

POE-ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ: БОЛЬШЕ, ЧЕМ ВЫСОКАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

А.Макдессиан, Т.Хайян

Светодиодное освещение – широко распространенная технология, которая вытесняет лампы накаливания, галогеновые и люминесцентные светильники. Хотя положительные качества светодиодов очевидны (длительный срок службы, высокая энергоэффективность и компактные размеры), оптимальный способ питания этих устройств до сих пор остается предметом обсуждения специалистов. Применение PoE-технологии (питание через Ethernet) для светодиодного освещения обеспечивает преимущества благодаря сетевым возможностям Ethernet и меньшим затратам на техническое обслуживание. Рассмотрим особенности и перспективы этой технологии. На примере построения PoE-системы для питания светодиодных ламп с использованием компонентов компании Maxim Integrated сравним эффективность традиционного способа питания светодиодов от сети переменного тока и варианта на основе PoE-технологии.

ПРЕИМУЩЕСТВА POE-ТЕХНОЛОГИИ

Светодиоды относятся к низковольтным устройствам. Чтобы обеспечить совместимость с питанием от сети переменного тока, большинство драйверов светодиодов используют AC/DC-преобразователи, что приводит к потерям энергии. Процесс преобразования напряжения снижает эффективность системы, поэтому питание светодиодов от сети постоянного тока дает значительную экономию.

PoE-технология (питание через Ethernet) регламентируется стандартом IEEE 802.3, который вышел в 2003 году и, доработан в 2009-м. Этим стандартом определено, что питание и коммуникационные данные могут передаваться по одному стандартному сетевому кабелю (например, категории Cat5 или Cat6) непосредственно на устройства, подключенные к сети. Напряжение питания формируется с помощью питающего оборудования (Power-Sourcing Equipment – PSE), размещенного в коммутаторе или концентраторе (хабе). Устройства, подключенные к сети (в нашем примере светодиодные лампы), в этом случае являются питаемыми устройствами (PD).

Чтобы скомпенсировать потери энергии в сетевом кабеле, в питающем оборудовании (PSE) предусмотрен необходимый запас мощности. Первоначальная версия стандарта IEEE802.3af устанавливала максимальную мощность питающего оборудования на уровне 15,4 Вт при напряжении питания от 44 до 57 В DC и при использовании кабеля категории Cat3 и выше. В этом случае мощность питаемого устройства ограничивается 13 Вт при напряжении от 37 до 57 В DC. Впоследствии стандартом IEEE802.3at мощность PSE была увеличена до 30 Вт в диапазоне питающего напряжения от 50 до 57 В DC при использовании кабеля категории Cat5 и выше. При таких условиях максимальная мощность питаемого устройства может достигать 25,5 Вт в диапазоне питающего напряжения от 50 до 57 В DC. Стандарт IEEE 802.3bt, утверждение которого ожидается в ближайшее время, регламентирует выходную мощность PSE на уровне 90 Вт.

При использовании PoE-технологии каждый светодиодный светильник может функционировать как plug-and-play-устройство с разъемом RJ-45 и собственным IP-адресом. Кроме того, оснащение светодиодного

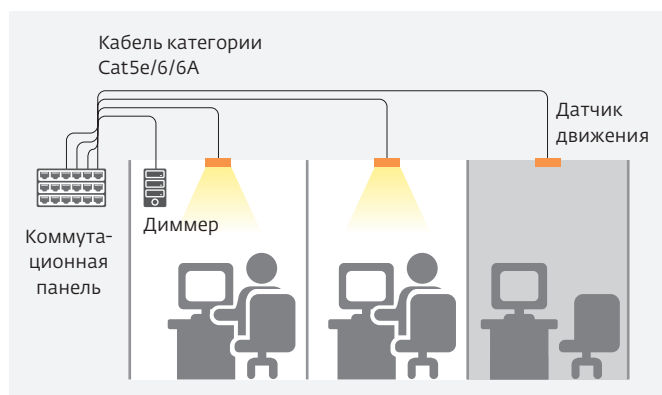


Рис.1. Подключенные к сети светодиодные светильники превращаются в интеллектуальные устройства

светильника датчиками превращает его из простого осветительного устройства в интеллектуальный светодиодный хаб, который может собирать информацию об общей освещенности, температуре, влажности и количестве людей в помещении. Эти данные могут быть впоследствии переданы в централизованный контроллер, управляющий системой. Так, например, мониторинг числа людей, находящихся в помещении, позволяет включать свет, когда человек входит в комнату, и отключать, когда комната пустеет (рис.1). Датчики внешней освещенности могут использоваться в системах аккумулирования энергии в светлое время суток и для регулировки интенсивности свечения светодиодов, а также для поддержки постоянного уровня освещенности в темное время. PoE-технология идеально подходит для питания, подключения и управления интеллектуальными светодиодными хабами по локальным сетям.

