

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СОВРЕМЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**А.В. БАЛАБАНОВ (НПФ “КРУГ”, г. Пенза),
 Л.В. ГУРЬЯНОВ (Пензенский Государственный Университет)**



В статье освещены проблемы обеспечения энергоэффективности на промышленном предприятии. Рассмотрено решение повышения энергоэффективности производства для крупного фанерно-мебельного комбината – введение системы автоматизированного тотального мониторинга потребления электроэнергии как компонента системы энергоменеджмента (энергоменеджмент в реальном времени).

Ключевые слова: энергоэффективность производства; энергоменеджмент; цифровизация; автоматизация; учет электроэнергии; система учета электроэнергии; АИИС ТУЭ; SCADA; промышленный контроллер; подстанция.

Обрабатывающая промышленность является крупнейшим конечным потребителем энергии в России, на ее долю приходится около 30 % всего конечного потребления энергии. Экономия всех видов энергии, ее эффективное использование, внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий становятся приоритетными направлениями хозяйственной деятельности. Это обусловлено тем, что энергосбережение как способ обеспечения растущей потребности в энергии и энергоносителях, по разным оценкам, в 2-5 раз выгоднее, чем строительство новых мощностей по производству тепловой и электрической энергии для тех же целей.

В соответствии с методикой определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах, высокие энергозатраты производства, увеличивающие энергоемкость продукции, возможны по следующим причинам:

- завышенная или заниженная загрузка основного технологического оборудования;
- нарушение технологических регламентов производства;
- несоответствие климатических условий внутри производственных помещений установленным технологическим требованиям функционирования оборудования;
- несоблюдение обязательных требований к режимам работы систем электроснабжения;
- недостаточный объем или низкая достоверность информации о работе энергетической инфраструктуры;

- методические погрешности в расчетах энергобалансов;
- несоблюдение требований к организации и порядку проведения работ по испытаниям;
- наличие ошибок в результатах оценки энергоемкости продукции;
- неиспользованный потенциал вторичных энергоресурсов.

Таким образом, перед каждым предприятием стоит необходимость поиска наиболее рациональных и экономически выгодных методов повышения энергоэффективности производства. Однако проблематика энергозатрат у каждого предприятия имеет свои особенности и может потребовать нестандартных подходов, учитывающих современные реалии развития энергопотребления.

В настоящей статье рассматривается создание компанией “КРУГ” автоматизированной системы энергоменеджмента (системы учета потребления электроэнергии) в рамках работ по цифровизации промышленного предприятия.

Все автоматизированные системы производства НПФ “КРУГ” в области энергосбережения и учета потребления электроэнергии выполняют следующие функции:

- периодический и (или) по запросу автоматический сбор привязанных к единому астрономическому времени измеренных данных о приращениях электроэнергии с заданной дискретностью учета;
- автоматический расчет с установленным интервалом усреднения выработанной электроэнергии по каждому присоедине-

нию (группе присоединений), а также отпущенной энергии в сети;

- автоматический расчет с установленным интервалом усреднения фактического и допустимого небаланса по станции (подстанции), небаланса по системам шин, а также потерь в трансформаторных подстанциях;
- автоматический расчет выработанной электроэнергии по каждому присоединению, группе присоединений, фактического и допустимого небаланса по станции (подстанции), небаланса по системам шин, потерь в трансформаторах, отпущенной электроэнергии в сети с установленным интервалом усреднения;
- автоматическое формирование ведомости суточного учета электроэнергии и акта баланса за месяц, квартал, год по станции в целом и по отдельным группам (присоединениям);
- автоматическая передача данных в смежные системы (ERP, MES и др.), например, для расчета технико-экономических показателей производства (удельных показателей расхода энергоносителей: на подразделение или цех, на единицу выпускаемой продукции и др.).

