

УДК 621.31

АНАЛИЗАТОР КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Кобина А. А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ковровская государственная технологическая академия им. В. А. Дегтярёва»
Ковров, Россия*

Анализаторы электроэнергии используются для контроля энергопоставщиков на предмет качества поставляемой ими электроэнергии, а также потребителей с целью определения величины электромагнитных помех, вносимых в питающую сеть при работе их оборудования.

Постоянный контроль качества электроэнергии является необходимым условием безопасного применения электрооборудования, а также непосредственно сказывается на экономических показателях, как производителей, так и потребителей электроэнергии.

Качество электрической энергии является важным показателем того, насколько эффективно и качественно система обеспечивает работу потребителей подключенных к сети. Контроль качества электроэнергии с помощью портативных универсальных приборов существенно снижает риск возникновения сбоев и поломок в электросети. Причины искажений могут находиться в системах электропитания, потребителях или в коммунальных сетях.

Актуальность: Практически в течение 20 лет модернизация оборудования не прекращалась, до сих пор мы сталкиваемся с проблемой, когда качество электроэнергии требует проверки. Любое превышение мощностей выводит из строя приборы, вопрос качества электросети, зависит от наличия гармонических составляющих, провалов или прерывания напряжения, асимметрии. Все это делает актуальным с точки зрения потребителя, выполнение контроля качества электроэнергии.

Цель работы: сделать анализ факторов влияющих на качество электроэнергии и обзор производителей энергорегистрирующих приборов.

Ключевые слова: анализатор качества электроэнергии, гармоники, электропитание, асимметрия, ток.

POWER QUALITY ANALYZER AND ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING POWER QUALITY

Kobina A. A.

*Kovrov State Technological Academy
Kovrov, Russia*

Electric power analyzers are used to control energy suppliers for the quality of the electricity supplied by them, as well as consumers in order to determine the magnitude of electromagnetic interference introduced into the supply network during the operation of their equipment.

Constant monitoring of power quality is a prerequisite for the safe use of electrical equipment, and also directly affects the economic performance of both producers and consumers of electricity.

The quality of electrical energy is an important indicator of how effectively and efficiently the system ensures the operation of consumers connected to the network. Power quality control using portable universal devices significantly reduces the risk of failures and breakdowns in the power grid. The causes of distortion may be in power supply systems, consumers, or in utility networks.

Relevance: For almost 20 years, equipment modernization has not ceased, until now we are faced with a problem when the quality of electricity requires verification. Any excess of power disables devices, the quality of the electrical network depends on the presence of harmonic components, dips or interruptions in voltage, asymmetry. All this makes it relevant from the point of view of the consumer, the implementation of quality control of electricity.

Objective: to analyze the factors affecting the quality of electricity and the review of manufacturers of energy-registering devices.

Key words: power quality analyzer, harmonics, power supply, asymmetry, current.

Простейший электроанализатор позволяет непосредственно измерять напряжение или ток в сети. В отдельных случаях подключение к электросети по току осуществляется через измерительные трансформаторы или измерительные клещи. Подключение по напряжению осуществляется, как правило, напрямую или через специальные трансформаторы напряжения.

Проведение аудита требует использования относительно недорогих средств измерения. По большей части это портативные приборы. Ими могут быть, например, немецкие анализаторы качества электроэнергии. Главная цель аудита – выявление устойчивых сетевых аномалий. В основном они протекают в течение короткого времени от нескольких минут до нескольких часов [3].

Анализаторы качества электроэнергии фиксируют большое число показателей, в первую очередь - показатели качества электроэнергии, нормируемые действующими стандартами. В Российской Федерации это стандарт ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

- Установившееся отклонение напряжения от нормального значения;
- Размах изменения напряжения и доза фликера;
- Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения;
- Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- Отклонение частоты от нормального значения;
- Длительность провала напряжения;
- Импульсное напряжение;
- Коэффициент временного перенапряжения.

Основные требования, предъявляемые к средствам измерения:

- Контроль междуфазного напряжения;
- Контроль фазных токов;
- Обязательное наличие регистрирующих средств;
- Приборы должны соответствовать ГОСТ.