Таким образом, система светодиодного освещения становится частью IT-инфраструктуры и позволяет пользователю получать доступ к другим сервисам в здании через любые подключенные к сети устройства (телефоны, планшеты, ПК). Например, можно использовать датчики присутствия для того, чтобы найти ближайшую свободную комнату для переговоров. На еще большие преимущества могут рассчитывать управляющие и менеджеры, которые получают комплексную картину потребления энергии на объекте. Благодаря возможности мониторинга и управления всеми узлами сети (в том числе системами отопления и вентиляции) в режиме реального времени, можно оценивать резервы снижения энергозатрат и повышения эффективности эксплуатации объекта. На основе полученных данных и информации о поведении пользователей можно корректировать графики отопления, освещения и уборки помещений.

Дополнительным преимуществом использования PoE-технологии является готовность сети светодиодного

освещения к расширению и модернизации. Светодиодные светильники (и связанные с ними интеллектуальные датчики) расположены в наиболее удобных местах, поэтому новые датчики и коммуникационные модули, такие как точки беспроводного доступа, могут быть подключены к системе без существенных затрат.

PoE-технология снижает стоимость развертывания и установки подключенных к сети устройств, будь то датчики или светодиодные лампы. Затраты на прокладку кабелей уменьшаются за счет того, что данные и питание передаются по одному и тому же кабелю. Затраты на монтаж системы также оптимизируются, поскольку для установки сетевого кабеля не требуются квалифицированные электротехники. Кроме того, монтаж системы более безопасен, так как в ней используется постоянное напряжение, а не напряжение сети переменного тока 110 или 220 В. PoE-сеть позволяет эффективнее управлять питанием: обеспечивается как контроль питания дискретных устройств, так и резервирование питания во время отключений электроэнергии.

Все эти преимущества светодиодных систем освещения на базе PoE-технологии вновь спровоцировали дискуссию о том, какая система питания светодиодов предпочтительнее: от сети переменного тока или постоянного. У разработчиков систем освещения возникает множество вопросов. Один из важнейших – какова величина омических потерь в кабеле типа Cat5 и достаточно ли они малы, чтобы обеспечить преимущество в эффективности системы при отказе от дополнительной ступени AC/DC-преобразования, которое требуется в случае питания от сети переменного тока?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, проанализируем три варианта построения системы питания светодиодных ламп мощностью 10 и 20 Вт. Два варианта основаны на PoE-технологии: первый – в соответствии со стандартом IEEE802.3af (15,4-Вт PSE и 13-Вт PD), второй – согласно стандарту IEEE802.3at (30-Вт PSE и 25,5-Вт PD). В третьем варианте используется сеть переменного тока напряжением 230 В.

КАК ДЛИНА КАБЕЛЯ ВЛИЯЕТ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Рассмотрим пример построения типовой системы питания светодиодной системы освещения на базе PoE-технологии (рис.2). В этой системе в качестве входного источника питания используется AC/DC-источник серии PSE-1000 от компании CUI мощностью 1000 Вт с типовым значением КПД 90%. PSE управляется контроллером MAX5984 с выходной мощностью 40 Вт от компании Maxim, а в качестве PD применяется контроллер MAX5982 мощностью 70 Вт той же компании. Кабельная разводка выполнена на основе кабеля Cat6 сечением 23AWG, имеющего сопротивление 67 Ом/1 км.

Расчет эффективности PoE-системы питания для светодиодного освещения

| AC/DC-источник питания (1000 Вт) | | | PSE | | | Ethernet-кабель (Cat6 23AWG) | | PD | | Драйвер светодио-дов | | Свето-диод | Расчет | | Результат |
|----------------------------------|--------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------|--------|--------------|--------------------------|---|----------------|
| Входная мощность, Вт | КПД, % | Выходное напряжение, В | Сопروتивление ключа, Ом | Сопротивление предохранителя, Ом | Падение напряжения на диоде, В | Длина кабеля, м | Сопротивление, Ом | Сопротивление FET-моста, Ом | Сопротивление ключа развязки, Ом | Входная мощность, Вт | КПД, % | Мощность, Вт | Ток в Ethernet-кабеле, А | Напряжение на входе драйвера светодиодов, В | КПД системы, % |
| Pac | | V1 | R1 | R1b | Vd1 | | R2 | R3 | R4 | P3 | | PLED | I2 | V3 | |
| 11,92 | 90 | 54 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 25 | 1,68 | 0,1 | 0,1 | 10,53 | 95 | 10 | 0,199 | 52,99 | 83,9 |
| 24,08 | 90 | 54 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 25 | 1,68 | 0,1 | 0,1 | 21,05 | 95 | 20 | 0,401 | 52,46 | 83,1 |
| 12,00 | 90 | 54 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 50 | 3,35 | 0,1 | 0,1 | 10,53 | 95 | 10 | 0,200 | 52,65 | 83,4 |
| 24,40 | 90 | 54 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 50 | 3,35 | 0,1 | 0,1 | 21,05 | 95 | 20 | 0,407 | 51,77 | 82,0 |
| 12,16 | 90 | 54 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 100 | 6,70 | 0,1 | 0,1 | 10,53 | 95 | 10 | 0,203 | 51,96 | 82,3 |
| 25,10 | 90 | 54 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 100 | 6,70 | 0,1 | 0,1 | 21,05 | 95 | 20 | 0,418 | 50,32 | 79,7 |