Отличительные особенности этих систем:

- **комплексность** — все уровни системы от узла учета до АРМ энергоучета объединены в единое информационное пространство, что обеспечивает как горизонтальную интеграцию между отдельными локальными подсистемами (интеграция подсистем учета теплоресурсов, газов, электроэнергии), так и вертикальную интеграцию с вышестоящими системами сбора и обработки информации, например, с ERP- и MES-системами предприятия;
- **модульность** — система строится в виде набора взаимосвязанных, но относительно независимых компонентов, устанавливаемых поэтапно. Проектирование осуществляется таким образом, чтобы внедрение системы позволяло реализовывать ее по частям (поэтапно) без остановки уже действующей части системы;
- **масштабируемость** (тиражируемость) — система предусматривает масштабирование (расширение) применительно к уже реализованной ее части и тиражирование отдельных ее сегментов (подсистем), что обуславливает возможность поэтапного

подключения к системе объектов 1-й, 2-й, 3-й и последующих очередей;

- **открытость** — использование открытых технологий обеспечивает возможность интеграции и управляемой согласованной работы в системе с широкой номенклатурой контрольно-измерительных приборов и приборов учета ведущих производителей.

Рассмотрим подробнее решение повышения энергоэффективности производства для фанерно-мебельного комбината, по объемам производства фанеры и древесно-стружечных плит входящего в пятерку крупнейших предприятий деревообрабатывающей отрасли России.

Деревопереработка — энергоемкая технология. Производство качественного пиломатериала требует глубокой переработки древесины и, что особенно важно, качественной сушки пиломатериалов. Затраты на энергоносители зависят от степени обработки. На тонну ДСП (с плотностью от 0,66 до 0,70 г/см³) уходит от 3 до 7 ГДж, при этом почти 60 % этой энергии тратится на сушку стружки, 20 % — на горячую прессовку. Затраты энергии на производство фанеры могут различаться в два раза (в зависимости от вида дерева и конкретного производственного процесса): от 7 до 15 ГДж/т, при этом, опять же, 60 % тратится на сушку, 10 % на прессовку. Все более популярная в коммерческом строительстве клееная древесина производится с расходом от 5 до 12 ГДж на тонну. Нормирование удельных расходов энергии на деревообрабатывающих предприятиях строится в соответствии с учетом, с одной стороны, отдельных операций и процессов по видам производимой продукции, с другой — отдельных участков производства (агрегаты, цехи, предприятие в целом).

ЦЕЛЬ И ОБЪЕКТЫ ПРОЕКТА

Основной целью проекта руководство комбината определило минимизацию удельных энергозатрат на производство единицы продукции. Для решения этой задачи необходимо было создать систему автоматизированного тотального мониторинга потребления электроэнергии как компонента системы энергоменеджмента (энергоменеджмент в реальном времени).

Объекты системы (крупные потребители): сушилки, сушильные барабаны, вентиляторы, дымососы, компрессоры, насосы, здания, сооружения и другие. На каждом из них установлены электросчетчики.

