

библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Н. В. ВОЛОЦКОЙ

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ
ЛАМПЫ
И СХЕМЫ
ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ
В СЕТЬ

ГОСЭНЕНЕРГОИЗДАТ

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

ВЫПУСК 68

Н. В. ВОЛОЦКОЙ

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ И СХЕМЫ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ В СЕТЬ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1962 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В.,
Смирнов А. Д., Устинов П. И.

В брошюре описывается устройство люминесцентных ламп и приводятся наиболее распространенные схемы их включения.

Рассматриваются типичные неполадки в работе ламп и вспомогательной аппаратуры, даются рекомендации по их определению и устранению.

Брошюра рассчитана на электромонтеров, занимающихся обслуживанием электрического освещения промышленных предприятий и коммунальных хозяйств.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава первая. Тепловые и газоразрядные источники света	5
Глава вторая. Люминесценция и люминофоры	7
Глава третья. Устройство люминесцентной лампы	9
Глава четвертая. Принципиальные схемы включения люминесцентных ламп	14
Глава пятая. Характеристики, достоинства и недостатки люминесцентных ламп	21
Глава шестая. Пускорегулирующая аппаратура и вспомогательные приспособления	27
Глава седьмая. Неполадки в горении ламп и их устранение	35
Рекомендуемая литература	44

ВВЕДЕНИЕ

Люминесцентные лампы являются одним из новейших источников света и получили за последние годы самое широкое распространение. Они постепенно вытесняют лампы накаливания в различного рода установках как более экономичные и обладающие более благоприятным цветом излучения. Это не означает, что они могут полностью заменить лампы накаливания во всех случаях, но сейчас уже несомненно, что люминесцентные лампы в ближайшие годы будут являться основным типом источников света массового применения. Вот почему ЦК КПСС в своем письме «О рациональном использовании электрической энергии в народном хозяйстве» от 24. XI. 1959 г. указывает, что применение люминесцентных ламп (и ряда других новых источников света) является в настоящее время одним из основных средств для рационализации использования электроэнергии в осветительных установках.

Гигиенисты уже давно доказали, что применение люминесцентного освещения способствует увеличению производительности труда, снижает утомляемость человеческого организма, создает общие благоприятные, а иногда и комфортабельные условия для труда и отдыха. И все же во многих случаях возникают жалобы на то, что люминесцентное освещение утомляет и раздражает зрение и т. п. Проверка таких случаев квалифицированными специалистами чаще всего показывает, что эти жалобы возникают оттого, что при оборудовании осветительной установки не были соблюдены основные требования, предъявляемые к устройству люминесцентного освещения.

Требования эти не сложны и выполнение их не представляет затруднений.

Однако отсутствие специальных знаний у техничес-

кого персонала часто приводит к тому, что при устройстве и эксплуатации осветительной установки эти требования не учитываются и, в результате, установка оказывается неудовлетворительной.

Предлагаемая брошюра имеет своей целью рассмотреть принципы устройства люминесцентных ламп и схем их включения, а также сформулировать и объяснить те основные обязательные требования, которые должны быть удовлетворены при устройстве и эксплуатации установок с люминесцентными лампами.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ТЕПЛОВЫЕ И ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Оценивая тот или иной источник света, прежде всего обращают внимание на его экономичность и цветность излучения.

Обосновывать значение экономичности для любого устройства или аппарата нет надобности. Чем экономичнее электрическая лампа, тем больше она излучает света при той же потребляемой мощности, тем, следовательно, дешевле обходится освещение.

Человеческий глаз лучше всего приспособлен к восприятию дневного, солнечного света. При естественном освещении хорошо различаются цвета красок, глаз меньше утомляется. Ряд работ, связанных с различением тонких цветовых оттенков, можно производить только в условиях, соответствующих естественному освещению. Поэтому, оценивая цветность излучений любого искусственного источника света, следует сравнивать ее с цветностью естественного света.

Таким образом, в общем случае можно считать, что наилучшим источником света будет тот, который обладает наибольшей экономичностью и цветность излучений которого приближается к цветности дневного света.

