

УДК 621.316.925

**ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ОЦЕНКОЙ КАЧЕСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЕЕ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ****А. В. Никитина**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: nikaalyonka@gmail.com

Рассматривается вопрос учета энергетических ресурсов на уровне предприятия. Дана характеристика современных автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии. При их использовании вопрос экономии затрат на электроэнергию обычно реализуется посредством договорной тарифной политики в целом для предприятия. Проведен анализ существующих принципов построения автоматизированных систем технического учета электроэнергии, обоснована возможность их создания на основе уже имеющегося оборудования и инфраструктуры. Показана целесообразность их применения для промышленных и коммунальных сетей электроснабжения с целью дифференциации и сокращения затрат на электроэнергию. Продемонстрирована возможность выявления с помощью автоматизированных систем технического учета электроэнергии потребителей с неэффективными энергетическими характеристиками. В результате предложены критерии и обоснована необходимость введения дифференцированной оплаты в зависимости от показателей качества преобразования энергии. Их использование обеспечивает установление причинно-следственной связи между качеством потребления энергии и сбоями в работе электрооборудования.

**Ключевые слова:** автоматизированная система технического учета электроэнергии, качество электроэнергии, качество преобразования, дифференцирование тарифов.

**ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ОЦІНКОЮ ЯКОСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЇЇ СПОЖИВАЧАМИ****А. В. Нікітіна**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: nikaalyonka@gmail.com

Розглядається питання обліку енергетичних ресурсів на рівні підприємства. Надано характеристику сучасних автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії. При їх використанні питання економії витрат на електроенергію зазвичай реалізується за допомогою договірної тарифної політики в цілому для підприємства. Проведено аналіз існуючих принципів побудови автоматизованих систем технічного обліку електроенергії, обґрунтовано можливість їх створення на основі вже наявного обладнання та інфраструктури. Показано доцільність їх застосування для промислових і комунальних мереж електропостачання з метою диференціації та скорочення витрат на електроенергію. Продемонстровано можливість виявлення за допомогою автоматизованих систем технічного обліку електроенергії споживачів з неефективними енергетичними характеристиками. У результаті запропоновано критерії та обґрунтовано необхідність введення диференційованої оплати залежно від показників якості перетворення енергії. Їх використання забезпечує встановлення причинно-наслідкового зв'язку між якістю споживання енергії та збоями в роботі електрообладнання.

**Ключові слова:** автоматизована система технічного обліку електроенергії, якість електроенергії, якість перетворення, диференціювання тарифів.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Увеличение стоимости топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в Украине до уровня мировых цен – ключевая тенденция рынка в настоящее время, поэтому вопрос организации учета ТЭР является актуальным.

Правильный и точный учет потребления ТЭР (электроэнергии, газа, тепла, воды и т.д.) позволит снизить затраты на энергоресурсы и принесет значительный экономический эффект не только отдельным потребителям, но и предприятию в целом.

Среди всего разнообразия энергоносителей значительное место занимает электрическая энергия, доля которой в себестоимости продукции для машиностроительных и нефтеперерабатывающих предприятий доходит до 20 % [1], а для энергоемких (металлургических, химических и т.д.) – до 35 % [1–3].

В настоящее время рынок учета электроэнергии основан на использовании автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ). Их внедрением, в первую очередь, пре-

следуется цель коммерческого учета, контроля и оплаты между участниками оптового рынка энергоресурсов (ОРЭ). АСКУЭ характеризуются регламентированной схемой энергоучета и представляют собой метрологически аттестуемую систему, изменение структуры которой практически невозможно без согласования с энергоснабжающей организацией. На уровне АСКУЭ не обеспечивается решение вопросов оптимизации и снижения энергопотребления в целом, поскольку этот вопрос находится в компетенции энергослужб предприятий, цехов, участков и т.п. и для его решения необходима оценка энергетического состояния внутренних сетей потребителя [1, 2].

Особенностью этой задачи является тот факт, что даже при условии обеспечения требуемых показателей качества электроэнергии на вводах потребителя внутренние сети, особенно низкого напряжения, подвержены влиянию несимметричной и нелинейной нагрузки [4–6].

