

# СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Анатолий Волошко, Александр Данильчик, Олег Коцарь,  
Владимир Тарасевич, Сергей Якимеха

В статье предлагается комплексное решение задачи контроля за энергоиспользованием в промышленности.

## Введение

Когда доля энергоресурсов в себестоимости продукции составляет 20 и более процентов, задача экономного их использования на промышленных предприятиях является одной из наиболее актуальных. Первый этап решения этой задачи – организация оперативного контроля и учета расхода энергетических ресурсов в целом и электрической энергии в частности. Такой контроль возможен только с применением распределенных автоматизированных систем контроля энергоиспользования (АСКЭ). Начинать этот этап следует с выбора базовых средств измерений.

Первичным средством учета электроэнергии является счетчик электрической энергии. На предприятиях Украины наиболее распространенными являются индукционные счетчики электроэнергии типа САЗУ-И670М, САЗУ-И672Д, СР4У-И673М, САЗУ-И681, САЗУ-И687, СР4У-И689 и т. п. Индукционный счетчик измеряет суммарный расход электрической энергии, однако не позволяет оперативно контроли-

ровать другие параметры электропотребления, в частности, максимальную мощность в часы максимума нагрузки энергосистемы, расход электроэнергии по зонам суток и т. п. Такие функции могут предоставить некоторые электронные счетчики электроэнергии, которые позволяют к тому же хранить накопленную информацию в течение заданного промежутка времени, например, за текущий и предыдущий расчетный периоды. Однако даже применение наиболее современных электронных счетчиков не решает проблему контроля электропотребления в комплексе. Так, с помощью одних электросчетчиков невозможно контролировать совмещенный максимум нагрузки предприятия, питающегося по нескольким распределенным вводам. Эту и многие другие сервисные функции пользователю предоставляют автоматизированные системы контроля энергоиспользования. В настоящей статье описывается одно из базовых средств построения таких систем – СИНЭТ-1.

## СИНЭТ-1.

### Предпосылки для разработки

Устройство информационно-измерительного контроля и учета электрической энергии многоканальное многотарифное СИНЭТ-1 (в дальнейшем – СИНЭТ-1) открывает семейство технических средств Системы информационных энергосберегающих технологий, разрабатываемых Акционерной компанией «ИНЭТ» и предназначенных для информационного сопровождения задач управления энергоиспользованием. При разработке СИНЭТ-1 использовался накопленный опыт внедрения распределенных АСКЭ на базе широко распространенной на Украине и в странах СНГ информационно-измерительной и управляющей системы ЦТ5000. Начиная собственную разработку, мы исходили из следующих соображений.

1. ЦТ5000, разработанная в середине 80-х годов, на сегодняшний день остается наиболее распространенной на Украине системой, применяемой для учета электроэнергии.

2. Принципы сбора, обработки и хранения информации, заложенные в ЦТ5000, оптимально сочетают в себе достаточность, полноту, достоверность и надежность формирования параметров электропотребления, и позволяют строить распределенные АСКЭ на компонентах ограниченного ряда.

3. В функциональном отношении ЦТ5000 на сегодняшний день удовлетворяет требованиям как технического, так и коммерческого учета электропотребления при расчетах за электрическую энергию по двухставочному или одноставочному многозонному тарифу.

4. Широкая распространенность ЦТ5000 привела к созданию обслуживающих центров во многих областях Украины, а также подготовила квалифицированных пользователей автоматизированных систем учета электропотребления.

К недостаткам ЦТ5000, по нашему мнению, следует отнести низкую эксплуатационную надежность, обусловленную устаревшей элементной базой, и ограниченные интерфейсные возможности. Кроме того, необходимо отметить, что по спектру контролируемых параметров ЦТ5000 ориентирована в основном на потребителей электрической энергии.