Современные источники света разделяются на два основных класса: тепловые, типичными представителями которых являются лампы накаливания, и газоразрядные, к числу которых относятся люминесцентные лампы. Рассмотрим, чем же различаются принципы устройства ламп этих двух классов и в какой степени они могут удовлетворить поставленным выше требованиям в отношении экономичности и цветности излучения.

Сущность работы любого электрического источника света заключается в преобразовании электрической энергии в свет. В тепловых источниках света — лампах накаливания — это достигается нагреванием светящего элемента лампы до температуры, достаточной для создания видимых — световых излучений.

Если нагреть тело примерно до температуры в 1000° С, то оно начинает светиться слабым красным свечением, но большая часть подводимой энергии все же превращается при этом в инфракрасное, невидимое излучение. С повышением температуры доля световых излучений в общем энергетическом балансе нагретого тела резко возрастает, а при температуре порядка 3000° С свечение приобретает желтовато-оранжевый оттенок, хорошо известный нам по лампам накаливания. Но даже и при такой температуре процесс превращения электрической энергии в свет путем нагрева является весьма неэкономичным: в лампах накаливания только около 2% подведенной к ним электрической энергии превращается в свет, а 98% — выделяется в виде тепла. Чтобы повысить к. п. д. источника света, нужно еще значительно увеличить его температуру.

Однако температура плавления вольфрама, из которого делают нити ламп накаливания, составляет 3370° С, а более тугоплавких и достаточно прочных материалов для тел накала пока не создано. Поэтому понятно, что дальнейшее улучшение экономичности ламп накаливания за счет повышения температуры может иметь место только в весьма незначительных пределах.

Таким образом, можно сделать вывод: лампы накаливания обладают очень низкой экономичностью, возможности для ее существенного повышения отсутствуют, а цветность излучения ламп накаливания весьма далека от цветности дневного света.

Газоразрядные источники света построены на совершенно ином принципе, чем тепловые. Если из стеклянной трубки выкачать воздух, заполнить ее газом или парами металла, а к электродам, впаянным на ее концах, приложить достаточное напряжение, то в трубке возникает электрический разряд, сопровождающийся излучением газовой среды. В зависимости от рода газа и других условий, эти излучения могут быть или видимыми, или ультрафиолетовыми, или же носить смешанный характер.

Чаще всего, однако, газоразрядные источники света мало пригодны для осветительных целей, так как их излучение имеет характер резко окрашенного свечения или содержит главным образом ультрафиолетовые лучи. Для преобразования излучений газового разряда в наиболее подходящие по цветности видимые излучения используется явление так называемой люминесценции. На этом принципе построены осветительные люминесцентные лампы, получившие в настоящее время очень широкое распространение.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И ЛЮМИНОФОРЫ

Как уже было сказано выше, мощность и цветность излучения того или иного тела зависят от его температуры. Так как температурное излучение подчиняется определенным законам, его мощность¹ может быть достаточно точно вычислена по температуре нагрева тела. Но существуют некоторые тела, у которых мощность излучения превосходит величину, определяемую законами температурного излучения в данных условиях. В таких случаях можно утверждать, что этот избыток излучения обусловлен какими-то другими причинами, а не является следствием нагрева тела.

Так, например, ртуть при комнатной температуре не испускает видимого излучения. Если же капли ртути встряхивать в стеклянной пробирке, создавая их соударение, ртуть начинает светиться, хотя температура ее при этом не изменяется. Некоторые растворы при смешивании друг с другом, вступая в химическую реакцию, также вспыхивают ярким светом, оставаясь при этом холодными. При прохождении электрического тока через газовую среду возникает свечение в холодном газе. Некоторые твердые неорганические тела при комнатной температуре начинают светиться после того, как их предварительно облучили солнечным светом. Для всех подобных явлений характерно то обстоятельство, что све-

¹ Мощность излучения называют иначе лучистым потоком; он измеряется в ваттах.

чение тела не прекращается мгновенно после устранения вызвавшей его причины (т. е. после прекращения соударения частиц, химической реакции, пропускания электрического тока, предварительного облучения), а затухает только постепенно, хотя период затухания бывает различен — от чрезвычайно малых долей секунды до десятков и даже сотен часов.

