

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО
И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ЦЕНТР СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО,
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Ф.Т. ИМАМХОДЖАЕВ

**ДИММЕРЫ.
УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ
В ТЕЛЕВИДЕНИИ**

*Учебное пособие для
профессиональных колледжей*

Издательский дом «ILM ZIYO»
ТАШКЕНТ – 2016

УДК: 621.397.331.29(075)

ББК 32.94-5

И48

Рекомендовано к изданию Советом по координации деятельности научно-методических объединений высшего и среднего специального, профессионального образования

Рецензенты:

К.Э. Реджепов – директор Республиканского профессионального колледжа телевидения и радио;

Ш.С. Эсанбоева – заведующая кафедрой «Телевидение и радиотехнологии» Республиканского профессионального колледжа телевидения и радио, преподаватель специальных дисциплин.

Данное учебное пособие рассматривает основы художественно-постановочного освещения, особенности решения световых художественных задач на современном этапе развития технических и рыночных особенностей.

Дистанционное управление освещением, удобный контроль и взаимодействие всех элементов системы, множество сценариев исполнения, а также максимальная логичность – это самые важные условия, которым должна удовлетворять современная система управления освещением.

Предназначено для учащихся профессиональных колледжей и всех, интересующихся созданием «умного дома».

ISBN 978-9943-16-242-6

© «ILM ZIYO», 2016

© Ф.Т. Имамходжаев,
2016

ГЛАВА 1

УСТРОЙСТВО, ФУНКЦИЯ И СХЕМА ДИММЕРА

1.1. Определение диммеров

В данном учебном пособии рассмотрим устройство, которое регулирует яркость ламп накаливания. **Диммер** – от английского глагола «to dim» – темнеть, становиться тусклым. Иначе говоря, диммером можно регулировать яркость лампы. При этом замечательно то, что и потребляемая мощность уменьшается пропорционально.

Простейшие диммеры имеют одну поворотную ручку для регулировки и два вывода для подключения, используются для регулирования яркости ламп накаливания и галогенных ламп. В последнее время появились диммеры и для регулировки яркости люминесцентных ламп.

Ранее для регулировки яркости ламп накаливания использовались реостаты, мощность которых была не



Рис. 1. Устройство диммера

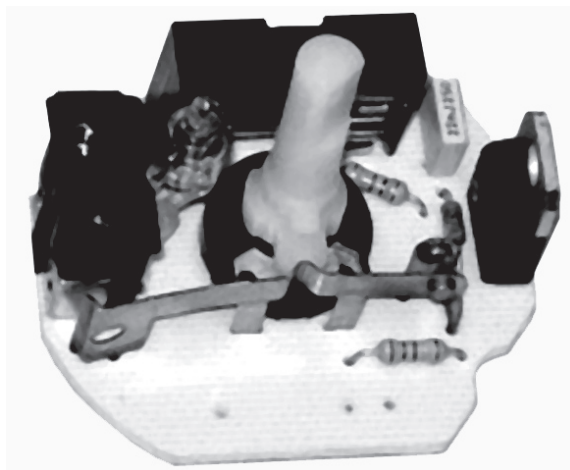


Рис. 2. Внутреннее устройство диммера

меньше мощности нагрузки. Причем при понижении яркости оставшаяся мощность никак не экономилась, а рассеивалась бесполезно в виде тепла на реостате. При этом никто не говорил об экономии, ее просто не было. Использовались такие устройства там, где действительно нужно было только регулировать яркость – например, в театрах.

Так было до появления полупроводниковых приборов – динистора и симистора (симметричного тиристора). Как устроен и работает симистор? В англоязычной практике приняты другие названия – диак и триак. На основе этих деталей и работают современные диммеры.

1.2. Место подключения диммера на системе освещения, принципы работы диммеров

Схема включения диммера крайне простая. Он включается так же, как и обычный выключатель, – в разрыв цепи питания нагрузки, то есть лампы. По установочным габаритам и креплению диммер идентичен выключателю. Поэтому установить его можно так же,

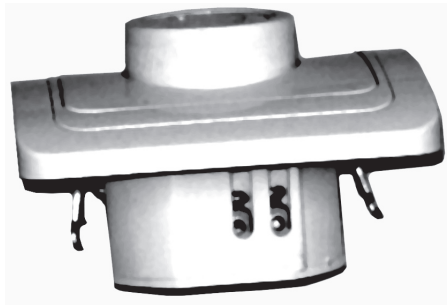


Рис. 3. Внешний вид поворотного диммера

как выключатель, – в монтажную коробку, и установка диммера не отличается от установки обычного выключателя. Единственное условие, которое предъявляет производитель – соблюдать подключение выводов к фазе и к нагрузке.

Все диммеры можно разделить на 2 группы: поворотные, или роторные (с регулятором – потенциометром), и электронные, или кнопочные, с управлением (с помощью кнопок).

1.3. Принципы работы блоков диммеров. Поворотный диммер

При регулировании (диммировании) ручкой потенциометра яркость зависит от угла поворота. Кнопочный диммер в смысле гибкости управления более гибок. Можно подключить несколько кнопок в параллель, и управлять диммером из разного количества мест. Конечно, это теоретически, на практике количество мест управления ограничивается 3–4, а максимальная длина проводов – около 10 метров, причем схема может быть критична к помехам и наводкам. Поэтому надо строго следовать рекомендациям производителя по монтажу.

Существуют также дистанционные диммеры, управляемые по радио- или инфракрасному каналу.

Цена диммеров с регулятором и кнопками отличается на порядок, ведь кнопочный диммер (например, диммер Legrand), как правило, собран с применением микроконтроллера. Поэтому гораздо более распространены поворотные диммеры, которые мы и рассмотрим ниже.

1.4. Устройство и схема соединения поворотного диммера

Устройство поворотного диммера весьма простое, но может отличаться у разных производителей. При этом основная разница – в качестве сборки и комплектующих.

Схема симисторных регуляторов в основном везде одинакова, отличается только наличием дополнительных деталей для более устойчивой работы на низких «выходных» напряжениях и для плавности регулирования.

Принцип действия схемы диммера. Для загорания лампы необходимо, чтобы симистор пропустил через себя ток. Это случится, когда между электродами симистора

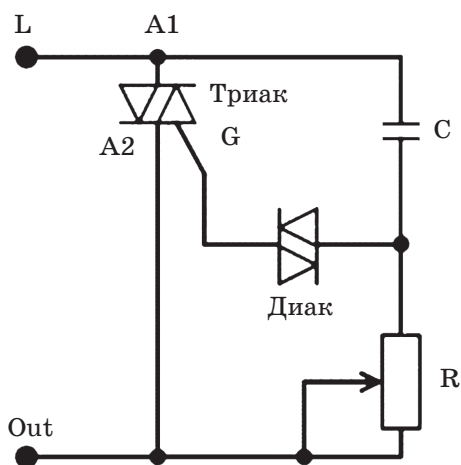


Рис. 4. Упрощенная схема диммера

A1 и G появится определенное напряжение. Появляется оно следующим образом.

При начале положительной полуволны конденсатор начинает заряжаться через потенциометр R. Понятно, что скорость заряда зависит от величины R. Иными словами, потенциометр меняет фазовый угол. Когда напряжение на конденсаторе достигнет величины, достаточной для открытия симистора и динистора, симистор открывается.

Иначе говоря, его сопротивление становится очень мало, и лампочка горит до конца полуволны. То же самое происходит и с отрицательной полуволной, поскольку диак и триак – устройства симметричные, и им все равно, в какую сторону течет через них ток.

В итоге получается, что напряжение на активной нагрузке представляет собой «обрубки» отрицательных и положительных полуволн, которые следуют друг за другом с частотой 100 Гц. На низкой яркости, когда лампа питается совсем короткими «кусочками» напряжения, заметно мерцание. Чего совсем не скажешь про реостатные регуляторы и регуляторы с преобразованием частоты.

На рис. 5 показана реальная схема регулятора яркости (диммера). Параметры элементов указаны с учетом

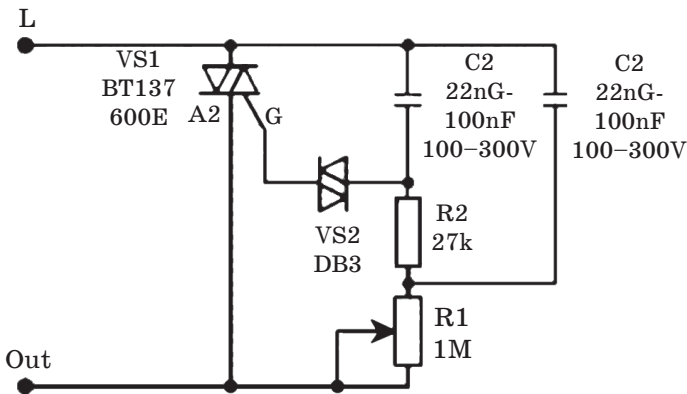


Рис. 5. Схема поворотного диммера

разброса у разных производителей, но суть от этого не меняется. Симисторы в практической схеме можно ставить любые, в зависимости от мощности нагрузки. Напряжение – не ниже 400 В, поскольку мгновенное напряжение в сети может достигать 350 В.

