

# АС контроля и учета основных показателей режимов электропотребления промышленных предприятий

Геннадий Хронусов, Александр Кошта, Александр Распутин

Рассматриваются технические средства и программное обеспечение, предназначенные для контроля и учета основных режимных показателей комплексов потребителей-регуляторов мощности промышленных предприятий.

## Введение

Энергоемкие предприятия заинтересованы в формировании эффективных по затратам режимов электропотребления и повышении конкурентоспособности своей продукции.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что максимальный эффект по экономии энергозатрат достигается при использовании средств автоматизированного контроля и учета основных показателей режимов электропотребления (РЭП) в совокупности с телемеханизацией энергоемких потребителей и подстанций предприятия. При этом возможны различные подходы. Одним из наилучших, по нашему мнению, подходов является создание на промышленных предприятиях так называемых комплексов потребителей-регуляторов мощности (П-РМ), идеология, структура и программно-технические средства которых разработаны в Уральской горно-геологической академии [1].

Комплекс П-РМ создаёт базу для более широкой постановки задачи по регулированию РЭП предприятия. Появляется возможность обеспечивать заданные показатели РЭП не только в периоды прохождения максимума мощности в электроэнергосистеме, но и в другие

интервалы суток, то есть формировать позонно суточные графики нагрузки по активной и реактивной мощности предприятия в диалоговом режиме энергодиспетчера с ПЭВМ.

Первым и одним из основополагающих этапов функционирования комплекса П-РМ является автоматизированный контроль и учет основных показателей РЭП, на основе которого строятся базы данных для решения всей совокупности задач по планированию, формированию и оценке РЭП предприятия, его цехов и подразделений.

Локальные автоматизированные системы контроля и учета электропотребления (АСКУЭ) предприятий внедряются широко (КТС «Энергия», «ТОК», «Пчела» и т. п.). Но все эти системы созданы и используются только для решения задачи по учету электропотребления предприятий в рамках требований Правил пользования электрической энергией и других регламентирующих документов Госэнергонадзора Российской Федерации.

Госэнергонадзор представляет интересы производителя и поставщика электрической энергии, а следовательно, мало интересуется теми показателями РЭП, которые не включены в договоры на электроэнергию, хотя и являются по

своей физической сути важнейшими энергетическими характеристиками технологического процесса, технологической установки, цеха и предприятия в целом (например, регулировочные характеристики технологических установок, электрические нагрузки внешних зон суток и т. п.).

Создается весьма противоречивая ситуация: потребитель, внедряя АСКУЭ, как правило, получает значительный экономический эффект за счет уточнения показателей РЭП и снижения платы за электроэнергию, в то время как производитель электрической энергии терпит прямой ущерб по причине недобора денежных средств, вследствие чего могут проявиться такие негативные факторы, как ограничение финансирования ремонтов действующего энергооборудования, линий электропередачи, подстанций, капитального строительства объектов энергетики и т. п.

Представляется, что автоматизированные системы контроля и учета электропотребления только тогда целесообразно внедрять, когда они обеспечивают получение в реальном времени измерительной информации по всем показателям РЭП каждого цеха, подразделения и предприятия в целом, на основе которой можно повышать эф-