Явление «холодного», не вызываемого нагревом свечения называется люминесценцией. В процессе люминесценции превращение в свет энергии того или иного рода происходит непосредственно, без последовательного превращения, например, электрической энергии сначала в тепло, а затем уже в свет, как это имеет место в тепловых источниках света. Твердые вещества, обладающие способностью люминесцировать, называются люминофорами. В ламповой люминесцентной технике применяются кристаллические люминофоры, обладающие способностью светиться под воздействием ультрафиолетового облучения. Люминесценция, возникающая в результате облучения, носит название фотolumинесценции и все сказанное ниже будет относиться к этому виду люминесценции, хотя для краткости приставка «фото» и не будет далее употребляться.

Процесс фотolumинесценции сводится к преобразованию энергии излучений одного диапазона длин волн в энергию излучений другого диапазона длин волн. Физика учит, что такое преобразование, как правило, происходит только тогда, когда коротковолновые излучения превращаются в длинноволновые, но не наоборот. Поэтому, если мы хотим, чтобы люминофор испускал видимый свет (т. е. излучения в диапазоне от фиолетовых до красных), то в качестве возбуждающих следует применять излучения с длиной волны меньшей, чем длина волны фиолетовых излучений, т. е. ультрафиолетовые излучения. Этим и объясняется, почему в производстве люминесцентных ламп применяются исключительно люминофоры, способные светиться под воздействием ультрафиолетового излучения.

Практически создать возбуждение ультрафиолетовыми лучами нетрудно: хорошим источником ультрафиолетовых излучений может служить электрический разряд в парах ртути, давно используемый в технике для самых разнообразных целей.

Люминофоры, применяемые в производстве люминесцентных ламп, представляют собой неорганические соединения, главным образом различные силикаты и вольфраматы. Технология изготовления люминофоров, пригодных для использования в люминесцентных лампах, достаточна сложна, так как необходимо получить чистый однородный очень мелкоструктурный порошок, обладающий точно заданными световыми характеристиками.

Для изготовления люминесцентных ламп применяются люминофоры, излучающие свет различных оттенков, близких к дневному свету. Во многих случаях для создания нужной цветности свечения приходится применять не один, а смесь из нескольких люминофоров.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

УСТРОЙСТВО ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ

Устройство люминесцентной лампы схематически показано на рис. 1.

Лампа представляет собой запаянную с обоих концов стеклянную трубку. В торцы этой трубки вварены электроды, а на внутреннюю поверхность ее нанесен тонкий слой люминофора. Из лампы откачен воздух и она заполнена инертным газом (аргоном при очень низком давлении). Кроме того, в лампу помещена дозированная капелька ртути, которая при нагревании превращается в ртутные пары.

Электроды лампы изготавливаются из вольфрама в виде небольшой спирали, покрытой специальным составом (углекислыми солями бария и стронция) превращающимся, в процессе обработки, в так называемый оксид. Параллельно спирали располагаются два никелевых уса, каждый из которых электрически соединен с одним из концов спирали. Электроды имеют по два вывода, заканчивающихся штырьками, закрепленными в цоколе.

В установившемся режиме работы между электродами лампы происходит разряд в парах ртути, сопровождающийся интенсивным ультрафиолетовым излучением. Под воздействием ультрафиолетовых лучей

люминофор излучает видимый свет той или иной цветности, определяемой составом люминофора. Таким образом, в люминесцентной лампе происходит двухступенчатое преобразование электрической энергии: сначала в ультрафиолетовое, а затем в видимое излучение.

Люминесцентные лампы различаются между собой по форме, по мощности и по цветности излучения.

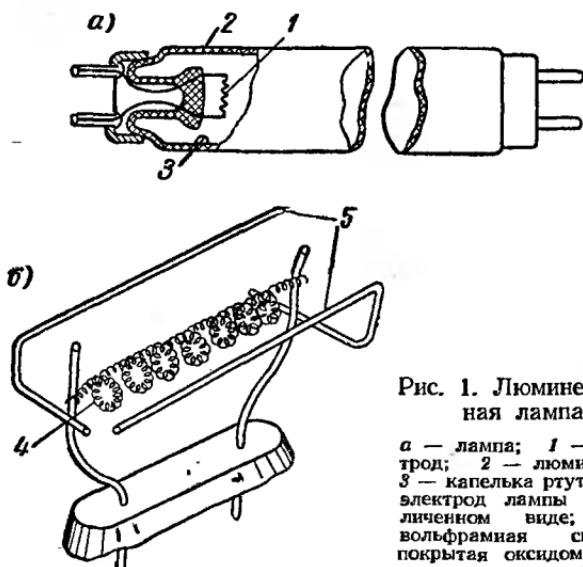


Рис. 1. Люминесцентная лампа:

а — лампа; 1 — электрод; 2 — люминофор; 3 — капелька ртути; 4 — электрод лампы в увеличенном виде; 4 — вольфрамовая спираль, покрытая оксидом; 5 — никелевые «усы».

