

ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ИХ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Бобров В.В., Братухин И.Ю. – студенты, Веденев В.Н. – аспирант,

Хомутов С.О. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

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

Внедрение в эксплуатацию средств и методов технической диагностики позволяет: повысить безотказность, ремонтпригодность и долговечность оборудования, предупреждать аварии, прогнозировать остаточный ресурс и значительно увеличить надежность и экономичность энергетических установок. По статистическим данным, только за счет внедрения средств и методов диагностирования обеспечивается сокращение трудоемкости и времени ремонта оборудования на 30-40% и увеличение коэффициента технического использования оборудования на 10-12% [1].

За несколько последних десятилетий образовалась целая отрасль науки по разработке теоретических основ, методов и устройств, в том числе, автоматических комплексов диагностирования различных технических объектов. Разработан ряд стандартов на методы и средства диагностирования. Но применяемые в настоящее время методы и средства диагностики состояния электродвигателей требуют либо размещения непосредственно на оборудовании специальных датчиков (вибродиагностика), либо выведения двигателя из работы (измерения сопротивления изоляции, сопротивления обмоток и т.п.).

Описанных недостатков лишен метод диагностики асинхронных электродвигателей на основе анализа спектра его внешнего магнитного поля (ВМП), разрабатываемый на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ им И.И. Ползунова. Данный метод имеет большие перспективы применения. Связанно это с двумя факторами: первый – это небольшие капитальные затраты, т.к. оборудование имеет относительно небольшую цену и, в отличие от вибродиагностики, не требуется монтирование датчиков в конструкцию электрической машины; второй – это невысокие требования к персоналу, обслуживающему диагностическое оборудование. В основе метода лежит гипотеза о взаимосвязи поля ВМП с полем в зазоре.

Для понимания процесса образования магнитного поля вне электрической машины необходимо рассмотреть поле воздушного зазора. В реальных машинах в воздушном зазоре наряду с основной гармоникой имеется бесконечное число гармоник поля. Зная формулу подведенного к выводу машины напряжения, можно определить гармонический состав поля в воздушном зазоре. В ходе подробного изучения поля в зазоре была выведена формула (1) зависимости эквивалентного поля в точке внутри АД, равноудаленной от полюсов обмотки статора и параметров электромашины.

Для облегчения анализа параметров напряженности магнитного поля в качестве диагностического параметра выбраны коэффициенты гармоник $K^i = \frac{H^i}{H^1}$, где i – номер рассматриваемой гармоники.

При комплексном подходе к разработке метода диагностики необходимо учитывать все факторы, влияющие на внешнее магнитное поле электродвигателя. Этими факторами являются: механические неисправности двигателя; электрические неисправности двигателя; отклонение параметров напряжения от показателей качества электроэнергетики (отклонение на-

пряжения, несимметрия напряжений, несинусоидальность формы кривой напряжения, отклонение частоты, провалы напряжения).

$$\begin{aligned}
 H^v(t) = & \frac{\sqrt{2}}{3\pi\delta} \frac{1}{v} \sin v \frac{\alpha^v}{2} I^1 \frac{\sin N^1 v \frac{\alpha^1}{2}}{\sin v \frac{\alpha^1}{2}} \left[\sin \left[\omega t + \frac{2\pi}{3} v \right] + \sin \left[\omega t - \frac{2\pi}{3} v \right] \right] + \\
 & + I^2 \frac{\sin N^2 v \frac{\alpha^1}{2}}{\sin v \frac{\alpha^1}{2}} \left[\sin \left[\omega t + \frac{2\pi}{3} (v + 1) \right] + \sin \left[\omega t - \frac{2\pi}{3} (v - 1) \right] \right] + \\
 & + I^3 \frac{\sin N^3 v \frac{\alpha^1}{2}}{\sin v \frac{\alpha^1}{2}} \left[\sin \left[\omega t - \frac{4\pi}{3} (v + 1) \right] + \sin \left[\omega t + \frac{4\pi}{3} (v - 1) \right] \right].
 \end{aligned} \tag{1}$$

При механических повреждениях двигателя (неравномерность воздушного зазора при неисправностях подшипникового узла или искривлении вала) наблюдается возникновение четных гармоник в спектре ВМП, что видно на рисунке 1.

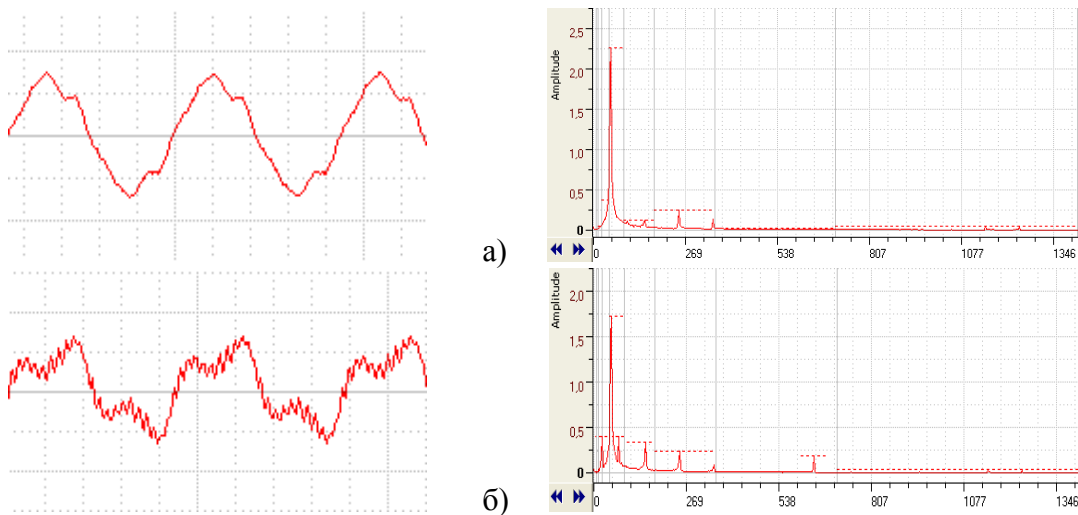


Рисунок 1 – Осциллограмма ВМП АД и спектральный состав при механических неисправностях:

а) неисправность отсутствует; б) эксцентриситет (неравномерность воздушного зазора).

При электрических неисправностях двигателя происходит рост нечетных гармоник электродвигателя относительно 1-й. Это хорошо заметно на рисунке 2.

При отклонении параметров напряжения от показателей качества электроэнергии (рисунок 3) наблюдается лишь рост основных гармоник без изменений коэффициентов.

При диагностике путем сравнения коэффициентов гармоник с теоретическими коэффициентами гармоник эквивалентного поля в точке внутри АД, равноудаленной от полюсов обмотки статора с учетом краевого эффекта (коэффициент искажения равен 0,849) характеризуется наличие дефекта, а так же степень его развития при сравнении. Как мы видим, есть четкие различия между картинками внешнего магнитного поля при влиянии различных факторов, что дает возможность четко определять дефект в каждом конкретном случае.

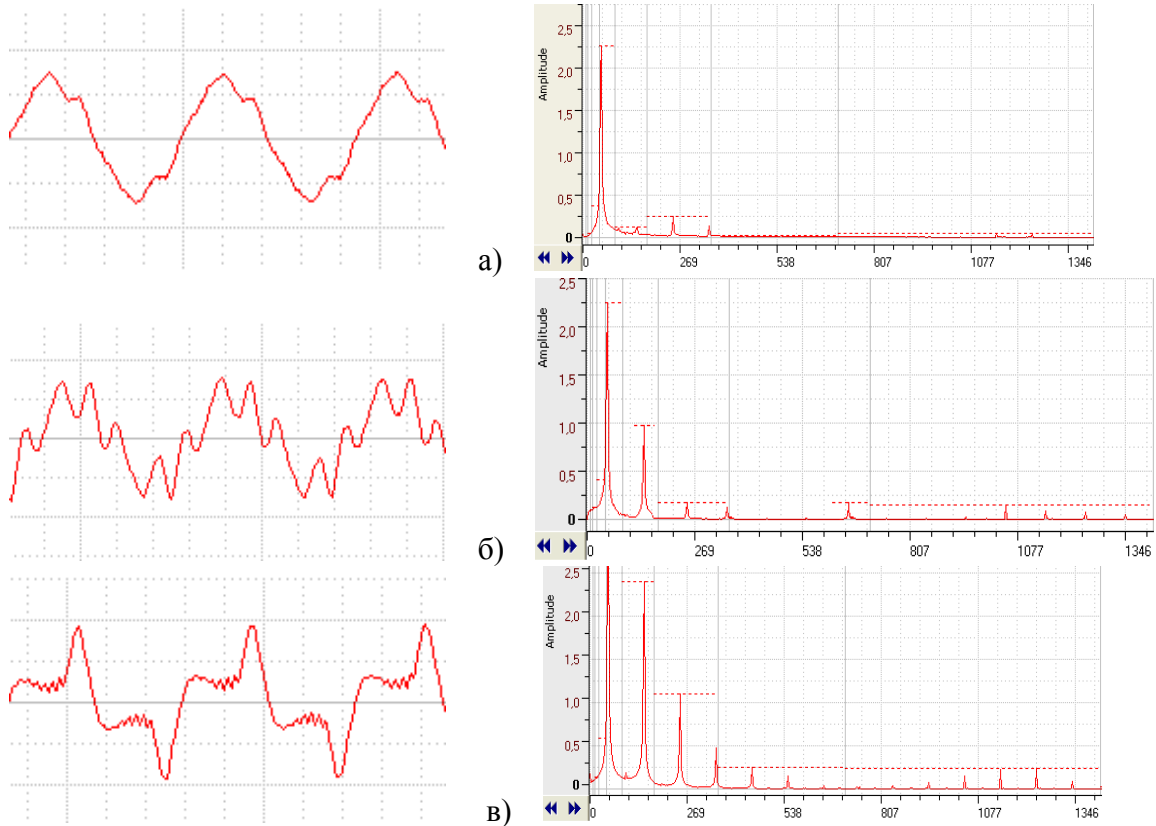


Рисунок 2 – Осциллограмма ВМП АД и спектральный состав при электрических неисправностях:

а) неисправность отсутствует; б) межвитковое замыкание; в) междуфазное замыкание

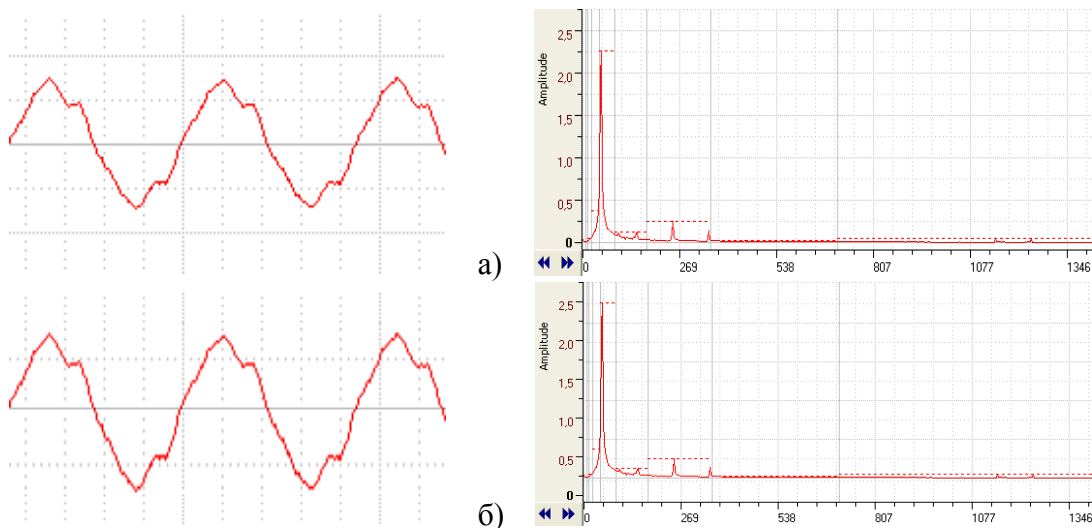


Рисунок 3 – Осциллограмма ВМП АД и спектральный состав при отклонении параметров напряжения от показателей качества электроэнергии

а) неисправность отсутствует; б) несимметрия напряжения

Литература:

1. Соломатин, С. Я. Основы технической диагностики [Текст]: Тезисы курса / С. Я. Соломатин. – Одесса : ОГМУ, 2000.
2. Геллер, Б. Н. Высшие гармоники в асинхронных машинах [Текст] / Б. Н. Геллер, В. Г. Гамата; под общ. ред. З. Г. Каганова. – пер. с англ. – М. : Энергия, 1981. – 352 с. : ил.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

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

Исследования, проведенные в Алтайском крае и других областях, показали, на предприятиях сельского хозяйства срок службы электродвигателей (ЭД) значительно меньше положенного срока работы (для двигателей порядка 5 лет). Происходит это по следующим причинам:

- с малое время использования в течение суток;
- низкий коэффициент использования;
- сезонность работы;
- влияние внешних воздействий.

Поэтому актуальной задачей является прогнозирование надежности ЭД, в зависимости от внутренних и внешних факторов влияющих на их работу.

Как показали многочисленные исследования, процессы износа, старения и разрегулирования электрических машин, обуславливающие развитие постепенных отказов, являются случайными величинами. Вследствие чего, для решения задачи прогнозирования надежности ЭД целесообразно воспользоваться стохастическим подходом. Прогнозируемой характеристикой является в данном случае случайная величина, определяющая интервал времени от момента контроля до первого пересечения поля допуска прогнозируемой величины.

Основой предлагаемого метода данного метода Singular Spectrum Analysis (SSA) является трансформация ряда в матрицу и ее сингулярное разложение. Зародился он в 70х-80х годах прошлого столетия. Суть данного метода в том, что после идентификации компонент сингулярного разложения происходит их группировка, приводящая к разложению исходного ряда на аддитивные компоненты, такие как тренд, колебания (периодики) и шум.

В зарубежной литературе метод под названием SSA возник из теории динамических систем [1]. Первоначально метод был основан на статистических аналогиях с методом главных компонент.

Ссылки на основную литературу по методу SSA можно найти, например, в работах [2-6]. За время существования и развития метода, произошло его расширение, обобщения для анализа многомерных временных рядов. Он нашел применение в различных сферах, таких как медицина, экономика, геофизика и др.

Алгоритм SSA состоит из следующих этапов:

- вложение;
- сингулярное разложение;
- группировка;
- диагональное усреднение.

Первые два в совокупности называются разложением, последние – восстановлением. Основным параметром алгоритма служит так называемая длина окна

Результатом алгоритма является разбиение временного ряда на аддитивные составляющие N .

Неоспоримым достоинством метода SSA является отсутствие требования априорного знания модели ряда, хотя сравнение этого метода с «модельными» методами при этом дает хорошие результаты.

К одному из преимуществ этого метода также можно отнести возможность работы с модулированными гармониками. Это очень выгодно отличает данный метод от других, в основе которых лежит метод Фурье.

Было рассмотрено несколько сельскохозяйственных предприятий: совхоз «Санниковский», КФХ «Манн В.В.», СПК «Поспелихинский». На основе метода SSA были построены графики типовых режимов работы ЭД, эксплуатируемых на переработке кормов для скота. Используются средние данные по мощности ЭД (kWt), периодом 3 месяца.

На рисунке 1 приведен график исходного временного ряда, полученного при помощи программного обеспечения SSA. Временной ряд содержит данные за 3 месяца, т.е. 92 временные точки, по мощности ЭД в кВт. Так как в ряде присутствует очевидная периодичность, то длина временного ряда кратна 3 ($M=31$)

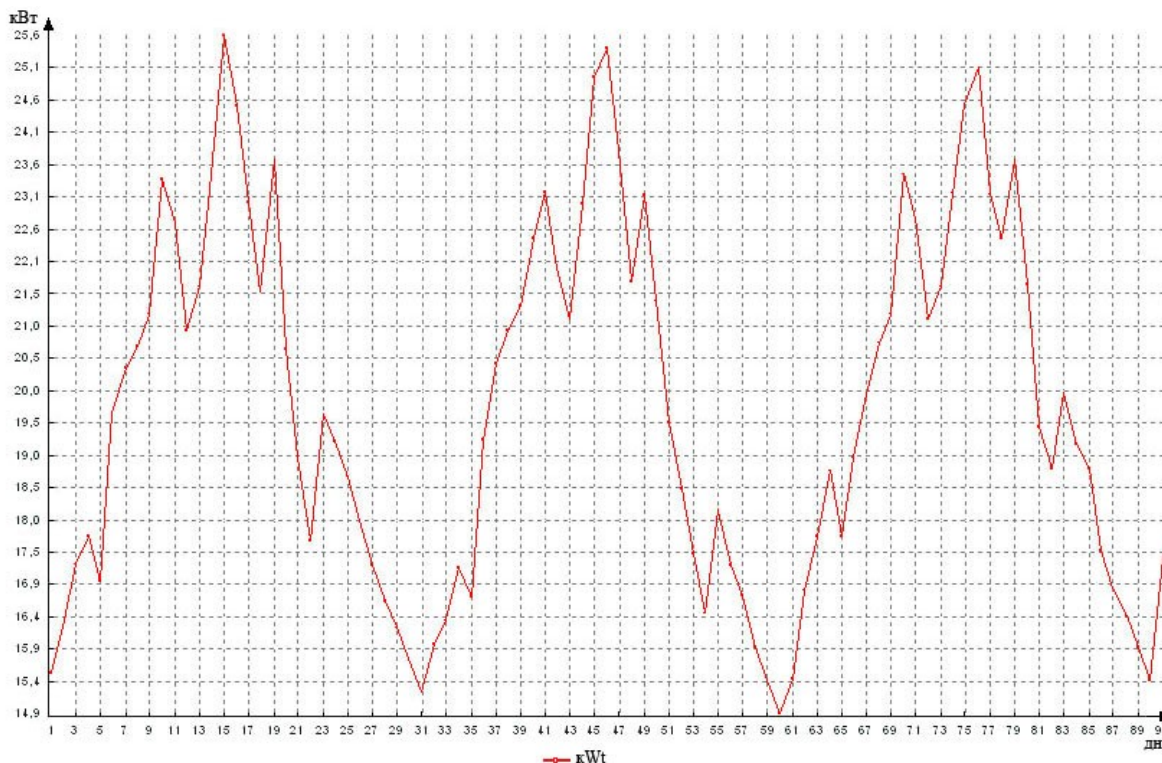


Рисунок 1 – Ежемесячные данные (3 месяца) по мощности ЭД на предприятиях сельского хозяйства (в кВт).

График, изображенный на рисунке 2, представляют информацию на уровне первых двух моментов. Среднее и стандарт соответствуют среднему и стандарту для самого ряда, полученных методом скользящего среднего с параметром. С помощью ряда осредненных ковариаций можно увидеть основную периодичность. На рисунке изображен ряд осредненных ковариаций, который строится как усреднение ковариационной матрицы вдоль диагонали.

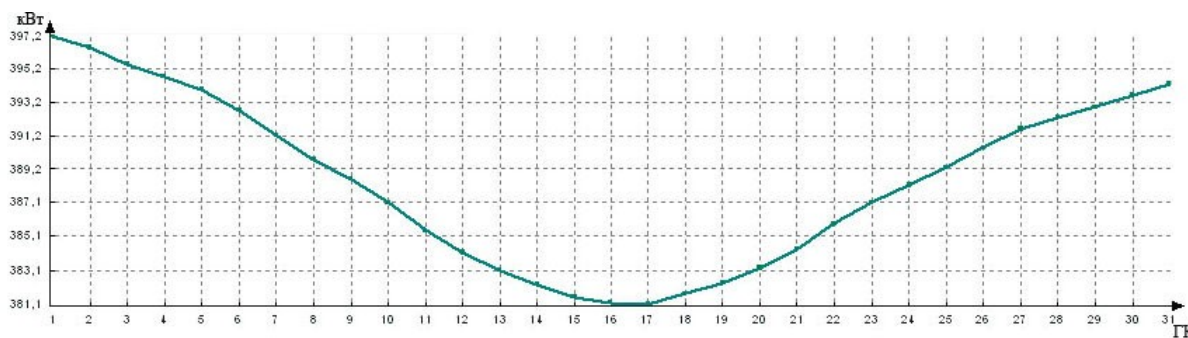


Рисунок 2 – Ряд осредненных ковариаций, построенных с помощью усреднения ковариационной матрицы ряда вдоль диагонали.

Следующим шагом метода SSA является анализ главных компонент (АГК). В качестве первого результата на рисунке 3 представлена функция собственных чисел ковариационной матрицы.

