

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭПРА ДЛЯ ПИТАНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Смоловская Д.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

Газоразрядной лампой является источник света, излучающий энергию в видимом диапазоне на основе электрического разряда в газах. Они обладают высокой эффективностью преобразования электрической энергии в световую. В современных источниках света используется электролюминесценция (оптическое излучение атомов, ионов, молекул жидких и твердых тел под действием ударов электронов, ионов, ускоренных в электрических полях, до энергий, достаточных для возбуждения) и фотолюминесценция (оптическое излучение, возникающее при поглощении оптического излучения другого источника). Разрядные источники света широко используются, однако недостатками остаются линейчатый спектр излучения, астеничность от мерцающего света, шум пускорегулирующей аппаратуры, вредность паров ртути в случае попадания в помещение при разрушении колбы, отсутствие мгновенного включения для ламп высокого давления.

Для уменьшения шума при питании газоразрядных ламп применяют электронные пускорегулирующие устройства. Такие аппараты также позволяют сократить расход электроэнергии, обладают относительно невысокой температурой, предотвращают мерцание света, характеризуются значительным световым КПД и высокой мощностью. С помощью электронных пускорегулирующих устройств обеспечивается мгновенный запуск ламп, который не сопровождается мерцанием, и гарантируется отключение лампы в случае перегорания.

1. Строение газоразрядных ламп

1.1 Газоразрядные лампы низкого давления

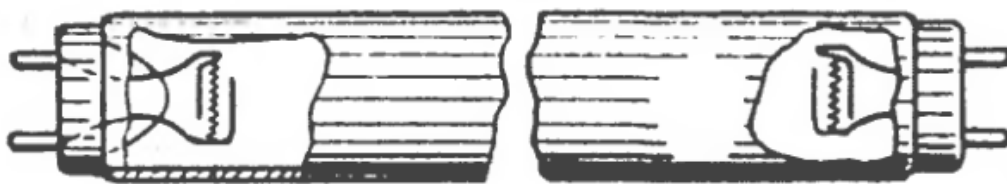


Рисунок 1. Общий вид ртутной люминесцентной лампы низкого давления

Каждая люминесцентная лампа выполнена в виде газоразрядного источника света.

Люминесцентная лампа представляет собой запаянную с обоих концов стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором (люминофоры - твердые или жидкие вещества, способные излучать свет под действием различного рода возбуждений). Когда лампочка включена, создаваемое электрическим разрядом в среде паров ртути и инертного газа невидимое ультрафиолетовое свечение, действует на слой люминофора. Из трубки откачан воздух, и она заполнена аргоном при давлении 400 Па с

добавлением капельки ртути (60-120 мг), которая при нагревании превращается в ртутные пары.

Внутри трубки на ее концах в стеклянных ножках впаяны электроды с вольфрамовой биспиральной нитью, покрытой слоем оксидов щелочноземельных металлов (бария, кальция, стронция), способствующих более интенсивному излучению электронов. Электроды присоединены к контактными штырькам, закрепленным в цоколе.

Когда к противоположным электродам подводится напряжение определенной величины, возникает электрический разряд в газовой среде лампы, с выделением теплоты, под действием которой ртуть испаряется. Такой разряд сопровождается мощным ультрафиолетовым излучением, часть которого люминофор преобразует в видимое излучение. В результате, невидимые ультрафиолетовые частоты преобразуются в видимое излучение. Выбором и качеством люминофора определяется цвет излучаемого света и эффективность работы лампы.

1.2 Газоразрядные лампы высокого давления

Дуговая ртутная люминесцентная лампа состоит из кварцевой трубки, расположенной в стеклянной колбе. Внутренняя поверхность колбы покрыта тонким слоем люминофора, способного преобразовывать ультрафиолетовое излучение, сопровождающее дуговой разряд в трубке, в видимый свет, пригодный для освещения. В трубку, имеющую капельку ртути, впаяны два основных вольфрамовых электрода, покрытых активированным слоем и подсоединенных к центральной части цоколя лампы и два дополнительных зажигающих электрода. После откачки воздуха для поддержания стабильности свойств люминофора колба заполняется чистым инертным газом аргоном. Такая конструкция позволяет эффективно зажигать четырёхэлектродную лампу от питающей сети напряжением 230В.