По форме исполнения лампы разделяются на прямолинейные и секционно-кольцевые. Первые выпускаются заводами как массовая продукция, а вторые изготавливаются серийно, только отдельными партиями. Габаритные размеры и световые характеристики прямолинейных ламп приведены в табл. 1. Секционно-кольцевые лампы изготавливаются с радиусом кривизны от 137 до 1100 мм и назначаются для компоновки из них светящихся кольцевых линий соответствующих диаметров.

Как видно из табл. 1, в настоящее время отечественная промышленность выпускает по ГОСТ лампы мощностью от 15 до 80 вт. В стадии освоения находятся лампы мощностью 125 вт, выпускаемые в габаритах ламп 80 вт. Выпускаются также лампы мощностью 3, 8,

Таблица 1

Люминесцентные лампы прямолинейной формы
(по ГОСТ 6825-61)

Мощность, вт	Ток, а	Размеры ламп, мм			Световой поток (лм) ламп				
		D	L ₁	L	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТВ
15	0,30	25	437,4	452,4	450	525	600	630	600
20	0,35	38	589,8	604,8	620	760	900	980	900
30	0,34	25	894,6	909,6	1110	1380	1500	1740	1500
40	0,41	38	1199,4	1214,4	1520	1960	2200	2480	2200
80	0,82	38	1500,0	1515,0	2720	3440	3840	4320	3840

Примечания: 1. Буквы D , L , L_1 соответственно обозначают внешний диаметр, полную длину и длину без штырьков лампы.

2. Световые потоки указаны по ГОСТ 6825-61 для ламп, выпускаемых 1.1.1963 г. Световые потоки ламп, выпускаемых в настоящее время, меньше указанных величин на 10—15%.

12 вт. Пока наиболее употребительны лампы мощностью 30 и 40 вт. Лампы мощностью 30, 40, 80 и 125 вт рассчитаны на включенные в сеть напряжением 220 в, а все остальные — в сеть напряжением 127 в.

При прочих равных условиях всегда следует стремиться к применению меньшего количества, но более мощных ламп, чтобы сократить число вспомогательных устройств, светильников и стоимость установки. С этой точки зрения особенно рационально использовать лампы мощностью 80 вт. Эти лампы дают наибольший световой поток с погонного метра длины лампы, что также очень существенно для сокращения длины и, следовательно, удешевления светильников. Так, например, лампа ЛБ-80 дает с погонного метра $\frac{4320}{1,50} = 2280$ лм/м, а лампа

ЛБ-40 — только $\frac{2480}{1,20} = 2007$ лм/м. Лампы мощностью 15 и 20 вт следует применять исключительно в установках, где нет возможности иметь напряжение 220 в. Лампы меньшей мощности используются только в специальных установках.

По цветности излучения люминесцентные лампы разделяются на пять типов: дневного света (ЛДЦ и

ЛД), белого света (ЛБ), холодно-белого света (ЛХБ) и тепло-белого света (ЛТБ).

Излучение ламп дневного света ЛДЦ по своему спектральному составу приближается к естественному свету неба в слегка пасмурный день. Эти лампы являются наилучшими для тех случаев, когда требуется обеспечить при искусственном освещении различение цвета столь же уверенное, как различение цвета в дневных условиях. Они применяются там, где производится окраска или отбраковка по цвету продукции и материалов, в картиных галереях, магазинах готового платья, тканей и т. п.

Лампы дневного света типа ЛД не обеспечивают тонкого различия цветов, хотя их цветность все же более или менее соответствует естественному свету от неба.

