

10. **Сінчук О.М.** Випробування асинхронного тягового електромеханічного комплексу рудникового контактної-аккумуляторного електровоза / Сінчук І.О., Шокарев Д.А., Скапа Є.І.// Вісник Вінницького політехнічного університету, 2011. – Вип. №6. – С. 49 – 52. ISSN 1997-9266.

11. **Синчук О.Н.** Синергетическая система асинхронного электропривода контактно-аккумуляторного двухосного электровоза [Текст] /О.Н.Синчук, Д.А.Шокарев, И.О.Синчук//Науково-технічний збірник «Електромеханічні і енергозберігаючі системи». -Кременчук:КрНУ,2011.-Випуск 2/2011(14).-31-34. ISSN 2072-2052.

12. **Черная В.О.** Моделирование возможностей возникновения псевдоаварийных и аварийных ситуаций в тяговых электротехнических комплексах двухосных электровозов [Текст] / В. О. Черная, Д.А.Михайличенко //Електромеханічні і енергозберігаючі системи.– 2011. – № 4(16). – С. 134–140. – ISSN 2074–9937.

13. **Шаповал В.П., Синчук И.О., Чорная В.О.** К проблеме электромагнитной совместимости тягового электропривода:IGBT-транзисторный инвертор – асинхронный двигатель.//Електромеханічні системи, методи моделювання та автоматизації. Збірник наукових праць VI Всеукраїнської науково-технічної конференції у м. Кременчук, квітень 2008р., с.61-65.

14. **Лебедин С.В., Зайцев И.Н., Пасько О.В.** Предварительные испытания опытного образца тягового электропривода переменного тока для рудничных электровозов.//Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Наукові праці КДПУ.-Кременчук:КДПУ,2005- Вип.4/2005(33) – с.111-115.

Рукопис поступила в редакцію: 16.03.16

УДК 621.316

А.О. АНТОНЕНКО, аспирант, Криворожский национальный университет

## ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассматривается суть проблемы отклонения качества электрической энергии промышленных распределительных сетей от нормируемых значений. Целью работы является акцентирование внимания на вопросе недостаточной нормативной и технической баз, на основании которых крупные объекты промышленности проводят мероприятия по контролю и регулированию качества электрической энергии систем электроснабжения. Определено, что для снижения удельных энергозатрат и повышения энергоэффективности предприятия необходимо значительно повысить приоритетность энергоменеджмента в процессе планирования его работы, что в свою очередь, невозможно без эффективной и работоспособной системы контроля и регулирования основных параметров системы электроснабжения.

**Ключевые слова:** контроль качества электроэнергии, энергоэффективность, энергосбережение, показатели качества электроэнергии, мониторинг

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Качество электрической энергии (КЭ) должно соответствовать установленным нормативными документами требованиям, так как электроэнергия непосредственно используется при создании других видов продукции, оказывает существенное влияние на экономические показатели производства, качество выпускаемых изделий [1].

В последние годы в странах Европейского Союза ущерб потребителей электроэнергии и энергоснабжающих организаций от низкого качества электрической энергии (провалы напряжения, кратковременные и длительные перерывы электроснабжения, высшие гармоники, перенапряжения, фликер, короткие замыкания и проблемы электромагнитной совместимости) составил более 150 млрд евро [2].

**Анализ исследований и публикаций.** На данный момент в литературе обсуждаются различные способы организации систем мониторинга и контроля качества электрической энергии [7].

Были предложены методы измерений показателей качества электрической энергии [8]; способы и технологии увеличения показателей качества электроэнергии на предприятиях и распределительных сетях [9,10]. В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с необходимостью контроля и регулирования качества электроэнергии систем электроснабжения; приводятся зависимости дополнительных потерь электроэнергии в питающей сети предприятия при несоответствии нормируемых показателей качества электроэнергии (ПКЭ), а также сформулированы основные положения по повышению эффективности работы систем мониторинга, контроля и регулирования ПКЭ.

**Цель исследований.** Определить основные составляющие структуры системы контроля электрической энергии промышленных распределительных сетей с целью повышения эффективности электропотребления предприятия.

**Изложение материала и результаты.** Рассматривая вопрос контроля и мониторинга основных параметров электрических распределительных сетей промышленных предприятий с точки зрения, как

нормируемых показателей качества электрической энергии, так и сопутствующих характеристик, уместно будет рассмотреть основные причины этих отклонений, а именно:

- неравномерность распределения нагрузки по отдельным фазам сети;
- короткие замыкания в распределительной сети;
- аварии в электрической сети;
- срабатывание средств защиты и автоматики;

переходные процессы, связанные с включением, отключением и работой мощных потребителей электроэнергии и др.

Показатели качества электрической энергии должны соответствовать требованиям ГОСТ 54149[3].

