

ПРОБЛЕМА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПРОВЕДЕНИЕ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ ФАЗНЫХ ТОКОВ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Хомутов О.И. – д.т.н., профессор, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент, Смирнов А.А. – аспирант
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Эксплуатационная надежность электрических машин переменного тока определяет эффективность применения всех технических средств и влияет на важнейшие экономические показатели производства. Недостаточная надежность электрических машин переменного тока, наблюдаемая на практике, приводит к большим сверхнормативным расходам на преждевременные ремонты и внеплановые простои оборудования.

В настоящее время в сельском хозяйстве одной из наиболее важных характеристик работы электропривода является их надежность, а так же количественная оценка ее показателей. Данная оценка осуществляется на основе информации, формируемой либо в процессе специально организованных испытаний, либо в процессе эксплуатации двигателей у потребителя, где записи наблюдений заносятся в однотипные журналы учета режимов работы и условия эксплуатации двигателей [1 – 3].

Для увеличения надежности эксплуатации электродвигателей требуются методы и средства диагностирования, позволяющие оценить состояние объекта контроля на текущий момент.

Одним из таких методов диагностики является создаваемый метод диагностики электрических машин на основе спектрального состава их фазных токов. Его преимуществами в отличие от аналогичных методов диагностики являются:

- мобильность и простота снятия диагностических показаний с асинхронных двигателей (АД);
- незначительные затраты на оборудование для проведения диагностики;
- быстрота получения информации о состоянии АД.

Принцип диагностики заключается в следующем. В настоящее время на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова разработан аппаратно-программный комплекс для выполнения работ по аудиту состояния и условий работы электрической и механической части электродвигателей и связанных с ними механических устройств на основе спектрального анализа сигналов потребляемого электродвигателем тока. Блок – схема комплекса представлена на рисунке 1.

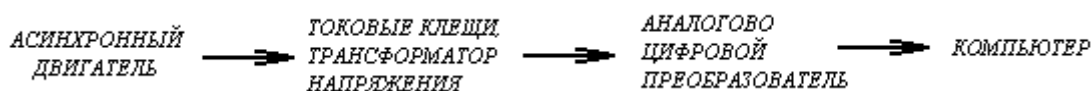


Рисунок 1 – Блок – схема диагностического комплекса.

В состав комплекса входят разъемный токовый датчик с линейной частотной характеристикой, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), персональный компьютер (ПК) с необходимым программным обеспечением для сбора и обработки информации.

Запись сигналов тока осуществляется в течение времени, необходимого для выполнения спектрального анализа с разрешением по частоте не менее 0.01–0.04 Гц.

Оцифрованные АЦП данные передаются в ПК, где выполняется обработка полученных данных, определяется частота вращения двигателя и число стержней его ротора, затем выполняется специальный спектральный анализ сигнала тока.

Физический принцип, положенный в основу работы диагностического комплекса, заключается в том, что любые возмущения в работе электрической и/или механической части электродвигателя приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины

и, следовательно, к слабой модуляции потребляемого электродвигателем тока. В свою очередь, наличие в спектре тока двигателя характерных (и не совпадающих) частот определенной величины свидетельствует о наличии повреждений электрической и/или механической части. В процессе проведения диагностики электродвигателя, происходит воздействие факторов на результаты диагностики, таких как качество электрической энергии, внешние магнитные поля, применяемые измерительные приборы для снятия и анализа полученного сигнала, влияние окружающей среды (окружающая температура, и т.д.) и отдельное влияние оказывает флуктуация нагрузки. Перечисленные воздействия приводят к погрешности в измерениях, к сложности в отыскании вида дефекта и степени его развития, скорости определения вида дефекта [4].

Таким образом, задача определения количественной оценки степени влияния воздействующих факторов на проведение диагностики является актуальной.

Для решения этой задачи предлагается использовать информационно-логический анализ (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 безотказную работу двигателя.

Таким образом, количественная оценка степени воздействующих факторов на электродвигатели, проведенная на основе применения ИЛА позволяет повысить достоверность диагностирующей информации. Более того, данная количественная оценка даст возможность оптимизировать применяемые средства измерения и программное обеспечение.

Список использованных источников и литературы

1. Полковниченко, Д. В. Математическое моделирование установившихся режимов работы асинхронных электродвигателей при наличии в них дефектов [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.donntu.edu/2006/eltf/marunevich>.
2. Сивокобыленко, В. Ф. Полковниченко, Д. В. Диагностика асинхронного электропривода по данным измерений рабочего режима [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.donntu.edu/2006/eltf/marunevich>.
3. Эксплуатация и ремонт электродвигателей собственных нужд [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.induction.ru>.
4. Вузовская наука – региону: Материалы четвертой всероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2006. – Т.1. – 543 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОЧЕТАНИЙ СПОСОБОВ ПРОПИТКИ И СУШКИ ОБМОТОК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Петраков В.А. – студент, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Электрическая энергия занимает в нашей жизни не последнее место. Все мы ежедневно пользуемся этим благом цивилизации. На данном этапе развития нашей науки и техники она является самым эффективным и востребованным энергетическим ресурсом. На промышленных предприятиях, а также на предприятиях агропромышленного комплекса широко используется такой потребитель электрической энергии, как трехфазный асинхронный двигатель. В соответствии с основными положениями научных прогнозов в ближайшем будущем он будет являться основным средством преобразования электрической энергии в механическую. На сегодняшний день асинхронные двигатели средней мощности составляют основу электроприводов. В мировом масштабе этот вид электродвигателей потребляет более 60% вырабатываемой электроэнергии. Анализ статистики отказов АД свидетельствует о том, что значительное число выходов их из строя связано с повреждением изоляции обмотки статора, что является подтверждением наибольшей уязвимости этого узла по сравнению с остальными.

Одним из восстановительных мероприятий является пропитка изоляции обмоток с ее дальнейшим просушиванием. Улучшение характеристик при пропитке связано с вытеснени-

ем воздуха и влаги из пор и пустот изоляции и заполнением их твердой основой лака или компаундами, которые имеют более высокую электрическую прочность и теплопроводность, склеивают частицы и отдельные слои изоляции в единый монолит и защищают ее от непосредственного соприкосновения с влагой и кислородом воздуха. Качество пропитки определяется степенью заполнения пор и пустот изоляции пропитывающим веществом. Сушка и пропитка изоляции имеют целью повышение ее диэлектрической и механической прочности, химо- и влагостойкости, теплопроводности, т.е. всего того комплекса свойств, которые определяют качество изоляции и, следовательно, надежность и долговечность эксплуатации обмоток.

Существует ряд различных методов, как пропитки так и сушки обмоток. Обмотки электродвигателей пропитывают следующими методами:

- 1) погружение в лак;
- 2) пропитка на стендах с нижней подачей лака;
- 3) ультразвуковой метод;
- 4) метод наложения электрического поля;
- 5) вакуумно-нагнетательный метод.

Для сушки обмоток электродвигателей используют способы:

- 1) конвекционным;
- 2) терморadiационным;
- 3) индукционным;
- 4) токовым.

Какие-то методы дают более надежные результаты, какие-то менее. Одни дороже в плане выполнения, другие дешевле. Встает вопрос какими же методами надо воспользоваться для восстановления изоляции электродвигателя, используемого в каком-либо определенном производстве, чтобы получить оптимальный вариант нужного качества и цены? Для решения этого вопроса в первую очередь проведено обобщение известных математических моделей процессов тепломассопереноса в капиллярно-пористом теле обмотке, которые позволяют проводить расчёты основных параметров этих процессов для различных используемых способов пропитки и сушки. Поскольку математические модели представляют собой системы довольно сложных дифференциальных уравнений, которые можно решить только численными методами, то целесообразно для решения задач оптимизации сочетания методов пропитки и сушки воспользоваться методами нелинейного программирования.

Задачи нелинейного программирования можно решать различными способами, такими, к примеру, как метод штрафных и барьерных функций, метод приведенных градиентов и проекций градиентов, метод модифицированных функций Лагранжа. Мы использовали метод модифицированных функций Лагранжа, как один из наиболее точных. Основная идея метода модифицированных функций Лагранжа состоит в том, чтобы свести поиск решения задач оптимизации:

к задаче с ограничениями-равенствами

NEP найти $\min F(x)$

x принадлежит ξ , при ограничении $u_i(x)=0, i=1, \dots, t$;

к задаче с ограничениями-неравенствами

NIP найти $\min F(x)$

x принадлежит ξ , при ограничении $c_i(x) \geq 0, i=1, \dots, m$;

к минимизации без ограничений.

Здесь $F(x)$ – функция, экстремум которой отыскивается, а ξ – область допустимых значений переменной x .

В нашем случае целесообразно выделить три критерия оптимизации:

$T_{сл} \rightarrow \max$; максимальный срок службы;

$Z_y \rightarrow \min$; минимальные затраты на ремонт и эксплуатацию двигателя;

$T_{рем} \rightarrow \min$. минимальный срок ремонта.

Решение по этому методу можно получить, выбрав одну из следующих постановок задачи оптимизации:

1 Выбираем $T_{сл} \rightarrow \max$ как условие оптимальности, а два других $3y \rightarrow \min$, $T_{рем} \rightarrow \min$, как ограничения.

2 Выбираем $3y \rightarrow \min$ как условие оптимальности, а два других $T_{сл} \rightarrow \max$, $T_{рем} \rightarrow \min$, как ограничения.

3 Выбираем $T_{рем} \rightarrow \min$ как условие оптимальности, а два других $T_{сл} \rightarrow \max$, $3y \rightarrow \min$, как ограничения.

Для решения задачи оптимизации по методу модифицированных функций Лагранжа необходимо свести полученные результаты в единую систему уравнений и решить её.