Лампы белого света ЛБ приблизительно воспроизводят по цветности солнечный свет, отраженный облаками. Они не обеспечивают цветопередачи, соответствующей рассеянному дневному освещению, и могут применяться, в основном, там, где к восприятию цвета не предъявляют строгих требований — в кабинетах, чертежных, металлообрабатывающих цехах и т. п. Следует отметить, что лампы ЛБ наиболее экономичны.

Лампы холодно-белого цвета ЛХБ по цветности занимают промежуточное положение между лампами ЛБ и ЛДЦ и в ряде случаев могут успешно применяться наравне с последними.

Лампы тепло-белого света ЛТБ имеют явновыраженный розовый оттенок и применяются тогда, когда по тем или иным соображениям желательно подчеркнуть розовые и красные тона. Для массового применения эти лампы рекомендовать нельзя.

Следует отметить, что наши отечественные люминесцентные лампы пока еще недостаточно экономичны. Лучшие иностранные лампы имеют световую отдачу до $70-73 \text{ лм/вт}$, а наши лампы в настоящее время — не более 53 лм/вт .

Повышение экономичности может быть достигнуто как за счет улучшения качества люминофора, так и за счет изменений в конструкции ламп. Так, например, ряд иностранных фирм выпускает лампы «желобковой» формы, у которых в цилиндрической колбе вдавлены лю-

перечные или продольные желобки. Это дает возможность приблизить слой люминофора к наиболее интенсивной зоне электрического разряда в газе—осевому каналу разряда и улучшить охлаждение лампы, что сказывается на повышении световой отдачи лампы.

Большой интерес представляют также лампы с внутренним отражающим слоем, которые в ближайшее время будут выпускаться нашей промышленностью. При изготовлении такой лампы на верхнюю и боковые поверхности обычной стеклянной трубы наносится сначала белый, хорошо отражающий свет порошок. Нижняя поверхность трубы остается прозрачной. После этого обычным порядком на трубку наносится люминофор. Световой поток при этом не будет выходить вверх, а направится отражающим слоем только вниз, что во многих случаях и требуется.

Световой поток ламп с отражающим слоем меньше, чем у обычных ламп, на 10—13%, но это с избытком окупается целесообразным распределением потока, упрощением и удешевлением осветительной арматуры. Кроме того, лампы с отражающим слоем почти не снижают величину светового потока за счет запыления, так как слой пыли, оседающий главным образом на верхней поверхности лампы, в данном случае не имеет значения.

Кроме описанных выше люминесцентных осветительных ламп, выпускаются эритемные и бактерицидные лампы. Первые применяются в установках для искусственного ультрафиолетового облучения людей и животных с оздоровительной целью, а вторые — для обеззараживания воздуха.

Ультрафиолетовые излучения ртутного разряда обладают способностью убивать бактерии. В осветительных люминесцентных лампах стекло колбы и люминофор почти не пропускают ультрафиолетовых излучений. В бактерицидных же лампах колба изготавливается из специального увиолевого стекла, а люминофор отсутствует. В остальном они не отличаются от люминесцентных ламп. Бактерицидные лампы маркируются индексом БАК и выпускаются мощностью 15 вт на напряжение 127 в и 30 вт — на напряжение 220 вт. Изготавливаются также бактерицидные лампы мощностью 30 вт на напряжение 127 в в габаритах 15-ваттной лампы.

Эритемные лампы имеют такое же стекло как и бак-

терицидные, но покрытое специальным люминофором, преобразующим излучение ртутного разряда в ультрафиолетовое излучение с диапазоном длин волн, наиболее активно вызывающим загар (эритему) человеческой кожи; свечение эритемных ламп воспринимается глазом как синевато-голубое. Эти лампы также выпускаются мощностью 15 вт на напряжение 127 в и мощностью 30 вт на напряжение 220 в, а маркируются индексом ЭУВ.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Как и все приборы газового разряда, люминесцентные лампы включаются в сеть последовательно с балластным сопротивлением (рис. 2). Это необходимо потому, что электрический разряд в газе по своей природе имеет неустойчивый характер. Достаточно самого незначительного колебания напряжения в сети, чтобы вызвать очень резкое изменение силы тока в лампе: при понижении ток быстро возрастает до опасной для лампы величины, а при повышении напряжения — падает до нуля и лампа гаснет. Балластное сопротивление, включенное последовательно с лампой, стабилизирует ток в лампе, в особенности если подобрать сопротивление с подходящей характеристикой. В сетях переменного тока простейшим и наилучшим видом балласта для люминесцентных ламп является индуктивное сопротивление в виде дросселя.