ТП-3 (Трансформатор №1)		ТП-3 (Трансформатор №2)		ТП-3 (Трансформатор №3)		ТП-3 (Трансформатор №4)	
Наименование канала	Активная мощность, кВт	Наименование канала	Активная мощность, кВт	Наименование канала	Активная мощность, кВт	Наименование канала	Активная мощность, кВт
Фидер №1 ПСХ. Автомат резерва РП-5,6,7	7344.60	Фидер №3 ДСП. резерв	0.60	Фидер №1 Старое ЦРП. Освещение	1.91	Фидер №1 ТП-2. РУ-0,4. Освещение	1.60
Фидер №2 ПСХ. Котельная №3	11794.67	Фидер №4 ДСП. резерв	0.60	Фидер №2 Резерв	0.60	Фидер №2 ОКС РП-1	104.69
Фидер №3 РП-6. Кран КК №2	310.20	Фидер №5 ЦКФ. резерв	17126.60	Фидер №3 Резерв	0.40	Фидер №3 Резерв	0.30
Фидер №4 Резерв	3621.10	Фидер №6 ЦКФ. резерв	4269.60	Фидер №4 ПСХ. Дымосос №4	500.43	Фидер №4 Резерв	0.20
Фидер №5 ЦЛШ. Газовая сушилка №4	8844.73	Фидер №7 ЦЛШ. резерв	10650.70	Фидер №5 Резерв	0.06	Фидер №5 ЦОС. шлакатник	667.33
Фидер №6 ДСП. Вентилятор топливозадачи	6106.59	Фидер №8 ЦЛШ. резерв	2123.00	Фидер №6 Резерв	0.20	Фидер №6 ПСХ. РП-10. топливозадача	166.69
Фидер №8 Резерв	3221.70	Фидер №9 ПСХ. резерв	27308.10	Фидер №7 Резерв	0.60	Фидер №8 ЦЛШ. Сушилка №3 Ввод №1	1998.90
Фидер №9 Новая ЦРП. лаборатория	176.52	Фидер №10 ПСХ. резерв	17.20	Фидер №8 ПСХ. РП-6	537.23	Фидер №9 ПСХ. ЦСУ Котельная №2. дежурка	3250.40
Фидер №10 Резерв	1390.10	Фидер №11 ЦЛШ. Бытовой корпус РП-9	7673.41	Фидер №9 Новая котельная	0.40	Фидер №10 ЦЛШ. Сушилка №3 Ввод №2	2815.90
Фидер №11 ПСХ. Освещение топливозадачи	3268.08	Фидер №12 Уличное освещение	5225.68	Фидер №11 ПСХ. РП-7	366.78	Фидер №11 Новая котельная	229.90
Фидер №12 Старое ЦРП. РП	529.90	Фидер №13 ОКС. освещение ЦО-3	3749.29	Фидер №12 Резерв	0.50	Фидер №12 ДСП 3 поток	5206.11
Фидер №13 Резерв	4722.90	Фидер №14 ЦРП КБУ-1	1992.66	Фидер №13 ДСП. Поток №3	0.30	Фидер №13 ПСХ. ЦСУ Котельная №3	408.30
Фидер №15 ЦКФ ВРУ. Ввод №1	8968.98	Фидер №16 ЦКФ. ВРУ-2. Ввод №2 (широкий)	1222.60	Фидер №14 Резерв	0.60	Фидер №14 ЦКФ. ВРУ Ввод №3	5343.15
Фидер №16 ЦКФ ВРУ-2. Ввод №1 (широкий)	3449.91	Фидер №17 ЦЛШ. РП-1G (ЦЛШ-ЦКФ)	485.05	Фидер №16 Насосная городской воды	147.57	Фидер №16 Резерв	0.50
Фидер №18 ЦОС. Кислородная линия	1580.23	Фидер №18 ЦЛШ. Сушилка №5. Ввод №3	1402.22	Фидер №17 Резерв	0.30		
Фидер №19 ЦЛШ. Сушилка №4 Ввод дымососов	15380.66	Фидер №19 ШС-1 Сушильный барабан №4	23399.98	Фидер №18 Резерв	0.40		
Фидер №20 ЦЛШ. Дробилка №1	4018.38	Фидер №20 ШС-2 Сушильный барабан №5	21808.90	Фидер №19 Резерв	0.20		
Фидер №21 ДСП. Вентилятор. Поток №1	6438.93			Фидер №20 ЦЛШ. РП-15. сушилка №5	233.48		
Фидер №22 ДСП. Вентилятор. Поток №2	4986.70			Фидер №21 ПСХ. РП-9. топливозадача	172.54		
				Фидер №22 ЦЛШ. РП-16. сушилка №5	313.00		

Рис. 1. Показания активной мощности по ТП-3 (трансформаторы №1-4)

ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

Что делает разработанная автоматизированная система для достижения поставленной цели:

- оперативно контролирует потребляемую мощность по каждой единице оборудования и другим электропотребителям (всего 156 единиц);
- осуществляет оперативный учет (суммирование) по группам Потребителей (по каждому цеху, производству, зданию и другим участкам);
- предоставляет информацию, необходимую для контроля соблюдения установленных лимитов (часовых, суточных, месячных) электропотребления для подразделений и цехов;
- выдает оперативную и достоверную информацию, необходимую для контроля отклонений фактического удельного потребления на единицу продукции от нормативного (план-факт);
- ведет данные, необходимые для расчета небаланса электропотребления по каждой подстанции и предприятию в целом;
- оперативно контролирует реактивные мощности;
- обеспечивает информацией, необходимой для выбора и изменения схемы электро-

снабжения предприятия для минимизации потерь электроэнергии.