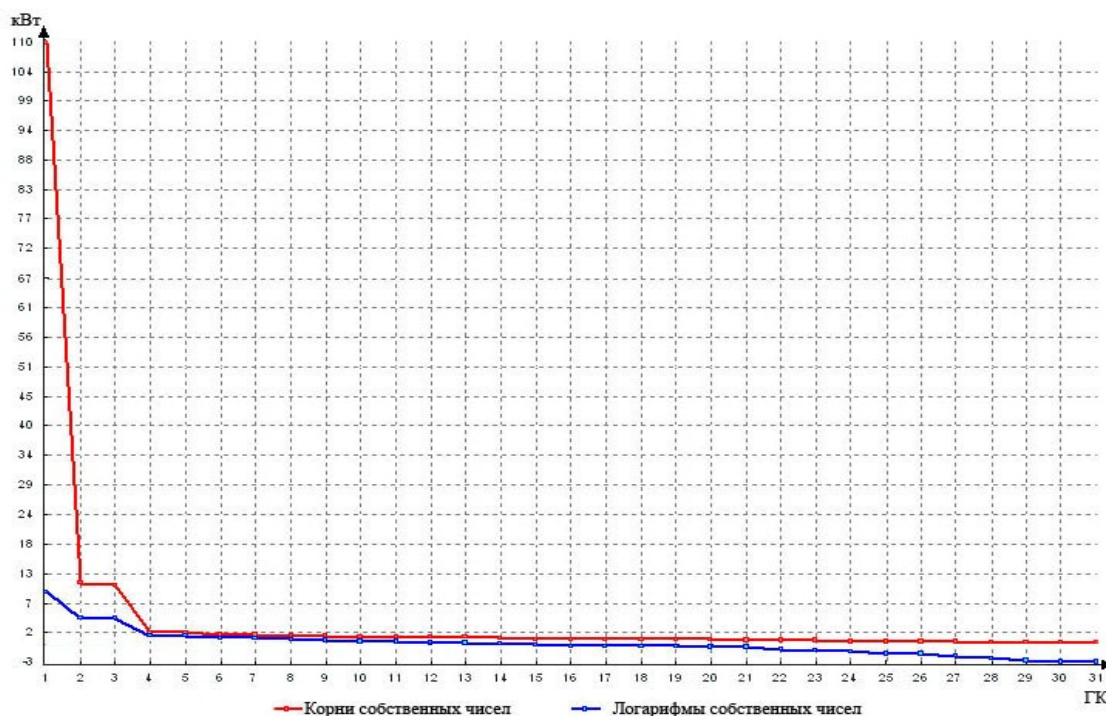


Рисунок 3 – Повышающие контрастность функции от собственных чисел ковариационной матрицы

Для большей контрастности графика на рисунке 3 приведены логарифмы и корни из собственных чисел. По данному рисунку можно предположить, сколькими главными компонентами (ГК) описывается ряд, используя применяемые обычно критерии АГК. Таким образом, можно говорить о том, что после приблизительно 5-6 главной компоненты находится шум (равномерное убывание очень маленьких собственных чисел). Метод SSA предполагает так же другие критерии. Так как одной синусоидальной составляющей соответствует в идеальной ситуации две главных компоненты с одинаковым периодом ("синус" и "косинус"), соответствующие одному собственному числу, то в реальной ситуации эти две главные компоненты соответствуют близким собственным числам. Поэтому на графике можно увидеть "ступеньку". Такие ступеньки могут быть и для маленьких собственных чисел. На рисунке 3 ГК 2-3 – явные периодики (ступеньки).

Таким образом, все выше сказанное доказывает актуальность и необходимость использования метода SSA для прогнозирования надежности ЭД на предприятиях сельского хозяйства.

Литература:

1. Broomhead D.S., King G.P. Extracting qualitative dynamics from experimental data // Physica D. 1986. Vol. 20. С. 217-236.
2. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» // Под. ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. СПб: Пресском, 1997. 307 с. <http://www.gistatgroup.com/gus/>.
3. Голяндина Н.Э. Метод "Гусеница"-SSA: анализ временных рядов: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. 76 с.
4. Golyandina N., Nekrutkin V., Zhigljavsky A. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2001. 305 p.
5. Vautard R., Yiou P., Chil M. Singular-spectrum analysis: A toolkit for short, noisy chaotic signals // Physica D. 1992. Vol. 58. P. 95-126.
6. Elsner J., Tsonis A. Singular Spectrum Analysis. A New Tool in Time Series Analysis. New York: Plenum Press, 1996. 163 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ОТКЛОНЕНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

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

В условиях ограниченного финансирования на ремонт и обновление существующего парка электродвигателей (ЭД) не последнюю роль играет определение их технического состояния. Оценка технического состояния и выдача заключения о возможном сроке эксплуатации дает возможность оптимального распределения финансовых потоков и уменьшения издержек предприятия при переходе на обслуживание ЭД по фактическому состоянию.

Изучение материалов эксплуатации асинхронных двигателей в различных отраслях агропромышленного комплекса показало, что 85-95% отказов происходит из-за повреждения обмотки статора; 2-5% отказов – из-за повреждения подшипников. Асинхронные двигатели малой и средней мощности имеют, в основном, всыпную обмотку. В такой обмотке около 93% отказов приходится на межвитковые замыкания, 5% – на повреждения межфазовой изоляции и 2% – на повреждение корпусной изоляции, причем до 50% вышеперечисленных отказов происходит по причине несоответствия условиям эксплуатации [1].

Если на протяжении всего срока службы ЭД производить регистрацию «аварийных событий» (повышение или понижение температуры окружающего воздуха до определенных значений, повышение нагрузки выше номинальной величины, количество коммутаций, влажность воздуха, концентрацию агрессивных газов), то имеется возможность определения изменения технического состояния ЭД после протекания того или иного процесса.

В основу разрабатываемой авторами системы определения технического состояния электродвигателей предлагается положить математический аппарат искусственной нейронной сети, построение которой выполняется в два этапа.

На первом этапе выбирается тип (архитектура) сети, что подразумевает решение следующих вопросов:

- определение конфигурации нейронов (число входов и их передаточные функции);
- определение связей между нейронами в проектируемой сети;
- подготовка обрабатываемой информации.

На втором этапе необходимо провести «обучение» выбранного типа нейронной сети, т.е. подобрать такие значения весовых коэффициентов, чтобы сеть давала на выходе требуемый результат. Для каждой конечной архитектуры сети разработаны собственные методы обучения, алгоритмы их работы рассматриваются во многих изданиях [2].

Для того, чтобы нейронная сеть работала во временном ряде, предлагается применять метод окон (рисунок 1).

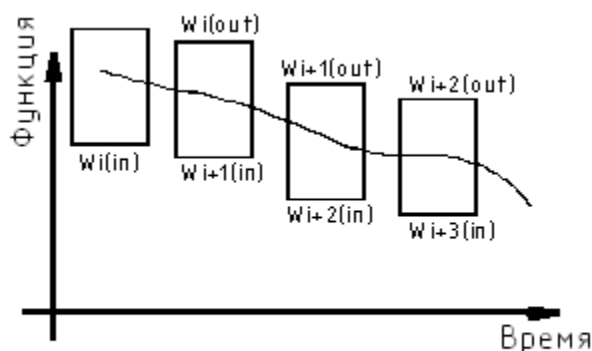


Рисунок 1 – Метод окон.

Основная идея метода: вводится два окна, одно из которых входное (input), второе – выходное (output). Эти окна фиксированного размера для наблюдения выходных параметров

сети при перемещении с некоторым шагом S . Каждое выходное значение предыдущего окна является входным для последующего. В результате получаем некоторую последовательность наблюдений, которая характеризует техническое состояние ЭД [3].

Таким образом, разрабатываемая авторами система с применением нейронных технологий является эффективным инструментом для определения технического состояния ЭД и прогнозирования остаточного ресурса при воздействии «аварийных событий», а применение метода окон позволяет определять техническое состояние при многократном воздействии тех или иных событий.

Литература:

1 Радин, В.И. Электрические машины: Асинхронные машины [Текст] : Учеб. для элем-тротех. спец. вузов. / В.И. Радин, Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович; под. ред. И.П. Копылова. – М. : Высшая школа, 1988. – 328 с. : ил. – ISBN 5-06-001285-9.

2 Аристов, Е.В. Применение искусственных нейронных сетей при анализе состояния энергетического оборудования на основе записей регистратора аварийных событий [Текст] // Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования. Вып.30. / Е.В. Аристов, С.В. Нусс. – СПб. : ПЭИПК, 2006. – 444 с. – ISBN 5-7187-0776-6.

3 Прогнозирование с помощью искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. – www.paukoff.fromgu.com – Систем. требования: ПК 486 или выше.

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Марков П.А. – студент, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время электродвигатели переменного тока являются потребителями более 70% всей электроэнергии в стране. Опыт эксплуатации электродвигателей свидетельствует о большом количестве отказов, происходящих по причине аварийных ситуаций. Аварийность ежегодно составляет 25% и более. Выход из строя электродвигателя наносит большой ущерб. В основном этот ущерб связан с простым технологического оборудования или порчи продукции по причине аварии двигателя.

Общепринятые средства защиты не обеспечивают сохранность электродвигателя и снижают вероятность возникновения лишь в некоторых случаях, поэтому возникает потребность диагностики состояния электродвигателя в процессе его работы. Обнаружение дефектов в работающем электродвигателе на ранней стадии их возникновения не только предупредит внезапную остановку производства в результате аварии, но и значительно снизит расходы на ремонт электродвигателя, а также увеличит срок его службы. Кроме того, в настоящее время достаточно актуально применение адаптивных устройств защиты и диагностики, позволяющих выполнять диагностику электродвигателей независимо от их мощности и конструкции.

Современные системы и методы диагностики электрооборудования можно разделить на две группы.

К первой группе относятся методы тестовой диагностики, требующие формирования искусственных возмущений, воздействующих на изучаемый объект: измерение сопротивления изоляции, токов утечки, внутреннего сопротивления обмоток, тангенса угла диэлектрических потерь обмоток, метод высоковольтного импульса и др.

Вторая группа включает в себя методы оперативной или функциональной диагностики, используемые в первую очередь для электрооборудования, являющегося источником естественных возмущений в процессе работы.

В настоящее время тестовое диагностирование – основной вид выявления дефектов электрооборудования в отечественной энергетике. Оно определило сложившуюся структуру технического обслуживания и ремонта по регламенту. Однако такая диагностика способствует не только предупреждению различных дефектов, но и их появлению. Например, при проведении плановых ремонтов электрических машин, после полной сборки двигатель подвергается высоковольтным испытаниям, которые оказывают на изоляцию машины пагубное влияние, вызывая появление в обмотке микродефектов, развивающихся в процессе работы электромашины под влиянием неблагоприятных факторов: некачественной электроэнергии, перегрузок, частых пусков и остановок. С каждым высоковольтным испытанием при планово-предупредительных ремонтах число дефектов увеличивается, что в конечном итоге приводит к аварийному выходу из строя электрического двигателя.

Для перехода с обслуживания и ремонта по регламенту на ремонт и обслуживание по фактическому состоянию необходима тщательная диагностика электрооборудования, причём, чтобы подготовиться к ремонту, желательно обнаружить все дефекты, влияющие на ресурс, задолго до отказа. По этим причинам необходимо применение методов диагностики не только относящиеся к категории функциональных, но и позволяющих выявить дефект конкретной части электрооборудования. К тому же методы функциональной диагностики экономически наиболее предпочтительны, так как не требуют даже временного вывода электрооборудования из эксплуатации.

При работе электродвигатель излучает звуковые колебания. В зависимости от состояния обмоток статора и ротора, подшипников и нагрузки, в звуковом излучении электродви-

повреждения резко увеличиваются на кратных частотах.

Назовём «звуковой кар-

та» – лежит метод сравнения

эталонного двигателя. Этого излучения исследуе-

тся и совокупности неис-

тановка, включающая в

се EQ Platinum; аналого-

имное обеспечение ПК;

рис. 1.