От величины конденсаторов и резисторов зависит начальная-конечная точки зажигания, стабильность горения лампы. При минимальном сопротивлении поворотного резистора R1 будет минимальное горение лампы.

При большом желании диммер можно попробовать сделать самостоятельно. Существует большое количество различных схем самодельных диммеров разного уровня сложности.

Диммеры: устройство, разновидности и способы подключения. Модульные диммеры

По внешнему виду модульные диммеры очень похожи на автоматические выключатели и подразумевают электромонтаж в распределительных щитах на DIN рейку. Они могут использоваться с лампами накаливания и галогенными светильниками с понижающими трансформаторами.

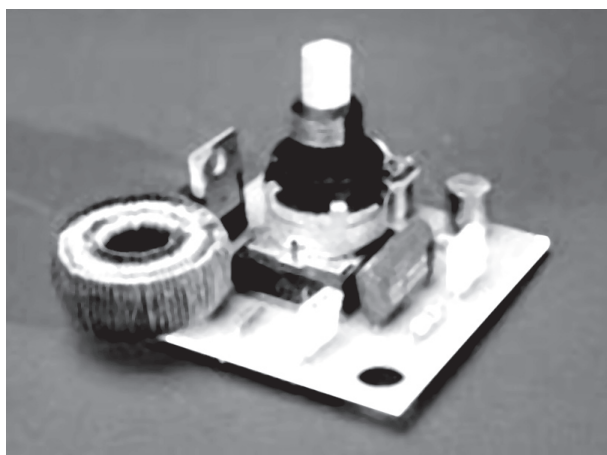


Рис. 6. Элементы диммеров

Модульные диммеры применяются в основном для управления освещением на лестничных клетках и в коридорах. Управляются диммеры подобного типа вынесенной отдельно кнопкой или обычным одноклавишным выключателем.

1.5. Диммеры для установки в монтажную коробку

Исполнение такого диммера явствует из названия, он устанавливается в такую же коробку, как выключатели и розетки. Используются эти диммеры обычно с лампа-

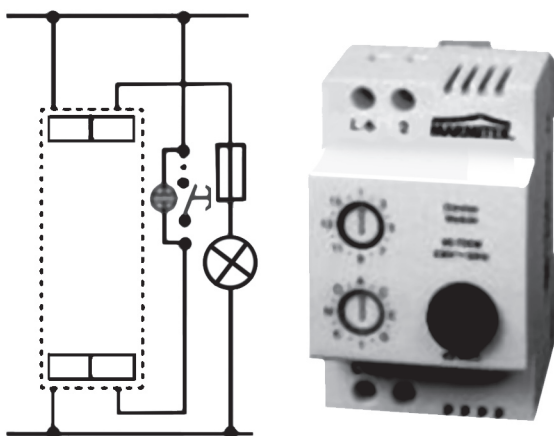


Рис. 7. Диммеры для установки в монтажную коробку

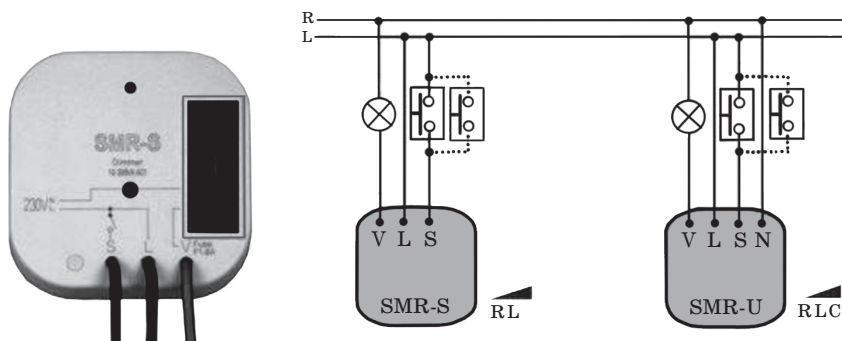


Рис. 8. Схема соединения диммера

ми накаливания, галогенными лампами с понижающим трансформатором (индуктивная нагрузка) и с галогенными лампами с электронным трансформатором (емкостная нагрузка). Управляются они кнопкой, которая ставится в коробку поверх установленного устройства.

Виды диммеров. Диммер моноблочный

Исполняется обычно единым блоком для установки в монтажную коробку, как обычный выключатель. Для электромонтажа данного диммера потребуется установочное гнезда под монтажную коробку от 26 мм, в зависимости от модели. Его очень удобно использовать в тонких перегородках, где толщина стены либо другие причины не позволяют установить обычный стандартный выключатель. Используются такие модели, как и устройства предыдущего типа.

Главное отличие состоит в том, что устройства этого типа имеют двухпроводное подключение. Они включаются в разрыв фазной цепи нагрузки. Устройства этого типа имеют широкое разнообразие внешнего исполнения, как в плане дизайна, так и в плане цветовой гаммы.

Моноблочные диммеры в свою очередь могут отличаться по исполнению управляющей части:

1. *Диммеры поворотно-нажимные* срабатывают при нажатии на ручку-клавишу, регулировка производится ее вращением.

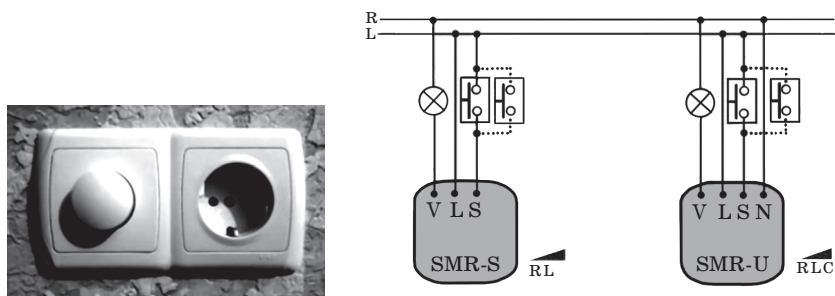


Рис. 9. Схема соединения моноблочного диммера

2. В *поворотные диммеры* все управление производится исключительно вращением ручки. Минус такого решения в том, что невозможно сохранить в памяти значение освещенности для запуска. Старт всегда происходит с минимальной яркостью.

3. *Клавишные диммеры* по внешнему виду практически неотличимы от обычных выключателей. При нажатии происходит включение/выключение, а при удержании клавиши более 3 сек. – непосредственно регулировка.

4. *Сенсорные выключатели* являются более совершенным типом устройств. Все управление выполнено без движущихся деталей, а соответственно и более надежно. Управляют такими моделями путем прикосновения к сенсорной панели.

Теперь немного о минусах данных устройств.

Если вы планируете нагрузить свои диммеры люминесцентными либо энергосберегающими лампами, вы очень рискуете получить лишние затраты, так как люминесцентные и энергосберегающие лампы не диммируются.

Бывают случаи, что такая спарка – диммер/энергосберегающая лампа вроде бы как работает. На самом деле срок работы лампы в таком режиме сокращается до 100–150 часов, диммер в связи с постоянной перегрузкой «проживет» не намного дольше.

У всех диммеров существует потребность в минимальной нагрузке. Обычно это около 40 Вт. При уменьшении нагрузки, которое может быть вызвано разными факторами, например – перегорела одна из ламп, ухудшился контакт и т.д., появляется мерцание нагрузки с частотой около 50 Гц, иногда сопровождается гудением такой же частоты.

При еще более значительном понижении нагрузки срабатывает система защиты устройства, либо диммер выходит из строя. На практике зачастую решается этот вопрос установкой в параллель с основной нагрузкой лампы накаливания мощностью от 40 Вт.

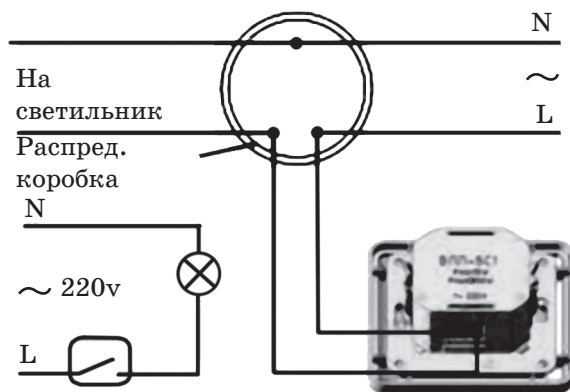


Рис. 10. Схема соединения диммера на нагрузку

Диммер, или светорегулятор, выполняет функцию управления осветительными устройствами. С помощью диммеров можно не только включать и выключать свет, но и регулировать его яркость: от приглушенного до самого яркого. Этот прибор позволяет создать в доме комфорт, сделать использование световых приборов простым и удобным. Важно отметить, что использование диммеров благополучно отражается на бюджете: диммеры снижают расходы на электроэнергию. Кроме того, они увеличивают срок работы ламп. Это происходит благодаря тому, что светорегуляторы подают на лампы пониженное напряжение. Такие дистанционные устройства просто необходимы для тех, кто разрабатывает индивидуальный дизайн в своей квартире или офисе.

