

Хижняк Юрий Владимирович

Khizhnyak Yury Vladimirovich

Инженер-конструктор (электрические машины)

Запорожский Национальный Технический Университет

УДК 621.316.1

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ELECTRICITY QUALITY IMPROVEMENT TECHNIQUE

Аннотация: В статье рассмотрена методика работ по повышению качества электроэнергии применимая для различных объектов общепромышленного назначения. Приведен анализ существующих методов по улучшению качества электроэнергии применяемых в отрасли в данный момент их преимущества и недостатки. Представлена методика по проведению работ для повышения качества электроэнергии на отдельно взятом участке электрической сети.

Abstract: The article discusses the methodology of work to improve the quality of electricity applicable to various objects of general industrial use. The analysis of existing methods to improve the quality of electricity used in the industry at the moment, their advantages and disadvantages. A methodology for carrying out work to improve the quality of electricity on a separate section of the electrical network is presented.

Ключевые слова: качество электроэнергии, повышение качества электроэнергии.

Key words: power quality, improving power quality.

Проблема качества электроэнергии в электрической сети не теряет своей актуальности на протяжении всего периода существования централизованной энергосистемы. Длительное изменение напряжения

питающей сети приводит к сокращению службы двигателей и источников питания. При этом переходные процессы, вызванные коммутациями потребителей, сопровождающихся высокочастотными помехами, приводят к сбоям и выходу из строя электронной аппаратуры в случаях если защитная аппаратура не удовлетворяет требованиям быстродействия и селективности. Как известно, качество электроэнергии зависит от множества факторов, наиболее известные из которых частота, синусоидальность, симметричность фазных токов и напряжений. Любые отклонения в сети электроснабжения, приводящие к изменению электрических параметров, регламентированных в ГОСТ 721–77 [1], ухудшают качество электроэнергии. Все эти параметры электроэнергии могут значительно видоизменяться в зависимости от типа потребителей, применяемых на предприятии и того, как реализованы меры по охране и повышению качества электроэнергии.

Основные положения по улучшению показателей качества электроэнергии закреплены на законодательном уровне [1, 2, 3, 4]. Например, в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» ставится задача по разработке безопасных управляемых электроэнергетических систем, обеспечивающих необходимое качество электроэнергии [2]. Однако, существующие методики, основанные на вышеуказанных положениях и принятые в различных отраслях промышленности имеют существенные недостатки, не имеют централизованного обоснования кроме общепромышленных стандартов, могут разительно отличаться друг от друга и не могут полностью удовлетворить все возрастающим требованиям к качеству электроэнергии из-за экспоненциального роста ее потребителей.

В первую очередь необходимо рассмотреть какие именно процессы, протекающие в электрической сети, влияют на качество электроснабжения потребителя и системы электроснабжения в целом. На сегодняшний день,

на территории Российской Федерации документом, определяющим требования к качеству электрической энергии, является межгосударственный стандарт ГОСТ Р 32144-2013.

Данный стандарт[5] устанавливает показатели качества электрической энергии применительно к точкам передачи электрической энергии пользователям сетей низкого, среднего и высокого напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц. Данный стандарт описывает допустимые пределы изменений для ряда параметров, однако, ввиду того что ряд показателей качества напряжения носит спорадический и непредсказуемый характер, для таких параметров как провалы и перерывы питания, перенапряжения и импульсные напряжения данный норматив не регламентирует нормальный диапазон отклонений.