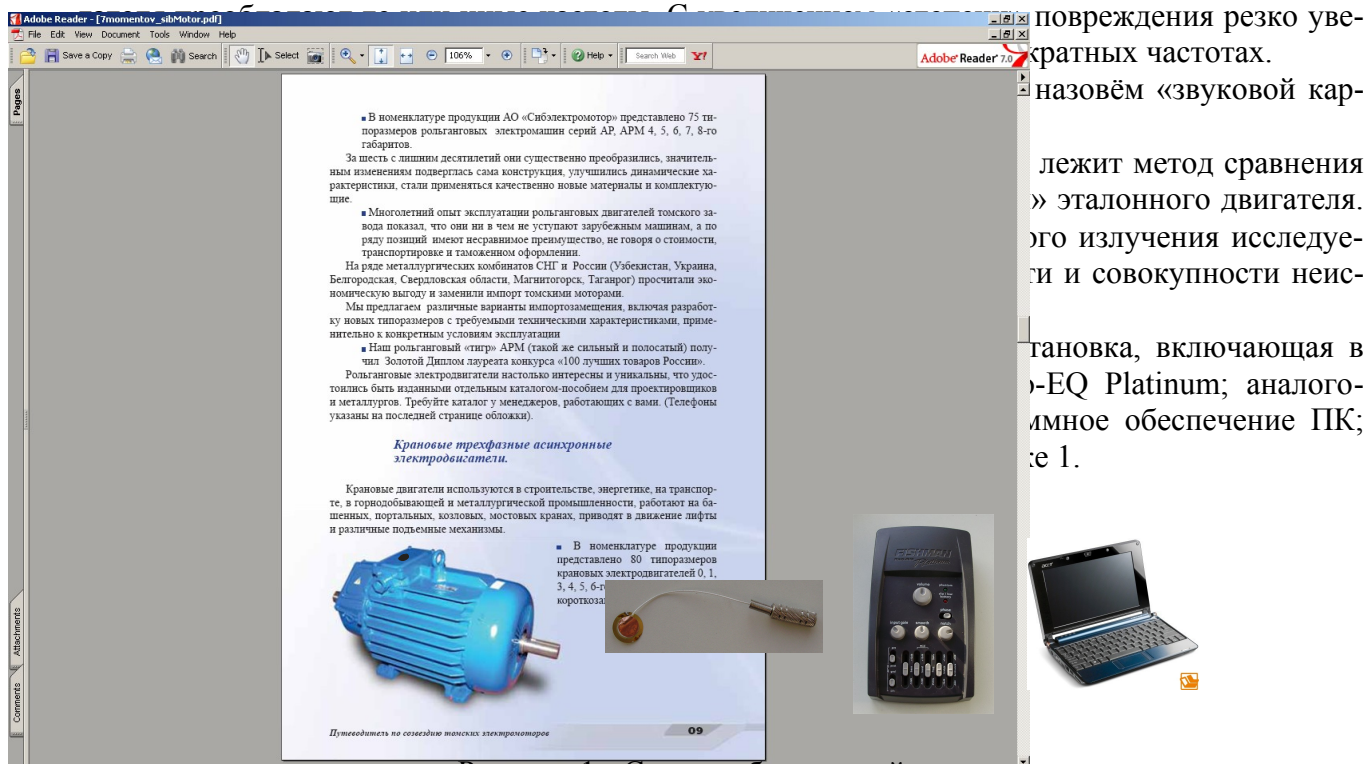


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки.

Датчик представляет собой доработанный звуковой пьезокерамический преобразователь. Доработка пьезоэлемента заключалась в подпайке к нему антивибрационного высоко-температурного кабеля диаметром 1,2 мм со фторопластовой изоляцией и карбоновым покрытием, экранировки пьезоэлемента медной фольгой с токопроводящим слоем. С другой стороны к кабелю припаяно 3,5 мм гнездо типа «jack-mother» для удобства коммутации и мобильности.

Для записи и предварительной оценки сигнала была использована программа Adobe Audition 3.0.

Моделирование дефектов рассматривается как физическое моделирование реальных процессов происходящих с изоляцией статора АД.

Разница между моделью и реальным процессом заключается в продолжительности развития дефекта. Ухудшение изоляции статора АД происходит при продолжительной эксплуатации, перегрузках и т.п. не нормальных режимах. Процесс этот может растягиваться на долгое время, и чтобы отследить его необходимо большое количество измерений, с большим интервалом между замерами.

Искусственные замыкания в обмотках статора создаются при помощи специальных предварительно выведенных наружу из лобовой части обмотки статора выводов. Для имитации переходного сопротивления изоляционного слоя в точке замыкания эти выводы замыкаются через регулируемое активное сопротивление. Это позволяет регулировать значение тока в короткозамкнутом контуре и получать различные степени тяжести исследуемых повреждений, которые создаются путем изменения тока в короткозамкнутом контуре.

Наиболее часто встречающимися и трудно поддающимися контролю неисправностями электрических машин являются межвитковые и межфазные замыкания в обмотке статора, поэтому на данный момент исследованиям этих повреждений было уделено наибольшее внимание. Были выявлены характерные амплитудно-частотные зависимости асинхронного двигателя с межвитковым замыканием и межфазным замыканием.

Достоинствами метода являются его простота, гибкость измерений (измерения проводятся в месте непосредственной работы двигателя) и относительная дешевизна.

В дальнейшем планируется разработать программный комплекс, позволяющий выявлять повреждения электродвигателя автоматически.

РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Дыкин А.В., Фефелов А.А. – студенты, Сташко В.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В сельскохозяйственном производстве электрифицировано большое число поточных линий цехов и заводов по приготовлению кормов, крупных птицефабрик, животноводческих комплексов и ферм, агрофабрик закрытого грунта, автоматизированных установок водоснабжения и орошения, высокопроизводительных поточных агрегатов по сортировке и сушке зерна и т.д.

Электрические двигатели находят широкое применение для привода разнообразных машин и механизмов. Наибольшее распространение благодаря своей простоте и дешевизне имеют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Эксплуатационная надежность электрооборудования пока еще не удовлетворяет в достаточной мере требованиям сельскохозяйственного производства. Электродвигатели выходят из строя в 1,5-3 раза чаще, чем регламентировано в паспортных данных. Отказ одного из них останавливает всю технологическую линию, а это может привести к недоиспользованию основных фондов предприятия, порче сырья и недоотпуску готовой продукции, а также гибели животных или снижению их продуктивности в дальнейшем. Все это снижает объем выпуска сельхозпродукции и увеличивает ее себестоимость.

Электродвигатели работают в усложненных условиях: при резких колебаниях температуры и высокой влажности воздуха (на зернотоках, летних пастбищах, в теплицах и т. д.); в агрессивной и влажной среде (животноводческие фермы и др.) и т. д. Большинство АД характеризуются низкой степенью использования по времени как в течение суток, так и на протяжении года.

При таких условиях эксплуатации АД резко снижается их надежность. В подавляющем большинстве случаев отказы двигателей происходят из-за повреждения обмоток 85-95%, 2-5% двигателей отказывают из-за повреждений подшипников. Поэтому особое внимание следует обращать на обмотку асинхронного двигателя.

Основным нормативным документом, регламентирующим организацию эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве, служит система ППРЭСх. Этот нормативный до-

кумент содержит рекомендации по планированию, организации и учету работ при технической эксплуатации электрооборудования и данные о периодичности, типовом составе работ, трудоемкости и о расходе материалов при техническом обслуживании и ремонте практически всех видов электрооборудования, применяемого в сельском хозяйстве. Однако эта система не учитывает материально-техническое состояние сельхозпредприятий, квалификацию электротехнического персонала, текущее состояние электрооборудования и условия эксплуатации.

Поэтому необходимо создать региональную систему обеспечения надежности, которая должна включать в себя:

- регулярный мониторинг (контроль) технического состояния оборудования
- поиск дефектов и повреждений
- оценку остаточного ресурса оборудования
- определение и планирование рациональных сроков проведения ремонтов с учетом их текущего состояния

Главным звеном будет являться Региональный центр обеспечения надежности. Первоначальная информация о количестве электродвигателей, условиях эксплуатации, сезонности использования, материально-технической базе и т.д. будет поступать в Региональный центр через Интернет, почту или телефон. После анализа первоначальной информации Региональный центр будет выдавать рекомендации о покупке диагностических приборов в зависимости от материального состояния сельхозпредприятия.

Для мелких сельхозпредприятий будет рекомендовано купить мегаомметр, спиртовой термометр и периодически измерять сопротивление обмоток и их температуру и передавать эту информацию диагностическому центру.

Для средних сельхозпредприятий будет рекомендована покупка относительно недорогих современных приборов для диагностики изоляции АД, таких, например как АWA IV. Это полностью автоматизированная переносная система – оптимальное решение для комплексного испытания изоляции двигателей. Прибор проводит все основные электрические испытания: импульс напряжения, индекс поляризации, коэффициент абсорбции, испытание повышенным напряжением, измерение сопротивления изоляции, сопротивление обмоток и диагностику повреждения обмоток.

Для крупных сельхозпредприятий будет рекомендовано купить сложное оборудование для комплексной диагностики АД, например, вибродиагностические стенды, приборы для диагностики на основе спектра потребляемого тока, тепловизоры и др. С помощью этих приборов можно обнаружить практически все возможные неисправности.

После приобретения этих приборов сельхозпредприятия проводят диагностику электродвигателей и передают информацию Региональному центру. Региональный центр создает базу данных о каждом АД. Чем полнее информация об АД, тем точнее будут рекомендации по обслуживанию и оценке остаточного ресурса.

Таким образом, повысится надежность электрооборудования в сельском хозяйстве, что приведет к увеличению выпуска сельхозпродукции и уменьшит ее себестоимость.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ИЗОЛЯТОРАХ

Иванова А. Н., Мигунова Л. В. – студенты, Попов А. Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Надежность современных систем производства и распределения электроэнергии в значительной мере определяется надежностью электрооборудования, которая в свою очередь определяется надежностью его изоляции. Современные масштабы и достигнутый технический уровень развития российской энергетики требует постоянного повышения надежности энергоснабжения потребителей. Немаловажную роль в этом деле играет безотказная работа изоляторов. Выявление и своевременное удаление дефектных изоляторов имеют большое

значение для повышения надежности энергоснабжения народного хозяйства, для борьбы с авариями и браками.

Современная промышленность, транспорт, сельское и коммунальное хозяйство не могут нормально функционировать без надежного, бесперебойного энергоснабжения. Это определяет высокие требования к надежности электрических систем и их элементов, в число которых входит оборудование высокого напряжения. Электрические изоляторы являются непрерывными элементами электротехнических аппаратов, линий электропередачи и связи, электрических распределительных устройств и других установок и во многом определяют надежную их работу. Требуемая надежность изоляторов обеспечивается при проектировании и изготовлении. Создание изоляторов, обладающих необходимой надежностью на весь срок эксплуатации является сложной технической задачей, причем в ходе эксплуатации надежность оборудования снижается. Поэтому необходимо проведение работ по поддержанию требуемого технического состояния.