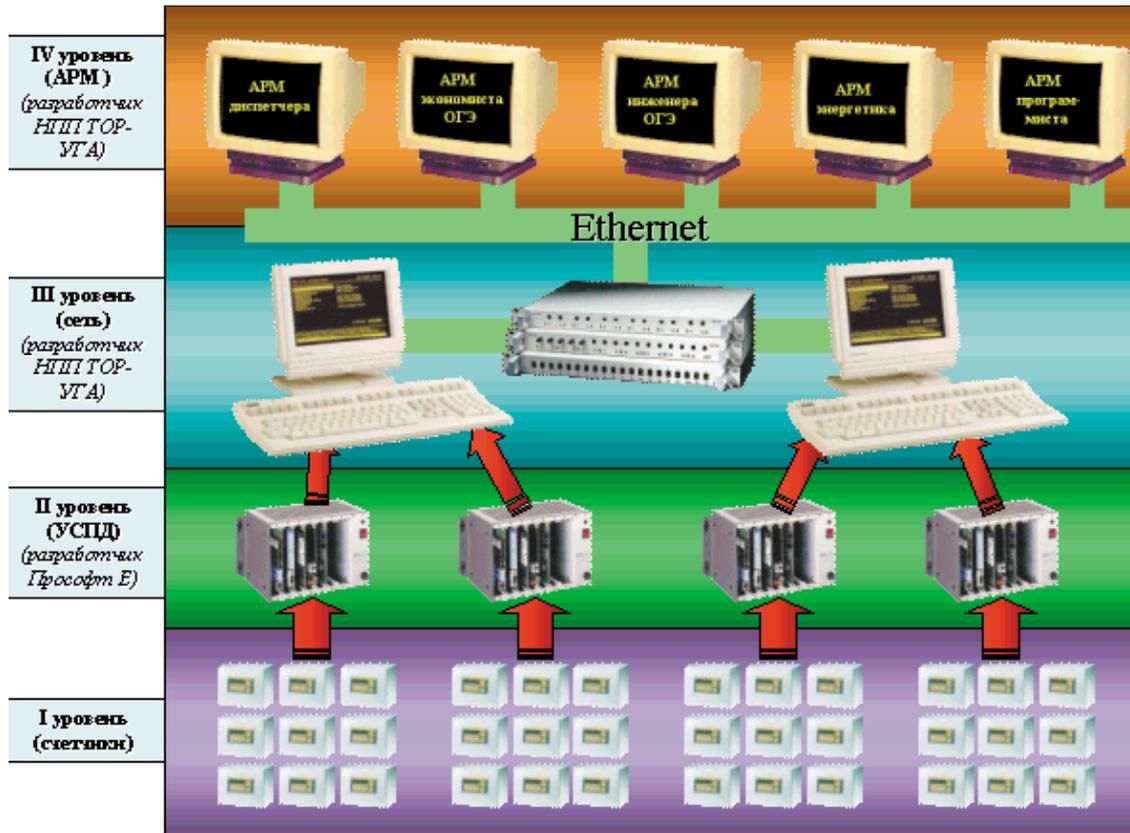


Рис. 1. Функциональная структура АСКУЭ ОАО «Уралэлектромедь»

фективность использования электроэнергии (снижать удельные затраты электроэнергии по энергоемким видам продукции, уменьшать действительные значения оплачиваемых активной и реактивной мощности предприятия и т. п.).

В статье описаны наши подходы к созданию АСКУЭ, удовлетворяющей по программно-техническому обеспечению изложенным требованиям.

Функциональная структура АСКУЭ может быть различной. Наиболее типичными, по нашему мнению, являются четырех- и трехуровневые структуры.

Проиллюстрируем это на двух примерах АСКУЭ, спроектированных и построенных НПП «ТОР-УГА» (Уральская горная академия) совместно с НПФ «Прософт-Е» и предприятиями-заказчиками.

#### Четырехуровневая структура АСКУЭ ОАО «Уралэлектромедь»

Структура системы показана на рис. 1.

Первый уровень АСКУЭ формируется счетчиками активной и реактивной энергии. Место установки счетчиков и их количество определяются задачей контроля и учета режимов электропотребления ОАО «Уралэлектромедь».

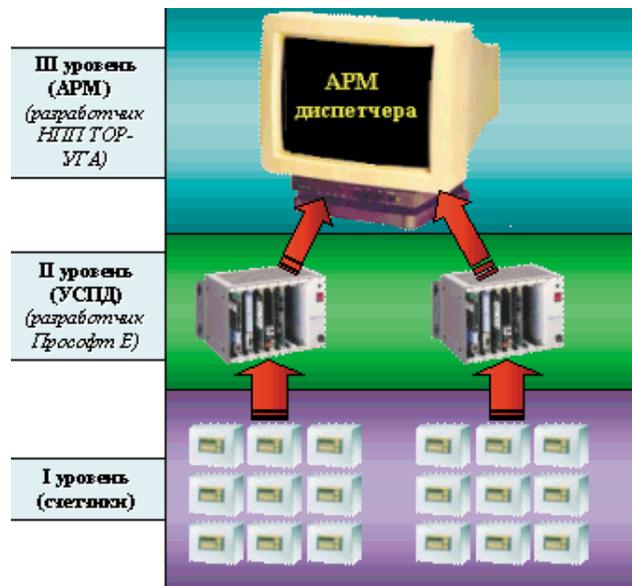


Рис. 2. Функциональная структура АСКУЭ ОАО «Артинский механический завод»

