обеспечивает дальность радиосвязи до 100...300 м на открытом пространстве;

- встроенный таймер РВ для реализации автономного управления на основе календаря.

Базовая станция предназначена для организации обмена данными между сенсорной сетью и центральным сервером, а также используется в качестве датчика опорных координат для алгоритма самоконфигурации и определения местоположения сенсоров. Базовые станции должны быть установлены по периферии территории, например, в вершинах прямоугольниой области, охватывающей освещаемую территорию, на перекрестках дорог, в трансформаторных подстанциях и т.п.

Базовая станция включает:

- GSM-контроллер Autolog GSM-20 RTU для связи с центральным сервером по каналу GPRS общедоступных сетей сотовой телефонной сети;
- приемопередатчик диапазона 868 МГц для связи с сенсорами-ЭБ;
- датчик освещенности;
- электрические счетчики для учета фактического потребления энергии в сети уличного освещения.

Программное обеспечение

Програмное обеспечение центрального сервера выполняет следующие основные функции:

- отображение состояния сети уличного освещения на геоинформационной карте местности, включая параметры окружающей среды (температура, освещенность);
- отображение неисправных светильников на геоинформационной карте местности;
- передача команд дистанционного управления на блоки ЭБ с интерактивным заданием области расположения ЭБ на карте местности;
- передача широковещательных команд управления на блоки ЭБ, расположенные в заданных областях и характеризуемые заданным классом обслуживания.

В России модернизация системы наружного освещения требуется, по оценкам авторов, в 50% областных городов и 90% прочих населенных пунктов. Реализация системы управления освещением в виде ЭБ с функциями сенсорной сети потребует установки ≥2 млн. ЭБ за 3...5 лет. На международном рынке эта технология также будет востребована в объемах поставки ЭБ ≥1 млн. ед./г. Таким образом, описываемая система представляется привлекательной для широкого круга инвесторов.

***Подлесный Сергей Юрьевич** – генеральный директор ООО "Зареалье".*
Контактный телефон (495) 743-06-53. E-mail: sergey@zarealye.com

Модернизация сетей наружного освещения – реальный путь к энергоэффективности

А.А. Сапронов, А.Ю. Никуличев, А.Г. Лещенко (ФГБОУ ВПО "ЮРГУЭС")

Рассматриваются возможности экономии муниципальных бюджетных средств путем модернизации существующих сетей наружного освещения. Основные технические решения, обеспечивающие энергоэффекивность: энергосберегающие источники света, адресное управление редукцией мощности освещения, передача команд управления по проводам электросети, автоматическая диагностика и локализация неисправных светильников, а также Internet-мониторинг параметров и удаленное диспетчерское управление режимами. Приводится структура иерархической системы управления наружным освещением и комплекс программно-технических средств, позволяющий легко модернизировать и масштабировать сети освещения крупных городов и небольших сельских поселений. Модернизация может производиться поэтапно, при небольших вложениях финансовых средств, с одновременной экономией эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: система наружного освещения, энергосбережение, энергоэффективность, модернизация.

По оценке Международного энергетического агентства, 19% всей потребляемой в мире электроэнергии расходуется на освещение. Актуальность мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности подчеркивается в Федеральном законе № 261 от 23.11.2009 г. Энергосбережение и энергоэффективность являются одним из пяти стратегических направлений, которые были названы приоритетными президентом РФ. Выполняя эти положения, муниципалитеты должны проводить мероприятия, направленные на энергосбережение и энергоэффективность, в том числе и в сетях наружного освещения (СНО). Однако зачастую мероприятия сводятся к установке светильников с энергосберегающими источниками света (в основном натриевые лампы высокого давления), при этом не затрагиваются режимные вопросы функционирования СНО, а также принципы эффективного управления и диагностики.

Проведенный анализ показал, что до сих пор широко применяются релейные системы дистанционного централизованного управления наружным освещением, разработанные в СССР еще в 60...70 годы XX века и обеспечивающие дистанционное включение/выключение освещения в последовательно соединенных каскадах. Недостатки таких систем заключаются в сложности и ненадежности управления (например, обрыв соединительной линии приводит к неработоспособности последующих каскадов), а также высокой стоимости линейной инфраструктуры.