Результаты анализа энергетических процессов в сетях переменного тока являются базой для хозяйственных механизмов между энергоснабжающей организацией и потребителем. Взаимодействие между субъектами хозяйственной деятельности кроме финансовой стороны (плата за использованную активную энергию) носит и технический характер, чаще всего выраженный в форме некачественных характеристик потребляемой и предоставляемой потребителю энергии. При этом субъекты хозяйственной деятельности взаимосвязаны. Снабжающая организация может быть поставщиком некачественной электроэнергии, что, безусловно, будет сказываться на потребителе. Однако даже при условии качественной электроэнергии на входе предприятия потребитель может искажать форму питающего напряжения, что, по существу, является следствием некачественности преобразования энергии [3].

Высокий уровень гармоник в сетях низкого напряжения промышленных предприятий наряду со значительной несимметрией напряжения оказывает существенное совместное влияние на режимы работы и электромагнитную совместимость подключенных к ним потребителей [4]. Причина этого кроется в том, что, как правило, практически все реальные достаточно мощные потребители электроэнергии работают в режимах пофазной асимметрии при значительных уровнях гармоник тока вследствие нелинейности их характеристик [5].

Аналогичное можно сказать и о неравномерной пофазной нагрузке и значительных уровнях гармоник бытовых коммунальных сетей, преимущественно по причине широкого применения импульсных источников питания компьютерных устройств, неравномерной пофазной нагрузке сетей и пр. Это приводит к росту потерь энергии в системе электропитания и появлению значительных искажений формы тока и напряжения, вследствие чего ухудшаются условия работы всех потребителей.

По существу указанные процессы являются следствием некачественности преобразования энергии. Единственной составляющей такой некачественности, за которую предусмотрена финансовая ответственность, на сегодня является реактивная мощность. Такая составляющая, как мощность искажения, определяемая по результатам оценки активной и реактивной составляющих мощности и результирующей полной мощности

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2},$$

как правило, не учитывается [6]. Здесь  $S$ ,  $P$ ,  $Q$  – полная, активная и реактивная мощности.

Отсутствие расчетных механизмов, учитывающих мощность искажения, объясняется тем, что при интегральном ее представлении нельзя в полной мере учесть причинно-следственные связи, описывающие влияние энергетических составляющих на конкретные элементы энергетического и электротехнического оборудования [7, 8]. При этом даже техническое решение такой проблемы предусматривает ограничения уровня нелинейных искажений тока, а не мощности.

В то же время, судя по значительному количеству публикаций, связанных с этим вопросом, становится очевидным интерес к процессам энергопреобразования. Вместе с тем, как показывает анализ, отдельно рассматриваются как реактивная мощность, так и составляющие, образованные произведениями разностотных компонент тока и напряжения, формирующих мощность искажения [9, 10].

Для решения задачи комплексной оценки энергетического состояния потребителя необходимо на основе достоверной и оперативно получаемой информации проанализировать конкретные условия электропитания, энергопотребления, а также преобразования электроэнергии с учетом оценки ее качества.

Для этой цели в настоящее время, наряду с АСКУЭ, на различных объектах начинают внедряться автоматизированные системы технического учета электроэнергии (АСТУЭ), обобщенная схема применения которых отражена на рис. 1.

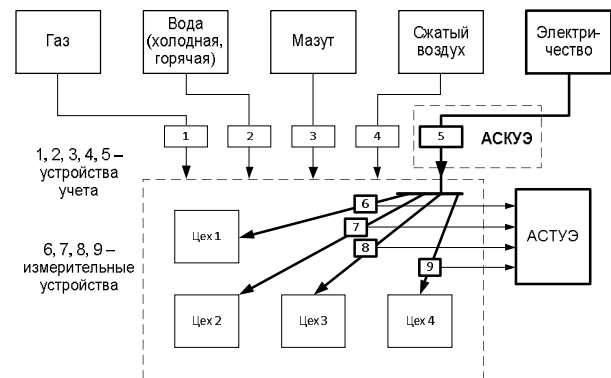


Рисунок 1 – Обобщенная схема учета топливно-энергетических ресурсов с применением АСТУЭ отдельных потребителей

АСТУЭ используются для эффективного контроля электроэнергии, которая поступает от внешних источников, вырабатывается самим потребителем, а также распределяется и потребляется. Полученная в результате информация предназначена исключительно для внутреннего использования [11, 18, 17].