На основе решения задач оптимизации создается результирующая таблица, по которой исходя из параметров двигателя, условий его эксплуатации и желаемой надежности, можно определить сочетание метода пропитки и сушки обмоток электродвигателя.

В конечном результате мы получили способ оптимального обслуживания АД. На его основе можно быстро, а главное эффективно произвести выбор метода предварительной и окончательной сушки обмоток, и их пропитки. В итоге любое предприятие может наиболее выгодно выбрать тот или иной метод пропитки и сушки АД, опираясь на то: в каких условиях эксплуатируется двигатель, какая нужна надежность после обслуживания, и какие материальные средства необходимо будет затратить.

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СПЕКТРА ПОТРЕБЛЯЕМОГО ТОКА

Никитин А.Е., Ишаев А.Ю. – студенты, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время асинхронные двигатели (АД) являются наиболее распространенными электрическими машинами. Парк электродвигателей потребляет более 50% электроэнергии, вырабатываемой электростанциями страны. Такое широкое распространение АД получили благодаря простоте устройства, удовлетворительным рабочим характеристикам и сравнительно невысокой стоимости.

Максимально эффективное использование асинхронных двигателей невозможно из-за их относительно невысокой надежности, связанной с большим количеством отказов, происходящих по причине аварийных ситуаций. Основными причинами отказов асинхронных двигателей являются: выход из строя подшипниковых узлов, повреждение элементов ротора, а так же пробой изоляции обмотки статора из-за снижения её электрической прочности. Главными причинами повреждения изоляции обмотки являются: пуски электродвигателей, старение, недостатки эксплуатации, дефекты изготовления или ремонта, механические повреждения изоляции [1].

Для обеспечения надёжной работы электрооборудования на предприятиях в основном используются система обслуживания, основанная на ППР (или ППР и ТО) (планово-предупредительный ремонт и техническое обслуживание) либо система «ТОР ЭО» (Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий). В данном случае техническое обслуживание по регламенту проводится либо на вполне исправной машине, которая прекрасно работает и без этого обслуживания, либо до обслуживания дело не доходит – машина выходит из строя раньше [2].

При межремонтном обслуживании электродвигателей применяются методы диагностики и предупреждения, в основе которых лежит реагирование на изменение основных параметров электродвигателя, таких как наличие тока, уровень напряжения, потребляемая мощность и др., и определяют либо факт поломки двигателя, либо значительное несоответствие его ос-

новых параметров. Их чувствительность недостаточна для выявления неисправностей на ранних стадиях их возникновения. Для более глубокой диагностики требуются значительное время и выведение двигателя из работы, временная остановка технологического процесса. При этом обследование производится с помощью тестовой диагностики, которая оказывает на изоляцию машины пагубное влияние.

На сегодняшний день на предприятиях стало внедряться обслуживание "по состоянию", суть которого заключается в том, что обслуживание и ремонт производятся в зависимости от реального текущего технического состояния механизма, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий на базе измерений соответствующих параметров. При этом затраты на техническое обслуживание электродвигателей снижаются на 50-75 % по сравнению с обслуживанием "по регламенту" [3].

Развитие данного направления вызвано появлением новых методов функциональной диагностики электродвигателей (диагностирование проводится на работающем объекте), наиболее распространенным и изученным из которых является анализ вибрационного либо виброакустического сигнала, также используется тепловой метод, в работах [3] и [4] рассматривается в качестве источника диагностической информации ток обратной последовательности, развивается метод диагностики, основанный на анализе внешнего магнитного поля электродвигателя.

Все вышеперечисленные методы имеют ряд общих недостатков: высокую стоимость оборудования и услуг обслуживающих организаций, сложность мероприятий для проведения диагностики. Поэтому актуальной задачей является разработка дешевого, простого в использовании, долгосрочного, мобильного и высокоэффективного метода диагностики, которым является разрабатываемый метод анализа состояния двигателя по спектру потребляемого тока, позволяющий своевременно выявлять дефекты на ранней стадии их развития.

Для достижения поставленной цели требуется выполнение следующих задач:

- изучение процессов, происходящих в АД при возникновении определенного рода дефекта;
- изучение существующих методов диагностики АД;
- разработка приборной базы, для диагностики АД по спектру потребляемого тока;
- установление закономерностей между дефектами АД и его спектром тока.

Научной новизной является выявление зависимости изменения спектра токов фаз, в зависимости от рода и величины дефекта или повреждения узлов асинхронных двигателей.

Физический принцип, положенный в основу разрабатываемого метода, заключается в том, что любые возмущения в работе электрической и механической части АД приводят к изменениям магнитного потока в воздушном зазоре электрической машины и, как следствие, к изменению потребляемого электродвигателем тока. Таким образом, о наличии поврежденной электрической или механической части электродвигателя свидетельствует наличие в спектре тока двигателя характерных частот определенной величины. Суть данного метода заключается в выявлении этих характерных частот определенной величины на графике, соответствующих конкретному типу повреждения (рисунки 1).

Частоты соответствующие различным видам неисправностей, отличаются друг от друга, поэтому обнаружение в спектре тока характерных частот позволяет однозначно идентифицировать наличие повреждений АД.

Разрабатываемый метод предоставит возможность вовремя определять такие неисправности как: межвитковые и межфазные замыкания обмоток статора, повреждения подшипникового узла, эксцентриситет ротора, обрыв стержней и неправильная отцентровка ротора, а так же существенно сократит затраты, связанные с аварийным ремонтом оборудования.

Однако из-за появлений ложных гармоник сигнала при различных помехах электрической сети, были выявлены искаженные результаты диагностики. В получаемых спектрах тока и напряжения присутствуют гармоники, обусловленные качеством питающего напряжения, но электромеханические неисправности вызывают соответствующие гармоники только

в спектре тока. Необходимо производить запись сигналов приложенного напряжения и тока на клеммах электродвигателя или в электрошите питания с последующим их сравнением.

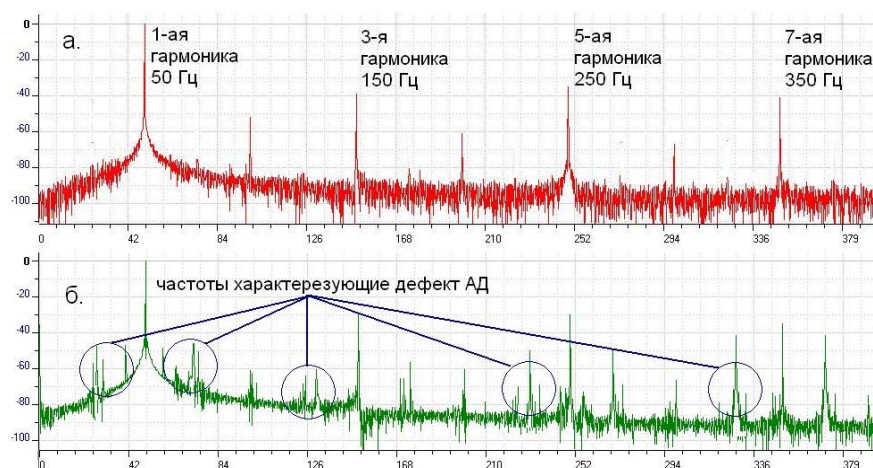


Рисунок 1 – Спектральный состав тока
а – новый АД; б – неисправный АД

Сопоставление гармоник напряжения и тока дает возможность отличить гармоники питающего напряжения (а также оценить «качество» напряжения) и гармоники, характерные для неисправностей асинхронного двигателя. По разности значений амплитуд определяется степень развития (степень серьезности) дефекта АД.

Для нахождения зависимости между видом дефекта и характером спектра тока, сначала была проведена серия опытов, в которой снимались характеристики с АД различных параметров без дефектов. В ходе исследований было установлено, что полученные графики спектров для каждого АД (без дефектов) имеют стабильный характер (рисунок 1, а), и могут быть рассмотрены в дальнейшем как «эталон» для выявления зависимостей между дефектом и спектральным составом тока. Затем второй серией опытов для достижения поставленной цели было искусственное моделирование основных видов неисправностей асинхронных двигателей.

Таким образом, в ходе проведенных исследований была установлена зависимость между спектром тока электродвигателя и видом дефекта. Выполненные эксперименты доказали, что развитие дефектов электродвигателя влияет на изменение спектрального состава тока, вследствие чего представляется целесообразным дальнейшая разработка метода диагностики состояния АД на основе спектра потребляемого тока. Результаты данных исследований позволили установить, что анализ спектра тока АД дает возможность получить достоверную информацию не только о виде дефекта, но и о степени его развития.

Список использованных источников и литературы

1. Эксплуатация и ремонт электродвигателей собственных нужд [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.induction.ru>.
2. Техническая диагностика [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.metaem.ru>.
3. Сивокобыленко, В. Ф. Полковниченко, Д. В. Диагностика асинхронного электропривода по данным измерений рабочего режима [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.donntu.edu/2006/eltf/marunevich>.
4. Полковниченко, Д. В. Математическое моделирование установившихся режимов работы асинхронных электродвигателей при наличии в них дефектов [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.donntu.edu/2006/eltf/marunevich>.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ НА ОТДАЛЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Грунин В.Н., Лунин В.В. – студенты, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент,
Рыбаков В.А. – к.т.н., старший преподаватель

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Актуальной для любого предприятия является безотказная работа установленных электродвигателей (ЭД) и, соответственно, отсутствие нарушений технологического процесса в первую очередь по техническим причинам. Для этого необходимо качественное техническое обслуживание ЭД в процессе эксплуатации и проведение ремонтных работ высококвалифицированным персоналом с учётом всех требований существующих технологий ремонта.

