

УДК 621.311

**КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И  
СПОСОБЫ КОМПЕНСАЦИИ НАРУШЕНИЙ.  
MONITORING OF ELECTRICITY QUALITY INDICATORS AND  
WAYS TO COMPENSATE FOR VIOLATIONS**

М.Г. Прокопович

Научный руководитель – Д.А. Секацкий  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
nik.petrashevitch@gmail.com

M.Prokopovich

Supervisor - D. Sekatskiy

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** причины нарушения качества электрической энергии. Нормы качества электрической энергии. Способы повышения показателей качества электроэнергии. Задачи контроля качества электроэнергии. Методы контроля показателей качества электроэнергии.*

***Abstract:** Standards for the quality of electrical energy. Ways to improve the quality of electricity. Tasks of electricity quality control. Methods for monitoring the indicators of electricity quality.*

***Ключевые слова:** качества электрической энергии, показатели качества электроэнергии, компенсации реактивной мощности, устройств регистрации ПКЭ.*

***Keywords:** the quality of electrical energy, indicators of the quality of electricity, reactive power compensation, PCE registration devices.*

**Введение**

Также могут возникать нарушения в работе оборудования, снижаться экономические показатели работы энергосистемы, если качество электроэнергии не соответствует параметрам, определенным в ГОСТ Р 54149–2010. [1]

Причин нарушения качества электроэнергии несколько: подключенные к электросети сварочные установки, вентильные преобразователи, индукционные и дуговые печи, преобразователи частоты, тяговые подстанции железных дорог, троллейбусы и трамваи, специальные однофазные нагрузки и ряд других электронных устройств. технические мероприятия с нелинейными вольтамперными характеристиками.

Можно отметить, что одной из основных причин, по которой уровень напряжения потребителя электроэнергии может не соответствовать требованиям ГОСТа, является превышение мощности, разрешенное к использованию самим потребителем. Как показывают исследования, стандарты качества электроэнергии в типовых энергосистемах соблюдаются далеко не всегда. Это очень часто приводит к неоптимальным режимам работы и даже повреждению элементов энергосистем и приемников электроэнергии, а также к повышенным потерям энергии. Отсюда следует, что проблема контроля и поддержания качества электроэнергии в настоящее время очень актуальна.

### Основная часть

Наибольшие проблемы наблюдаются при соблюдении предельных значений отклонений напряжения, на которые приходится более 56% всех зафиксированных нарушений параметров качества электроэнергии (PQP), а их общая среднегодовая продолжительность достигает 4300 минут. Не менее остро дело обстоит и с асимметрией напряжения.

Все это приводит к неоптимальным режимам работы и даже к выходу из строя элементов энергосистем и приемников энергии, а также к увеличению потерь энергии. Поэтому в настоящее время очень актуальна проблема контроля и поддержания (регулирования) качества электроэнергии. [2].

Общепринятые измерения свойств электронной энергии (EEI) также рассматриваются как степень электрической сопоставимости электрических шумов, которые выполняются в обычных системах электроснабжения. Стандарты применяются к техническим средствам для производства, передачи и потребления электрической энергии и не распространяются: 1) на помехи от индуктивной или емкостной связи, 2) на помехи от электромагнитного излучения. ГОСТ Р 54149–2010 устанавливает следующие показатели КЭЭ:

- установившееся отклонение напряжения  $\delta U_y$ ;
- размах изменения напряжения  $\delta U_1$ ;
- доза фликера  $P_t$ ;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $KU$ ;
- коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей напряжения  $KU(n)$ ;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности  $K2U$ ;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности  $K0U$ ;
- отклонение частоты  $\Delta f$ , – длительность провала напряжения  $\Delta t_{П}$ ;
- импульсное напряжение  $U_{имп}$ ;
- коэффициент временного перенапряжения  $K_{пер} U$ .

Существуют несколько способов повышения показателей качества электроэнергии:

- уменьшение сопротивлений элементов системы электроснабжения;
- изменение напряжений симметричных составляющих;
- ограничение токов симметричных составляющих основной и высших гармонических частот в местах их возникновения [1].

Первый способ заключается в использовании двухреакторов, установок продольной компенсации реактивной мощности, быстродействующих ограничителей тока. Эти методы позволяют параметрическую стабилизацию режима напряжения, но не устраняют асимметрию и несинусоидальный диапазон токов и вызываемые ими последствия (перегрузка обмоток вращающихся машин токами обратной последовательности, конденсаторные батареи с более высокими гармоническими токами, потеря мощности и т. д.).