Второй уровень АСКУЭ формируется устройствами сбора и передачи данных (УСПД), обеспечивающими сбор первичной информации со счетчиков активной и реактивной энергии в режиме реального времени. На втором уровне осуществляется накопление импульсов в течение 3- и 30-минутных интервалов. Накопленные значения хранятся в соответствующих 3- и 30-минутных архивах УСПД, 3-минутные архивы обновля-

ются в начале каждого текущего периода. 30-минутные архивы обновляются циклически и обеспечивают энергонезависимое хранение информации за последние 48 суток.

Третий уровень АСКУЭ состоит из компьютеров, установленных на подстанциях «ЦРП» и «Электромедь» и подключенных к соответствующим УСПД по каналам RS-485 и телефонным каналам. Подстанционные компьютеры включены в компьютерную сеть ОАО «Уралэлектромедь» и имеют доступ к общему файл-серверу. На этом уровне осуществляется автоматический или ручной опрос УСПД и сбор данных о значениях расхода электроэнергии за трехминутные и получасовые интервалы времени. Полученные от УСПД данные записываются на файл-сервере.

Четвертый уровень АСКУЭ состоит из файл-сервера и персональных компьютеров, включенных в компьютерную сеть ОАО «Уралэлектромедь» и оснащенных автоматизированными рабочими местами (АРМ) энергетика, инженера и экономиста отдела главного энергетика (ОГЭ). Количество рабочих мест не лимитируется. На файл-сервере хранятся все данные о показателях линий, нормируемых показателях РЭП и данные о значениях расхода электроэнергии за трехминутные и получасовые интервалы времени.

#### Трехуровневая АСКУЭ ОАО «Артинский механический завод»

Структура системы показана на рис. 2. Первый и второй уровни АСКУЭ аналогичны соответствующим уровням системы учета электропотребления ОАО «Уралэлектромедь».

Третий уровень АСКУЭ состоит из компьютера энергодиспетчера, подключенного к устройствам сбора данных по каналу RS-485. На этом уровне осуществляется автоматический или ручной опрос УСПД и сбор информации о значениях расхода электроэнергии за трехминутные и получасовые интервалы времени. Полученные из УСПД данные записываются на диск. На диске хранится информация о характеристиках линии, нормируемых показателях РЭП и о значениях расхода электроэнергии за трехминутные и получасовые интервалы времени.

Опыт эксплуатации АСКУЭ на ОАО «Уралэлектромедь» показал, что в условиях большого количества счетчиков (более 400) и неоднородного парка персональных компьютеров (от 286 до Pentium) возникает ряд проблем:

- существенные нагрузки на компьютерную сеть при пересылке данных, необходимых при формировании обобщающих графиков и таблиц;
- значительное отличие скорости выполнения программного обеспечения АРМ на различных компьютерах.

Решение этих проблем возможно после перевода программной части АСКУЭ на новые принципы функционирования, основанные на технологии клиент/сервер. Для этого необходимо осуществить перенос всех баз данных на SQL-сервер и модернизировать программное обеспечение АРМ. Такая технология позволит

- разгрузить компьютерную сеть (по сети пересылаются не архивные данные, а результаты выполнения запросов от АРМ, что снижает объем пересылок в 10-100 раз);
- уменьшить требования, предъявляемые к компьютерам, на которых установлены АРМ (основные вычисления выполняются на SQL-сервере, а задача АРМ заключается в отображении результатов запроса).

Рассмотренные структуры весьма типичны и широко используются в проектируемых и внедряемых АСКУЭ на предприятиях-потребителях электрической энергии.

Наибольший, по нашему мнению, интерес представляют второй и третий (четвертый) уровни АСКУЭ: устройства УСПД и программное обеспечение верхнего уровня.

### **Устройства сбора и передачи данных**

Имеется большой парк устройств УСПД: от примитивных, используемых в системах КТС «Энергия», «ТОК» и т. п., до

весьма сложных, типа «УСПД-ТОР», «ЭКОМ-3000» и т. п.