Подключить такое устройство достаточно просто, однако схемы подключения будут напрямую зависеть от типа устройства. По типу ламп и их мощности диммеры делятся на три группы.

Первая – это *диммеры для галогенных ламп и ламп накаливания*, которые рассчитаны на 220 В. Подаваемое напряжение через регулятор света воздействует на нить лампы. Чем больше воздействие, тем более ярко будет светить лампочка.

Второй тип *диммеров* рассчитан на *низковольтные галогенные лампы*, питание которых происходит через трансформаторы. В случае, если лампы нуждаются в напряжении 12–24 В, то нужен трансформатор, который преобразует напряжение диммера до этого уровня. Трансформатор должен быть специальный, электронно регулируемый и обеспечивать мягкое включение. Суть его работы заключается в том, что сначала подается небольшой ток, который эффективно разогревает нить лампы и не создает для нее перегрузку.

Диммеры для светодиодов и люминесцентных ламп – это третий вид регуляторов. Для этого случая необходимо запастись электронным дросселем в светильнике. При этом напряжение в 0–10 В будет передаваться с диммера с помощью управляющего выхода, регулируя интенсивность силы света.

При покупке диммера в первую очередь нужно учитывать, для какого именно вида ламп он будет использоваться. Чтобы не ошибиться в своем выборе, нужно знать, какую нагрузку он способен вынести. Так, диммер с надписью 300 В способен регулировать люстру с пятью лампочками по 60 В. Специалисты рекомендуют приобретать диммеры с запасом мощности.

Регулирующие световые устройства могут быть поворотными, нажимными и сенсорными. Поворотные диммеры оснащены регулятором, нажимные – специальной кнопкой, а сенсорные работают от легких прикосновений. Кроме того, некоторые модели диммеров могут осуществлять одновременное управление за несколькими независимыми световыми приборами.

Способ подключения диммера практически не отличается от системы простого выключателя. Это позволяет использовать его тем, кто хоть немного разбирается в электричестве. Схема подключения диммера содержит цепь, которая состоит из подключенного к источнику света кабеля, который разорван в нужном месте для светорегулятора, и самого диммера. Устройство обла-

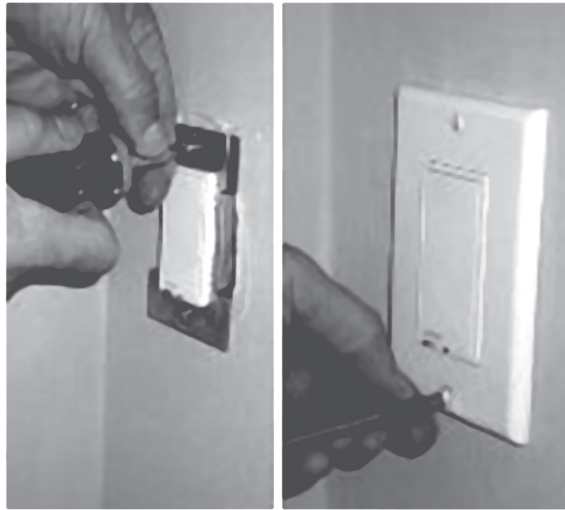


Рис. 11. Монтаж диммеров

дает стандартными размерами, как и обычный выключатель, и подходит ко всем стандартным подрозетникам.

Рассмотрим схему подключения диммера с помощью двух проводов. Первый провод протягиваем от самого источника питания (щитка) до лампы. По этому кабелю до лампы доходит ноль и заземление, а фазный провод заглушается. Второй провод доводит фазу до самого регулятора света, поэтому его мы проводим от автомата в щитке к диммеру, где он разрывается и доходит до источника света.

Диммеры критичны к температуре окружающей среды. При повышении температуры выше 25°C следует обращать пристальное внимание на температурный режим устройства, перегревшееся устройство при сбое защиты легко выходит из строя. Ни в коем случае не рекомендуется превышать максимальную нагрузку конкретного устройства. Решить проблему недостатка мощности можно добавлением усилителей мощности, обычно они позволяют коммутировать устройства до 1,8 кВт.

Диммер обязательно нужно использовать именно с тем типом нагрузки, на которое он рассчитан. Причем

менее универсальные в плане нагрузки устройства работают более надежно. Еще один очень важный момент: не разрешено подключать одновременно нагрузки индуктивного и емкостного характера, это может привести к выходу устройства из строя!

При неоспоримом преимуществе диммера в способности перевести освещение в «ночной» режим, в детской комнате или в коридоре, эти устройства при малых мощностях показывают очень маленький КПД.

Также сенсорный диммер может оснащаться инфракрасным приемником, реагирующим на дистанционное управление. Он управляется пультом и часто используется в проходном помещении. Некоторые из этих устройств способны одновременно управлять несколькими независимыми друг от друга светильниками.



Рис. 12.

Пульт управления диммера

1.6. Способы использования диммеров

Все способы использования диммеров можно разделить на одинарные и групповые. Так, одинарный светорегулятор может использоваться для одного светильника, а может применяться и при нескольких светильниках, объединенных в одну группу. Например, по команде с пульта дистанционного управления выбранные группы светильников начинают изменять режим своей яркости. Управляющие диммерами центры могут



Рис. 13. Современный многофункциональный выключатель



Рис. 14. Пульт дистанционного управления многофункционального трёхканального светодиодного диммера

объединять в общую схему от двух до шести зон. Очень удобно, что диммер и схема его управления с одного пульта может осуществлять световое зонирование всем домом.

Другой способ применения диммеров заключается в том, что на фоне общего основного света в дизайне интерьера можно создавать эффектные акцентные подсветки. Таким образом вы можете выделить то, что достойно внимания. И необязательно это должна быть центральная группа мебели интерьера. Например, с помощью светорегулятора можно озарить ярким светом или, наоборот, подчеркнуть его мягкостью любимую картину на стене или цветы в роскошной вазе: это позволит зрительно оживить и одухотворить интерьер.

Наиболее компактными и экономичными считаются электронные диммеры. Во всех современных электронных диммерах в качестве силового элемента используется полупроводниковый симисторный или транзисторный ключ. Важно помнить, что большинство электронных диммеров выдают на выходе не синусоидальный сигнал, а отсеченные электронным ключом участки синусоиды. Подключать к таким диммерам устройства, требующие питания от тока с низким коэффициентом гармоник (в том числе электродвигатели, индукционные трансформаторы для галогенных ламп, и т.д.), нельзя: это может привести к выходу из строя устройства в следствие перегрева обмотки. Также дешевые электронные диммеры, не снабженные специальным фильтром, могут генерировать сильные электромагнитные помехи.

Самые первые диммеры имели механический способ управления и могли выполнять только одну функцию – изменяли яркость светильника. Современные микроконтроллерные многофункциональные светорегуляторы имеют расширенный набор функций:

- управление яркостью;
- автоматическое отключение;

- имитация присутствия;
- плавное включение и отключение;
- различные режимы затемнения и мигания («flash», «strobe», «fade», «smooth»);
- дистанционное управление (по инфракрасному каналу, радиоканалу), акустическое (хлопок, шум с уровнем выше установленного) или голосовыми командами).

Диммеры бывают сигнальными, например, с выходным интерфейсом 0–10V. Такие диммеры подают команды на внешние контроллеры, ЭПРА и другие дополнительные устройства, которые в свою очередь производят регулирование светового потока, оборотов двигателя, уровня звука и др.

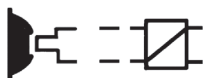
Дополнение, значки и обозначения на диммерах:



либо латинская буква «R» означает, что устройство рассчитано на работу с лампами накаливания, с так называемой «Омной», либо «Резистивной» нагрузкой.



либо латинская буква «L» означает, что устройство допускает работу с трансформаторами, так называемая «Индуктивная» нагрузка.



либо латинская буква «C» означает, что устройство допускает работу с электронными трансформаторами, так называемая «Емкостная» нагрузка.



лампа допускает диммирование, ставится на люминесцентных и энергосберегающих лампах.