Изучение причин повреждения изоляторов в процессе их эксплуатации наряду с профилактикой изоляции в энергосистемах – одна из важнейших задач эксплуатирующих организаций. Изучение позволяет найти соответствующие методы обнаружения и устранения конкретных повреждений, более рационально организовать выбор и эксплуатацию оборудования, обобщить исключительно ценный материал для проектировщиков и изготовителей изоляторов. Предпочтительнее те методы, при помощи которых можно выявлять различные дефекты одновременно, применяя лишь при необходимости уточняющие испытания. Применительно к подвесным и опорным, преимущественно фарфоровым изоляторам, на практике применяют следующие методы профилактических испытаний: измерение сопротивления изоляции; измерение распределения напряжения; испытание повышенным напряжением; измерение частичных разрядов; измерение тока, протекающего через гирлянды или опорные колонки изоляторов; механические испытания и косвенные методы контроля.

До настоящего времени метод частичных разрядов нашел реальное практическое применение только для контроля дефектности изоляции высоковольтных обмоток трансформаторов, электрических машин и изоляции высоковольтных кабелей. Однако, вследствие многообразия дефектов метод частичных разрядов пока не нашел широкого практического применения для диагностики опорных и проходных высоковольтных изоляторов в рабочих условиях. Следовательно, необходима разработка методики и комплекса устройств для оценки работоспособности высоковольтных изоляторов с использованием датчиков частичных разрядов в зависимости от частотного интервала наиболее сильных помех и характеристик самих частичных разрядов.

В процессе научно-исследовательской работы была разработана структурная схема измерителя характеристик частичных разрядов. Прибор обеспечивает производство всех видов эксплуатационных измерений частичных разрядов как при оптимизации условий контроля, так и при периодическом контроле

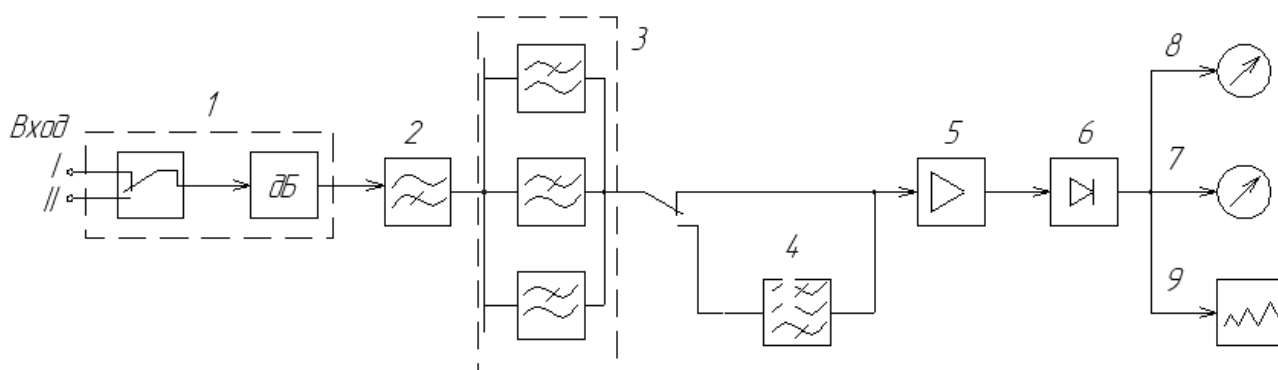


Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемого устройства

Прибор обеспечивает возможность измерений широкополосным или узкополосным методом при индикации наибольшего значения зарядов импульсов и средней частоты их следования. Предусмотрена возможность использования осциллографического индикатора. К прибору подключаются два датчика (*I*, *II*). При помощи коммутатора входного блока *I* можно или производить измерения на каждом датчике, или включить их в балансную схему (с регулировкой баланса для подавления синфазной помехи с уровнем до 50 дБ). Во входном блоке имеется аттенуатор для уменьшения сигнала. Фильтр верхних частот *2* вместе с фильтрами нижних частот *3* образуют широкополосные диапазонные фильтры. При измерениях широкополосным методом сигнал с выхода фильтра *3* подается на усилитель *5* и детектор-расширитель *6*. Широкополосный усилитель *5* имеет регулируемый коэффициент усиления, что обеспечивает повышение помехозащищенности схемы при больших уровнях сигнала. Детектор *6* выделяет огибающую импульсов и расширяет импульсы для обеспечения нормальной работы индикатора *7* и улучшения видимости импульсов на экране осциллографа. При измерениях узкополосным методом между диапазонным фильтром *3* и усилителем *5* включается перестраиваемый полосовой фильтр *4*. Этот фильтр состоит из двух резонансных усилителей с перестраиваемыми контурами. Индикатор *7* выполнен в виде вольтметра пиковых (квазипиковых) значений, а индикатор *8* является измерителем средней частоты следования импульсов. На входе индикатора *8* включен амплитудный селектор, обеспечивающий измерение лишь тех импульсов, амплитуда которых превышает половину наибольшей амплитуды контролируемой последовательности. Предусмотрено включение осциллографа *9*.

Данная научно-исследовательская работа еще не закончена. Предстоит составить принципиальную схему устройства, в которой отображается полный состав элементов и связей между ними и дающие детальное представление о принципах работы установки.

Провести эксперименты по подтверждению эффективности работы устройства, проанализировать научный, научно-технический, экономический и социальный эффект.

В результате выполнения работы были получены следующие основные результаты и сделаны выводы:

- проведенный информационный анализ показал, что для контроля рабочего состояния высоковольтных изоляторов, используемых в энергетических установках, перспективен метод частичных разрядов;
- разработана и создана измерительная система для определения параметров частичных разрядов и их компьютерного накопления и обработки;
- показана возможность применения разработанной методики и измерительной аппаратуры для проведения испытаний высоковольтных изоляторов различных типов в производственных условиях.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА АД С ЗАЩИТОЙ ОТ НЕПОЛНОФАЗНОГО РЕЖИМА

Новичихин А.В., Крючков Е.М. – студенты, Попов А.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Проблема плавного пуска и защиты асинхронных двигателей от неполнофазных режимов работы всегда стояла достаточно остро, но с совершенствованием технологий и переходом многих промышленных предприятий на рыночные отношения, встает вопрос повсеместной оптимизации производства и рационального использования денежных и технических ресурсов. Прямой пуск асинхронного двигателя, являющегося основным источником механической энергии на промышленных предприятиях, влечет за собой множество негативных последствий. Эти последствия оказывают прямое влияние на срок службы оборудования и его ресурс, создают большую нагрузку на питающую сеть и делают необходимым повышение уставок релейной защиты.

Если взглянуть на методы снижения выходов из строя АД, более широко, то можно увидеть, что ним можно отнести массу различных мероприятий. На пример методические, такие

как обучение персонала, повышение квалификации, разработка новых методик обслуживания и ремонта и своевременная диагностика оборудования. Организационные – это проведение плановых и внеплановых проверок элементов системы, привлечение независимых экспертов и консультантов. Персональная и групповая материальная ответственность, как один из вариантов применения административного метода. Ну и конечно же технические. К ним можно отнести механический пуск АД – вывод на номинальные обороты, создание запаса надежности двигателя и ограничение кратности пускового тока.

Способов обеспечения плавного пуска АД существует достаточно много. Они могут быть электрическими и даже механическими. К механическим способам можно отнести разгон АД перед подключением к питающей сети или применение фрикционных и вязкостных муфт. На практике используют пуск с помощью автотрансформатора или реактора, переключение «звезды» в «треугольник» – все эти способы можно отнести к регулированию действующего значения напряжения. А также еще одним способом является изменение частоты питания электрической сети. Проанализировав данный вопрос, был сделан выбор на электрическом методе регулирования действующего значения напряжения путем изменения формы сигнала питающего напряжения. Он относительно прост и применим для пуска АД не требующих регулировки скорости во время работы.

Разрабатываемое устройство будет состоять из блока измерений, выполняющего функции контроля токов в цепи, блока управления, отвечающего за анализ, контроль состояния системы и подачу сигнала на исполнительный орган, который будет производить коммутацию в силовой цепи.

Достаточно простой реализацией регулирования действующего значения напряжения в цепи питания, является изменение форм синусоидального сигнала. Изменить форму и величину действующего значения напряжения питания, можно коммутируя её. Поэтому в качестве органа исполнения устройства плавного пуска АД с защитой от неполнофазного режима были выбраны симметричные тиристоры. Для управления ими нужно через определенное время после перехода напряжения питания через ноль, подавать импульсы на контакты управления. Наглядно принцип работы показан на рисунке 2. IGT – импульсы управления, V – напряжение питания, V2 – эквивалент действующего значения напряжения питания.

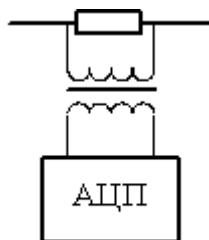


Рисунок 1

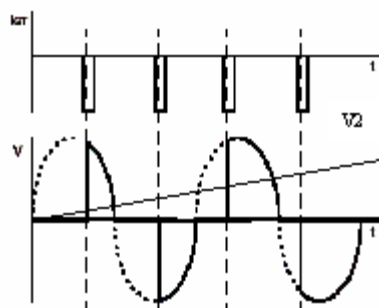


Рисунок 2

Измерительная часть устройства состоит из двух элементов – датчика тока и датчика нуля. Датчик тока обеспечивает контроль кратности пускового тока в каждой из фаз сети питания. После изучения различных методов измерения тока, в качестве окончательного был выбран способ прямой дискретизации, предполагающий включение в разрыв цепи сопротивления заданного номинала. Схема включения показана на рисунке 1. Падение напряжения на сопротивлении прямо пропорционально величине тока. Эту зависимость легко увидеть в законе Ома для участка цепи: $U=I R$. Применение трансформатора, с коэффициентом трансформации один, необходимо для гальванической развязки фаз друг от друга.

Для реализации логической части блока управления был выбран AVR микроконтроллер с трехканальным аналого-цифровым преобразователем для контроля токов в каждой из трех фаз. Для формирования сигнала управления силовыми полупроводниками нам необходим

датчик перехода питающего напряжения через ноль – датчик нуля. В качестве датчика нуля, используется оптрон, подключенный через диодный мост. Получая на вход синусоиду, он выдает прямоугольные импульсы, поступающие на вход прерывания AVR микроконтроллера. Микроконтроллер, выполняющий роль блока управления решает одновременно несколько задач. Он измеряет и контролирует кратность пускового тока, получая сигнал с датчика перехода через ноль каждой из фаз, с определенной задержкой подает сигнал управления для полупроводников, которые в свою очередь уже и формируют сигнал питания определенной формы. Применение цифровой логической части вместо аналоговой позволяет увеличить круг решаемых задач и реализовать функцию защиты от неполнофазных режимов работы питающей сети.

Для того, чтобы найти значения токов в каждой из фаз, мы планируем применить один из методов косвенных измерений – измеряя падение напряжения на специальном резисторе и учитывая его сопротивление 0,1 Ом получать значение тока, протекающего по цепи. Так как форма сигнала напряжения при запуске АД будет отличаться от синусоидальной, то и измерение обычными средствами измерения переменного тока, рассчитанными на синусоидальное напряжение, не подойдут нам. Для решения этой задачи мы применяем метод дискретизации, позволяющий измерить сигнал сколь угодно сложной формы.

