

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический  
университет им. И.И.Ползунова



## **НАУКА И МОЛОДЕЖЬ**

3-я Всероссийская научно-техническая конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых

**СЕКЦИЯ**

**ЭНЕРГЕТИКА**

**ПОДСЕКЦИЯ**

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Барнаул – 2006

ББК 784.584(2 Рос 537)638.1

3-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь". Секция «Энергетика». Подсекция «Электроснабжение промышленных предприятий» / Алт.гос.техн.ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2006. – 31 с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившей в апреле 2006 г.

Организационный комитет конференции:

Максименко А.А., проректор по НИР – председатель, Марков А.М., зам. проректора по НИР – зам. председателя, Арзамарсова А.А. инженер Центра НИРС и молодых учёных – секретарь оргкомитета, Сошников А.А., профессор АлтГТУ – руководитель секции «Энергетика», Балашов А.В. – редактор.

## ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА НИЗКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Лазарева Ю.В. – студент гр. Э-02, Шевлякова Е.С. – студент гр. Э-01

Грибанов А.А. – к.т.н., доцент

В настоящее время вследствие затяжного экономического кризиса в эксплуатации находится большое количество электрооборудования, выработавшего полностью или частично свой ресурс. Одним из наиболее дорогостоящих видов оборудования в этой группе являются силовые трансформаторы, актуальность диагностики которых обусловлена их высокой стоимостью, их значимостью в вопросах надёжности электроснабжения потребителей, сложностью определения повреждений и дефектов на ранней стадии развития. Высокая стоимость трансформатора зачастую исключает возможность его замены, поэтому при помощи ремонтов продляют срок службы, который в значительной степени зависит от стабильности механических характеристик обмоток.

Наиболее чувствительным методом обнаружения деформаций обмоток трансформаторов является метод низковольтных импульсов (НВИ), который заключается в следующем.

На ввод одной из обмоток трансформатора подается короткий прямоугольный импульс низкого напряжения (100-500 В), а с вводов других обмоток записываются осциллограммы реакций обмоток на воздействие этого импульса. Таким образом, исследуется переходный процесс, возникающий в обмотках как реакция на воздействие прямоугольного импульса. Сначала при первичном дефектографировании на трансформаторе снимаются нормограммы, которые в дальнейшем будут сравниваться с дефектограммами - осциллограммами, полученными при последующих измерениях. Сравнение по определенной методике осциллограмм, записанных до КЗ (нормограмм) и после КЗ (дефектограмм) позволяет оценить состояние трансформатора. Изменения в осциллограммах и их спектрах (получаемых в результате математической обработки) свидетельствуют о наличии или отсутствии деформаций обмоток трансформатора. Если диагностика для данного трансформатора проводится впервые, то оценка состояния обмоток производится сравнением осциллограмм разных фаз.

Сравнение осциллограмм имеет высокую погрешность, поэтому была предпринята попытка повысить достоверность данного метода путем сравнения числовых значений, а не аналоговых графиков. Для этого был спланирован эксперимент, целью которого стало исследование переходного процесса в обмотке трансформатора и установление зависимости параметров процесса от величины значений параметров схемы замещения при диагностировании обмоток одного напряжения и при сквозном диагностировании обмотки. Путём варьирования значений параметров схемы замещения и применения факторного анализа были сделаны выводы о степени их влияния на параметры процесса. При этом сделаны следующие выводы:

1) при изменении значений параметров схемы замещения при диагностировании обмоток одного напряжения в наибольшей степени влияют на параметры переходного процесса в обмотке следующие из них: а) активное сопротивление и емкость обмотки относительно корпуса; б) активное сопротивление обмотки; в) межвитковое сопротивление обмотки. В меньшей степени оказывают влияние на процесс продольная емкость и индуктивность обмотки.

2) при сквозном диагностировании обмоток трансформатора в наибольшей степени влияют на параметры переходного процесса: а) индуктивность и активное сопротивление магнитопровода; б) активное сопротивление и емкость обмотки высшего напряжения относительно корпуса; в) продольная емкость.

Построение математической модели процесса в обмотке производилось расчётом переходного процесса, возникающего при подаче на обмотку единичного импульса, с помощью классического метода. Достоверность построенных моделей подтверждена путём сравнения осциллограмм и расчётных кривых. Сделан вывод о целесообразности использования в качестве диагностических параметров первые три члена экспоненциального ряда Дирихле.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»

Аникеев А.В. – студент гр. 9ЭПП-01

Гутов И.А. – к.т.н., доцент

Одним из направлений повышения качества образования является развитие и совершенствование материально-технической базы учебного заведения. Этому способствует широкое внедрение технических средств обучения, оснащение учебных лабораторий новейшим оборудованием и приборами, модернизация лабораторных стендов на современной элементной базе.

Дисциплина «Электрические сети» является одной из обязательных при подготовке специалистов в области электроснабжения. Ее основная цель – изучение основ проектирования, методов и методик расчета и выбора основных элементов электрических сетей, методов расчета их режимов работы, получение практических навыков по проектированию электрических сетей, выбору и расчету основного электрооборудования электрических систем. На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ им. И.И. Ползунова был разработан лабораторный стенд для моделирования режимов работы электрических сетей. В дальнейшем он был модернизирован: доработана схема логического блока, проработаны и введены новые варианты электрических сетей и их параметры.

Лабораторный стенд представляет собой прямоугольный корпус, внутри которого размещены источник питания и другие необходимые блоки. Размеры стенда 0,8 x 0,4 x 0,2 м. Корпус стенда выполнен из пластика. Съёмные панели обеспечивают удобный и легкий доступ к элементам схемы для возможного монтажа. Все токоведущие части схемы находятся внутри корпуса и недоступны для прикосновения, используется пониженное напряжение в целях обеспечения безопасности жизнедеятельности при проведении лабораторных работ. Стенд имеет степень защиты IP11.

Лабораторный стенд имеет следующие технические характеристики: рабочая частота 50 Гц; напряжение на выходе в режиме холостого хода 5 В; напряжение на выходе под нагрузкой при номинальном токе 3 А, 5 В; максимальная мощность не менее 15 Вт; мощность, потребляемая от сети 220 В, не более 20 Вт. Время срабатывания защиты при токе на выходе источника питания больше 3 А составляет не более 0,01 сек.

Внешний вид лабораторного стенда представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид стенда

На панелях стенда представлена модель электрической сети, состоящая из источника питания, семи понижающих трансформаторных подстанций, четырнадцати линий электропередачи. Выведенные на панель тумблеры блока выбора параметров позволяют выбрать цепность, напряжение линии электропередачи, марку и тип используемого провода. Выбор нагрузок на подстанциях производится при помощи галетных переключателей в соответствии с вариантом. При разработке принципиальной схемы лабораторного стенда в качестве устройства хранения параметров режимов моделируемой сети использовались микросхемы постоянного запоминающего устройства (ПЗУ).

Стенд содержит источник питания (ИП), пульт управления (ПУ), блоки выбора параметров (БВП), блок индикации (БИ), логический блок (ЛБ). Он позволяет смоделировать режимы работы и вывести на индикатор основные параметры: потокораспределение мощностей на участках и напряжения в узлах электрической сети. Структурная схема стенда представлена на рисунке 2.

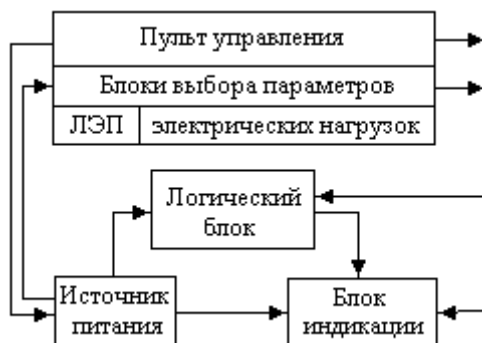


Рисунок 2 – Структурная схема стенда

Принцип работы схемы стенда основан на сравнении данных микросхемой К555СП1 ЛБ, заданных на пульте управления и хранящихся в ПЗУ. Данные, полученные в результате моделирования электрической сети и заданные переключателями БВП: задействованные линии, марка и тип провода линии, их цепность, электрические нагрузки на трансформаторных подстанциях, - сравниваются с контрольной суммой, хранящейся в постоянном запоминающем устройстве ЛБ - микросхеме К573РФ2. Всего в микросхеме ПЗУ ЛБ хранится 12 вариантов - по 4 варианта радиальных, радиально-магистральных и кольцевых схем соединения сети. Вариант выбирается переключателем ПУ после завершения этапа построения модели. В случае отсутствия ошибки на БИ отображается соответствующая информация. На экране стенда будет отображаться схема сети с указанием задействованных ЛЭП, подстанций и номера варианта. Назначение светодиодов БИ индицировать ошибку. Для продолжения работы на лабораторном стенде студенту необходимо проверить смоделированную схему на соответствие варианту практического задания, и после исправление ошибок необходимо нажать кнопку сброс. После моделирования схемы и получения экспериментальных данных студенту необходимо произвести аналитический расчет параметров режима работы электрической сети, сравнить полученные расчетные и экспериментальные данные и сделать выводы.

Разработанный стенд предназначен для использования в учебном процессе при изучении дисциплины «Электрические сети» студентами специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)». Его использование дает возможность обеспечить новый уровень проведения практических занятий и лабораторных работ. Это способствует активизации самостоятельной работы студента, учебно-познавательной деятельности, повышает эффективность и качество труда студентов и преподавателей.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Сабашкина Л.А. - студент гр. Э-01, Каурова И.А. - студент гр. Э-02  
Хомутов С.О. - к.т.н., профессор

Электрические двигатели (ЭД) – наиболее ответственные электрические машины, распространенные на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях. От их работы часто зависит весь технологический процесс производства, поэтому техническому обслуживанию и ремонту ЭД на предприятиях уделяют очень большое внимание.

Анализ ситуации в агропромышленном комплексе показал, что основная проблема совершенствования производственного процесса – это нерациональное использование энерго-ресурсов, одной из причин которого является низкое качество ремонта электрооборудования.

Качественный, своевременный ремонт и научная организация эксплуатации электрических двигателей позволяют обеспечить бесперебойную работу производственных механизмов в промышленности, сельском хозяйстве и сократить ежегодную потребность народного хозяйства страны в новых электрических двигателях. Таким образом, можно повысить экономическую эффективность использования электрических двигателей.

Проблема качественного ремонта и эксплуатации становится ясной, если учесть, что в промышленности на долю электродвигателей приходится около 70% всей энергетической мощности, в сельском хозяйстве – 25%. Ежегодно ремонтируются около 13 млн. двигателей, что соответствует количеству вновь выпускаемых двигателей в год.

Основной задачей исследования, выполненного авторами, является разработка оптимальной цепочки восстановления электродвигателей с целью повышения эффективности их ремонта.

На первом месте при определении целесообразности ремонта стояло качество ремонта, т.е. двигатель после капитального ремонта не должен уступать новому ни по энергетическим, ни по эксплуатационным показателям. Поэтому, в данном исследовании изучалась эффективность ремонта электродвигателей посредством оценки коэффициентов экономической и технической «важности» каждого элемента электродвигателя с целью выведения суммарного технико-экономического коэффициента эффективности ремонта.

Для достижения ожидаемых результатов, были изучены причины выхода из строя электродвигателя посредством выявления соотношения отказов, приходящихся на различные его узлы.

Средний срок службы АД в сельском хозяйстве составляет два года, в 80% отказов нарушения происходят в изоляции обмотки статора, в 7% отказов – в железе статора и ротора, в 8% отказов вызвано прогибом вала ротора, 5% - износ и повреждение подшипников.

Проведя технический анализ причин выхода из строя различных узлов электродвигателя, наибольшее внимание в исследовании было уделено ремонту вала ротора, пропитке и сушке обмоток, извлечению обмоток, ремонту подшипникового узла.

Критериями отыскания оптимальной цепочки ремонтов являлась надежность ремонта и его стоимость. Основная идея исследования заключается в том, что каждой из методик восстановления присваивается свой определенный коэффициент надежности и стоимости. С увеличением числа ремонтов коэффициент надежности уменьшается, а стоимость увеличивается. Суммарный коэффициент надежности можно найти путем перемножения коэффициентов предыдущих ремонтов. Наиболее высокий коэффициент дает качественный ремонт.