Многолетний опыт эксплуатации УСПД показал, что целесообразно применять устройства, комплектуемые на современной, а значит, и перспективной элементной базе. Такие УСПД несколько дороже, но дополнительные затраты быстро окупаются за счет существенного повышения эксплуатационной надежности устройств.

В этой связи уместно отметить УСПД «ЭКОМ-3000», успешно прошедшее промышленные испытания на предприятии «Академэнерго» (г. Екатеринбург), и технические характеристики которого удовлетворяют самым взыскательным требованиям.

Представляется, что на сегодня равноценной альтернативы УСПД «ЭКОМ-3000» нет, так как эти устройства

- реализуют современную и весьма перспективную гибкую идеологию формирования и передачи баз данных на верхний уровень АСКУЭ;
- комплектуются на основе перспективной элементной базы;
- имеют эксплуатационные характеристики, обеспечивающие их многолетнюю безотказную работу;
- снабжены гибким программным обеспечением нижнего уровня, программами дистанционного тестирования и конфигурирования УСПД;
- могут использоваться не только для целей учета электроэнергии, но и для учета любых других энергоносителей, а также в качестве универсального контроллера технологических процессов.

### **Программное обеспечение верхнего уровня АСКУЭ**

С учетом изложенных задач в НИП «ТОР-УТА» (г. Екатеринбург) разработано программное обеспечение верхнего уровня, выполняющее следующие основные функции.

- Обработка в реальном времени измерительной информации о расходе активной и реактивной энергии за трехминутные и получасовые интервалы текущих суток по каждой питающей линии согласно схемам коммерческого (технического) учета электропотребления предприятия и его подразделений.
- Расчет регламентируемых энергоснабжающей организацией оплачиваемых показателей режимов электропотребления предприятия и его подразделений.
- Формирование предьстории значенных основных показателей режимов электропотребления предприятия и

его подразделений, обеспечивающей:

- расчет затрат на электроэнергию за контролируемый период времени (сутки, месяц, квартал, год);
- анализ и оценку регламентируемых энергоснабжающей организацией оплачиваемых показателей режимов электропотребления предприятия и его подразделений за контролируемые интервалы суток с выделением периодов утреннего и вечернего максимумов нагрузки и ночного провала в электроэнергосистеме;
- расчет и корректирование планируемых показателей режимов электропотребления предприятия и его подразделений на текущие сутки и более длительные периоды времени (месяц, квартал, год);
- расчет балансов активной и реактивной мощности и энергии, а также определение эффективных значений реактивных нагрузок и электропотребления на шинах головных подстанций предприятия;
- расчет моментов принятия решения о регулировании активной и реактивной мощности предприятия и его подразделений;
- расчет уставок на регулирование основных показателей РЭП предприятия и его подразделений;
- ранжирование П-РМ подразделений в моменты принятия решения о регулировании соответствующих показателей РЭП предприятия и его подразделений.

Программное обеспечение верхнего уровня работает под управлением операционной среды Windows и способно обеспечить функционирование четырех рабочих мест:

- АРМ энергодиспетчера;
- АРМ инженера ОГЭ;
- АРМ экономиста ОГЭ;
- АРМ главного энергетика.

Функции каждого АРМ определяются заказчиком, в зависимости от структуры соответствующих подразделений и распределения обязанностей в энергетической службе.

### **Основные принципы функционирования ПО верхнего уровня**

Суточный интервал времени разбивается на пять зон, длительность которых устанавливается пользователем (рис. 3). Аналогично можно сформировать сменный режим работы каждого объекта.

Все графики нагрузки по активной и реактивной мощности отображаются на одной экранной форме и в едином масштабе времени совместно с соот-

ветствующими табличными данными (рис. 4).

Графики формирования трехминутных значений активной и реактивной мощности с нарастающим итогом за текущий получасовой интервал суток отображаются в темпе процесса (на экране монитора наблюдается процесс формирования тридцатиминутных значений активной и реактивной мощности в едином масштабе времени) в виде двух следующих друг за другом получасовых промежутков (рис. 5).

Ввод и коррекция показателей каждого измерительного канала осуществляются в диалоговом окне, содержащем все исходные данные, начиная с наименования объекта и кончая коэффициентами трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока (рис. 6).