Проблемы, причиной которых является плохое качество электропитания, являются чрезвычайно важными и способны сильно осложнить жизнь потребителей электроэнергии, причиняя им значительные материальные убытки. К наиболее важным факторам, связанным с качеством электроэнергии, относятся:

- появление в электросети высших гармоник;
- провалы и прерывания напряжения;
- кратковременные события большой амплитуды — перенапряжения;
- асимметрия [2].

Причиной искажения тока и напряжения в сети являются нелинейные потребители, использующие несинусоидальный ток. Наиболее часто встречаемыми нелинейными потребителями являются:

- приводные устройства — инверторы, системы мягкого запуска двигателей, управляемые и неуправляемые выпрямители, блоки питания постоянного тока;
- электротермические устройства — индукционные печи повышенной частоты, дуговые печи, индукционные нагреватели, сварочные аппараты, электросварочные станы (для листового железа, пленки и т.п.), микроволновые установки, лазеры;
- осветительное оборудование — газоразрядные лампы, лампы с изменяемой частотой (компактные люминесцентные лампы), дуговые лампы;
- устройства общего использования — радиоприемники, аудио-видео устройства, компьютеры, принтеры, микроволновые печи;
- офисное оборудование — рабочие станции, серверы, мониторы, ксероксы, кондиционеры [1].

Высшие гармоники в сети. Все устройства, упомянутые ранее, потребляя ток нелинейным способом, приводят к возникновению гармоник, и таких устройств становится с каждым днем больше. Практика свидетельствует, что гармоники с кратностью выше 20 появляются очень редко и обычно незначительны, поэтому в качестве стандарта для анализирующих устройств принимается 25 в качестве максимальной кратности гармоник, хотя имеются анализаторы, способные регистрировать гармоники, кратные 50 и выше.

Высшие гармоники могут вызывать неблагоприятные явления в электросети:

- перегрев проводов или нейтральных шин;
- потери в трансформаторах вплоть до их повреждения;
- в системах компенсации мощности могут возникнуть повреждения конденсаторов, что при резонансе приводит к взрыву таких элементов;
- потери в двигателях, связанные не только с потерями энергии, но и с более быстрым механическим износом;
- проблемы коммутации, особенно для устройств защитного отключения (УЗО);
- неправильная работа электронных устройств вплоть до их повреждения;
- проблемы с пересылкой и преобразованием данных [2].

Провалами напряжения являются кратковременные понижения величины напряжения. Пороговым значением для провала напряжения принимают 10% от номинального напряжения сети. Продолжительность такого явления условно определяется в пределах от 10 мс до 1 мин. Причиной возникновения таких падений напряжения главным образом является подключение потребителей большой мощности

в пределах электросети, как со стороны потребителя, так и со стороны поставщика электроэнергии. Это явление случается тем чаще, чем больший импеданс линии (например, в сельской местности, где имеются воздушные линии низкого напряжения с малым поперечным сечением, при одновременном увеличении потребляемой мощности). Реже причиной падений напряжения являются короткие замыкания, возникающие как в распределительных, так и в потребительских электросетях [5].

Асимметрия является понятием, связанным с трехфазными сетями и может относиться:

- к асимметрии напряжений питания;
- к асимметрии токов нагрузки.

Асимметрия напряжений (токов) возникает в трехфазных сетях, когда значения трех составляющих напряжений (токов) отличаются между собой и/или углы между отдельными фазами отличаются от 120° . Наиболее частым источником асимметрии является неравномерная нагрузка на отдельные фазы. Хорошим примером является подключение к трехфазной сети больших однофазных нагрузок, таких как железнодорожные тяговые двигатели, дуговые печи. В нормальных условиях, например, в упомянутых сетях низкого напряжения в сельской местности асимметрия может усиливать падения напряжения.

Эти явления особенно опасны для трехфазных двигателей, в которых даже незначительная асимметрия напряжений может вызвать во много раз большую асимметрию токов. В таких условиях вращающий момент двигателя уменьшается, и увеличиваются тепловые потери в обмотках и механический износ. Асимметрия также неблагоприятно отражается на питающих трансформаторах [4].

Стандартный набор параметров, измеряемых электроанализаторами, выглядит следующим образом:

- значение (величина) фазных и линейных напряжений;
- величина фазных токов и тока в нейтрали;
- величина мощности в нагрузке (активная, реактивная составляющие и суммарная мощность);
- значение потребленной или отпущенной электроэнергии (как активной, так и реактивной);
- рабочая частота переменного тока;
- гармонические составляющие переменного тока и напряжения (как спектральный состав сигнала, так и суммарный коэффициент гармоник);
- значение коэффициента фликера, характеризующего негармонические искажения питающего напряжения и другие.