Для нормального течения процесса газового разряда необходимо, чтобы электроды лампы имели достаточную температуру — порядка 800° С и более. Нагрев электродов в установившемся режиме горения лампы может поддерживаться или за счет рабочего тока лампы, проходящего через электроды, или путем их специального подогрева. В первом случае электроды называются самокалиющимися, а во втором — подогревными.

В процессе работы люминесцентной лампы наиболее тяжелым является период зажигания, когда электроды еще не разогрелись. Для возникновения разряда в лампе необходимо в момент ее включения или подогреть электроды, или создать временное повышение напряжения на ее зажимах, или использовать оба эти приема. Соот-

ветственно различают три группы схем питания ламп: импульсного зажигания (прогреваются электроды и создается мгновенный импульс напряжения); быстрого зажигания (сильно разогреваются электроды и незначительно повышается напряжение); мгновенного зажигания (резко повышается напряжение без подогрева электродов).

В схеме с импульсным зажиганием для автоматического регулирования процесса зажигания применяется пускатель, называемый часто также стартером или зажигателем.

Пускатель (рис. 3, а) представляет собой миниатюрную газоразрядную лампочку, имеющую два металлических электрода и заполненную инертным газом — неоном: Один из электродов пускателя — жесткий и неподвижный, а другой — биметаллический, изгибающийся при нагреве. В последнее время начали изготавливать пускатели и с двумя биметаллическими электродами (рис. 3, б). В нормальном состоянии электроды пускателя разомкнуты. Пускатель включается параллельно лампе (рис. 2).

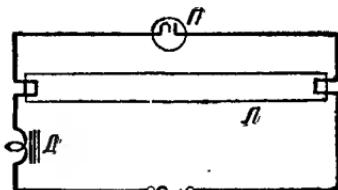


Рис. 2. Импульсная схема включена в сеть люминесцентной лампы.

Л — лампа; П — пускатель; Д — балластное сопротивление — дроссель.

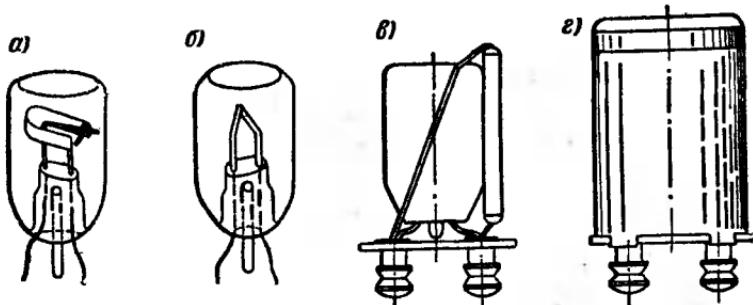


Рис. 3. Пускатель:

а, б — вид пускателя с одним и двумя биметаллическими электродами, без кожуха и конденсатора; в — пускатель и конденсатор, собранные на щитке; г — внешний вид пускателя.

ский, изгибающийся при нагреве. В последнее время начали изготавливать пускатели и с двумя биметаллическими электродами (рис. 3, б). В нормальном состоянии электроды пускателя разомкнуты. Пускатель включается параллельно лампе (рис. 2).

В момент включения схемы в сеть к электродам лампы и пускателя оказывается приложенным полное напряже-

жение сети, так как тока в цепи нет и потеря напряжения в балластном сопротивлении равна нулю. Пока электроды лампы еще холодные, напряжение сети недостаточно для зажигания лампы, но для зажигания пускателя этого напряжения достаточно. В пускателе возникает разряд в неоне и ток в схеме проходит по цепи: сеть — первый электрод лампы — пускатель — второй электрод лампы — дроссель — сеть.