Компания «ИНЭТ» поставила перед собой задачу создать устройство, удовлетворяющее пользователей всех звеньев выработки (электрические станции), распределения (электрические сети) и использования (потребители) электрической энергии. Новое устройство должно было обладать высокой надежностью и развитым современным интерфейсом, а также обеспечивать возможность перспективного развития с сохранением механизма наследования. В то же время, учитывая приведенные соображения, мы сочли правильным сбор, обработку и хранение ин-

формации реализовать в едином электронном блоке.

В процессе разработки СИНЭТ-1 мы скрупулезно анализировали все замечания и предложения, высказанные нашими партнерами, за что выражаем им свою благодарность.

### Основные характеристики СИНЭТ-1

СИНЭТ-1 выполнено на базе модулей MicroPC, производимых фирмой Otagon Systems Corp. (США). Высокая надежность, широкий температурный диапазон применения базовых модулей совместно с передовыми про-

граммными технологиями позволяют использовать СИНЭТ-1 для решения широкого спектра задач, направленных на экономию энергетических ресурсов. Развитый интерфейс и IBM PC совместимость предоставляют СИНЭТ-1 возможность легко интегрироваться в действующие информационные сети и системы. Высокая производительность и большой выбор функциональных модулей позволяют создавать относительно недорогие специализированные комплексы локального учета, контроля и управления выработкой, распределением и потреблением электрической энергии и других энергоносителей.

СИНЭТ-1 предназначено для создания комплексов локального учета и построения распределенных автоматизированных систем контроля энергоиспользования. Внешний вид СИНЭТ-1 приведен на рис. 1. Структурная схема устройства дана на рис. 2.

В функции комплекса локального учета входят сбор и обработка информации о потоках энергии с ограниченного числа точек учета, расчет и хранение параметров потоков энергии за расчетные периоды и отображение информации о параметрах потоков энергии на информационном табло и/или терминальном пункте оператора (ТПО).

Один комплекс локального учета на базе СИНЭТ-1 охватывает до 128 точек учета, удаленных от устройства на расстояние до 3 км. Под точкой учета понимается установленный на объекте опорный счетчик электроэнергети со встроенным устройством преобразования количества энергии, измеренной счетчиком, в количество импульсов.

СИНЭТ-1 обладает широкими интерфейсными возможностями. По желанию пользователя оно может оснащаться стационарным или переносным информационным табло (ИТ). Информационное табло включает в свой состав LCD-дисплей на 160 знаков (4x40) и матричную клави-

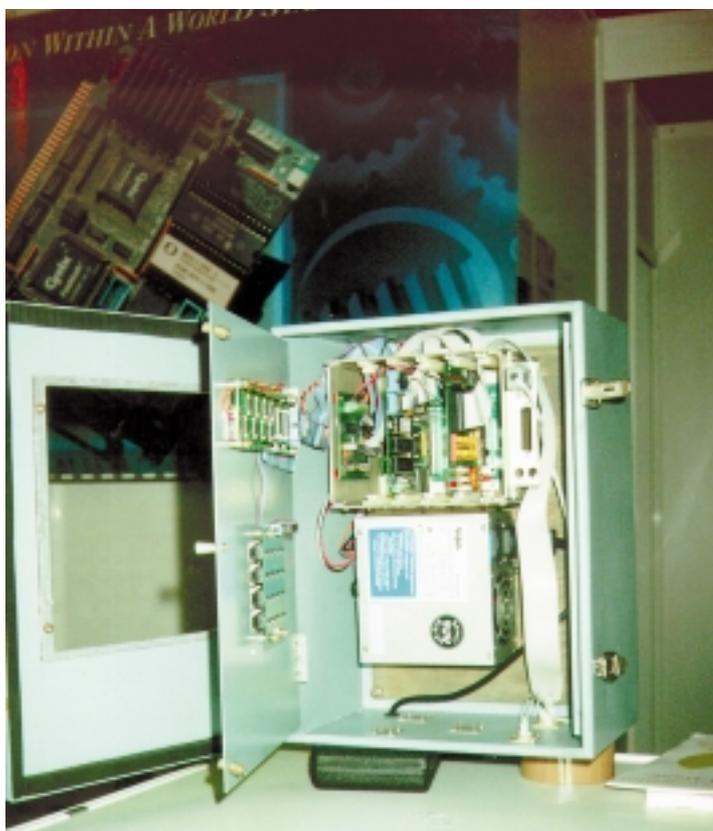


Рис. 1. Внешний вид СИНЭТ-1



Рис. 2. Структурная схема СИНЭТ-1

атуру на 16 клавиш (4x4). Информационное табло является вспомогательным средством общения с СИНЭТ-1. Основным средством взаимодействия оператора и СИНЭТ-1 является ТПО.

