

А. И. ТЮРЮТИКОВ (Институт общей энергетики НАН Украины)

## МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С АНАЛИЗОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

У статті розглянуті проблемні питання створення системи моніторингу електричних мереж з урахуванням якості електричної енергії.

В статье рассмотрены проблемные вопросы создания системы мониторинга электрических сетей с учетом качества электрической энергии.

The problems of creation of monitoring system for electrical networks taking into account the quality of electric energy are considered in this article.

### Введение

Актуальность бесперебойного снабжения электроэнергией промышленных и бытовых потребителей не требует обоснования, так как электроэнергия является кровеносной артерией всех потребителей. Актуальными являются задачи: а) поддержания работоспособного состояния энергосистемы, б) максимально возможная ее модернизации до уровня мировых (желательно и превосходящих) стандартов в минимально возможные сроки.

Данные задачи необходимо решать как на уровне генерирующих, так и на уровне распределительных (Облэнерго) компаний. Главной целью выполнения работ в Облэнерго является обеспечение надежного покрытия платежеспособного спроса потребителей при минимальных затратах ресурсов и максимизации прибыли.

### Цели и задачи исследования

Для достижения поставленной цели необходимо решить три основные, взаимосвязанные задачи, решение которых необходимо вести параллельно и согласованно:

1. Создание и внедрение технологии управления производственно-финансовой деятельностью, соответствующего программного и информационного обеспечения (ПИО), средств телемеханики и связи, включая решение крайне актуальной в настоящее время проблемы биллинга.

2. Разработка необходимого методического обеспечения, инструкций и регламентов, критериев принятия решений, обеспечивающих согласованную работу эксплуатационного, технического и управленческого персонала в рам-

ках технологии управления производственно-финансовой деятельностью компании.

### 3. Обучение персонала.

Одной из характеристик современного периода является значительное увеличение находящихся в эксплуатации электронных устройств: колоссальное количество персональных компьютеров, источников бесперебойного питания и другого электронного оборудования, в котором используются малогабаритные импульсные источники питания. Кроме того, получили широкое распространение такие мощные электронные устройства, как электронные регуляторы скорости, зарядно-выпрямительные устройства и др. Они представляют собой существенно нелинейную электрическую нагрузку и вызывают искажения синусоидальной формы кривых напряжения и тока, что приводит к возникновению гармонических «загрязнений» электрической сети. По этой причине в настоящее время электрические сети практически всех производственных предприятий и офисных зданий в той или иной степени далеки от идеального состояния.

Гармонические «загрязнения» электросетей могут приводить к целому ряду повреждений электротехнического оборудования и к нанесению значительного ущерба технологическим процессам. Основными возможными типами повреждений являются следующие:

1. Сгорание конденсаторов, используемых для улучшения  $\cos \varphi$  электросети, а также в электролюминесцентных светильниках.

2. Сгорание нулевых проводов из-за того, что в них суммируются токи всех третьих гармоник, при этом ток нулевого провода может более чем в два раза превысить номинальное значение фазного тока.

3. Перегрев мощных силовых трансформаторов.
4. Перегрев электродвигателей.
5. Искажения электромеханических характеристик электродвигателей.
6. Ложное срабатывание устройств токовой релейной защиты, перегрев предохранителей, ложное срабатывание защиты от токов утечки.
7. Повреждение межобмоточной изоляции в трансформаторах и электродвигателях.
8. Перегрев питающих проводов и электрических кабелей.
9. Недостоверные показания измерительных приборов и некоторых датчиков обратной связи в системах автоматизации технологических процессов.

В ряде случаев при использовании электронных устройств высокой мощности гармоники, возникающие на одном производственном предприятии, могут передаваться к другим предприятиям через общие сети электропитания и именно там причинять вред.

#### **Достоверность измерений и мониторинг электрических сетей**

Только цифровые измерительные приборы с применением микропроцессоров способны в этих условиях осуществлять достоверные измерения (True RMS AC) токов, напряжений и мощностей. Для обеспечения надлежащей работы оборудования и предотвращения повреждений необходимо регулярно определять уровень гармоник в сети путем измерения следующих параметров: THD, TDD, K-Factor и гармонического спектра как для постоянно присутствующих гармоник, так и для гармоник с ограниченным временем действия.

Для решения данных задач необходим набор измерительных приборов, позволяющих выполнять измерения гармоник, осуществлять предупредительную сигнализацию, включать фильтры, отключать конденсаторы и осуществлять частичное отключение нагрузок.

