

ООО Фирма "Энергоконтроль"



Универсальный многофункциональный прибор для контроля и анализа режимов электропотребления ЭРИС-КЭ.07

Прибор позволяет в едином комплексе решать следующие основные задачи:

- мониторинг показателей качества электроэнергии (ПКЭ);
- организация технического учета на предприятии электрических сетей;
- контроль надежности функционирования электрической сети.



Мониторинг ПКЭ выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013 Процесс наблюдения разбивается на отдельные интервалы по 10 минут каждый. Осуществляется контроль всех фазных напряжений и токов с дискретностью 64 точки на период основной частоты 50 Гц, что позволяет анализировать гармоники сети до 32-й гармоники основной частоты включительно.

Для каждого интервала одновременно с этими показателями формируются величины активной и реактивной мощности по 1-й гармонике основной частоты. Данная информация является вполне исчерпывающей для автоматического построения системы технического учета данного предприятия электрических сетей.

При отклонении ПКЭ от нормального значения, на величину, большую допустимой, процесс измерения ПКЭ маркируется, т.е. временно прекращается, до момента прекращения этого сверхнормативного отклонения. Прибор переходит в режим фиксации аварийного возмущения.

Аналогично формируются архивы регистрации для провалов напряжения и перенапряжений. Эти архивы, по сути, являются едиными для задач анализа ПКЭ и аварийных возмущений.

Универсальный многофункциональный прибор для контроля и анализа режимов электропотребления ЭРИС-КЭ.07



Анализ электрических нагрузок и режимов электропотребления в системе электроснабжения является одной из важнейших задач для осуществления нормальной эксплуатации подобных систем. Обычно для решения подобных задач необходимо применять целый спектр регистрирующих приборов с различными функциональными возможностями. Предлагается к рассмотрению новый универсальный многофункциональный прибор ЭРИС-КЭ.07, позволяющий выполнять в одном комплекте все основные функции контроля режимов электропотребления. Одна из важнейших функций данного прибора – постоянный мониторинг показателей качества электроэнергии. Другим возможным аспектом применения ЭРИС-КЭ.07 является организация технического учета электроэнергии. Именно технический учет позволяет наиболее рационально организовать процессы расходования электрической энергии в отдельных подразделениях и на всем предприятии в целом. Кроме того, ЭРИС-КЭ.07 помогает обеспечить надежность функционирования системы электроснабжения, фиксируя аварийные возмущения, возникающие в различных элементах системы электроснабжения, и сохраняя данные о них в архиве; анализ этой информации позволяет избежать их в дальнейшем.

000 Фирма «Энергоконтроль», г. Москва

При анализе существующих режимов электропотребления, техническом учете электроэнергии в различных подразделениях предприятия, разборе ситуаций с возникшими аварийными возмущениями в системе электроснабжения традиционно применяется группа различных приборов для регистрации всех указанных событий.

Осуществлять контроль и анализ режимов электропотребления позволяет постоянный мониторинг показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Для его организации используются приборы различных типов, например, серия устройств под общим названием ЭРИС-КЭ.02-06 (с индексами 02, 03, 04, 05 и 06), которые обеспечивают целый комплекс различных по степени проработки возможностей фиксации ПКЭ для решения различных прикладных задач технической деятельности. Все они выполнены как приборы класса А и отвечают любым, в том числе самым жестким, нормативам, определенным в руководящих документах к этим приборам.

Помимо собственно измерения показателей качества электроэнергии, которых в соответствии с ГОСТом только для напряжения насчитывается более 13 позиций [1] (а на самом деле гораздо больше, учитывая токи, мощности и другие важные характеристики электроэнергии), данные приборы также целесообразно применять для решения других задач, например, построения автоматизированных систем управления производственным процессом предприятий. При этом главным является вопрос наличия доступной приборной базы для разработки подобных систем. Исследование ПКЭ, по сути, является целой областью знаний, характеризующейся рядом показателей, которыми описывается внутренняя структура электроэнергии. При исследовании ПКЭ встает множество вопросов. Например, насколько отличается его реальная величина от ее номинального значения, как различаются между собой фазы напряжения, насколько они симметричны, насколько кривая напряжения соответствует заявлен-

ной синусоидальности, или на самом деле в этих кривых напряжения есть искажения и т. д. Кроме того, аналогичные вопросы возникают относительно кривых токов, а не только напряжений. Много вопросов и по поводу различных характеристик мощности (полная, активная, реактивная, с учетом искажений, величина и источник искажений и т. д.).