Таким образом, разработанная авторами методика оценки качества восстановления ЭД легла в основу отыскания оптимальной цепочки ремонтов электродвигателей.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗРУШАЮЩЕ-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Сорвина О.В. - студент гр. Э-02, Сигарев В.Н. - студент гр. 9Э-91  
Хомутов С.О. - к.т.н., профессор

На долю агропромышленного комплекса России приходится 17% всего внутреннего валового продукта страны. Поэтому вопросам рациональности и надежности развития сельскохозяйственных предприятий уделяется большое внимание.

Развитие предприятий – это, прежде всего, развитие и совершенствование эксплуатируемого на них электрооборудования (ЭО), и, как показал проведенный авторами анализ, одной из основных причин нерационального использования энерго-ресурсов является низкое качество ремонта ЭО.

Одним из путей эффективного хозяйствования в сложной экономической ситуации является разработка и применение методик по повышению эффективности ремонтов электродвигателей.

В настоящее время в сельском хозяйстве наибольшее распространение получили трехфазные асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором общепромышленных серий А, АО, А2, АО2, 4А и т.д., а также специальных серий для сельскохозяйственного производства АО2...СХ, ДА...С, 4А...С.

Средний срок службы АД в сельском хозяйстве составляет два года, в 80% отказов нарушения происходят в изоляции обмотки статора, в 7% отказов – в железе статора и ротора, 8% отказов вызвано прогибом вала ротора, 5% - износ и повреждение подшипников. Качественный ремонт этих узлов позволит продлить срок эксплуатации двигателя после его восстановления.

Известно, что при любом ремонте электрических машин возникают остаточные дефекты, наличие которых определяется технологическим процессом восстановления электродвигателя.

Так, например, при ремонте вала происходит изменение физических свойств его материала, зависящее от процентного содержания углерода в наплавляемом материале. Применение методик оценки качества восстановления электродвигателей, разработанных на кафедре "Электроснабжение промышленных предприятий", позволило установить, что оптимальным является применение механического метода восстановления посадочной поверхности и последующего использования газопламенного напыления.

Как показали выполненные авторами исследования, основными методами извлечения обмотки статора являются: механический метод, в процессе которого возможно образование спаек на поверхности магнитопровода, химический способ, при использовании которого основные остаточные дефекты обусловлены наличием части разлагающего материала после промывки и незначительной коррозией металла, и другие. Реализованные авторами теоретические исследования позволили установить, что оптимальными способами деструкции связующего являются механический и химический способы извлечения обмоток.

Так как перед пропиткой и сушкой обмотка извлекается полностью, то единственно возможными повреждениями может оказаться коррозия металла, но этот дефект очень незначителен, поэтому, оценивая методы пропитки и сушки, во внимание берется только скорость и сложность технологического процесса.

Таким образом, в результате проведенной авторами работы был предложен ряд определенных последовательностей применения различных методик восстановления электродвигателя, повышающих эффективность его повторных ремонтов и, как следствие, обеспечивающих повышение рациональности и надежности развития сельскохозяйственных предприятий.

## СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЛИЖНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Строков Я.Ю. – аспирант

Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Оценка технического состояния энергетического оборудования, в частности электрических машин, представляет собой важную задачу, решение которой позволяет обнаружить на ранней стадии зарождающиеся дефекты и, тем самым, предотвратить аварийные ситуации, способные привести к серьезным негативным последствиям. В отличие от системы планово-предупредительных работ, включающей в себя периодический контроль и профилактику, более целесообразным является обслуживание оборудования по его фактическому состоянию.

Для этого необходима полная диагностика объекта, причем желательно обнаруживать все дефекты, влияющие на ресурс, задолго до отказа, чтобы подготовиться к ремонту.

В данной работе был рассмотрен новый метод общей диагностики, основанный на анализе ближнего электромагнитного поля (БЭМП) электродвигателей.

Целью работы была разработка программного продукта, позволяющего моделировать различные эксперименты по определению связи между дефектами электродвигателя и видом его ближнего электромагнитного поля, которое рассматривалось в виде осциллограммы (сигнала, получаемого с датчика в ходе экспериментов).

При разработке теоретической базы и, особенно, при проведении экспериментальных замеров на реальном оборудовании возникают известные сложности, связанные с необходимостью представления полной картины из получаемых результатов. Это требует проведения большого числа экспериментальных замеров. Что часто либо слишком трудоемко, либо слишком затратно, либо вообще невозможно.

Потребность в такой программе объясняется необходимостью автоматизации постановки экспериментов и получения массива необходимых данных, а также систематизации и хранения результатов.

Составление алгоритма основывалось на следующих соображениях.

Решение исходных дифференциальных уравнений, описывающих процессы в электродвигателе исходя из принятой схемы замещения, представляет собой ровную синусоиду, что подтверждается экспериментальными замерами исправного двигателя.

В процессе эксплуатации возникающие в двигателе дефекты различной природы и степени развития оказывают влияние на картину поля машины, и наблюдаемая в опыте синусоида получает некоторые искажения. Была выдвинута гипотеза о том, что искажения синусоидальной картины поля вызваны высшими гармониками, генерируемыми различными дефектами. Какой либо параметр двигателя в определенный момент работы теряет свои первоначальные характеристики и приобретает своего рода нелинейность (в большей степени, нежели в исправном состоянии). Эти элементы и являются одной из причин возникновения высших гармоник.

Можно смоделировать процесс появления высших гармонических составляющих и их влияние на общую картину поля машины путем введения в каждую из пяти ветвей схемы замещения по одному источнику питания, генерирующему собственные колебания, характеризующиеся амплитудой и частотой. Сумма этих колебаний даст искомую картину поля.

По этому принципу создана программа, моделирующая различные состояния электродвигателя при различных его параметрах, позволяющая также нарабатывать обширную исследовательскую базу по моделям двигателей, их параметрам, степени их дефектности. Облегчая тем самым множество промежуточных экспериментов. К тому же в опытных данных всегда присутствуют ошибки, как систематические, так и случайные. И чтобы уменьшить итоговую погрешность, число экспериментов необходимо увеличивать, что, как было замечено, неэффективно. В проводимых же таким способом опытах исключена случайная составляющая ошибки измерений, есть лишь риск ввода неверных значений, что, впрочем, можно легко обнаружить и исправить.

Программа может применяться при разработке (а в последующем – для реализации и внедрения) метода диагностики асинхронных двигателей, основанном на замере и анализе ближнего электромагнитного поля электрических машин.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ИХ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Строков Я.Ю. – аспирант

Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Повышение надежности работы технологического электрооборудования и, в частности, электродвигателей (ЭД), как наиболее распространенного типа привода, является важной составляющей при решении задачи повышения эффективности промышленного и сельскохозяйственного производства.

Электрические двигатели являются примером сложной системы, на безотказность работы которой влияет множество факторов. Ремонт электродвигателей и их частей является трудоемким процессом, требующим значительного объема ручного труда. Поэтому выявление



ние причины выхода из строя ЭД и оптимизация технологии их восстановления (ремонта) является весьма актуальной задачей.

Снижению надёжности и долговечности электродвигателей способствуют тяжёлые режимы работы и неблагоприятные условия эксплуатации. Высокая влажность, большие перепады и непостоянство температуры, наличие агрессивных газов являются негативными чертами микроклимата производственных помещений. Недогрузка электродвигателей по мощности, сезонность их использования, а также, зачастую, низкое качество электроэнергии осложняют эксплуатацию ЭД в сельском хозяйстве.

Принципиально все факторы, неблагоприятно влияющие на состояние электродвигателей, можно разделить на две группы: внешние, обусловленные воздействием окружающей среды и условий работы ЭД, и внутренние, определяемые воздействием человека в процессе изготовления и эксплуатации.

Внутренние факторы определяют старение и износ оборудования.

Внешние факторы можно разделить на три группы: климатические, механические и электрические. К климатическим факторам относятся: температура, влажность, примеси в воздухе.

Воздействие механических (вибрации) и термомеханических нагрузок обуславливает механическое старение узлов электродвигателей.

Среди электрических факторов, воздействующих на электродвигатель при эксплуатации в сельском хозяйстве, следует выделить низкое качество электрической энергии. Также необходимо учитывать воздействия коммутаций, обуславливающих наличие значительных электрических нагрузок на изоляцию.

Все эти факторы негативно влияют на состояние ЭД в процессе эксплуатации. Однако и при любом методе ремонта электродвигатель подвергается механическим и термическим воздействиям, которые определенным образом нарушают его внутреннюю структуру, что негативно влияет на параметры его дальнейшей работы.

Ремонт является практически неотъемлемой частью эксплуатации ЭД независимо от применяемой системы оценки состояния двигателей. Поэтому качество проведенного ремонта и используемых при этом материалов имеет большое значение в комплексной системе обеспечения надёжности ЭД.

Количественная оценка степени влияния воздействующих факторов на изоляцию электродвигателей, проведенная на основе применения информационно-логического анализа (ИЛА), позволит спланировать объемы технического обслуживания и ремонта, установить степень влияния проведенного ремонта на показатели надёжности ЭД, а также провести последующий прогноз вероятности безотказной работы электродвигателей, что, в свою очередь, значительно сократит расходы на техническое обслуживание и повысит надёжность работы электрооборудования. Более того, данная количественная оценка даст возможность оптимизировать параметры технологического процесса восстановления изоляции статорных обмоток.

Использование, в данном случае, ИЛА при малом количестве априорных данных, даст более точные результаты по сравнению с регрессионными методами, которые трудно применять из-за большого множества сочетаний различных факторов, влияющих на вероятность безотказной работы двигателя. Кроме того, информационно-логический анализ позволяет оценить и неучтенные факторы, что делает прогноз более достоверным.

## ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Дягилева О.П. – студент гр. Э-11

Татьянченко Л.Н. – к.т.н., доцент

Мамонов А. А. – ведущий инженер ОАО БГЭС

Целью данной работы является обзор и анализ основных направлений развития и совершенствования методов и средств расчета, нормирования и снижения потерь электроэнер-

гии в электрических сетях на примере энергоснабжающей организации ОАО «Барнаульская горэлектросеть» (БГЭС).

Потери электроэнергии в электрических сетях - важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности энергоснабжающих организаций. Этот индикатор все отчетливее свидетельствует о накапливающихся проблемах, которые требуют безотлагательных решений в области развития, реконструкции и технического перевооружения электрических сетей, совершенствования методов и средств их эксплуатации и управления, повышения точности учета электроэнергии, эффективности сбора денежных средств за поставленную потребителям электроэнергию и т.п.

По мнению международных экспертов, относительные потери электроэнергии при ее передаче и распределении в электрических сетях большинства стран можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4-5%. Потери электроэнергии на уровне 10% можно считать максимально допустимыми с точки зрения физики передачи электроэнергии по сетям. Это подтверждается и докризисным уровнем потерь электроэнергии в большинстве энергосистем бывшего СССР, который не превышал, как правило, 10%. Так как сегодня этот уровень вырос в 1,5-2, а по отдельным электросетевым предприятиям - даже в 3 раза, очевидно, что на фоне происходящих изменений хозяйственного механизма в энергетике, кризиса экономики в стране проблема снижения потерь электроэнергии в электрических сетях не только не утратила свою актуальность, а наоборот - выдвинулась в одну из задач обеспечения финансовой стабильности организаций.

Очевидно, что резкое обострение проблемы снижения потерь электроэнергии в электрических сетях требует активного поиска новых путей ее решения, новых подходов к выбору соответствующих мероприятий, а главное, к организации работы по снижению потерь.

В связи с резким сокращением инвестиций в развитие и техническое перевооружение электрических сетей, в совершенствование систем управления их режимами, учета электроэнергии, возник ряд негативных тенденций, отрицательно влияющих на уровень потерь в сетях.

В частности:

- из-за недостатка регулируемых компенсирующих устройств и общего спада нагрузки увеличились избытки зарядной мощности в системообразующих сетях 220кВ и выше, выросли до опасных пределов уровни напряжения в узлах, что привело к соответствующему росту потерь электроэнергии на корону в ВЛ 220кВ и выше, в стали силовых трансформаторов;

- из-за старения сетей увеличилось число ремонтов, аварий, отказов оборудования, что приводит к соответствующему росту потерь электроэнергии на корону в ВЛ 220кВ и выше, в стали силовых трансформаторов;

- все больший экономический ущерб энергоснабжающим организациям наносит низкий технический уровень существующей системы учета электроэнергии, ее физический и моральный износ, несоответствие современным требованиям, которое с течением времени лишь увеличивается.