Для сопряжения СИНЭТ-1 с ТПО или включения в информационную сеть СИНЭТ-1 оснащается модулями связи. Стандартным модулем связи СИНЭТ-1 является модем SINMOD. В качестве модулей связи также могут быть использованы интерфейсы RS-232C, RS-485, адаптер локальной сети, телефонный модем.

Встроенный модем SINMOD обеспечивает подключение СИНЭТ-1 к информационной сети СИНЭТ или сопряжение с ТПО по каналам связи тональной частоты в стандарте V23. Особенностью модема SINMOD является возможность подключения по радиальной схеме нескольких СИНЭТ-1 и нескольких ТПО.

Важной характеристикой комплексов локального учета является возможность их использования для коммерческого контроля энергоиспользования. В этом аспекте комплексы следует рассматривать со следующих позиций:

- достоверность и точность формируемой информации;
- надежность функционирования;
- защищенность от несанкционированного доступа.

Погрешность формирования СИНЭТ-1 параметров потоков энергии зависит от точности средств измерений, входящих в структуру измерительного канала комплекса локального учета. СИНЭТ-1 обеспечивает счет импульсов тока, поступающих по линиям связи от опорных счетчиков, вычисление приращения энергии по точкам и группам учета с относительной погрешностью не более  $\pm 0,1\%$  от результата счета не менее 1000 импульсов. Пределы допускаемой абсолютной погрешности формирования СИНЭТ-1 суточного интервала времени не превышают  $\pm 2$  с. Достоверность формируемой информации достигается применением в СИНЭТ-1 простых и эффективных алгоритмов расчета параметров потоков энергии.

По устойчивости к климатическим и механическим воздействиям в рабочих условиях применения СИНЭТ-1 соответствуют группе 3 ГОСТ 22261-82 с расширением диапазона температур окружающего воздуха от  $-20$  °C до  $+40$  °C для устройств, не укомплектованных информационным табло.

СИНЭТ-1 занесено в Государственный реестр средств измерительной

техники, допущенных к применению на Украине, регистрационный № У752-97. СИНЭТ-1 могут применяться для учета, в т. ч. коммерческого, выработки, перетоков, отпуска и потребления электрической энергии, в том числе по тарифным зонам, на электростанциях, подстанциях, предприятиях электрических сетей, промышленных предприятиях, предприятиях службы Госэнергонадзора в составе комплексов локального учета и автоматизированных систем контроля энергоиспользования.

### Алгоритмы работы СИНЭТ-1

В качестве расчетных периодов в СИНЭТ-1 выбраны календарный месяц и календарный квартал. Кроме этого, СИНЭТ-1 формирует и хранит параметры потоков энергии за календарные сутки. Глубина хранения суточных параметров – 4 суток, месячных параметров – 2 месяца, квартальных параметров – 2 квартала.

Учитывая необходимость получения сводной информации по мощности и энергии, СИНЭТ-1 позволяет организовать до 32 групп учета. Информация по группе учета образуется как алгебраическая сумма показаний по точкам учета, взятых со знаком «+» или знаком «-».

Отсчет календарного времени в СИНЭТ-1 поддерживается аппаратно и ведется постоянно, независимо от того, функционирует устройство в настоящий момент или нет. Это обеспечивает сохранение правильной последовательности и продолжительности расчетных периодов даже в том случае, если произошло выключение СИНЭТ-1 на длительный промежуток времени. Кроме того, СИНЭТ-1 ведет журнал рабочего времени (до 38 записей). Каждая запись содержит начало и конец временного интервала, в течение которого устройство исправно функционировало. Анализируя данные журнала рабочего времени, пользователь имеет возможность скорректировать информацию о параметрах потоков энергии в случае временного выхода СИНЭТ-1 из строя.