Для корректной и правильной оценки величин, связанных с показателями качества электроэнергии, разработаны и выпускаются специальные приборы, позволяющие определять и оценивать указанные показатели. Они производятся как за рубежом, так и в нашей стране. Однако стоимость этих приборов достаточно высока и несоизмерима со стоимостью простых амперметров, бытовых счетчиков и пр. Например, такой прибор приличного класса отечественного производства оценивается в размере от 100 000 до 400 000 рублей. Очень немало, если учесть, сколько их требуется. Возникает вопрос: можно ли создать подобный прибор, чтобы его

стоимость при серийном производстве не превышала 50 000 рублей? Научившись выпускать такое оборудование по указанной цене, можно добиться, что его будут значительно шире использовать, и удовлетворить растущие потребности потенциальных заказчиков.

Главными в данном вопросе оказываются метрологи и их службы (Госстандарт и пр.). В соответствии с требованиями принятых в последнее время ГОСТов методы разработки и производства подобных приборов должны быть жестко увязаны с существующими нормативными документами. То есть приборы должны соответствовать двум классам: А и S [1]. Если приборы предназначены для сертификационных испытаний, претензионных оценок (коммерческо-правовые споры), то они должны соответствовать классу А. Иными словами, они должны отвечать очень высоким требованиям к точности измерений (точность – не ниже эталонов Госстандарта), методике поверки, иметь строгие алгоритмы вычислений (обязательное использование сигнальных процессоров в элементной базе) и т. д. Неудивительно, что почти все разработчики решили при выпуске таких приборов уложиться в требования класса А, а соответственно и получили повышенную стоимость приборов (создать более дешевое изделие при данных обстоятельствах не удастся).

Вместе с тем в подавляющем большинстве случаев во время эксплуатации такая точность зачастую избыточна. Например, величина потерь мощности в сети системы электроснабжения во многом зависит от коэффициента несимметрии напряжений. Это очень важная величина, так как данный уровень потерь характеризует величину избыточной растраты электроэнергии. Однако прибор класса А благодаря своей точности намного превышает получаемые результаты. Как известно из теории и практики электротехнических расчетов (проводящихся в соответствии с теорией электрических цепей), «точность расчета не должна превышать точность исходных данных», так как, по сути, в таком случае мы получаем «мнимое» уточнение получаемых результатов, несмотря на излишние затраты вычислитель-

ных ресурсов. Поэтому первое решение – отказаться от класса А и перейти к гораздо более простому классу S, нормативные требования к которому в ГОСТе значительно ниже. Главными здесь становятся не метрологи с их чрезмерно жесткими требованиями, а энергетики с их реальными потребностями.

Другим вопросом является использование вычислительных алгоритмов. Переход от класса А к классу S позволяет оптимизировать процесс вычислений и перейти от жестких нормативных алгоритмов к гораздо более простым и оптимальным (без потери точности и строгости) вычислениям. Это позволяет использовать значительно более простые и дешевые вычислительные средства [2]. Получается существенный выигрыш в результате, значительно упрощается элементная база, а сигнальные процессоры и их дополнительная «обвязка» исчезают. Многопроцессорная система, включающая мощный сигнальный процессор и целый ряд других, более простых, микропроцессоров, становится ненужной, также отсутствует дополнительная «обвязка» необходимой сопутствующей электроникой, что значительно упрощает схему и удешевляет общую стоимость прибора.

Такой комплексный подход позволяет значительно снизить затраты на производство приборов контроля ПКЭ и довести стоимость одного изделия до 50 000 рублей. Конечно, на этом пути еще достаточно непреодоленных «подводных камней», но полученные результаты (первые прототипы приборов в настоящее время уже опробованы) позволяют надеяться, что направление движения выбрано правильно и поставленная цель вполне достижима.

Другим важным вопросом в деле оптимизации расхода электроэнергии, в первую очередь на промышленных предприятиях (но также и в распределительных электрических сетях), является организация технического учета электроэнергии. Именно технический учет позволяет наиболее рационально организовать процессы расходования электрической энергии в отдельных подразделениях и на всем предприятии в целом. Несмотря на то что изначально главным видом учета считается ком-

мерческий, только технический учет позволяет оптимально и в полном объеме решить вопросы построения системы электроснабжения.