Потери делятся на технические и коммерческие.

Расчетом технических потерь можно добиться :

- нормирования потерь, выбора и оценки эффективности мероприятий по их снижению;
- расчета и анализа фактических небалансов электроэнергии в электрических сетях, выявление и локализации коммерческой составляющей потерь, разработки и внедрения мероприятий по совершенствованию учета электроэнергии;

- учета потерь в тарифах на электроэнергию для потребителей, присоединенных к электрическим сетям различных ступеней напряжения: 110кВ и выше, 35-6 (10)кВ и 0,4кВ.

Как показывают расчеты, основной эффект в снижении технических потерь электроэнергии может быть получен за счет технического перевооружения, реконструкции, повышения пропускной способности и надежности работы электрических сетей, сбалансированности их режимов, т.е. за счет внедрения капиталоемких мероприятий.

Основными из этих мероприятий для системообразующих электрических сетей 110 кВ и выше являются следующие:

- налаживание серийного производства и широкое внедрение регулируемых компенсирующих устройств (управляемых шунтируемых реакторов, статических компенсаторов реактивной мощности) для оптимизации потоков реактивной мощности и снижения недопустимых или опасных уровней напряжения в узлах сетей;

- строительство новых линий электропередачи и повышение пропускной способности существующих линий для выдачи активной мощности от "запертых" электростанций для ликвидации дефицитных узлов и завышенных транзитных перетоков;

- развитие нетрадиционной и возобновляемой энергетики (малых ГЭС, ветроэлектростанций, приливных, геотермальных ГЭС и т.п.) для выдачи малых мощностей в удаленные дефицитные узлы электрических сетей.

Очевидно, на ближайшую и удаленную перспективу останутся актуальными оптимизация режимов электрических сетей по активной и реактивной мощности, регулирование напряжения в сетях, оптимизация загрузки трансформаторов, выполнение работ под напряжением и т.п.

К приоритетным мероприятиям по снижению технических потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4-35 кВ относятся:

- использование 10 кВ в качестве основного напряжения распределительной сети;

- увеличение доли сетей с напряжением 35 кВ;

- сокращение радиуса действия и строительство ВЛ (0,4 кВ) в трехфазном исполнении по всей длине;

- применение самонесущих изолированных и защищенных проводов для ВЛ напряжением 0,4-10 кВ;

- использование максимального допустимого сечения провода в электрических сетях напряжением 0,4-10 кВ с целью адаптации их пропускной способности к росту нагрузок в течение всего срока службы;

- разработка и внедрение нового, более экономичного, электрооборудования, в частности, распределительных трансформаторов с уменьшенными активными и реактивными потерями холостого хода, встроенных в КТП и ЗТП конденсаторных батарей;

- применение столбовых трансформаторов малой мощности (6-10/0,4 кВ) для сокращения протяженности сетей напряжением 0,4 кВ и потерь электроэнергии в них;

- более широкое использование устройств автоматического регулирования напряжения под нагрузкой, вольтдобавочных трансформаторов, средств местного регулирования напряжения для повышения качества электроэнергии и снижения ее потерь;

- комплексная автоматизация и телемеханизация электрических сетей, применение коммутационных аппаратов нового поколения, средств дистанционного определения мест повреждения в электрических сетях для сокращения длительности неоптимальных ремонтных и послеаварийных режимов, поиска и ликвидации аварий;

- повышение достоверности измерений в электрических сетях на основе использования новых информационных технологий, автоматизации обработки телеметрической информации.

Практическая реализация перечисленных мероприятий требует значительных капиталовложений и времени и позволит уменьшить коммерческие потери электроэнергии максимум на 50%.

Остальные 50% коммерческих потерь – это хищения электроэнергии. В борьбе с хищениями электроэнергии нет мелочей. Она должна вестись планомерно, постоянно и по всем направлениям возможных хищений, начиная с оснащения контролеров приборами по выявлению скрытых проводок, образцовыми однофазными счетчиками, токоизмерительными клещами на телескопических изолирующих штангах для измерения токов на вводах и т. п., до: замены голых проводов на вводах в частные владения на изолированные кабели; выноса

приборов учета за границе частных владений; применения счетчиков электроэнергии, защищенных от хищений электроэнергии, в том числе установки счетчиков совместно с УЗО и т. п.

Потери от хищений электроэнергии являются одной из наиболее существенных составляющих коммерческих потерь. Опыт по борьбе с хищениями показал, что в основном этими хищениями занимаются бытовые потребители. Имеют место кражи электроэнергии, осуществляемые промышленными и торговыми предприятиями, но объем этих краж нельзя считать определяющими.

Хищения электроэнергии имеют достаточно четкую тенденцию к росту, особенно в регионах с неблагополучным теплоснабжением потребителей в холодные периоды года. А также почти во всех регионах в осенне-весенние периоды, когда температура воздуха уже сильно понизилась, а отопление еще не включено.

Существуют три основные группы способов хищений электроэнергии: механические, электрические и магнитные.

Как уже говорилось ранее, потери электроэнергии в электрических сетях являются важнейшим показателем экономичности их работы. Работа по их уменьшению весьма трудоемка, кропотлива и порой требует дополнительных затрат времени и сил. Для решения данной проблемы необходим комплексный подход.

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Кобозев Е.В. – аспирант

Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Как известно, задача повышения эффективности промышленного и сельскохозяйственного производства не может быть успешно решена без обеспечения высокого уровня показателей надежности технологического электрооборудования и, в частности, асинхронных двигателей (АД), как наиболее распространенного типа привода и основного потребителя электрической энергии для преобразования в механическую работу.

В свою очередь, показатели надежности и безотказности любой электроэнергетической системы, в том числе и столь сложного объекта как асинхронный двигатель, зависят от условий и режимов эксплуатации, а также применяемых методов и средств его технического обслуживания и ремонта. Отказы электродвигателей по их физической природе являются следствием физико-химических процессов, непосредственно или косвенно влияющих на работоспособность элементов и возникновение повреждений, которые определяются: типом используемого материала, местом протекания процесса, видом энергии, определяющей характер процесса, эксплуатационным и ремонтным воздействием, внутренним механизмом процесса.

Полученные к настоящему времени результаты многочисленных исследований и их последующий системный анализ позволили из комплекса основных задач повышения эксплуатационной надежности электрооборудования на стадии его технического обслуживания и ремонта выделить задачу количественной оценки степени влияния различных факторов на процессы старения и восстановления изоляции обмоток статора асинхронного электродвигателя, как наиболее уязвимого элемента конструкции АД, на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с момента ввода в эксплуатацию и заканчивая списанием, как основы для принятия решений, направленных на прогнозирование вероятности безотказной работы двигателя с высокой степенью достоверности.

Данная количественная оценка позволит не только оптимизировать сроки, объем, продолжительность и режимные параметры технологических мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту асинхронных двигателей с учетом условий эксплуатации, но и определить возможные пути дальнейшего повышения надежности электродвигателей.

Тогда, все воздействующие на состояние электрической изоляции факторы можно классифицировать следующим образом (рисунок 1).

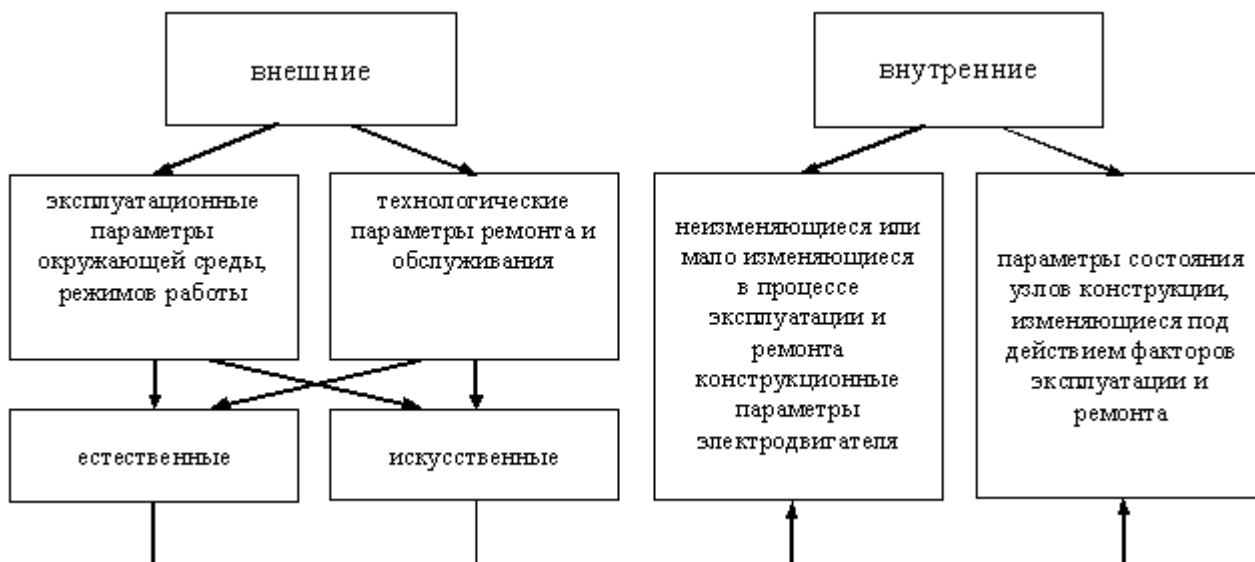


Рисунок 1 – Классификация внутренних и внешних воздействующих факторов.

С точки зрения энергоэнтропийной концепции опасности следует выделить три источника воздействия на электрическую изоляцию АД:

- действие энергии окружающей среды, включая человека, выполняющего функции оператора или технического персонала;
- внутренние источники энергии, связанные как с рабочими процессами, протекающими в рассматриваемой системе, так и с работой отдельных ее частей;
- потенциальная энергия, которая накоплена в материалах и элементах двигателя в процессе их изготовления (внутренние напряжения и др.).

Другими словами, различные виды энергии вызывают в элементах асинхронного двигателя процессы, связанные со сложными физико-химическими явлениями, приводящими к деформации, износу, поломке, коррозии и другим видам повреждений, изменяющих выходные параметры АД. Данные процессы, приводящие к изменению начальных свойств двигателя, протекают в материалах, из которых изготовлены его элементы, а также в смазочных и других материалах, участвующих в рабочем процессе.

Такие свойства изоляционных материалов, как механические, электрические и магнитные существенно зависят от температуры и влажности окружающей среды, механических напряжений, напряженности электрического поля, газовой среды, рассеиваемой мощности, длительности работы и других воздействующих факторов. Причем для многих элементов АД накопление энергии внешних воздействующих факторов является монотонным.

Используя связь между нагрузкой и плотностью потока энергии воздействующего фактора, зная время воздействия, можно получить вероятность безотказной работы за это время при данном воздействующем факторе или их совокупности, а также определить значения интенсивности отказов элементов. Полученная оценка вероятности в отличие от обычно применяемых позволяет учесть эффект превалирующих воздействующих факторов с помощью энергетической характеристики воздействия, определяющей количество «внесенной» энергии воздействия, а также допустимые пределы изменения и статистические характеристики элемента, определяющие его способность противостоять воздействующим факторам.

Таким образом, в основе прогноза вероятности безотказной работы асинхронных электродвигателей, помимо прочего, лежит количественная оценка степени влияния как отрицательных, так и положительных воздействующих факторов. Такая количественная оценка проводится с использованием информационно-логического анализа (ИЛА), который позволяет как оценить степень влияния всех факторов на изоляцию ЭД, так и выделить наиболее значимые из них.

Используя малое количество априорных данных, ИЛА дает более точные результаты по сравнению с регрессионными методами, которые трудно применять из-за большого множества сочетаний различных факторов, влияющих на вероятность безотказной работы двигателя. Более того, ИЛА позволяет оценить и неучтенные факторы, что делает анализ более достоверным.

В результате проведения количественной оценки степени влияния воздействующих факторов становится возможным спланировать не только сроки и объемы ремонта, но и весь жизненный цикл электродвигателя с момента поступления до списания, что позволит значительно сократить расходы на эксплуатацию АД и повысить надежность работы электрооборудования в целом.

## ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРА ИХ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Алексеев А.Ю. – студент гр. Э-12, Бродский О.В. – студент гр. Э-11,  
Веденев В.Н. – студент гр. Э-11, Тонких В.Г. – аспирант  
Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Долговременная и надежная работа электрооборудования на производстве в большинстве случаев определяет эффективность всех технологических процессов. Одну из важнейших ролей при этом играют электрические двигатели. Это вызвано тем, что выход электродвигателей из строя приводит к нарушению взаимосвязанных производственных циклов, полной или частичной остановке технологического оборудования и механизмов. В итоге наносимый предприятию ущерб связан не только с ремонтом и заменой вышедших из строя двигателей, но и с браком и невыпуском продукции.

Основными средствами защиты асинхронных двигателей (АД), как наиболее распространенного потребителя электрической энергии, от аварийных режимов на сельскохозяйственных предприятиях, характеризующихся неблагоприятными условиями эксплуатации, являются широко распространенные и, зачастую, устаревшие устройства: плавкие предохранители, автоматические выключатели различных типов и тепловые реле. Поэтому, даже незначительные нарушения режимов работы приводят к отказам электродвигателей.

Техническими средствами диагностики и измерительными приборами, без которых невозможно осуществить текущее обслуживание и ремонт АД, оснащены только те предприятия, на которых имеются соответствующие электротехнические службы. Но и эти, применяемые на предприятиях, технические средства и устройства не способны дать точную оценку состояния изоляции обмотки и используются, как правило, для определения степени её увлажнения, установления причин отказа и поиска имеющихся дефектов.

Среди узлов двигателей наибольшее количество отказов приходится на обмотку статора, подшипники, систему охлаждения ротора и статора, железо статора, вал ротора. Основная часть отказов АД связана с пробоем изоляции обмотки статора из-за снижения электрической прочности. Главными причинами повреждения изоляции обмотки статора являются: старение, недостатки эксплуатации, дефекты изготовления или ремонта, механические повреждения изоляции и витковые замыкания.

Проведенный авторами анализ показал, что существующие в настоящее время методы и технические средства диагностики не позволяют производить достоверную оценку состояния межвитковой изоляции низковольтных АД и, кроме того, не гарантируют глубокого и детального анализа, а, следовательно, являются несовершенными.

В свою очередь, разработанный в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова метод лишен ранее перечисленных недостатков. Его суть заключается в размещении рядом с двигателем электромагнитного датчика, позволяющего фиксировать внешнее магнитное поле (в дальнейшем ВМП), образующееся вокруг двигателя в процессе его работы и представляющее собой отголоски мультипликативного поля в магнитном зазоре АД. Сигнал с датчика поступает на персональный компьютер, где он оцифровывается и записывается. Далее производится спектральный анализ полученного сигнала и по определен-

ным характеристикам полученной картины вычисляется неисправность. При этом, разложение сигнала на гармоники осуществляется по методу «быстрое преобразование Фурье».

С целью установления зависимости между определенным дефектом электродвигателя и гармоническим составом ВМП, авторами была проведена серия опытов, для чего была создана лабораторная установка, включающая в себя:

- стенд с установленным на него асинхронным двигателем;
- электромагнитный датчик;
- персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением.

В первую очередь, для подтверждения информативности ВМП был осуществлен цикл экспериментов с удалением датчика от включенного двигателя. Полученные данные представлены на рисунке 1.

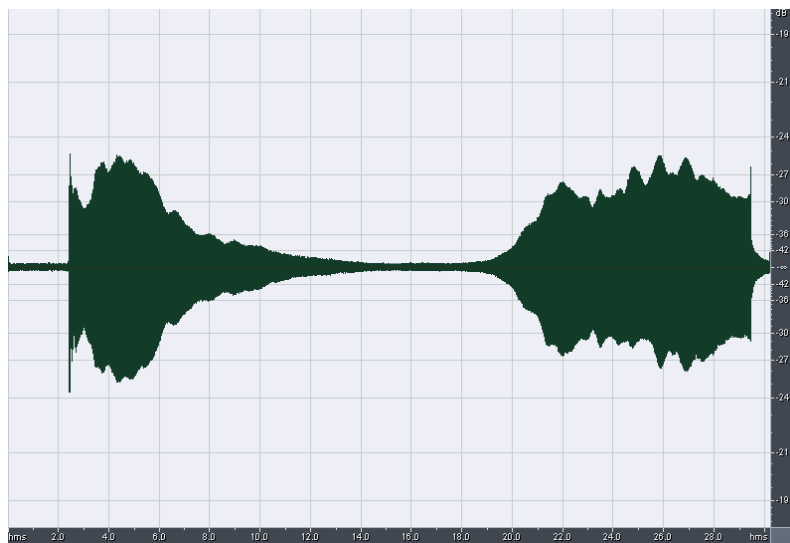


Рисунок 1 – Картина сигнала, получаемая при удалении датчика от двигателя на 0,5 метра.

На рисунке 1 видны момент пуска и остановки АД, уменьшение амплитуды сигнала при удалении и увеличение амплитуды при приближении датчика к двигателю. На наибольшем удалении электромагнитного датчика от электродвигателя величина сигнала практически сравнивается с собственным фоном всей измерительной установки, т.е. на расстоянии 0,5 м сигнал практически отсутствует. Это дает возможность производить диагностику двигателей в сложных установках, где находится 2 и более АД.

Кроме того, была проведена серия опытов, в которой снимались характеристики с двигателя без дефектов. Полученные картины амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) отличаются друг от друга не более, чем на 0,02% от общей амплитуды сигнала. Ввиду этого было принято, что гармонический состав у двигателя без дефектов стабилен, как видно из рисунка 2, и может быть рассмотрен как эталонный.

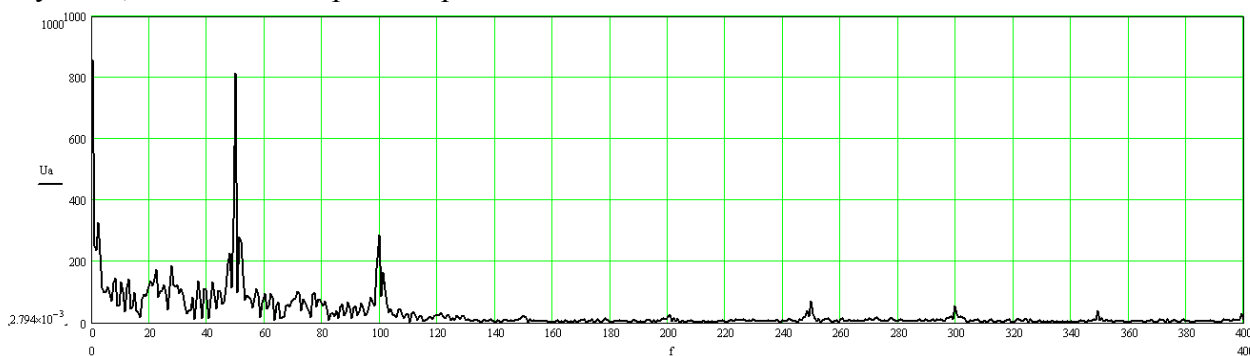


Рисунок 2 – Гармонический состав ВМП двигателя без дефектов.

Данный гармонический спектр характеризует двигатель до появления в нем дефектов. При этом ярко выражены первая (50 Гц) и вторая (100 Гц) гармоники, а остальные имеют небольшую амплитуду и на общем фоне не выделяются.

Для достижения поставленной цели, авторами были смоделированы межвитковое и межфазное замыкания. Искусственное замыкание между различными витками (фазами) создавалось при помощи предварительно выведенных наружу из обмотки статора выводов. Для имитации переходного сопротивления изоляционного слоя к выводам подключалось переменное сопротивление (реостат). Это позволяло регулировать значение тока в короткозамкнутом контуре и получать различные степени тяжести исследуемых повреждений. Более того, данный подход предотвратил преждевременный выход из строя испытуемого двигателя.

Полученные АЧХ ВМП, показанные на рисунках 3 и 4, резко отличаются от эталонного.

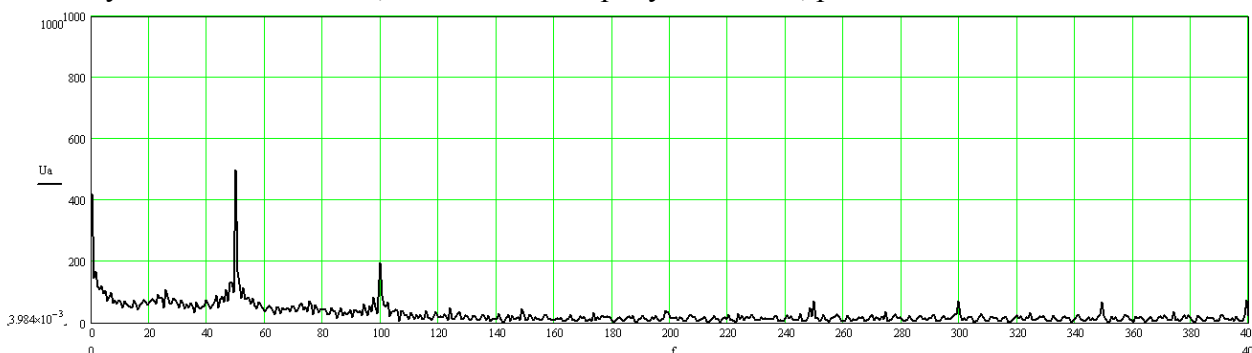


Рисунок 3 – Гармонический состав ВМП двигателя с межвитковым замыканием.

Из рисунка 3 видно, что амплитуды первой и второй гармоники (50 и 100 Гц) уменьшились почти на 40% относительно первоначального значения, а пятая, шестая и седьмая (250, 300 и 350 Гц) остались без изменения.

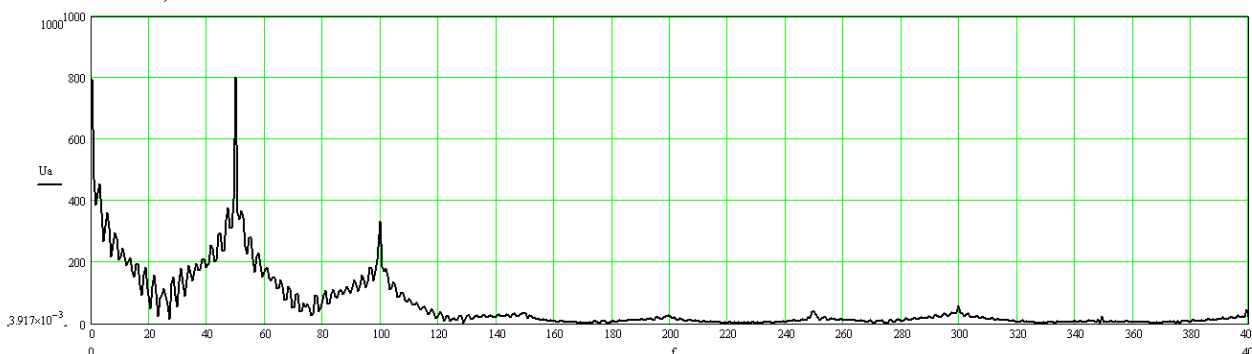


Рисунок 4 – Гармонический состав ВМП двигателя с межфазным замыканием.

В настоящее время производится обработка и статистический анализ полученной в ходе экспериментальных исследований информации. В результате планируется получить аналитические зависимости между видом, степенью развития дефекта и формой спектра ВМП АД, которые лягут в основу разрабатываемой системы оценки технического состояния и прогноза вероятности безотказной работы асинхронных двигателей, эксплуатирующихся в неблагоприятных условиях сельскохозяйственного производства.

#### МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КОРТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Веденев В.Н. – студент гр. Э-11, Кононенко М.Ю. – студент гр. Э-11  
Тонких В.Г. – аспирант, Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Данные, полученные при системном анализе парка электродвигателей ряда предприятий Алтайского края, обозначили тенденцию сокращения срока службы асинхронных двигателей



(АД) малой мощности. Особенно ярко данная проблема выражена в агропромышленном комплексе.