В настоящее время каскадные схемы заменяются системами с автономным управлением фрагментами СНО. В этом случае управление каждым фрагментом осуществляется отдельно по командам, передаваемым из центра управления по различным каналам связи или автономно (от фотодатчика либо таймера, установленного непосредственно в шкафу управления ли-

нией освещения). Такой подход позволил создавать более гибкие системы управления СНО, но без дополнительных режимных мероприятий, направленных на повышение их энергоэффективности.

Следует отметить, что СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" позволяет снижать освещенность территорий в ночное время в целях экономии электроэнергии до уровня 50%. Многие производители оборудования для управления СНО ввели опцию – управление отдельными фазными отходящими линиями. При этом светильники на опорах линии освещения должны поочередно подключаться к разным фазным проводникам. Опыт эксплуатации таких систем показал, что отключение светильников на одном фазном проводе приводит к появлению резко контрастных зон освещенности и, как следствие, к ухудшению зрительного восприятия окружающей обстановки. Это обстоятельство вступает в противоречие с другими требованиями того же документа.

Поэтому следующим этапом борьбы за экономию электроэнергии стало использование технологии редукции мощности для управления режимами работы СНО, основанной на применении различных технических решений [1]. Редукция мощности может осуществляться как за счет изменения характеристик питающего напряжения линии, например, с помощью трансформатора с переключаемыми отводами, так и путем применения специальных источников питания – электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) для газоразрядных ламп или драйверов для светодиодных светильников. Использование управляемых источников питания дает возможность реализовать адресное управление редукцией мощности отдельных светильников, что позволяет не снижать уровень освещения отдельных объектов городской инфраструктуры (пешеходных переходов, перекрестков, железнодорожных переездов и т.д.).

В настоящее время системы адресного управления осветительным оборудованием СНО, использующие технологию редукции мощности, имеют неоспоримое преимущество среди прочих, так как позволяют задавать различные режимы функционирования СНО с привязкой к инфраструктуре освещаемых территорий и не противоречат нормативным требованиям СНиП 23-05-95. Применив технологию редукции мощности в дополнение к установке энергоэффективных источников света, вполне реально дополнительно получить снижение энергопотребления в СНО еще на 20...25%. При этом срок окупаемости затрат на модернизацию оборудования, как правило, не превышает 3...4 лет.

Одним из важных вопросов для реализации адресного управления светильниками в СНО является способ организации канала связи между оборудованием управления (устанавливаемом в шкафу управления линией освещения) и редуктором мощности (устанавливаемом в каждом светильнике). Здесь возможно использование дополнительных проводов управления, радиотехнологий или технологии передачи данных по электрической сети. Из перечисленных наиболее рациональным вариантом представляется использование технологии передачи данных по электрической сети (Power Line Communications – PLC).

Если вы владеете знанием, дайте другим зажечь от него свои светильники.

Томас Фуллер

При всем многообразии технических реализаций PLC-технология базируется на использовании двух основных способов передачи информации:

- модуляции наложенного на электрическую сеть высокочастотного сигнала;
- модуляции напряжения электрической сети.

Реализация первого способа позволяет получить высокое быстродействие систем передачи данных, однако ограничения, накладываемые ГОСТ 13109-97 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения", существенно снижают надежность таких систем, особенно в условиях, когда осветительная нагрузка сама является источником помех. Поэтому применительно к СНО, где не требуется высокое быстродействие, но должна обеспечиваться существенная дальность связи (около 1 км, а иногда и более), многие PLC-решения требуют усложнения (соответственно и удорожания), связанного с необходимостью обеспечивать информационную избыточность и ретрансляцию сигнала.

Практическая реализация второго способа заключается в "вырезании" одной полуволны (или ее части) сетевого напряжения для кодирования передаваемого в электрическую сеть информационного символа. При вполне приемлемой скорости передачи данных, простоте реализации и высокой помехоустойчивости (соответственно "дальнобойности") при некоторых кодовых комбинациях передаваемых символов такой способ существенно ухудшает качество напряжения электрической сети (ГОСТ 13109-97).