Для всех точек и групп учета СИНЭТ-1 контролирует до 30 параметров потоков энергии, в т.ч. для 8 зон суток. Период вычисления текущих параметров – 1 минута. СИНЭТ-1 контролирует скользящую среднюю 3-минутную мощность и скользящую среднюю 30-минутную мощность, а также фиксирует максимальное значение последней за сутки, месяц и квартал для

каждой зоны суток. Первый из этих параметров по своим характеристикам приближается к мгновенной мощности (насколько это возможно для интегрирующих систем) и может быть использован для оценки режима выработки или потребления электроэнергии. Второй параметр является основной величиной, используемой при расчетах за электрическую энергию и контроле выполнения заданного графика нагрузки в часы максимума нагрузки энергосистемы. По желанию пользователя он может быть получен в абсолютных единицах или в процентах от текущего лимита мощности. Лимиты мощности (заявленные значения мощности) по каждой зоне суток вводятся в СИНЭТ-1 в процессе эксплуатации. СИНЭТ-1 также фиксирует количество превышений лимита мощности за календарный месяц по каждой зоне суток.

Кроме определения текущего значения мощности, СИНЭТ-1 реализует прогноз ожидаемого значения скользящей средней 30-минутной мощности на конец текущего получаса суток, а также прогноз ожидаемого количества энергии на следующие 3 минуты. Прогнозируемое значение мощности экстраполируется кривой второго порядка, а ожидаемое количество энергии – линейной аппроксимацией. Функции прогноза позволяют пользователю избежать превышения лимита мощности (заявленного значения мощности) в часы максимума нагрузки энергосистемы, а также строго соблюдать задания диспетчера при введении графика аварийных отключений.

Как известно, для потребителей электроэнергии нередко вводятся ограничения не только на максимальную мощность, потребляемую из сети в часы максимума нагрузки энергосистемы, но и на величину потребленной энергии. С другой стороны, планы выработки электроэнергии существуют и на электрических станциях. Для удовлетворения потребностей пользователя СИНЭТ-1 хранит плановое количество энергии на сутки, месяц, квартал и фиксирует количество превышений суточного плана энергии за месяц. В любой момент времени пользователь может оценить ход выполнения плана, затребовав от СИНЭТ-1 прогнозируемое количество энергии на конец текущих суток в процентах от текущего суточного плана.

Каждая зона суток в СИНЭТ-1 включает один или несколько временных

интервалов, задаваемых временем начала временного интервала и временем его окончания. Зоны суток разбиты на две группы по 4 зоны. Зоны суток, относящиеся к разным группам зон, могут пересекаться, что позволяет контролировать максимум нагрузки и вести дифференцированный учет энергии на границах часовых поясов. При задании временных интервалов устанавливается дата и время начала действия новых зон суток, что обеспечивает переход на зимнее и летнее время без изменения режима функционирования СИНЭТ-1.

По нашему мнению, основными данными при расчетах за электрическую энергию еще долгое время будут оставаться показания счетчиков электроэнергии. Поэтому вопросы сверки показаний счетчиков и автоматизированных систем являются далеко не второстепенными. При разработке СИНЭТ-1 мы постарались максимально упростить эту задачу для пользователей, которые ведут ежесуточную ведомость количества энергии. Причем, исходя из режима работы оперативного персонала, показания электросчетчиков переписываются не в 00:00 часов суток, а в другое, более удобное время. СИНЭТ-1 контролирует и хранит суточное и месячное количество энергии с учетом временного сдвига начала расчетных суток.

Для сверки показаний СИНЭТ-1 хранит заводские номера и показания отчетных механизмов электросчетчиков, установленных в точках учета. Пользователь имеет возможность сверить показания отчетных механизмов электросчетчиков на текущий момент времени.