В ходе лабораторных исследований, проведенных в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова путем ускоренного старения изоляции АД, моделирования витковых и межфазных замыканий обмоток, была установлена зависимость между спектром гармоник внешнего магнитного поля (ВМП) электрического двигателя и видом дефекта. Таким образом, выполненные научные исследования доказали, что развитие дефектов электродвигателя так или иначе влияет на изменение его внешнего магнитного поля, вследствие чего представляется целесообразным разработать неразрушающих методов диагностики АД по анализу их ВМП.

Более того, результаты данных исследований позволили установить, что анализ спектра внешнего магнитного поля асинхронного двигателя дает возможность получить достоверную информацию не только о виде дефекта, но и о степени его развития. При этом, в ходе проведения названных исследований процесс перехода состояния электродвигателя от нормального к аварийному рассматривался как стохастический.

Разработанная на базе информационно-логического анализа математическая модель, описывающая вышеназванный переход двигателя от нормального состояния работы к аварийному, позволила не только оценивать текущее состояние АД, но и осуществлять прогноз его остаточного ресурса. При этом выбранный авторами математический аппарат дает возможность наиболее оптимально адаптировать методику под конкретное предприятие или технологический процесс.

Подводя итог вышесказанному, необходимо отметить, что помимо новой, разработанной авторами методики диагностики асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, в основу которой был положен анализ взаимосвязи между степенью развития дефектов двигателя и его ВМП, предложено оригинальное решение проблемы планирования ремонтов парка электродвигателей сельскохозяйственных предприятий путем оценки состояния и остаточного ресурса АД на основе результатов их диагностики. Данная система позволит оптимизировать распределение финансовых средств предприятия на ремонт и техническое обслуживание технологического электрооборудования.

Названная методика диагностики внедрена в испытательном режиме в хозяйстве «Центральное» Калманского района Алтайского края. На основе результатов испытаний будет дана оценка экономического эффекта, получаемого при применении рассмотренной системы.

## О СИММЕТРИРУЮЩИХ СВОЙСТВАХ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХемой СОЕДИНЕНИЯ «ЗВЕЗДА – ЗИГЗАГ» 11 ГРУППЫ СОЕДИНЕНИЯ

Разумова Н.В. – студент гр. Э-11

Упит А.Р. – доцент

Разумов В.В. – зам. главного директора ОАО «Алттранс»

Для объективной оценки симметрирующих свойств, вообще любых конструкций трансформаторов, несимметричный режим представляется в виде трех гармонических составляющих прямой, обратной и нулевой последовательностей. Нулевая последовательность создается гармониками кратными трем (3, 6, 9, и т.д.).

При таком подходе работа любого трансформатора в несимметричном режиме легко анализируется, а его векторная диаграмма строится путем последовательного векторного сложения всех трех составляющих.

Прямая последовательность является основной и совпадает по фазе с системой векторов симметричного режима, а обратная и нулевая последовательности появляются только в несимметричном режиме и обе в одинаковой степени влияют на угловые и размерные параметры фазных и линейных токов и напряжений.

Токи и напряжения обратной последовательности являются симметричными, как и прямой, только вращаются они с ней встречно. При этом, несмотря на то, что обратная последовательность вносит существенные искажения в направления и величины фазных токов и на-

пряжений, она не выходит за пределы фазных обмоток и, после ее векторного сложения с прямой последовательности, результирующий ток в нулевой точке остается равным нулю. Отсюда можно сделать вывод, что любые симметрирующие конструкции, созданные на базе схемы соединений  $Y/Y_n-0$ , будут не эффективными, так как не смогут выявить одну из составляющих несимметричного режима.

В трансформаторе со схемой  $Y/Y_n-0$ , гармоники кратные трем (нулевая последовательность), в силу совпадения направления всех своих фазных векторов, направлена в нулевую точку и замыкается через нагрузку. Из этого следует, что симметрирующие конструкции, создаваемые на базе трансформатора со схемой  $Y/Y_n-0$  и предназначенные для компенсации только нулевой последовательности, должны создавать адекватный ей магнитный поток, направленный встречно потоку создавшему его. Тогда, такое устройство должно иметь количество витков, равное количеству витков фазной обмотки (без учета потерь и неоднородности потокосцепления). При этом, если учесть, что проводник такого компенсатора должен иметь сечение не менее сечения фазного провода, становится понятным, что такая конструкция будет громоздкой и дорогой, к тому же реагирующей только на  $3I_0$ .

Теперь рассмотрим реакцию на несимметричный режим трансформатора со схемой соединения  $Y/Z_n-11$ . Для обеспечения 11-ой группы соединений, «зигзаг» обмотки выполняются равноплечими, т.е. количество витков на разных стержнях магнитопровода одинаково (схема соединения и векторная диаграмма приведены на рисунке 1). Благодаря такой схеме соединения, влияние обратной последовательности на искажение фазных токов и напряжений в несимметричных режимах заметно ослабляется, а влияние нулевой последовательности – за счет взаимного вычитания одинаково направленных и равных по величине полувекторов в смежных полуобмотках каждой фазы, полностью компенсируется.

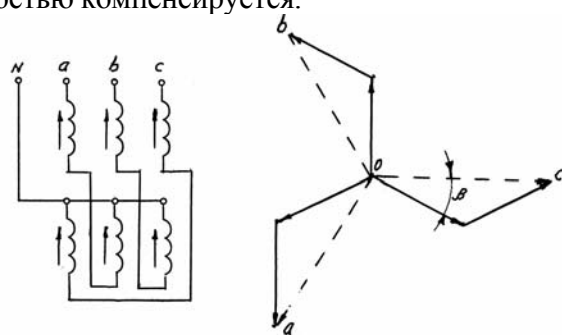


Рисунок 1

Для наглядности, на рисунке 2, приведена совмещенная векторная диаграмма для трансформаторов со схемами соединения  $Y/Y_n-0$  и  $Y/Z_n-11$  в одинаковом несимметричном режиме.

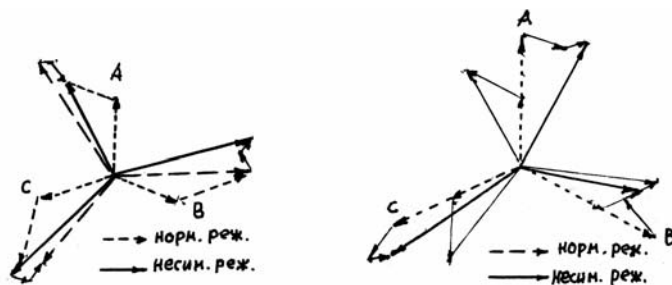


Рисунок 2

В трансформаторе со схемой соединения  $Y/Z_n-11$ , происходит значительное ослабление влияния токов обратной последовательности (примерно 1,5 раза) и полная компенсация токов нулевой последовательности.

Трансформатор со схемой  $Y/Z_n-11$  свободно размещается в том же баке, что и аналог по мощности со схемой  $Y/Y_n-0$  и их стоимость отличается незначительно.

## СИММЕТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ 6 – 10/0,4 кВ

Упит А.Р. - доцент

Разумов В.В. – зам. главного директора ОАО «Алттранс»

В сети 0,4 кВ с заземленной нейтралью применяются трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-ноль» (Y/Yn). Распределительные трансформаторы этого класса непосредственно контактируют с нагрузками конечных потребителей, где преобладающими являются однофазные нагрузки и, поэтому, они наиболее подвержены влиянию несимметричных режимов.

Причинами несимметричных режимов является неравномерная нагрузка по фазам, от включения однофазных потребителей, обрыв провода, удаленное однофазное короткое замыкание, преобладание различных по характеру реактивных нагрузок на смежных фазах и т. д.

Во многих организациях, различными авторами предлагаются разнообразные симметрирующие устройства для силовых трансформаторов [1 - 4].

Наиболее приемлемой, с точки зрения технико-экономических показателей, является конструкция симметрирующего устройства, предложенная в БАТУ. Однако, авторы, подробно обосновав все положительные достоинства, не указали о наличии существенных недостатках их конструкции (трансформатор плюс симметрирующее устройство, СУ). Авторы предлагают СУ представляющее собой отдельную обмотку, в виде банджа уложенную по верх обмотки высокого напряжения трансформатора со схемой соединения Y/Yn (рисунок 1). Обмотка СУ включается в рассечку нулевого провода из расчета на то, что при несимметричной нагрузке и появления тока в нулевом проводе создаваемые в магнитопроводе потоки нулевой последовательности в рабочих обмотках трансформатора компенсируются противоположно направленными потоками нулевой последовательности от обмотки СУ.

Векторные диаграммы для несимметричного режима по амплитуде тока и напряжения, без угловой несимметрии, показаны на рисунке. 2.

Как видно из диаграмм (рисунок 2) такая конструкция СУ вызывает угловую несимметрию, что влияет на качество отпускаемой электрической энергии. Снижение сопротивления нулевой последовательности существенно увеличивает ток однофазного короткого замыкания и увеличивает электродинамические нагрузки на обмотку СУ. Магнитный поток, от  $3I_0$  замыкаясь по крышке, стенке и днищу бака трансформатора создает дополнительные потери электрической энергии в активной части сердечника. Обмотка СУ сокращает зазор по пути циркуляции охлаждающего потока масла, а для сохранения необходимых условий охлаждения, требуется увеличения габаритов трансформатора.

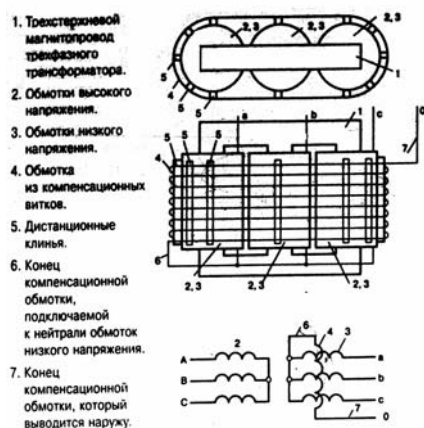


Рисунок 1

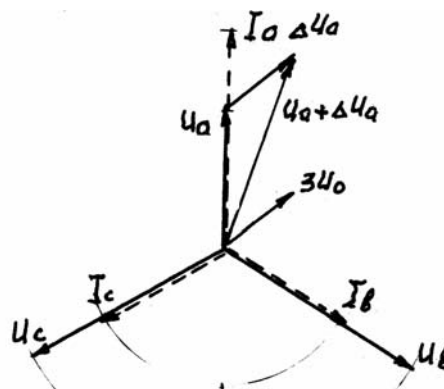


Рисунок 2

Предлагается иная конструкция симметрирующего устройства, которая исключает все перечисленные недостатки выше приведенного СУ. На стержне магнитопровода каждой фазы выполняется дополнительная обмотка (4 – 8 витков), в зависимости от «вольт на виток» и

включается в работу через контакты контакторов, как показано на рисунке 3, при появлении несимметрии фазного напряжения. Векторная диаграмма для снижения напряжения  $U_a$  представлена на рисунке 4. В этом случае срабатывает контактор 1КМ и замыкает контакт 1КМ<sub>1</sub> и замыкает контакт 1КМ<sub>2</sub>, включается обмотка  $\Delta U_a$ . В этом случае увеличивается напряжение на фазе А. При снижении напряжения  $U_d$ , срабатывает контактор 2КМ, размыкается 2КМ<sub>1</sub> и замыкается контакт 2КМ<sub>2</sub>, добавляется напряжение на фазе В. При снижении напряжения  $U_c$ , срабатывает контактор 3КМ, включается в работу  $\Delta U_c$ , увеличивается напряжение на фазе С.

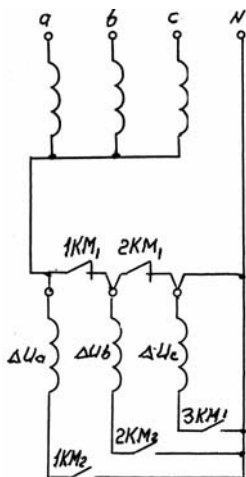


Рисунок 3

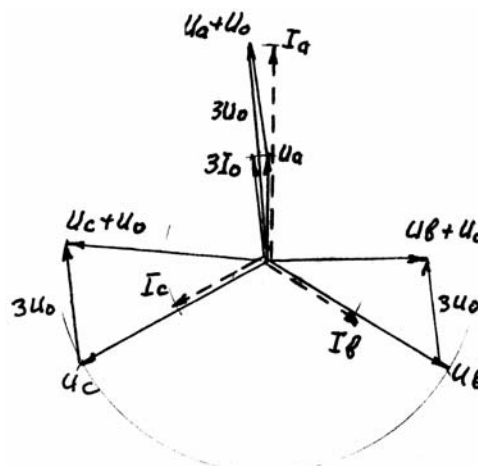


Рисунок 4

Срабатывание контакторов при возникновении несимметрии должно происходить с задержкой по времени, это позволит отстроиться от времени действия токов короткого замыкания. При такой конструкции СУ магнитный поток не замыкается по крышке, корпусу и днищу, значительно снижается асимметрия по углу и практически ликвидируется асимметрия по амплитуде напряжения.

