

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МОСКОВСКОМ МЕТРО

Н. Н. Комиссаров, заместитель начальника Московского метрополитена, начальник Службы электроснабжения
Е. И. Лифанов, директор по проектам и системам АСКУЭ «Эльстер Метроника», к. т. н.
В. Я. Пахомов, инженер электротехнической лаборатории Московского метрополитена

Московский метрополитен является крупнейшим потребителем электрической энергии мегаполиса, перерабатывая около 1,8 млрд кВтч электроэнергии в год. Стоимостная доля потребляемой электрической энергии в общих расходах метрополитена составляет более 13%. Контроль и анализ при планировании и потреблении электроэнергии, а также совершенствование экономических отношений с ее поставщиками в сфере купли-продажи позволило бы значительно снизить затраты на покупку электроэнергии.

Совершенствование экономических отношений в энергетике тесно связано с появлением Федерального оптового рынка электроэнергии и мощности (ФОРЭМ), куда устремились предприятия энергоемких потребителей. Производители избыточной энергии могут продавать ее по более низкой цене, используя электрические сети АО-ЭНЕРГО.

Постановлением Федеральной энергетической комиссии (ФЭК) предусмотрено, что квалификация потребителя при рассмотрении вопроса о выходе его на ОРЭ определяется только суммарным годовым потреблением электроэнергии 100 млн кВтч. Таким образом, даже отдельные линии метрополитена подходят под этот параметр.

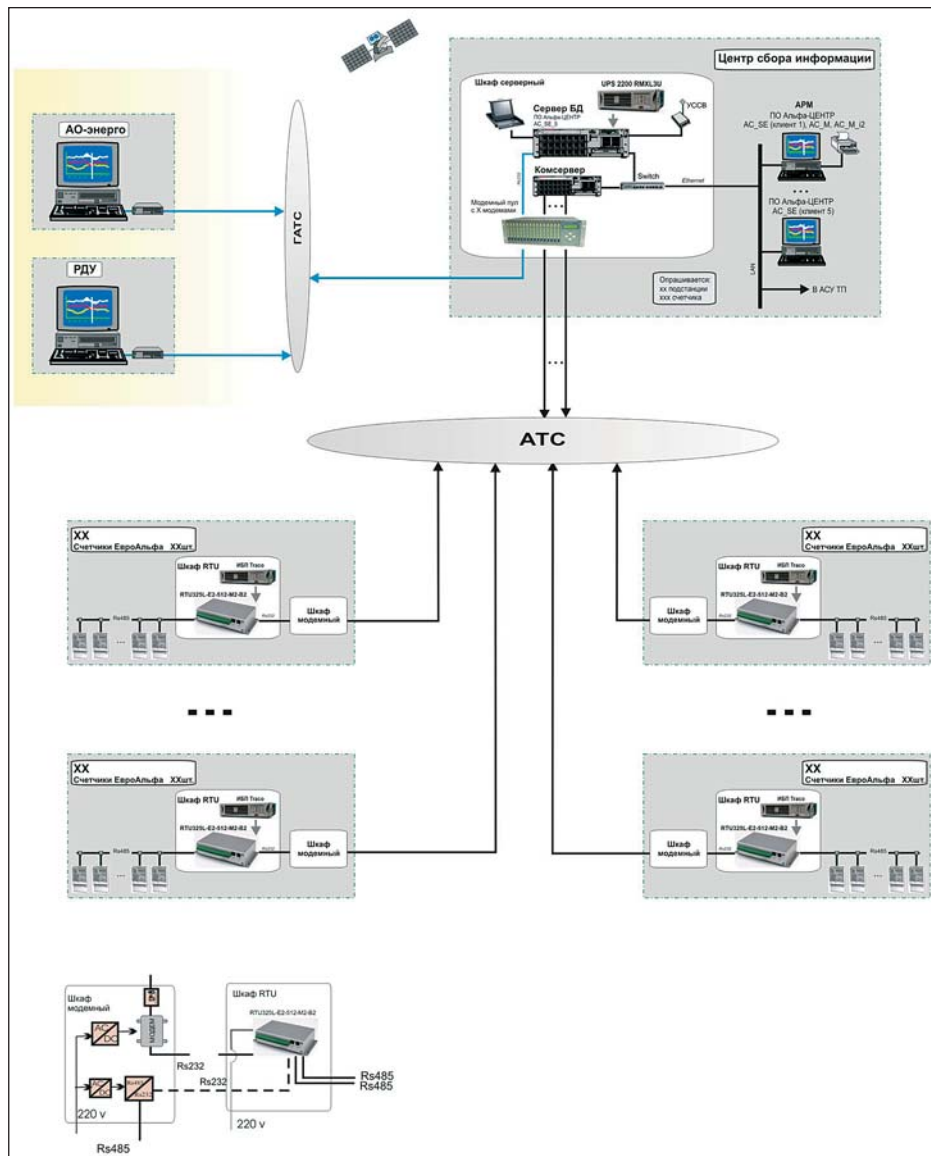
Основным препятствием выхода любого предприятия на ОРЭ является снижение доли расходов в перекрестном субсидировании после выхода на оптовый рынок. В связи с этим АО-ЭНЕРГО ограничивает выход потребителей на ОРЭ.