Проблема качественного ремонта и эксплуатации становится ясной, если учесть, что в силу ряда достоинств (относительная дешевизна, высокие энергетические показатели, простота обслуживания) асинхронные двигатели (АД) являются наиболее распространёнными в промышленности среди всех электрических машин. В количественном отношении они составляют около 90 % всего парка машин, а по установленной мощности – около 55 %. АД выпускают, как правило, большими сериями, наиболее значительными из которых являются машины общего назначения – серии 4А, АИ и серии специализированных двигателей, например крановых МТ, взрывозащищённых ВР и др. Вследствие воздействия различных факторов во время эксплуатации двигатели периодически выходят из строя. Если вовремя не вывести их в ремонт, то это может привести к авариям на производстве и массовому недовыпуску продукции, а соответственно к финансовым затратам. Основную часть электрических машин ремонтируют сами потребители, причем ремонт ведется по упрощенной технологии, с низкой производительностью труда и высокой себестоимостью.

Очевидно, что для специфических условий эксплуатации существенное влияние на величину срока безотказной работы ЭД оказывают используемые технологии технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). Как правило, технологии, обеспечивающие лучшее качество восстановительных работ являются более дорогими. В этой связи для предприятия актуальной является задача снижения затрат на эксплуатацию и ремонт ЭД, что требует решения задачи о рациональных объёмах, сроках и технологиях проведения ТО и Р, которые могут оказаться различными для различных технологических процессов.

Чтобы решить эту задачу, проведён комплекс исследований на ряде сельскохозяйственных предприятий Немецкого Национального района Алтайского края.

В первую очередь были проанализированы периоды использования сезонно эксплуатируемых АД, в результате чего установлено, что сезонно используются двигатели во всех технологических процессах: в животноводстве, растениеводстве и обслуживающем производстве, а периоды их использования зависят от организации технологического процесса в течение года. Обобщение результатов позволило составить календарный план использования ЭД (с привязкой к мощности). Установлено, что в период с октября по май в сфере животноводства в основном работают: свиноматки, зимние стойла крупного рогатого скота, кормоцех. В сфере обслуживающего производства в данный период работают котельная и система водоснабжения, в сфере растениеводства только механизированный ток. В период посевных, уборочных работ, а также в летний период в сфере животноводства эксплуатируются двигатели инкубатора, птицефермы, летних баз крупного рогатого скота, летников свинофермы и др. В сфере обслуживающего производства в этот период используется система водоснабжения, пилорама и кирпичный завод. Самое энергопотребляемое в этот период является растениеводство, где на орошении полей работают мощные (до 55 кВт) электронасосы.

Анализ параметров микроклимата и режимов работы позволил выделить ряд характерных условий эксплуатации ЭД, задействованных в различных технологических процессах, а также систематизировать их условия хранения в период межсезонья. В результате сделан вывод о том, что самым распространённым способом хранения электродвигателей на агро-

предприятиях является хранение в закрытых не отапливаемых помещениях или под навесом. Более 6% оборудования хранится под открытым небом, и лишь 3% защищены полностью или частично от воздействия окружающей среды. Несоблюдение нормируемых условий хранения вызывает ухудшение технического состояния узлов АД и делает актуальным подход, по которому ЭД вместо хранения эксплуатируются на другом месте.

На основе основных показателей эффективности работы сельскохозяйственных электроприводов проведена классификация технологического оборудования по степени ответственности, которая напрямую зависит от величины ущерба, который может возникнуть при выходе из строя того или иного АД. Установлено, что самым ответственным электроприемником на предприятии СХАПЗ «Шумановский» считается электропривод лотков яиц инкубатора, ущерб при выходе из строя которого может превышать 200 тыс. руб.

Избежать такого ущерба позволяет комплекс мероприятий по ТО и Р ЭД, который образуют диагностика и прогнозирование технического состояния узлов и машины в целом, а также восстановительные мероприятия, которые в зависимости от ситуации можно либо выполнять в ходе эксплуатации, либо не выполнять. Своевременное выполнение этих мероприятий способствует повышению срока службы, но сопряжено с определёнными расходами. Если работы ТО и Р не проводить, то можно сэкономить средства на выполнение работ, но получить ущерб, величина которого в несколько раз превышает стоимость работ. Решить задачу о том, нужно ли выполнять работы ТО и Р и в каком объёме можно с помощью использования методов оптимизации.

В результате анализа способов реализации мероприятий ТО и Р применительно к АД, эксплуатирующимся в сельском хозяйстве, было выделено четыре основных стратегии обеспечения надёжности, к которым целесообразно свести все возможные варианты:

- экономическая (минимальные затраты на эксплуатацию АД);
- техническая (обеспечивается максимально возможное качество восстановительных работ, ведётся непрерывный или периодический контроль технического состояния АД);
- технико-экономическая (во главу угла поставлены затраты на эксплуатацию, которые стремятся по возможности снизить, но заданный уровень надёжности должен быть обеспечен);
- стратегия обеспечения надёжности со сменой места эксплуатации (ЭД перемещается на время сезонного простоя не на склад, а на другой объект, сезонная эксплуатация которого начинается).

Выбор типа стратегии, а также вариант её реализации опирается на несколько критериев:

- условия эксплуатации АД;
- характера загрузки АД;
- режима работы АД;
- степенью ответственности АД
- временем восстановления (длительностью ремонта)
- объёмом (количеством) ущерба от простоя электрооборудования;
- возможностью смены места эксплуатации в период межсезонья.

Выбор стратегии эксплуатации проводился для ЭД, сгруппированных по технологическим процессам. Методика выбора построена на принципе сравнения приведённых затрат с учётом ущербов по всем вариантам, среди которых отыскивается минимум затрат.

Данная методика опробована на агропромышленном предприятии СХАПЗ «Шумановский», а также и на других предприятиях Немецкого Национального района, которым даны рекомендации по использованию стратегий обеспечения надёжности АД.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПУТЁМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Моисеева Л.В., Скрыбина М.Г. – студенты, Кобозев Е.В. – аспирант,

Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сельскохозяйственное производство обуславливает широкое применение электроэнергии во всех его отраслях. Самым распространенным и энергоемким потребителем электроэнергии, расходуемой на производственные цели, в настоящее время является электропривод.

Условия эксплуатации электропривода в сельском хозяйстве существенно отличаются от промышленных. Это объясняется децентрализованностью его размещения, использованием электропривода в помещениях с наличием химически активных газов при повышенной влажности, отсутствием технических средств, обеспечивающих равномерность загрузки рабочих машин, сезонностью работы и др. В этих условиях ежегодный выход электродвигателей (ЭД) из строя велик и иногда достигает по отдельным зонам 20 – 25 %.

Аварийность двигателей наносит большой ущерб сельскохозяйственному производству. Этот ущерб складывается из прямого ущерба (стоимости электродвигателя или его капитального ремонта и расходов по его замене) и технологического ущерба, который наносится производству из-за простоя технологического оборудования или порчи продукции вследствие аварии ЭД. В среднем, каждая авария электрического двигателя наносит сельскому хозяйству ущерб 10000 – 12000 руб. Однако ущерб значительно увеличивается при авариях электродвигателей в крупных автоматизированных комплексах, когда авария одного двигателя влечет за собой остановку целого ряда технологически связанного оборудования.

В настоящее время в сельском хозяйстве эксплуатируется более 4 млн. электродвигателей. При аварийности ЭД хотя бы в 1% народное хозяйство страны ежегодно может терпеть ущерб, превышающий 500 млн. руб. Это обстоятельство требует более действенных мер по определению времени до выхода из строя двигателя – наработки до отказа (наработки объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа). Определив наработку до отказа руководители сельскохозяйственных производств и начальники энергетических служб в сельском хозяйстве смогут вовремя предупредить аварию, и, следовательно, предприятия не понесут огромные экономические убытки.

В выполненной авторами научно-исследовательской работе рассмотрена проблема больших экономических потерь, связанных с внезапным выходом рабочих электродвигателей из строя. В соответствии с данной проблемой в работе сформулирована цель: повышение эффективности производственного процесса путём прогнозирования наработки до отказа ЭД в условиях реального производства, учитывая факторы, влияющие на его работу. Для решения этой проблемы перед авторами поставлены следующие задачи:

- анализ причин выхода из строя электрических двигателей;
- выявление факторов, воздействующих на электродвигатель в процессе эксплуатации;
- теоретическое исследование по выбору способа построения математической модели;
- проведение экспертного анализа данных функционирования электродвигателей в зависимости от выявленных факторов;
- создание математической модели работы ЭД, прогнозирование наработки до отказа;
- расчёт экономической эффективности внедрения результатов данного моделирования;
- выработка решений об ограничении или снижении степени влияния дестабилизирующих факторов на электродвигатель.

Назовем основные факторы, влияющие на работу электродвигателя в условиях сельского хозяйства:

1. Работа с недогрузкой. Сезонность и односменность работы ЭД обуславливает относительно низкую степень использования установленного электрооборудования по времени как в течение суток, так и на протяжении года. Это использование неодинаково для разных отраслей сельскохозяйственного производства и его технологических процессов. Кроме того, особенность технологий состоит в том, что большинство машин, а, следовательно, и электродвигателей работает в кратковременном или повторно-кратковременном режиме (дойка, раздача кормов, уборка навоза, станочный парк мастерских и т. п.).

2. Влажная агрессивная среда животноводческих ферм воздействует на изоляцию работающего на фермах электрооборудования. До $\frac{1}{3}$ всех отказов электродвигателей, наблюдаемых в сельском хозяйстве, приходится на несоответствие исполнения изоляции ЭД условиям рабочей среды.

