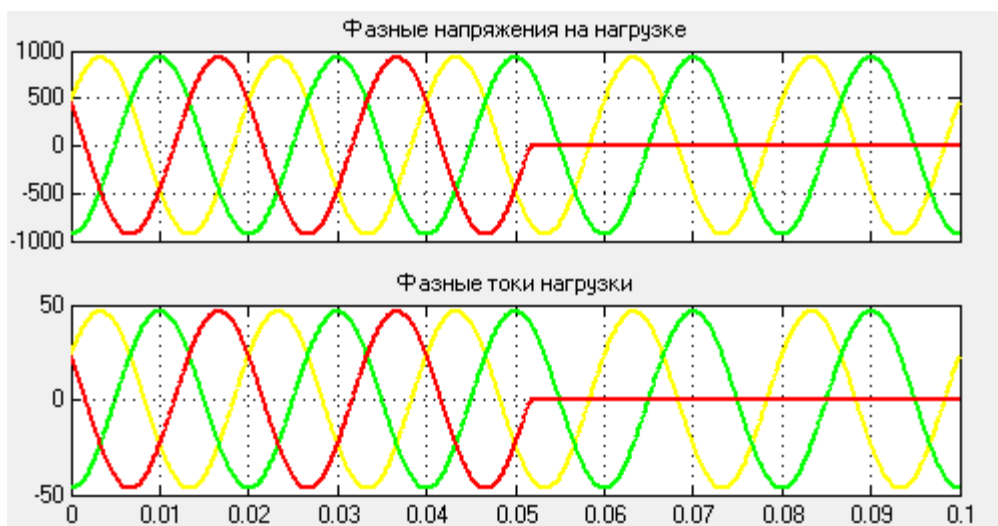


Рисунок 5 – Осциллограммы токов и напряжений на нагрузке при обрыве фазного провода «са»

6. Сформулировать выводы по работе, которые должны отражать следующие аспекты:

- адекватность созданных моделей в *MathCAD* и *MatLAB*;
- сравнительный анализ параметров трехфазной цепи (токов, напряжений, мощностей) при симметричном и несимметричном режимах работы.

Представленная методика проведения лабораторной работы способствует формированию у студентов профессиональных компетенций по разделу «Трехфазные цепи», являющегося основополагающим в области электроэнергетики.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Семенова Н.Г., Андреев И.С.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

Как отмечено в Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, одним из основных направлений развития электроэнергетики является разработка и внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий.

Осветительные приборы и установки относятся к приемникам электроэнергии массового использования. В зависимости от отрасли промышленности, потребление электроэнергии на освещение от общего ее расхода составляет от 5 до 30%, а иногда и более. Поэтому снижение электропотребления системы освещения, в контексте энергосберегающих технологий в электроэнергетике, является актуальной задачей.

Основными направлениями по энергосбережению в установках внутреннего освещения являются:

- применение энергоэффективных осветительных устройств;
- автоматизация управления установок внутреннего освещения.

По первому направлению, в настоящее время, нашли широкое применение светодиодные технологии освещения, благодаря эффективному расходу электроэнергии и простоте конструкции.

Основными достоинствами светодиодных источников света являются:

- средний срок службы светодиодных систем в несколько раз выше по сравнению с массовыми лампами;
- экономично используют энергию по сравнению с предшествующими поколениями электрических источников света;
- высокая надежность, механическая прочность, виброустойчивость;
- с течением времени световой поток и сила света практически не претерпевают изменений;
- являются экологически чистыми и безопасными лампами.

Основной недостаток — высокая цена. Отношение цена/люмен у сверхъярких светодиодов больше, чем у традиционных ламп.

Сравнительная характеристика применяемых в настоящее время источников освещения приведена в таблице 1.

Таблица 1

Источник света	Эффективность, лм/Вт	Цветовая температура, К	Цветопередача, Ra	Срок службы, часов	Цена, руб
Лампы накаливания	8-13	2400-2700	95-100	1000	80
Люминесцентные лампы	60-90	2700-6000	80-90	10000-15000	150
Ртутные разрядные лампы высокого давления (ДРЛ)	45-55	Узкополосное излучение в голубой области спектра	45	12000-15000	375
Светодиоды	90-100	2800-10000	80-90	50000-100000	1750

По второму направлению энергосбережения в установках внутреннего освещения, необходимо отметить следующее. Автоматизированные системы управления освещением (АСУО) позволяют осуществить: экономию электроэнергии (до 75% по сравнению с нерегулируемым освещением), улучшить комфортность освещения, увеличить срок службы источников света. Дополнительно АСУО могут взять на себя функции мониторинга, диагностики осветительных установок и устранения неисправностей за счет резервных осветительных приборов.

Все существующие системы автоматизированного управления внутренним освещением можно классифицировать по нескольким критериям. Рассмотрим некоторые из них.

1. Регулирование освещения по датчику освещения. Управление освещением осуществляется посредством информации, поступающей с датчика освещенности, измеряющего уровень освещенности помещения.

Преимущества:

- эффективное использование осветительных установок;
- следят за изменением степени освещенности и при прохождении естественного освещения заданного порога;
- плавное регулирование светового потока.

Недостатки:

- продолжение работы осветительных установок при отсутствии людей в помещении.

Вопросы проектирования и разработки АСУО по показаниям датчиков освещения представлены в работах: Е. М. Смирнова, А. Г. Фомина, И. Н. Краснокуцкого.

2. Регулирование освещения по датчику движения. Включение источников освещения осуществляется только при движении людей в помещении.

Преимущества:

- экономия электроэнергии за счет отключения освещения в момент отсутствия людей;

- функциональность;

- простота и удобство эксплуатации.

Недостатки:

- большая стоимость;

- сложность монтажа;

- возможность ложных срабатываний.

Разработкой АСУО на основе датчиков движения занимаются: Т. В. Ульянова, М. В. Лифиренко, А.Ю. Никуличев.

3. Интеллектуальные системы управления.

Наиболее перспективными по способу управления установками внутреннего освещения являются интеллектуальные системы управления, в которых адаптивное управление программно реализуется посредством методов искусственного интеллекта. Однако в настоящее время они являются экспериментальными и пока не находят широкого применения.

Основными преимуществами АСУО, разработанной на основе методов искусственного интеллекта, являются:

- диммирование освещения, что позволяет плавно менять уровень светового потока осветительных устройств, а соответственно, экономить электроэнергию;

- централизованное управление осветительными установками;

- учет времени суток и календарного дня года.

Структурная схема АСУО представлена на рисунке 1.

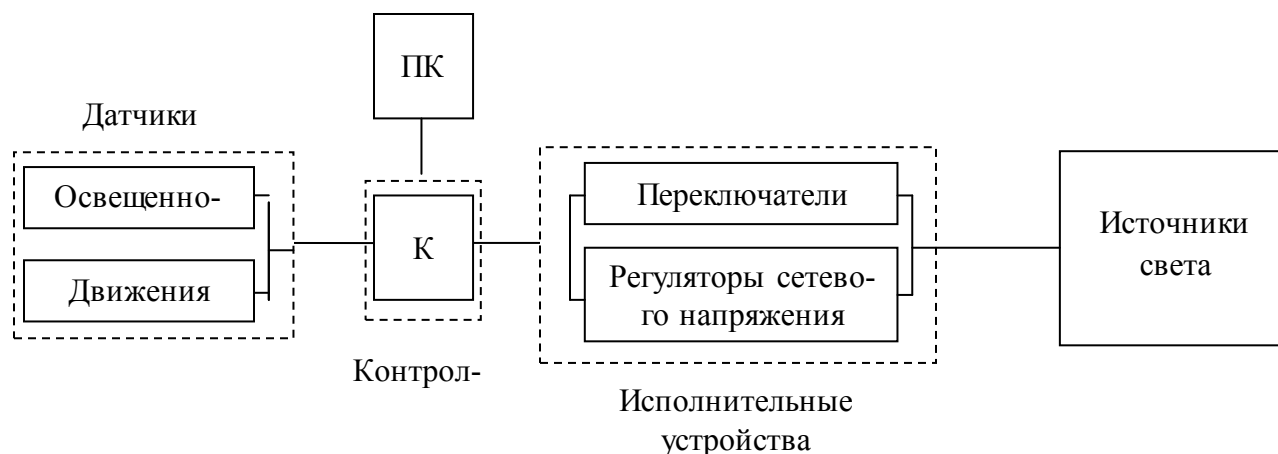


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы управления внутреннего освещения

Проведенный анализ научно-технической литературы показал, что в настоящее время основными инновационными направлениями по энергосбережению внутреннего освещения являются:

- замена люминесцентных ламп, ДРЛ и ламп накаливания на светодиодные источники;

- разработка систем автоматизированного управления, основанных на методах искусственного интеллекта.