На Сокольнической линии Московского метрополитена внедрена современная система АСКУЭ Альфа центр, созданная на базе оборудования «Эльстер Метроника». Монтаж ее осуществлен фирмой ООО «Русэнергосбыт» после проведения специального конкурса на право производства работ. При разработке АСКУЭ Сокольнической линии была использована «Концепция построения автоматизированной системы коммерческого и технического учета электроэнергии для Московского метрополитена», подготовленная компанией «Эльстер Метроника», а также опыт работы фрагмента АСКУЭ, созданного на тяговой подстанции Т-4 («Парк культуры») Московского метрополитена. Система внедрена с перспективой дальнейшего выхода электроснабжения Московского метрополитена на ОРЭ.

Наладка системы АСКУЭ осуществлялась специалистами компании «Эльстер Метроника».

Характеристика Сокольнической линии

Сокольническая линия – это первая линия Московского метрополитена. Она продлена от ст. «Сокольники» до ст. «Улица Подбельско-



Структурная схема АИИС КУЭ Сокольнической линии Московского метрополитена

го» и от ст. «Парк культуры» до ст. «Юго-Западная». На линии протяженностью 26,2 км 19 действующих станций, каждый час по ней пропускается 35 пар семивагонных поездов.

Электроснабжение линии осуществляется восемью тяговыми, пятью совмещенными тягово-понижительными и семнадцатью понижительными подстанциями. Общее потребление электрической энергии составляет более 200 млн кВтч в год. Для учета электрической энергии установлено 25 коммерческих счетчиков и 256 счетчиков технического учета типа Альфа А1700.

Описание процесса деятельности

АСКУЭ представляет собой комплекс программно-технических средств, состоящих:

- из первичных преобразователей – трансформаторов тока и напряжения;
- первичных средств учета – цифровых счетчиков электроэнергии;
- устройства сбора и передачи данных;
- каналов связи УСПД с первичными средствами учета;
- каналов связи УСПД с сервером базы данных и субъектами обработки коммерческой информации;
- сервера базы данных, предназначенного для долговременного хранения коммерческой информации по учету электроэнергии;
- средства синхронизации системного времени;
- средств программного обеспечения счетчиков, УСПД, сервера БД.

В АСКУЭ применяются технические и программные средства, производимые компанией «Эльстер Метроника». Они имеют сертификаты соответствия к использованию в составе автоматизированных систем учета электроэнергии, а сами автоматизированные системы, построенные на их базе, отвечают всем требованиям нормативных документов.

В состав ИВК АСКУЭ входит сервер базы данных с установленным на нем ПО Альфа ЦЕНТР, где осуществляется обработка и хранение данных по учету электроэнергии, настройка параметров функционирования системы. Сервер базы данных располагается в Центре сбора данных Сокольнической линии.

В функции ИВКЭ, имеющем в своем составе 30 УСПД RTU-325, входит сбор данных о выдаче и потреблении электрической энергии по 30 подстанциям, их хранение и предоставление по запросу на вышестоящие уровни.

Функционирование АСКУЭ Сокольнической линии осуществляется следующим образом.