К сервисным функциям системы можно отнести:

- отображение на мониторах АРМ диспетчера (резервируемых) всех параметров учета электроэнергии;
- отображение диагностической информации о наличии связи с приборами учета;
- протоколирование всех событий системы;
- формирование и печать отчетных документов – ведомостей учета (в том числе в автоматическом режиме);
- синхронизация времени абонентов системы и другие.

Примеры отображения информации об энергопотреблении приведены на рис. 1 и рис. 2.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

Автоматизированная информационно-измерительная система технического учета электроэнергии фанерно-мебельного комбината функционирует на базе программно-технического комплекса КРУГ-2000 (ПТК КРУГ-2000®) и представляет собой трехуровневую архитектуру (рис. 3).

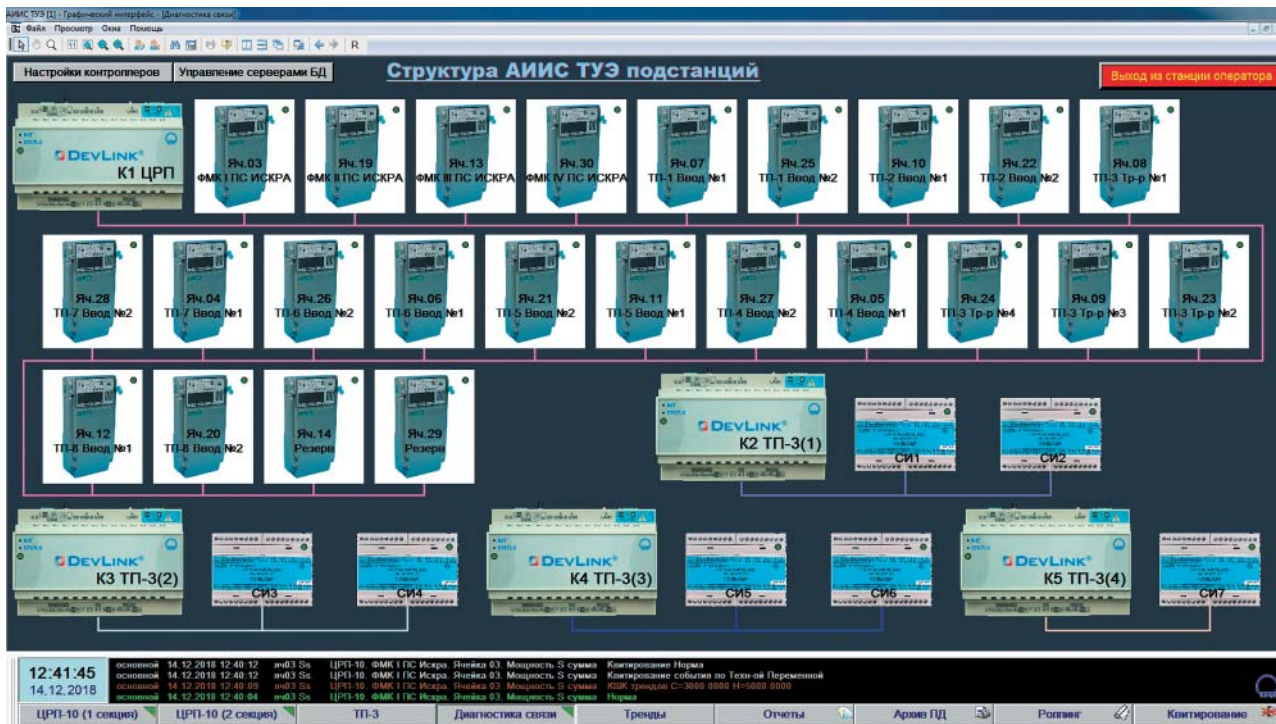
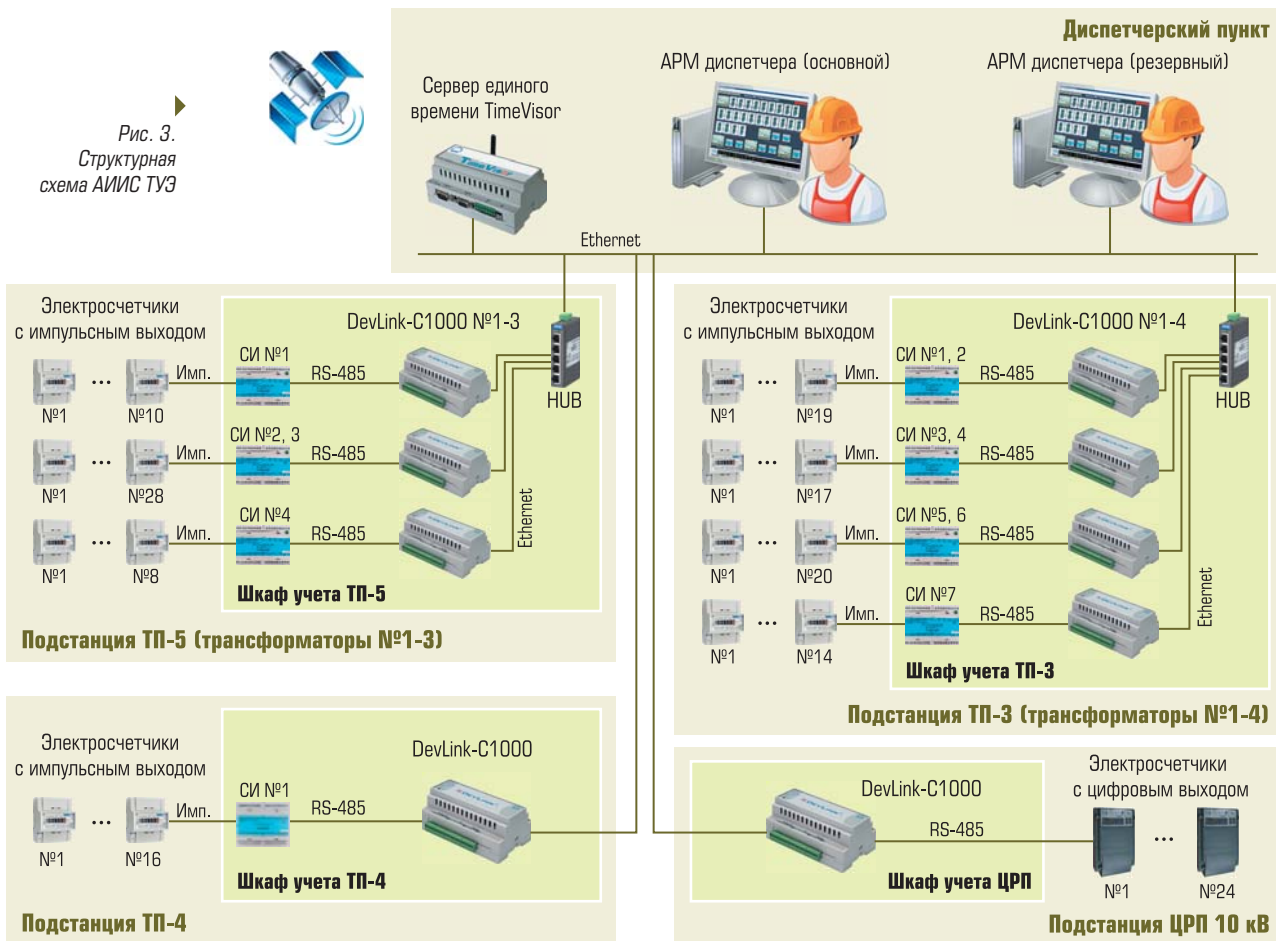


