

# ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**И.С.Пономаренко**, канд. техн. наук.

Московский энергетический институт (Технический университет)

Энергосбережение в промышленном производстве, в части, касающейся электроснабжения промышленных предприятий, подразумевает сокращение потребления электроэнергии за счет применения технологий с меньшим удельным потреблением электроэнергии, ее рационального расходования, уменьшения платы за электроэнергию и снижения ее потерь. Необходимость и безальтернативность повсеместного проведения политики энергосбережения многократно доказана и всем совершенно очевидна. Весь вопрос состоит в ее реальном практическом применении в хозяйственной деятельности предприятий.

В первую очередь целесообразна скорейшая реализация трех последних составляющих, имеющих наиболее быстрый экономический эффект при минимальных затратах. Наиболее полным и оптимальным решением для этого является внедрение полномасштабной автоматизированной системы учета электроэнергии [1-2]. Однако стоимость таких систем достаточно высока и, несмотря на их высокую эффективность и быструю окупаемость, далеко не все предприятия сразу могут найти на них средства. В этом случае возможно решение данной проблемы, пусть и не в полном объеме, со значительно меньшими затратами на основе использования специализированных, как правило, переносных приборов для проведения энергетических обследований систем электроснабжения силами собственного персонала предприятий.

Как показывает опыт обследования промышленных предприятий, в подавляющем большинстве случаев их персонал не имеет достаточной информации о структуре электропотребления внутри предприятия, графиках электропотребления различных подразделений предприятия и т.д. Единственные реально контролируемые параметры – это месячное электропотребление, зафиксированное по счетчикам коммерческого учета электроэнергии на границах балансового раздела между предприятием и электроснабжающей организацией, предприятием и субабонентами, а также величина суммарной нагрузки предприятия в период прохождения максимума. Но так как предприятие не знает реальных графиков нагрузки своих подразделений, не может достоверно оценить, кто, когда, сколько и куда расходует электроэнергию, оно вынуждено завышать заявленную величину максимума нагрузки, что приводит к значительной переплате за установленную мощность. В полной мере это относится и к различным субабонентам, которые также участвуют в прохождении максимума нагрузки, а оплачивают только потребленную электроэнергию. Отсутствие контроля за графиками электропотребления внутри предприятия не позволяет также выявить и, следовательно, сократить нерациональное использование электроэнергии. Поэтому, одной из **первых задач** реализации политики энергосбережения является фиксация графиков электропотребления во времени различных потребителей с целью их дальнейшего анализа и формирования мероприятий по снижению величины заявленного максимума нагрузки и сокращению нерационального использования электроэнергии. Эта задача может быть решена с использованием специальных переносных приборов.

Современные предприятия обычно имеют достаточно большое количество субабонентов, расчет с которыми за потребленную ими от предприятия электроэнергию осуществляется на основе показаний систем учета на границах их балансового раздела. Опыт проведения энергетических обследований

показывает, что примерно в каждой второй такой системе обнаруживается существенный недоучет электроэнергии, который в большинстве случаев простым внешним осмотром не выявляется. В подавляющем большинстве случаев «слабым звеном» в этих системах оказываются не сами счетчики электроэнергии, а схемы их подключения к сети, включая измерительные трансформаторы и соединительные провода и кабели. Как правило, именно в них скрыты неисправности и причины неправильной работы систем учета, которые, зачастую, невозможно обнаружить при внешнем осмотре. Результатом является возникновение значительных «коммерческих» потерь электроэнергии, к которым относится электроэнергия, реально потребленная абонентами, но не зафиксированная системами учета. Это приводит к значительному перерасходу средств предприятия, так как оно в этом случае должно, по существу, оплачивать из своих средств значительную часть стоимости электроэнергии, потребленной субабонентами.

Поэтому, должны проверяться не только сами счетчики электроэнергии, которые в большинстве случаев оказываются исправными, но и все системы учета в комплексе. Для решения этой **второй задачи** энергосбережения необходимо использовать специализированные переносные приборы для периодической проверки систем учета электроэнергии непосредственно на объектах без их предварительного отключения и демонтажа.

**Третьим** важным вопросом, существенно влияющим на эффективность работы всей системы электроснабжения, является качество электроэнергии (КЭ). В настоящее время постоянно растет количество электроприемников, которые вызывают ухудшение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) в сети - преобразовательные установки, нелинейные и мощные однофазные нагрузки и т.д. Одновременно резко возрастает количество потребителей, особенно чувствительных к качеству напряжения питания, таких, как электронные и информационные системы, системы управления и т.д.