Конструктивно анализаторы качества электроэнергии выполняются в виде переносных и стационарных устройств, причём выбор того или иного исполнения анализатора зависит от набора решаемых задач. Типовой набор задач, решаемых с помощью электроанализаторов переносного типа таков:

- проведение специальных энергетических исследований (энергоаудит);
- подготовка данных по энергетическому балансу;
- фазовая и фидерная балансировка электросети;
- снятие и подготовка графиков нагрузок;
- экспериментальный подбор величин компенсаторов реактивной мощности;
- анализ характеристик и качества электроэнергии, а также выявление причин их нарушения

Стационарные электроанализаторы способны решать следующие задачи:

- анализ динамического распределения используемой электроэнергии (технический учет);
- определение показателя эффективности использования электроэнергии (энергоменеджмент);
- автоматическое определение параметров регулирования по ограничению потребления в пики нагрузки;
- регистрация основных показателей качества электроэнергии [2].

Кроме того, стационарные анализаторы качества электроэнергии могут быть оснащены дополнительными входами и выходами, с помощью которых (на их базе) можно получать комплексные системы анализа и управления энергопотреблением. Только при соблюдении всех технических рекомендаций и правил безопасности возможно правильное и точное измерение характеристик ПКЭ, способных предупредить появление нарушений в электрической сети.

Методика измерений, проводимых с помощью анализаторов качества электроэнергии, основывается на нахождении истинного среднеквадратичного значения измеряемой величины (TRMS). Давно установлено, что этот метод является наиболее точным инструментарием для измерения электрических величин при наличии искажений формы (синусоидальности) тока и напряжения. В зависимости от поставленной задачи и вида нагрузки в сети периодичность проведения измерений электрических параметров может варьироваться от одного раза в час до нескольких раз в секунду. Современный электроанализатор обязательно имеет встроенную электронную память или специальный цифровой порт, которые позволяют проводить регистрацию измеряемых параметров и передачу их на персональный компьютер. В целях экономии памяти отдельные приборы содержат встроенную функцию запуска регистрации по внешнему сигналу, срабатывающую, например, при превышении параметром заданного предела. [6].

Сравнительная таблица производителей, цены в таблице приведены на 2018г., преимуществ и недостатков.

Таблица

№	Производитель	Модель	Средняя стоимость, руб.	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	5	6
1	Fluke Industrial, США	FLUKE 435 II	510 000	-высокая точность измерений -высокое качество комплектующих -синхронизация времени -соответствие классу «А»	-высокая стоимость -интервал между проверками 1 год -отсутствие первичной проверки (5500 руб.) -диапазон рабочих температур
2	Metrel, Словения	METREL MI 2892	295 000	-комплект поставки -наличие первичной проверки -межпроверочный интервал 5 лет -диапазон рабочих температур -самостоятельное обновление ПО -соответствие классу «А»	-высокая стоимость -GPS приемник
3	Chauvin Arnoux, Франция	CA 8336 QUALISTAR PLUS	330 000	-измерение энергии -внутренняя память – 2 Гб	-завышенная стоимость -отсутствие первичной проверки (8500 руб.) - соответствие классу «В» -ПО для формирования протоколов (40000) -токовые клещи приобретаются дополнительно(от 4 шт., от 14000 руб/шт)
4	Circutor, Испания	AR 6.4 AM 54	408 000	-комплект поставки -дисплей 5.7” -наличие пяти токовых каналов -определение тока утечки -внутренняя память – 1 Гб -карта памяти SD формата 2 Гб в комплекте	-высокая стоимость -интервал между проверками 2 года -диапазон рабочих температур -свидетельство об утверждении типа СИ закончилось 30.06.2017
5	Sonei, Польша	PQM-701	205 500	-защита корпуса -возможна установка непосредственно в ЛЭП -диапазон рабочих температур	-высокая стоимость -интервал между проверками 2 года -отсутствие полноценного дисплея -большой размер корпуса - токовые клещи приобретаются дополнительно(от 12600руб/шт)
6		PQM-702	309 000	-трехуровневый подогрев прибора -наличие первичной проверки -соответствие классу «А»	