Таким образом, тема научного исследования «Автоматизированная система управления внутренним освещением производственного помещения» является значимой и актуальной.

Список литературы

- 1. Э.А. Киреев Интеллектуальные системы автоматического управления электрическим освещением. [Электронный ресурс] : офиц. Сайт / «Издательский дом Электроника». – Режим доступа:<http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2195/doc/43212/>.*
- 2. Киреев Э.А. Электроснабжение в системах промышленного электроснабжения, Т.В. Анчарова, С.С. Бодрухина. – М: «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик», 2014.- 304 с.*

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семенова Н.Г., Вакулюк В.М.

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

Одним из перспективных направлений информатизации общества является информатизация образования, а именно - разработка и применение электронных средств учебного назначения (ЭСУН), адаптируемых к индивидуальному уровню подготовки и психологическим особенностям обучающихся. Разрабатываемые ранее математические модели ЭСУН создавались чаще всего на методах теории вероятности и математической статистики, основу которых составляла аддитивная вероятностная мера. В настоящее время экспериментально доказано, что обучение происходит в нечеткой обстановке, а не в вероятностной, при этом характер неопределенности, возникающий в процессе обучения, является лингвистической, а не случайной переменной. В соответствии с этим, в настоящее время, для разработки ЭСУН нового поколения (интеллектуальных обучающих систем) применяются технологии искусственного интеллекта, к которым относится и теория нечетких множеств, рассматривающая изучение и представление лингвистической неопределенности.

Рассмотрим основные концептуальные этапы разработки интеллектуальных обучающих систем (ИОС), создаваемых с использованием теории нечетких множеств.

1-ый этап – идентификация. На этом этапе определяются цель и задачи, которые должна решать разрабатываемая ИОС, разрабатывается архитектура ИОС, в соответствии с ее дидактическим назначением. Как отмечено в [1] различают следующие типы ИОС: информационно-справочная, консультирующая, тренирующая, комплексного назначения. В данной работе рассмотрены этапы разработки ИОС комплексного назначения, которая интегрирует дидактические возможности одноцелевых ИОС. В связи с этим, основные требования к ИОС, сформулированные авторами, были следующие: предъявление теоретической информации в виде гипермедиа; обеспечение обучения с обратной связью; выбор индивидуальной траектории обучения; организация промежуточного и итогового контролей; занесение результатов в электронный журнал; автоматизация выставления итоговых оценок.

2 – й этап – концептуализация. На данном этапе проводится содержательный анализ предметной области, для которой создается ИОС, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач.

В виду того, что основным математическим аппаратом, реализуемым в ИОС, был выбран аппарат нечетких множеств, поэтому дисциплина была

представлена в следующем виде [1]:

$$D^U = \langle V^U, R^U, U^U \rangle, \quad (1)$$

где V^U – множество этапов обучения: $V^U = \{V_1^U, V_2^U, \dots, V_{11}^U\}$;

V_k^U – элементарный этап обучения (тема);

R^U – матрица смежности раздела;

U^U – алгоритм формирования индивидуальной траектории.

Множество V^U представляет собой совокупность элементарных этапов обучения V_k^U , под которым мы понимаем изучение параграфа (темы) теоретического (практического, лабораторного) блока электротехнической дисциплины.

Матрица смежности R^U строится на основе схемы информационных потоков изучения элементарного этапа обучения, представленного в виде взвешенного ориентированного графа, рисунок 1. Схема информационных потоков изучения элементарного этапа обучения электротехнической дисциплины отражает возможные варианты перемещений обучающихся и соответствующих действий ИОС во время работы с обучающей системой.

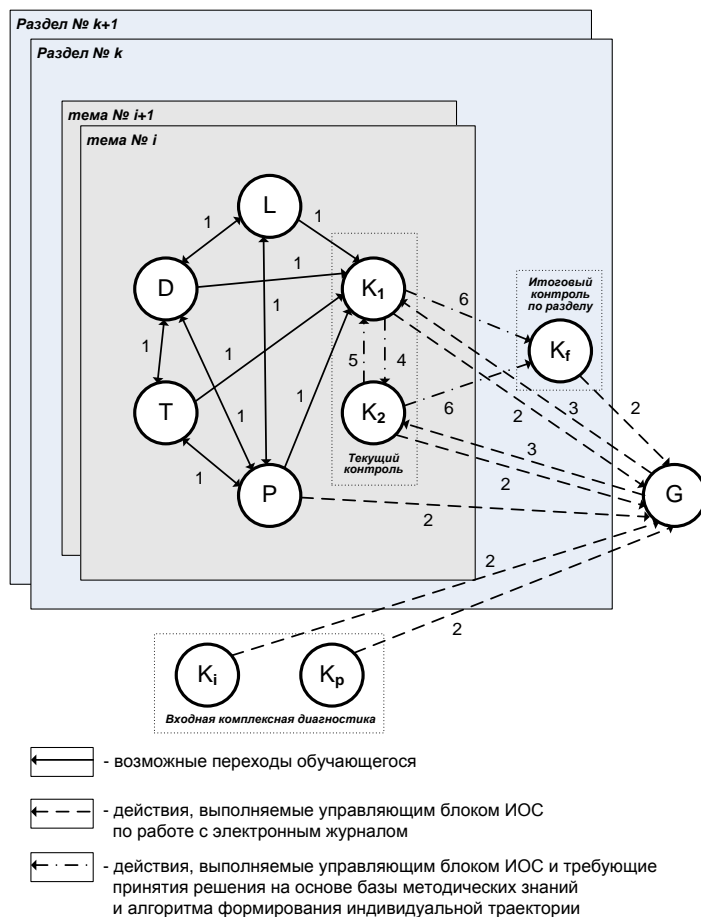


Рисунок 1 – Схема информационных потоков изучения

элементарного этапа обучения электротехнической дисциплины

На рисунке 1 представлены следующие обозначения:

L – блок лабораторных работ;

D – демонстрационный блок;

T – теоретический блок;

P – блок практических заданий;

K₁ – контроль первого уровня;

K₂ – контроль второго уровня;

K_f – итоговый контроль;

K_i – входной контроль;

K_p – психологический тест;

G – электронный журнал.

0 – переход запрещён;

1 – переход разрешён;

2 – запись результатов в электронный журнал;

3 – чтение данных из электронного журнала;

4 – переход к контролю II уровня в случае успешного прохождения контроля I уровня;

5 – возвращение к контролю I уровня;

6 – переход к итоговому контролю в случае успешного прохождения всех тем раздела из текущего контроля соответствующего уровня.

На основании анализа схемы информационных потоков матрица смежности R^U примет вид:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 6 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 6 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Алгоритм формирования U^U представляет собой адаптивное управление процесса обучения студента, которое заключается в анализе текущего состояния обучения, результатов обучения студента и выборе индивидуальной траектории обучения.

3 – й этап – формализация. На этом этапе выбираются инструментальные средства, определяются способы представления всех видов знаний, формализуются основные понятия, определяются способы интерпретации знаний, моделируется работа системы.

Основными структурными компонентами разработанной ИОС, в которых используется методы искусственного интеллекта, являются блок контроля знаний и электронный журнал. Блок контроля знаний реализован по типу экспертной системы на основе продукционной модели представления знаний.

Расчет модульных и итоговых оценок с последующим их внесением в электронный журнал осуществлен на основе математического аппарата теории нечетких множеств, реализующий алгоритм нечёткого вывода Мамдани.

Для каждого элементарного этапа обучения было проведено следующее: построены функции принадлежности $\mu_A(u)$; определены базовые термножества значений лингвистических переменных T ; разработана база нечетких правил.

В качестве функции принадлежности выбрана функция Гаусса [2], так как она обеспечивает плавный переход между нечеткими множествами, в качестве формального языка представления знаний использована продукционная модель. Уровни отсечения для предпосылок каждого из правил находятся с использованием операции минимума, композиция – с использованием операции максимум. Приведение к чёткости производится центроидным методом:

$$z_0 = \frac{\int_{\Omega} z \mu_{\Sigma}(z) dz}{\int_{\Omega} \mu_{\Sigma}(z) dz} \quad (3)$$

Изображения основных экранных форм разработанной ИОС электротехнической дисциплины представлены на рисунке 2.