3. Кратковременный режим работы. Во время работы между электродвигателем и средой происходит постоянный тепловлагообмен; при этом под воздействием потерь в обмотках и в стали происходят его нагрев и осушение изоляции. В период простоя (нерабочих пауз) - двигатель охлаждается и засасывает внутрь влажный, иногда с наличием агрессивных компонентов воздух. Циклическое включение и отключение электродвигателя, сопровождающееся его нагревом и охлаждением, приводит к тепловым «ударам» в изоляции и ее повреждению. При разогреве ЭД размеры проводников обмотки увеличиваются, что приводит к деформации (растяжению) лаковых пленок проводников. При охлаждении пленки возвращаются в исходное состояние. Со временем под воздействием тепла происходит деструкция пленок, и они теряют свою гибкость и эластичность, после чего любое изменение температурного поля электродвигателя приводит к разрушению лаковых пленок проводников обмоток и появлению в них микро- и макротрещин. Попадание влаги или ее растворов в эти трещины создает проводящие мостики – пути пробоя изоляции обмотки.

4. Удаленные друг от друга на значительные расстояния электроприемники, как правило, питаются от воздушных линий электропередач, надежность которых ниже кабельных. Воздействие атмосферных перенапряжений (грозы), погодных условий (гололед, ветер, резкие колебания температур), наезды на опоры или провода линий сельскохозяйственных машин, попадание на провода диких и домашних птиц и т. п. часто приводят к обрывам одного из проводов линии и неполнофазному режиму работы токоприемников. Недостаточная степень автоматизации технологических процессов приводит к неравномерной загрузке рабочих машин и появлению случайных технологических перегрузок.

5. Воздействие низких температур на рабочие машины – примерзание активных органов рабочих машин [1].

Кроме того, существуют и другие факторы в зависимости от специфики предприятия: химически агрессивная среда, загазованность, запыленность, повышенная влажность и т. д.

Создаваемая математическая модель позволит спрогнозировать срок службы любого двигателя, исходя из влияющих на него воздействий (факторов). Это даст возможность заранее определить время отказа и избежать тяжелых последствий, которые могут возникнуть при эксплуатации. На предприятиях минимизируется внезапный выход из строя ЭД, что может сэкономить денежные средства на его ремонт (замену) и восстановление технологического процесса.

Список литературы

1 Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб. пособие для с.-х. техникумов / А. А. Пястолов, А. Л. Вахрамеев, С. А. Ермолаев и др.; Под ред. А. А. Пястолова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 271 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВОЙ МОДЕЛИ СТАРЕНИЯ ИХ ИЗОЛЯЦИИ

Евсюкова К.А., Горчакова Л.В. – студенты, Панасенко М.А. – аспирант,
Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время на предприятиях города Барнаула широко используются электродвигатели, большинство из которых являются асинхронными. Для обеспечения непрерывного технологического процесса очень важна исправная работа асинхронных двигателей (АД). Поэтому из-за высоких требований, предъявляемых к надежности работы АД, необходимо не только обнаружение дефектов, то есть диагностическая оценка текущего технического состояния рассматриваемых электрических машин в процессе их работы, но и предсказание наступления неисправностей с последующим их устранением.

Уже достаточно давно возникла проблема эффективной защиты электродвигателей, работающих в условиях промышленного производства, а из-за массового использования таких двигателей она стала одной из основных. Это нашло отражение в многочисленных публикациях, которые нельзя не учитывать при анализе развития техники и теории защиты АД.

Согласно статистическим данным, из наиболее распространенных дефектов электродвигателей выделяют перегрузку и перегрев статора (31 % от общего числа дефектов). Второе место среди причин поломки занимает межвитковое замыкание, которое, в основном, вызывается нагреванием обмоток рабочими и пусковыми токами, токами короткого замыкания и перегруза, теплотой от посторонних источников и нарушением целостности изоляции вследствие износа (15 % от общего числа дефектов). Повреждения подшипников (12 %) часто вызываются систематическим перегревом их элементов, а повреждение обмоток статора или изоляции (11 %) напрямую является следствием перегрева обмоток двигателя [1]. Также выделяют перегрузку, вызывающую нагрев, как одну из причин повреждения обмотки статора АД общепромышленного значения (34 % от общего числа вышедших из строя электродвигателей) [2].

Таким образом, под влиянием термических воздействий на изоляцию обмоток асинхронных двигателей, превышающих допустимые, происходит ускоренный износ изоляции, что, в свою очередь, вызывает появление дополнительных источников нагрева и повреждение машины.

При проведении комплексного анализа статистических данных по отказам асинхронных электродвигателей было выявлено преобладание температурного фактора как наиболее вероятной причины выхода из строя АД.

В настоящее время разработано несколько математических моделей теплового старения изоляции: правило Монтзингера (правило восьми градусов), уравнение Вант Гоффа и Аррениуса, в котором получили применение общие законы кинетики химических реакций, математическая модель Г.В. Смирнова, использующая интегральный критерий теплового состояния обмотки, вероятностно-статистическая модель расчета ресурса изоляции, учитывающая изменение добротности изоляции (в данной модели скорость изменения добротности изоляции рассматривается как функция распределения независимых факторов: температуры, влажности, содержания аммиака в воздухе), регрессионные математические модели дефектообразования в изоляции обмоток при одновременном воздействии температуры и механических вибраций, а также температуры и влажности [3].

Несмотря на довольно детальный подход к рассмотрению процесса теплового старения изоляции и универсальность, все тепловые модели имеют один существенный недостаток: они не учитывают совокупность внешних факторов окружающей среды, в большей или меньшей степени оказывающих влияние на температуру нагрева изоляции. Таким образом, возникает необходимость создания эффективной математической модели теплового старения

изоляции, которая отражала бы комплексное влияние факторов внешней среды на температуру нагрева и давала бы количественную оценку степени такого влияния.

Факторами, существенно влияющими на срок службы изоляции, являются параметры окружающей среды. Основными показателями действия окружающей среды на температуру нагрева изоляции электрических машин служат: действие окружающего изоляцию газа (например, воздуха), действие влаги, содержащейся в воздухе, газе или попадающей на изоляцию в виде жидкости (например, попадание влаги извне при действии устройств пожаротушения, при небрежном хранении статора и т.п.). Кроме того, возможно абразивное действие пыли, содержащейся в воздухе. Одним из факторов, вызывающих ускоренный износ изоляции обмоток, является тепло, выделяемое внешними источниками нагрева (другими рабочими механизмами). Следует отметить, что приведенные выше параметры окружающей среды усиливают негативное действие температуры на изоляцию АД. При этом очень важно выявить законы воздействия внешних факторов на степень нагрева обмоток двигателей.

При работе в атмосфере с повышенной запыленностью пыль оседает на обмотку и другие конструктивные элементы электродвигателя, в результате чего снижается теплоотдача, возникает повышенный нагрев.

Наличие химически активных веществ в воздухе также ускоряют процессы старения изоляции. Особенно пагубное влияние на изоляцию оказывает наличие аммиака в окружающей среде помещения. В процессе длительного пребывания в среде аммиака, сероводорода и углекислого газа происходят химические изменения в полимерной изоляции обмоток. Органические полимеры вступают в реакцию с аммиаком, вызывая реакцию аммонолиза, что приводит к разложению полимера. В результате физико-химических изменений происходит интенсивное изменение электрических свойств изоляции. Следовательно, нарушение электрических свойств изоляции ускоряет процесс теплового старения и приводит к сокращению срока службы АД.

Под воздействием влаги происходит изменение электрических, физико-механических и химических свойств электроизоляционных материалов в сторону их ухудшения. При длительном воздействии повышенной влажности воздуха некоторые пластмассы, особенно с целлюлозными наполнителями, и полимерные материалы разбухают. Из-за постоянного изменения относительной влажности среды при эксплуатации (суточные колебания относительной влажности среды, изменение влажности электроизоляционных материалов обмотки при работе и простое электродвигателей) влага проникает в материал то на одну, то на другую глубину, при этом наружные и внутренние слои ее разбухают в разной степени. Вследствие этого в поверхностном слое образуются мелкие трещины, которые способствуют интенсивному проникновению влаги внутрь материала, при этом электрические характеристики электроизоляционного материала ухудшаются, а механическая прочность уменьшается, и тем быстрее, чем больше частота изменений относительной влажности воздуха. В итоге повышение влажности электроизоляционных материалов приводит к росту температуры нагрева электродвигателя в процессе работы, способствуя повышенному износу изоляции обмоток [4].

Итак, изоляция в процессе теплового старения теряет свои эластические и механические свойства, становится хрупкой, неспособной противостоять механическим воздействиям, создаются условия для хрупкого разрыва, появления и развития трещин. Кроме того, тепловое старение приводит к значительному уменьшению сопротивления изоляции и электрической прочности, снижению адгезии пленок эмальлаков к проводам в системах изоляции электрических машин, ухудшению стойкости изоляции к химически активным средам. Поэтому очень важно выявить законы воздействия внешних факторов на температуру нагрева обмоток АД.

В данной работе авторами предлагается разработать математическую модель теплового старения изоляции, представляющую собой зависимость остаточного ресурса электродвигателя от температуры нагрева изоляции с учетом комплексного влияния внешних факторов. Данная модель позволит количественно оценить степень износа изоляции и провести качест-

венный анализ степени действия каждого фактора в отдельности и их совокупности, что значительно повысит своевременность выполнения профилактических мероприятий и снизит вероятность внезапного выхода из строя двигателя из-за поломки.

В результате выполненного комплекса теоретических и экспериментальных исследований, авторами была выявлена математическая зависимость температуры нагрева промышленных электродвигателей, °С

$$T = \frac{B + T_m \cdot \ln 2}{D},$$

где $B = -\frac{E_a}{R}$;

E_a – энергия активации, Дж/моль;

$R = 8,317$ – универсальная газовая постоянная, Дж/(град.*моль);

T_m – коэффициент, зависящий от относительной влажности воздуха;

D – величина, зависящая от концентрации агрессивного агента и относительной влажности

$$D = [-\ln(C^{-m} \cdot \psi^{-n})],$$

где C – концентрация агрессивного агента;

ψ – относительная влажность;

m, n – коэффициенты.