Каждые 3 мин УСПД производят опрос цифровых счетчиков. Полученная информация записывается в энергонезависимую память. Далее, по запросу с сервера базы данных, с периодичностью один раз в 3 мин, эта информация предоставляется на вышестоящий уровень. Данные поступают в базу ИВК. Вышеописанные процедуры происходят автоматически, а время и частота опроса настраиваются вручную на этапе пуско-наладки системы. На этом этапе также согласуются время и последовательность опроса направлений «УСПД-счетчики».

Для обеспечения работоспособности АСКУЭ вводятся штатные единицы, и формируется оперативно-эксплуатационный персонал АСКУЭ. Специалисты, обслуживающие АСКУЭ, проходят курсы обучения на заводе изготовителе ООО «Эльстер Метроника».

Структура системы и способы связи для информационного обмена

АСКУЭ является многоуровневой, с иерархической распределённой обработкой информации.

Система состоит из следующих уровней:

- I (проведение измерений) – включает 267 информационно-измерительных комплексов точек измерения (ИИК);
- II (сбор и обработка результатов измерений, диагностика средств измерений в пределах одной электроустановки) – включает 30 информационно-вычислительных комплексов электроустановки (ИВКЭ);
- III – информационно-вычислительный комплекс (ИВК) АСКУЭ;
- система обеспечения единого времени (СОЕВ).

ИИК служат для автоматического проведения измерений в точке измерений. В их состав входят:

- счетчики электрической энергии;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- вторичные измерительные цепи.

ИВКЭ обеспечивают:



Размещение шкафов АСКУЭ на подстанции Сокольнической линии Московского метрополитена



Расположение счетчиков на панелях подстанций

- автоматический сбор информации по учету электроэнергии от ИИК;
- автоматический сбор и обработку информации о состоянии средств измерений.

В состав ИВКЭ входят:

- специализированные промконтроллеры, обеспечивающие интерфейс доступа к ИИК и ИВК;
 - технические средства приёма-передачи данных (каналообразующая аппаратура).
- ИВК обеспечивает:
- автоматизированный сбор и хранение результатов измерений;
 - автоматическую диагностику состояния средств измерений;
 - контроль достоверности результатов измерений.

В состав ИВК входят:

- технические средства приёма-передачи данных (каналообразующая аппаратура);
- компьютер в серверном исполнении для обеспечения функции сбора и хранения результатов измерений, установленный в специализированном шкафу для обеспечения механической защиты с возможностью пломбирования;

- технические средства для организации локальной вычислительной сети и разграничения прав доступа к информации.

СОЕВ обеспечивает синхронизацию времени всех уровней системы.

Структура системы АСКУЭ, а также используемый для её создания программно-технический комплекс ООО «Эльстер Метроника», соответствуют стандартам для автоматизированных систем.

Объектами сбора первичной учетной информации являются счетчики электроэнергии, установленные на панелях учета, в ячейках.

Подключение счётчиков к шкафам модемному и RTU осуществляется по интерфейсу RS-485. Так как монтаж и контроль комплексной работы устройств шкафов производится на заводе «Эльстер Метроника», обеспечивается простота монтажа и наладки оборудования на объекте, так как для ввода шкафов в эксплуатацию необходимо произвести лишь подключения линий связи к внешним клеммникам шкафа НКУ. НКУ позволяют разместить оборудование в промышленных помещениях, пре-



Обеспечение удобного доступа к оборудованию АСКУЭ

дотвращают несанкционированный доступ к оборудованию, обеспечивают климатическую защиту оборудования.

Мощность сервера БД, количество портов УСПД на каждом из уровней рассчитаны с учетом возможного добавления в систему дополнительных точек учета.

Информационный обмен данными между уровнями ИВКЭ и ИВК осуществляется посредством модемных коммутируемых соединений через телефонную сеть.