2. Электронный пускорегулирующий аппарат

Для зажигания и горения ламп необходимо включение последовательно с ними пускорегулирующих аппаратов. Пускорегулирующий аппарат представляет собой устройство, с помощью которого осуществляется питание газоразрядной лампы, обеспечивается устойчивое зажигание источников света и нормальный режим их работы. Большим преимуществом электронной пускорегулирующей аппаратуры для газоразрядных ламп является их небольшой вес, простота монтажа и надёжность. Один электронный элемент заменяет целых три элемента, которые необходимы при подключении газоразрядной лампы: дроссель, запускающее устройство и конденсатор.

Основными функциями ПРА является зажигание, разгорание и обеспечение устойчивой работы источников света. Для обеспечения устойчивой работы лампы в состав ПРА вводится токоограничивающий (балластный) элемент.

Конструктивно электронные аппараты можно поделить на ЭПРА, которые не имеют герметичного корпуса, для газоразрядных ламп встроенного монтажа, предназначенные для размещения внутри светильников, и ЭПРА, с корпусом

выполненным из металла и имеющим защиту от влаги и пыли, для газоразрядных ламп независимого монтажа для работы вне светильника.

В настоящее время для зажигания и работы люминесцентных ламп широко применяются электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), в которых частота питающего тока повышается до 20-40 кГц. Данные устройства обладают следующими преимуществами по сравнению с традиционными электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ЭмПРА):

- снижение потребления электроэнергии комплектом ЭПРА - лампа в среднем на 20 %;
- повышение световой отдачи лампы на 5-7 % при работе на повышенной частоте;
- не нужны массивный электромагнитный дроссель и стартер - экономия дефицитных материалов - меди и стали;
- высокое качество светового потока лампы вследствие низких значений коэффициента пульсации светового потока (5-15 %) и отсутствия стробоскопического эффекта;
- легкость и компактность устройства - снижение массогабаритных показателей на 40-70 %;
- благоприятный («щадящий») режим зажигания лампы;
- работоспособность при низкой температуре
- повышение срока службы лампы на 10-50 % за счет стабильных параметров зажигания и горения;
- отсутствие гудения и мигания лампы в пусковом режиме;
- бесшумность работы ЭПРА;
- возможность регулирования светового потока светильника в диапазоне 10-100 % в ручном или автоматическом режиме;
- автоматическое отключение ламп в конце их срока службы, а также неисправных ламп;
- возможность пуска с любой временной задержкой;

Применение электронных пускорегулирующих аппаратов позволяет осуществлять регулирование светового потока. Благодаря диммированию изменяют яркость ламп во время работы с помощью специальных схем и переключателей. Оно позволяет изменять плотность светового потока центрального источника света и дает возможность добиться оптимального освещения помещений в любое время суток, а также снизить потребление электроэнергии.

В последнее время ЭПРА для газоразрядных ламп применяют и в уличном освещении, но широкого применения они не нашли. Это связано с тем, что электроника внутри таких аппаратов не всегда выдерживает сложные условия, в которых эксплуатируются уличные светильники. И все же некоторые производители ЭПРА предлагают такие аппараты, причем в них есть функция уменьшения света в ночное время по определенному алгоритму. Это позволяет существенно экономить электроэнергию при освещении улиц.

Недостатками применения ЭПРА являются более высокая стоимость и сложная схема зажигания.

3. Применение ЭПРА для питания газоразрядных ламп

Преимуществами светильников с ЭПРА являются отсутствие мерцания и шума, качественное зажигание, легкий вес и значительная экономия электроэнергии. В отличие от ламп накаливания, они более долговечные и имеют хорошую световую передачу.

При работе на повышенной частоте уменьшается значение индуктивности обратно пропорционально частоте. Таким образом с увеличением частоты размеры и масса ПРА снижаются, но удельные потери мощности электротехнической стали возрастают. Чтобы на частотах выше 1000 Гц использовать малогабаритные дроссели с небольшими потерями необходимо использовать специальные магнитные материалы. В электронных устройствах дроссель скомбинирован с внутренним генератором высокой частоты. Дроссель имеет малые размеры, следовательно, энергия, накопленная в нём, не обеспечивает зажигание лампы за счёт прерывания тока. Для начала работы лампы низкого давления параллельно им подключается конденсатор, который образует последовательный резонансный контур.

Структурная схема ЭПРА для люминесцентных ламп низкого давления состоит из фильтра подавления радиопомех, выпрямительного устройства, корректора формы потребляемого тока и коэффициента мощности, управляющего блока, ВЧ-блока и выходного блока.

