

УДК621.3

**ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ: РЕГУЛИРОВКА С
ПОМОЩЬЮ ШИМ, CCR, DALI, DMX, 0-10V
LIGHTING CONTROL TECHNOLOGIES: DIMMING LED LIGHTS WITH
PWM, CCR, DALI, DMX, 0-10V**

Ю.И. Богданов, А.С. Пильник

Научный руководитель – В.Б. Козловская к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Y. Bogdanov, A.Pilnik

Supervisor – V. Kozlovskaya, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: светодиод, драйвер, управление, протокол, регулировка.

Abstract: LED, driver, control, protocol, dimming.

Ключевые слова: регулировка, ШИМ, CCR, DALI, DMX, 0-10V.

Keywords: dimming, PWM, CCR, DALI, DMX, 0-10V.

Введение

Светодиоды — это устройства, которые производят свет, когда через них протекает электрический ток. Поскольку светодиоды не работают от переменного тока, драйверы светодиодов используются для преобразования тока сети в постоянный ток низкого напряжения, необходимый для светодиодов. Также задача драйверов состоит в том, чтобы регулировать ток, протекающий через светодиоды, и позволять соответствующим образом изменять светоотдачу. Процесс регулировки состоит из двух этапов: схема регулировки освещением или управляющее устройство отправляет запрос на регулирование в виде управляющих сигналов драйверу, который затем интерпретирует управляющий сигнал и регулирует нагрузку на светодиоды в соответствии с запросом.

Драйверы светодиодов можно настроить для регулирования светодиодов двумя способами:

- Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)
- Уменьшение постоянного тока (CCR)

Наиболее часто используемые методы инициирования сигнала от диммера к драйверу:

- 2-Проводный (Прямая фаза)
- 2-Проводный (Обратная фаза)
- 3-Проводный
- 4-проводный (0-10 В)
- Цифровой Адресуемый Интерфейс Освещения (DALI)
- Цифровой мультиплексор (DMX)

Основная часть

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)

Широтно-импульсная модуляция переключает ток светодиода на высокой частоте между 0 и номинальным выходным током для регулировки яркости

светодиода. Непрерывный поток импульсов модулируется на частоте, достаточно высокой, чтобы быть незаметной для человеческого глаза или даже для высокоскоростных видеокамер. Регуляция освещения с широтно-импульсной модуляцией может использоваться для светодиодных матриц, которые работают либо с драйверами постоянного напряжения (CV), либо с драйверами постоянного тока (CC).

Драйвер ШИМ будет управлять светодиодами только при номинальном уровне прямого тока или нулевом. Таким образом, цветовая температура светодиодов поддерживается во всем диапазоне регулирования света. Согласованная цветовая температура упрощает процесс смешивания цветов. Таким образом, ШИМ-управление особенно эффективно для задач полноцветной настройки RGB. ШИМ также является энергоэффективным методом модуляции тока, поскольку он периодически переключается между током полной амплитуды и нулевым током, тем самым сокращая время работы светодиодов.

Основным недостатком ШИМ-управления является то, что высокочастотное переключение может создавать электромагнитные помехи (EMI) и слышимый шум. Кроме того, драйверы ШИМ нельзя устанавливать дистанционно, так как изменения емкости и индуктивности из-за увеличения расстояния передачи могут привести к помехам при управлении высокой частотой.

Уменьшение постоянного тока (CCR)

Уменьшение постоянного тока (CCR) или аналоговое затемнение изменяют светоотдачу светодиодов, регулируя непрерывный ток, поступающий на светодиоды. Величина светового потока примерно пропорциональна току, протекающему через светодиод. CCR решает фундаментальные проблемы, связанные с ШИМ регулированием, и может использоваться в задачах со строгими требованиями к электромагнитным помехам. Драйверы CCR невосприимчивы к емкости и индуктивности провода и могут монтироваться удаленно от источника света. Их более высокий предел выходного напряжения (60 В) в отличие от драйверов, использующих ШИМ (24,8 В), позволяет их использовать для сухих и влажных помещений. Без пульсации от быстро поднимающихся и опускающихся границ, как в случае с ШИМ-драйвером, драйверы CCR можно использовать в задачах фотографии, видеосъемки и машинного зрения, где скорость затвора камеры или скорость сканирования видео должны быть синхронизированы с частотой мерцания.

При более высоких токах световой поток светодиодного светильника, работающего на CCR, увеличивается не так быстро и не демонстрирует линейного изменения светового потока, из-за эффекта спада. При регулировании света с помощью CCR светодиоды работают ниже номинального тока. В результате может произойти изменение цвета. Неспособность обеспечить точную светоотдачу и цветовую температуру делает аналоговое регулирование неблагоприятным в задачах для смешивания цветов, где необходимо поддерживать точные уровни для каждого цвета. При очень низких токах (ниже 10%) аналоговое регулирование может работать плохо, и светоотдача может

изменяться. Поэтому обычно светодиодные светильники с драйверами ССR не регулируются до уровня ниже 10%.