Общие аспекты надежности

Надежность и готовность АСКУЭ определяют многие факторы. Показатели надежности и резервирование оборудования являются наиболее важными факторами обеспечения надежности системы. АСКУЭ проектируется с учетом удовлетворения строгих требований надежности в следующих аспектах:

Конструкция счетчика Альфа А1700:

1 — прозрачное стекло; 2 — жидкокристаллический дисплей (ЖКИ); 3 — светодиодные индикаторы LED; 4 — шильдик; 5 — винты крепления крышки клеммника и места установки пломб; 6 — кнопка ALT; 7 — оптический порт; 8 — места установки пломб завода-изготовителя; 9 — съемная крышка клеммника



- применение конструкции оборудования и электрической компоновки, отвечающих требованиям ИЕС-Стандартов;

- стойкость к электромагнитным воздействиям.

Заложенное в проект АСКУЭ оборудование разработано для удовлетворения жестких требований надежности и готовности в следующих аспектах:

- прочная механическая конструкция;
- защищенность от электрических помех;
- высококачественные компоненты;
- проверенные в эксплуатации электронные блоки;
- полностью проверенное программное обеспечение;
- полный комплект документации на систему;
- отображение сообщений об ошибках;
- быстрая замена дефектных модулей;
- гарантийное и послегарантийное обслуживание.

Высокая гибкость системы обеспечивает резервирование на следующих уровнях:

- линии связи;
- электропитание;
- хранение данных.

Меры по обеспечению надежности

Для обеспечения заданного уровня надежности и ее улучшения необходимо:

- собирать и анализировать данные об отказах;
- проводить проверку показателей надежности, полученных на стадии проектирования с показателями надежности, полученными в результате сбора данных об отказах;
- производить профилактические работы во время эксплуатации.

Для увеличения надежности системы во время эксплуатации необходимо разработать и выполнять программу обеспечения надежности (ПОН).

По результатам расчетов можно сделать следующие заключения:

- вероятность безотказной работы для большинства функций системы в данном случае определяется надежностью счетчиков. Это на-

иболее уязвимое место в системе, так как характеризуется наибольшим временем восстановления и большим количеством счетчиков;

- при небольшом количестве счётчиков в ЗИПе среднее время восстановления системы сокращается.

Внедрение системы АСКУЭ, помимо решения основной задачи – точного учета и анализа потребляемой энергии, позволяет вплотную подойти к практической реализации автоматического регулирования мощности в устройствах электроснабжения метрополитена и, как следствие, экономии потребляемой энергии.

Решение новой задачи стало возможным в результате замены масляных и электромагнитных выключателей 10 кВ вакуумными, имеющими исключительно высокие коммутационные показатели, в частности, до 50 тыс. вкл./откл. при номинальном токе.

Как правило, на подстанциях метрополитена в работе постоянно находятся все выпрямительные агрегаты. При этом после окончания часов «пик» тяговые трансформаторы подстанций существенно недогружены, работа с очень низким значением $\cos \varphi \approx 0,2-0,3$. В результате линии питания загружаются некомпенсированным индуктивным током и ухудшается качество электроэнергии.

Поскольку ресурс вакуумных выключателей высок, представляется возможным в автоматическом режиме отключать отдельные выпрямительные агрегаты вместе с тяговыми трансформаторами.

Таким образом, целью автоматического регулирования мощности в устройствах электроснабжения метрополитена является минимизация электрических потерь при изменяющейся нагрузке, разгрузка питающих центров и линий от генерации индуктивных токов за счет отключения излишней мощности выпрямительных агрегатов и работы оставшихся в режиме, близком к номинальному.

Выводы

1. Необходимо продолжить планомерное внедрение АСКУЭ на всех линиях метрополитена и монорельсовой дороге.

2. Для мониторинга в системе реального времени целесообразно использовать оптоволоконные каналы связи совместного предприятия «Макомнет», сеть которого проложена по тоннелям метрополитена и имеет выход на внешнюю сеть. Также требуется модернизация существующих коммутируемых каналов связи.

3. Для реализации задачи автоматического регулирования мощности в устройствах электроснабжения необходимо ускоренными темпами завершить замены масляных и электромагнитных выключателей 10 кВ вакуумными. При этом следует решить вопрос интеграции АСКУЭ с телемеханикой.

4. Необходимо рассмотреть вопрос об организации структурного подразделения по поддержанию автоматизированных систем в работоспособном состоянии, а также круглосуточному мониторингу за экономической работой всего электротехнического оборудования метрополитена.