Основные показатели качества электроэнергии – частота и напряжение – находятся в прямой зависимости от баланса активных и реактивных мощностей в энергосистеме. Между изменениями частоты, напряжения и активных и реактивных мощностей в энергосистеме существует сложная взаимосвязь. В то же время изменения активной и реактивной мощностей по-разному сказываются на изменении частоты и напряжения. На изменение частоты основное влияние оказывает изменение баланса активных мощностей. Для поддержания стандартных значений частоты в энергосистеме в первую очередь необходимо обеспечить соответствующий этой частоте баланс активных мощностей; при росте активных нагрузок должна соответственно увеличиваться активная мощность генераторов. При этом не имеет значения, на какой электростанции будет увеличена генерация активной мощности, т.к. частота изменяется во всей энергосистеме одинаково [5].

В связи с этим существует необходимость оперативного контроля и регулирования ПКЭ питающей электрической сети. Пример функциональной схемы такой системы приведен ниже (рис. 1). Подобные системы имеют значительный диапазон функциональности. Так, требующие меньших капиталовложений, способны контролировать лишь некоторые основные параметры сети, а более дорогостоящие охватывают весь диапазон нормируемых ПКЭ, и при наличии соответствующего оборудования – компенсировать основные показатели параметров электрической энергии.

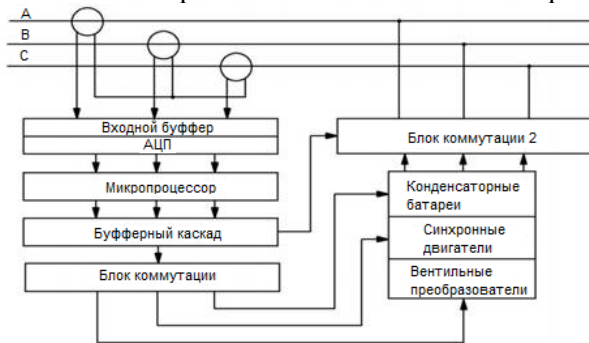


Рис. 1. Система контроля и управления параметрами электрической сети

Отклонение ПКЭ от нормируемых значений как локального, так и общесистемного характера ведет к неравномерности процессов электропотребления (ПЭ). Это усложняет процесс прогнозирования ПЭ, а следовательно снижает эффективность работы системы энергоменеджмента. Результатом такой тенденции является увеличение дополнительных потерь электрической энергии промышленным предприятием.

Ниже (рис. 2) приведены значения фактического и планового удельного расхода электроэнергии по подразделениям, и горнорудному предприятию в целом. По некоторым подразделениям наблюдаются значительные различия этих значений, что также объясняется неравномерностью ПЭ, связанными с отклонением ПКЭ.



Рис. 2. Фактические и плановые значения удельного расхода электрической энергии по Криворожскому железорудному комбинату

Следовательно, можно выделить ряд мероприятий, связанных с вопросами контроля качества электроэнергии и энергоэффективности [4]:

измерение параметров электрических сетей для оценки эффективности их функционирования и разработки мероприятий по оптимизации режимов их работы;

применение автоматизированной системы контроля электроэнергии с учетом ее качества для анализа особенностей функционирования потребителей электроэнергии или электрических сетей;

анализ показателей качества электрической энергии в электрических сетях и разработка мероприятий по обеспечению их соответствия нормативным требованиям (внедрение фильтро-симметрирующих устройств, автоматических регуляторов напряжения, активных фильтров и т.д.);

расчет и анализ основных и дополнительных потерь в электрооборудовании и электрических сетях, обусловленных качеством электрической энергии, а также разработка рекомендаций по их снижению и повышению эффективности функционирования исследуемых объектов;

выполнение оценки влияния качества электроэнергии на работоспособность и ресурс работы электрооборудования;

выявление причин ухудшения качества электрической энергии и определение виновников ее ухудшения, а также и оценка величины причиненного ущерба как по отдельным показателям качества электрической энергии, так и по всему их спектру;

осуществление расчета экономического ущерба от снижения качества электрической энергии у поставщиков и потребителей;

разработка энергосберегающих мероприятия для отдельных потребителей электроэнергии и электрических сетей.

Технически создание системы мониторинга КЭ требуют больших инвестиций. При установке в сетевых компаниях приборов учета электроэнергии отсутствуют критерии не только оптимального выбора мест и количества установки средств измерений, но и принципы единства — часть приборов позволяет измерять ПКЭ, а часть нет, хотя подстанции, на которых они устанавливаются идентичны. В основном существуют возможности измерения только лишь количества проходящей электроэнергии, значений токов в присоединениях, где установлены приборы, напряжения в узлах и частоту в сети.

Ниже приведены технические задачи создания системы мониторинга КЭ [5]:

Прежде всего необходимо выбрать места установки средств измерения (СИ) с тем, чтобы по их результатам можно было оценить КЭ во всех узлах сети, которые можно рассматривать как точки общего присоединения. При этом необходимо использовать критерий выбора мест установки СИ.