Ухудшение КЭ приводит не только к значительному увеличению потерь электроэнергии, выходу из строя оборудования, его ускоренному износу (например, срок службы ламп освещения из-за плохого КЭ сокращается в несколько раз), но и к потерям информации, сбоям технологических процессов. Известно много случаев, когда плохое КЭ приводило к отказам современных микропроцессорных систем защиты и управления самых различных объектов, что вызывало их остановку и расстройство технологических процессов, порчу оборудования и значительный ущерб.

Поэтому, каждое предприятие должно иметь специализированные приборы для измерения и анализа ПКЭ. Это позволит реализовать мероприятия для улучшения ПКЭ в сети и в результате значительно снизить потери электроэнергии, определить уровень электромагнитных помех, опасных для установленного электротехнического и электронного оборудования, найти источники их возникновения и способы их устранения для его дальнейшего безопасного и безаварийного функционирования. Наличие таких приборов дает возможность предъявить обоснованные иски к электроснабжающей организации за порчу оборудования и технологический ущерб, вызванный ухудшением КЭ. При несоответствии ПКЭ нормативным требованиям, предприятие может существенно уменьшить величину оплаты за электроэнергию.

Необходимо отдельно рассмотреть вопрос влияния КЭ на работу систем учета электроэнергии. С одной стороны уровни несинусоидальности и несимметрии напряжения в сетях постоянно возрастают, с другой, идет массовое внедрение электронных счетчиков, точность измерения которых гораздо более чувствительна к КЭ, чем у индукционных. Стандарт МЭК 1036-96 устанавливает для электронных счетчиков активной энергии целый ряд дополнительных погрешностей из-за неудовлетворительного КЭ, которые приводят к значительному (в десять и более раз) увеличению их результирующей погрешности. Проведенные в последнее время натурные

исследования показали, что в реальных сетях эта погрешность может достигать 20% и более. Кроме того, электронные счетчики, как правило, реально измеряют активную электроэнергию вместе со всеми мощностями искажений, которая при плохом КЭ ощутимо больше, чем «полезная» электроэнергия по первой гармонике, по которой они по существу проходят сертификацию и которую рассчитывает получить потребитель.

Таким образом, возникает ситуация, когда счетчики из-за плохого КЭ зачастую учитывают электроэнергию со значительными погрешностями (эти погрешности обычно оказываются «не в пользу» потребителя), и вдобавок к этому потребитель вынужден дополнительно оплачивать также все мощности искажений, поступающие из сети, несмотря на то, что они, как правило, наносят ему прямой ущерб. Поэтому, при проверке правильности работы систем учета электроэнергии, обязательно необходимо параллельно контролировать КЭ в сети.

Для решения всех трех указанных задач, позволяющих вести эффективную политику в сфере электросбережения, предприятие должно быть оснащено специализированными приборами, позволяющими решать указанные выше задачи.

Основываясь на многолетнем опыте проведения обследований систем электроснабжения, исследованиях качества электрической энергии (КЭ), а также на длительном опыте производства приборов анализа ПКЭ, на кафедре Электроэнергетических систем Московского энергетического института (технического университета) разработана новая серия из 5 специализированных приборов «ЭРИС-КЭ.02» - «ЭРИС-КЭ.06», предназначенных для проведения комплексных энергетических обследований [3-4]. Сравнительно дешевые, малогабаритные приборы, ориентированные на работу в первую очередь в распределительных сетях 6-10/0,4 кВ, регистрируют графики изменения

напряжения, активной и реактивной мощностей, измеряют ПКЭ в соответствии с ГОСТ 13109-97, количество отпущенной за интервал времени электроэнергии, а также целый ряд других параметров.

Имеется специальная функция измерения двух видов мощности – активной мощности по первой гармонике и активной мощности с учетом всех искажений. Их сопоставление позволяет оценить, насколько полученная погрешность системы учета электроэнергии (если такая обнаружена), является результатом плохого качества электроэнергии, либо причина погрешности связана с другими факторами.

Приборы выполнены в отдельных пластмассовых корпусах, могут использоваться как отдельно, так и в составе других информационно-вычислительных комплексов. Для этого снабжены специально разработанной встроенной многозадачной операционной системой, интерфейсами связи RS-232 и RS-485. Поставляются вместе с сервисным программным обеспечением на ПЭВМ для более удобного просмотра результатов, их анализа и длительного хранения. Температурные режимы работы от – 30 С до + 40 С.

Все приборы сертифицированы и включены в Госреестр средств измерений под № 21909-01. Защищены Патентом Российской Федерации на изобретение № 2145716 от 20.04.2000.