Коммерческий учет (АСКУЭ) требует наличия достаточно высокоточных и дорогих приборов учета, подтверждения постоянной правильности и безотказности их работы, наличия всей системы сертифицированных и поверенных средств измерения. Такая система обязательно должна быть аттестована в соответствующих органах Госстандарта и согласована с надзорными службами энергосбыта. Иными словами, создание систем АСКУЭ является весьма сложной и затратной задачей, требующей как узкой специализации и высокой квалификации эксплуатирующего персонала, так и соответствующих технических средств.

Со своей стороны, организация системы технического учета электроэнергии во многом гораздо более простая задача. Во-первых, в этом случае могут использоваться более простые (и соответственно более дешевые) приборы учета. Их назначение – не только (и не столько) точный учет потребленной электроэнергии и расчет ее стоимости, сколько правильная оценка распределения потоков энергии между различными подразделениями предприятия, определение оптимальности графиков ее использования, а также оценка других очень важных аспектов организации всей системы энергопотребления, а значит, и оптимизация режима предприятия в целом.

Во-вторых, подобная система не нуждается в таком количестве нормативных требований, согласований и т. д. Ее построение выполняется в гораздо более произвольном порядке, на основе самых разных, не обязательно столь жестко регламентированных, средств и способов. Конечно, при этом должны быть соблюдены некоторые совершенно обязательные условия, но зачастую они более просты и выполнимы, чем нормативные требования к АСКУЭ.

Как показывает практика, системы технического учета электроэнергии могут быть созданы с помощью гораздо более простых и доступных средств, чем АСКУЭ, а вот экономический эффект от внедрения по-

добных систем способен оказаться гораздо выше, чем от стандартных систем коммерческого учета. Речь идет не только о сокращении платы за потребленную электроэнергию — в первую очередь снижается общая величина потребляемой электроэнергии за счет ее рационального использования и выравнивания соответствующих графиков электрических нагрузок. По сути, можно говорить не просто о более точном учете потребляемой электроэнергии, а о переходе к оптимизации потребления и энергосбережению.

Важной задачей при этом является обеспечение надежности функционирования системы электроснабжения в целом. Для этого, по большому счету, необходимо иметь автоматизированную систему контроля качества электроэнергии (АСККЭ), которая позволяла бы во всех необходимых контрольных точках сети осуществлять автоматический непрерывный контроль над всеми параметрами режима. Должны контролироваться уровни напряжения, провалы и превышения напряжения, наличие гармоник и другие различные режимные возмущения. Их непрерывный мониторинг помогает бороться с текущими возмущениями в сети, а анализ ранее возникших аналогичных событий позволяет принять меры, чтобы не допустить их возникновения в дальнейшем.

В качестве примера можно рассмотреть случай аварийного возмущения на одном из участков электрической сети. Допустим, на объекте происходит аварийное отключение, а максимальная токовая защита данного участка «проскакивает», то есть вместо правильного селективного отключения поврежденного участка происходит несанкционированное срабатывание резервной защиты более высокого уровня или даже головного участка сети, что приводит к несанкционированному отключению ее большей части вместо поврежденного участка за счет ступенчатого резервирования защит. Сразу возникает вопрос: в чем причина такого чрезвычайного, весьма неприятного и неожиданного события? Кто виноват и что делать? Единственным ответом является постоянный мониторинг переходных процессов в основных, наиболее важных, точках сети.