1.7. Как отремонтировать диммер

Несколько слов о ремонте диммеров. Чаще всего причиной поломки может быть превышение максимально допустимой нагрузки либо короткое замыкание в нагрузке. В результате, как правило, выходит из строя симистор. Симистор можно заменить, открутив радиатор и выпаяв симистор из платы. Лучше сразу ставить мощный, на более высокий ток и напряжение, чем сгоревший. Также бывает выходит из строя регулятор либо нарушается монтаж.

Диммер можно использовать как регулятор напряжения, подключая через него любую активную нагрузку – лампу накаливания, паяльник, чайник, утюг. Но главное – мощность диммера (другими словами – максимальный ток симистора) должна соответствовать нагрузке.

Г Л А В А 2 ФУНКЦИИ ДИММЕРА

Применение диммера позволяет не только уменьшить расход электроэнергии, но и продлить срок эксплуатации светодиодов до двадцати раз! Это в короткое время окупит расходы на его покупку. Кроме того, им можно задавать необходимый уровень освещения в помещении. Этот прибор позволит также производить красочную цветовую иллюминацию, насыщенную различными спецэффектами.

Диммер для светодиодных источников света часто применяется для специализированного освещения помещений, различных трансляционных студий, при проведении концертов и развлекательных мероприятий, обычно насыщенных световыми эффектами. Очень удобны оказались диммеры и в организации рекламной подсветки, а также они полюбились дизайнерам для оформления подсветки различных вариантов интерьера.

2.1. Принцип работы диммера

Диммер для светодиодной ленты включает в себя потенциометр, передающий на силовой элемент управляющий сигнал. Само управление производится вручную путем вращения рукоятки вокруг шкалы, указывающей процентную долю уровня яркости светодиодов. Прибор способен пропускать ток до 8 А, который подается через две входные клеммы. На выходе к диммеру подключается светодиодная лента, степень яркости которой управляет схема светорегулятора.

Регулируя яркость светодиодов, в помещении можно создать желаемую освещенность, что немаловажно, когда речь идет о ночниках или источниках дополнительного освещения.

Регулировка света в интерьере

Как мы уже выяснили, с помощью диммера можно существенно видоизменить обстановку в помещении. Например, яркий свет создаст в гостиной более праздничную обстановку, а приглушенный, напротив, более камерную и уютную. Таким образом, создать или быстро изменить определенное настроение, внушаемое интерьером, можно лишь легким поворотом рукоятки диммера.

Существуют еще многозональные диммеры, которые позволяют регулировать степень яркости светодиодных ламп в различных участках потолка. Благодаря этой возможности выключатель с функцией диммера способен мгновенно видоизменить интерьер или зонировать пространство благодаря неравномерному освещению помещения.

2.2. Осветительное оборудование телевизионных студий

Система постановочного освещения должна позволять создавать следующие виды художественного света:

- заполняющий свет;
- контровой свет;
- рисующий свет;
- моделирующий свет;
- фоновый свет.

Целесообразно, при создании светового оформления с использованием приборов на люминесцентных лампах, наличие как регулируемых, так и нерегулируемых силовых линий.

Размещение диммеров в студии не рекомендуется.

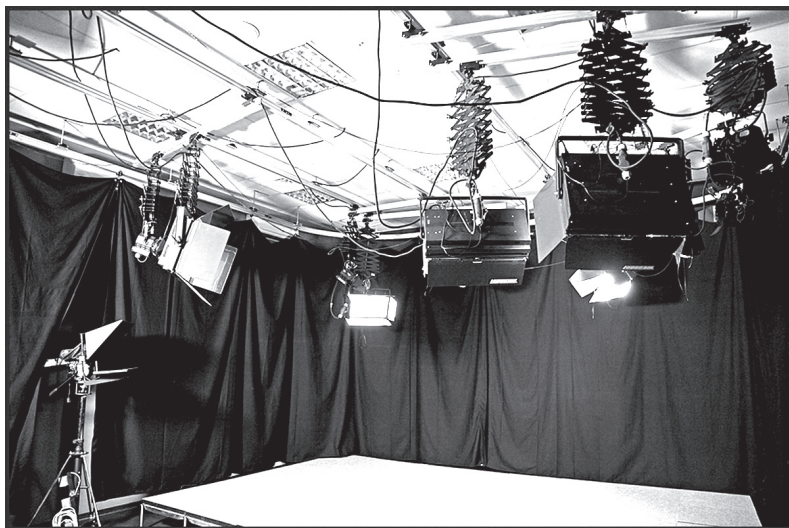


Рис. 15. Осветительное оборудование телевизионных студий

Система энергообеспечения постановочного освещения должна соответствовать «ПУЭ» и в обязательном порядке иметь два независимых ввода с блоком АВР.

2.3. Электромеханическое оборудование студий

Должно обеспечивать надежное крепление световых приборов и элементов декораций, а также всей системы в целом, исключая падение любых элементов системы постановочного спецосвещения и декорационного оформления, их перемещение в различных степенях свободы, а также подключение приборов спецосвещения как индивидуально, так и группами.

Техническое оснащение (остальное)

Система по дополнительному техническому оснащению студии включает в себя:

– Наличие демонтируемого подиума с возможностью смены покрытия для обеспечения разнообразия художественных средств по оформлению студии.

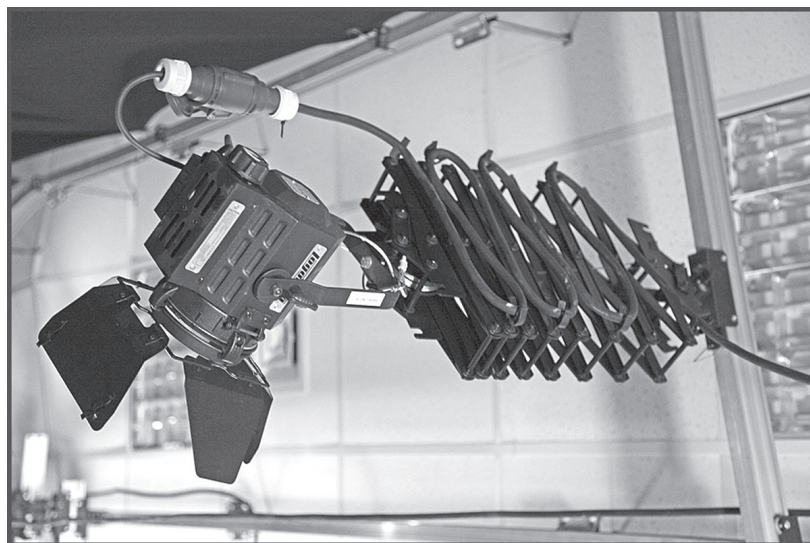
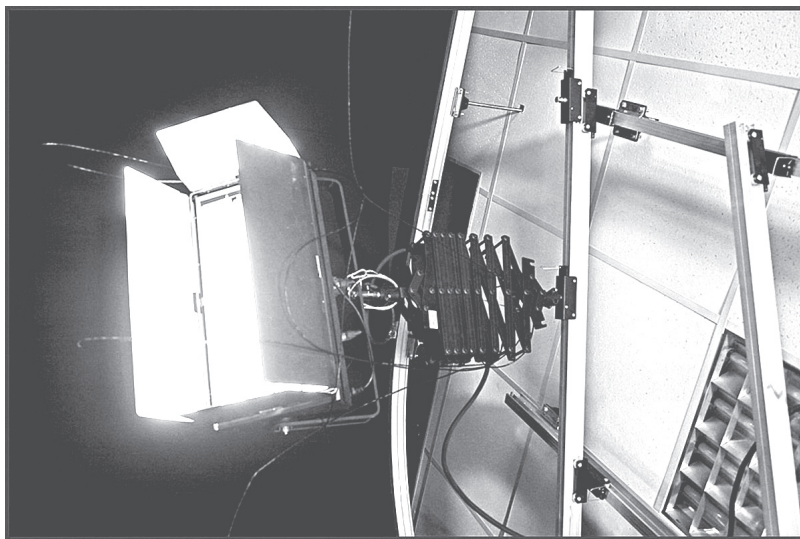


Рис. 16. Крепление световых приборов

– Наличие микшера сигнала HDTV (включая разрешение 1920×1080, с поддержкой сигнала формата SDI) для онлайн-вещания как на площадке студии, так и ведения репортажей с других площадок.

– Для обеспечения работы над видеоматериалом необходимо наличие двух рабочих станций, предназначенных для обработки видео высокой четкости с потоком до 50 Мбайт в секунду и возможностью создания, редактирования и рендеринга 3D-графики (в т.ч. в онлайн-режиме).

– Твердотельные системы хранения данных (флеш-накопителями на 32 Gb и более), стандарта S×S.

– Для обеспечения обсуждения онлайн-трансляций на площадке студии необходимо оборудование сцены тв-панелью (не менее 55 дюймов).