Важной особенностью приборов является наличие токовых измерительных цепей. Помимо регистрации графиков активных и реактивных мощностей на основной гармонике 50 Гц, это дает также возможность регистрировать активные и реактивные составляющие мощностей искажений с учетом направления их протекания. Если за установившиеся отклонения напряжения и отклонения частоты ответственность, как правило, целиком несет электроснабжающая организация, то несимметрия напряжения и несинусоидальность могут возникать как по вине электроснабжающей организации, так и по вине потребителей, в случае наличия у таких потребителей нелинейных искажающих нагрузок. Определение источника

искажения осуществляется на основе анализа мощностей искажений [5] как по отдельным гармоникам для несинусоидальности напряжения, так и по прямой и обратной последовательности для несимметрии напряжения. Это необходимо для решения возможных споров между потребителем и электроснабжающей организацией о виновнике вносимых искажений, а также для поиска и определения источников искажений в электрической сети.

Для удобства пользователей приборы снабжены разъемными токоизмерительными клещами, позволяющими подключать токовые измерительные цепи прибора не только «во врезку» трансформаторов тока, но и непосредственно на токоведущие шины без нарушения их целостности.

Первым из серии приборов идет «ЭРИС-КЭ.02». Это наиболее сложный и дорогой прибор (145 000 рублей). В настоящее время является единственным из выпускаемых в России, который измеряет все 11 показателей качества электроэнергии, содержащиеся в ГОСТ 13109-97, в том числе измеряет дозу фликера и импульсное напряжение. Имеет по 4 входных канала для напряжений и для токов, что позволяет исследовать вопросы электромагнитной совместимости в современных пятипроводных сетях 0,4 кВ. Измеряет с высокой точностью графики активной и реактивной мощностей, активную и реактивную электроэнергию с учетом направления протекания. Энергонезависимая память позволяет хранить все результаты измерений за последние полтора месяца.

Снабжен алфавитно-цифровым и графическим дисплеями. Наличие последнего удобно для правильной фазировки прибора при подключении, проведении экспресс-анализа полученных результатов на месте. Он позволяет просматривать непосредственно на приборе графики изменения различных параметров во времени: векторные диаграммы токов и напряжений, гистограммы различных ПКЭ, спектры гармоник и другую необходимую информацию. При проведении измерений ПКЭ на предмет соответствия КЭ

ГОСТ 13109-97 вся информация группируется на интервалах 0,5 часа (по желанию заказчика интервалы могут быть увеличены до 1, 2, 4 и более часов), внутри которых определяются все ПКЭ, строятся гистограммы их характеристик, усредненные спектры гармоник и т.д. Также проводится аналогичная обработка информации на интервале сутки, месяц, где определяются величины T1 и T2 для всех характеристик, границы параметров с 95% вероятностью неперевышения, а также другие характеристики, требуемые ГОСТом..

Для исследований электромагнитной совместимости имеются два дополнительных режима работы, когда все ПКЭ рассчитываются последовательно на интервалах либо 3 с, либо 60 с. Полученные результаты, в отличие от «ГОСТовских» измерений, в приборе предварительно не обрабатываются, а просто запоминаются во всем объеме энергонезависимой памяти. Далее эта информация переносится в ПЭВМ, где может быть просмотрена и обработана в соответствии с необходимыми пользователю алгоритмами.

Кроме того, имеется дополнительный режим - «цифровой осциллограф», когда на интервале 10 – 20 периодов первой гармоники с дискретностью 256 точек на период осуществляется запись мгновенных значений напряжений и токов по всем входным каналам.

Прибор предназначен для исследования вопросов электромагнитной совместимости, проверки систем учета, регистрации аварийных и переходных режимов, проведения арбитражных контрольных измерений по спорам между электроснабжающей организацией и потребителями, а также для научно-практических исследований, сертификации электроэнергии и т.д.

Следующий прибор «ЭРИС-КЭ.03» (Мини), является упрощенной (и более дешевой – 95 000 рублей) модификацией предыдущего прибора. Уменьшен объем энергонезависимой памяти до 10 суток, убран графический



дисплей, исключена функция измерения импульсного напряжения. Количество входных каналов сокращено до шести (3 напряжения и 3 тока). Все остальные функции остались неизменными. Дополнительно имеется возможность использования блока расширения, когда один прибор может анализировать токи (а значит и мощности) не в одной линии (3 канала), а одновременно в восьми линиях ( $3 \cdot 8 = 24$  канала). Кроме того, токоизмерительные клещи имеют расширенный диапазон до 300 А, что позволяет в сетях 0,4 кВ подключать их непосредственно на токоведущие шины, не привязываясь к измерительным трансформаторам тока.