Второй способ - создать симметричную систему напряжений на выводах многофазного электрического приемника, подключенного к асимметричной системе. Его реализация, как правило, связана с большими затратами и

ограничивается личными потребителями энергии. В результате не устраняется асимметрия входных токов и напряжений. Подобный метод может быть использован, например, при разработке энергооборудования для трехфазных покупателей двухконтурной системы - территория, рельсы, трубы однофазной сети; для уравнивания напряжений сети, подключенной к полуфазе ЛЭП; стабилизация напряжения. При реализации этого метода из-за фильтров из симметричных компонентов начинают появляться большие потери энергии из-за активных фильтрующих элементов.

Третий метод реализуется для ограничения нагрузочных токов симметричных компонентов до приемлемых значений с помощью перекрестно соединенных компенсирующих устройств. Основное отличие этого метода от двух предыдущих заключается в том, что его использование устраняет причину асимметрии (токи), а не ее последствия (напряжение).

Использование компенсации реактивной мощности (RPC), которая напрямую связана с режимом напряжения, рассматривается как конструктивный способ улучшения свойств электрической энергии.

Контроль качества электрической энергии по-своему включает оценку соответствия показателей установленным нормам и дальнейший анализ качества электроэнергии - определение лица, ответственного за ухудшение этих показателей.

Основными задачами контроля качества электроэнергии являются:

- проверка соответствия требованиям стандарта в части оперативного контроля показателей качества электроэнергии (PQI) в электрических сетях общего пользования;
- проверка соответствия реальных значений показателей ИП на границе участка сети по балансу значениям, зафиксированным в договоре энергоснабжения;
- разработка технических условий на подключение потребителя по условиям ЕЭК;
- проверка соблюдения договорных условий по ИЕЕ с определением рассчитанных и эффективных допустимых вкладов потребителя в ухудшение ИЕЕ;
- разработка технических и организационных мер по обеспечению ЕПС;
- определение скидок (надбавок) к тарифам на электрическую энергию за их качество;
- электротехническая сертификация;
- искать «виновника» искажения показателей качества электроэнергии

В зависимости от целей, решаемых при контроле и анализе КЭЭ, можно выделить следующие методы контроля ПКЭ:

- диагностический;
- инспекционный;
- оперативный;
- коммерческий;
- технологический.

Диагностический метод мониторинга ЕЭС - основная цель диагностического мониторинга на стыке между электросетями получателя и энергетической организацией - выявить «виновника» ухудшения ЕЭС, определить допустимый вклад в нарушение требований стандарта ЕЭС, включить их в договор энергоснабжения и стандартизируйте ЕЭС.

Методика контроля ЭЭО осуществляется органами по сертификации для получения информации о состоянии сертифицированной электрической энергии в электрических сетях энергоснабжающей организации, о соблюдении условий и правил применения сертификата, а для того, чтобы доказать, что на самом деле ЕЭС в направлении времени выдержки сертификата продолжается - не соответствует установленным требованиям.

Операционный метод мониторинга СЕЕ необходим в рабочих условиях в точках электросети, где существуют искажения напряжения, которые невозможно устранить в ближайшем будущем. Оперативный контроль необходим в точках подключения тяговых подстанций электрифицированного рельсового и городского транспорта, подстанций предприятий с электроприемниками с нелинейными характеристиками. Результаты оперативного контроля необходимо направить по каналам связи в распределительные центры электронной сети энергоснабжающей организации и в систему электроснабжения промышленного предприятия.

Коммерческий метод контроля КМК - описывает осуществление расчетов на стыке электрических сетей получателя и энергоснабжающей организации, по результатам которого определяются скидки (надбавки) к тарифам на электроэнергию за ее качество. Для прогнозирования, контроля и анализа свойств электронной энергии и ее влияния на сети, трансформаторы и нагрузки устройство управления должно обеспечивать анализ, регистрацию событий и автоматическое формирование отчетов о качестве электроэнергии в соответствии с ГОСТ Р 54149-2010.

Технологический метод контроля - контроль КЭЭ с уменьшением длительности и погрешности измерений по сравнению с требованиями ГОСТ Р 54149-2010. Другими словами, для этих целей чаще всего могут использоваться простые и дешевые средства внесения изменений. Основная функция технологического метода - определение влияния технологического процесса потребителя электроэнергии на КЭЭ. [2]

В настоящее время существует множество устройств для регистрации импортных и отечественных PQE с разными функциями и ценами. В прочем, степень их внедрения в компаниях порождает жажду лучшего. Чтобы убедиться в этом, на существующем передовом оборудовании было проведено испытание для регистрации свойств электричества. Это стало причиной необходимости разработки нового устройства. [3]

На первом этапе проектирования устройства была разработана структурная схема, которая показывает взаимосвязь блоков и их функции (рисунок 1).