– Для обеспечения наблюдения за процессом съемок лиц, ответственных за технические вопросы (без нахождения внутри), студии необходимо оборудование монтажной комнаты тв-панелью (не менее 55 дюймов).

Г Л А В А 3

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИММЕРОВ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СТУДИЯХ

3.1. Диммеры в телевизионных студиях

Для освещения в телевизионных студиях применяется осветительные приборы, при их использовании надо обратить внимание на следующее:

Применение с лампами накаливания (для их включения «с нуля») позволяет избежать броска тока через лампу, часто приводящего к ее преждевременному перегоранию. Но на практике лампы все равно перегорают в момент включения (и даже выключения). Кроме того, величина начального напряжения сильно зависит от самого диммера – некоторые выдают минимальное напряжение, при котором нить накала едва тлеет, а другие – довольно большой минимум, едва ли не в треть накала, именно при включении.

При регулировке лампы накаливания изменяется не только яркость, но и цветовая температура света – чем меньше яркость, тем свет краснее. Однако это позволяет, например, незаметно выключить освещение.

Необходимо учитывать, что КПД лампы накаливания сильно падает с уменьшением напряжения, поэтому вместо постоянного уменьшения яркости мощной лампы гораздо экономичнее использовать лампу подходящей (меньшей) мощности, подключенную напрямую.

Лампа накаливания, особенно мощная, при уменьшении яркости диммером начинает издавать высокочастотный шум (свист), негромкий, но отчетливо слышимый в тишине. Это происходит из-за высокочастотных гармоник, возникающих в цепи при переключении симистора.

Не рекомендуется, во избежание влияния помех, включать устройства с диммерами рядом с радиоприемниками и чувствительными измерительными приборами. Так, если включен паяльник с диммером, то на экране осциллографа рядом могут появиться посторонние сигналы, а прослушивание ДВ/СВ радиоприемника в комнате с регулируемым освещением может вообще оказаться невозможным.

3.2. Способ управления диммером

По способу управления различаются:

- механический. В основе механического диммера потенциометр, подключённый не непосредственно к нагрузке, а передающий сигнал через схему управления на силовой элемент (реостат, дроссель, тиристор).

- электронный. В электронных диммерах возможны следующие датчики воздействия:

- контактный (сенсорный);

- бесконтактный (инфракрасный, ультразвуковой или емкостный).

- дистанционный. В дистанционных диммерах управление производится с инфракрасного (IR) или радио (RF) пульта.

- акустический. Реагирует на громкий звук или на команды, подаваемые голосом.

В одном приборе могут одновременно использоваться разные способы управления.

3.3. Конструкция тиристорного диммера

Современный диммер для переменного тока выполняют, например, по следующей тиристорной схеме:

Диоды **D2...D5** образуют диодный мост. **ZD** – диностор, **D1** – диод, **R** – переменный резистор небольшой мощности, **C** – конденсатор, **SCR** – тиристор, мощность которого определяет мощность нагрузки.

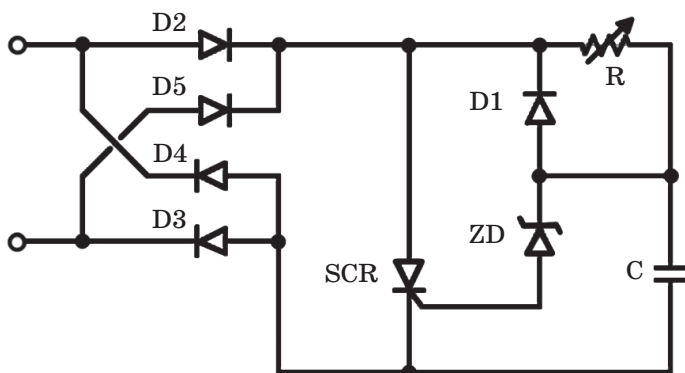


Рис. 17. Тиристорная схема диммера

В первый момент времени тиристор SCR закрыт, а конденсатор С заряжается через резистор R. Напряжение входной полуволны продолжает нарастать, и в некоторый момент открывается динистор ZD, а за ним и тиристор SCR. Между клеммами начинает проходить значительный ток, пока напряжение полуволны не снизится до закрытия ZD. Конденсатор С при этом разрядится через диод D1 и тиристор SCR. Тиристор

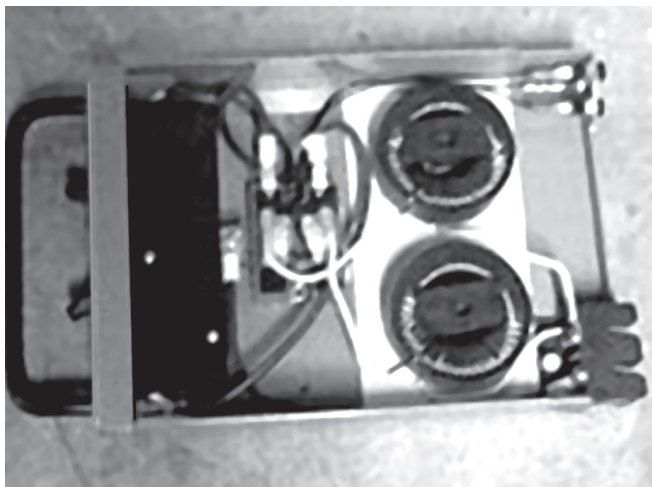


Рис. 18. Снабжение дросселями диммеров

закрывается. На следующем цикле процесс повторяется заново.

Нагрузка подключается последовательно (на рисунке клеммы слева).

Принцип действия такого диммера состоит в том, что открывая тиристор в разные моменты времени относительно перехода напряжения через 0, можно «обрезать» синусоидальные волны регулируемого напряжения и тем самым изменять действующее значение напряжения и ток в нагрузке.

Для подавления радиопомех мощные диммеры часто снабжаются дросселями.

Дроссель

Большинство диммеров используют ключевые схемы, производящие большое количество помех в широком диапазоне спектра. Эти помехи излучаются устройствами в эфир в виде электромагнитного излучения и поступают в провода, соединяющие диммер с источником питания и с регулируемой нагрузкой. Конструкции преобразователей питания часто содержат дроссели (индуктивности) в качестве реактивного элемента, а также LC фильтры как со стороны питания, так и со стороны нагрузки. С увеличением частоты преобразования размеры дросселей становятся небольшими, а сочетание с хорошими фильтровыми конденсаторами с низким активным сопротивлением позволяет достичь приемлемого уровня помех. Современные диммеры уже не мешают работе радиоприемников.

3.4. Недостатки диммеров

Диммер управляет только теми источниками света, на которые он рассчитан.

Регулируемое напряжение теряет синусоидальную форму, что приводит к сомнительности его однозначного

дальнейшего преобразования понижающими трансформаторами, которые являются дополнительными устройствами в цепи и выполняющими функцию адаптера преобразующего внешнее питание в необходимое для источника света.

Могут возникать помехи, вплоть до радиочастотных.

Регулировка нелинейно зависит от значения R .

С диммерами несовместимы люминесцентные лампы и любые альтернативные источники света, оснащенные дополнительными устройствами, такие как ЭПРА, трансформатор, драйвер тока и т.п.

При неоспоримом удобстве применения диммера для регулирования яркости, он имеет низкую эффективность при работе с лампами накаливания на небольшой яркости. Зависимость светового потока от входного напряжения определяется показательной функцией. Так, при напряжении, равном 50% от номинального и потребляемой мощности соответственно 25% от номинальной, световой поток составляет 8,25%. Вместо длительного использования диммера (например, для ночного или дежурного освещения) следует переключаться на лампы меньшей мощности. Этот недостаток компенсируется использованием светодиодных источников освещения и диммерных схем для управления ими.

С осторожностью следует применять для управления яркостью малоинерционных источников света (светодиоды, газоразрядные лампы и т.п.) при работе с движущимися механизмами, инструментами. Из-за стробоскопического эффекта может возникнуть опасная иллюзия неподвижности движущихся частей, что способно привести к увечьям.

Некоторые компании, в том числе мировые лидеры по производству электроустановочных изделий Schneider Electric и Тесо, уже производят диммеры для люминесцентных ламп, однако работоспособность их напрямую зависит от схемотехники электронно-пускорегулирующего аппарата (ЭПРА).

3.5. Перспективы использования светодиодных светильников для освещения телевизионных студий

Рассмотрим основные характеристики **светильников на светодиодах**:

Энергоэффективность

Относительная энергоэффективность **светодиодных светильников** определяется двумя параметрами: относительная светоотдача традиционных галогенных ламп и светодиодов и эффективность конструкции самого светильника, которая характеризует, какая доля света от источника попадает в конечном итоге на освещаемую поверхность.