Тогда формула зависимости долговечности изоляции от температуры, концентрации агрессивного агента и относительной влажности примет следующий вид

$$\tau = A \cdot e^{-\alpha \frac{T_m \cdot \ln 2 - \frac{E_a}{R}}{D}},$$

или

$$\tau = A \cdot e^{\alpha \frac{\frac{E_a}{R} - T_m \cdot \ln 2}{D}},$$

где τ – долговечность изоляции;

A и α – коэффициенты, определяющие тип изоляции.

Исходя из вышеизложенного, полученная математическая зависимость позволяет учитывать:

- свойства изоляционного материала;
- воздействие фактора относительной влажности на температуру нагрева изоляции АД;
- воздействие концентрации агрессивных агентов на температуру нагрева изоляции;
- непосредственное влияние температуры АД на долговечность его изоляции.

Список литературы

1 Рынок электротехники [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. – www.marketelectro.ru. – Систем. требования: ПК 486 или выше ; 64 Мб ОЗУ ; Windows 98 ; SVGA 32768 и более цв. ; 640x480 ; 16-бит. зв. карта ; мышь ; модем.

2 Пашков Н. И. Торцевые асинхронные двигатели малой мощности меньшей материалоемкости изготовления [Текст] // Электротехника. – 2007. – № 7. – С. 8-16.

3 Гутов И. А. Прогнозирование состояния электродвигателей на основе использования многофакторных моделей старения изоляции [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.04.97 : защищена 26.12.97 : утв. 15.04.98 / Гутов Игорь Алексеевич. – Барнаул, 1998. – 259 с.

4 Бернштейн Л. М. Изоляция электрических машин общего назначения [Текст] / Л. М. Бернштейн. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 376 с.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Панасенко М.А. – аспирант, Хомутов С.О. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблема повышения эксплуатационной надежности электрических машин на современном этапе развития производства приобрела большое экономическое значение. Это объясняется тем, что технический и технологический уровень производства, базирующегося на широком использовании электрических машин для привода рабочих и исполнительных механизмов и систем автоматического управления производственными процессами, в значительной степени определяется надежностью этих машин.

Основное оборудование и электродвигатели (ЭД) жестко связаны между собой в едином технологическом цикле. Нарушения работы ЭД оказывают прямое воздействие на функционирование основного оборудования, что приводит к значительному материальному ущербу. Так, средний ущерб от отказа двигателей, установленных на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, доходит до нескольких десятков тысяч рублей. При этом в сумму ущерба входят как прямые затраты, связанные с ремонтом и заменой электродвигателей, так и косвенные, обусловленные убытками от пожаров и простоев технологического оборудования. Практика эксплуатации асинхронных электродвигателей показывает, что увеличение срока службы и повышение надежности работы машин дает относительно больший экономический эффект, чем улучшение других технико-экономических показателей: к. п. д., коэффициента мощности, коэффициента использования и т.д. Например, для ЭД мощностью 15 кВт повышение к. п. д. на 5 % при его круглосуточной работе приводит к экономии средств на электроэнергию около 4000 руб. в год. Выход такого электродвигателя из строя повлечет за собой расходы только на его замену около 20000 руб., а затраты от нарушения технологического процесса могут многократно превышать его стоимость. Все вышеизложенное предопределяет необходимость повышения качества и эксплуатационной надежности электрических машин как основного способа снижения материальных затрат на производстве [1].

Оценка технического состояния двигателей и прогнозирование их остаточного ресурса представляет собой важную задачу, решение которой позволяет предотвратить аварийные ситуации, способные привести к серьезным негативным последствиям, то есть является одним из путей повышения эксплуатационной надежности ЭД [2]. При этом прогнозирование технического состояния означает определение будущего состояния рассматриваемой электрической машины на основании изучения тех факторов, от которых это состояние зависит. Прогнозирование может осуществляться как в процессе разработки, так и в период эксплуатации машины. В последнем случае целью прогнозирования является своевременное обнаружение неблагоприятного состояния элементов ее конструкции и разработка рекомендаций по повышению уровня их надежности.

Основополагающим принципом прогнозирования является использование прошлого опыта. Информация об электродвигателе (априорная) является базой для процесса прогноза и получения оценок в будущем (апостериорные оценки).

Различают прогнозирование технического состояния и прогнозирование надежности. В первом случае дается прогноз технических параметров двигателя, если эти параметры относятся к тому или иному классу, а также прогноз отказов ЭД. Во втором случае делается прогноз количественных показателей надежности данной электрической машины на основе прогнозирования постепенных и внезапных отказов.

Прогнозирование может быть групповым и индивидуальным. К методам группового прогнозирования можно отнести статистическую оценку срока службы однотипных изделий на основе результатов контрольных и определительных испытаний на надежность. В этом случае путем обработки результатов испытаний некоторого числа изделий на срок службы вычисляется количественная среднеквадратичная оценка срока службы всей партии электрических двигателей. К достоинствам метода индивидуального прогнозирования относится возможность оценки надежности каждой конкретной машины.

К решению задачи прогнозирования существуют два подхода: детерминированный и стохастический. В первом случае задача сводится к отысканию аппроксимирующего выражения, во втором – в качестве прогнозируемой характеристики принимается реализация случайной величины, определяющая интервал времени от момента контроля до первого пересечения поля допуска прогнозируемой величины. Поскольку процессы износа, старения и разрегулирования электрических машин, обуславливающие развитие постепенных отказов, являются случайными величинами, более общий характер носит стохастический подход.

Решение задачи прогноза выполняется в виде реализации следующих последовательных этапов:

- разработка модели исследуемого процесса и ее математическое описание;
- получение данных контроля и использование их для определения исследуемого процесса (построение апостериорного процесса);
- вычисление необходимых апостериорных характеристик процесса.

В настоящее время среди используемых методов прогнозирования широкое распространение получил метод распознавания образов. Данный метод предполагает разбиение всей группы изделий на несколько классов (подгрупп) в соответствии с признаками каждого класса. Между классами устанавливаются строгие границы. Процесс создания образа разбит на три этапа: «обучение», создание образа, «экзамен». Процедура индивидуального прогнозирования надежности методом распознавания образов сводится к отнесению данной электрической машины к тому или иному классу на основании критериев работоспособности, причем для каждого класса должны быть априорно известны показатели надежности и технические характеристики [3, 4].

Для построения математических моделей сложных нелинейных процессов, распознавания образов и прогнозирования сигналов широко используются искусственные нейронные сети.

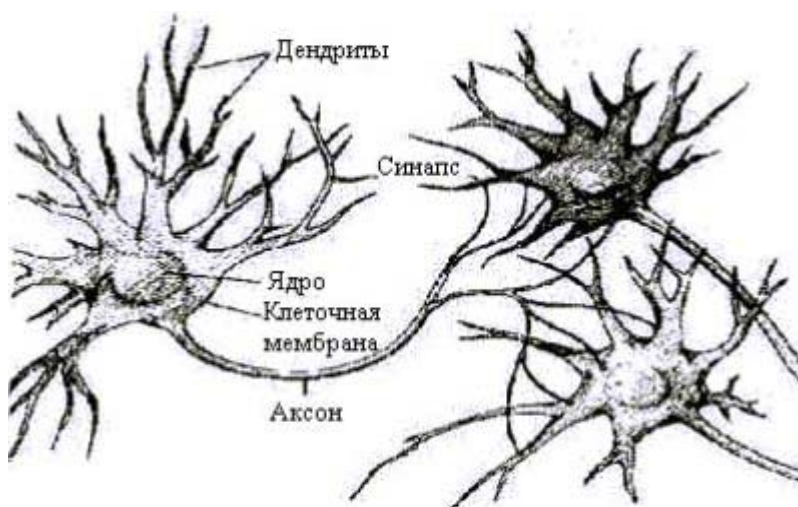


Рисунок 1 – Биологический нейрон

препятствовать его возбуждению. Когда суммарное возбуждение в теле нейрона превышает некоторый порог, нейрон возбуждается, посылая по аксону сигнал другим нейронам. У этой основной функциональной схемы много усложнений и исключений, тем не менее, большинство искусственных нейронных сетей моделируют лишь эти простые свойства.

На сегодняшний день широко применяются математические модели нейронных сетей. Графически такие модели изображаются в виде графа, показанного на рисунке 2. На данном рисунке изображена простейшая многослойная нейронная сеть прямого распространения, которую также называют перцептроном. Существуют и другие модели нейронных сетей, среди которых наиболее часто используются рекуррентные сети Хопфилда и самоорганизующиеся сети Кохонена. Прямоугольники представляют собой тела нейронов, исходящие и входящие стрелки – дендриты, а точки, в которые стрелки заходят и точки, из которых

Нейронная сеть – это набор нейронов, каждый из которых представляет собой модель биологического нейрона, изображенного на рисунке 1. Каждый нейрон имеет, так называемые, дендриты, синапсы и аксоны. Дендриты идут от тела нервной клетки к другим нейронам, где они принимают сигналы в точках соединения, называемых синапсами. Принятые синапсом входные сигналы подводятся к телу нейрона. Здесь они суммируются, причем одни входы стремятся возбудить нейрон, другие – вос-

стрелки исходят – это, соответственно, синапсы и аксоны. Круги на рисунке – условные входы нейронов, которые распределяют входящие значения по всем нейронам сети. В математической модели нейрона все входящие стрелки имеют веса, а на выходе обычно вычисляется нелинейная функция от средней суммы этих весов с некоторыми дополнительными арифметическими действиями.

Кроме того, были разработаны также и другие модели нейронов и нейронных сетей, например, электрические. Однако из-за своей непрактичности они не получили большого распространения.