В результате анализа существующих структур АСТУЭ можно сформулировать следующие основные цели их внедрения:

- получение достоверных оперативных данных о фактическом потреблении электроэнергии отдельными структурными подразделениями и энергоустановками предприятия;
- повышение эффективности функционирования электрооборудования, снижение аварийности, своевременное проведение профилактических работ и ремонта, выявление неэффективно работающего оборудования или режимов его работы;
- снижение затрат на оплату электроэнергии за счет мониторинга и управления электропотреблением, повышения точности и оперативности планирования электропотребления;
- выявление возможности ввода новых производственных мощностей в рамках имеющихся питающих центров.

С учетом перечисленных особенностей существующие АСТУЭ в целом являются аналогами АСКУЭ, характеризующимися менее жесткими требованиями к метрологическому обеспечению [11]:

- класс точности счетчиков электрической энергии может быть ниже, чем для систем коммерческого учета;
- не требуется сертификация системы;
- не нужна метрологическая экспертиза проектной документации.

Это значит, что в плане анализа энергетических объектов АСТУЭ сохраняет высокую информативность АСКУЭ, однако, вследствие использования упрощенных алгоритмов учета энергопотребления и оценки показателей качества электрической энергии, не позволяет учитывать существующие некачественности электроэнергии во внутренних сетях типовых потребителей.

Целью работы является обоснование разработки АСТУЭ, учитывающих основные показатели качества потребляемой электроэнергии и ее преобразования во внутренних сетях потребителей, целесообразность их применения в промышленных и коммунальных сетях электроснабжения.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** К дополнительным функциям АСТУЭ, которые должны обеспечиваться при решении поставленной задачи, следует отнести:

- возможность объективно осуществлять контроль над выполнением программ по энергосбережению, что позволяет в любой момент времени и за любой период получать отчеты и статистику в удобной форме [12–16];
- обоснование путей снижения затрат на оплату электроэнергии за счет почасового учета потребляемой электроэнергии и возможности планирования и прогнозирования потребления энергоресурсов [12, 13];
- обеспечение снижения аварийности на объекте за счет мониторинга состояния электрооборудования и возможности оперативно выявлять производственные потери [13, 14];
- обоснование проведения технических ремонтов и текущего обслуживания электрооборудования по его фактическому состоянию [15];
- повышение эффективности функционирования объекта [16];
- реализация возможности информационной поддержки осуществления принятия решений по управлению надежностью работы электрооборудования [17].

При этом возможно полное сохранение типовой структуры АСТУЭ, представляющей собой иерархическую автоматизированную систему, которая состоит из нескольких уровней сбора и обработки полученной информации с возможностью информационного обмена и взаимодействия между ними.

Для наиболее качественного решения поставленных задач целесообразно использовать трехуровневую структуру АСТУЭ, которая представлена на рис. 2, со следующей их разбивкой по уровням:

- *подсистемы нижнего уровня:*
  - получение информации с установленных на объекте измерительных устройств и датчиков;
  - осуществление местного контроля и оперативного управления технологическими параметрами;
  - обеспечение частичной или полной компенсации основных видов некачественности электроэнергии в сети электропитания;
- *подсистемы среднего уровня:*
  - прием и обработка информации, полученной от подсистемы нижнего уровня;
  - технический учет электроэнергии (активной, реактивной и искажения);
  - контроль качества электроэнергии на входе отдельных объектов, оценка качества преобразования потребляемой энергии;
  - контроль состояния электрооборудования (мониторинг и диагностика реального состояния оборудования);
- *подсистемы верхнего уровня:*
  - документооборот (архивация событий изменения параметров оборудования нижнего уровня, регистрация и хранение данных по действиям операторов и команд диспетчерского пункта, а также формирование базы данных и при необходимости создание отчетов за указанный период);
  - оценка эффективности использования электроэнергии (полный контроль и анализ затрат на электроэнергию);
  - прием информации о состоянии технологических объектов (мониторинг технологических процессов и формирование графиков изменений технологических параметров, оперативное управление технологическими процессами).