Для более полной информации о режимах работы контролируемых объектов для каждой точки и группы учета СИНЭТ-1 формирует и хранит суточные графики нагрузки на основе 3-минутных и 30-минутных интервалов. Глубина хранения 3-минутного графика – 2 суток, а 30-минутного графика – 4 суток. Следует отметить, что 3-минутный график нагрузки формируется в динамической памяти СИНЭТ-1 и при исчезновении питания устройства теряется. Основные параметры потоков энергии хранятся в энергонезависимой памяти.

Надежность функционирования комплекса локального учета определяется показателями надежности работы оборудования и мобильностью программного обеспечения. Как уже отмечалось, базовые модули СИНЭТ-1 характеризуются высокими показате-

лями надежности. Встроенный сторожевой таймер ведет непрерывный контроль за функционированием СИНЭТ-1 и автоматически перезапускает устройство в случае его «зависания».

С целью повышения надежности функционирования комплексов локального учета СИНЭТ-1 контролирует поступление информации по измерительным каналам и формирует список точек учета, от которых в течение 5 последних минут не поступали кванты энергии. Анализируя этот список, пользователь может своевременно принять меры к устранению возникших неисправностей.

Защищенность от несанкционированного доступа в СИНЭТ-1 достигается пломбированием всех элементов, воздействием на которые возможно влиять на результаты работы устройства, и применением паролей при организации доступа к базе данных СИНЭТ-1 по информационной сети. При формировании списка паролей предусмотрены три уровня доступа к каждому параметру: нет доступа, только чтение, чтение/запись (только для параметров, допускающих запись). Каждый из возможных паролей допускает установку любого из приведенных уровней доступа для каждого параметра, контролируемого СИНЭТ-1. Таким образом пользователь может ограничивать права доступа к базе данных СИНЭТ-1 для каждого оператора ТПО. Для контроля несанкционированного вмешательства в режим работы устройства СИНЭТ-1 хранит до 36 последних модификаций календарного времени.

Функции комплекса локального учета могут быть расширены элементами телесигнализации. Например, общее пространство контролируемых точек учета (128) может быть разбито на две части: 64 точки учета электроэнергии и 64 точки контроля состояния коммутационной аппаратуры электрической схемы (масляные выключатели, разъединители, короткозамыкатели и т. п.). В этом случае СИНЭТ-1, наряду с контролем параметров потоков энергии, контролирует и передает в ТПО положение коммутационной аппаратуры, оценивая его по состоянию блок-контактов или концевых выключателей соответствующих электрических аппаратов.

Комплекс локального учета может функционировать самостоятельно или входить составным звеном в АСКЭ. Как самостоятельный комплекс он может удовлетворить по-