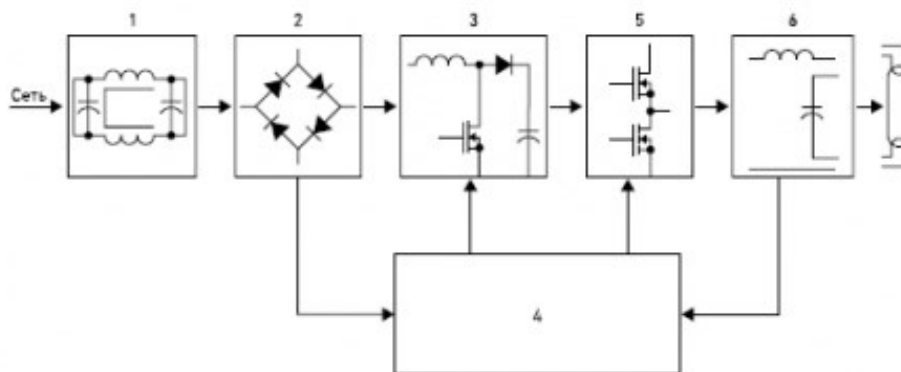


Рисунок 2. Структурная схема ЭПРА для ГЛНД

Потому как ЭПРА вызывает в сети высокочастотные электромагнитные излучения, то требуется установка фильтра подавления радиопомех. Выпрямитель, в виде стандартного выпрямительного моста, рассчитанного на соответствующие токи и напряжения, и корректор коэффициента мощности, формирующий близкую к синусоидальной форму входного тока и близкий к единице коэффициент мощности, вводятся в схему при работе комплекта от сети переменного тока. Высокочастотный блок включает инвертор с выходной частотой более 20 кГц и при надобности согласующий высокочастотный блок (трансформатор). Выходной блок предоставляет согласование выходных характеристик инвертора с пусковыми и рабочими характеристиками лампы.

Сетевое напряжение в 230В поступает на диодный мост и фильтр, на выходе которого образуется постоянное напряжение 310В. Инверторным модулем наращивается частота напряжения и от инвертора напряжение

проходит на симметричный трансформатор, на котором за счет управляющих ключей формируется необходимый рабочий потенциал для лампы.

Использование ЭПРА для питания газоразрядных ламп высокого давления вызывает интерес из-за ряда причин. ГЛВД очень критичны к перегрузке по мощности, а обычные электромагнитные балласты не в состоянии обеспечить стабилизацию мощности на необходимом уровне, если изменятся условия эксплуатации лампы или её характеристики в процессе старения. Использование ЭПРА позволяет рационально управлять лампой в рабочем и аномальном режимах. Это приводит к уменьшению затрат, так как даже при небольшом увеличении напряжения сети срок службы лампы сокращается в среднем в 2 раза, что требует более частую замену ламп. Использование ЭПРА позволяет также осуществлять управление светом без дополнительных усложнений питающей сети, регулировать мощность лампы в зависимости от времени суток и изменяемых условий облученности. Экономия электроэнергии благодаря более высокому КПД ЭПРА и возможности управления энергетическим потоком может достигать 40% по сравнению с питанием от электромагнитного ПРА.

В настоящее время для борьбы с акустическим резонансом, который приводит к искажению разрядного канала, его искривлению, перегреву стенок разрядной трубки и её растеканию, для ГЛВД применяется питание низкочастотным током прямоугольной формы.

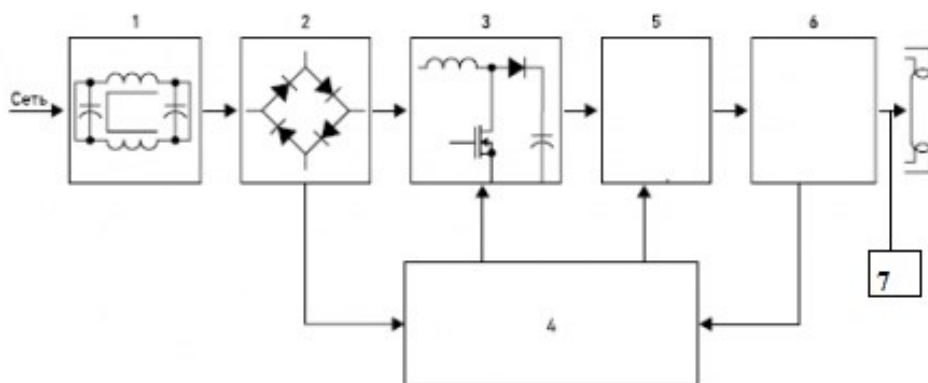


Рисунок 3. Структурная схема ЭПРА для ГЛВД

Эта схема отличается от схемы питания ГЛНД отсутствием выходного блока, который заменен на стабилизатор тока, выполненной по схеме высокочастотного регулятора. Для обеспечения симметричной работы электродов в схему включен инвертор, благодаря которому можно периодически менять полярность тока лампы.