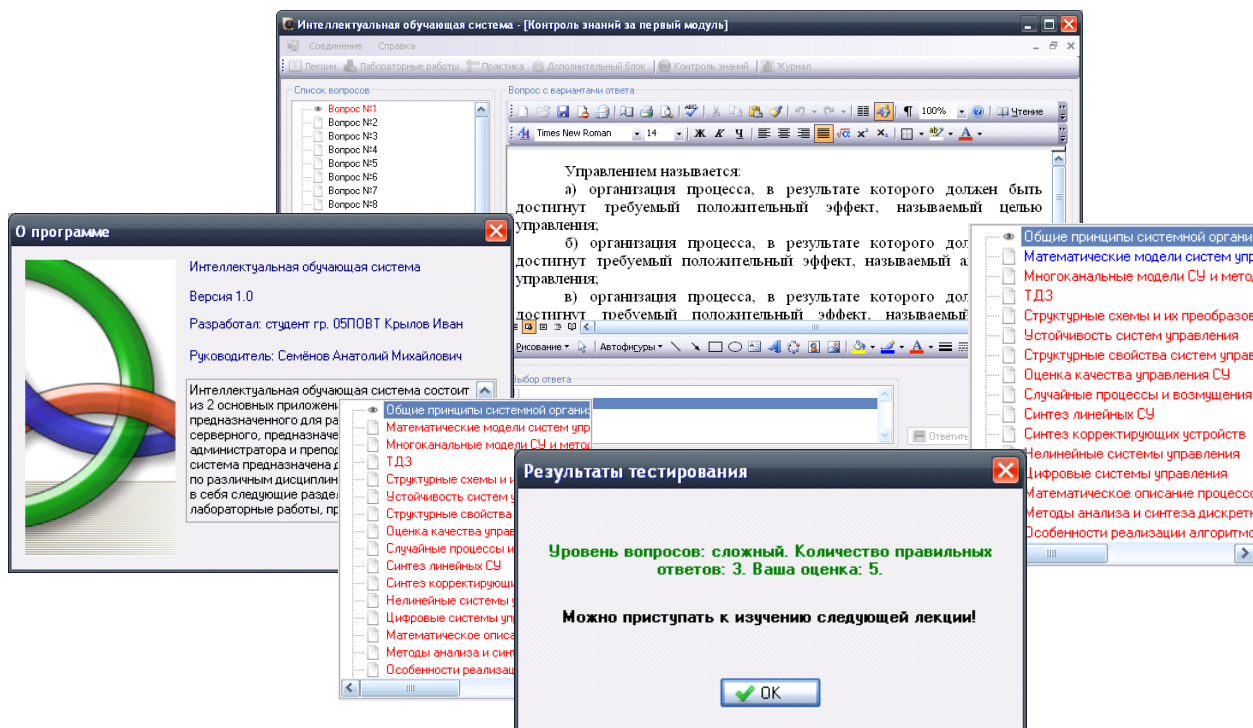


Рисунок 2 – Экранные формы ИОС электротехнической дисциплины

В качестве инструментального средства для ИОС была выбрана среда Microsoft Visual Studio, язык программирования – С# и система управления базой данных Microsoft SQL Server 2008.

4 –й этап – реализация ИОС. На этом этапе создается один или несколько прототипов ИОС.

5 – й этап – тестирование, на котором производится оценка разработанной ИОС. В нашей работе разработана ИОС, которая успешно прошла тестирование и апробацию у студентов 2-го курса профиля подготовки «Электропривод и автоматика».

6 –й этап – опытная эксплуатация. На данном этапе проверяются дидактические и функциональные возможности использования ИОС.

По результатам этого этапа может потребоваться модификация, усовершенствование разработанной ИОС: изменение концепции создания ИОС, внесение дополнительных блоков в архитектуру ИОС, развитие базы знаний, изменение схемы распределения информационных потоков.

Список литературы

1. Башмаков, А.И. *Интеллектуальные информационные технологии* / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 307 с.
2. Яхьяева, Г.Э. *Нечеткие множества и нейронные сети* / Г.Э. Яхьяева. – М.: Интернет-Ун-т Информ. Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 316 с.

АНАЛИЗ НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

Суворин А.Ю.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

По мере роста современных коммуникационных сетей, и, соответственно, усложнения управления сетью при повышении или понижении нагрузки по режиму, введение автоматизированных систем в повседневную работу диспетчеров становится необходимым.

Существующие на данный момент традиционные автоматизированные системы, использующие только вычислительные методы, не позволяют учитывать накопленный опыт диспетчерского персонала при определении параметров режимов работы оборудования. Использование таких автоматизированных систем не рационально из-за невозможности использовать методы теории графов, алгебры матриц, вычислительной математики, теории нечетких множеств.

Эти обстоятельства сделали актуальной задачу создания автоматизированной системы для диспетчерского персонала, включающую в себя подсистему вычислительных модулей и продукционно-фреймовую интеллектуальную подсистему, направленную на оказание помощи оперативному персоналу при изменениях режима.

Автоматизированная система – это система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

Обзор существующих автоматизированных систем диспетчерского управления

Все существующие автоматизированные системы условно можно разделить на 2 группы:

1) автоматизированные системы, разработанные на основе классических математических методов:

- «Советчик диспетчера»;
- «RASTR-T»;
- АНАРЭС-2000.

2) автоматизированные системы, разработанные на основе методов искусственного интеллекта:

- ИАСУ РЭС «ЭРИС»;
- RTKZ 2.01.

«Советчик диспетчера»

Разработчик - ОАО Мосэнерго.

Программный продукт «Советчик Диспетчера ЦЩП» состоит из четырех

основных блоков:

- интерфейс с отображением всей энергосистемы с требуемой детализацией и с возможностью управления состоянием элементов;
- логический блок, вырабатывающий советы по ликвидации перегрузки;
- блок сервисных программ, обеспечивающий взаимодействие интерфейса, логического блока с базой данных.

Среди различных вариантов ликвидации аварии может быть выбран наилучший с точки зрения определенного критерия надежности, минимума потерь в сети, и т.д.

RASTR-T

Разработчик- ОАО Белгородэнерго

Программный комплекс «RASTR-T» производит:

- расчет и анализ режима работы тепловой сети;
- графическое представление схемы сети.

АНАРЭС-2000

В программном вычислительном комплексе АНАРЭС-2000 версии 1.01 решаются следующие технологические задачи:

- Расчет установившегося режима;
- Оптимизация режима для снижения потерь активной мощности;
- Ввод в допустимую область по напряжению;
- Анализ динамической устойчивости;
- Расчет токов коротких замыканий;
- Оперативный анализ надежности;
- База данных по оборудованию.

Интерфейс программы построен с использованием вкладок, на которых отображаются таблицы расчетов, сообщения об ошибках и предупреждения.

Возможны несколько вариантов расчета после корректировки:

- С полным вводом данных;
- От текущего режима;
- Продолжение расчета после остановки на промежуточном этапе.

ИАСУ РЭС «ЭРИС»

Разработчик- ООО «Энергоконтроль» (МЭИ)

Прикладное программное обеспечение ИАСУ «ЭРИС» может быть разделено на три основные подсистемы:

1) База данных по оборудованию распределительных электрических сетей. В базе данных хранится вся необходимая информация по основному оборудованию электрических сетей, технологическому процессу эксплуатации сети, проведению ремонтов, включению нового оборудования и т.д.

2) Графическая подсистема, включающая в себя следующие основные модули:

- модуль создания и редактирования схем;

- модуль оперативной работы;
- модуль моделирования.

Она позволяет создавать и редактировать графические схемы и библиотеки элементов, отображать различную прикладную графическую информацию, а также обеспечивает возможность изменения состояний элементов электрической сети, проведения различных расчетов и отображения их результатов на графической схеме.

3) Расчетная подсистема обеспечивает решение следующих основных задач:

- расчет режима электрической сети для ее текущего нагрузочного и коммутационного состояния с учетом действия системной нагрузки;
- ввод на бланк информации об оборудовании, задействованном при оперативных переключениях.

RTKZ 2.01

RTKZ 2.01- программа расчета нормальных и аварийных режимов электрической сети при множестве продольно- поперечных несимметрий с учетом нагрузки.

Разработчик - Южно-Российский государственный технический институт и НИИ Энергетики.