Период	Начало	Конец	Примечания
Зона I	0:00:00	6:30:00	
Зона II	6:30:00	10:30:00	Утренний максимум
Зона III	10:30:00	20:00:00	
Зона IV	20:00:00	22:00:00	Вечерний максимум
Зона V	22:00:00	0:00:00	
Ночной провал	23:00:00	5:00:00	

Рис. 3. Диалоговое окно «Коррекция зон суток»

Метрологические характеристики каждого измерительного канала оцениваются с помощью программных средств по числу импульсов, формируемых счетчиками электрической энергии за наблюдаемый интервал времени (полчаса, час, зона, сутки и т. п.) и фиксируемых при просмотре показателей счетчиков.

Схемы учета подразделений и предприятия в целом формируются из отдельных линий с учетом знака импуль-

сов, посылаемых счетчиками электрической энергии в УСПД, и в строгом соответствии с формулой, по которой рассчитывают расход электрической энергии по данному подразделению или предприятию. Предлагается два варианта схем учета: одноуровневая (рис. 7) и многоуровневая (рис. 8). Одноуровневая схема формируется автоматически при вводе соответствующих данных по каждому измерительному каналу. Многоуровневая схема является, по сути своей, эксплуатационной или диспетчерской схемой электроснабжения объекта, на которой показывают электрические счетчики. Разработан специальный пакет программ, осуществляющий составление многоуровневых схем, привязку счетчиков, отображенных на этих схемах, с главным меню программы и оперативный переход по требованию пользователя на любой вариант схемы учета объекта

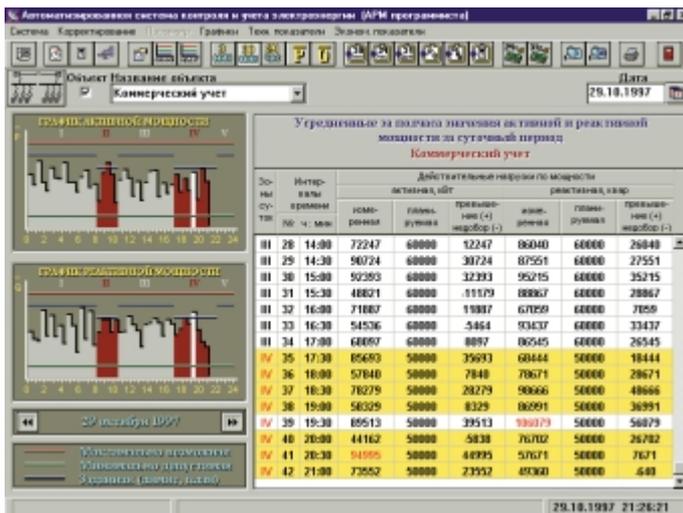


Рис. 4. Графики и таблица 30-минутных значений активной и реактивной мощности

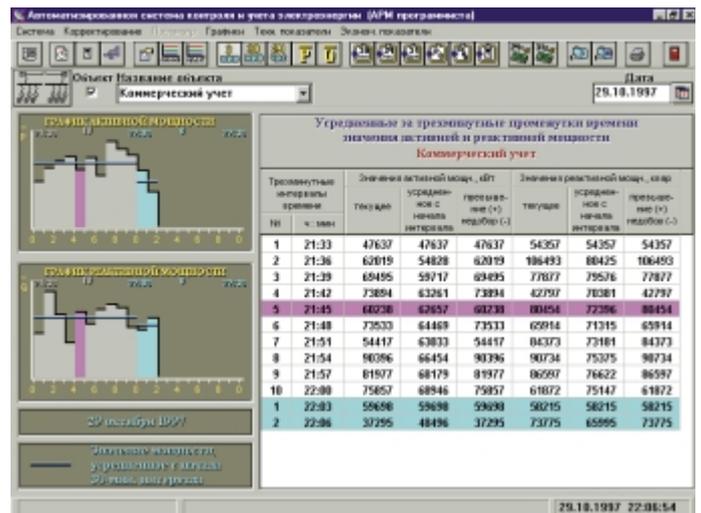


Рис. 5. Графики и таблица 3-минутных значений активной и реактивной мощности

Вид учета: Технический  
Тип счетчика: СЭЗ-01-01  
Дата изготовления: 1996  
Заводской номер: 001773