Программирование микроконтроллера занимает достаточно много времени, потому что был выбран наиболее эффективный машинно-ориентированный язык программирования низкого уровня Assembler, работа которого не зависит от эффективности компилятора. Планируемая несущая частота работы АЦП – 187 кГц (187 тактов работы – флопов) и на каждое измерение нужно 13 тактов, плюс трехканальный режим по трем фазам, и мы получаем приблизительно 1000 измерений в каждом периоде питающего напряжения 50 Гц. Так как у логического контроллера нет операций умножения и деления, то задача оцифровки сигнала поступающего с измерительной части представляет собой несколько сложной. При методе дискретных измерений и усреднения полученного значения необходимо произвести операции логического суммирования, а затем деления на количество измерений; но у нас нет операции деления в чистом виде, а деление вычитанием будет занимать слишком большое число тактов программы, и выполнение цикла будет увеличено. Эту задачу еще предстоит решить в ходе исследования. Есть возможность путем введения в измерительную часть дополнительного сопротивления понизить значение сигнала на входе АЦП, и при суммировании получить искомое усредненное значение функции напряжения, а значит и тока в каждой фазе.

Реализация данного проекта позволит увеличить срок службы АД, снизить частоту отказов оборудования, уменьшить кратности пусковых токов и нагрузку на питающую сеть при включении, сократить нагрузку на механизмы в момент включения, даст возможность для повышения чувствительности защиты, а также сократить расходы на капитальные затраты при сооружении электроэнергетической системы в целом.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОСОБЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ТИПА «БИРЮЗОВАЯ КАТУНЬ» И «АЛТАЙСКАЯ ДОЛИНА»

Сорокина Н.В. – студент, Татьяначенко Л.Н. – к.т.н., доцент,

Жуков Б. Б. - главный диспетчер, первый заместитель директора Алтайского РДУ
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В Алтайском крае наблюдается стабильный рост потребления электрической энергии. Особенно явно это наблюдается в Бийском узле Алтайского края и Республике Алтай. Живописная местность этих районов способствует развитию оздоровительных, туристических и гостиничных комплексов. И в феврале 2007 года Правительство России приняло постановление о создании в стране семи особых экономических зон (ОЭЗ) туристско-рекреационного типа, в том числе на территории Республики Алтай и Алтайского края. В связи с этим было запланировано строительство двух крупных туристско-рекреационных зон «Бирюзовая Катунь» в Алтайском крае и «Алтайская долина» в Республике Алтай. Ввод в эксплуатацию новых

районов приводит к вопросам о развитии инфраструктуры данных районов и в частности – электроэнергетики.

Существующее электроснабжение Бийского узла осуществляется по двум линиям 220 кВ и за счет генерации Бийской ТЭЦ. При отключении одной из линий резко снижается предел передаваемой мощности, что связано с дефицитом реактивной мощности в часы максимальных нагрузок. Фактический переток в узел в большинстве схем, связанных с выводом в ремонт любой из этих линий или одного из автотрансформаторов Бийской РПП, находится на уровне максимально-допустимого по условию сохранения устойчивости, а в некоторых режимах даже превышает его. Поэтому требуются дополнительные меры по сохранению нормативных запасов устойчивости: разгрузка узла путем перевода части потребителей на питание от других энергорайонов, ограничение электропотребления вплоть до отключения потребителей.

Несмотря на то, что установленная мощность генерации Бийской ТЭЦ, 535 МВт, сопоставима с нагрузкой потребителей узла, однако вырабатываемая ею мощность связана с наличием потребителей тепловых нагрузок, как и у любой теплоэлектроцентрали, поэтому значительную часть времени существует дефицит мощности в рассматриваемом узле. Кроме того, существуют еще две линии 110 кВ, но в нормальной схеме они разомкнуты. Это обосновывается тем, что на данных линиях не стоят необходимые комплекты противоаварийной автоматики и тем, что связь 110 кВ является слабой и при отключении линий 220 кВ на линии 110 кВ произойдет большой наброс мощности, что может вызвать лавину частоты. Электроснабжение Республики Алтай осуществляется по трем линиям 110 кВ от Бийского узла.

С ПС Бийская электрическая мощность поступает по сети 110 кВ к потребителям узла. Электрическая сеть высокого напряжения в Бийском узле представляет собой сложную конфигурацию, имеющую и закольцованные участки, и длинные радиальные линии. Такая конфигурация приводит к значительным потерям мощности и напряжения в этой сети. Следствием являются существующие ограничения на величину передаваемой мощности в Бийский узел из-за недопустимого снижения уровней напряжения у потребителей. Самыми «тяжелыми» в этом плане подстанциями являются подстанции: Кош-Агачская, Акташская, Улаганская, Усть-Канская, Абайская, Усть-Коксинская. Проблемы с энергообеспечением данных районов связаны с их удаленностью и отсутствием генерирующих мощностей при современном уровне технологического развития. Напряжение на высокой стороне данных подстанций может в разные периоды времени снижаться до 95 – 94 кВ, что соответствует падению напряжения на 14 – 15 %, при нормативном падении напряжения не более 5%.

Также «узкими» местами Бийского энергоузла, являются два сечения: линия Сигнал – Майма и линия Майма – Чоя, вывод в ремонт которых затруднителен, так как они несут большие токовые нагрузки, и их отключение приведет как к снижению уровней напряжения, так и к веерному отключению потребителей.

Подводя итог сказанному, можно выявить несколько проблем, решение которых актуально при проектировании электроснабжения в данном районе: повышение уровней напряжения на подстанциях в Бийском районе и Республике Алтай; повышение надежности схемы Алтайской энергосистемы; присоединение к существующей схеме электроснабжения двух новых подстанций. Данная задача усложняется тем, что строительство подстанций «Бирюзовая Катунь» и «Алтайская долина» намечено в районе расположения подстанций Черга – Майма.

Самый важный показатель системы электроснабжения – надежность подачи электроэнергии. С ростом электрификации, всякое отключение – плановое (для ревизии и ремонта) и особенно неожиданное аварийное – наносит огромный ущерб потребителю и самой энергетической системе. Поэтому необходимо применять эффективные и экономически целесообразные меры по обеспечению оптимальной надежности электроснабжения потребителей.

Абсолютное большинство потребителей получают электроэнергию от централизованного источника – энергосистемы. При этих условиях основой системы являются электрические сети. Систему электроснабжения ОЭЗ необходимо спроектировать таким образом, чтобы она

имела наилучшие технико-экономические показатели, то есть чтобы при минимальных затратах денежных средств, оборудования и материалов она обеспечивала требуемые надежность электроснабжения и качество электроэнергии. Задача обеспечения электроэнергией потребителей при проектировании систем электроснабжения должна решаться комплексно, с учетом развития в рассматриваемой зоне всех отраслей хозяйства. Проектирование электрических сетей, питающих ОЭЗ необходимо проводить в соответствии как с общими директивными и нормативными документами (Правила устройства электроустановок, Правила технической эксплуатации и др.), так и со специально разработанными для таких проектов материалами, которых к сожалению пока не существует, так как электроснабжение выделенных зон нельзя отнести ни к электроснабжению ни сельских районов, так как в сельских районах плотность нагрузки значительно ниже плотности нагрузки, предполагаемой в выделенной зоне, ни к электроснабжению городов, так как площадь размещения игровой зоны значительно меньше площади электроснабжения города, а также в местах расположения игровой зоны не будет существовать центрирования электроснабжения, существующего в городах.

Необходимость расширения сети питания Алтайского края и высоких требований, предъявляемых к качеству электрической энергии заставляет производить реконструкцию уже существующих сетей, а также строительство новых сетей.

При этом, под новым строительством подразумевают сооружение новых линий электропередач и подстанций, под расширением – установку на одно-трансформаторных подстанциях второго трансформатора с соответствующим оборудованием, под реконструкцией – замену проводов линий электропередачи, перевод сетей с напряжения 6 кВ на напряжение 10 кВ, замену трансформаторов, установку средств компенсации реактивной мощности, секционирования, автоматизации, регулирования напряжения и т.п.

Таким образом, строительство новых электрических сетей приводит к применению новых, усовершенствованных технологий проектирования, применению нового оборудования, а также усовершенствованному расчету нагрузки на данные подстанции, представляемые точными и сезонными графиками нагрузок, которые значительно будут отличаться от графиков нагрузки сельских и городских районов. Данные графики нагрузки по предположению не будут иметь выраженных максимумов в утренние, вечерние и дневные часы, а в ночные часы, вероятнее всего, график нагрузки будет иметь максимум, вместо заметных минимумов нагрузки в городах. Вследствие этого, необходимо рассчитывать перетоки мощности в Алтайской энергосистеме. Строительство новых сетей позволяет повысить пропускную способность действующих, надежность электроснабжения и качества электроэнергии у потребителей.

В ходе работы были найдены такие способы присоединения проектируемых подстанций, которые позволяют не только повысить надежность Алтайской энергосистемы, но и увеличить значения напряжений на дальних подстанциях до 108 – 109 кВ в нормальном режиме и 104 – 105 кВ в послеаварийном режиме. Также данные проектируемые подстанции соответствуют электроснабжению ответственных потребителей 1-ой категории, которыми согласно техническому заданию являются проектируемые объекты ОЭЗ. И на основании этого выбрана типовая схема распределительного устройства данных подстанций, электрическое оборудование, устанавливаемое на подстанциях, системы противоаварийной автоматики.

Однако данный способ улучшения состояния района не является единственным и достаточным. Следует в совокупности с этим находить новые способы увеличения генерирования или поступления из вне мощности в данный проблемный узел.

Литература:

1. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Спб: ДЕАН, 2000. – 927 с.: ил.
2. Электрификация в современном мире /Э. Ахмедов, А. Виньяр, Ю. Коган и др. Отв. Ред. Ю. В. Ярешенко; СССР, Ин-т экономики и прогнозирования науч.-техн. Пресса. – М.:

Наука, 1990. – 363, [1] с.: ил.

3. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/[Сост. П. И. Анастасиев и др.]; Под общ. ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991 – 464 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛА ПЕРЕДАВАЕМОЙ МОЩНОСТИ В БИЙСКОМ УЗЛЕ

Мездрина Т.А. – студент, Татьянченко Л.Н. – к.т.н., доцент,

Жуков Б.Б. – главный диспетчер, первый заместитель директора Алтайского РДУ
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Алтайский край является одним из крупнейших сельскохозяйственных регионов России с широко развитой промышленностью, а в последние годы активное развитие получила и сфера туризма, планируется строительство особой экономической зоны туристско-рекреационного типа. Все это приводит к естественному росту нагрузки, что в свою очередь вызывает определенные трудности в обеспечении качества электроснабжения потребителей.