Возможности программы:

- расчет режима множественной одновременной продольно- поперечной несимметрии, который может быть выполнен с учетом и без учета нагрузки;
- учет групп соединения трансформаторов (комплексных коэффициентов трансформации);
- построение эквивалента системы для заданного узла системы;
- построение векторных диаграмм напряжений в эле и токов ветви схемы.

Анализ вышеперечисленных автоматизированных систем выявил некоторые существенные недостатки присущие всем автоматизированным системам для диспетчерского управления.

Недостатки автоматизированных систем, разработанных на основе классических математических методов:

- несоответствие нынешним требованиям развития энергосистемы;
- отсутствие возможности учитывать накопленный опыт диспетчерского персонала при определении последовательности оптимальных действий для регулировки режима и ликвидации аварийных ситуаций;
- низкая точность и скорость работы систем.

Недостатки автоматизированных систем, разработанных на основе методов искусственного интеллекта:

- невозможность обеспечить заданную точность расчета режимов работы управляемой системы.
- низкая скорость работы систем.

Кроме того, практически все автоматизированные системы для диспетчерского управления, предназначенные для работы с распределительными электрическими сетями (РЭС) имеют следующие характерные недостатки:

1) В рассмотренных автоматизированных системах для диспетчерского управления РЭС отсутствует возможность расчета оптимальной последовательности оперативных переключений. Исключение составляют ИС «Советчик Диспетчера ЦДП» и ИАСУ «ЭРИС», однако реализация данной функции в этих системах имеет существенные недостатки. В автоматизированной системе «Советчик диспетчера ЦДП» поиск оптимальной последовательности ОП осуществляется одноуровневой продукционной экспертной системой. Такой подход накладывает существенные ограничения на количество узлов в расчетной схеме и отличается низкой скоростью работы. ИАСУ «ЭРИС», осуществляет расчет оптимальной последовательности ОП только для одного источника питания.

2) В данных автоматизированных системах отсутствует возможность автоматизированного формирования бланка переключений, содержащего полную последовательность действий оперативно-выездной бригады. Реализованный в ИАСУ «ЭРИС» вывод на бланк информации об оборудовании, задействованном при оперативных переключениях, не может служить полноценным руководством для проведения оперативных переключений. Реализация функции формирования бланка на основе базы данных является неэффективной, так как не позволяет сформировать полную последовательность действий и не обладает возможностью работать с нестандартными коммутационными устройствами.

Анализ вышеперечисленных систем показал, что все существующие автоматизированные системы имеют существенные недостатки. Именно это делает актуальной задачу разработки автоматизированной системы для диспетчерского управления, ориентированную на помощь диспетчерскому персоналу при изменении режима.

Разрабатываемая автоматизированная система должна удовлетворять следующим требованиям:

1) Автоматизированная система должна включать в себя базу данных содержащую:

- данные о коммутационном состоянии сети;
- текущие параметры сет и;
- характеристики узлов сети;
- характеристики линий сети.

2) Автоматизированная система должна обеспечивать возможность использования экспертных знаний (опыта, накопленного персоналом диспетчерской службы) при определении последовательности оптимальных действий для поддержания режима.

3) Автоматизированная система должна обладать возможностью расчета режимов работы сети.

4) Автоматизированная система должна осуществлять выполнение задач в течение минимального промежутка времени.

5) Автоматизированная система должна обладать наглядным и интуитивно-понятным интерфейсом.

Список литературы

- 1. Гаврилова Т.А. Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2001. 384 с.*
- 2. Осипов Г.С. Информационные технологии, основанные на знаниях // Ж. Новости искусственного интеллекта № 1, 1993. С. 7-41.*
- 3. Частиков А.П., Дедкова Т.Г., Алешин А.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие Краснодар: КубГТУ, 1998.-166 с.*
- 4. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы [Текст]. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 11 с.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ МАШИН С НЕСИММЕТРИЕЙ ОБМОТОК СТАТОРА И РОТОРА

Сурков Д.В., Падеев А.С.

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

Для повышения эксплуатационной надежности и срока службы асинхронных двигателей необходимо своевременное выявление (диагностика) неисправностей до возникновения аварийной ситуации. При этом значительно снижается время и стоимость ремонта, может отсутствовать «упущенная прибыль», возникающая при внеплановом простое оборудования.

В связи с изложенным, становится очевидным, что необходима разработка эффективных методов диагностики короткозамкнутой обмотки ротора и обмотки статора асинхронных двигателей, которые позволят быстро и надежно выявлять эти повреждения во время эксплуатации двигателя.

Из известных способов диагностики в данной работе используется способ, основанный на расчете магнитного поля в воздушном зазоре машины методом удельной магнитной проводимости воздушного зазора [1], так как он позволяет учесть искажения магнитного поля в воздушном зазоре, вызванные дефектами АД (эксцентриситет ротора и возникновение короткого замыкания в обмотке статора, обрыва в обмотке ротора).

В общем случае МДС можно представить в следующем виде:

$$F(t, \varphi) = f(t, \varphi) = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot w_1 \cdot I_1 \cdot \sum_{c=-nC}^{nC} \frac{k_{обм}}{v} \cdot \cos(\omega t - v\varphi)$$

где $k_{обм}$ – обмоточный коэффициент v -й гармоники, который равен произведению коэффициента распределения и коэффициента укорочения.

Так как мы будем рассчитывать ЭДС отдельных катушек, то коэффициент распределения в нашем случае будет равен единице $k_{распр} = 1$.

МДС катушки обмотки статора асинхронного двигателя рассчитывается по формуле:

$$F_{\kappa}(t, \varphi) = f(t, \varphi) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot w_1 \cdot I_1 \cdot \sum_{c=0}^{nC} \frac{k_{обм}}{v} \cdot \cos(\omega t) \cdot \cos\left(\frac{v}{p} \cdot \varphi\right).$$

МДС катушечной группы, состоящей из q катушек находится как сумма МДС отдельных катушек

$$F_{\kappa\phi}(t, \varphi) = f(t, \varphi) = \sum_{n=1}^q F_{\kappa} \left[t, \varphi - \frac{2\pi}{Z_1} \cdot (n-1) \right]$$

МДС фазы обмотки статора, в которой имеются короткозамкнутые витки вычисляется по формуле:

$$F_{\phi_3}(t_N, \varphi_N, N) = \sum_{n=1}^q F_k \left[t_N, \varphi_N - \frac{2\pi}{Z_1} \cdot (n-1) \right] \cdot \frac{I_{кз}}{I_1},$$

где $I_{кз}$ – ток фазы, в которой имеются короткозамкнутые витки;

φ_N – начальная фаза (в пространстве) гармоники МДС N-ой фазы обмотки статора;

t_N — начальная фаза (во времени) гармоники МДС N-ой фазы обмотки статора;

Результат расчета МДС обмотки статора при наличии в ней повреждения приведен на рисунке 1.

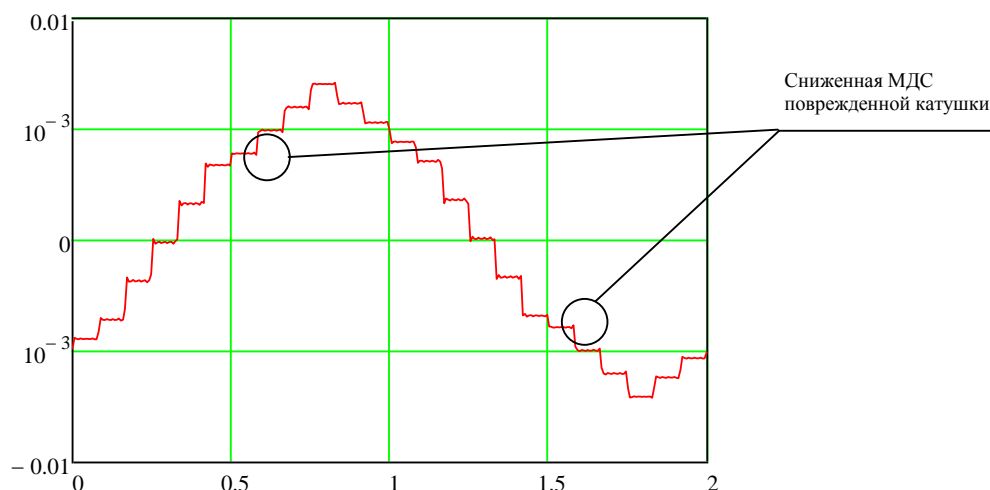


Рисунок 1 – МДС обмотки статора в воздушном зазоре при наличии в ней повреждения

Суммарная МДС асинхронного двигателя будет представлять собой сумму МДС всех трех фаз. МДС обмотки статора находится как

$$F_M = F_A + F_B + F_C,$$

$$F_{OC}(t, \varphi) = F_{\phi_3}(t, \varphi, 1) + F_{\phi_3}(t, \varphi, 2) + F_{\phi_3}(t, \varphi, 3).$$

При вычислении МДС обмотки статора, в МДС поврежденной катушки необходимо подставлять ток $I_{кз}$ и число витков $w_{кз}$.