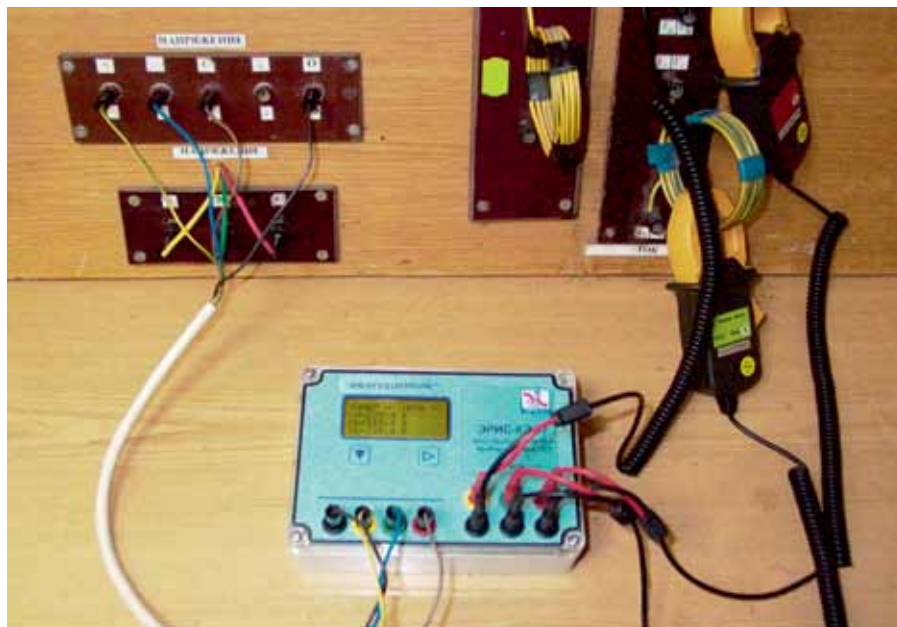


Рис. 1. Внешний вид прибора контроля и анализа режимов электропотребления ЭРИС-КЭ.07

Анализ зарегистрированных в режиме фиксации переходных процессов уровней напряжения и токов позволит разобраться с причиной происшествия и предотвратить его повторение, а значит, и ущерб от последствий.

Таких примеров можно привести множество. Постоянный контроль аварийных ситуаций в сети (то есть мониторинг показателей качества электроэнергии) позволяет организовать правильную работу рассматриваемой сети и предотвратить в ней возможные аварийные возмущения, способные привести к весьма неприятным последствиям. Особенно это важно для электрических сетей, обеспечивающих работу опасных производственных объектов.

Для решения всех указанных задач был разработан отдельный специализированный интегрированный прибор с общим названием ЭРИС-КЭ.07. Прибор выполнен на основе одного из 16-разрядных микроконтроллеров семейства MSP430 фирмы TI, имеющего встроенный АЦП и запрограммированного на языке ассемблера. В отличие от аналогичных приборов, в нем отсутствует многопроцессорная система, включающая мощный сигнальный процессор и целый ряд других, более простых, микропроцессоров. Также отсутствует дополнительная «обвязка» сопутствующей электроникой, что значительно упрощает схему и удешевляет общую стоимость прибора.

Прибор позволяет в едином комплексе решать следующие основные задачи:

- ▶ мониторинг показателей качества электроэнергии (ПКЭ);
- ▶ организация технического учета на предприятии электрических сетей;
- ▶ контроль надежности функционирования электрической сети.

Мониторинг ПКЭ выполняется в соответствии с требованиями последнего ГОСТ 32144-2013 (Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. 2014 г.). Весь интервал наблюдения разбивается (условно) на отдельные интервалы по 10 минут каждый. Процессор контролирует фазные напряжения и токи в каждой фазе с дискретностью 64 точки на период основной частоты 50 Гц. В отличие от установленных требований к прибору класса А, когда необходим контроль с частотой не менее 128–256 точек на период, разработанный прибор класса S осуществляет контроль с несколько меньшей частотой, что не позволяет анализировать гармоники сети выше 32-й. Однако, как показывает опыт эксплуатации подобных приборов, этого вполне достаточно для реальных практических нужд.

В отличие от требований последнего ГОСТа, контроль текущей час-

тоты сети выполняется не каждые 10 секунд, а как средняя оценка за 10 минут. Для реальной сети 0,4 кВ и 6–10 кВ этого также вполне достаточно (хотя при необходимости можно контролировать, как и требует ГОСТ, каждые 10 секунд). Зато появляется возможность унифицировать систему отображения получаемых результатов измерений в едином комплексе. С этой целью в приборе каждые 10 минут формируется следующий массив информации:

- ▶ номер (с начала года) анализируемого 10-минутного периода наблюдения;
- ▶ количество блоков (по 10 периодов подряд) в рассматриваемом интервале;
- ▶ начальные данные каждого интервала (год, месяц, число, час, минута, секунда);
- ▶ частота сети, усредненная за 10 минут;
- ▶ положительные и отрицательные отклонения напряжения;
- ▶ максимальные значения тока по каждой фазе за интервал;
- ▶ величины прямой, обратной и нулевой последовательности напряжения и тока;
- ▶ синусно-косинусные коэффициенты Фурье для напряжений и токов для гармоник с 1-й по 32-ю.