Детальный анализ изложенных обстоятельств позволил авторам разработать два способа адресного управления осветительным оборудованием с использованием разных методов модуляции и реализующие их устройства [2, 3], которые свободны от указанных недостатков и обеспечивают надежную передачу данных по электрической сети в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51317.3.8-99 (МЭК 61000-3-8-97) "Совместимость технических средств электромагнитная. Передача сигналов по низковольтным электрическим сетям. Уровни сигналов, полосы частот и нормы электромагнитных помех". Испытания, проведенные в Октябрьском районе Ростовской области, показали работоспособность обоих вариантов реализации передачи данных по электрической сети на линиях освещения протяженностью от нескольких сотен метров до 2,5 км. Сравнительная экономическая оценка показала, что наиболее предпочтительным

Рис. 1. Внешний вид шкафов управления освещением: а) однофазный серии ШУО-1; б) трехфазный серии ШУО-3

является способ адресного управления осветительными приборами, использующий модуляцию напряжения электрической сети. Его практическая реализация позволяет модернизировать силовое оборудование шкафа управления освещением, совместить функции силового коммутатора и модулятора в одном электронном изделии, например оптосимисторе, и отказаться от применения силовых контакторов. Отсутствие механических частей, подверженных износу, соленоидов, находящихся под напряжением, повышает надежность работы оборудования, снижает вероятность возникновения пожара. Для детектирования адресных команд, передаваемых по способу [2], разработан специальный микропроцессорный приемник, адрес в котором задается с помощью DIP-переключателей.

Рис. 2. Внешний вид ЭПРА 250 Вт

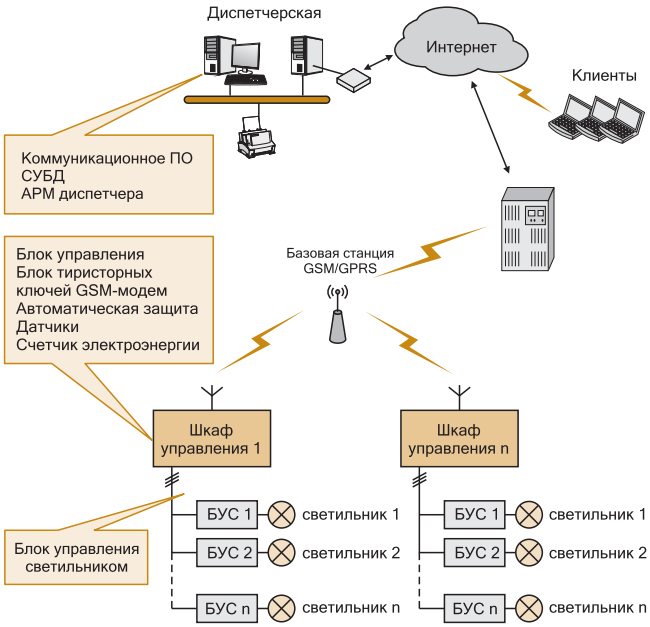

Рис. 3. Структурная схема АСУНО

В настоящее время ООО "Лайт-09" (Россия, г. Шахты Ростовской обл.) освоен серийный выпуск однофазных и трехфазных шкафов управления освещением, имеющих в составе силовые коммутаторы-модуляторы, рассчитанные на токи до 100 А (рис. 1). Кроме того, ООО "Лайт-09" совместно с ЗАО "ЭНЭФ" (республика Беларусь) выпускают электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА) для натриевых ламп высокого давления на мощности 150, 250 и 400 Вт со встроенным приемником адресных команд управления (рис. 2).

Кроме сокращения затрат на оплату электроэнергии технология адресного управления светильниками позволяет существенно уменьшить затраты на эксплуатацию СНО путем реализации автоматической диагностики и локализации неисправных светильников. На основании проведенных научных исследований авторами разработан способ адресной диагностики светильников [4], позволяющий определить адреса неисправных светильников.