В нашем расчете будем считать, что короткое замыкание произошло в фазе А обмотки статора.

Обозначим $F_{кз}$ МДС от тока, протекающего в короткозамкнутом витке фазы А обмотки статора.

В общем случае поле в ВЗ определяется произведением МДС в зазоре

на удельную магнитную проводимость зазора. Так как поле в воздушном зазоре представляют собой сумму гармонических составляющих – разложение соответствующей величины в ряд Фурье, то мы можем вычислить гармоники ЭДС обмотки статора от каждой гармоники поля машины.

Будем считать, что магнитная цепь машины не насыщена и МДС магнитопроводов можно пренебречь по сравнению с МДС ВЗ ($\mu_{ст} = \text{const}$). В таком случае мы можем посчитать ЭДС обмотки статора как сумму ЭДС от отдельных гармоник поля. В расчете мы будем учитывать только гармоники МДС с частотой 50 Гц. Исходя из этого, можно сказать, что расчет можно производить с комплексными значениями ЭДС.

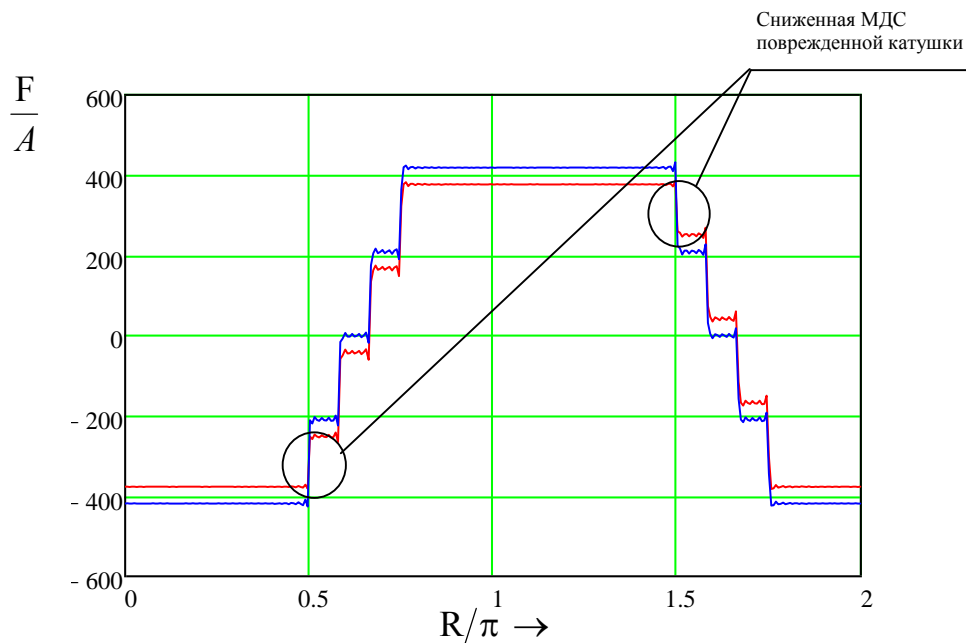


Рисунок 2 – МДС целой и поврежденной фазы А (повреждена половина витков обмотки статора, ток поврежденной фазы $I_{кз} = 1,2 I_{ном}$)

На основе проведенного расчета магнитного поля в воздушном зазоре асинхронного двигателя с короткозамкнутыми витками в обмотке статора и обрывами стержней в обмотке ротора можно сделать вывод, что токи фаз статора изменяются таким образом, чтобы увеличился магнитный поток через фазу с короткозамкнутыми витками, а поток через исправные фазы обмотки остался неизменным. Кроме того появляется «бегущая» гармоника поля в воздушном зазоре, вызванная провалом в МДС обмотки ротора из-за оборванного стержня. Указанные изменения в магнитном поле статора приводят изменению кривых токов и ЭДС обмотки статора, что позволяет проводить диагностику указанных неисправностей.

Список использованных источников

1. Сурков, Д. В. Электромагнитные способы определения эксцентриситета и несимметрии короткозамкнутой клетки ротора асинхронных двигателей [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.01 / Д. В. Сурков. - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. - 21 с.

МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО МАГНИТНОГО РЕДУКТОРА

Узяков Р.Н., Сурков Д.В., Греков Э.Л.

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

В технике широко применяются устройства для передачи вращающего момента – трансмиссии. Основная задача трансмиссии – уменьшение угловой скорости и соответствующее повышение вращающего момента. Данное преобразование может быть реализовано и с помощью магнитного взаимодействия ведущего и ведомого звеньев – магнитного редуктора [1]. Но данные редукторы имеют существенный недостаток – малую величину передаваемого момента. Для увеличения передаваемого вращающего момента нами разработан магнитный редуктор со статором. В данном редукторе используются принципы построения магнитных муфт и синхронных электродвигателей с постоянными магнитами. В отличие от механических и традиционных магнитных редукторов взаимодействие ведущего и ведомого звеньев происходит не непосредственно между собой, а через неподвижное промежуточное звено – статор.

Для проверки работоспособности данного технического решения разработана и изготовлена модель синхронного магнитного редуктора, представленная на рисунке 1.

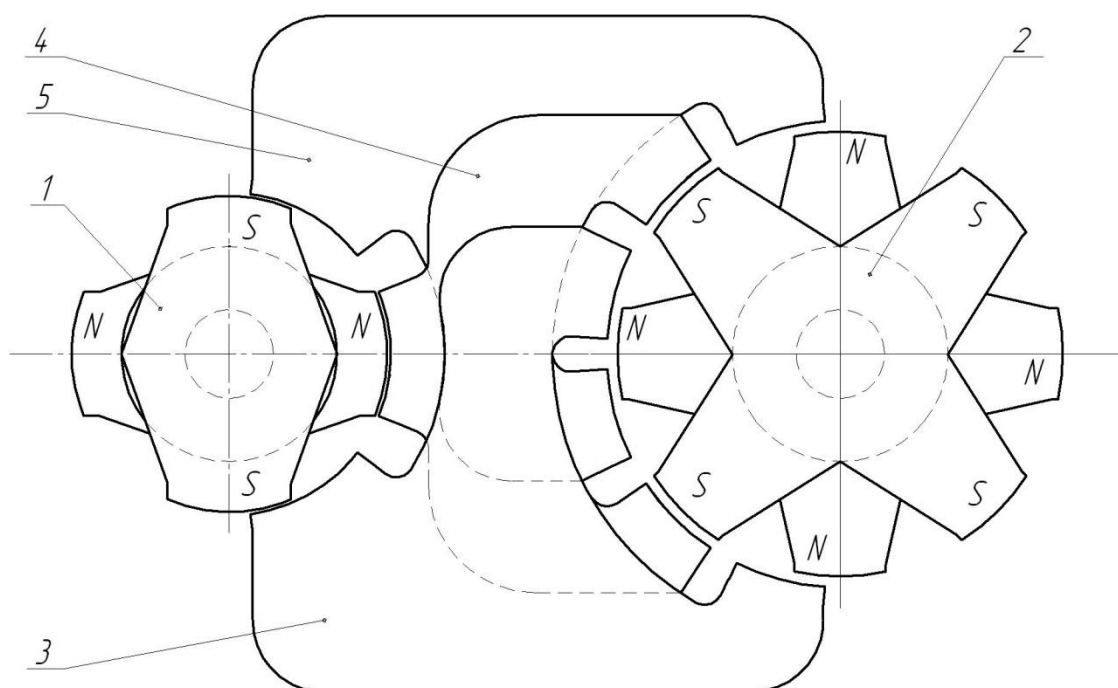


Рисунок 1 – Модель синхронного магнитного редуктора.