Схемой регулирования света ССR можно управлять с помощью различных протоколов, включая 0-10 В, DALI и ZigBee. Однако ССR не работает с драйверами постоянного напряжения.

Методы инициирования сигнала от диммера к драйверу

Основная задача, связанная с регулированием освещения светодиодов, состоит в том, чтобы обеспечить плавную кривую яркости света в широком диапазоне, удовлетворяющую требованиям человеческого глаза и машинного зрения. Существует множество методик для управления освещением. Эти решения имеют соответствующие прикладные требования.

Фазовые регуляторы мощности

Фазовые регуляторы мощности работают, отключая часть сигнала переменного тока, чтобы ограничить величину напряжения и тока, подаваемых на светильник. Поскольку эти светорегуляторы обычно отключают фазу напряжения выше пика тока в соответствии с требованиями нагрузки, их часто называют диммерами с регулированием фазы или фазовым отключением. Этот тип схем управления светом особенно хорошо работает с лампами накаливания и другими осветительными приборами, которые создают резистивную нагрузку на диммер. Стоит отметить, что большинство светодиодных драйверов содержат реактивные компоненты, такие как катушки и конденсаторы, которые создают реактивную нагрузку на диммер. Если драйвер светодиода не предназначен для распознавания и реагирования на сигналы напряжения от схем фазового регулирования светом, регуляция светодиодов с обычными схемами управления, вероятно, приведет к нежелательным эффектам, например мерцанию. Диммеры с фазовым регулированием доступны в следующих категориях:

2-проводные диммеры прямой фазы используют высокоскоростное двунаправленное тиристорное устройство для вырезания части сигнала переменного тока на переднем крае каждой полусинусоидальной волны. Тиристорное устройство обычно представляет собой симистор (триод для переменного тока) или SCR (кремниевый управляемый выпрямитель), который способен переключать и регулировать мощность переменного тока в обоих направлениях синусоидальной формы. Для того чтобы симистор сохранял свое проводящее состояние, диммер должен быть включен с минимальным током удержания в диапазоне 30-50 мА. Светодиодный источник света может потреблять недостаточно тока для срабатывания симистора. В результате при подключении к симисторному диммеру светодиодная лампа может работать непоследовательно, и может возникать искра из-за того, что входная емкость заряжается пусковым током и относительно большим сопротивлением, вносимым светодиодами во входную линию. Поэтому только специально разработанные светодиодные драйверы могут использоваться с таким тиристорным устройством.

2-проводные диммеры обратной фазы первоначально были разработаны для управления электронными трансформаторами низкого напряжения (ELV), которые создают сигналы обратной фазы. Диммер обратной фазы отсекает часть

формы сигнала напряжения на задней кромке каждого полупериода питания входного сигнала. Диммер использует схему MOSFET или IGBT для отключения проводимости через заданное время после естественной нулевой точки световой волны переменного тока. Трансформаторы ELV обычно используются для работы ламп MR16. Для диммеров обратной фазы, работающих на трансформаторах ELV со светодиодной нагрузкой, должна быть предусмотрена достаточно большая резистивная нагрузка, чтобы соответствовать минимальным требованиям к мощности трансформаторов ELV. Входная емкость светодиодной нагрузки должна быть уменьшена до минимума, чтобы предотвратить высокий повторяющийся пиковый ток, протекающий от трансформатора к нагрузке.

3-проводные диммеры прямой фазы имеют отдельный провод линейного напряжения, который передает сигнал затемнения управления фазой. Наличие этого электрического обратного пути делает диммеры менее восприимчивыми к электрическим помехам и позволяет драйверам оставаться синхронизированными с входной формой сигнала переменного тока. Светодиодный драйвер должен быть специально рассчитан для 3-проводной схемы управления.

4-проводное (0-10 В) управление светом

Управление 0-10 В представляет собой 4-проводную схему, которая использует аналоговый сигнал низкого напряжения для регулировки выходной мощности подключенной нагрузки. Существует два типа регуляторов 0-10 В: источник тока и приемник тока. Регулирование света источника тока — это интерфейсный (управляемый пользователем) метод управления освещением, предназначенный для театральных и развлекательных задач. В этом методе светодиодный драйвер является источником тока для сигнала постоянного тока, а диммер является точкой отсчета. Пара проводов низкого напряжения состоит из фиолетового провода (+10 В постоянного тока) и серого провода (общий сигнал). Драйвер связывает входное напряжение, которое регулируется путем изменения напряжения в диапазоне от 1 вольта (сигнал минимального уровня) до 10 вольт (максимальная освещенность), с определенной регулируемой нагрузкой. Когда эти два провода разомкнуты, драйвер получает сигнал регулирования 10 В и выдает 100 % номинальной нагрузки. Когда фиолетовый и серый провода закорочены вместе, драйвер получает сигнал регулирования 0 В, и выход драйвера будет установлен на минимум. Если установлен уровень 60%, диммер снизит напряжение сигнала до 6 В. Этот метод также известен как уменьшение яркости на 1-10 В, так как 1 вольт является сигналом минимального уровня, а 0 В выключает лампу, когда драйвер переходит в спящий режим. Большинство драйверов с регулируемой яркостью 0-10 В тускнеют от 100% до 10% кажущейся мощности.