Коэффициент трансформации по току: 280  
Коэффициент трансформации по напряжению: 1000  
Коэффициент потерь энергии: 1  
Коэффициент поправки на нелинейность: 1

Дата последней поверки: 01.01.96  
Начальные показания счетчика: 123,45  
Дата ввода показаний: 01.01.96  
Предыдущие показания: 00:00:00

Номер УСПД: 1  
Номер канала в УСПД: 1

Рис. 6. Диалоговое окно «Коррекция показателей измерительного канала АСКУЭ»

Название объекта: Цех №3

Схема учета:

Цех 3. ТП-1, в 10	кВт	кВар	Цех 3. РП-3 ЦЭП	кВт	кВар
Цех 3. ТП-1, в 2	кВт	кВар			
Цех 3. ТП-1, в 4	кВт	кВар			
Цех 3. ТП-2, в 6	кВт	кВар			

Показатели выбранной линии:

Название линии	Цех 3. РП-3 ЦЭП
Знак импульсов	1 минус
Счетчик активной энергии	0
Счетчик реактивной энергии	0
Коэффициент трансформации по току	60
Коэффициент трансформации по напряжению	1
Коэффициент потерь электросчетчика	1
Коэффициент поправки на нелинейность	1
Параметрический коэффициент (кВар/кВт)	1750

Расчетная формула для электроснабжения:

$$W_{\text{э}} = \frac{W_{\text{акт}}}{\eta} + \frac{W_{\text{реакт}}}{\eta} + \frac{W_{\text{потери}}}{\eta}$$

Рис. 7. Одноуровневая схема учета электропотребления объекта

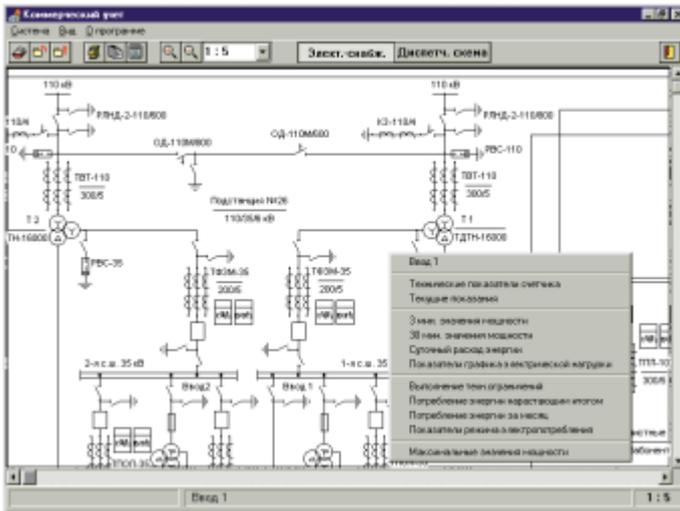


Рис. 8. Многоуровневая схема учета электропотребления объекта (локальное меню для счетчика реактивной энергии линии «Ввод 1»)

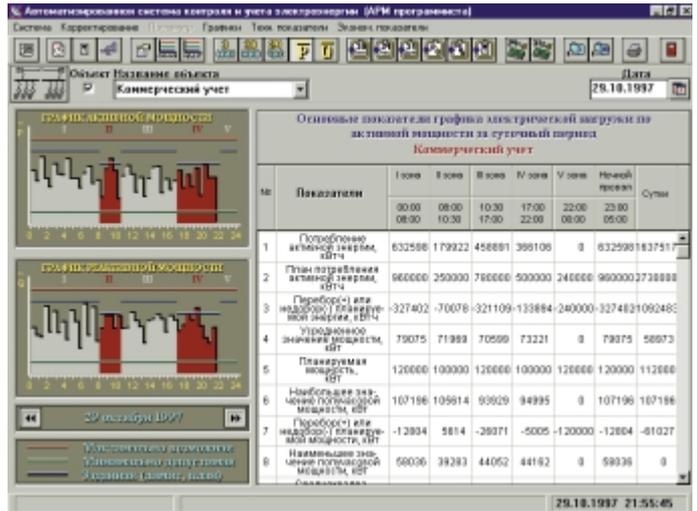


Рис. 9. Основные показатели графика электрической нагрузки по активной мощности объекта