Применение систем мониторинга КЭ ставит вопрос об объеме сохраняемой информации, что влияет как на размеры измерительного оборудования, так и на его стоимость. Например, средство измерения ПКЭ ЭРИС КЭ позволяет сохранять измеренную информацию и проведенные расчеты в энергонезависимой памяти прибора до двух лет, в зависимости от степени детализации измеряемых параметров.

Исключение хранения информации в самом приборе, либо передача информации для освобождения места. Наиболее надежный способ передачи измеренных значений на ЭВМ - это выделенный канал связи (Интернет) или канал единой сети связи электроэнергетики. В качестве резервных каналов связи можно использовать СМ-сеть, например, если СМ-модем встроен в прибор, либо используя внешнее подключение. Передачу измеренных данных можно осуществлять также по спутниковым каналам связи. Выбор между упомянутыми способами должен быть проведен на основании минимизации затрат.

Требование соответствующего регламента в части хранения всей информации, связанной с коммерческим учетом на рынке электроэнергии в течение 3,5 лет, что больше максимально возможного срока хранения информации в большинстве приборов, предопределяет использование телекоммуникационных средств для передачи и хранения информации вне прибора. Выбор между различными способами передачи информации должен быть проведен на основании минимизации затрат.

Хранение информации требует обеспечения защиты оборудования, программного обеспечения и данных от несанкционированного доступа на физическом и программном уровне. Например, участник оптового рынка должен предоставить контрольный доступ к результатам измерений, данным о состоянии объектов и средств измерений по запросу контролирующей организации (разграничение доступа к базам данных для разных групп

пользователей и фиксация в отдельном электронном файле всех действий пользователей с базами данных).

Проведение непрерывных измерений в сетях, содержащих резкопеременную и нелинейную нагрузку, при использовании отечественных приборов измерения ПКЭ, в соответствии с требованиями ГОСТ 54149, проблематично. Это связано с тем, что в программном обеспечении таких приборов применяются алгоритмы усреднения результатов расчетов. В результате пользователю будет доступна информация только о целочисленных гармониках. Внеся соответствующие изменения в программное обеспечение средств измерений, эта проблема будет снята.

Обеспечение защиты СИ от несанкционированного доступа к аппаратной части (разъемы, функциональные модули и т.д.).

Обеспечение возможности подключения резервного источника питания и автоматического переключения на источник резервного питания при исчезновении основного питания.

Резервирование каналов связи.

Внедрение подобных систем требует ежегодных затрат на их обслуживание. Автоматизированная измерительная система контроля качества электроэнергии является многоуровневой информационно-вычислительной системой с централизованным управлением и распределенной функцией выполнения измерений, количество уровней и архитектура построения которой определяются на стадии разработки технического задания и зависят от сложности и количества энергообъектов.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Появление приборной базы и внедрение в эксплуатационную практику нормативных документов по контролю и анализу качества электроэнергии создает предпосылки для организации системы контроля и анализа качества электроэнергии у поставщиков и потребителей электроэнергии и создания систем управления ПКЭ.

Для успешного решения задачи обеспечения КЭ необходимо:

разработать и закрепить единую политику применения систем и средств контроля КЭ, предусмотрев поэтапное оснащение электрических сетей промышленных предприятий необходимым парком стационарных и переносных устройств измерения КЭ;

разрабатывать более совершенные методики аттестации измерительных устройств КЭ;

регламентировать общие требования к средствам измерений КЭ в соответствующих нормативных документах;

обеспечить приемлемые цены на средства измерений.

Кроме указанного, необходимо повысить приоритетность энергоменеджмента в процессе планирования работы промышленного предприятия.

#### *Список литературы*

1. Управление качеством электроэнергии/ **Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г.** и др.; под ред. Шарова Ю.В. - М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
2. CIREN, Vienna 21-24 May 2007, 19<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution. Paper 0263. Roman Targosz (European Copper Institute - Poland), Jonathan Manson (JEL Consulting - United Kingdom).
3. ГОСТ 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
4. **Карташев И.И., Тульский В.Н., Подольский Д.С.** Современные задачи управления качеством электроэнергии. Энергоаудит №3, 2007 год.
5. **Суднова В.В., Пригода В.П., Хакимов Р.Р.** Принципы построения АИИС мониторинга ПКЭ и управления качеством электроэнергии. Промышленная энергетика, 2007, № 3.
6. Управление качеством электроэнергии / **Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г.** и др.; под ред. Шарова Ю.В. М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
7. ГОСТ Р МЭК 61850-7-2-2009. Сети и системы связи на подстанциях. Часть 7. Базовая структура связи для подстанций и линейного оборудования. Раздел 2.
8. Методы измерений показателей качества электрической энергии. Научно испытательный центр «САМТЕС» 2009 г.
9. **Магомедов А. М., Герейханов Р. К.** Способ увеличения показателей качества электроэнергии на предприятиях и распределительных сетях.
10. Технологии повышения качества электроэнергии при ее передаче и распределении. Жак КУРО. 2005г.

Рукопись поступила в редакцию 26.04.16