Поскольку на КПД системы оказывает влияние длина кабеля Cat6, проведем расчет эффективности системы для случаев, когда длина кабеля составляет 25, 50 и 100 м (максимально допустимая длина), а мощность светодиодных ламп – 10 и 20 Вт. В расчете учтем, что КПД драйвера светодиодов MAX16832 составляет 95%, хотя реальная эффективность системы может быть выше, поскольку КПД этого драйвера зависит от входного напряжения (рис.3).

Результаты расчета показали, что КПД системы меняется в диапазоне от 79,7% до 83,9% в зависимости

от длины кабеля и мощности светодиодных светильников (см. табл.). Для светильников более высокой мощности эффективность системы может существенно понижаться. Поэтому более предпочтительно для повышения эффективности сохранять достаточно низкой мощность на каждый порт. Кроме того, это обеспечивает более точное управление светодиодным освещением. Следует отметить, что светодиодная лампа 20 Вт примерно эквивалентна по интенсивности света галогеновой лампочке 200 Вт, поэтому и в случае применения светодиодов 10 Вт обеспечивается более чем достаточная освещенность.

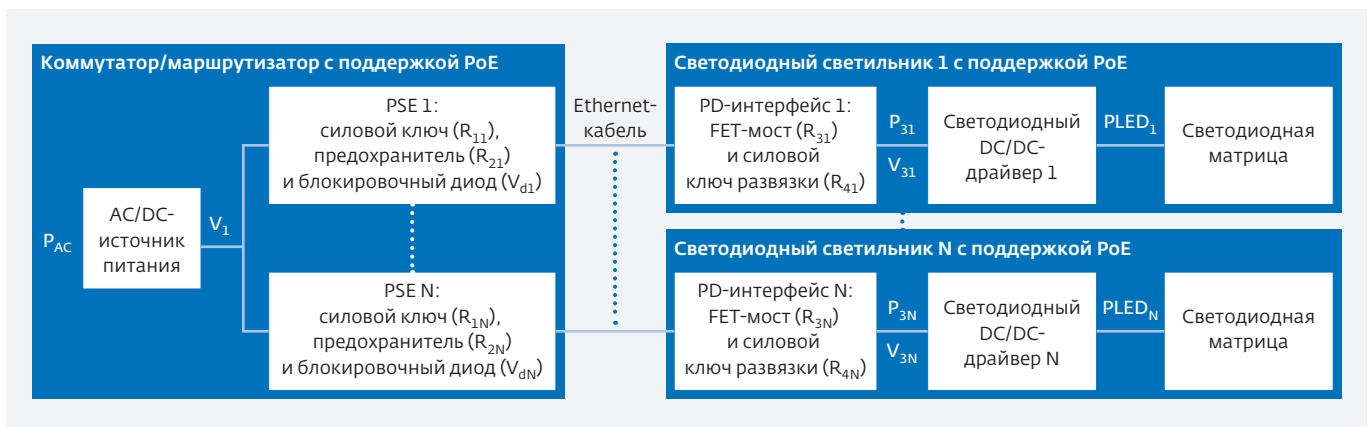


Рис.2. Блок-схема типовой системы питания на базе PoE-технологии

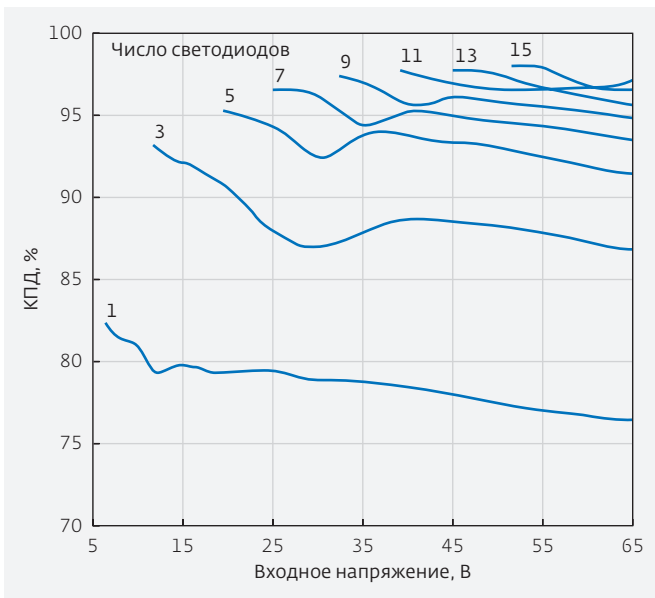


Рис.3. КПД драйвера светодиодов MAX16832 от Maxim

КАК АС/DC-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВЛИЯЕТ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ

В системе с питанием от сети переменного тока АС-напряжение подается прямо на светодиодный светильник, в котором необходимо использовать АС/DC-преобразователь (рис.4). В этом случае потери мощности из-за кабеля минимальны. Большая часть потерь связана с АС/DC-преобразованием на каждом отдельном светильнике. В качестве АС/DC-преобразователя в светильнике можно использовать светодиодный АС/DC-драйвер MAX16841 от компании Maxim с постоянным контролем частоты. Это устройство позволяет оптимизировать эффективность преобразования как при больших, так и при малых питающих напряжениях благодаря работе в режиме проводимости. Согласно техническим данным, КПД драйвера MAX 16841EVKIT при работе на восемь последовательно включенных светодиодов составляет 82,9% с регулировкой яркости светодиодов и 84,8% – без такой регулировки. Выходная мощность драйвера составляет 10 Вт.