Рис. 2. Диагностика приборов учета на ТП-3, ЦРП

Рис. 3. Структурная схема АИИС ТУЭ



Первый (нижний) уровень системы включает в себя существующие приборы учета электрической энергии:

- электросчетчики с цифровым выходом (24 шт.);
- электросчетчики с импульсным выходом (132 шт.) и счетчики импульсов с цифровым выходом (12 шт.).

Второй (средний) уровень системы представлен шкафом учета с контроллером DevLink-S1000 (4 шт.) для сбора данных с электросчетчиков.

Третий (верхний) уровень содержит:

- резервируемые АРМ диспетчера под управлением SCADA КРУГ-2000, осуществляющие сбор, обработку, хранение и визуализацию данных с контроллеров DevLink-S1000;
- сервер единого времени TimeVisor, осуществляющий синхронизацию времени всех абонентов системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Внедрение АИИС ТУЭ подстанций предприятия обеспечило:

- Оптимизацию ряда технологических процессов и ликвидацию необоснованных потерь электроэнергии на фанерно-мебельном производстве.
- Возможность проведения анализа потребления электроэнергии различными производственными участками на различных интервалах времени, необходимого для расчета фактического и допустимого небалансов электропотребления по цехам и предприятию в целом.
- Предоставление информации, необходимой для установления лимитов электропотребления по подразделениям и цехам предприятия, за счет автоматического ведения ведомостей учета электроэнергии.
- Существенное уменьшение затрат на ремонт и замену оборудования, благодаря оперативному мониторингу нагрузки и режимов потребления электроэнергии.

- Уменьшение затрат, связанных с процедурами съема показаний счетчиков (ручной сбор заменен на автоматический).

Компанией «КРУГ» выполнены работы по поставке шкафов учета с контроллерами, программного обеспечения, инжинирингу и пусконаладке системы. Монтажные работы были выполнены сотрудниками АО «ЧФМК», что уменьшило объем инвестиций.

На протяжении всего 2020 г. проходило постепенное расширение системы путем подключения оставшихся, неохваченных электропотребителей предприятия.

Используемые типовые решения НПФ «КРУГ» позволяют впоследствии масштабировать АИИС ТУЭ до полноценной **интегрированной автоматизированной системы комплексного учета энергоресурсов (ИАСКУЭ)** предприятия.

НПФ «КРУГ» является многопрофильной компанией, которая занимается разработкой, производством и внедрением автоматизированных систем управления технологическими процессами и учета энергопотребления (АСУ ТП, АИИС КУЭ, АИИС ТУЭ, АСТУЭ, АСКУЭ, АСДУ и других). С 1992 г. выполнено более 880 проектов автоматизации.

В области энергосбережения **НПФ «КРУГ»** имеет богатый опыт разработки и внедрения решений, обеспечивающих энергоэффективность производства. Примерами предприятий, где успешно применены эти решения, могут служить: завод «Трубодеталь» (г. Челябинск), «Машиностроительный завод» (г. Электросталь), «Балтика-Хабаровск» (филиал Пивоваренной компании «Балтика»), «НижнеСергинский метизно-металлургический завод» (Свердловская область), «Орскнефтеоргсинез», Лесоперерабатывающий комбинат «Аркаим» (Хабаровский край), «Уралхимпласт» (г. Нижний Тагил), «Кузбасская энергосетевая компания» (г. Кемерово), «Независимая электросетевая компания» (г. Саратов) и другие.

www.krug2000.ru

Балабанов Александр Вячеславович – ведущий специалист департамента АСУ ТП НПФ «КРУГ», г. Пенза,

Гурьянов Лев Вячеславович – канд. техн. наук., доцент кафедры МОиПЭВМ Пензенского Государственного Университета.