Наиболее перспективными для развития туризма являются юго-восточные районы Алтайского края и Республики Алтай, которые относятся к Бийскому энергоузлу. Электроснабжение этого узла уже сейчас довольно проблематично. Несмотря на высокую установленную мощность 535 МВт, генерации Бийской ТЭЦ не всегда хватает для покрытия всей нагрузки района, недогрузка ТЭЦ связана с экономической нецелесообразностью режима при недостатке тепловых нагрузок (например в летнее время), а также с необходимостью проведения ремонтов основного оборудования (турбо-генераторов, котлов и пр.).

Недостающая мощность поступает в узел по двум ВЛ 220 кВ, питающимся от ПС Барнаульская: ПС Барнаульская – ПС Бийская и ПС Чесноковская – ПС Троицкая – ПС Бийская. При отключении одной из линий 220 кВ Барнаульская – Бийская резко снижается возможность передачи мощности, что связано с резкими снижениями уровней напряжения.

Основными проблемами Бийского узла является большая протяжённость распределительной сети 110 кВ (1574 км) и характер электрических нагрузок в Республике Алтай, что приводит к тому, что в максимум нагрузок уровни напряжения у потребителей могут снижаться ниже минимально-допустимых, а при минимальных нагрузках (например, в ночное время из-за увеличения генерации реактивной мощности воздушными линиями) повышаются до величин, угрожающих электрооборудованию.

В соответствии с Методическими указаниями по устойчивости энергосистем в контролируемых сечениях (в данном случае речь идет о контроле за перетоками в Бийский узел по питающим линиям 220 кВ) необходимо обеспечить сохранение устойчивости при нормативных возмущениях (принцип n-1, т.е. отключение какого-либо сетевого оборудования, ведущее к набросу мощности на контролируемое сечение, не должно приводить к превышению аварийно-допустимых перетоков).

Все эти факторы приводят к сдерживанию развития узла, затруднениям при подключении новых потребителей. Необходимо решение проблемы повышения предела передаваемой мощности в данном сечении. Некоторые варианты решения связаны с сетевым строительством (т.е. строительством новых ВЛ и новых ПС) или вводом дополнительной генерации в узле. И то, и другое предполагает значительные капиталовложения, а также длительный срок реализации. При существующей схеме проблему обеспечения нормальных уровней напряжения можно решить с помощью установки устройств компенсации реактивной мощности. При выборе оптимального варианта следует исходить из технико-экономических расчетов, основанных на системном подходе к задаче компенсации реактивной мощности. Это означает, что оптимальное решение должно удовлетворять как интересам электроснабжающих систем, так и интересам потребителей электроэнергии.

В сложившейся ситуации наиболее оптимальным вариантом является установка батарей статических конденсаторов (БСК). Конденсаторы – это специальные емкости, предназначенные для выработки реактивной мощности. По своему действию они эквивалентны перевоз-

бужденному синхронному компенсатору и могут работать лишь как генераторы реактивной мощности. Схема батареи конденсаторов определяется техническими данными конденсаторов и режимом работы в системе электроснабжения. Конденсаторы по сравнению с другими источниками реактивной мощности обладают следующими преимуществами:

- малыми потерями активной мощности;
- простотой эксплуатации (ввиду отсутствия вращающихся и трущихся частей);
- простотой производства монтажных работ (малая масса, отсутствие фундаментов);
- возможностью установки конденсаторов в любом сухом помещении.

К недостаткам конденсаторов следует отнести:

- зависимости генерируемой реактивной мощности от напряжения;
- чувствительностью к искажениям питающего напряжения;
- недостаточную прочность, особенно при к.з. и перенапряжениях.

Проведя ряд расчетов, можно выделить определенные ПС в Бийском узле, на которых установка БСК приводит к нормализации уровней напряжения. К таким ПС относятся ПС Майма, ПС Черга, а также тупиковые ПС Кош-Агач, ПС Усть-Кокса, ПС Дмитриевка.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ Г. ЗАРИНСКА

Гаськова М.Ю., Поляков П.А. – студенты, Татьянченко Л.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время в России существует Автоматизированная информационно – измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ), которая предназначена для оперативного контроля и осуществления эффективного коммерческого (технического) учета выработки, потребления электрической энергии и мощности. Системы коммерческого учёта электроэнергии субъектов оптового рынка должны являться источниками достоверной и легитимной информации о фактическом производстве и потреблении электроэнергии на оптовом рынке.

АИИСКУЭ «Заринская» предназначена для осуществления эффективного автоматизированного коммерческого учета и оперативного контроля сальдо перетоков электрической энергии и мощности Муниципального унитарного предприятия коммунальных электрических сетей (МУП КЭС) «Заринская городская электрическая сеть», формирования отчетных документов и передачи информации в центры сбора ИАСУ КУ НП «АТС», Алтайское Региональное Диспетчерское Управление (РДУ) и ОАО «Алтайэнерго». Данные коммерческого учета могут быть использованы также и для решения технических, технико-экономических и статистических задач, как самого субъекта оптового рынка, так и на всех уровнях иерархии управления энергетическим производством.

Цель создания и функционирования АИИСКУЭ «Заринская»:

- измерение количества электрической энергии, позволяющее определить величины учетных показателей, используемых в финансовых расчетах предприятия на оптовом рынке электроэнергии;
- обеспечение непрерывного мониторинга для кратко - и долгосрочного планирования режимов потребления электроэнергии и мощности;
- снижение потерь энергии.

Создание АИИСКУЭ субъектов оптового рынка осуществляется на основании специально разрабатываемых индивидуальных (нетиповых) проектов, при этом необходимо стремиться к тому, чтобы как можно большая часть функций в АСКУЭ выполнялась автоматически (без участия человека). На оптовом рынке присутствуют три группы субъектов:

- энергоснабжающие и сетевые организации;
- электростанции;
- потребители.

Порядок получения информации от системы коммерческого учёта электроэнергии, порядок эксплуатации и обслуживания средств коммерческого учёта определяются соответствующим разделом договора поставки или дополнительным соглашением к договору поставки электроэнергии. Особенностью АСКУЭ Энергоснабжающей организации, является, прежде всего, наличие удалённых контролируемых энергообъектов (от десятков до нескольких сотен километров), а так же разнообразием схем сетей на границах со смежными субъектами оптового рынка.

Существует несколько типовых автоматизированных систем с различной структурой:

- многоуровневая структурная схема с одним центром сбора информации (рисунок 1);
- многоуровневая структурная схема с прямым подключением к центру сбора информации;

- многоуровневая структурная схема с несколькими центрами сбора информации.

Измерительная система содержит следующие элементы:

- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- промышленные контроллеры;
- счетчики электрической энергии;
- устройство сбора и передачи данных;
- измерительно-вычислительные комплексы;
- каналы связи;
- сервер сбора, обработки и хранения информации;
- специализированное программное обеспечение центра сбора и программное обеспечение для параметрирования электросчетчиков, контроллеров или устройств сбора и передачи данных;
- специализированное программное обеспечение центра сбора и программное обеспечение для параметрирования и диагностики электросчетчиков.

В структуре МУП КЭС «Заринская городская электрическая сеть» наиболее приемлемо использовать наиболее простую структурную схему, показанную на рисунке 1, так как в ней наиболее важную роль играют промышленные контроллеры (рисунок 2), что позволяет контролировать дополнительные параметры качества электроэнергии, передаваемой потребителю.

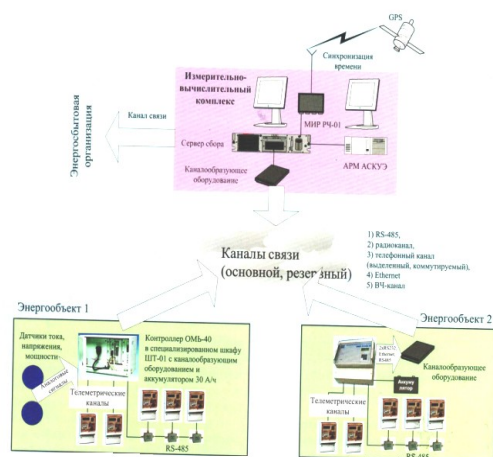


Рисунок 1. Типовая многоуровневая структурная схема автоматизированной информационно-измерительной системы с одним центром сбора информации

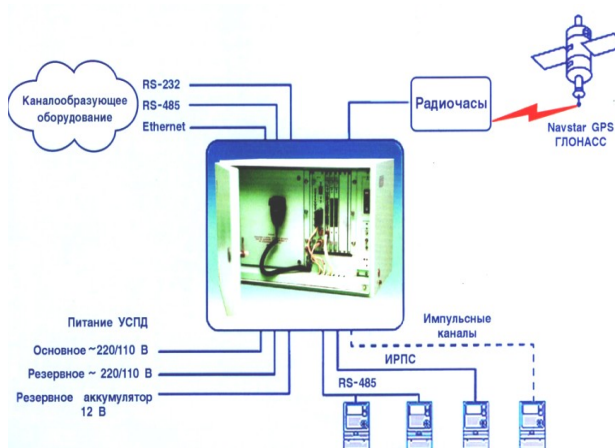


Рисунок 2. Контроллер "ОМБ-40". Коммуникационные и измерительные возможности

Для МУП КЭС «Заринская городская электрическая сеть» не рационально использовать систему с несколькими центрами сбора информации, потому что применение такой схемы выгоднее использовать крупным потребителям электроэнергии, таким как нефтедобывающие компании или АО – энерго. У таких компаний есть наличие больших расстояний между объектами и необходимость организации нескольких центров сбора информации (в составе общего информационно – измерительного комплекса системы). Отсутствие крупных потре-

битель в МУП КЭС «Заринская городская электрическая сеть» позволяет нам использовать наиболее простую структурную схему.

При исследовании данной системы можно выделить ряд достоинств и недостатков в работе АИИСКУЭ. Данная система учета обеспечивает контроль договорных объектов электроэнергии и мощности, хранение собранной информации и ее передачу в реальном масштабе времени и инфраструктуры рынка, предотвращая коммерческие потери и хищение электроэнергии, учитывая все качества. В то же время все еще существует проблема в организации коммерческого учета, интегрированного сбора данных АСКУЭ, высоких капиталовложений. Несмотря на указанные трудности необходимо отметить, что роль коммерческого учета на рынке электроэнергии высока.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Сидоров Г.И. – студент, Гутов И.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В условиях экономического кризиса вопрос энергосбережения является весьма важным и актуальным, его решение зависит от многих факторов, в частности от внедрения новых конструкций и технологий, а также модернизации уже существующих. Одной из задач энергосбережения является утилизация отходов производства и их использование в качестве топлива.

Существенной экономии топлива в котлах утилизаторах в настоящее время достигнуть трудно, поскольку КПД их близки к термодинамическим предельным значениям, в то же время эффективность использования топлива зачастую достаточно низка. Большие резервы экономии топлива кроются в использовании вторичных энергетических ресурсов - в нашем случае древесных отходов.

На предприятии деревообработки скапливается большое количество опилок, которые занимают значительные площади, создавая пожароопасную обстановку, вывозка и утилизация данных отходов требует определённых затрат денежных средств. Так как древесные отходы являются горючими, то использовать их в качестве топлива вроде бы не представляет труда, но попытки сжигать отходы в обычных топках заканчивались неудачно. Теплотехнические характеристики древесных отходов предъявляют специфические требования к эффективной конструкции топочного устройства. Частицы древесного топлива имеют большую парусность и маленькую массу, поэтому при недостаточной высоте топки имеет место большой механический недожог (частицы не успевают догорать), что приводит к затуханию процесса горения.