Опытный образец данного устройства предполагается изготовить на предприятии ОАО «Алттранс» г. Барнаула.

#### Литература

1. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. - М.: Транспорт, 1982, с. 31, описание изобретения (19) RU (11) 2224317 (13) С2, Московский государственный университет путей сообщения;
2. Описание изобретения, Устройство для стабилизации напряжения трансформаторной подстанции (19) RU (11) 2159004 (13) С1, Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет;
3. Описание изобретения, Трехфазно – трехфазный симметрирующий трансформатор (19) RU (11) 93034018 (13) А, заявитель и изобретатель Вертинский П.А.;
4. Симметрирующее устройство для трансформаторов. Средство стабилизации напряжения и снижения потерь в сетях 0,4 кВ, Анатолий Сердешников и др., БАТУ, г. Минск, Беларусь, Новости Электро Техники, 1(31) 2005.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ЕГО РЕМОНТА

Рыбаков В.А. – аспирант

Хомутов С.О. – к.т.н., профессор, Хомутов О.И. - д.т.н., профессор

При анализе ситуации, сложившейся в агропромышленном комплексе России и стран СНГ, было выявлено, что показатели надежности установленного в данном секторе производства электрооборудования являются неудовлетворительными. Это привело к появлению двух серьезных проблем: снижение экономической эффективности использования агропро-

мышленного оборудования в результате значительного времени его простоя и увеличению затрат на поддержание работоспособности электроэнергетических мощностей хозяйств.

Основными причинами существования первой проблемы являются недостаточное, несвоевременное и неоптимальное выделение и распределение денежных средств на ремонт электрооборудования.

Объем выделяемых средств изменить достаточно сложно, но можно спланировать их оптимальное использование путем применения разработанной математической модели процесса эксплуатации и ремонта электрооборудования.

Исходными данными для созданной математической модели являются количество, мощность и времена безотказной работы каждого из установленных в хозяйстве электродвигателей. Также необходимы сведения об убытках вследствие простоя электрооборудования. Для оценки времени безотказной работы возможно использование любого из существующих методов диагностики электродвигателей. Их сравнительный анализ показал, что в данной работе наиболее эффективным будет использование метода затухающих волновых колебаний, как наиболее простого в использовании и обладающего достаточно высокой точностью прогнозирования.

Определение продолжительности ожидания ремонта вышедших из строя электродвигателей при различных вариантах выделения и распределения денежных средств производится следующим образом.

Введем следующую терминологию: каждый вышедший из строя электродвигатель назовем запросом на обслуживание, рабочую единицу ремонтного предприятия, способную за некоторый период отремонтировать двигатель – восстанавливающим элементом или линией обслуживания.

Рассмотрим полнодоступный пучок обслуживающих линий с ожиданием. Поступившему запросу на обслуживание приходится ждать обработки тогда и только тогда, когда он застает все  $n$  линий занятыми. На первый план выходит такая величина, как вероятностью ожидания. Эта величина играет значительную роль в оценке качества работы пучка. Однако, ее роль сравнительно невелика, так как, если даже значительному большинству вызовов приходится ожидать, обслуживание должно быть признано вполне удовлетворительным во всех тех случаях, когда промежутки ожидания оказываются в своем большинстве очень малыми. Решающую роль играет не частота ожидания, а природа времени ожидания  $\gamma$  как случайной величины. Конечной целью исследования данного полнодоступного пучка линий с ожиданием служит отыскание закона распределения времени ожидания  $\gamma$ .

Используя математический аппарат теории массового обслуживания, определяются:

- продолжительности ожидания ремонта электродвигателей;
- загруженность оборудования;
- общая рентабельность предприятия.

Знание данных показателей позволяет спланировать расходы на ремонт и обслуживание электрооборудования

Одним из путей решения проблемы высоких затрат на поддержание работоспособности электрооборудования является отыскание оптимальных методик его ремонта с учетом уже проведенных ремонтов и подробного анализа остаточных повреждений.

При любом ремонте электродвигатель подвергается механическим и термическим воздействиям, которые определенным образом нарушают его внутреннюю структуру, что негативным образом влияет на параметры его дальнейшей эксплуатации. Задачей данного исследования было количественное определение данных повреждений, и параметров их “суммирования” при проведении серии ремонтов электродвигателей.

В ходе исследования ремонт двигателя разбивается на ряд взаимно независимых ремонтов его основных узлов, таких как статор, ротор, подшипниковый узел. Далее, на основе данных о повреждениях каждого из этих узлов выводится суммарный коэффициент остаточного повреждения всего электродвигателя и проводится оценка остаточного срока его эксплуатации.

Данная методика проходит апробацию в ряде агропромышленных хозяйств Алтайского края. При минимальных затратах на внедрение, средняя экономия денежных средств на эксплуатацию оборудования составляет около 15 %, позволяет говорить о ее высокой экономической эффективности.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОДНОМЕРНОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ НАХОЖДЕНИЯ ЕДИНИЧНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ

Рыбаков В.А. – аспирант  
Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Процесс эксплуатации электрооборудования любого агропромышленного предприятия можно рассмотреть как марковский процесс “гибели и размножения” с непрерывным временем.

На первом этапе работы необходимо получить предельные зависимости вероятностей состояния каждого из двигателей от времени.

Рассмотрим электродвигатель, который может находиться в одном из двух состояний:  $S_1$  – двигатель исправен (работает);  $S_2$  – двигатель неисправен (находится в ремонте или ожидает замены на аналогичный).

На двигатель, находящийся в состоянии  $S_1$ , действует поток отказов с интенсивностью  $\lambda(t)$ , переводящий двигатель в состояние  $S_2$ . На двигатель, находящийся в состоянии  $S_2$ , действует поток восстановлений с интенсивностью  $\mu(t)$  (рисунок 1); оба потока пуассоновские, независимые.

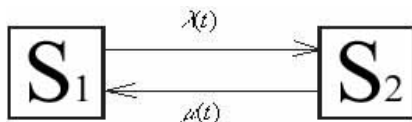


Рисунок 1 – Возможные состояния электродвигателя

Уравнения Колмогорова для данной системы имеют вид

$$\begin{aligned} dp_1(t)/dt &= p_2(t)\mu(t) - p_1(t)\lambda(t) \\ dp_2(t)/dt &= p_1(t)\lambda(t) - p_2(t)\mu(t) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $p_1(t)$  и  $p_2(t)$  – вероятности нахождения двигателя в состояниях  $S_1$  и  $S_2$  соответственно.

$p_1(0) = 1$ , так как двигатель исправен в начальный момент времени. Нормировочное условие:  $p_1(t) + p_2(t) = 1$ , откуда

$$p_2(t) = 1 - p_1(t) \quad (2)$$

Подставив выражение (2) вместо  $p_2(t)$  в первое уравнение системы (1), и отбросив второе, получим одно дифференциальное уравнение с одной неизвестной функцией  $p_1(t)$ :

$$dp_1(t)/dt = [1 - p_1(t)]\mu(t) - p_1(t)\lambda(t) \quad \text{или} \quad dp_1(t)/dt + [\mu(t) + \lambda(t)]p_1(t) = \mu(t) \quad (3)$$

Решив это линейное дифференциальное уравнение с переменными коэффициентами, при начальном условии  $p_1(0) = 1$ , получим

$$p_1(t) = e^{-\int_0^t [\lambda(\tau) + \mu(\tau)] d\tau} \left[ \int_0^t \mu(\tau) e^{\int_0^{\tau} [\lambda(x) + \mu(x)] dx} d\tau + 1 \right] \quad (4)$$

Вычисление  $p_1(t)$  при произвольных зависимостях  $\mu(t)$  и  $\lambda(t)$  достаточно трудоемко. Часто оказывается непосредственный численный метод решения уравнения (3) на ЭВМ более простым и менее трудоемким (особенно с учетом большого количества имеющегося на

сегодняшний день соответствующего программного обеспечения и высокой производительности современных ЭВМ).

Если финансовое положение хозяйства стабильно и средства на ремонт выделяются равномерно, а качество ремонта не зависит от времени, (ремонт производится на одном и том же предприятии), то можно рассмотреть частный случай, когда интенсивности  $\mu(t)$  и  $\lambda(t)$  не зависят от времени:

$$\mu(t) = \mu = const, \lambda(t) = \lambda = const \quad (5)$$

Решение по формуле (4) оказывается трудоемким и проще будет решить линейное дифференциальное уравнение, в которое превратится уравнение (3) при  $\mu(t) = \mu, \lambda(t) = \lambda$  и при начальном условии  $p_1(0) = 1$ ;

$$dp_1(t)/dt + (\lambda + \mu)p_1(t) = \mu$$

Решив это уравнение, получим:

$$p_1(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}, \quad (6)$$

откуда

$$p_2(t) = 1 - p_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} (1 - e^{-(\lambda + \mu)t}) \quad (7)$$

Графики зависимостей  $p_1(t)$  и  $p_2(t)$  ( $\mu > \lambda$ ) показаны на рисунке 2. При  $t \rightarrow \infty$  в системе устанавливается стационарный режим, для которого вероятности  $p_1, p_2$  уже не зависят от времени и равны:

$$p_1 = \lim_{t \rightarrow \infty} p_1(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu},$$

$$p_2 = \lim_{t \rightarrow \infty} p_2(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}. \quad (8)$$

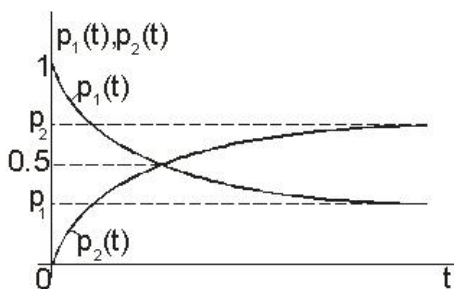


Рисунок 2 – Стационарный режим состояний электродвигателя

В стационарном режиме электродвигатель будет менять свое состояние, переходя из  $S_1$  в  $S_2$  и обратно, но вероятности этих состояний уже не зависят от времени. Их можно истолковать, как среднее относительное время пребывания электродвигателя в соответствующих состояниях  $S_1$  и  $S_2$ .

Зная распределение (8), а также величины прибыли и убытков за каждый день работы или простоя электродвигателя, можно найти объем прибыли, приносимой каждым двигателем за некоторый период:

$$P = Ap_1 - Bp_2 = A \frac{\mu}{\lambda + \mu} - B \frac{\lambda}{\lambda + \mu}, \quad (9)$$

где  $P$  – общая прибыль, руб/период;

$A$  – прибыль, приносимая исправным двигателем, руб/период;

$B$  – убытки от каждого неисправного двигателя, руб/период.

Однако, средства, затраченные на ремонт электродвигателя напрямую зависят от интенсивности потока его восстановления  $\mu$ . Данную зависимость можно описать выражением  $C(\mu)$ , отыскание вида которой будет произведено во второй части данной работы.

Таким образом, для того, что бы формула (9) была полностью верна, необходимо записать ее следующим образом:

$$P = A \frac{\mu}{\lambda + \mu} - B \frac{\lambda}{\lambda + \mu} - C(\mu) \quad (10)$$

При планировании нового финансового периода определяется объем денежных средств, выделяемых на обслуживание парка электрооборудования. Интенсивность потока восстановления электродвигателя является прямой зависимостью от объема выделенных на его ремонт средств, и, соответственно, в течение данного периода меняться не будет. Интенсивность потока отказов может зависеть от времени только в том случае, если в течение текущего периода меняются внешние условия работы электродвигателя. В большинстве случаев они постоянны на протяжении всего срока службы оборудования. Исключением является подключения исправного двигателя к другому типу нагрузки, что в условиях сельского хозяйства маловероятно. Отсюда следует, что в условиях сельскохозяйственного производства можно принять  $\mu = const, \lambda = const$ , и выражение (10) является адекватным и может быть использовано при практических расчетах.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Кондратьев М.В., Назарчук С.Н. – студент Э-14  
научный руководитель: Полухин О.В.