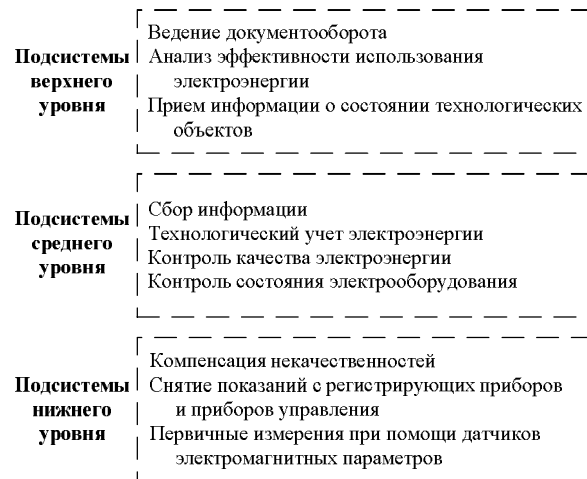


Рисунок 2 – Структура трехуровневой АСТУЭ

Техническая реализация АСТУЭ в данном случае характеризуется большим количеством точек учета. Необходимая детализация энергопотребления достигается только при условии установки измерительных устройств непосредственно на потребителях (станки, печи, отдельные мощные электрические машины, частотные регулируемые электроприводы и т.д.).

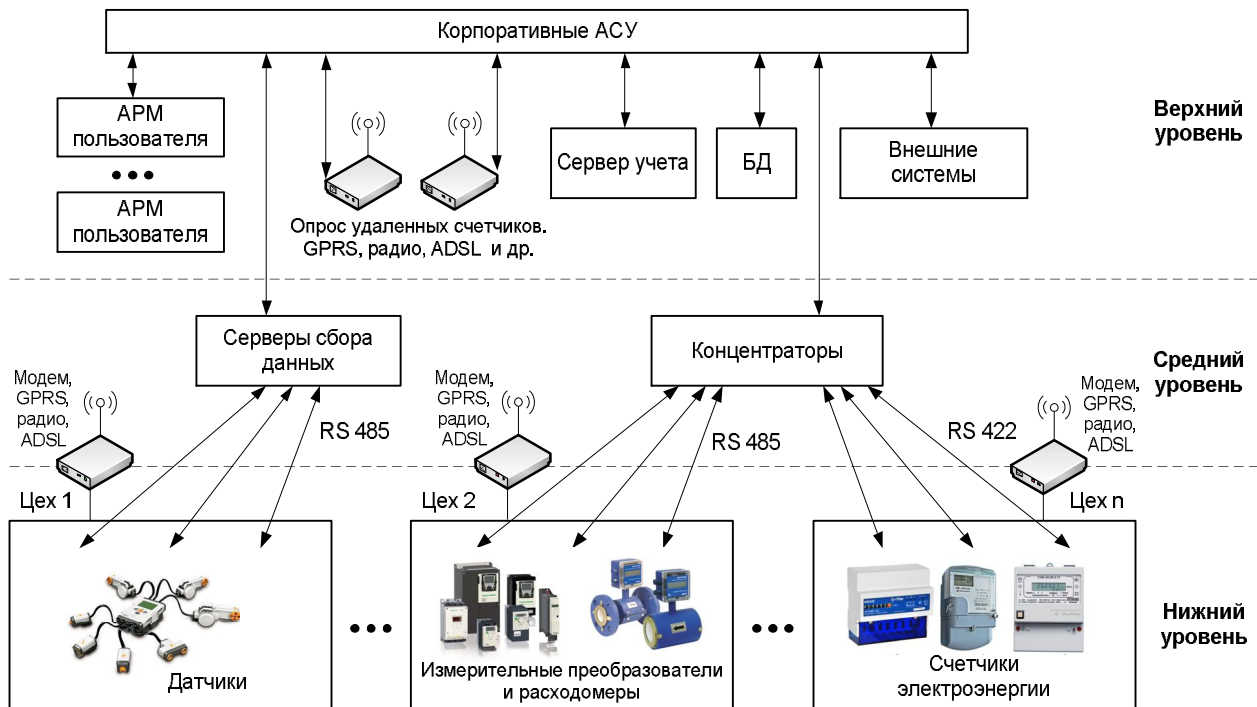


Рисунок 3 – Структурная схема технической реализации аппаратных средств АСТУЭ

Для обеспечения технического решения задачи можно использовать низкостоимостные аналоги готовых схемных решений, применяемых в АСКУЭ [17], соединенные в информационную сеть, как это показано на рис. 3.