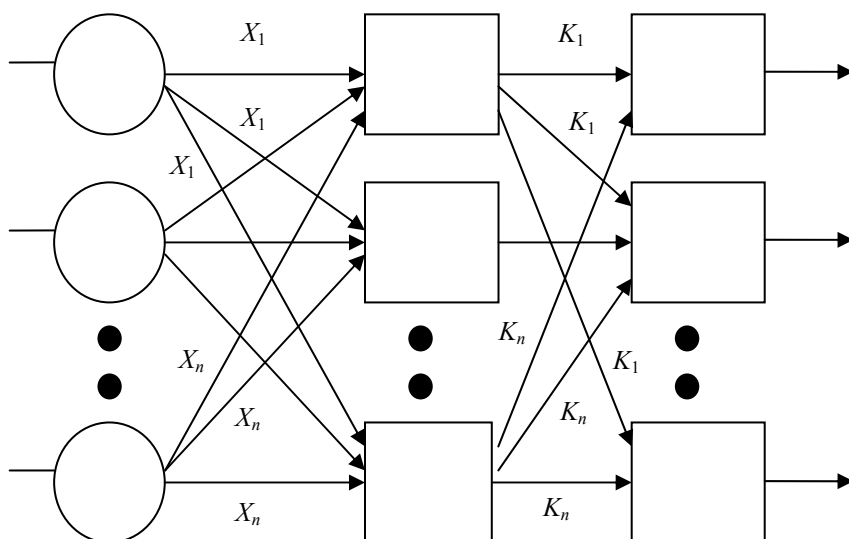


Рисунок 2 – Графическое представление математической модели нейронной сети прямого распространения.

Для использования нейронной сети прямого распространения при решении конкретной задачи, ее необходимо сначала «обучить». Для этого на вход нейронной сети подаются какие-либо сигналы, а на выходе снимаются результирующие величины, значения которых сравниваются с требуемыми. Если выходные значения нейронной сети отличаются от требуемых, то осуществляется оптимизация весов нейронной сети по какому-либо из математических алгоритмов до тех пор, пока не будут получены искомые значения с заданной точностью. После этого нейронную сеть можно считать «обученной».

В итоге можно сделать вывод, что для создания прогнозных моделей, диагностических устройств и программно-аппаратных комплексов желательно использовать искусственные нейронные сети, так как они являются мощным средством распознавания и прогнозирования сигналов, а их способность к «обучению» дает возможность разрабатывать адаптивные прогнозных модели [5].

Список литературы

- 1 Пустахайлов, С. К. Разработка многоканальной системы мониторинга асинхронных электродвигателей электростанций [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.02 : защищена 29.09.06 / Пустахайлов Сергей Константинович. – Ставрополь, 2006. – 25 с.
- 2 Бреслав, Е. Финансовое прогнозирование [Электронный ресурс] : – Электрон. текстовые, граф. дан. – www.management.com.ua.
- 3 Справочник по электрическим машинам [Текст]. В 2 ч. Ч 1. / Под общей редакцией доктора технических наук И. П. Копылова и кандидата технических наук Б. К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
- 4 Сотник, С. Л. Системы распознавания образов [Электронный ресурс] : – Электрон. текстовые, граф. дан. – www.i2.com.ua.
- 5 Пономарев, В. А. Комплексный метод диагностики асинхронных электродвигателей на основе использования искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс] : – Электрон. текстовые, граф. дан. – www.news.elteh.ru.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОТ ПРОВОДА ПРОЛЕТА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИЕЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ БЕЗ УЧЕТА ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ В ПЛОСКОСТИ ПРОЛЕТА

Белицын И.В. – к.п.н., доцент, Жуйков А.В. - студент, Старухин Р.С. – студент.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из факторов влияющим на точность расчетов является наиболее точное математическое описание «геометрии» ВЛЭП. Поэтому необходимо учитывать, что провод, закрепленный в двух точках на опоре не является горизонтальным проводником. Существующие приемы учета провисания не достаточно обоснованы. Наиболее распространенным является прием, применяемый как зарубежном [1], так и у нас [2], когда реальные провода и тросы заменяют бесконечно длинными горизонтальными прямыми расположенные на высоте $H_{cp} = H - \frac{2}{3}f$, где H – высота подвеса; f – стрела провеса.

Известно, что в качестве математической модели для анализа провисания проводов и тросов можно использовать уравнение идеально гибкой нити

$$y = h_2 + kx^2 \quad (1)$$

где k – постоянная зависящая от физико-механических характеристик провода, и приведенной нагрузки на провод, h_2 – нормированный габарит [3].

Получим выражение для определения вектора магнитной индукции магнитного поля создаваемого единственным проводом одного пролета над землей. При этом считаем: известным значение тока, протекающего по проводу; проводник удаленным от любых других тел; поверхность земли идеально плоской и проводящей, плоскость в которой находится проводник перпендикулярной поверхности земли. Для определения вектора магнитной индукции воспользуемся связью между ним и векторным магнитным потенциалом

$$\vec{B} = \text{rot} \vec{A}. \quad (2)$$

Таким образом, вначале определим выражение для векторного магнитного потенциала. Для этого разобьем провод на малые отрезки $d\vec{l}$ с током I , такие, что их можно рассматривать как отрезок касательной к проводу в данной точке $O(x,y)$.

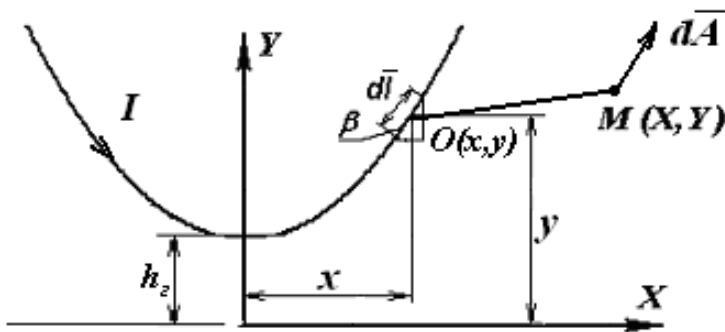


Рисунок 1- К определению напряженности от одного провода пролета в плоскости пролета.

Этот элемент с током создает элементарный векторный потенциал $d\vec{A}$

$$d\vec{A} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l}}{r} \quad (3)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная, μ – относительная магнитная проницаемость воздуха, в дальнейших расчетах прием ее равной единице.

Произвольная точка в плоскости нахождения стрелы провеса $M(X,Y)$ находится на расстоянии r от элемента с током $I d\vec{l}$ (рисунок 1)

$$r = \sqrt{(X - x)^2 + (Y - y)^2} \quad (4)$$

Проекции векторного магнитного потенциала на оси координат

$$\begin{aligned} dA_x &= \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I dl}{r} \cos \beta; \\ dA_y &= \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I dl}{r} \sin \beta; \end{aligned} \quad (5)$$

$$dA_z = 0 .$$

Элементарный отрезок провода можно определить через элементарное приращение dx и угол касательной к графику в этой точке β

$$dl = \frac{dx}{\cos \beta} . \quad (6)$$

Угловой коэффициент касательной $tg\beta = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x}$, т.е. с учетом (1), получим:

$$tg\beta = 2kx . \quad (8)$$

Проекция векторного магнитного потенциала от всего провода найдем интегрированием по всей длине провода: на OX

$$\begin{aligned} A_x &= \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi r} \cos \beta \frac{dx}{\cos \beta} = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\mu\mu_0 I dx}{4\pi r} = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{dx}{\sqrt{(X-x)^2 + (Y-y)^2}} = \\ &= \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{dx}{\sqrt{(X-x)^2 + (Y-kx^2-h)^2}} \end{aligned} \quad (9)$$

на OY

$$\begin{aligned} A_y &= \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi r} \sin \beta \frac{dx}{\cos \beta} = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\mu\mu_0 \tan \beta I dx}{4\pi r} = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\tan \beta \cdot dx}{\sqrt{(X-x)^2 + (Y-y)^2}} = \\ &= \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} 2k \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{x \cdot dx}{\sqrt{(X-x)^2 + (Y-kx^2-h)^2}} \end{aligned} \quad (10)$$

на OZ

$$dA_z = 0 \quad (11)$$

Поскольку интегралы не могут быть взяты в виде элементарных функций, то разложим подинтегральную функцию в ряд Маклорена. В общем случае пределы интегрирования могут быть не симметричны, т.е. провод закреплен на разных уровнях, тогда

$$A(X, Y) = \int_a^b f(x) dx = f(0) + f'(0)x + f''(0) \frac{x^2}{2!} + f'''(0) \frac{x^3}{3!} + \dots + f^{(n)}(0) \frac{x^n}{n!} \Big|_a^b . \quad (12)$$

Взяв интеграл, получим

$$A_x = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} L \left[\frac{1}{\sqrt{X^2 + (Y-h)^2}} + \frac{L^2}{24} \left(-\frac{2X^2(-1-k(Y-h)) + (Y-h)^2 - 2k(Y-h)^3}{(X^2 + (Y-h)^2)^{5/2}} \right) + \dots \right] . \quad (13)$$

$$\begin{aligned} A_y &= \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} 2kL \left[\left(\frac{2X}{(X^2 + (Y-h)^2)^{3/2}} \right) \frac{L^2}{24} \right] + \\ &\left(-12X \frac{2X^2(-1-3k(Y-h)) + 3(Y-h)^2 - 6k(Y-h)^3}{(X^2 + (Y-h)^2)^{7/2}} \right) \frac{L^4}{1920} + \dots \end{aligned} \quad (14)$$

Ротор в декартовой системе координат

$$\operatorname{rot}\bar{A} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_x & A_y & A_z \end{vmatrix} \quad (15)$$

Таким образом, в декартовой системе координат проекции вектора магнитной индукции

$$B_x = \frac{\partial A_z}{\partial Y} - \frac{\partial A_y}{\partial Z}; \quad B_y = \frac{\partial A_x}{\partial Z} - \frac{\partial A_z}{\partial X}; \quad B_z = \frac{\partial A_y}{\partial X} - \frac{\partial A_x}{\partial Y}. \quad (16)$$