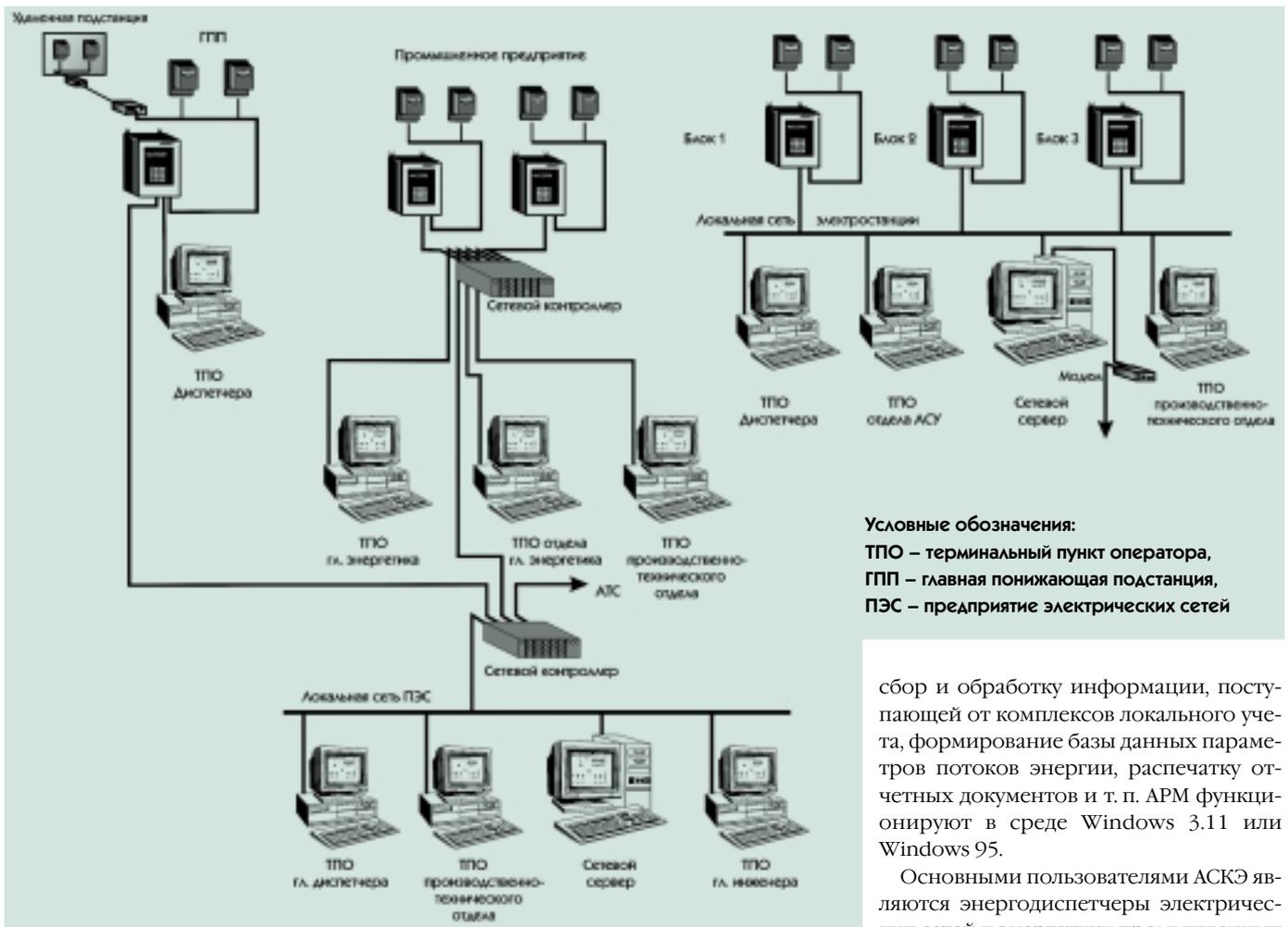
требности небольших промышленных потребителей или электростанций. Его отличают компактность и невысокая стоимость при высокой надежности. Комплекс позволяет определять все параметры потоков энергии, необходимые как для технического, так и для коммерческого учета электроэнергии. Подобные комплексы локального учета с 1996 года функционируют на п/с Северная Давыдовка Харцызских электрических сетей Донецкоблэнерго, п/с Кзыл-Сай Алма-тинской железной дороги, с 1997 года – на Здолбуновском цементно-шиферном комбинате.

### Распределенные системы контроля энергоиспользования

Для крупных промышленных предприятий, предприятий электрических сетей и электростанций, характеризующихся большим числом и распределенностью точек учета, необходимо создание распределенных автоматизированных систем контроля энергоиспользования (АСКЭ). АСКЭ включает в себя информационную сеть СИНЭТ и автоматизированные рабочие места (АРМ) различного назначения, функционирующие на ТПО.

Информационная сеть СИНЭТ является иерархической многоуровневой структурой, обеспечивающей создание распределенной базы данных параметров потоков энергии с практически не ограниченными возможностями по увеличению числа станций сети. Станциями информационной сети СИНЭТ являются СИНЭТ-1, сетевые контроллеры (СК), ТПО и некоторые другие устройства.