Такого информационного блока оказывается вполне достаточно для более или менее полного описания всех нужных ПКЭ электрической сети за каждый 10-минутный интервал времени. Общий массив такого блока информации составляет за сутки немногим более 200 значений (или около 400 байт). С одной стороны, этого хватает для весьма полного описания показателей качества электроэнергии, а с другой – это позволяет эффективно решить вопрос с накоплением, передачей и отображением информации, нужной для обслуживающего персонала сети.

Кроме того, данная информация является практически исчерпывающей (без отсутствия дублирующих данных) для формирования потока данных о параметрах нагрузки анализируемой сети, в том числе о величинах активной и реактивной мощности, проходящих по данному участку в рассматриваемый интер-

вал времени. Тем самым появляется возможность одновременно использовать указанное оборудование для организации системы технического учета электроэнергии, что и требуется заказчику.

Для выполнения такой функции, как контроль аварийных ситуаций, реализована следующая процедура. При отклонении ПКЭ от нормативов на величину, больше допустимой, в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013 процесс измерения ПКЭ маркируется, то есть временно прекращается, до момента исчезновения этого сверхнормативного отклонения. Прибор в данный момент переходит в режим фиксации аварийного возмущения. Следует отметить, что аварийное возмущение фиксируется, например, когда уровень напряжения в анализируемой точке сети превышает величину 120% или снижается до уровня менее 80% в любой из фаз сети. Аналогичная ситуация может возникнуть при увеличении тока нагрузки выше заданного уровня. В каждом конкретном случае данный порог возникновения возмущения может задаваться индивидуально.

При каждом таком возмущении в приборе формируются следующие массивы информации:

- ▶ дата начала возмущения (год, месяц, число);
- ▶ время возникновения возмущения (час, минуты, секунды, миллисекунды);
- ▶ дата окончания возмущения (то же);
- ▶ время окончания возмущения (то же);
- ▶ количество действующих значений напряжения и тока во время возмущения (если длина регистрации меньше максимально заложенной длительности – 252 значений, то есть меньше 5 секунд непрерывной регистрации, плюс два предпоследних предаварийных значения);
- ▶ действующие значения напряжений и токов, зарегистрированных во время протекания возмущения, за каждый период возмущения;
- ▶ то же для двух последних (нормальных) предаварийных периодов перед самым началом возмущения.

Аналогично формируются архивы регистрации для провалов на-

пряжения и перенапряжений. Эти архивы, по сути, являются едиными для задач анализа ПКЭ и аварийных возмущений.

В целом такая система выполнена как маркерная. Отдельные приборы (элементы системы) располагаются в контрольных точках сети. Место их расположения определяется предварительным проектом и техническим заданием.

Каждый прибор системы оборудован мини-дискон для сбора и накопления данных. Его емкость должна обеспечивать, как минимум, 2 года накопления информации о ПКЭ сети (в виде данных за 10-минутные интервалы) и дополнительную память для хранения информации о провалах и превышениях напряжения, а также об аварийных возмущениях в сети.

Кроме того, в каждом приборе имеется интерфейс RS-485. По данному каналу связи по маркерному принципу осуществляется регулярная передача накопленной информации на центральный сервер системы (УСПД – устройства сбора и подготовки данных) и далее на центральный компьютер для обработки и анализа полученных результатов. Особым вопросом является отображение этих результатов, но это уже отдельная задача, вытекающая из методов и структуры разрабатываемой системы.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. 2014.

2. Пономаренко И. С., Пономаренко О. И., Большаков О. В. Инструментальный контроль показателей качества электроэнергии в электрических сетях при переходе на новый ГОСТ (стандарт) // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2015. № 3.

О. И. Пономаренко, инженер,
ООО Фирма «Энергоконтроль», г. Москва,
НИУ «Московский энергетический институт»,
тел.: +7 (495) 361-4802,
e-mail: eris@erisnrf.ru,
www.erisnrf.ru