Для зажигания разрядных ламп необходим импульс напряжения порядка нескольких сотен вольт, а для поддержания процесса горения требуется ограничение рабочего тока лампы до нескольких сотен миллиампер. Поэтому в схеме необходимо применять с импульсным зажигающим устройством.

Сетевое напряжение преобразуется выпрямителем со сглаживающим конденсатором в постоянное напряжение. Высокочастотный конденсатор преобразует выходное постоянное напряжение в переменное с прямоугольной

формой кривой. Напряжение с выхода преобразователя через усилитель мощности подается на лампу.

4. Достоинства и недостатки применения ЭПРА

Для включения люминесцентных ламп используются электронные пускорегулирующие аппараты, представляющие блок, имеющий функции дросселя, стартера и конденсатора. Благодаря этому включение лампы происходит за короткий промежуток времени – менее 1 секунды. При работе лампы отсутствует эффект мерцания, так как частота работы ЭПРА составляет 40-50 кГц. Правда, глаз человека неспособен за одну секунду уловить мерцание с частотой в пятьдесят импульсов, но при постоянной работе ЭПРА зрение утомляется. Срок службы при работе с электронными пускорегулирующими устройствами увеличивается в 2 раза. Наличие балласта блокирует подачу электроэнергии при перегорании лампочки, что влияет на экономию электроэнергии и безопасность. Применение ЭПРА даёт возможность для тёплого пуска лампы, вследствие которого за доли секунды происходит предварительное нагревание спиралей лампочки перед пуском, что увеличивает срок службы лампы. При работе лампы с использованием ЭПРА отсутствует гудящий неприятный шумовой фон, что влияет на состояние человека. Схема подключения более понятна, проста в эксплуатации, достаточно заменить лампу. Лампы, питающиеся с помощью ЭПРА, меньше греются, имеют поле высокий КПД, а освещение при работе с лампами очень приближено к естественному. Также ЭПРА может питаться от постоянного тока, использоваться как аварийное освещение при питании от аккумулятора.

К недостатком можно отнести высокую стоимость и выход из строя при скачках напряжения.

Экономичность ЭПРА определяется уменьшенным энергопотреблением при обеспечении и сохранении нужного светового потока за счёт уменьшения до 50% потерь по сравнению с электромагнитным ПРА, добавочным энергоснабжением благодаря допустимости управления световым потоком лампы, уменьшенными эксплуатационными расходами за счёт повышения срока службы ламп. Коэффициент мощности имеет высокое значение при всех возможных режимах в диапазоне изменения напряжения $230\text{В} \pm 15\%$.

К одному из главных достоинств ЭПРА для ГЛВД можно отнести практически полное отсутствие пульсаций светового потока ламп. Однако световая отдача увеличивается мало из-за небольшой доли анодно-катодных участков в длине разряда высокого давления и срок службы увеличивается незначительно.

Преимущество ЭПРА для ГЛВД является группировка в одном аппарате трёх элементов: зажигающего устройства, балласта и компенсирующего конденсатора, что ощутимо снижает массу аппаратов и повышает надежность зажигания. Применение ЭПРА стабилизирует мощность ламп и тем самым предоставляет более высокую временную стабильность их светотехнических характеристик – светового потока и цветовой температуры.

Заключение

Пускорегулирующие аппараты обеспечивают устойчивое зажигание источников света и нормальный режим их работы. ПРА при этом имеют малую массу и объем, малые потери мощности, невысокую стоимость и бесшумность в работе. В сравнении с электромагнитными устройствами можно выделить сокращение материальных затрат на смену ламп, поскольку применение ЭПРА увеличивает срок их эксплуатации. Достоинством применения ЭПРА является снижение потребления электричества и меньший спад светового потока, который способствует более длительному использованию светильника.

Электронная пускорегулирующая аппаратура продолжает совершенствоваться. На рынке периодически появляются новые модели приборов. Электронные конструкции имеют свои недостатки, но по сравнению с другими вариантами они имеют лучшие технические и эксплуатационные характеристики.

Литература

1. [Электронный ресурс] URL: <https://samelectrik.ru> (Дата обращения:02.04.2019)
2. Беззубцева М.М. Электротехнологии и электротехнологические установки в АПК – СПб, СПбГАУ, 2012. – с.2
3. Козловская В.Б. Электрическое освещение: учебник/ В.Б.Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич.- Минск: Техноперспектива, 2011. – 543с.