Период	минимально допустимая		заданная (плановая)		максимально допустимая		активная мощность (плановая), кВт
	активная, кВт	реактивная, квар	активная, кВт	реактивная, квар	активная, кВт	реактивная, квар	
I Зона	10000	10000	50000	60000	70000	70000	
II Зона	10000	10000	50000	50000	70000	70000	
III Зона	10000	10000	60000	60000	70000	70000	
IV Зона	10000	10000	50000	50000	70000	70000	
V Зона	10000	10000	60000	60000	70000	70000	
Ночной проезд			2400		70000		
Сутки	100	50	2400		3000		2900
Месяц			2400				
Квартал			2400				

Рис. 10. Диалоговое окно «Корректирование нормируемых показателей объекта»

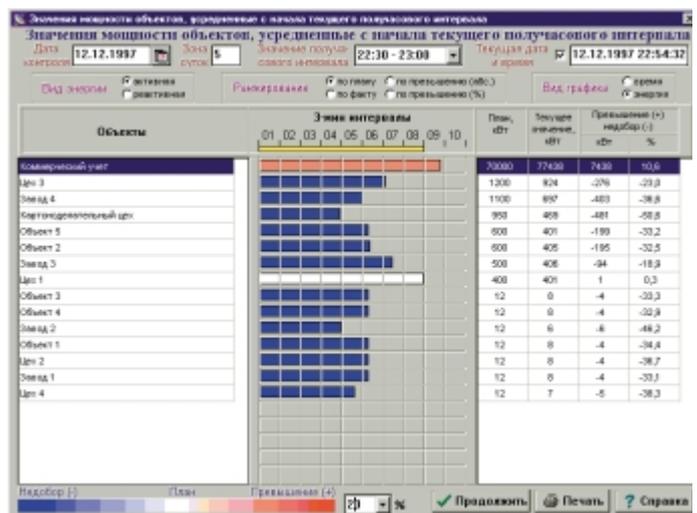


Рис. 11. Значения мощности объектов, усредненные с начала текущего получасового интервала (объекты проранжированы по плановым значениям получасовой мощности)

Место установки счетчика	№ счетчика	Показания на конец месяца	Показания на начало месяца	Разность	Коэфф.	кВт.ч (квар.ч)
Счет 536						
Данные о строгости						
РП-282-I	345945	0	0	0	3000	0
РП-282-II	934337	0	0	0	3000	0
				Потери в линии:		2962
				Итого:		2962
Данные об активной энергии						
Ф-218-I	42487	0	0	0	6000	0
Ф-218-II	942815	0	0	0	6000	0
				Итого:		0
Счет 539						
Диспетчер Металлургия	22148	0	0	0	80	0
				Потери в линии:		182
				ТР-РАХ		3855
				Итого:		4037

Рис. 12. Рабочее окно Excel со сведениями об электропотреблении

и на любой действующий измерительный канал.

База данных по планированию, анализу и оценке показателей РЭП объекта (подразделения) выводится на экраны

используемых данных, начиная с отдельных показателей и кончая схемами учета электропотребления предприятия и его подразделений, осуществляются лицами, имеющими санкционирован-

формы и распечатывается по требованию пользователя. На рис. 9 – 12 приведена часть экранов форм, иллюстрирующих этот подход. Предусмотрена возможность ранжирования объектов по текущим значениям мощности и ее превышению относительно плановых значений.

Ввод новых и коррекция используемых данных, начиная с отдельных показателей и кончая схемами учета электропотребления предприятия и его подразделений, осуществляются лицами, имеющими санкционирован-

ный доступ к соответствующим базам данных.

Ограниченный объем статьи не позволяет более подробно описать структуру и функции АСКУЭ предприятия. Важно отметить, что предложенная идеология функционирования АСКУЭ успешно опробована и внедрена на ряде российских предприятий — крупных потребителей электроэнергии. ●

### Литература

Хронусов Г.С. Комплексы потребителей-регуляторов мощности на горнорудных предприятиях. — М.: Недра, 1989. — 200 с.