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6
7	АО «ПриСТ», Россия/Италия	АКИП АКЭ- 824	210000	-стоимость -комплект поставки	-отсутствие первичной проверки (5500 руб.) -интервал между проверками 1 год -диапазон рабочих температур -отсутствие русификации меню -соответствие классу «B»
8	ООО «НПП Прорыв», Россия	Прорыв Т-А-КТ250	107000	-масса-габаритные показатели -стоимость -наличие первичной проверки -межпроверочный интервал 4 года -диапазон рабочих температур -соответствие классу «А»	-отсутствие дисплея -металлический корпус -необходимость наличие ноутбука для задания конфигурации измерения -упрощенный интерфейс программного обеспечения
9		Прорыв Т-А-КТ800	165000		
10	ООО «НПП МарсЭнерго», Россия	Энерготестер ПКЭ-А-А «10А»	186000	-масса-габаритные показатели -комплект поставки -встроенный аккумулятор -наличие первичной проверки -диапазон рабочих температур -межпроверочный интервал 4 года -соответствие классу «А»	-возможность подключения только трех токовых клещей -внутренняя память 512 Мб -отсутствие возможности расширения памяти с помощью карты памяти SD формата -упрощенный интерфейс дисплея и программного обеспечения
11		Энерготестер ПКЭ-А-А «3000А»	240000		
12	НПП «Энерготехника», Россия	Ресурс- UF2MB-3П- 15-5	180000	-комплект поставки -возможность работы с USB флеш-дискон -диапазон рабочих температур -соответствие классу «А» -широкий выбор стандартного программного обеспечения	- масса-габаритные показатели - отсутствие полноценного дисплея -сложность задания конфигурации измерения -интервал между проверками – 2 года

Вывод

В соответствии с приведенной выше таблицей можно сделать вывод, что самым оптимальным прибором является прибор компании Metrel производителем, которого является Словения. У прибора данной компании выявлено больше достоинств, чем недостатков.

Постоянный контроль качества электроэнергии является необходимым условием безопасного применения электрооборудования, а также непосредственно сказывается на экономических показателях как производителей, так и потребителей электроэнергии.

Несмотря на то, что ответственность за соответствие качества электроэнергии, поставляемой потребителям, установленным требованиям, несет энергоснабжающая организация, в большей степени на качество электроэнергии в электрических сетях влияют и сами потребители.

Отечественный рынок систем измерений приборов контроля электроэнергии хотя и насыщается, но медленно и приборами в основном дорогими. Основные проблемы: высокая цена, низкий уровень технической поддержки и слабая теоретическая подготовка технического персонала. Дополнительная трудность – практическое отсутствие специальной литературы по проблематике не качества электрической энергии, номенклатуре и практике применения систем измерений прибора контроля электроэнергии.

Библиографический список

1. Анализаторы качества электроэнергии // cxem.net. URL: <http://cxem.net/electric/electric56.php> (дата обращения: 20.11.2018 г.)
2. АНАЛИЗАТОРЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ // nucon.ru. URL: <https://www.nucon.ru/dictionary/analizatori-kachestva-elektroenergii.php> (дата обращения: 20.11.2018 г.)
3. Балашова С. А., Чащин Е. А., Митрофанов А. А., Молокин Ю. В. Общая энергетика и энергосбережение. — Ковров : ФГБОУ ВПО "КГТА им. В. А. Дегтярёва", 2013. — 256 с.
4. Кнышук Д. П. Анализатор качества электроэнергии // журнал «ИСУП». — 2015. — №2. — С. 56.
5. Семёнов А. С., Бондарев В. А. ВЫБОР КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ // Международный студенческий научный вестник. — 2015. — №3.
6. Теория и практика измерения параметров качества электроэнергии // Sonel. URL: http://www.sonel.ru/ru/biblio/article/theory-and-practice-of-measurement-pqm/tech_chars. (дата обращения: 20.11.2018 г.)
7. Чащин Е. А., Митрофанов А. А., Шурыгин Ю. А., Маслакова Г. В. Потери энергии в электрических сетях и установках. — Липецк : ФГБОУ ВО "Липецкий государственный технический университет", 2018. — 79 с.