В зависимости от финансовых возможностей предприятия это могут быть как проводные (Ethernet, телефонная сеть, силовая сеть, SCADA с интерфейсами RS485/RS422/CAN и т.д.), так и беспроводные (модем, GPRS, радиоканалы, ADSL и т.д.) сети.

При этом сервер системы содержит базу данных (БД) реального времени и прикладные программы, использующие объединенные данные различных средств системы в единой БД, что позволяет реализовать однократный ввод информации из любого средства и многократное ее использование разными пользователями на различных уровнях управления. Широкая масштабируемость достигается использованием специальной архитектуры распределенной системы, при которой несколько отдельных систем работают как единый комплекс, обеспечивая прямой доступ от любой рабочей станции к любому контроллеру и к архивным данным любой системы.

Такая структура АСТУЭ является открытой и может свободно дополняться, отражая меняющиеся требования производства. При ее реализации возможно использование ряда функций базовой АСКУЭ, в частности, средства обработки информации, в алгоритмах которых реализована функция виртуальных счетчиков, а также отдельные узлы измерительных систем нижнего уровня, хранящие дополнительную измерительную информацию, не используемую в АСКУЭ и полезную при техническом учете. Таким образом, может быть достигнута

значительная экономия на техническом обслуживании системы.

Дополнительная экономия затрат на внедрение АСТУЭ может быть получена за счет следующих факторов [18]:

- вместо счетчиков электроэнергии используются датчики тока, устанавливаемые на каждом ответвлении сети, стоимость которых в 10–20 раз ниже;
- данные с датчиков в зависимости от схемы и удаленности нагрузок передаются на промежуточные концентраторы;
- данные по цифровому интерфейсу поступают в компьютер;
- для связи между цехами и удаленными объектами используются радиомодемы, что исключает необходимость совершения ежемесячных платежей при использовании каналов мобильной связи.

Основное отличие разрабатываемых АСТУЭ заключается в определении потребителей с низким качеством потребления энергии. Для этого дополнительно используются следующие показатели [7, 9, 10]:

- мгновенная мощность на шинах потребителя

$$P_n(t) = U_n(t) \sum_{i=1}^{\infty} I_{ni}(t),$$

где  $P_n(t)$  – мощность потребителя, оперативно обрабатываемая АСКУЭ в момент времени  $t$ ;  $U_n$  – напряжение потребителя (энергосистемы);  $I_{ni}$  – ток  $i$ -го потребителя. Суммирование токов потребителей осуществляется в связи с тем, что  $i$  потребителей питаются от энергосистемы по одному вводу, т.е.

$$\sum_{i=1}^{\infty} I_{ni}(t) = I_n(t);$$

– мощность  $j$ -го потребителя, получающего энергию по расчетным счетчикам АСКУЭ [14, 19, 20]

$$P_{nj}(t) = U_n(t)I_{ni}(t) = P_{0i} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kai} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kbi},$$

где  $P_{0i}$  – постоянная составляющая мощности (активная мощность);  $P_{kai}$  – косинусная составляющая мощности  $k$ -го порядка;  $P_{kbi}$  – синусная составляющая мгновенной мощности  $k$ -го порядка;  $k$  – номер гармоники мощности;

– эффективная мощность  $j$ -го потребителя [13]

$$P_{эj}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P_{ni}(t)^2 dt} = \sqrt{P_{0i}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kai}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kbi}^2};$$

– коэффициент качества преобразования мощности  $j$ -тым потребителем

$$K_{\Pi} = \frac{P_0}{\sqrt{P_{0i}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kai}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kbi}^2}};$$

– коэффициент негативного влияния  $j$ -го потребителя (включая влияние реактивной мощности и высокочастотных компонент мгновенной мощности) [8, 13]:

$$K_{\text{Н}} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kai}^2 + \sum_{i=1}^k P_{kbi}^2}}{\sqrt{P_{0i}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kai}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k P_{kbi}^2}}.$$

Пользуясь положениями теории мгновенной мощности, можно определить отдельно составляющие некачественного преобразования мощности по реактивной компоненте, а также по высокочастотной.

Дифференцированная плата за пользование электроэнергией должна осуществляться с учетом трех указанных выше компонент мгновенной мощности: активной, реактивной, высокочастотной.

Модификации АСТУЭ зависят от задач, которые необходимо решать на объекте. Они могут быть не только стационарными с непрерывной работой, но также и мобильными с возможностью мониторинга энергосети на отдельных конкретных участках, объектах и выборочно в необходимые промежутки времени.