Учитывая принятое ранее допущение – расчет без учета влияния ветровых нагрузок, проекции \mathbf{B} примут вид

$$B_x = 0; \quad B_y = 0; \quad B_z = \frac{\partial A_y}{\partial X} - \frac{\partial A_x}{\partial Y}. \quad (17)$$

$$B_z = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi} L \left[k \left(\left(\frac{-4X^2 + 2(Y-h)}{(X^2 + (Y-h)^2)^{5/2}} \right) \frac{L^2}{24} + \frac{L^4}{1920} \left(-12X \frac{6X^2(-1-3k(Y-h)) + 3(Y-h)^2 - 6k(Y-h)^3}{(X^2 + (Y-h)^2)^{7/2}} + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + 84X \frac{2X^2(-1-3k(Y-h)) + 3(Y-h)^2 - 6k(Y-h)^3}{(X^2 + (Y-h)^2)^{5/2}} \right) \right) + \frac{(Y-h)}{(X^2 + (Y-h)^2)^{3/2}} - \right. \\ \left. - \frac{L^2}{24} \left(\frac{2kX^2 + 6(Y-h)^2 - 2(Y-h)}{(X^2 + (Y-h)^2)^{5/2}} - 5 \frac{2X^2(1+k(Y-h)) - (Y-h)^2 + 2k(Y-h)^3}{(X^2 + (Y-h)^2)^{7/2}} (Y-h) \right) + \dots \right] \quad (18)$$

Модуль вектора магнитной индукции в произвольной точке:

$$B(M) = B_z. \quad (19)$$

Список литературы

1. M.Nanya Kumari, O.Rajesh Kumar, P.V. V.Nambu-diri, K.N.Srinivasan, "Computation of Electrical Environmental Effects of Transmission Lines", 11th Int. Symp. on High Voltage Eng., London, 1999.
2. Справочник по проектированию линий электропередач. Под редакцией М.А. Реута и С.С. Рокотяна. М. Энергия, 1971.-288с.
3. Правила устройства электроустановок. Раздел 2. Передача электроэнергии. Главы 2.4, 2.5. М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2003. -160 с.

ВЛИЯНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Мартко Е.О. – аспирант, Хомутов О.И. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный университет имени И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблема надежности возникла еще в 50-х годах, когда начался процесс быстрого усложнения систем, вводились в действие новые объекты. В это время появились первые публикации, определяющие понятия и определения, относящиеся к надежности, была создана методика оценки и расчета надежности устройств вероятностно-статистическими методами.

Анализ результатов исследований, выполненных рядом авторов, показал, что в сельском хозяйстве около 60 % отказов электродвигателей (ЭД) приходится на время их работы в посевной и уборочный сезоны. Например, регулярно возникает ситуация, когда отказавший ЭД, установленный на ответственном технологическом оборудовании не имеет регламентированного подменного резерва. При этом продолжительность простоя производственных мощностей может составлять две и более недель. Как следствие, убытки от отказа значи-

тельно превосходят стоимость нового электродвигателя и наносят значительный ущерб финансовому состоянию хозяйства [1].

В сельском хозяйстве срок службы ЭД значительно меньше положенного срока работы (порядка 5 лет). Связано это с малым временем использования в течение суток, низким коэффициентом использования, сезонностью работы, влиянием внешних воздействий. Одна из особенностей использования ЭД в сельскохозяйственном производстве – его эксплуатация в агрессивных средах, причем в условиях сельскохозяйственного производства отрицательные факторы оказывают свое воздействие в совокупности и одновременно, что приводит к более сильному износу изоляционных материалов [2].

Любой ЭД, можно рассматривать как систему – множество компонентов (элементов) имеющие определенные характеристики и параметры, взаимодействующих между собой и окружающей средой [3] – графически представленную на рисунке. Внешняя среда оказывает воздействие на систему, сама система преобразовывает это воздействие в другое воздействие.

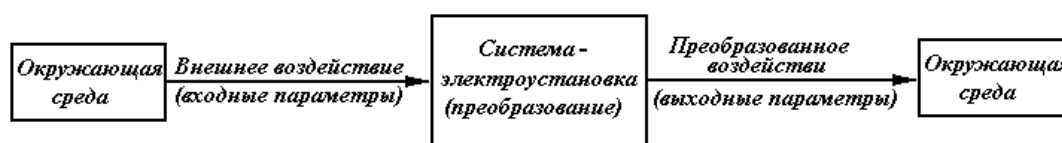


Рисунок 1- Графическое представление системы

Можно предложить следующую классификацию внешних воздействий, по времени воздействия и степени влияния на выходные параметры на электроустановку. В первую группу факторов входят следующие воздействия:

- постоянные, оказывающие влияние на параметры ЭД в течение всего срока эксплуатации;
- переменные, оказывающие влияние на параметры ЭД в течение всего срока эксплуатации, меняющие свое значение в различные моменты времени;
- кратковременные, оказывающие влияние на параметры ЭД в течение времени значительно меньшего, чем срок эксплуатации;
- маловероятные, оказывающие влияние на параметры ЭД вследствие малой вероятности событий.

Во вторую группу факторов входят следующие воздействия:

- статические, не вызывающие значительных изменений характеристик и параметров самой системы, так и выходных параметров ЭД;
- динамические, вызывающие значительные изменений характеристик и параметров самой системы, так и ее выходных параметров.

Величины и параметры, характеризующие внешнее воздействие не могут быть заданы четкими числами или детерминированными функциями. Очевидно, что часть входных параметров носит вероятностный характер, поэтому и выходные параметры также будут иметь вероятностный характер, поэтому возникает необходимость в определении законов распределения случайных величин и процессов, которыми являются входные параметры.

Ниже приведены некоторые внешние факторы, влияющие на элементы и выходные параметры электродвигателей с их классификацией по степени влияния и времени воздействия.

Температура в течение года (в зависимости от места установки ЭД):

- в зависимости от режима работы: изменение размеров узлов двигателя [4]; физические и химические изменения в полимерной изоляции, возникновение термомеханических напряжений [4];
- динамическое, кратковременное воздействие: при изменении температуры смазка теряет свои смазочные свойства [5]; при одновременном воздействии повышенной температуры

и высокой влажности воздуха возникает интенсивная коррозия металлов, интенсифицируется рост плесневых грибов [4];

- статическое, переменное воздействие: тепловое старение приводит к значительному уменьшению сопротивления изоляции и электрической прочности, снижению прилипания плёнок эмаль-лаков к проводам в системах изоляции электрических машин, ухудшению стойкости изоляции к химически активным средам; увеличение температуры окружающей среды вызывает ухудшение охлаждения ЭД, вследствие чего возникает рост потерь в обмотках.

Содержание пыли (в зависимости от характера производства сельскохозяйственной продукции):

- статическое, переменное воздействие: оседание пыли на обмотку и другие конструктивные элементы ЭД вызывает снижение теплоотдачи и возникновение повышенного нагрева; из-за ударов абразивных частиц в местах наблюдается наиболее сильная эрозия изоляции; в некоторых случаях пыль способствует увлажнению обмоток, создаёт токопроводящие мостики между токоведущими частями [6].

Относительная влажность (от 18 до 100%):

- статическое, переменное воздействие: воздействие влаги приводит к размягчению некоторых изоляционных материалов, которые могут даже переходить в жидкое состояние, что влечет за собой разрушение других органических материалов [7]; проникновение влаги вызывает гидролитическое разрушение изоляционных материалов, особенно имеющих волокнистую структуру. Периодическое удаление влаги подсушкой во время работы ЭД способствует развитию пор в изоляции [8].

Напряжение (от -5% до +10% $U_{ном}$):

- статическое, переменное воздействие: коррозия изоляции обмоток за счёт пустотных электрических разрядов [1]; при работе ЭД на пониженном напряжении ($\delta U = -5\%$), происходит ускоренный износ изоляции обмоток [7];

- динамическое, кратковременное воздействие: напряжение на зажимах ЭД ниже номинального, следовательно, произойдет перегрев обмотки статора и всего ЭД; нарушение симметрии напряжения сети вызывает перегрев обмотки статора, а также дополнительную вибрацию ЭД; снижение напряжения может вызвать «опрокидывание» ЭД [9].

К настоящему времени многие такие авторы, такие как В. В. Жарков, С. Г. Каминский и другие воспользовались теорией вероятности и теорией систем, для доказательств и создания новых методов и методик. Основа созданных ими детерминированных математических моделей – постоянные во времени, неизменяемые параметры исследуемой (рассматриваемой) системы. Основанные на вероятностно-статистических методах, модели содержат ряд ограничений, рамочных условий, при несоблюдении которых данные модели, а порой уже созданное по модели программное обеспечение, не решает поставленную задачу, либо выдает ошибку о невозможности её решения.

Полученные данные по результатам отчета, возможно, верны, но в режиме реального времени задачу все же необходимо решить и реализовать результат. Следовательно, рамочные условия необходимо расширить. Чаще всего при моделировании ограничиваются воздействующие факторы окружающей среды на электротехническое оборудование, что, с моей точки зрения, опрометчиво. Например, резкие периодические изменения температуры вызывают изменение размеров узлов электродвигателя. При одновременном воздействии повышенной температуры и высокой влажности воздуха возникает интенсивная коррозия металлов, интенсифицируется рост плесневых грибов, выделения которых активизируют процессы коррозии [4].

Таким образом, влияние внешних воздействующих факторов окружающей среды являются немаловажными, под влиянием которых срок работы АД сокращается.

Как было уже выше упомянуто, рассмотренные и построенные к настоящему моменту математические модели – детерминированы. Построение моделей на вероятностных параметрах ранее не рассматривались, хотя преимущества их достаточно очевидны.