Кроме результатов диагностики из каждого шкафа управления по GSM-каналу периодически передаются данные о состоянии оборудования, замеры величин тока и напряжения, а также информация о режиме работы СНО, в том числе фиксируется несанкционированное проникновение в шкаф. Так как объем передаваемых данных невелик (порядка сотни байт за сеанс), стоимость такого мониторинга невысока и покрывается за счет полученной экономии эксплуатационных затрат. Существенный экономический эффект от применения адресной диагностики и мониторинга можно получить при большой территории обслуживания за счет сокращения выезда обслуживающего персонала для проведения визуального осмотра СНО в дневное время. Так в ходе эксплуатации СНО в Октябрьском районе Ростовской области и г. Азове получена экономия около 30% эксплуатационных расходов.

Одним из существенных вопросов при создании АСУ наружным освещением (АСУНО) является стратегия ее внедрения. Традиционно создание АСУНО начинают с оборудования центра управления (диспетчерской). Такой центр должен иметь сервер для сбора данных мониторинга и сеть каналов связи со шкафами управления. Учитывая, что зачастую муниципальные СНО обслуживают сразу несколько организаций, такие диспетчерские приходится создавать для каждой из них, что приводит к нерациональной трате бюджетных средств. Применение различных программно-технических средств в диспетчерских

центрах также приводит к усложнению взаимодействия между муниципальными структурами и обслуживающими организациями, что в конечном итоге снижает эффективность и качество АСУНО. То есть техническая реализация также требует существенных затрат на первом этапе внедрения АСУНО. В результате небольшие муниципальные образования не имеют возможности внедрить АСУНО из-за ограниченности бюджетных средств.

Для решения этой проблемы авторами предложен следующий подход к внедрению АСУНО. Применение в качестве канала связи GSM-сети, которая имеет практически повсеместное покрытие муниципальных территорий, а также возможностей сети Internet позволяет использовать один центр мониторинга с единой БД, в которую поступают сообщения от всех шкафов управления СНО, независимо от их территориального размещения. Информация из БД размещается на Internet-сайте и доступна по запросам пользователей. Для управления шкафами СНО используется также GSM-сеть, причем пунктов управления может быть множество, для создания такого пункта необходим недорогой GSM-модем и компьютер. Разграничение доступа к шкафам управления производится с помощью протоколов авторизации в сети GSM и хранении номеров управляющих SIM-карт в микропроцессорном блоке управления каждого шкафа, что дает высокий уровень защиты от несанкционированного вмешательства.

Такой подход позволяет легко масштабировать АСУНО независимо от удаленности территории СНО. Затраты на внедрение АСУНО практически направлены на модернизацию шкафов управления освещением и установку ЭПРА с приемниками команд, что позволяет даже небольшим сельским поселениям постепенно, по мере наличия бюджетных средств внедрять АСУНО, одновременно экономить электроэнергию и снижать эксплуатационные затраты. Структурная схема АСУНО приведена на рис. 3.

Примеры экранных форм Internet-сайта приведены на рис. 4, где а) результаты мониторинга; б) графики потребления электроэнергии, фазных токов и напряжений; в) результаты автоматической диагностики (коричневым цветом показан неисправный светильник).

Подводя итоги, сформулируем следующие основные принципы создания энергоэффективных СНО:

- применение экологически чистых энергосберегающих источников света;
- применение редукции мощности;
- дистанционное адресное управление режимами работы светильников;
- централизованный мониторинг состояния системы освещения и автоматическая диагностика ее элементов;
- рациональное сочетание принципов централизованного и автономного управления;
- выявление и предотвращение несанкционированных вмешательств в систему управления;