Под понятием «распределенная база данных» понимается, что пункты хранения информации в сети меняются вместе с изменением признака завершенности информации. СИНЭТ-1 рассматривает текущие параметры потоков энергии и хранит их в энергонезависимой памяти. Текущими называются параметры, подверженные постоянному изменению, например, количество энергии за текущие сутки является текущим параметром. При переходе календарного времени через 00:00 часов СИНЭТ-1 формирует параметр «количество энергии за предыдущие сутки», который дальнейшему изменению не подвержен. При запросе данного параметра оператором ТПО программный сервер СИНЭТ, функционирующий на ТПО, заносит эту информацию в базу данных ТПО. По истечении четырех суток (максимальная глубина хранения



**Рис. 3. Распределенная автоматизированная система контроля энергоиспользования. Фрагмент**

суточных параметров в СИНЭТ-1) данная информация в СИНЭТ-1 заменяется новой информацией, а срок хранения этой информации в базе данных ТПО ограничивается только размерами жесткого диска ТПО.

Важным элементом любой информационной сети являются каналы связи, обеспечивающие передачу информации между станциями сети. Для распределенных сетей каналы связи характеризуются большой протяженностью и неоднородностью. В качестве согласующего устройства, предназначенного для объединения каналов связи различных типов в единую информационную среду, могут выступать сетевые контроллеры. Сетевые контроллеры информационной сети СИНЭТ обеспечивают построение сетей древовидной конфигурации и позволяют использовать для передачи информации интерфейсы RS-232C и RS-485, локальные компьютерные сети, выделенные линии (до 20 км), выделенные и коммутируемые телефонные каналы городских или ведомственных АТС и др.

Информационная сеть СИНЭТ предо-

ставляет пользователю возможность перспективного развития АСКЭ без изменения режимов функционирования существующих комплексов локального учета. Адаптивные алгоритмы приема/передачи данных, функционирующие в информационной сети, обеспечивают помехоустойчивость и достоверность передаваемой информации. На рис. 3 приведен фрагмент распределенной автоматизированной системы контроля энергоиспользования.

Решение задачи контроля энергоиспользования не было бы завершено, если бы пользователю предоставлялась «голая» информация о параметрах потоков энергии. На практике диспетчеру некогда анализировать информацию, поступающую в больших объемах. Эту задачу должны взять на себя специализированные прикладные программы. Акционерная компания «ИНЭТ» решила задачу в комплексе, предоставив пользователю эффективный интерфейс взаимодействия с АСКЭ посредством специализированных АРМ.

АРМ, функционирующие на ТПО, обеспечивают автоматизированный

сбор и обработку информации, поступающей от комплексов локального учета, формирование базы данных параметров потоков энергии, распечатку отчетных документов и т. п. АРМ функционируют в среде Windows 3.11 или Windows 95.

Основными пользователями АСКЭ являются энергодиспетчеры электрических сетей и энергетики промышленных предприятий. Для них предназначено АРМ энергодиспетчера.

АРМ энергодиспетчера обеспечивает

- вывод на экран ТПО принципиальных электрических схем различной сложности с различными уровнями вложения, с отображением в реальном времени положения коммутационных элементов схемы;
- отображение на экране ТПО текущих и интегральных параметров потоков энергии;
- формирование на жестком диске ТПО базы данных параметров потоков энергии и протоколов работы коммутационных элементов схемы;
- оперативное изменение с ТПО параметров контроля в СИНЭТ-1;
- Отображение суточных графиков нагрузок (на основе 3-минутных и 30-минутных временных интервалов) по точкам и группам учета в графическом и табличном виде;
- прогноз превышения лимитов (заявленных значений) мощности в часы максимума нагрузки энергосистемы, а также прогноз превышения суточного и месячного планового количества энергии с возможностью выдачи диспетчеру сигнала (визуального или

звукового) о прогнозируемом превышении;

- использование среды Windows для параллельной работы с несколькими объектами схемы (ведение параллельного контроля максимума, положения коммутируемых элементов по нескольким точкам схемы и т. д.);
- печать значений контролируемых параметров.