Светоотдача галогенных ламп, которые применяются в телевизионной индустрии, лежит в пределах от 14 до 25 лм/Вт при цветовой температуре 3200К. Светоотдача светодиодов в настоящий момент доходит до 110–120 лм/Вт, а для светодиодов с высоким качеством света и цветовой температурой $T_{цв}=3200$ К, ко-

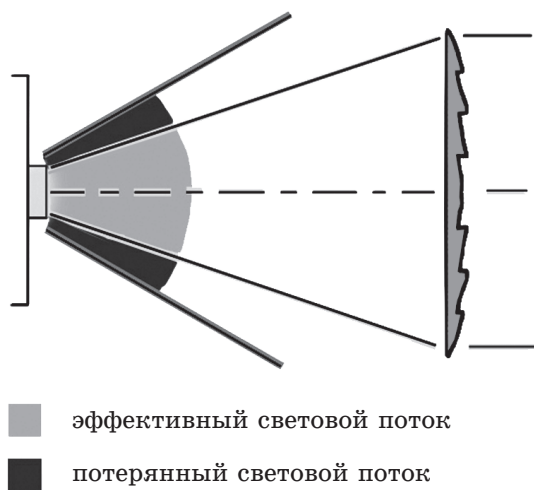


Рис. 19. Схема светодиодного светильника

торые можно применять в телевидении, не опускается ниже 60 лм/Вт, а в среднем составляет 80 лм/Вт. То есть, светоотдача светодиодов выше в три-четыре раза и будет расти, так как эта технология только начинает развиваться и, безусловно, будет совершенствоваться.

Эффективность светильников схематично представлена на рис. 19.

Светодиод излучает гораздо более узкий телесный угол, поэтому удачные конструкции светильников (особенно с помощью специальных коллиматоров и отражателей) зачастую позволяют использовать практически весь световой поток для освещения. Даже в самых неблагоприятных ситуациях эффективность светильника не опускается ниже 60%. Следовательно, эффективность светодиодных френелевских светильников выше эффективности аналогичных галогенных моделей не меньше чем в 4 раза, а в среднем примерно в 10 раз.

С другой стороны, в отличие от галогенной лампы, для работы светодиода требуется электронное устройство, которое обычно имеет КПД от 95% до 85%.

Таким образом, полная энергоэффективность **светильника на светодиодах** оказывается примерно в 10–15 раз выше, чем у галогенного аналога. Такое значительное преимущество открывает большие возможности для экономии электроэнергии и снижения эксплуатационных расходов, а также позволяет направить освобождающиеся электрические мощности на другие цели.

Экономичность

Светодиодные светильники пока еще являются достаточно дорогим оборудованием. Так как такой прибор потребляет всего 50 Вт, то он экономит 600 Вт мощности. Кроме прямой экономии на электроэнергии, есть еще косвенные преимущества. При правильной эксплуатации светодиоды работают не менее 50 000 часов (13 лет работы!), а не 5 000 часов как самые лучшие галогенные

лампы. Следовательно, снижаются эксплуатационные расходы на лампы.

Так как светодиодные светильники потребляют в 10 раз меньше энергии, они и в 10 раз меньше греют помещение студии, а значит, позволяют либо сэкономить на кондиционировании, либо (если кондиционирование вообще не предусмотрено) создать более комфортные условия для работы персонала.

Еще одно косвенное преимущество заключается в том, что даже для относительно небольших студий площадью 50–80 кв.м. установка светодиодных френелевских светильников приведет к высвобождению от 20 до 30 кВт электрических мощностей, которые можно направить на другие цели. Это особенно актуально для студий, расположенных в старых зданиях, электрический ввод в которые делался по старым стандартам потребления. Современное профессиональное и бытовое оборудование потребляет значительно больше электроэнергии, чем планировалось несколько десятилетий назад, а подвод новых мощностей к зданию означает несравнимо большие капитальные затраты и сложную бюрократическую работу с электротехническими службами. В результате переоснащения студий в пользу светодиодного света этих проблем можно избежать.

Некоторые производители светодиодных светильников устанавливают вентиляторы для охлаждения светодиодов, но для работы в телевизионных студиях это неприемлемо. Однако на рынке есть устройства, в которых достаточное охлаждение обеспечивается конвекцией.

Спектральные характеристики светодиодного света

Хотя наилучшие образцы светодиодов, которые в настоящий момент используются на телевизионном рынке, имеют индекс цветопередачи $Ra > 90$, значительная часть светильников все еще оснащается светодиодами предыдущего поколения, которые имеют Ra в пределах от 80 до

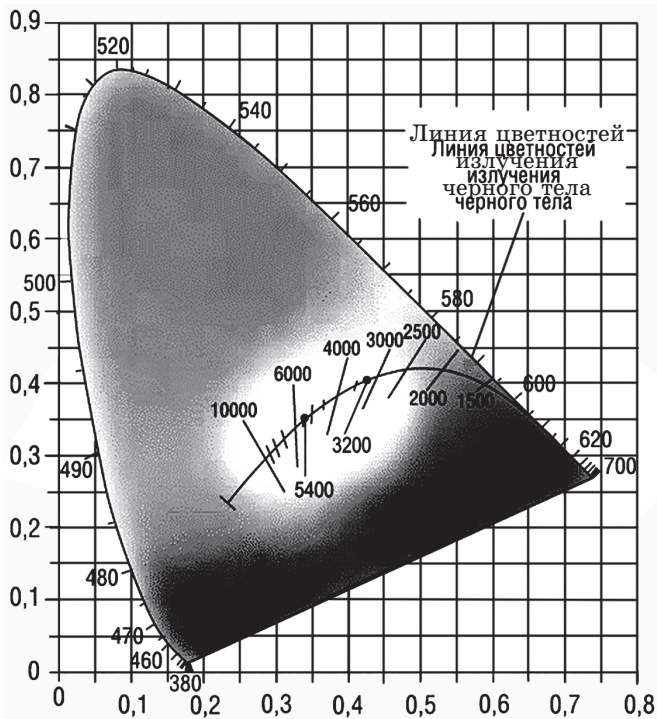


Рис. 20.

85. Это ниже, чем рекомендованный стандартами $R_a > 90$. Однако есть несколько существенных факторов, которые позволяют взглянуть на этот вопрос по-другому.

Во-первых, стоит разобраться, что такое вообще индекс цветопередачи? Для этого рассмотрим стандартную цветовую диаграмму.

В центре светлыми тонами изображена область, свет в которой может восприниматься человеком как белый. Точка, характеризующая нетепловой источник, очевидно, не лежит на линии абсолютно черного тела (АЧТ). В этом случае коррелированная цветовая температура определяется довольно сложной проекцией заданной точки на линию АЧТ вдоль кривых, соответствующих той или иной цветовой температуре. Важно еще понимать, что чем выше индекс цветопередачи, тем ближе к

линии АЧТ находится источник. Таким образом, принятые ранее стандарты телевизионного освещения из всей возможной области белого света оставляют для работы телевидения лишь малую ее часть вблизи точек 3200К и 5400К на линии АЧТ. Но так как вне этих «разрешенных зон» свет все еще белый, нет ничего удивительного в том, что и там при правильных настройках аппаратура работает корректно.

Имеет смысл задаться вопросом, а где же на этой диаграмме находятся современные светодиоды? На рис. 21 приведен участок диаграммы.

Как уже говорилось выше, чем ближе к линии АЧТ расположена точка цветности светодиода, тем выше у него индекс цветопередачи. Однако в большой партии светодиодов, для которых заявлен $R_a > 80$, всегда будет значительная часть изделий, у которых фактически $R_a > 90$.

Само понятие индекса цветопередачи формировалось в 60-е годы для источников с непрерывным спектром, подобным спектру абсолютно черного тела. В настоящий момент международным сообществом эти стандарты признаны устаревшими, так как они не дают адекватной оценки источников с нетепловыми спектрами (газоразрядные лампы и светодиоды). Это означает, что нетепловой источник света даже с формально хорошим индексом цветопередачи может искажать цвета освещаемых объектов. С другой стороны, нетепловой источник, с формально плохим показателем R_a , может давать хорошие цветовые характеристики. Для нетепловых источников индекс цветопередачи может быть только примерным ориентиром для грубой оценки качества света, но никак не критерием выбора.

Принимать решение на основе испытаний: если для тех или иных целей светодиодный свет в реальности не создает проблем с цветопередачей, его можно использовать, не оглядываясь на индекс цветопередачи, который в данном случае заведомо не может служить точным критерием.