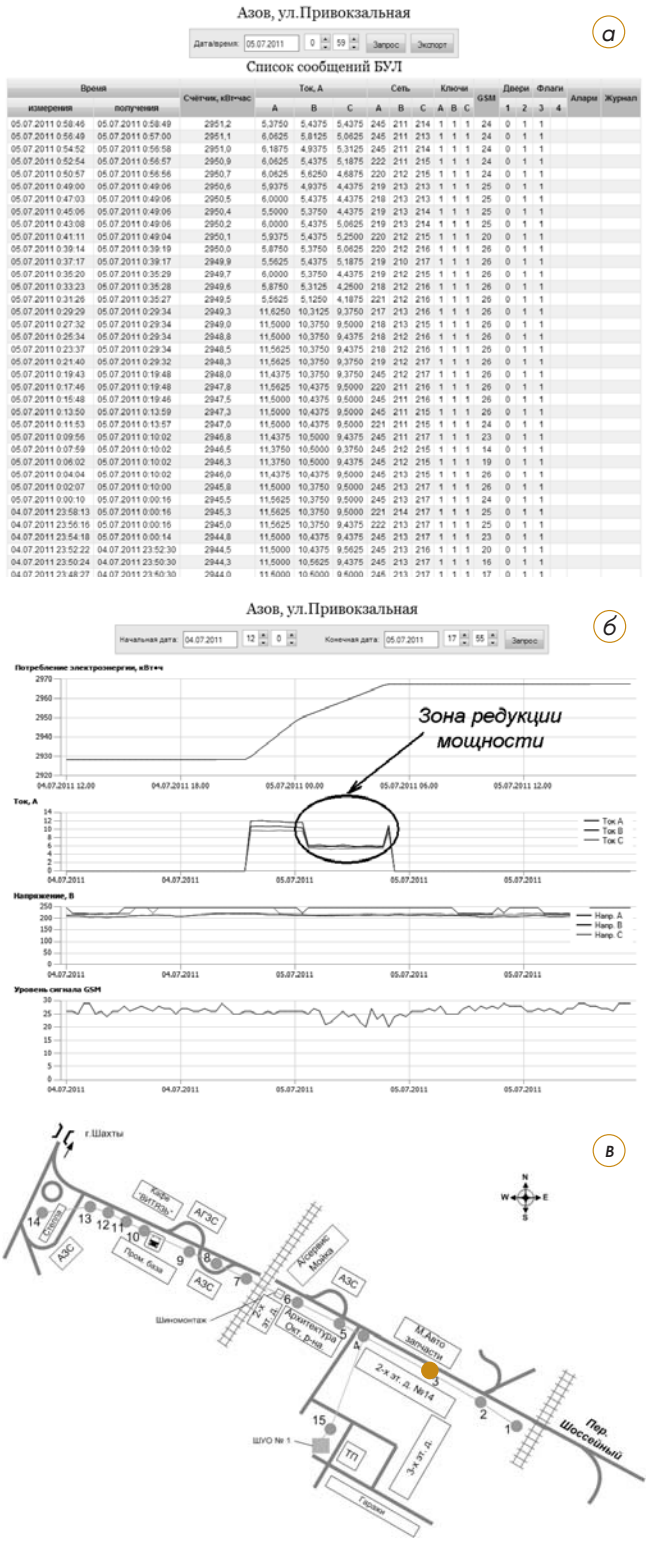

Рис. 4. Пример экранных форм Web-сайта

- повышение информированности персонала.

Практическая реализация полученных результатов научных исследований и опытно-конструкторских работ позволила модернизировать существующие СНО в г. Азове и Октябрьском районе Ростовской области, уменьшить энергопотребление на 25% и сократить эксплуатационные расходы на 30%.

Представленная разработка в 2010 г. удостоена золотой медали X Московского международного салона инноваций и инвестиций, диплома Южно-Российского форума "Энергоэффективная экономика", (г. Ростов-на-Дону), золотой медали конкурса аспирантов и молодых ученых в области энергосбережения в промышленности "Эврика-2010", (г. Новочеркасск). Коллектив авторов получил благодарственные письма от администрации Октябрьского района и администрации Ростовской области.

Список литературы

1. *Сапронов А.А., Никуличев А.Ю.* Способы и средства повышения энергоэффективности наружного освещения. // Энергосовет. 2011. № 2. Электронный ресурс. http://www.energosovet.ru.
2. *Сапронов А.А., Никуличев А.Ю., Лещенко А.Г. и др.* Модем для передачи данных по электрической сети напряжением 0,4 кВ // Кибернетика энергетических систем: Материалы XXVIII сессии Всероссийского семинара "Диагностика энергооборудования". 2006. ЮРГУ (НПИ): Изв. ВУЗов. Электромеханика (Прил. к журналу). Новочеркасск. 2006.
3. *Сапронов А.А., Никуличев А.Ю., Лещенко А.Г. и др.* Способ адресного управления светильниками уличного освещения на основе модуляции основной гармоники напряжения // Кибернетика электрических систем: Материалы XXXI сессии семинара "Электроснабжение промышленных предприятий". Новочеркасск. 2009 / ЮРГУ (НПИ). Новочеркасск: Ред. журн. "Изв. вузов. Электромеханика" (Специальный выпуск). 2009.
4. *Сапронов А.А., Никуличев А.Ю., Лещенко А.Г. и др.* Способ диагностики неисправностей в системах уличного освещения // Кибернетика энергетических систем: Матер. XXX сессии семинара "Диагностика энергооборудования". Новочеркасск. 2008. / ЮРГУ (НПИ). Новочеркасск: Изв. ВУЗов. Электромеханика (спец. выпуск). 2008.