Решение известной задачи исследования дугового короткого замыкания предполагает автоматизацию процесса получения предельных характеристик пережога, соответствующих дуговым КЗ, и обработки полученной информации с целью формирования полных баз данных о характеристиках пережога. При этом техническое обеспечение указанного исследования реализуется как измерительно-вычислительный комплекс – автоматизированное средство измерения и обработки информации представляющее собой совокупность программно-управляемых средств.

Общая схема измерительно-вычислительного комплекса состоит из экспериментальной электрической части и системы обработки информации и управления.

Система обработки информации и управления решает следующие задачи:

- принимает сигнал соответствующий текущему значению величины тока;
- производит цифровую обработку сигнала;
- сохраняет полученные значения характеристик пережога в базе данных;
- обеспечивает управление и автоматизацию проведения опытов.

Система обработки информации и управления включает в себя:

- персональный компьютер, предназначенный для фиксации результатов опытов и управления проведением опытов;
- блок сопряжения, предназначен для согласования сигналов между ПЭВМ и блоком цифровой обработки и управления;
- блок цифровой обработки и управления, выполняет аналого-цифровое преобразование входного сигнала и координирует работу других блоков по сигналам с ПЭВМ;
- блок аналоговой обработки сигнала, осуществляет первичное преобразование сигнала;
- блок питания;
- специализированное программное обеспечение.



## Схема исследования

На схеме обозначены:

S1 – напряжение, снимаемое с одного из участков ограничивающего сопротивления, пропорциональное току дугового к.з.

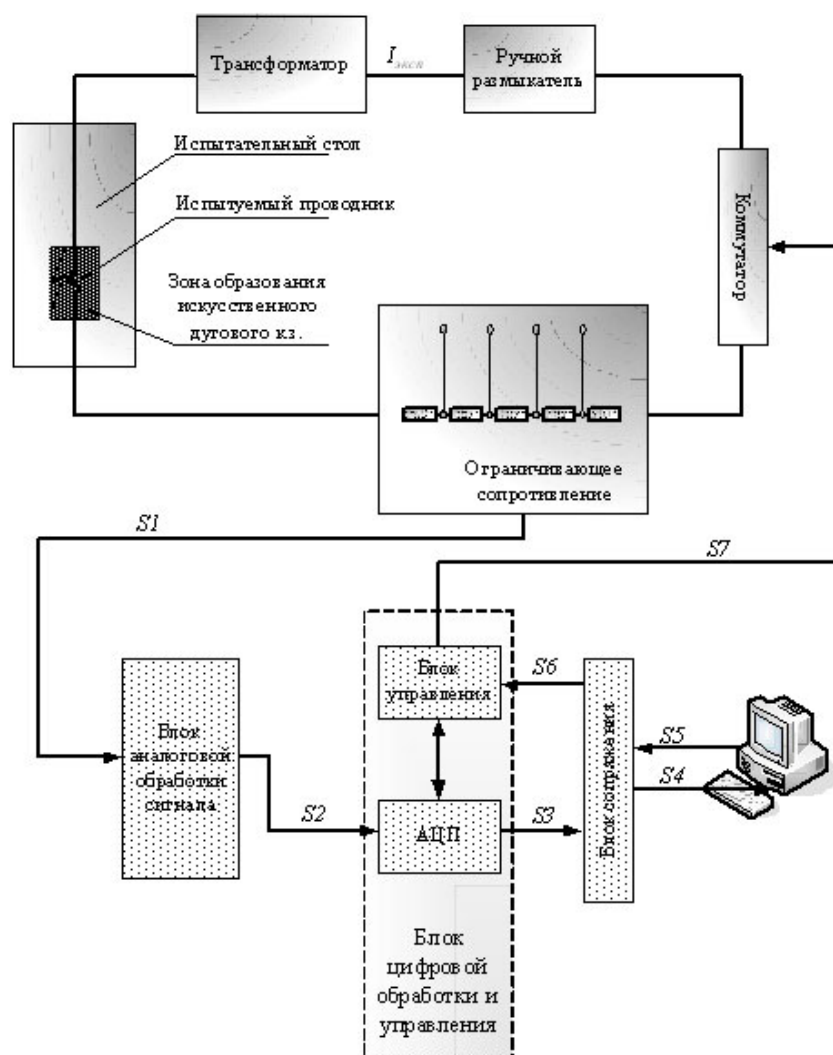
S2 – аналоговый сигнал, пропорциональный току дугового к.з., подготовленный для аналого-цифрового преобразования.

S3, S4 – цифровой сигнал, соответствующий величине тока дугового к.з.

S5, S6, S7 – управляющие сигналы.

$I_{\text{экс}}$  – ток дугового к.з., протекающий в экспериментальной цепи.

В начальный момент времени экспериментальная цепь разомкнута. Замыкание цепи предусмотрено с помощью коммутатора. Ручной размыкатель замкнут. Он служит для размыкания экспериментальной электрической цепи в случае наступления какой-либо нештатной ситуации, либо в случаях, оговоренных в инструкции по эксплуатации аппаратного модуля. Начало опыта инициируется сигналом с ПЭВМ (S5). Сигнал на начало опыта передается через блок сопряжения на блок управления блока цифровой обработки и управления (S6). Блок управления выдает сигнал на коммутатор (S7), а также, взаимодействует с АЦП. Коммутатор, получив запускаящий сигнал, замыкает экспериментальную электрическую цепь. Трансформатор обеспечивает необходимый диапазон значений силы тока. В каждом конкретном опыте величина тока регулируется с помощью ограничивающего сопротивления, имеющего отводы для указанной регулировки.



Таким образом, после замыкания коммутатора в экспериментальной электрической цепи начинает протекать ток к.з. В зоне образования искусственного дугового к.з., в месте замыкания испытуемого проводника на контактную поверхность, благодаря наличию специального слоя выполненного согласно технического решения RU 2249826 С2, возникает электрическая дуга. В каждый момент времени, после начала опыта, напряжение пропорциональное току к.з. снимается с одного из резисторов ограничивающего сопротивления (S1). Далее это напряжение поступает в блок аналоговой обработки сигнала.

С блока аналоговой обработки сигнал (S2) подается в АЦП блока цифровой обработки и управления. Двоичный код (S3) пропорциональный значению аналогового сигнала, через блок сопряжения поступает на параллельный порт ПЭВМ (S4) и далее фиксируется в базе данных характеристик пережога. Опыт заканчивается разрывом цепи при пережоге испытуемого проводника либо сигналом с ПЭВМ на размыкание коммутатора.

Необходимость фиксации результатов большого числа опытов обусловили введение в установку в качестве регистрирующего устройства компьютер. Тем самым, получена возможность создать и пополнять базу данных характеристик пережога проводов. Таким образом, установка предстает как информационно-измерительная система.

Построение системы сбора и обработки информации на базе ПК предполагает наличие двух важных составляющих:

- устройства, осуществляющего преобразование входного сигнала в форму пригодную для обработки на ЭВМ и ввод этого сигнала; ввод сигнала может быть осуществлен либо через порты компьютера (COM, LPT, USB и др.), либо через шины компьютера (ISA, PCI).
- программного обеспечения, осуществляющего обработку входной информации, представление её в удобной форме, а также управление информационно-измерительной системой.

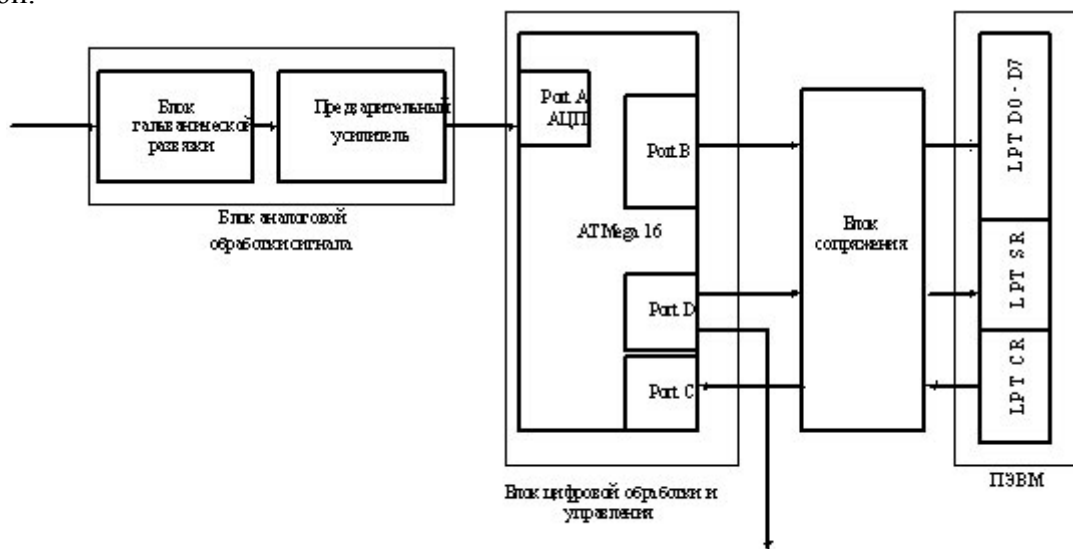


Схема связи с ПЭВМ

Схема связи с ПЭВМ через EPP-порт.

Блок цифровой обработки и управления

Центральным элементом блока управления и преобразования является микроконтроллер ATmega16, осуществляющий функции управления блоком сопряжения, аналого-цифрового преобразования сигнала и обмена информацией с компьютером. ATmega16 представляет собой 8-разрядный RISC микроконтроллер, имеющий быстрое процессорное ядро, Flash-память программ ROM, память данных SRAM, порты ввода/вывода, 10-ти разрядный 8-канальный АЦП и другие периферийные устройства.

Выбор данного микроконтроллера обусловлен, помимо прочего, имеющейся поддержкой режима фоновой отладки. В режиме фоновой отладки программный код выполняется са-

мим целевым микроконтроллером, при этом достигается полное совпадение временных и электрических параметров системы в отладочном и штатном режимах. Управление фоновой отладкой осуществляется по JTAG-интерфейсу, имеющемуся в составе микроконтроллера. Устройством, реализующим протокол управления, является JTAGICE.

JTAGICE также используется в качестве внутрисхемного программатора.

## АВАРИЙНОСТЬ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10КВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

В.И.Мозоль, аспирант АлтГТУ

Научный руководитель: Мусин А.Х., доктор тех. наук, профессор

За последние годы в электроэнергетике России произошли радикальные перемены, возникло множество экономических и технических проблем, оказывающих негативное влияние на надежность электроснабжения. Современное состояние экономики вызвало резкое сокращение объема инвестиций в электроэнергетику, что привело, в частности, к снижению темпов ввода нового электрооборудования. В связи с этим становится актуальным вопрос о прогнозировании аварийности электрооборудования и продлении сроков его службы сверх принятого нормативного ресурса.

Особую актуальность имеют эти вопросы для находящегося в критическом состоянии жилищно-коммунального хозяйства страны, в частности, для распределительных электрических сетей напряжением 6-10кВ населенных пунктов.

На территории Алтайского края распределительные электрические сети напряжением 6-10кВ населенных пунктов обслуживаются государственным унитарным предприятием коммунальных электрических сетей «Алтайкрайэнерго». На балансе предприятия находятся:

- 2400 трансформаторных подстанций 10/0.4 кВ с общей установленной мощностью 630 МВА,
- 27 распределительных пунктов,
- 1500 км воздушных ЛЭП 6-10 кВ,
- 5300 км воздушных ЛЭП 0.4 кВ,
- 500 км кабельных ЛЭП 6-10 кВ,
- 300 км кабельных ЛЭП 0.4 кВ.

По распределительным электрическим сетям передано в 2003 году более 400 миллионов кВт-часов электрической энергии, получено от потребителей оплата за электроэнергию около 400 миллионов рублей. Структура потребления электроэнергии характеризуется следующими усредненными данными:

- население – 50%,
- бюджетные организации – 10%,
- производственные потребители – 40%.