Редуктор имеет два ротора (ведущее и ведомое звенья) и статор, обеспечивающий магнитное взаимодействие полюсов роторов, состоящий из трех магнитопроводов. Магнитопроводы расположены в трех параллельных

плоскостях, находящихся на расстоянии друг от друга. По конструкции роторы аналогичны ротору синхронной машины с клювообразными полюсами, магнитодвижущая сила создается неодимовыми магнитами (NeFeB).

Синхронный магнитный редуктор состоит из следующих основных элементов: быстроходного ротора 1, содержащего две пары полюсов, тихоходного ротора 2, имеющего четыре пары полюсов, и статора состоящего из трех ферромагнитных магнитопроводов 3, 4 и 5, между которыми имеется значительный зазор. Между роторами и статором имеется основной воздушный зазор. Каждый ферромагнитный магнитопровод имеет со стороны быстроходного ротора один зубец, а со стороны тихоходного ротора два зубца.

Синхронный магнитный редуктор работает следующим образом. В исходном положении (рисунок 1) полюс «N» быстроходного ротора взаимодействуют с полюсами «S» тихоходного ротора через элемент статора 4. А полюса «S» быстроходного ротора взаимодействуют с полюсами «N» тихоходного ротора через элементы статора 3 и 5. При повороте быстроходного ротора, например, по часовой стрелке на половину зубцового деления, для представленной схемы на угол 30° , полюс «S» быстроходного ротора будет взаимодействовать с тихоходным ротором через элемент статора 5. А полюс «N» быстроходного ротора будет взаимодействовать с тихоходным ротором через элементы статора 3 и 4. При этом, тихоходный ротор повернется против часовой стрелки на половину зубцового деления, для представленной схемы на угол 15° . Таким образом, отношение углов поворота роторов и угловых скоростей, для представленной схемы, передаточное отношение $i = 2$.

Если ведущим звеном будет тихоходный ротор, то мы получим мультипликатор с передаточным отношением $i = 0,5$.

Трехэлементный статор обеспечивает плавное, направленное вращение магнитного поля (как в трехфазном электродвигателе) и одновременное сцепление через статор магнитных потоков полюсов быстроходного и тихоходного ротора.

Для расчета магнитного поля редуктора и вращающих моментов роторов была использована программа FEMM 4.2, которая позволяет рассчитывать «плоское» магнитное поле методом конечных элементов.

Для расчета магнитного поля редуктора в программе FEMM 4.2 была разработана расчетная модель (рисунок 2), полученная преобразованием исходной модели. Кольцевые магниты в центре роторов заменены магнитами на концевиках полюсов, создающими эквивалентную магнитодвижущую силу на один полюс. Ввиду симметричности роторов, магнитопроводы были перенесены в одну плоскость. Так как расстояние между магнитопроводами в перпендикулярном рисунку 1 направлении составляет 5 мм, то между ними протекает значительный магнитный поток рассеивания. Для учета этого потока в модели были введены два магнитных «мостика» (рисунок 2, справа), имеющих эквивалентную магнитную проводимость.

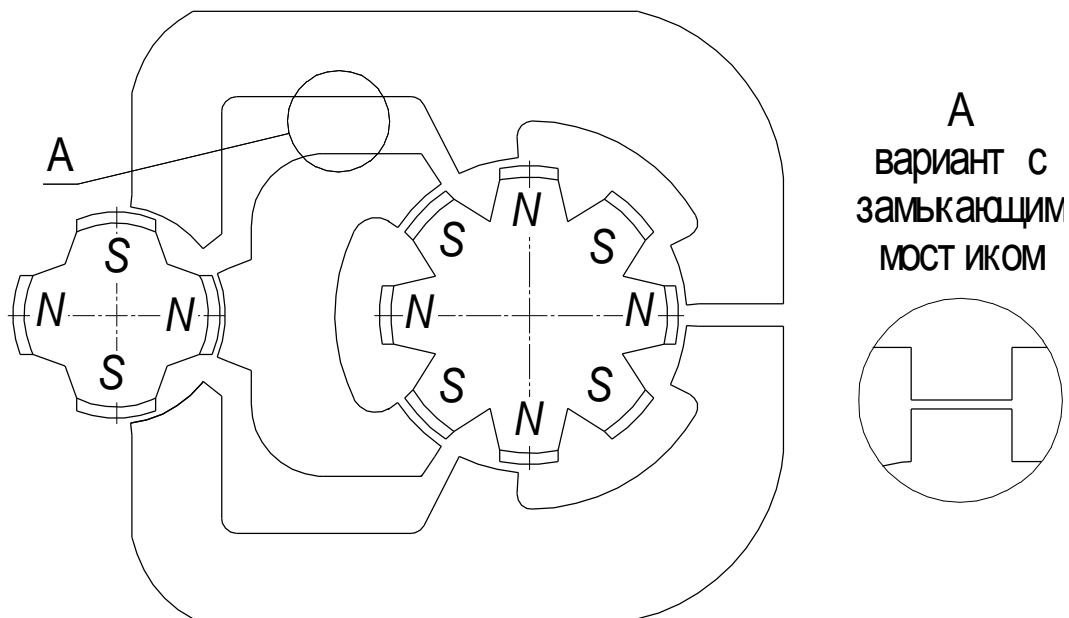


Рисунок 2 – Расчетная модель магнитного редуктора, исходная и с учетом потоков рассеивания.

Был выполнен расчет магнитного поля редуктора при различных положениях роторов. В результате были определены вращающие моменты роторов, приведенные на рисунке 3. Моменты роторов приведены в зависимости от угла поворота противоположного ротора соответственно.

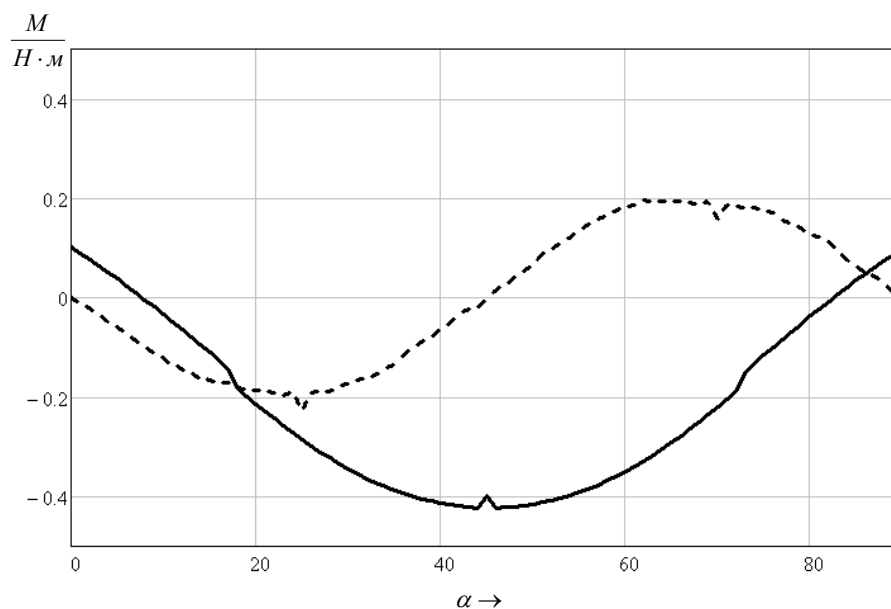


Рисунок 3 – Вращающие моменты быстроходного (прерывистая линия) и тихоходного ротора (сплошная линия).

Анализ проведенных расчетов показал:

1. Работоспособность предложенного решения.
2. Значительную величину потоков рассеяния (замыкание магнитных потоков через зазор между магнитопроводами).

3. Наличие значительных пульсации моментов роторов, вызванных неравномерностью воздушного зазора и паразитными реактивными моментами.

Основным результатом проведенных исследований является подтверждение принципиальной работоспособности и необходимость изменения конструкции статора.

Список литературы

1 Ганзбург Л.Б. Проектирование электромагнитных механизмов/ Л.Б. Ганзбург, А.И. Федотов // Справочник. – Л.; Машиностроение. Ленингр. отделение, 1980. – 364 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Чурикова Е.В.
ФГБОУ ВПО ОГУ, г. Оренбург

Линия электропередачи (ЛЭП) — один из компонентов электрической сети, система энергетического оборудования, предназначенная для передачи электроэнергии посредством электрического тока.

Различают воздушные и кабельные линии электропередачи.

В данной работе подробнее рассмотрим воздушную линию электропередачи.

Провод воздушной линии электропередачи предназначен для передачи электрической энергии от источников к электроприёмникам потребителей.