Разрабатываемые АСТУЭ позволяют спрогнозировать и рассчитать затраты за любой период по отдельным группам потребителей. В них присутствуют удобные инструменты для автоматизированного анализа и сравнения. Кроме этого, формируя

типовой профиль потребителя (цеха, здания, этажей, производственной линии, энергоемкого оборудования) можно проанализировать особенности работы конкретного потребителя в режиме реального времени и принимать обоснованные решения по возможным способам повышения его энергоэффективности. Оценив детальный расход по типовым группам потребления, можно, например, отключать оборудование, не требующее непрерывного цикла работ в моменты перерывов или отключения освещения на ночь. Как показывает практика, на промышленных и коммунальных объектах только на своевременном отключении электроосвещения можно сэкономить до 3–5 % электроэнергии. С помощью АСТУЭ также легко отслеживать нарушителей потребления электроэнергии [16, 19, 20].

АСТУЭ незаменимы при создании эффективного зонного контроля за потреблением энергоресурсов в разрезе объектов (цехов, участков, базовых станций) в режиме реального времени, что позволит оптимизировать, реструктуризировать, распределять энергоресурсы. Это, в свою очередь, дает возможность нормализовать работу предприятия без привлечения внешних ресурсов (в том числе для проведения ремонтов), а также снизить энергетическую составляющую себестоимости единицы продукции. В перспективе это позволяет каждому предприятию и организации разработать свое единое информационное пространство для контроля в режиме онлайн за производственными процессами и процессами управления [11].

**ВЫВОДЫ.** 1. Обоснована целесообразность использования АСТУЭ, как достаточно простых, эффективных и экономичных систем, к которым не предъявляются жесткие требования по архитектуре, выбору оборудования и точности измерений. Показана возможность их создания и внедрения с использованием уже имеющегося оборудования и программного обеспечения АСКУЭ. Это позволит сократить расходы на потребление электроэнергии на 5–20 %.

2. Обоснованная структура АСТУЭ позволяет учесть значимость каждого потребителя в общем энергопотреблении, показать реальную картину его энергопреобразования и получить экономический эффект на всем объекте за счет оптимизации распределения энергоресурсов. При использовании таких систем возможна реализация онлайн-мониторинга состояния оборудования в процессе его эксплуатации.