Мировые лидеры в области систем мониторинга и управления электроэнергетикой – SIEMENS, ABB и DRANETZ используют для встраивания в поставляемые на рынок системы и подсистемы мониторинга и анализа качества электросетей и управления ресурсами энергоемких предприятий приборы компании SATEC. Данные системы внедрены более чем в 30 странах Центральной и Южной Америки, Европы и Дальнего Востока, в том числе в США, Аргентине, Мексике, Франции, России, Голландии, Испании, Турции, Польше, Филиппинах, Таи-

ланде, Казахстане и др. Производителями подобных систем являются также компании Power Measurement (PML), Circutor, Elontrol, Diris и Autometer.

Использование приборов и систем мониторинга электроэнергии позволяет экономить ресурсы и электроэнергию, прогнозировать аварийные ситуации и предотвращать повреждения дорогостоящего технологического оборудования. В ряде случаев за счет высокоэффективного двухуровневого мониторинга и управления качеством электрических сетей при сохранении потребляемой полезной мощности существенно снижаются расходы на приобретаемую электроэнергию.

Существенный экономический эффект, который обеспечивают системы за счет экономии ресурсов предприятий и увеличения срока безотказной работы дорогостоящего оборудования, приводит к тому, что практически эти системы окупаются в течение года эксплуатации.

Автоматизированные системы контроля и управления электроэнергией (АСКУЭ) позволяют осуществлять оперативный мониторинг, анализ качества электроэнергии и управление энергоресурсами по широкому комплексу параметров. В частности, имеется возможность динамично измерять и корректировать коэффициент мощности путем автоматического подключения конденсаторных батарей и экономить таким образом стоимость потребляемой электрической энергии. Сокращение расходов на электроэнергию достигается также и за счет оптимизации структуры сети путем оперативного отключения ненагруженных трансформаторов и подстанций.

Измерение высших гармоник непосредственно на конденсаторных батареях и в трансформаторах дает возможность при достижении ими опасных значений, которые могут привести к выходу из строя этого оборудования, своевременно автоматически отключать опасные источники от сети или включать защитно-фильтрующие устройства и предотвращать выход оборудования из строя. Такой же эффект достигается и при опасных значениях помех, всплесков и провалов напряжения в сети.

Измерение линейных напряжений и потерь в электрических линиях позволяет оптимизировать эти напряжения в зависимости от длин линий и величин нагрузок, кроме того, учет точных тарифов электроэнергии позволяет с целью сокращения расходов оптимизировать суточный график подключения нагрузки.

В качестве примера внедрения систем мониторинга остановимся на нескольких областях:

#### ***Металлургические комбинаты:***

Внедрение программно-аппаратного комплекса для учета энергопотребления на базе многотарифных счетчиков позволило перейти к автоматическому учету расхода электроэнергии комбината и внутризаводских подразделений.

Такой автоматический учет позволяет:

1. Повысить точность определения фактических расходов электроэнергии на 1 и более процентов.
2. Ввести более экономичную многотарифную систему оплаты электроэнергии для общезаводского потребления и крупных нагрузок.
3. Создать условия и все необходимые средства для внедрения системы автоматизированного управления комбинатом, позволяющей управлять включением-отключением различных нагрузок.

В результате внедрения АСКУЭ достигается экономия затрат на потребляемую электроэнергию металлургического комбината за счет указанных факторов, а именно, более точного измерения фактических расходов электроэнергии, использования дешевых тарифов ночных часов и уменьшения потребления в часы периодов пиковой нагрузки.

Промышленная эксплуатация АСКУЭ показала, что внедрение программно-аппаратного комплекса позволило уменьшить затраты комбинатов на электроэнергию более чем на 6 %.

#### ***Железные дороги:***

Внедрение системы управления конденсаторными батареями по низкому напряжению в зависимости от изменения  $\cos \phi$ , измеряемого на высокой стороне, позволяет осуществлять мониторинг и анализ качества энергосистемы железной дороги и управление энергоресурсами, коррекцию коэффициента мощности, а также достичь экономии потребляемой электрической энергии за счет оптимизации структуры сети путем оперативного отключения ненагруженных подстанций.

Система позволяет прогнозировать аварийные ситуации, связанные с недопустимыми величинами помех, всплесков и провалов напряжения и гармонических составляющих, а также своевременно предотвращать повреждения дорогостоящего технологического оборудования.