***Сапронов Андрей Анатольевич** – д-р техн наук, проф., заведующий кафедрой "Энергетика и безопасность жизнедеятельности",*

***Никуличев Александр Юрьевич и Лещенко Антон Геннадьевич** – аспиранты*

ФГБОУ "Южно-российский государственный университет экономики и сервиса"

Контактный телефон (8636) 22-30-31. E-mail: sapronov@inbox.ru nikulichev@list.ru

АСУ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ГОРОДА

А.Ю. Угреватов, В.Ю. Угреватов (НПФ "КРУГ")

Представлено типовое решение АСУ наружным освещением города на основе программно-технических средств НПФ "КРУГ". Основной акцент на повышение экономической эффективности за счет сокращения энергозатрат на освещение, снижения расходов на техобслуживание уличных светильников.

Ключевые слова: АСУ НО, центральный диспетчерский пункт, учет потребляемой электроэнергии, обнаружение, сигнализация и регистрация аварийных ситуаций, SCADA.

АСУ наружным освещением (АСУ НО) города предназначена для централизованного автоматического и оперативно-диспетчерского управления наружным освещением улиц, объектов и других территорий городов (рис.1).

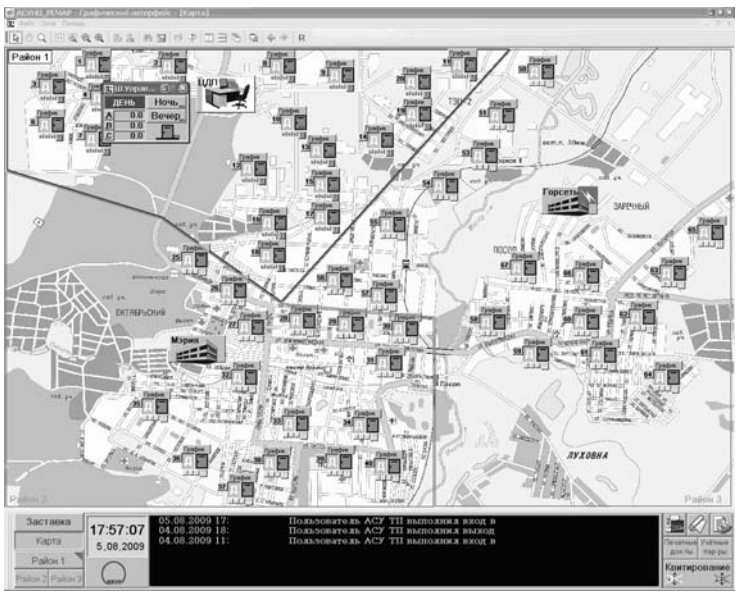

Рис. 1. Панель диспетчерского управления системой

Система уличного освещения состоит из пунктов включения (ПВ), имеющих канал связи с центральным диспетчерским пунктом (ЦДП), от которого поступают команды управления освещением (включение/отключение, смена режима и т.д.). ПВ могут располагаться в трансформаторных подстанциях или непосредственно на световых опорах.

Цели и задачи создания АСУ НО

- Повышение экономической эффективности за счет сокращения энергозатрат на освещение, снижения расходов на техобслуживание уличных светильников.
- Повышение надежности эксплуатации системы уличного освещения и уровня безопасности пешеходов и водителей.
- Обеспечение максимально комфортных условий труда эксплуатационного персонала.
- Построение системы с учетом возможности последующего развития и наращивания информационной мощности.

Функции системы

Информационные функции обеспечивают формирование экранных изображений и вы-