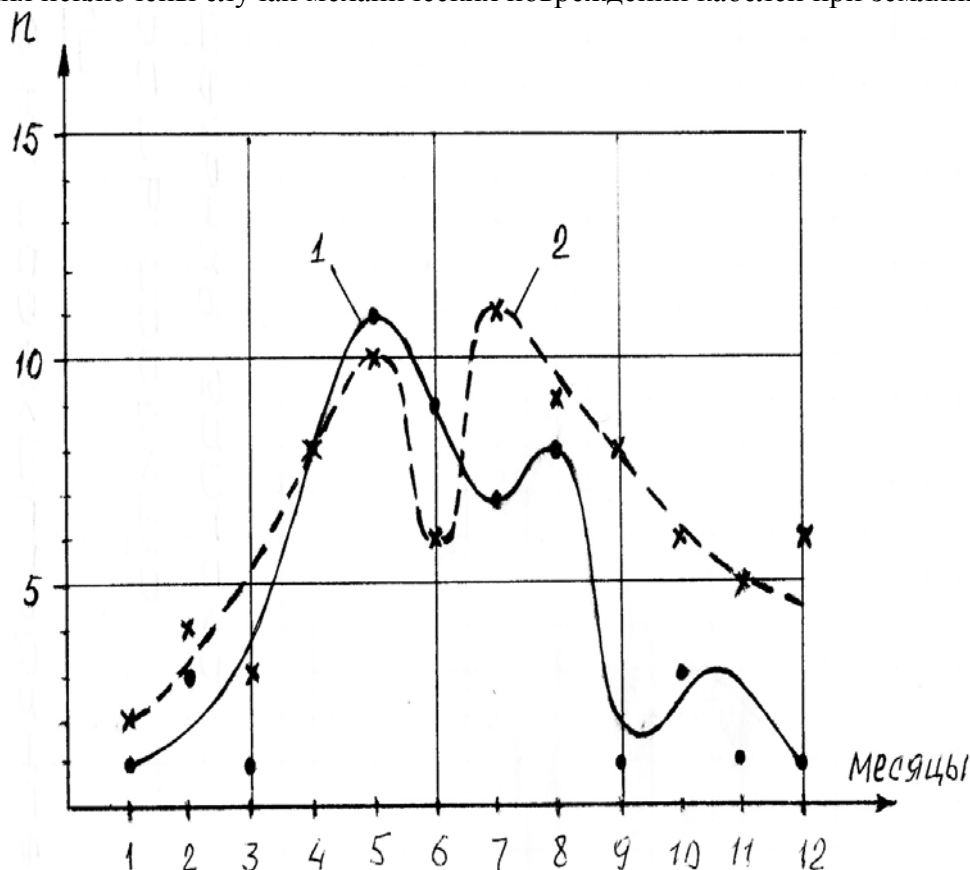
Производственные потребители связаны в основном с сельским хозяйством – это производство, хранение и переработка сельхозпродукции, сельскохозяйственное машиностроение, сельскохозяйственная строительная индустрия, торговля, предпринимательство, услуги и т.п. Население также связано в основном в сельскохозяйственной сфере.

Основную долю рассматриваемых населенных пунктов составляют районные центры, имеются более мелкие населенные пункты, а также средние и малые города. Крупные города (Барнаул и Бийск) не входят в структуру предприятия «Алтайкрайэнерго» и исключены из рассмотрения.

Основной задачей персонала предприятия «Алтайкрайэнерго» в сложившихся условиях является поддержание электрических сетей в работоспособном состоянии, износ которых на сегодня составляет 67%. Основным показателем, характеризующим уровень работоспособности электрических сетей, является аварийность. Изучение аварийности целесообразно с точки зрения выявления причин и разработки мероприятий по ее ограничению на некотором приемлемом уровне. Говоря о приемлемом уровне аварийности, авторы исходят из концеп-

ции приемлемого риска [1], где уровень приемлемого риска определяется уровнем развития экономики, науки и техники сегодняшнего дня.

Ниже для примера приводятся сведения об аварийности в распределительных электрических сетях 10кВ города Заринска с числом жителей 24 тыс. человек. Распределительная сеть содержит 65км воздушной и 35км кабельной ЛЭП. Сведения приведены за пятилетний период с 1999 по 2003 годы. За рассматриваемый период произошло аварий в воздушных сетях – 78, в кабельных – 54 штук. Наибольший ущерб нанесен от аварий в кабельных сетях. Распределение числа аварий по месяцам года за пять лет приведено на рисунке, где кривые 1 и 2 относятся, соответственно, к кабельным и воздушным ЛЭП. Для кабельных линий из рассмотрения исключены случаи механических повреждений кабелей при земляных работах.



Из рисунка (кривая 1) видно, что повреждаемость кабелей в течение года непостоянна. Имеется три характерных пика повреждаемости, чередующихся со спадами: первый приходится на апрель, второй на июль, третий (меньше первых двух) – на октябрь. Пики повреждаемости возникают с периодичностью в три месяца. Перед первым пиком наблюдается период зимнего затишья.

Полученную зависимость повреждаемости кабелей от времени года можно объяснить следующим образом. Резкое повышение повреждаемости в апреле вызвано, в основном, общим потеплением погоды и связанными с ним неравномерным оттаиванием грунта и появлением паводковых вод, которые приводят к увеличению механических нагрузок на кабель (натяжение, провисание кабеля). Значительные деформации оболочки и изоляции сопровождаются появлением в них трещин, разрывов, расслоений и увлажнением изоляции. Все эти факторы приводят к ухудшению электрической прочности изоляции с последующим ее пробоем. При этом в изоляции возникают ослабленные места, постепенно переходящие в дефекты и, через некоторое время существования дефекта, проявляющиеся в виде второго пика повреждаемости в июле. Таким образом, причиной образования второго пика является развитие дефектов, не проявившихся в первом пике. Кроме того, второму пику способствует повышение температуры почвы в летний период, что для кабелей, проложенных в траншее,

ухудшает условия охлаждения, что, в свою очередь, вызывает ускоренное развитие дефектов и пробой изоляции.

Второй пик повреждаемости, аналогично первому, приводит к появлению ослабленных мест и способствует, наряду с осенним увлажнением грунта, появлению третьего пика в октябре. После третьего пика интенсивность образования ослабленных мест снижается. При этом в течение зимнего периода происходит накопление дефектов изоляции, не проявивших себя в виде повреждения до наступления весеннего потепления.

Таким образом, вероятность повреждения кабелей в данный момент времени зависит от ранее накопленных дефектов. Интервал между пиками показывает время существования дефекта, равное примерно трем месяцам. Это дает возможность обоснованного планирования графика профилактических испытаний и технического обслуживания, запаса материалов и оборудования, численности персонала и определения его специализации. График испытаний необходимо планировать согласно распределению повреждаемости по месяцам года.

Повреждаемость воздушных линий имеет, как видно из рисунка (кривая 2), также как и для кабельных линий, сезонный характер. Весной, в период общего увлажнения повреждаемость возрастает. После устранения дефектов в июне, повреждаемость снижается, затем опять увеличивается, что связано, видимо, с влиянием дождей. После устранения дефектов в августе повреждаемость опять снижается, достигая минимума в зимние месяцы.

Интересно отметить, что описанные статистические особенности повреждаемости распределительных электрических сетей носят устойчивый характер для многих населенных пунктов Алтайского края: Алейска, Славгорода, Новоалтайска и др. Знание этих особенностей позволяет разрабатывать обоснованные мероприятия по ограничению аварийности в распределительных электрических сетях.

#### Выводы

1. Повреждаемость распределительных электрических сетей 6-10кВ Алтайского края носит устойчивый характер.
2. Повреждаемость распределительных электрических сетей 6-10кВ в течение года непостоянна и носит сезонный характер.
3. Наибольшая повреждаемость имеет место в весенние месяцы.
4. Меры по ограничению аварийности должны учитывать сезонный характер повреждаемости.

#### Литература

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

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АКТИВЫ В ВИДЕ ПРАВ НА ПАТЕНТОСПОСОБНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ, ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ (ДАЛЕЕ НИОКР)

Щедрин Д.М., аспирант кафедры «ЭКО» Московского Энергетического Института,  
руководитель д.т.н., проф. Рогалев Н.Д.

Заведующий Кафедрой «ЭКО» Московского Энергетического Института

Закрепление соответствующих прав регулируется ст. 772 ГК РФ, ст. 8 Патентного закона РФ и может быть вариантным. В общем виде (ст. 772 ГК РФ) права, а, следовательно, и активы, могут принадлежать Исполнителю НИОКР, Заказчику или совместно обеим сторонам договора на НИОКР. Согласно Патентному закону РФ, основной путь – патентование с получением документа исключительного права. При этом составляется патентная заявка и заявителем может быть либо Исполнитель (как Работодатель по отношению к авторам – создателем служебной разработки), либо Заказчик (как правопреемник), которому по условиям договора на НИОКР передано право на получения патента.



Рис 1

В соответствии с условиями, предусмотренными договорами на НИОКР, патентообладателями могут стать (рис 1) любой из указанных заявителей, либо совместно обе стороны договора на НИОКР. Возможные варианты закрепления и распределения рассматриваемых интеллектуальных активов иллюстрируются схемами на рис 2, 3, 4.



Рис 2

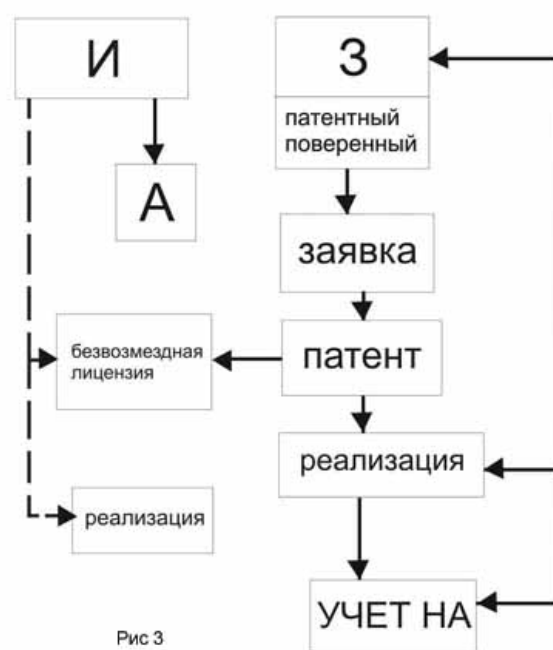


Рис 3

В варианте по рис 2 исполнитель НИОКР (И) подает патентную заявку, ведет по ней делопроизводство, получает патент на свое имя, вводит права, вытекающие из патента в хозяйственный оборот (реализация), как Работодатель выплачивает Авторам вознаграждение, ведет учет соответствующего нематериального актива (НА). Заказчик (З) получает безвозмездную неисключительную лицензию и в ее пределах использует патент. Достоинство этого варианта – максимальное стимулирование Авторов и Исполнителя на разработку и передачу Заказчику наилучшего решения. Недостаток – ограничение прав Заказчика.

Однако в большинстве случаев этот недостаток может быть сведен к минимуму, если в объем прав, предусмотренных неисключительной патентной лицензией, будет включено

право предоставления Заказчиком сублицензии третьим лицам на приобретаемые неисключительные права.



Рис 4

В варианте по рис. 3 Заказчик подает заявку (обычно через своего Патентного Поверенного) и становится единственным патентообладателем. Этот вариант, по существу менее эффективный в сравнении с предыдущим, встречается чаще, так как Исполнитель, как правило, соглашается с условиями Заказчика, чтобы получить заказ.

Основным недостатком этого варианта является то, что авторы оторваны от патентообладателя, в связи с чем, возникают проблемы с получением авторского вознаграждения, меньшая заинтересованность авторов (материальная и моральная) в качественном выполнении работы. Все это приводит к тому, что Заказчик теряет в качестве получаемого от Исполнителя решения и соответственно уменьшается сила оформляемого патента.

Схема рис 4 иллюстрирует вариант закрепления совместных исключительных прав путем оформления совместного патента. Тем самым недостаток варианта по рис 3 в значительной мере устраняется, однако, необходи-

мость реализации в интересах третьих лиц через соглашение может осложнить процесс выхода прав, вытекающих из патента, на рынок интеллектуальной собственности.

Литература

1. Гражданский кодекс РФ
2. Патентный закон РФ
3. Положения по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов» ПБУ 14/2000