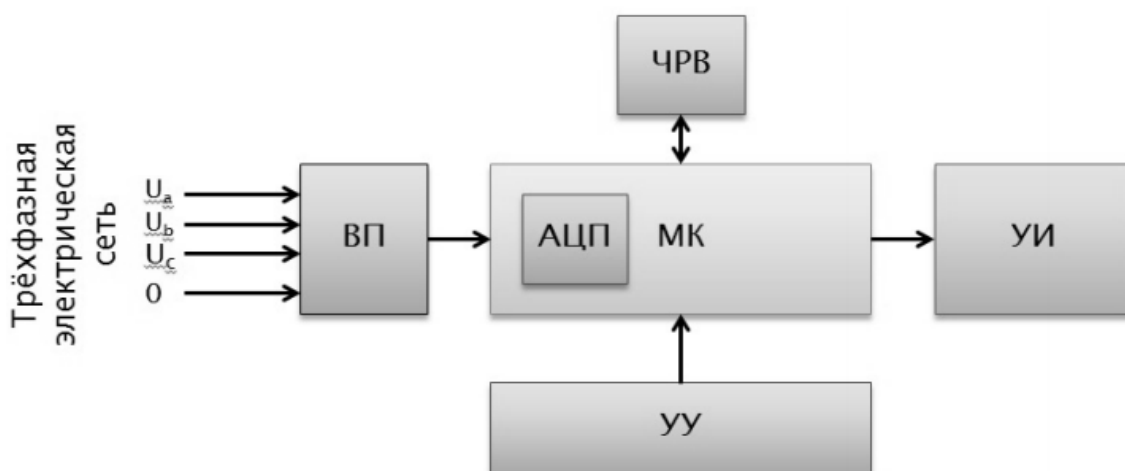


Рисунок 1 – Структурная схема разработанного устройства

**ВП** (входной преобразователь) выполняет преобразование фазных напряжений в эквивалентно масштабированные три синусоидально меняющихся напряжения для фаз А, В и С соответственно. **АЦП** (аналогово-цифровой преобразователь) осуществляет преобразование плавно изменяющихся и поступающих от блока ВП сигналов в их цифровой эквивалент. **УУ** (устройство управления) командует режимами работы устройства, делая возможным оператору выбрать те показатели качества электроэнергии, которые будут отображаться на **УИ** (устройство индикации). **МК** (микроконтроллер) на основе поступающих от блока АЦП мгновенных значений фазных напряжений выполняет вычисления действующих значений фазного напряжения, частоты сетевого напряжения, коэффициента несинусоидальности и коэффициента несимметрии. Также МК осуществляет вычисление и накопление статистики о показателях качества электроэнергии (максимальное и минимальное напряжение за период, максимальная и минимальная частота и т. д.). Блок **ЧРВ** (часы реального времени) сделан на специализированной для реализации функции высокоточных часов микросхеме DS1302.

### Заключение

Для анализа качества электроэнергии применяется методика измерения РКЭ и соотнесения их с предельными значениями. Для этого используется система мониторинга качества электроэнергии. Анализаторы свойств электричества считаются ведущими веществами этих систем. Система мониторинга электрических свойств будет выполнять нормализованные измерения РКЭ, обрабатывать результаты измерений, а также собирать и систематизировать данные. Также формируются отчеты и предоставляется аналитическая информация, на основе которой разрабатываются меры по улучшению качества электроэнергии.

Таким образом, можно сказать, что разработанный прибор позволяет потребителю самостоятельно контролировать качество электроэнергии. Это также предотвращает такие события, как увеличение активной мощности и потерь электроэнергии, сокращение срока службы электрооборудования и его преждевременный выход из строя; нарушение нормального протекания технологического процесса потребительского производства, что может привести

к снижению качества выпускаемой продукции и увеличению энергозатрат на производство и, как следствие, снизит денежные потери энергоснабжающей организации.

### Литература

1. Показатель качества электроэнергии. [Электронный ресурс]/общие сведения. -Режим доступа:<https://mydocx.ru/8-58903.html>Дата доступа: 13.03.2021.
2. Анализ качества электроэнергии. [Электронный ресурс]/общие сведения. -Режим доступа:<https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12967>Дата доступа: 15.03.2021.
3. Нормы качества электроэнергии. [Электронный ресурс]/общие сведения. -Режим доступа:<https://uk-parkovaya.ru/whatandwhy/tips/pokazateli-kacestva-elektroenergii-i-ih-normirovanie.html>Дата доступа: 20.03.2021.