В отличие от диммеров с фазовым регулированием, которые отключают питание линейного напряжения на приборе, в драйвере происходит регулирование 0-10 В, и, следовательно, в диммере не выделяется тепло и не передается по проводам. Этот атрибут позволяет светодиодным драйверам с регулируемой яркостью 0-10 В управлять большими нагрузками. Провода управления низким напряжением чувствительны к полярности. Длинные

провода могут привести к падению уровня сигнала, что приведет к неравномерному светоотдаче от светильников, которые управляются разными драйверами и управляются одним и тем же устройством управления. Другая проблема, что регулировка сигнала 0-10 В с помощью диммеров разных производителей не обязательно приведет к равномерному затемнению различных светодиодных светильников. Что еще хуже, так это то, что плохая совместимость между диммерами и драйверами может создать новый уровень проблем.

Цифровой адресный интерфейс освещения (DALI)

DALI был создан для обеспечения централизованного управления светильниками по одной паре проводов, которая работает примерно при 16 В постоянного тока и передает цифровой сигнал от контроллера DALI к светодиодному драйверу. Два других провода обеспечивают постоянное линейное напряжение для драйвера. Этот протокол интерфейса для цифровой связи позволяет адресовать, группировать и затемнять до 64 светильников и устройств управления. Его способность взаимодействовать со светильниками индивидуально, коллективно или группами посредством двунаправленного обмена данными обеспечивает большую гибкость в управлении освещением. Система DALI может в цифровом виде назначать датчики присутствия, фотоэлементы, часы времени и другие устройства управления одному или нескольким устройствам без сложной проводки. DALI решает проблему многослойного управления освещением, для которого требуется, чтобы светильники реагировали на более чем один контроллер и были назначены нескольким зонам управления одновременно.

Протокол использует логарифмическое регулирование светом с кривой, соответствующей чувствительности глаза. Технология затемнения DALI использует 8-битное разрешение для 254 отдельных шагов, позволяя пользователям получать очень точное управление выходом с диапазоном затемнения от 0,1% до 100%. Теперь поддерживается как смешивание цветов RGB, так и настройка цветовой температуры. Надежное управление цветом и автоматическое затемнение позволяют вызывать несколько световых сцен для помещения и динамически представлять их поэтапно с переменной длительностью.

Линии управления DALI не имеют полярности, что обеспечивает простоту установки. Система DALI использует сбалансированную пару проводов в качестве управляющей шины и манчестерское кодирование для модуляции данных. Поэтому цифровой сигнал невосприимчив к внешним помехам, все светильники в системе освещения DALI могут быть равномерно затемнены.

DMX

DMX или DMX512, первоначально разработанные для приложений развлекательного и сценического освещения, в настоящее время широко используются для придания драматизма и волнения театральному освещению во внутренних и внешних архитектурных пространствах. DMX использует дифференциальную сигнализацию EIA-485 (RS-485) на своем двухпроводном физическом уровне. Этот протокол связи на основе пакетов переменного размера

имеет скорость передачи 250 Кбит/с. Однонаправленный протокол на основе каналов непрерывно передает данные в последовательности до 512 кадров данных (слотов) для до 512 каналов. Каждый канал затемнения DMX512 управляет одним получателем и передает данные в 8 битах, обеспечивая 256 шагов глубины цвета. DMX обычно используется для управления светодиодами RGB, которые занимают три канала из потока DMX512 для управления одним триплетом. Данные передаются по экранированному кабелю cat5 или 3-жильному кабелю, который зависит от полярности. Удаленное управление устройствами (RDM) - это усовершенствование протокола DMX, которое обеспечивает двунаправленную связь между регулятором освещения и светильниками с поддержкой RDM.

Заключение

Превосходная управляемость светодиодов и их способность интегрироваться с датчиками, процессорами и сетевым интерфейсом обеспечивают функциональное, гибкое, адаптивное и интеллектуальное освещение. Также благодаря регулированию решаются такие вопросы как экономия энергии, настройка световых сцен, ориентированность освещения на человека, продление срока службы и др.

Литература

1. [Электронный ресурс]/ светодиодные источники света. -Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Addressable_Lighting_Interface. – Дата доступа: 25.03.2021.
2. [Электронный ресурс]/ светодиодные источники света. -Режим доступа: <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2020-pwm-leds-pulse-width-modulation-for-dimming-systems-and-other-applications/>. – Дата доступа: 25.03.2021.
3. [Электронный ресурс]/ светодиодные источники света. -Режим доступа:<https://www.manufacturer.lighting/info/190/>. – Дата доступа: 25.03.2021.
4. [Электронный ресурс]/ светодиодные источники света. -Режим доступа: <https://www.instyleled.co.uk/all-about-0-10v-control/>. – Дата доступа: 25.03.2021.