Экономический эффект, обеспечиваемый данной системой, работающей в режиме реального времени, складывается из экономии ресурсов на приобретение электроэнергии и сни-

жения расходов на ремонт дорогостоящего оборудования за счет увеличения срока его безотказной работы. Оперативный анализ результатов мониторинга позволяет заблаговременно планировать и своевременно обновлять оборудование и реконструировать производство.

Как показывает опыт проектирования и внедрения подобных систем, эти системы дают не менее 12...15 % экономии средств, затрачиваемых на оплату электроэнергии, и окупаются в течение года эксплуатации.

#### ***Предприятия легкой промышленности, судостроительные заводы и другие предприятия машиностроительной промышленности:***

Внедрение систем мониторинга электроэнергии позволит обеспечить:

- централизованный контроль в реальном масштабе времени оперативных параметров распределительной электрической сети, измеряемых в различных стратегически важных точках производства;
- контроль качества электрической энергии, поставляемой потребителям, и ее учет;
- управление энергоресурсами потребителя;
- коррекцию коэффициента мощности и оптимизацию структуры сети путем оперативного отключения ненагруженных подстанций;
- прогнозирование аварийных ситуаций, связанных с недопустимыми величинами помех, всплесков и провалов напряжения и гармонических составляющих;
- оперативное отключение дорогостоящего технологического оборудования при опасности возникновения аварийных ситуаций;
- выделение участков энергосистемы и единиц оборудования, страдающих от чрезмерных потерь;
- своевременное оповещение об авариях в распределительной электрической сети и выходе из строя единиц оборудования;
- анализ динамики потребления каждой отдельной единицей оборудования;
- баланс обмена электрической энергией с другими энергосистемами в реальном масштабе времени.

Возможно также существенное снижение расходов на приобретаемую электроэнергию при сохранении потребляемой полезной мощности.

Необходимо также отметить специфическую область применения систем мониторинга электроэнергии, а именно – предотвращение пожаров.

Большинство пожаров в зданиях различного назначения начинается с возгораний в электро-системах этих зданий: электрошитах, электро-проводке и в установках флюоресцентного ос-вещения. В связи с возрастанием в последние годы энергопотребления для промышленных и бытовых целей наблюдается существенное уве-личение количества таких пожаров во всем мире.

Исследования, проведенные международной организацией инженеров-электриков IEEE, по-зволили установить следующие основные при-чины таких возгораний:

- избыточный ток в нулевом проводе (пе-регрузка нейтрали);
- стгорание конденсаторов во флюорес-центных лампах и в установках для по-вышения коэффициента мощности;
- перегрев питающих проводов;
- перегрев силовых трансформаторов.

Перечисленные события, являющиеся при-чинами пожаров, происходят из-за перегрузки компонентов электрооборудования токами и напряжениями основной и высших гармоник, на которые эти компоненты (кабели, конденса-торы) не рассчитаны.

Микропроцессорные приборы мониторинга качества электроэнергии позволяют прогнози-ровать аварийные ситуации, связанные с ука-занным влиянием высших гармоник и других факторов в электрических сетях, сигнализиро-вать и отключать дорогостоящее технологиче-ское оборудование при опасности аварийной ситуации.

Такие приборы и системы на их основе мо-гут быть использованы для предотвращения большинства случаев возгораний и пожаров,

связанных с высшими гармониками в электросети и в электрооборудовании.

### **Выводы**

В настоящее время уровень технических и программных средств в электроэнергетике Ук-раины не позволяет организовать эффективную эксплуатацию существующих мощностей, ак-туальной является задача разработки и внедре-ния современных средств управления отраслью с использованием подсистем автоматического управления и систем автоматизированного биллинга.

Как одно из звеньев комплексной системы управления отраслью, системы мониторинга электроэнергии, работая в режиме реального времени, дают экономический эффект, который складывается из сокращения расходов на при-обретение электроэнергии и расходов на ре-монт дорогостоящего оборудования за счет увеличения срока его безотказной работы. Ана-лиз результатов работы системы позволяет за-благовременно спланировать и своевременно обновить оборудование, а также реконструиро-вать производство для обеспечения энергоэко-номической эффективности и соблюдения нор-мированных уровней качества электрической энергии.

Внедрение компьютеризированной автома-тической системы управления электросетями позволяет избежать аварийных ситуаций, вы-званных неправильными действиями обслужи-вающего персонала, и резко сократить время ликвидации аварий и восстановления нормаль-ного послеаварийного режима.

Поступила в редколлегию 04.03.2008.