К нормируемым показателям электрической энергии, влияющей на ее качество, данным стандартом относятся следующие показатели:

- Отклонения частоты. Норма данного показателя варьируется в зависимости от того изолированная сеть или нет. Если сеть синхронизирована и не изолирована допустимые отклонения не должны превышать 0.2 Гц 95% времени работы и 0.4 Гц в течении 100% времени работы сети.
- Отклонение, колебания напряжения и фликер. К отклонениям напряжения относят процессы изменения амплитудного значения напряжения от заданного уровня на срок более 1 мин. Колебаниями напряжения в этом случае называют процессы изменения амплитуды, занимающие менее 1 минуты. Фликером в данном случае стандартом определяются единичные быстрые изменения напряжения, вызванные, в основном быстрым резким изменением нагрузки. Пример подобных изменений приведен на рис.1. Данный стандарт регламентирует величину отклонения данного показателя в размере 10% как в

большую, так и в меньшую стороны в точке передачи электроэнергии. В точках общего присоединения значение данного параметра определяется сетевой организацией с учетом выполнения норм приведенных выше.

- Несинусоидальность формы кривой напряжения. Искажения формы кривой напряжения могут в значительной степени ухудшить эксплуатационные показатели большого ряда электротехнических приборов, при этом наблюдается и обратный эффект. Значительное количество современной преобразовательной техники способно значительно ухудшить качество формы напряжения без должного контроля за ее качеством. В этом плане наблюдается явная положительная обратная связь между источником искажений и влиянием на сеть - при отсутствии компенсационных решений качество электроэнергии будет ухудшаться с нарастающими темпами. В стандарте приводятся сравнительные таблицы показателей допустимых отклонений для гармоник начиная со 2. Однако интергармонические составляющие на данный момент все еще не нормированы. Является одним из наиболее очевидных моментов для повышения качества электроэнергии. Может быть легко описан широко известным параметром коэффициент мощности.
- Несимметрия напряжений в трехфазной системе. Искажения вызванные в форме кривой напряжения не равномерным подключением потребителей или несимметрией самой электрической сети. Величина несимметрии напряжений не должна превышать 2% в течении 95% времени работы и 4% в течении 100% времени.

Несмотря на то, что уже было сказано, что стандартом не нормированы спорадические характеристики качества электроснабжения, к показателям качества все же можно отнести:

- Провалы и перенапряжения.

- Импульсные напряжения.

Данные параметры носят случайный характер, однако, они могут использоваться для оценки качества и надежности электроснабжения на основе статистических данных.

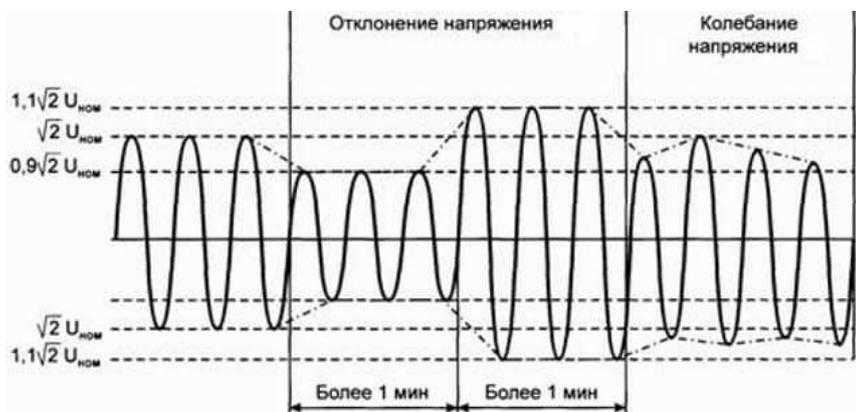


Рис.1. Установившееся отклонение и колебания напряжения.

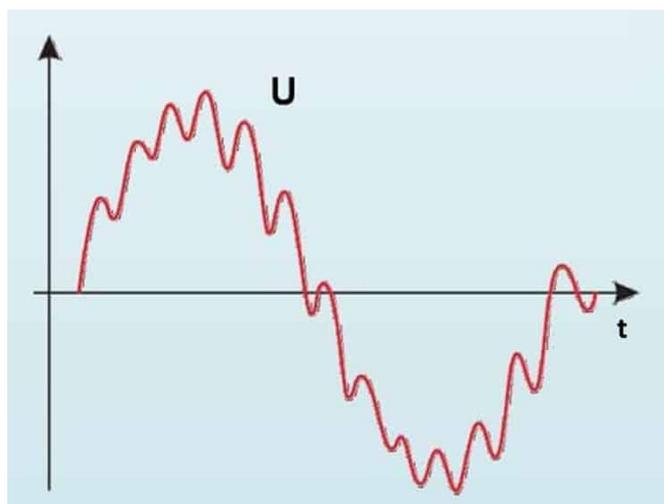


Рис.2. Гармоническое искажение синусоидального сигнала гармоникой высокого порядка.