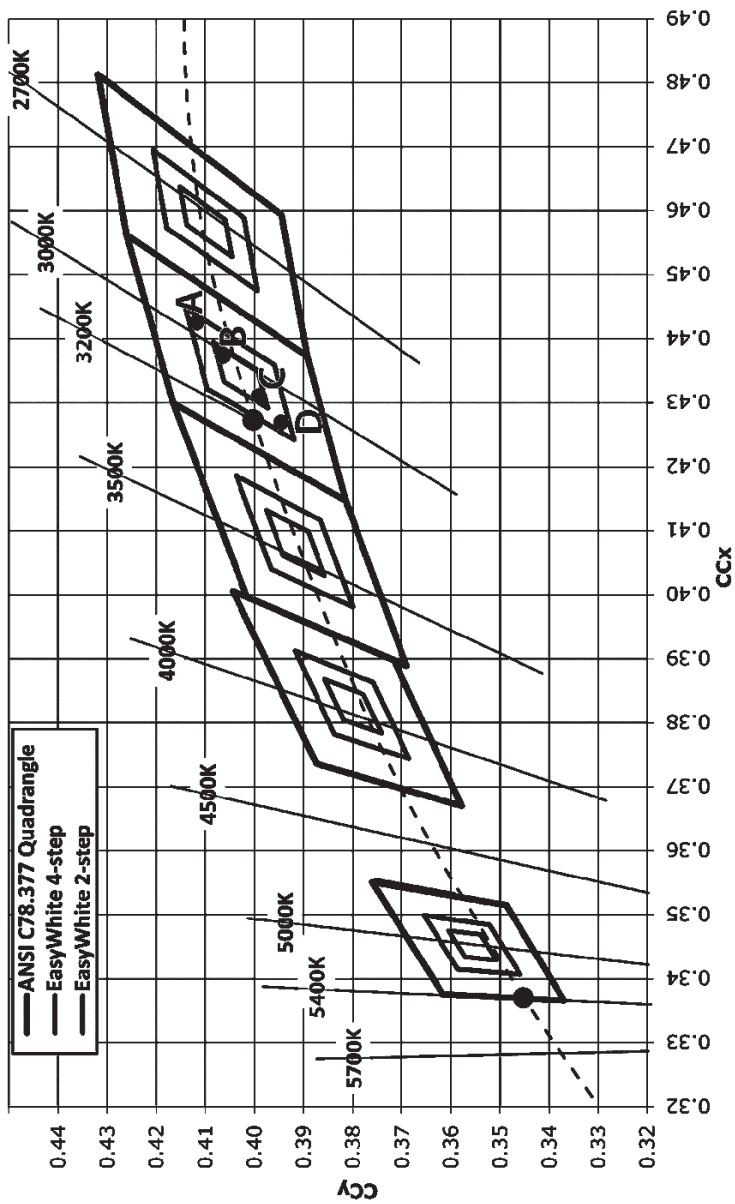


Рис. 21. Участок диаграммы

С этой точки зрения светодиоды выглядят вполне достойно. Уже несколько лет светодиодный свет довольно успешно применяют в телевидении. Каждая серьезная компания, которая производит свет для телевизионных целей, имеет в своем модельном ряду светодиодные светильники разных назначений, которые работают без перебоев. Важно лишь соблюдать основное правило – сначала следует устанавливать для проведения съемок осветительные приборы с нетепловыми источниками, а потом настраивать на видеокамере баланс белого, это позволит избежать проблем.

Спектральные характеристики других нетепловых источников света

Именно так без каких-либо сложностей работают с другими нетепловыми источниками света, к которым все давно привыкли. Мало кто подозревает, что уже около двадцати лет телевидение, не замечая того, использует источники света с индексом цветопередачи $Ra < 90$. Речь идет о люминесцентных лампах. Конечно, производители заявляют для ламп $Ra > 90$, но из-за несовершенства технологии в цветовых параметрах ламп всегда имеется значительный разброс, так что в реальности существенная доля ламп с высоким заявленным индексом цветопередачи не удовлетворяет формальным требованиям стандарта, это проиллюстрировано на рис. 22.

Кроме того, некоторые компании совершенно открыто последние 15 лет оснащали телестудии светильниками, созданными под люминесцентные лампы с индексом цветопередачи Ra , лежащим в переделах от 80 до 90, вместо принятого стандартами $Ra > 90$.

Все эти примеры, когда телевидение успешно работало и продолжает работать с нетепловыми источниками света, у которых $Ra < 90$, объясняются тем, что современные камеры благодаря широким возможностям настроек позволяют полностью устранить все проблемы

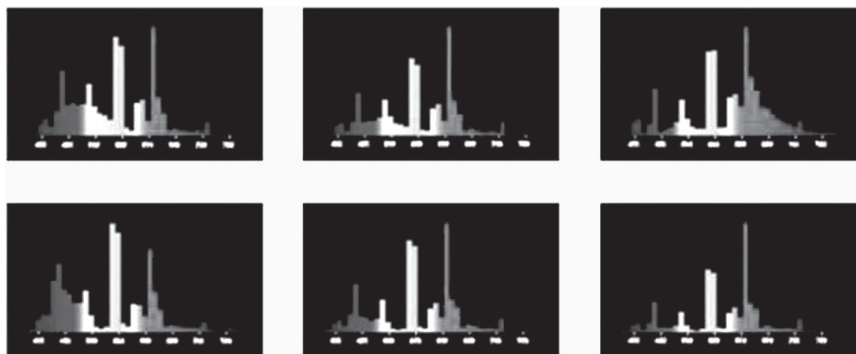


Рис. 22. Разброс спектра люминесцентных ламп.

некорректной цветопередачи. А еще более мощные средства *postproduction* дают возможность ликвидировать те артефакты, которые по каким-либо причинам не элиминировал оператор.

Однако, безусловно, надо иметь в виду, что пока еще действующий параметр R_a , хоть и не может являться абсолютным критерием выбора светодиодного света, все-таки является признанным ориентиром, поэтому если источник света имеет $R_a < 80$, его не стоит использовать в телевизионной отрасли.

Применение светильников на основе светодиодных технологий в телерадиоиндустрии с технической точки зрения вполне допустимо, и при столь высоком экономическом эффекте может быть весьма целесообразным в качестве замены традиционных френелевских светильников на галогенных лампах.

Настройки диммеров (Cues)

После того, как вы набрали круги и придали им определенное значение, вы должны ввести настройку через функцию «Cue» и передать ее позднее через настройку времени через функцию «Pilot» дальше. Таким образом Вы можете сохранить в памяти до 600 настроек (Cues) на каждое представление.

Атрибуты

В качестве атрибутов выступают время зажигания (Update), время затухания (Downdate), время ожидания зажигания (Up Wait), время ожидания затухания (Down Wait).

Типы настройки

Типы настройки [Type] дают возможность выбора описанных внизу атрибутов настройки. Стандартное положение – микширование (Crossfade). После нажатия клавиши [Type] в модусе «Stage», «Blind» или «Fader», вы можете после ввода соответствующего номера выбрать необходимый тип. Если вы изменили тип настройки, то необходимо для страховки ввести ее в память.

Таблица 1

Типы настройки

Crossfade (Микширование)	Контуры, яркость которых увеличивается по отношению к предыдущему состоянию в соответствии с заданным временем (Upfade Time). Контуры, яркость которых уменьшается по сравнению с предыдущим состоянием в соответствии с заданным временем затемнения (Downfade Time).
-----------------------------	--

Allfade (End-stimmung)»	Подобно функции «Crossfade», но при этом происходит затемнение и полное погашение /Loschen/ пары регуляторов воспроизведения, и все неиспользованные контуры получают после нажатия кнопки [Go] значение ноль %. Это и считается «конечной настройкой» для «Tracking Channels» (контуры, значение которых при помощи функции «Tracking», – переносится на последующие настройки).
Subroutine (Unterprogramm)	Последовательное воспроизведение многих настроек. Похоже на функцию «связанные настройки», но с большим количеством опций при воспроизведении.
Effects (Effekte)	Эффекты дают возможность последовательного изменения значения в определенном количестве шагов. Воспроизведение происходит по заранее установленному или случайному образцу.

Обработка световых настроек

Если вы хотите модифицировать ваши настройки в активном модусе (Stage), добавить контуры или наоборот удалить, вы должны сначала вызвать нужную настройку, сделать изменения и вновь ввести в память. Если вы хотите изменить только атрибуты, то вызов не обязателен.