Проблему сжигания опилок было предложено решить путём прессовки опилок и стружки в брикеты, а затем использовать как топливо. Однако, для этого требуются определённая технология и оборудование (сушилка, пресс), дополнительно затраты денежных средств, электроэнергии и сырья, место для размещения установок и персонал для выполнения данных работ.

Для решения данной проблемы на деревообрабатывающем предприятии для сжигания отходов производства (опилок, стружки) и твёрдых бытовых отходов был изготовлен котёл утилизатор по чертежам существующего котла КВр-0,8. Использование высокой топочной камеры данного котла достаточно для эффективного сгорания опилок.

Котел утилизатор древесных и бытовых отходов был установлен в котельную установку по сжиганию твердого топлива (угля) и включен в технологическую схему ее работы. Он используется для подогрева сетевой воды. Ранее для этого использовался котел, работающий на угле.

Технологический процесс получения пара в котельной установке до установки котла КВр-0,8, схема которого представлена на рисунке 1, выглядел примерно так: топливо (уголь) подается в топку, где и сгорает. Воздух, необходимый для сгорания топлива, подается в топку дутьевым вентилятором через воздухоподогреватель котла. Дымовые газы, отдав часть

своего тепла радиационным поверхностям нагрева, размещенным в топочной камере, поступают в конвективную поверхность нагрева, охлаждаются и дымососом удаляются через дымовую трубу в атмосферу. Сырая водопроводная вода проходит через катионитовые фильтры, умягчается и далее поступает в деаэратор, где из нее удаляются коррозионно-активные газы (O_2 и CO_2) и стекает в бак. Из бака питательная вода забирается питательным насосом и подается в паровой котел для предварительного подогрева и далее направляется для питания паровых котлов. Пройдя по поверхностям нагрева, вода нагревается, испаряется и собирается в верхнем барабане. Из котла пар направляется в общекотельный паровой коллектор и затем подается потребителям.

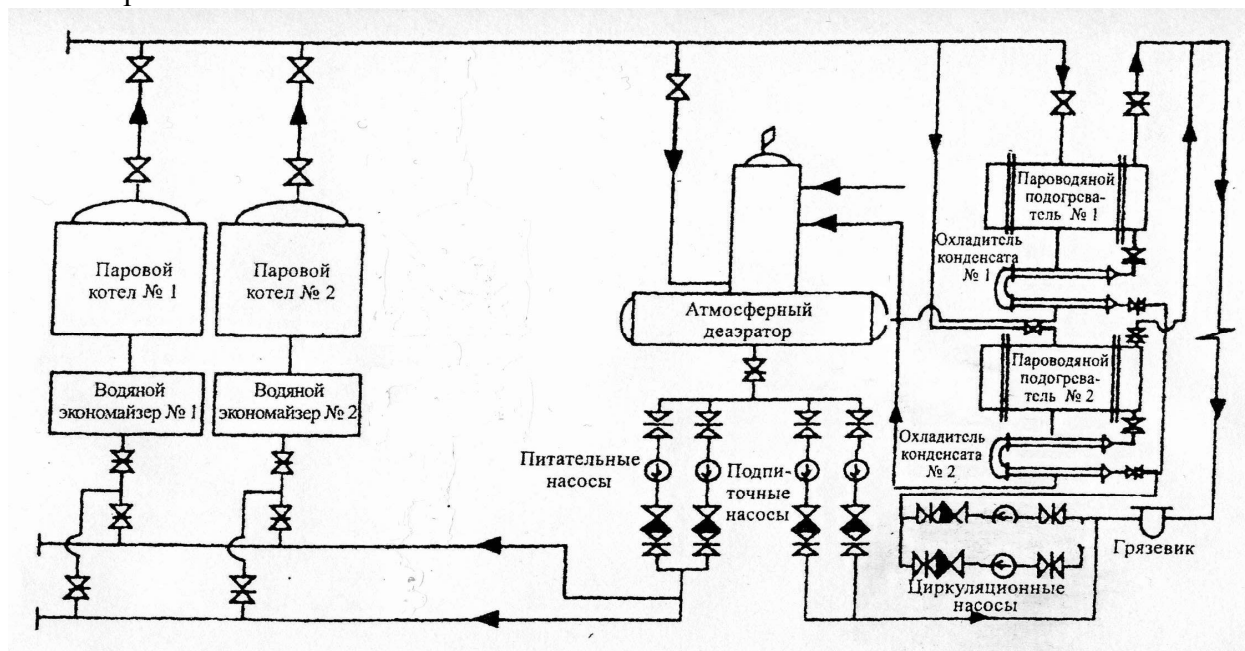


Рисунок 1

Теперь с установкой котла по сжиганию древесных отходов сетевая вода после очистки поступает в котел КВр-0,8, где происходит ее нагрев до $50^{\circ}C$. Далее подогретая вода поступает на питание паровых котлов.

Стальной водогрейный котел типа КВр-0,8 тепловой мощностью до 0,8 Гкал/ч, работающий на твердом топливе (уголь, древесные и бытовые отходы), предназначен для нагрева воды до температуры $95^{\circ}C$, используемой в системах отопления жилых, производственных и складских помещениях. Совместно с котлом может использоваться бойлер, предназначенный для получения сетевой горячей воды, используемой для разных бытовых и производственных целей. Котел КВр-0,8 представляет собой транспортабельный, неразборный блок в виде топки и конвективной части.

Общий вид котла утилизатора КВр-0,8, работающего на отходах лесопереработки, представлен на рисунке 2.

В нижней части котла имеется пояс коллекторов из труб, к фронтovому коллектору которого через подводящий патрубок подводится вода, остывшая в системе отопления. Внутри нижнего пояса коллекторов укладываются колосники. Топка котла представляет закрытый объем экранированный газоплотными стенками. С фронтальной части топки установлена дверца, под топкой расположен зольник. Большой объем топочной камеры обеспечивает более полное выгорание топлива, обладающего большим выходом летучих и максимальное охлаждение газов за счет радиационного теплообмена.

Конвективная часть котла выполнена в виде нисходящего и восходящего газоходов, в каждом из которых расположены секции из труб. Газоходы конвективной части отделены от топки и между собой газоплотными стенками. В верхней части котла расположен верхний пояс коллекторов из труб, в выходной коллектор которого врезаны трубы газоплотного потолка. Из выходного коллектора отводится горячая вода, через патрубок, и далее в систему

питания котлов. Технические характеристики модернизированного котла КВр-0,8 приведены в таблице 1.



Рисунок 2

Таблица 1 - Техническая характеристика котла КВр-0,8

Наименование параметра	КВр-0,8
Тепло производительность, Гкал/ч	0,8
КПД котла не менее, %	82,4
Расход топлива, кг/ч	250
Температура уходящих газов, не более, °С	180
Номинальный расход воды через котел, куб.м/ч	28
Отапливаемый объем, не менее, тыс. куб.м	32
Номинальное давление воды, кг./кв. см.	3 - 6
Гидравлическое сопротивление, не более, МПа (кг./кв. см.)	0,065 (0,65)
Класс котла по КПД	2
Максимальное рабочее давление воды, не более, МПа	0,6
Температура воды на выходе из котла, не более, °С	95
Габаритные размеры котла, не более, мм:	
длина	3500
ширина	1600
высота	2400

Включение котла утилизатора древесных и твёрдых бытовых отходов в технологический процесс угольной котельной для подогрева сетевой воды привело к существенной экономии топлива (угля). При производительности котла по сжиганию отходов - до 6 тонн/сутки, обеспечивается экономия угля - до 3,5 тонн/сутки. Только за один зимний месяц с помощью котла КВр-0,8 было утилизировано 166,3 тонн древесных отходов и получено 293,3 Гкал тепла. Благодаря внедрению технологии утилизации (сжигания) значительно уменьшена площадь временного хранения отходов, а так же исключена потребность их ежедневного вывоза за территорию предприятия и утилизации на полигоне.

Данная модернизированная установка эксплуатируется в одной из промышленных зон города Барнаула.

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ И БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СЛУЧАЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Поляков И. А. – студент, Капустин С. Д. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В соответствии с результатами исследований Объединенного института физики Земли РАН в целом сейсмический фон территории РФ в новых картах несколько повышен. Часть ранее не сейсмической территории (6 баллов и менее) отнесена к районам с сейсмичностью 7 баллов [1]. Так, например, системы энергоснабжения, как объекты повышенной ответственности, эксплуатация которых необходима при землетрясении или при ликвидации его последствий, должны быть спроектированы и построены согласно расчетной сейсмической интенсивности. Для Барнаула расчетная сейсмическая интенсивность данного рода объектов принимается равной 7 (семи) по шкале MSK-64 [2]. Это значит, что объекты строительства должны быть конструктивно усилены, т.к. объекты площадок 6 – балльной сейсмической активности и ниже как правило не усиливают, ведь сооружение имеет некоторый запас прочности, которого обычно достаточно при небольших колебаниях.

Таким образом, необходимо принять во внимание, что некоторые объекты электроэнергетики не отвечают предъявленным к ним требованиям по обеспечению сейсмостойкости в силу объективных причин. Тем не менее, проекты, реализуемые в сейсмически опасных районах, подлежат корректировке независимо от объемов выполненных работ и наличия заключения государственной экспертизы, т. е. необходимы переработки проектов, усиления строительных конструкций и в целом зданий и сооружений, решения о которых принимают соответствующие органы исполнительной власти или собственник объекта [1].

Недавние события, известные как Горно-Алтайское землетрясение 2003 года, обострили данную проблему. Несмотря на то, что землетрясение не вызвало существенных разрушений в Алтайском крае, оно явилось проверкой на прочность инженерных сооружений и конструкций. В это время населенные пункты республики Алтай серьезно пострадали от данного землетрясения. Так, например, интенсивность землетрясений составила: Бельтир – 8-9 баллов, Акташ – 6-7 баллов, Таштагол – 6 баллов [3].

Для г. Барнаула вероятность превышения сейсмической интенсивности значения 7 баллов в период с 2003 по 2053 год составляет 5%, 8-ми баллов – 1%, что требует адекватной реакции в плане подготовки к возможному происшествию [2].

В докладе рассмотрены способы обеспечения безопасности людей и бесперебойной работы электрооборудования в случае землетрясения, произведена оценка их эффективности и целесообразности.

Список литературы:

1. Об изменении №5 СНиП 11-7-81 «Строительство в сейсмических районах» от 23.03.01. Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу № АШ -1382/9.
2. Распоряжение администрации Алтайского края от 11.07.2000 № 680-р
3. Горно-Алтайское землетрясение 2003 года. Причины, последствия и прогнозы / С. Г. Платонова, В. В. Скрипко. - Кемерово: ФГУИПП «Кузбасс», КРЭОО «Ирбис», 2004.