Предполагается, что наиболее массовое применение должен найти прибор **«ЭРИС-КЭ.04» (Регистратор)**, Он ориентирован на проведение комплексных энергетических обследований в первую очередь самим персоналом сетей и промышленных предприятий с целью регистрации и анализа графиков нагрузок, оперативной проверки систем учета, измерения основных ПКЭ в сети. Учитывая, что эти вопросы неразрывно связаны между собой, наличие одного, достаточно дешевого прибора (60 000 рублей), сочетающего в себе одновременно все эти функции, является остро необходимым.

С целью удешевления прибора из него, по сравнению с «ЭРИС-КЭ.03», исключена функция расчета дозы фликера, не производится расчет мощностей искажений. Отсутствуют также режимы регистрации с дискретностью 3 с и режим «цифрового осциллографа». Измерение активной и реактивной электрической энергии осуществляется только по 1-й (50 Гц) гармонике. Все остальные функции аналогичны «ЭРИС-КЭ.03», включая, в том числе, возможность расширения токовых цепей одновременно для 8 линий.

Прибор **«ЭРИС-КЭ.05» (Индикатор)** предназначен для измерения ПКЭ в однофазных сетях 220 В. Токовые цепи отсутствуют. Все функции аналогичны прибору «ЭРИС-КЭ.04», только для одной фазы. Предполагаемая область

применения – стационарный контроль КЭ в электрических сетях различных административно-хозяйственных и бытовых помещений, а также проведение арбитражных и сертификационных испытаний КЭ.

Особое место в рассматриваемой серии приборов занимает «ЭРИС-КЭ.06» (Счетчик). В нем в полном масштабе совмещены две функции – измерение электрической энергии, потребляемой (отпускаемой) из сети и одновременный полномасштабный (по ГОСТ 13109-97) расчет ПКЭ. Прибор имеет один режим работы – стационарное измерение одновременно активной и реактивной энергии в обоих направлениях с классом точности 0,5. Выполнен в пластмассовом корпусе для трехфазного счетчика, что обеспечивает унификацию по габаритным и установочным размерам с другими счетчиками. Подключение к сети стандартное, как для любого 3-х фазного счетчика с трансформаторным включением. Стоимость прибора – 110 000 рублей.

Одновременно с учетом электроэнергии в этом приборе происходит непрерывное измерение 9 основных ПКЭ (всех указанных в ГОСТ, кроме дозы фликера и импульсного напряжения) в соответствии с требованиями данного стандарта. Дополнительно определяются фактические вклады потребителей и энергоснабжающей организации в искажение ПКЭ [5], определяются виновники этого искажения и в соответствии с этими результатами автоматически определяются величины скидок и надбавок за потребленную (отпущенную) электроэнергию в случае ее несоответствия нормативным требованиям.

Несмотря на то, что существовавшие ранее нормативы величин скидок и надбавок за КЭ при расчетах за электроэнергию были недавно отменены, а новые пока не утверждены, потребители и электроснабжающие организации могут сами их включать в договоры на поставку электроэнергии по взаимному согласию. При нежелании электроснабжающей организации идти на такой шаг, потребители могут в одностороннем порядке выставлять ей иски

требования на снижение величины оплаты за электроэнергию при ее несоответствии требованиям ГОСТа через органы арбитража.

Более подробную информацию о приборах и их правильном использовании можно получить - т/ф: (095) 362-79-48, 918-04-00; E-mail: [eris@eris.com.ru](mailto:eris@eris.com.ru).

### Список литературы

1. **Карташев И.И., Пономаренко И.С., Тедеев И.С.** и др. «Энергетическая расчетно-информационная система для контроля качества и учета электроэнергии ЭРИС-КЭ». - Промышленная энергетика. № 1, 1999 г.
2. **Дубинский Е.В., Пономаренко И.С., Тодирка С.Н.** и др. Современные информационные технологии и их аппаратное обеспечение в задачах управления системами электроснабжения. - Энергосбережение. № 6, 1999 г.
3. **Пономаренко И.С.** Новая серия приборов «ЭРИС-КЭ» для измерения и анализа показателей качества электроэнергии и регистрации режимов электрических сетей. - Энергосбережение. № 5, 2001 г.
4. **Пономаренко И.С.** Снижение потерь электроэнергии в системах электроснабжения и их приборное обеспечение. - Энергосбережение. № 1, 2002 г.
5. **Карташев И.И., Пономаренко И.С., Сыромятников С.Ю.** Способ инструментального выявления источников искажения напряжения и определение их влияния на качество электроэнергии. - Электричество. № 3, 2001 г.