Пример экрана при работе ПО АРМ энергодиспетчера представлен на рис. 4. АРМ энергодиспетчера снабжено редактором схем. Редактор схем предоставляет пользователю широкие возможности по редактированию существующих и разработке новых принципиальных схем, включая возможность создания собственных библиотек элементов схем.

Генератор отчетных форм (ГОФ) предоставляет пользователю возможность формирования отчетных сводок о параметрах выработки, распределения и использования электрической энергии, составленных с учетом его требований. ГОФ позволяет производить обработку исходных данных и печать сформированных сводок.

По желанию пользователя существующие АРМ могут быть дополнены специализированными программами.

Большим достижением мы считаем то, что все поставляемые нами пакеты прикладных программ в значительной мере открыты для пользователя. Очень важно, что после ввода АСКЭ в эксплуатацию заказчик не «привязан» к фирме-поставщику, а может самостоятельно решать проблемы, возникающие в про-

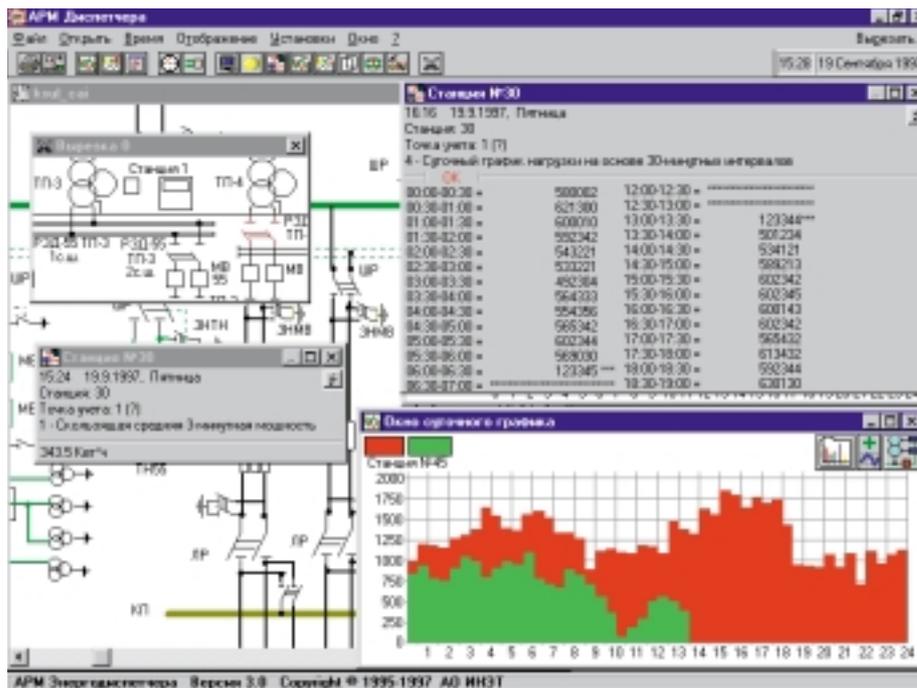


Рис. 4. Пример экрана при работе ПО АРМ энергодиспетчера

цессе эксплуатации. Например, пользователь может самостоятельно менять параметры контроля в СИНЭТ-1, увеличивать или уменьшать количество точек учета в пределах ограничений комплекса локального учета, модифицировать выходные документы и в какой то мере форму представления информации на экране ТПО. Это придает пользователю уверенность в своих силах и не ставит его в зависимость от фирмы-поставщика при эксплуатации АСКЭ.

АСКЭ с 1996 года функционирует на Амвросиевском цементном комбинате. С 1997 года фрагменты АСКЭ на базе

СИНЭТ-1 функционируют в Западных электрических сетях Донецкоблэнерго, АО Жезказганцветмет.

Мы надеемся, что предложенная нами система информационных энергосберегающих технологий позволит существенно облегчить труд энергетиков и обеспечит надежный контроль энергоиспользования на предприятиях Украины и за рубежом. ●