- величины внешних воздействующих факторов рассматриваются не постоянными, а имеющими вероятностный характер;
 - рамочные условия значительно расширяются;
 - «картина работы» АД представляется более полной;
 - расчет суммарного влияния факторов позволит рационально организовать работу АД, учитывая сезонность его работы;
 - появляется возможность более точного прогнозирования остаточного ресурса АД;
- Поскольку вероятностные модели более полно описывают работу АД, следовательно, их созданием и разработкой необходимо заниматься. Созданные вероятностные модели будут проверены на достоверность на практике.

Список литературы

1. Козлов, В. И. Повышение эффективности ремонтного производства // Энергомашиностроение. – 1987. – №2. – С. 7-8.
2. Мозговой, А. Г. Ультразвуковые методы и технические средства контроля и диагностики изоляции электродвигателей в сельском хозяйстве: дис.... канд. техн. наук. – Барнаул, 1999. – 184 с.
3. Дж. Клейнен. Статистические методы в имитационном моделировании [Текст] / под ред. Ю. П. Адлера, В. Н. Варыгина. – Вып.1. – М. : Статистика, 1978. – 221 с.
4. Левачев А. В. Диагностика изоляции асинхронных электродвигателей на основе использования параметров схемы замещения обмоток: дис.... канд. техн. наук. – Барнаул, 2002. – 144 с.
5. Меламедов, И. М. Физические основы надёжности [Текст] / И. М. Меламедов. – М. : Энергия, 1970. – 152 с.
6. Гутов, И. А. Прогнозирование состояния электродвигателей на основе использования многофакторных моделей старения изоляции: Дис ... канд. техн. наук: 05.20.02. – Защищена 26.12.97: Утв. – Барнаул, 1997. – 259 с.
7. Сырых, Н. Н. Эксплуатация сельских электроустановок [Текст] / Н. Н. Сырых. – М. : Агропромиздат, 1986. – 255 с.
8. Губин, И. Б. Предэксплуатационная диагностика и моделирование состояния изоляции электродвигателей сезонно эксплуатируемого оборудования в сельском хозяйстве: дис.... канд. техн. наук. – Барнаул, 2003. – 128 с.
9. Малинский, В. Д. Испытания радиоаппаратуры: учеб. для вузов [Текст] / В. Д. Малинский. – М. : "Энергия", 1965. – 398 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА SCADA-СИСТЕМЫ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Матвеев Е.В., Скворцова А.П. – студенты, Рыбаков В.А. - к.т.н., старший преподаватель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Важнейшим фактором, определяющим успешное развитие любого региона страны, является развитие энергетики. Алтайский край также не является исключением из этого правила. Непрерывный научно-технический прогресс, внедрение прогрессивных технологий, как во все отрасли промышленности, так и в любые другие направления народного хозяйства, возможны только при дальнейшей электрификации производственных процессов, более глубокого проникновения электричества в технологи процесса.

В связи с этим растут требования к качеству электроэнергии и надежности работы электрооборудования. Ведь потребителю совершенно неважно, почему холодно в квартире: из-за аварии, либо из-за нехватки топлива на ТЭЦ, либо из-за необычно холодной зимы. К тому же из-за низкой надежности работы электрооборудования (например, из-за отказа или аварийной ситуации) промышленность несет материальные потери.

На современном этапе развития промышленности, в том числе энергетики широко применяются автоматизированные системы управления. Изменение структуры управления электроэнергетикой в процессе её реформирования обуславливает развитие и модернизацию систем сбора, передачи и отображения информации на пунктах управления, играющих значительную роль в обеспечении функций управления и надёжности работы энергосистем.

Управление производственным процессом - это всегда задача номер один для любого промышленного предприятия. В настоящее время она становится все более актуальной, учитывая постоянное увеличение конкуренции, борьбу за снижение тарифов и издержек, как результат, поддержание прибыльности работы предприятия. Внедрение систем непосредственного управления производственным процессом является наиболее важным и ответственным элементом в общей программе автоматизации. Этому способствует появление в последние годы и постоянное развитие компьютерных систем, основанных на открытых технологиях. Одной из таких систем является система SCADA, которая обеспечивает наиболее рациональное распределение времени и оптимизацию трудовых ресурсов.

SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) – это набор инструментальных средств и исполнительных модулей, предназначенных для создания автоматизированных рабочих мест операторов по наблюдению за состоянием технологического процесса и управлению им. На сегодня основной метод автоматизированных систем управления в таких областях, как промышленность, энергетика, различные государственные структуры. SCADA-системы состоят из трех основных компонентов: удаленный терминал (где в режиме реального времени обрабатываются задачи), главный терминал (диспетчерский пульт управления), каналы связи.

SCADA - системы предоставляют уникальные интеграционные решения для мониторинга и управления системами безопасности, кондиционирования и вентиляции воздуха, энергетики, пожаробезопасности, лифтового хозяйства как в рамках отдельного здания, так и комплекса зданий и сооружений. Это по-настоящему открытое и полностью резервируемое программное обеспечение, которое легко масштабируется от самых малых до самых больших систем. В сочетании с преимуществами применения свободно программируемых контроллеров в построении "Интеллектуального здания" возможности интеграции с оборудованием закрытых протоколов, системы визуализации и диспетчеризации для "Интеллектуального здания" на основе SCADA-систем обеспечат невысокую стоимость владения.

Программные средства SCADA предназначены для организации гибкой системы диспетчерского управления технологическими процессами производства в любой области промышленности. SCADA позволяют оптимизировать распределение ресурсов, осуществлять их полный мониторинг и управление всей аппаратурой системы, регистрацию и визуализацию событий, генерацию любой необходимой отчетной документации и пр.

Так как SCADA – это система сбора данных и оперативного диспетчерского управления, функционирующее в составе АСУТП конкретного объекта, то на нее возлагаются определенные функции:

- сбор данных о контролируемом технологическом процессе;
- управление технологическим процессом, реализуемое ответственными лицами на основе собранных данных и правил (критериев), выполнение которых обеспечивает наибольшую эффективность и безопасность технологического процесса.

До настоящего времени большинство SCADA-пакетов применялось, как правило, для создания интерфейса оператора и регистрации данных производственного процесса. В редких случаях к этому добавлялись возможности по автоматическому управлению и генерации отчетов. Основными причинами, сдерживающими комплексное внедрение SCADA-систем на объектах, были недостаточная надежность таких систем, низкая производительность, трудности в наращивании и интеграции SCADA с корпоративными системами управления и сложности адаптации к реальным производственным условиям и алгоритмам.

Система осуществляет на предприятии следующие функции:

- точное соблюдение технологических нормативов и регламента.

- снижение простоев оборудования вызванное неравномерной загрузкой производственных мощностей;
- устранение ошибок допускаемых операторами путем полной автоматизации процессов управления;
- установление непосредственных взаимосвязей между производством, отделом планирования, складом и поставщиками
- точный учет количества выпущенной продукции на всех стадиях производства, не зависящий от действий оператора;
- анализ использования, загрузки и обслуживания оборудования. Правильное и экономное распределение капитальных вложений;
- предупреждение аварий на производстве;
- комплексный статистический анализ причин, влияющих на качество выпускаемой продукции;
- автоматическая и своевременная генерация отчетов для руководящего персонала

SCADA системы в энергетике нашли своё применение раньше, чем во всех остальных отраслях. Внедрение SCADA в энергетике до сих пор остаются наиболее масштабными примерами образцовых АСУ ТП, как по количеству точек ввода-вывода, так и по широте и качеству исполнения сервисных функций.

Использование таких систем управления на предприятии позволяет обеспечить процесс энергоснабжения со значительным уменьшением процента брака, что автоматически повышает качество электроэнергии, а так же повышение надежности работы электрооборудования.

На основе известной информации нами разрабатывается методика определения оптимального состава SCADA-систем в распределительные электрические сети. Из всего количества и разнообразия распределительных сетей мы выбрали объект применения и исследования, а именно Сротский сетевой участок Бийского РЭС, напряжением 6-10кВ, по следующим критериям:

- оптимальная степень резервирования элементов системы электроснабжения потребителей;
- подходящая оснащённость коммутационными аппаратами, что дает возможность применения дополнительного оборудования в сетях;
- достаточная оснащённость устройствами секционирования, телесигнализации и телеуправления, что помогает получению достоверной информации о месте повреждения и увеличивает время восстановления электроснабжения;
- большая протяженность и разветвленность линий напряжением 6-10 кВ при относительно малой плотности нагрузок;
- подходящие климатические и географические условия. Статистические данные о количествах отключений в год.
- тип распределительной сети.
- рабочее напряжение.

А так же проведя сравнительную характеристику различных пакетов SCADA-систем, мы выбрали две наиболее подходящие системы: Атлант и Контур. Выбор SCADA - системы был осуществлен по нескольким критериям, таким как:

- оптимальный состав и конфигурация SCADA-системы;
- возможность централизованного контроля доступа;
- удобный интерфейс;
- русифицированность программы;
- опыт внедрения на энергетические объекты;
- экономичность;
- наличие большого объема информации о SCADA –системе.

В настоящее время данная научная работа находится в стадии изучения и разработки. В дальнейшем предполагается применение методики определения оптимального состава

средств SCADA и их размещения в распределительных электрических сетях, на основе оптимизационных моделей, позволяющих при задании целевой функции, такой как, например, достижение максимума надежности электроснабжения, минимума затрат на создание SCADA-системы и т.п., предлагать оптимальный состав и размещение оборудования SCADA.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что внедрение разрабатываемой методики на промышленных предприятиях АПК не может не сказаться положительно на развитии промышленности края, так как это позволит улучшить надежность электроснабжения потребителей электроэнергии, что благотворно скажется на уровне производства и, несомненно, положительно повлияет на развитии нашего города и края