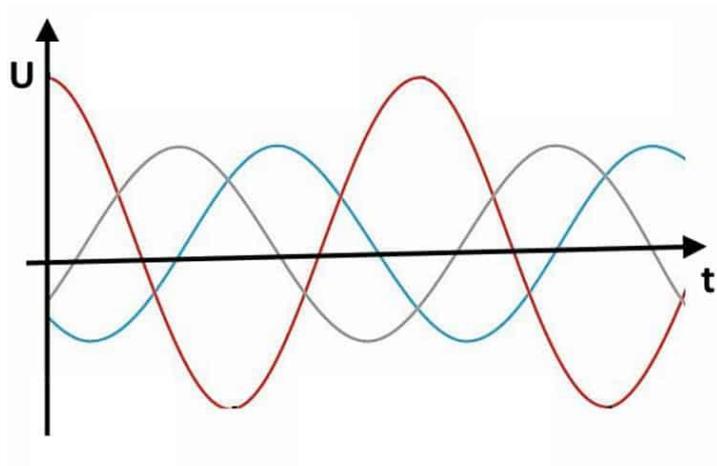


Рис.3. Несимметрия фаз напряжения.

Несмотря на то, что показатели качества регламентированы существующими стандартами на данный момент нет ни одной общей методологии для поиска причин и устранения проблем с качеством электроснабжения. Большинство методов, представленных в литературе охватывают решение конкретной задачи без систематизации подхода для решения проблемы в большем формате.

Исходя из регламентируемых параметров качества электрической энергии можно определить основные направления работ по повышению ее качества:

- рационализация электроснабжения, заключающаяся, в частности, в повышении мощности сети, в питании нелинейных потребителей повышенным напряжением;
- улучшение структуры 1УР, например, обеспечение номинальной загрузки двигателей, использование многофазных схем выпрямления, включение в состав потребителя корректирующих устройств;
- использование устройств коррекции качества — регуляторов одного или нескольких показателей качества электроэнергии или связанных с ними параметров потребляемой мощности.

Независимо от направления, в котором предполагается осуществлять работы по улучшению качества электроснабжения, для обеспечения

требуемых ГОСТ 32144-2013 показателей необходимо выполнения комплекса организационных и технических мероприятий, направленных на установление источников и причин нарушений.

Моим мнением для определения источников снижения качества электроэнергии в первую очередь необходимо провести анализ существующей системы электроснабжения объекта. Наиболее рациональным, с т.з. экономических затрат, в данном случае необходимо в первую очередь установить общий уровень качества электроэнергии. Как я упоминал ранее наиболее ярким показателем в данном случае будет измерение коэффициента мощности и его изменения в процессе работы оборудования объекта. Любая дальнейшая работа должна проходить итеративно и на основании статистических данных, полученных за период не менее 1 рабочей недели. Сбор статистических данных в данном случае должен осуществляться в автоматическом режиме средствами контроля качества электрической энергии. В простейшем варианте это могут быть счетчики электрической энергии с возможностью сбора и хранения информации за отчетный период.

Вторым этапом работ по улучшению качества электрической энергии определенно должен быть этап поиска участка, вносящего наибольшие искажения в качество электрической энергии и дальнейшей оценки экономической эффективности работ по его устранению.