3. Обоснована возможность связать эксплуатационные характеристики оборудования с его работоспособностью, что позволяет выявить неэффективных потребителей, степень износа оборудования, работающего с нарушением правил эксплуатации. При дополнительном анализе это даст возможность установить причинно-следственную связь между потреблением энергии и сбоями в работе оборудования, что позволит избежать крупных аварий с выходом из строя оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Точилин В., Загорская Т., Подолец Р. Энергетический толчок к модернизации металлургии // Зеркало недели. Украина. – 2006. – Вып. 3. – Режим доступа: [http://gazeta.zn.ua/ECONOMICS/energeticheskij\\_tolchok\\_k\\_modernizatsii\\_metallurgii.html](http://gazeta.zn.ua/ECONOMICS/energeticheskij_tolchok_k_modernizatsii_metallurgii.html)
2. Себестоимость производства. – Режим доступа: <http://www.rusal.ru/aluminium/energetics.aspx>
3. Родькин Д.И. Составляющие мгновенной мощности при полигармонических напряжении и токе // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2003. – Вып. 2/2003 (19). – С. 111–115.
4. Шидловский А.К., Жаркин А.Ф. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях. – Киев: Наукова думка, 2005. – 210 с.
5. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества энергии в электрических сетях. – Киев: Наукова думка, 1985. – 268 с.
6. Супрунович Г. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных установок / Под ред. В.А. Лабунцова. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136 с.
7. Родькин Д.И. Комментарий к теории энергопроцессов с полигармоническими сигналами // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету, 2004. – Вып. 15. – С. 10–18.
8. Ломонос А.И., Родькин Д.И., Мосюндз Д.А. Электротехнические комплексы с накопителями энергии для исследования электрических машин // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Вып. 4/2012 (20). – С. 36–42.
9. Сидоренко В.М., Мамчур Д.Г., Родькин Д.И., Чорний О.П. Визначення складових миттєвої потужності електричних сигналів // Електроінформ. – Львів, 2005. – Вып. 1. – С. 12–14.
10. Загирняк М.В., Прус В.В., Никитина А.В. Обоснование перспективных способов определения и представления составляющих мгновенной мощности // Известия вузов. Электромеханика. – 2009. – Вып. 3. – С. 3–7.
11. Особенности создания АСТУЭ. – Режим доступа: <http://energointel.com.ua/avtomatizirovanniesistemi-technicheskogo-ucheta-elektroenergii-astue>
12. Прус В.В., Никитина А.В. Учет энергопотребления и оценка качества электрической энергии в промышленных сетях низкого напряжения // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки»: – 2010. – Част. 2. – С. 61–66.
13. Родькин Д.И. Новая система показателей качества использования электрической энергии // Науковий вісник НГУ. – 2004. – Вып. 3. – С. 20–26.
14. Калинов А.П., Лейко В.В., Родькин Д.И. Спектральный анализ мгновенной мощности в сети с полигармоническими напряжением и током // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Вып. 3/2006 (38), част. 2. – С. 59–64.
15. Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И., Калинов А.П. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вып. 3/2007 (44), част. 2. – С. 130–136.
16. Zagirnyak M., Prus V., Nikitina A. Method of low-voltage electric network power processes control and their quality assurance on the basis of  $p-q-r$  theory // Acta Technica. – 2013. – Iss. 58 (4). – PP. 367–380
17. Супрун О.А. Автоматизированная система технического учета электроэнергии как комплекс мероприятий по оптимизации затрат электроэнергии при транспортировке нефти // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2008. – Вып. 4. – С. 79–81.
18. Виды АСКУЭ (АСТУЭ). – Режим доступа: <http://www.est.by/materials/astue>
19. Прус В.В., Никитина А.В., Буйвол А.А. Разработка устройств контроля мощности и показателей качества электроэнергии в лабораторных и промышленных условиях // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вып. 2/2005 (31). – С. 19–22.
20. Родькин Д.И. Актуальные вопросы оценки энергопроцессов в электромеханических системах // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Вып. 4/2012 (20). – С. 77–82.

**SUBSTANTIATION OF EXPEDIENCY OF APPLYING THE SYSTEMS OF ELECTRIC POWER TECHNICAL RECORD WITH ASSESSMENT OF THE QUALITY OF ITS CONVERSION BY CONSUMERS**

**A. Nikitina**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: nikaalyonka@gmail.com

The problem of power resources record at enterprises level is considered. A characteristic of up-to-date automated systems of electric power commercial record is given. When they are used, the problem of economy of electric power expenditure is usually realized by negotiated tariff policy for the enterprise on the whole. An analysis of the existing principles of creation of automated systems of electric power technical record is performed; a possibility for their creation on the basis of existing equipment and infrastructure is substantiated. The expediency of their application for industrial and public power systems with the aim of differentiation and reduction of expenditure for electric power is demonstrated. The possibility of revealing consumers with inefficient power characteristics by means of automated systems of

electric power technical record is shown. As a result, the criteria are proposed and the necessity for introduction of differentiated payment depending on the indices of the quality of energy conversion is substantiated. Their use provides determination of cause-and-effect relation between the quality of energy consumption and failures in electric equipment operation.

**Key words:** automated system of electric power technical record, power quality, conversion quality, differentiation of tariffs.