Таблица 2

Обработка световых настроек

ФУНКЦИЯ	ПРОЦЕСС	
Изменение яркости настройки.	Комбинация клавиш:	[Stage] [Cue] [9] [Go] (Наберите контуры и измените яркость на необходимую величину) + [Record] [Enter]

	Результат:	Настройка 9 вводится в память с измененной величиной.
Изменение атрибутов настройки (Это такие атрибуты, как: Type*, Time, Wait, Link, Label и Follow. • После изменения типа настройки (Type) Вы должны нажать [Record] до того, как Вы нажмете [Enter], т.к. изменения типа настройки могут произойти только после сохранения в памяти.	Комбинация клавиш: Результат:	[Stage] [Cue] [1][3] (Нажмите теперь клавишу атрибута, который Вы хотите изменить. Выберите новую настройку) [Enter] Настройка 13 сохранена в памяти с необходимыми изменениями.
Вводить изменения значения контуров в уже существующие настройки с помощью функции Update	Комбинация клавиш: Результат:	[Stage] [Cue] [1][0] [Go] [CHAN] [1] [THRU] [8] [FULL] [UPDATE] [Cue] [1][1] [ENTER] Измененные значения контуров 1–8 переданы настройке 11.
Вводить изменения значений контуров в уже существующие настройки при помощи функций Update и Only	Комбинация клавиш: Результат:	[Stage] [Cue] [1][0] [Go] (Произведение необходимых изменений величин.) [S2], Update, [Only] [Enter] Вводятся в память только контуры, которые ранее имели значение
Вводить изменения значений контуров в уже существующие настройки и переносить эти изменения	Комбинация клавиш:	[Stage] [Cue] [1][0] [Go] (Произведение необходимых изменений величин.) [S2J, Update, [1] [6][Track] [Enter]

в последующие настройки при помощи функций Update и Track.	Результат:	Изменения величин производятся в настройке 16 и во всех последующих до «Allfade».
Переписывание настроек с отбором активных, измененных контуров при помощи функции Update.	Комбинация клавиш: Результат:	[Stage] [Cue] [1][0] [Go] (Произведение необходимых изменений величин.) [S2], Update, [Channel] [5] [Thru] [9] [Enter] Переписать настройку 10 с измененными значениями контуров с 5 по 10.

Эффекты

Эффект – это последовательность, в которой конкретные виды освещения в определенном порядке сменяют друг друга. Эффекты можно сохранять в памяти как настройки или приписывать какому-либо субмастеру. Каждый эффект содержит информацию о значениях контуров и продолжительности отдельных шагов, а также об общей продолжительности эффекта. Максимальная продолжительность одного шага составляет 99:59 минут.

Внимание: Значения контуров, которые входят в эффект, не могут быть изменены, пока не дошло до шага, частью которого они являются.

Шаги (steps)

Один эффект состоит самое большее из 100 шагов. Каждый шаг содержит максимально 10 различных контуров, групп или элементов.

Каждый шаг эффекта имеет значение An- (high) и Aus- (low), продолжительность, а также время зажигания, горения и затухания.

Продолжительность шага	Это время между началом одного шага и началом следующего шага. Заданное значение 0,2 сек.
Время загорания	Для «положительного» эффекта это время, которое необходимо для перехода от выключенного состояния к включенному. Для «отрицательного» эффекта, это время, за которое шаг переходит от своего исходного значения к нулю Aus-(low). Заданное время ноль сек.
Время горения Haltezeit	Время между концом загорания и началом затухания. Заданное значение – ноль секунд.
Время затухания Abblendzeit	Для «положительного» эффекта это время, которое необходимо для одного шага, начиная от начала включения An(high)-Wert и до выключения Aus(low)-Wert. Для «отрицательного» эффекта это время, за которое один шаг переходит от позиции выключения до позиции включения. Заданное значение – ноль секунд.
Значения включения и выключения	Die Ein-Werte. Значения, которые приобретают контуры за один шаг. Заданное значение включения – на полную мощность, заданное значение выключения – ноль.

Управление процессом

Каждый из отдельных шагов эффекта имеет свое собственное время горения и скорость. Настройки и субмастеры, к которым относятся шаги, могут также получить собственное время горения и скорость, которые будут оказывать влияние на весь процесс.

Атрибуты

[S1] Позитивное значение	Все элементы начинаются с нуля. Каждый шаг включает принадлежащие ему элементы и выключает элементы предыдущего шага.
-----------------------------	---

<p>[S1] Негативное значение</p>	<p>Все элементы находятся в состоянии включения. Каждый шаг выключает относящиеся к нему элементы и включает элементы предыдущего шага.</p>
<p>[S2] Попеременно (Alternate)</p>	<p>Эффект имеет то положительное, то отрицательное значение. Если эффект в целом имеет положительную настройку, то и первый этап протекает по положительному варианту. Если эффект в целом имеет отрицательный вариант протекания, то и первый шаг будет отрицательным.</p>
<p>[S3] Назад (Reverse)</p>	<p>Шаги протекают в обратном порядке.</p>
<p>[S4] Обращающееся значение (Bounce)</p>	<p>Первая пробежка идет в направлении вперед, потом – назад. Далее также происходит смена направлений.</p>
<p>[S5] Надстройка</p>	<p>Вначале все элементы выключены. Каждый шаг включает подчиненные ему элементы и элементы предыдущего шага. В конце пробежки включены все шаги, все они выключаются снова при старте следующей пробежки. Если эффект имеет отрицательную направленность, то старт начинается в позиции включения. Каждый шаг выключает относящиеся к нему элементы, а также элементы предыдущих</p>

Таймер (Real Time Clock)

При помощи таймера вы можете автоматически включить макрос в любое время и в любой день недели. Вы можете, например, установить свет для репетиции хора в понедельник с 19 до 21 часа или разогреть прожекторы в студии за 15 минут до начала программы новостей.

Функция позволяет создать до 500 программ, связанных с таймером. Эта глава содержит указания по созданию и обработке программ. Указания по установке встроенных часов вы найдете в руководстве по эксплуатации под названием «основные настройки».

Программы с таймером (Real Time Programs)

Пульт может автоматически вызывать макросы в любое время в любой из дней. Но сначала должна быть активирована функция «таймер-программы»*

ФУНКЦИЯ	ПРОЦЕСС	
Активирование (Enable) или блокировка (Disable) таймер-программ der Uhrzeitprogramme. Заданное значение: активированы.	Комбинация клавиш: Результат:	[Setup] [6] [Enter] [1] [1] [Enter] [1] [Enter] Таймер-программы активированы (enabled).
Создание таймер-программы (real time program).	Комбинация клавиш:	[Setup] [1][2] [Enter] [S1], Select Program, [1] [Enter] [8][0][0] [Enter] [1] [And] [31 [Thru] [5]

ЛИТЕРАТУРА

1. *Евсеев Ю.А., Крылов С.С.* Симисторы и их применение в бытовой электроаппаратуре. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – ISBN 5-283-00553-4.
2. www.dimmer.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. УСТРОЙСТВО, ФУНКЦИЯ И СХЕМА ДИММЕРА	3
1.1. Определение диммеров	3
1.2. Место подключения диммера на системе освещения, принципы работы диммеров.....	4
1.3. Принципы работы блоков диммеров. Поворотный диммер.....	5
1.4. Устройство и схема соединения поворотного диммера.....	6
1.5. Диммеры для установки в монтажную коробку.....	9
1.6. Способы использования диммеров	15
1.7. Как отремонтировать диммер	19
ГЛАВА 2. ФУНКЦИИ ДИММЕРА.....	20
2.1. Принцип работы диммера.....	20
2.2. Осветительное оборудование телевизионных студий	21
2.3. Электромеханическое оборудование студий.....	22
ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИММЕРОВ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СТУДИЯХ.....	25
3.1. Диммеры в телевизионных студиях	25
3.2. Способ управления диммером.....	26
3.3. Конструкция тиристорного диммера	26
3.4. Недостатки диммеров	28
3.5. Перспективы использования светодиодных светильников для освещения телевизионных студий	30
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	38

ФАРРУХ ТОЛКУНОВИЧ ИМАМХОДЖАЕВ

**ДИММЕРЫ.
УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ
В ТЕЛЕВИДЕНИИ**

**Учебное пособие для
профессиональных колледжей**

Издательский дом «ILM ZIYO»
ТАШКЕНТ – 2016

Редактор *Ю. Шопен*
Художественный редактор *М. Бурханов*
Компьютерная верстка *К. Голдобина*

Издательская лицензия АИ №275, 15.07.2015 г.
Подписано в печать с оригинал-макета 11.01.2016.
Формат 60×90¹/₁₆. Кегль 11,5 н/шпон. Гарнитура SchoolBookC.
Печать офсетная. Печатных листов 3,0. Издательских листов 3,0.
Тираж 50. Заказ №12.

Издательский дом «ILM ZIYO», 100129, Ташкент, ул. Навои, 30.

Отпечатано в типографии ЧП «PAPER MAX»
Ташкент, ул. Навои, 30.

И48

Имамходжаев Ф. Диммеры. Управление освещением в телевидении. Учебное пособие для профессиональных колледжей / **Ф. Имамходжаев.** – Т.: «ILM ZIYO», 2016. 48 с.

ISBN 978-9943-16-242-6

УДК: 621.397.331.29(075)

ББК 32.94-5