Так наиболее вероятным кандидатом на проведение дальнейших работ в большинстве случаев будет установка устройств - компенсаторов реактивной мощности. Поскольку компенсирующие устройства являются дорогостоящим оборудованием, необходимо оценить целесообразность глубокой компенсации реактивной мощности, т.е. в диапазоне изменения коэффициента реактивной мощности от его нормативного значения до нуля [6]. Стоит отметить, что в данный момент применяются три основных разновидности устройство компенсации реактивной мощности -

конденсаторные батареи, синхронные компенсаторы и активные фильтры. Все они обладают своими собственными особенностями и недостатками и конкретное устройство, которое будет применяться для устранения потери качества электрической энергии на объекте должно быть определено исходя из технических параметров работы данного участка сети как в краткосрочном формате, ввиду того что не все устройства справляются с резко переменным типом нагрузок, так и в долгосрочной эксплуатации. Эти факторы должны быть учтены на этапе обоснования экономической эффективности проводимых работ.

Для компенсации других показателей качества перечень работ, которые должны быть выполнены, аналогичны тем, что и для компенсации реактивной мощности, за исключением метода устранения источника проблем. В большинстве случаев решение проблемы будет требовать внесения изменения в схему электрической сети объекта или его участка. Так, компенсация несимметрии фазных напряжений и токов может быть выполнена более качественным расчетом участков сети и внесением изменений на уровне распределительных щитов и коробок в самом простом случае и применением активных коммутационных приборов с ПЛК и датчиками для динамического контроля симметрии напряжений исходя из текущей нагрузки на линии.

Каждый из проводимых этапов должен сопровождаться сбором и анализом статистической информации для проведения допустимой коррекции в плане работ исходя из уточненных данных, а для исключения влияния перекрестных связей рекомендуется выполнять работы итеративно повышая качество одного показателя с контролем о состоянии других. Цель такого подхода состоит в том, чтобы не допустить снижения других показателей качества из-за проведенных работ по улучшению одного из них.

Заключительным этапом работ по улучшению качества электрической энергии объекта является формирование статистических данных подтверждающих эффективность проведенных работ и проведения оценки необходимости проведения дополнительных мероприятий. При этом даже при достижении удовлетворительных показателей качества электрической энергии рекомендуется сохранять всю систему сбора статистической информации и проводить регулярный мониторинг качества электрической сети для получения более детальной картины с целью выявления скрытых дефектов и неучтенного падения качества.

В заключении хотел бы отметить, что несмотря на то что работы по повышению качества электрической энергии могут иметь, казалось бы, существенный отрицательный экономический эффект на работу предприятия ввиду их большой длительности и потенциально большим затратам при дальнейшей эксплуатации их эффект будет очевиден. Так можно разгрузить источники и сети от реактивного тока, стабилизировать напряжение, увеличить срок службы оборудования и качество его работы. При этом правительством рассматриваются различные методы стимулирования потребителей для проведения таких работ с целью повышения общего качества электрической энергии. Так на уровне энергоснабжающих организаций может выражаться путем снижения тарифов на электроэнергию, а в разрабатываемых на данный момент проектах рассматриваются также и иные варианты стимулирования, например, снижения налоговой нагрузки. При этом при надлежащем проведении работ по улучшению качества электрической энергии в рамках одного объекта его влияние может оказать положительный эффект на всю энергосеть региона. Поэтому необходимо ответственно подходить к вопросу повышения качества электрической энергии в рамках выделенных объектов для достижения наилучших показателей.

Библиография:

1. ГОСТ 721-77. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, СЕТИ, ИСТОЧНИКИ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И ПРИЕМНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. – Москва: Изд-во стандартов, 1978. – 8 с
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. №1715-р.
3. Сайт: <http://minenergo.gov.ru>
4. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Госстандарт. – 1998 – 14 с
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — Введ. 2014.07.01. — М. : Стандартиформ, 2013. - 10 с.
6. Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередачи в распределительных сетях 10 кВ / А.И. Федотов, А.Р. Ахметшин // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. № 5–6. С. 79–85.