При протекании электрического тока по проводу вокруг него создается электромагнитное поле - вид материи, которая возникает вокруг движущихся зарядов. Электромагнитное поле представляет собой совокупность электрического и магнитного полей, каждое из которых порождается зарядом и током соответственно.

Главная опасность, которая исходит от линий электропередач, - это электромагнитные поля. Учёные считают их одним из основных видов экологического загрязнения, которое невидимо преследует современного человека: электромагнитные поля во множестве окружают нас практически везде, где бы человек ни находился [1].

У человека после частого общения с электромагнитными волнами промышленной частоты могут развиваться депрессия, мигрень, дезориентация в пространстве, мышечная слабость, проблемы с сердечнососудистой системой, гипотония, нарушения зрения, атрофия цветового восприятия, снижение иммунитета, потенции, изменение состава крови и так далее. Список можно продолжить целым рядом физиологических расстройств и всевозможных заболеваний [2].

В связи с развитием электрических сетей вопросы экологического влияния высоковольтных линий электропередачи приобретают особую актуальность. Основной целью работы является расчет электромагнитного поля линий электропередач и оценка их экологического воздействия.

Влияние магнитного и электрического полей обычно рассматривается отдельно. Рассмотрим подробнее электрическое поле, возникающее вокруг двух одноцепных воздушных линий напряжением 110 кВ с частотой 50 Гц (марка провода АС-70).

Для расчета электрического поля используем программу FEMM – (Finite Element Method Magnetics – магнитные расчеты методом конечных элементов) – это пакет программ для решения магнитостатических, электростатических и теплостатических задач. Для того, чтобы произвести расчет необходимо рассчитать потенциалы в каждой фазе за один период синусоиды ($t=0,02$ с) [3, 4].

Изменения напряжения в фазах за один период синусоиды представлены на рисунке 1.

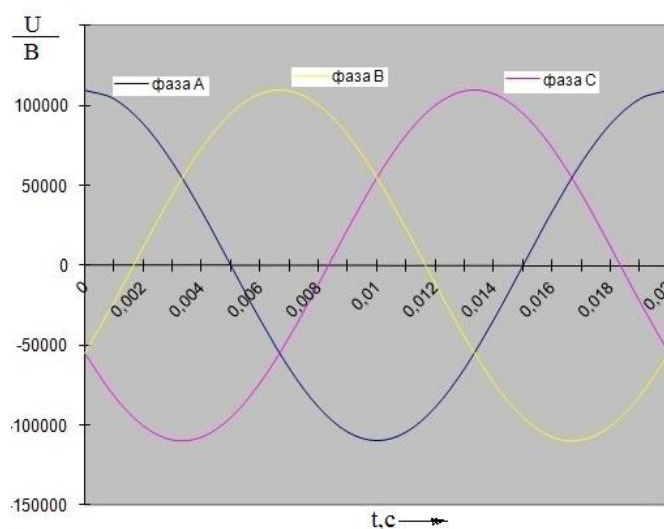


Рисунок 1 – Изменение напряжения в фазах во времени

Рассчитав значения напряжения, создаем модель линии в программе. При выполнении были заданы параметры материалов – воздуха, стали, алюминия, а также заданы потенциалы.

Провод марки АС представляет собой многопроволочный провод, который состоит из внутренней жилы (сердечник провода), выполняемый из стали, и верхней жилы, выполняемой из алюминия. При протекании электрического тока наблюдается поверхностный эффект: ток вытесняется на поверхность провода. Таким образом, сердечник провода придает механическую прочность, а алюминиевая часть является токопроводящей частью. Исходя из вышеизложенного, потенциалы в модели линии электропередачи были заданы на поверхности провода.

В момент времени $t=0$ с электрическое поле изображено на рисунке 2.

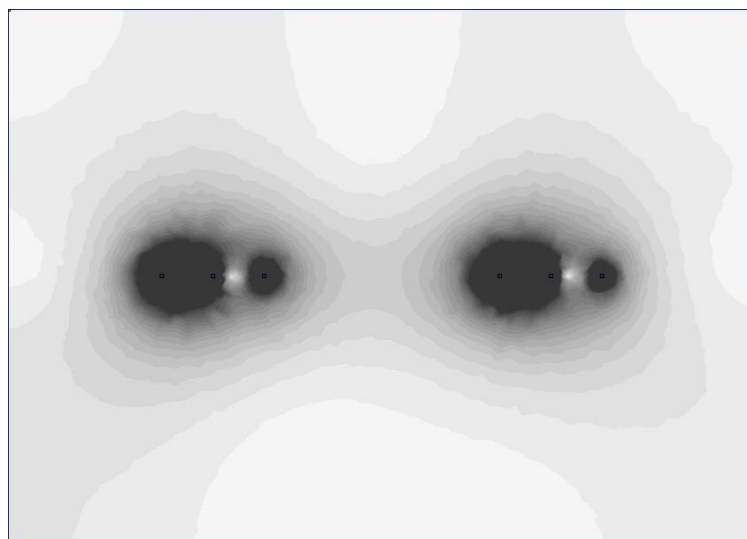


Рисунок 2 – Картина электрического поля в момент времени $t=0$ с

Построим график зависимости напряженности электрического поля от расстояния в программе FEMM. Кривая распределения изображена на рисунке 3: показывает изменение напряженности электрического поля при уменьшении расстояния объекта до земли.

Для того, чтобы защитить население от вредного воздействия линий электропередач, существуют специальные нормативы, определяющие некую санитарную зону, условно начинающуюся от крайнего провода ЛЭП, спроецированного на землю [5].

В соответствии с СанПиН 2.2.41191-03 (пункт 3.4.2) предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м, при напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин, пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается. Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время необходимо находиться вне зоны влияния ЭП или применять средства защиты.

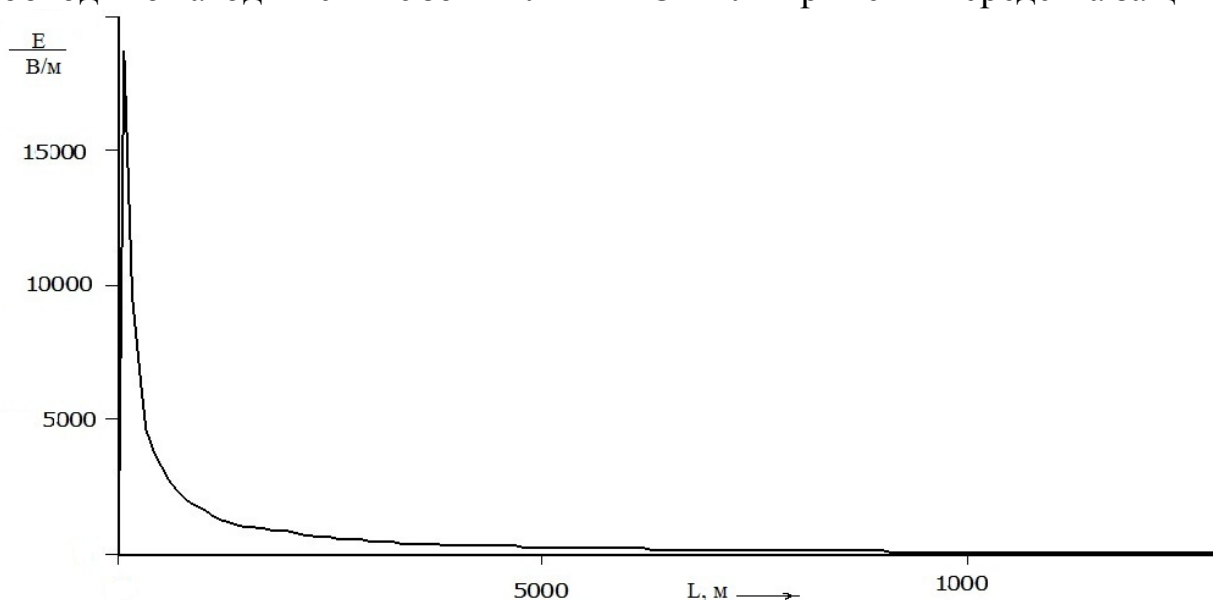


Рисунок 3 – График изменения $E=f(L)$

Требования действительны при условии, что проведение работ не связано с подъемом на высоту, исключена возможность воздействия электрических разрядов на персонал, а также при условии защитного заземления всех изолированных от земли предметов, конструкций, частей оборудования, машин и механизмов, к которым возможно прикосновение работающих в зоне влияния ЭП [6].