## REFERENCES

1. Tochilin, V., Zagorskaya, T. and Podolets, R. (2006), "Power boost to the modernization of industry", *Zerkalo nedeli. Ukraina*, Vol. 3, available at: [http://gazeta.zn.ua/ECONOMICS/energeticheskiy\\_tolchok\\_k\\_modernizatsii\\_metallurgii.html](http://gazeta.zn.ua/ECONOMICS/energeticheskiy_tolchok_k_modernizatsii_metallurgii.html) (in Russian)
2. *Sebestoimost proizvodstva* [Cost of production], available at: <http://www.rusal.ru/aluminium/energetics.aspx> (in Russian)
3. Rodkin, D.I. (2003), "The components of the instantaneous power at the voltage and current polyharmonic", *Visnik Kremenchutskogo derzhavnogo politekhnichnogo universitetu: naukovyi pratsi KDPU*, Vol. 2, no. 19, pp 111–115. (in Russian)
4. Shidlovskiy, A.K. and Zharkin, A.F. (2005), *Vysshie garmoniki v nizkovoltnykh elektricheskikh setyakh* [The higher harmonics in low voltage electric networks], Naukova dumka, Kiev. (in Russian)
5. Shidlovskiy, A.K. and Kuznetsov, V.G. (1985), *Povyshenie kachestva energii v elektricheskikh setyakh* [Improving the quality of energy in electric networks], Naukova dumka, Kiev. (in Russian)
6. Suprunovich, G. (1985), *Uluchshenie koeffitsienta moshchnosti preobrazovatel'nykh ustanovok* [Improved power factor converting installations], Pod red. V.A. Labuntsova, Energoatomizdat, Moscow. (in Russian)
7. Rodkin, D.I. (2004), "Commentary on the theory energoprotsesov floor with harmonic signals", *Zbirnik naukovikh prats Kirovogradskogo natsionalnogo tekhnichnogo universitetu*, Vol. 15, pp. 10–18. (in Russian)
8. Lomonos, A.I., Rodkin, D.I. and Mosyundz, D.A. (2012), "Electrical energy storage complexes for the study of electrical machines", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi sistemy*, Vol. 4, no. 20, pp. 36–42. (in Russian)
9. Sidorenko, V.M., Mamchur, D.G., Rodkin, D.Y. and Chorny, O.P. (2005), "Determination of instantaneous power components electrical signals", *Elektroinform. Lviv*, Vol. 1, pp. 12–14. (in Ukrainian)
10. Zagirnyak, M.V., Prus, V.V. and Nikitina, A.V. (2009), "Justification promising ways to define and constituents of the instantaneous power", *Izvestiya vuzov. Elektromekhanika*, Vol. 3, pp. 3–7. (in Russian)
11. *Osobennosti sozdaniya ASTUE* [Features of creation of ASTUE], available at: <http://energointel.com.ua/avtomatizirovannye-sistemy-technicheskogo-ucheta-elektroenergii-astue> (in Russian)
12. Prus, V.V. and Nikitina, A.V. (2010), "Accounting for energy consumption and the evaluation of the quality of electric power in industrial low voltage", *Tekhnichna elektrodinamika. Tematichniy vipusk "Problemy suchasnoy elektrotekhniki"*, Vol. 2, pp. 61–66. (in Russian)
13. Rodkin, D.I. (2004), "The new system of indicators of quality of electric energy use", *Naukoviy visnik NGU*, Vol. 3, pp. 20–26. (in Russian)
14. Kalinov, A.P., Leyko, V.V. and Rodkin, D.I. (2006), "Spectral analysis of the instantaneous power network with the voltage and current polyharmonic", *Visnik KDPU*, Vol. 3, no. 38, part 2, pp. 59–64. (in Russian)
15. Romashikhin, Yu.V., Rodkin, D.I. and Kalinov, A.P. (2007), "The energy method for the identification of parameters of asynchronous motors", *Visnik Kremenchutskogo derzhavnogo politekhnichnogo universitetu: naukovyi pratsi KDPU*, Vol. 3, no. 44, part 2, pp. 130–136. (in Russian)
16. Zagirnyak, M., Prus, V. and Nikitina, A. (2013), "Method of low-voltage electric network power processes control and their quality assurance on the basis of  $p-q-r$  theory", *Acta Technica*, Vol. 58, no. 4, pp. 367–380.
17. Suprun, O.A. (2008), "The automated system of technical registration of electricity as a set of measures to optimize the cost of electricity in the transportation of crude oil", *Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i syuz v neftyanoy promyshlennosti*, no. 4, pp. 79–81. (in Russian)
18. *Vidy ASKUE (ASTUE)*, [Types of ASKUE (ASTUE)], available at: <http://www.est.by/materials/astue>(in Russian)
19. Prus, V.V., Nikitina, A.V. and Buyvol, A.A. (2005), "Development of power control devices and display-teley power quality in the laboratory and industrial applications", *Visnik Kremenchutskogo derzhavnogo politekhnichnogo universitetu*, Vol. 2, no. 31, pp. 19–22. (in Russian)
20. Rodkin, D.I. (2012), "Topical issues of evaluation processes in electrical energy systems", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi sistemy*. Vol. 4, no. 20, pp. 77–82. (in Russian)

Стаття надійшла 28.11.2015.