АС ИЛИ PoE: ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

Итак, можно подвести итоги. Если в нашем примере использовать светодиодный светильник с регулировкой яркости, то КПД системы с питанием от сети переменного тока (82,9%) будет лишь немного выше, чем КПД аналогичной PoE-системы с применением кабеля длиной 100 м (82,3%). Если выбрать кабель категории Cat5 длиной 25 м, то по эффективности система с АС-питанием уступает PoE-системе на 1% (КПД составит 82,9% против 83,9% для PoE-системы).

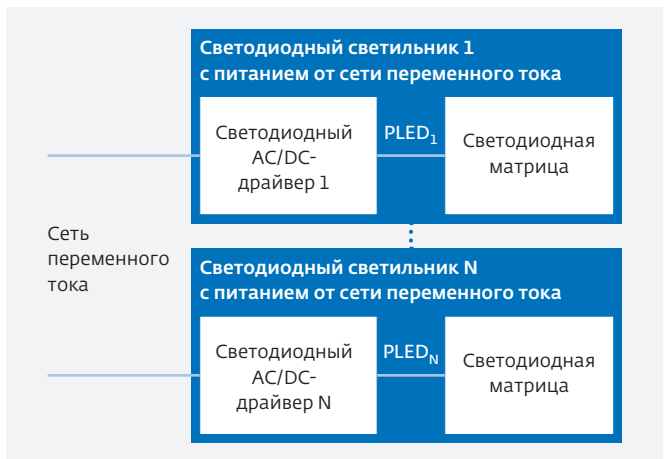


Рис.4. Питание светодиодных светильников от сети переменного тока

По мере повышения мощности светодиодных светильников эффективность PoE-системы снижается и становится меньше, чем у АС-системы.

Таким образом, эффективность PoE-системы в сравнении с АС-системой зависит от нужд освещения и конкретного приложения. Эффективность PoE-системы всегда выше эффективности АС-системы, когда выходная мощность каждого отдельного светильника низка и когда длина кабеля Cat5 или Cat6 сравнительно мала.

Следует также отметить, что в нашем примере использовался кабель Cat6 типа 23AWG. Однако эффективность PoE-системы освещения можно дополнительно повысить, если выбрать кабель Cat6 типа 22AWG с меньшим сопротивлением. Этот кабель в настоящее время не так широко распространен, но по мере роста применения PoE-технологии в освещении он будет становиться более доступным.

* * *

В нашем примере принимался в расчет только КПД системы. Чтобы оценить все затраты на эксплуатацию АС- и PoE-систем питания, необходимо также учитывать стоимость труда электромонтажников при выполнении работ по установке системы освещения и замене ламп. Кроме того, не следует забывать, что светодиодные светильники с питанием по PoE-сети могут быть легко сопряжены с датчиками, беспроводными коммуникационными модулями и встраиваемыми процессорами. Подключение подобных интеллектуальных хабов к локальным сетям дает возможность модернизации системы освещения и обеспечивает поддержку таких перспективных технологий, как Интернет вещей, без дополнительных затрат.