Используя данные положения и полученный график, можно сделать вывод о том, что на земле уровень напряженности электрического поля составляет около 100 В/м, что составляет меньше предельно допустимых значений и пребывание в данной зоне не опасно для здоровья.

При проведении работ, осуществляемых с подъемом на высоту, необходимо руководствоваться СанПиН 2.2.41191-03. При достижении высоты 11,5 м напряженность электрического поля составляет 5 кВ/м, в данной

зоне время нахождения составляет время рабочей смены. На высоте 11,5-13 м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.

В соответствии с СанПиН 2.1.2.1002-00 (пункт 6.4.2.4.) напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц на территории жилой застройки от воздушных линий электропередачи переменного тока и других объектов не должна превышать 1 кВ/м на высоте 1,8 м от поверхности земли [7]. Данный пункт выполняется.

Таким образом, данная линия удовлетворяет требованиям СанПиН 2.2.41191-03 и СанПиН 2.1.2.1002-00 и является безопасной. Проведенная последовательность расчетов может использоваться для оценки влияния напряженности электрического поля на окружающую среду.

Список литературы

- 1. Александров Г. Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды. – Л.: Электроатомиздат, 1989.*
- 2. Экобаланс. Жить или не жить рядом с ЛЭП? [Электронный ресурс] : М., 2008. - Режим доступа:
<http://ekobalans.ru/ekologiya>.*
- 3. Методы расчет магнитных систем электрических аппаратов: магнитные цепи, поля и программа FEMM: Учеб. пособие для студ. высш. заведений / Олег Болеславович Буль. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с. ISBN5-7695-2064-7.*
- 4. Бессонов В.А., Матющенко В.С. Расчет потенциалов, наведенных электрическим полем в изолированных проводах контактной сети и линии ДПП. Межвуз. сб. науч. тр. ДВГУПС: “Повышение эффективности и надежности систем электроснабжения”. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 1999.*
- 5. Михайлов А. В., Хотинский В. Г. Санитарно-защитные зоны воздушных линий электропередачи. – М., Энергетик. – № 10, 1984.*
- 6. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы / Гос. санитарно - эпидемиолог. нормирование РФ. - М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003 - . Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.2.41191-03 : официальное издание. - 2001. - 23 с. - ISBN: 978-5-98908-223-X.*
- 7. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы / Гос. санитарно - эпидемиолог. нормирование РФ. - М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001 - . Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.2.1002-00 : официальное издание. - 2001. - 23 с. ISBN 5-7508-0253-1.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКОВ

**Шлейников В.Б., Барнуков Д.Д., Натальченко Е.С.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Использование видео и фотоматериалов всегда интересовало специалистов, занимающихся подготовкой и переподготовкой кадров для решения инженерных задач. Данные материалы позиционировались как кино и фотоматериалы учебной направленности и использовались в учебном процессе. Это позволяет достичь одновременно визуального ознакомления обучаемых с натурным объектом и исключения связанных с необходимостью проведения подобных экскурсий временных, транспортных, организационных и др. затрат.

Известно достаточно много короткометражных кинофильмов о некоторых технических объектах, технологиях и др. созданных на киностудиях типа «научфильм». Для съемки таких киноматериалов использовалось профессиональное кинооборудование что требовало в работе над фильмом профессиональной съемочной группы. Однако, профессиональные специалисты по обучению инженеров как правило входили в состав группы только в качестве консультантов. Возникшее, на наш взгляд разногласие «учить или снимать» не позволило развить направление разработки видеоматериалов учебной направленности.

С развитием средств видеосъемки, появления доступной видеоаппаратуры типа «Handycam» для съемки видео в формате высокой четкости, стало возможным поручить главные роли в съемочной группе специалистам по профессиональному обучению студентов.

В некоторых ведущих отечественных вузах уже широко развернута разработка видеоматериалов, видеокурсов и пр. Анонсы таких лабораторий довольно часто появляются в новостях центральных телеканалов [1, 2].

Подобная работа ведется и на кафедре электро- и теплоэнергетики Оренбургского госуниверситета. В качестве объекта для видеосъемки использованы измерительные приборы лаборатории энергосбережения. Основным съемочным оборудованием является видеокамера высокой четкости и переносной штатив. Дополнительные декорации создают спецодежда электромонтера из комплекта материалов дисциплины «Эксплуатация и монтаж электрооборудования».

Первый видеофильм, созданный на кафедре посвящен ознакомительному изучению студентами основных операций и правил работы с прибором трассоискатель «Лидер 1011». Особенностью этого фильма является практическая направленность на решение конкретной задачи. Мы отказались от построения видеоинструкции в форме обзора всех технических характеристик и назначения органов управления прибора. Короткометражный видеурок построен в форме алгоритма, реализация которого позволит достичь поставленной цели. Звуковое сопровождение событий дает возможность обучаемому иметь несколько ориентиров в «теле» алгоритма.

Практика использования данного фильма показала отсутствие необходимости привязки обучаемого к месту просмотра видео. Урок проводился с бригадой студентов, выполнявших обычную лабораторную работу в процессе изучения дисциплины «Эксплуатация и монтаж электроустановок» по теме «Эксплуатация кабельных линий». Студенты имели возможность просматривать видео, предварительно загруженное на смартфон, останавливать и запускать воспроизведение, а также выполнять повторный просмотр. По достижении цели лабораторной работы – приобретение первичного навыка работы с измерительным прибором просмотр видео заканчивается. Таким образом, данная технология позволяет реализовать гарантированное достижение обучаемым поставленной цели.

Используя опыт разработки первого видеурока, подготовлен второй видеофильм, касающийся измерения сопротивления заземления электроэнергетических объектов с помощью измерителя сопротивления заземления «1820 ER».

Учтены моменты, касающиеся фиксации типовых мест остановки и повтора видео. Выявлено, что некоторые видеофрагменты фильма по разным причинам, в т.ч. недостатки в изложении материала, недостатки выбора особенностей съемки сцены, индивидуальные особенности обучаемого и др., просматриваются несколько раз. Также некоторые, зачастую очень важные и сложные в понимании части учебного видеоматериала не вызывают особого интереса, т.е. пропущены обучаемым. Анализ этих и аналогичных ситуаций при обучении с использованием видеоматериала является достаточно трудоемким, поэтому было принято решение о приобретении или разработке специального программного средства, позволяющего собирать и обобщать сведения об особенностях просмотра видеурока обучаемым.

Рассматривается возможность активации внимания обучаемых на особо важных и ключевых вопросах темы. Как показал первый опыт использования видеофильма о трассоискателе «Лидер 1011» особо тщательного и подробного рассмотрения требуют не все операции с прибором. Многие действия обучаемый выполняет аналогично ранее приобретенным умениям или основываясь на предыдущем опыте. Поэтому, с целью оптимизации временных затрат, актуальной является задача разработки специального алгоритма постановки сцен, позволяющего унифицировать подход к выбору уровня детализации рассмотрения материала.

Дальнейшее развитие данного направления предусматривает несколько этапов.

Во-первых, требуется открытие постоянно действующей группы с привлечением студентов как заинтересованных и основных исполнителей, преподавателей ведущих вузов Оренбурга как заинтересованных исполнителей и основных руководителей проекта и руководителей производственных объектов как консультантов и заинтересованных потребителей видеопродукции.

Во-вторых, это создание библиотеки видеоматериалов учебной направленности в области электроэнергетики. Данную библиотеку планируется

разместить на специальном сервере с открытым [3] или ограниченным доступом.

Ближайшими результатами данной работы должна стать интенсификация обучения и переобучения кадров для производства в области выполнения отдельных работ по обслуживанию, ремонту и эксплуатации электрооборудования. Динамичная адаптация к запросам производства в области использования современной и самое главное, имеющейся в арсенале предприятия техники. Более внимательный контроль учебного материала в части его соответствия современным нормативам, рецензирование, а также сбор и работа с отзывами.

Таким образом предполагается решать общую задачу, изложенную в пословице «Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать».

Список литературы

1. Телеканал «Россия», передача «Доброе утро»: - Режим доступа www.vesti.ru/videos?vid=257950
2. Телеканал «Вести 24»: - Режим доступа www.vesti.ru/doc.html?id=323827
3. UniverTV.ru –открытый образовательный видеопортал - Режим доступа <http://univertv.ru/> 14.12.2015