Значение тока при этом невелико, порядка сотых долей ампера, так как большое сопротивление пускателя ограничивает величину тока. По этой причине электроды лампы пока сколько-нибудь заметно нагреваться не могут. Для нагрева же биметаллического электрода пускателя достаточно тепла, выделяемого разрядом в неоне. Нагреваясь и изгинаясь, биметаллическая пластинка замыкает пускатель накоротко, в результате чего ток в цепи возрастает до величины порядка 0,5—0,6 а и электроды лампы быстро разогреваются.

В последующий момент электроды пускателя начинают остывать и затем размыкаются. Мгновенный разрыв тока в цепи вызывает появление обратной электродвигущей силы на дросселе в виде мгновенного пика напряжения, что и вызывает зажигание лампы, электроды которой к этому моменту оказываются уже раскаленными. Зажиганию лампы способствует также и предварительное возникновение местных разрядов между усами и спиралью каждого из электродов. Разряд в лампе сначала возникает в среде аргона, заполняющего колбу, а затем, после испарения ртути, находящейся в лампе, процесс горения приобретает характерный вид ртутного разряда.

После того как лампа зажглась, в ее цепи устанавливается рабочий ток величиной 0,3—0,4 а, а напряжение на ее зажимах составляет около половины сетевого; остальная часть напряжения гасится в дросселе. Следовательно, на зажимах пускателя теперь имеется также напряжение, равное только половине сетевого и недостаточное для повторного срабатывания пускателя.

Таким образом, в импульсных схемах с применением пускателя при зажигании лампы происходит ряд последовательных процессов, занимающих несколько секунд. Иногда лампа сразу не зажигается и пускатель срабатывает несколько раз подряд, лампа «мигает» и процесс

зажигания значительно растягивается. Основной причиной этого являются чрезмерные отклонения во взаимно-связанных между собой характеристиках лампы и пускателя.

В импульсных схемах возможно применение не только индуктивных, но и омических балластных сопротивлений. Иногда в качестве омического сопротивления применяется лампа накаливания, которая подбирается с такими характеристиками, чтобы можно было использовать и ее световое излучение. Так как при омическом балласте в момент включения лампы пик напряжения отсутствует, то для безотказной работы схемы приходится применять некоторые специальные дополнительные приспособления. Применение омического балласта снижает и экономичность установки. По этим причинам схемы с омическим сопротивлением широкого распространения не получили.

В схеме быстрого зажигания в течение пускового периода должны быть обеспечены повышенный накал электродов и некоторое повышение напряжения на лампе.

Принцип работы такой схемы иллюстрируется рис. 4. Непосредственно с момента подачи на схему сетевого напряжения начинают прогреваться электроды лампы, включенные на отдельные обмотки накального трансформатора. Так как лампа пока еще не горит, то потеря напряжения в балластном дросселе невелика, обмотки накала имеют повышенное напряжение, электроды быстро и сильно раскаляются и лампа может зажечься даже при нормальном сетевом напряжении.

Для надежности, однако, желательно иметь в момент включения несколько повышенное напряжение на лампе. Для этого применяются схемы двух типов: трансформаторные или резонансные. Трансформаторная схема показана на рис. 5. Здесь применен дроссель-трансформатор, играющий роль балластного сопротивления и создающий повышение напряжения на лампе на период ее

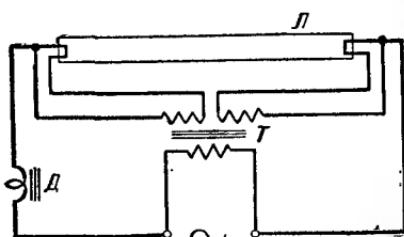


Рис. 4. Схема быстрого зажигания люминесцентной лампы.
Л — лампа; Д — дроссель; Т — накальный трансформатор.

зажигания. После зажигания лампы, за счет падения напряжения в балласте, напряжение на лампе, а также на обмотках накала снижается и электроды в дальнейшем нагреваются, в основном, за счет самонакала. Тем

не менее поскольку электроды остаются соединенными с обмотками накала, они продолжают получать частичный подогрев и от этих обмоток. Хотя дополнительный подогрев электродов и облегчает работу лампы, он приводит к дополнительной потере мощности, что является специфическим недостатком всех схем быстрого зажигания.

Рис. 5. Схема быстрого зажигания с дроссель-трансформатором.
Л — лампа; Д — дроссель-трансформатор; Н — обмотки накала.

В схемах быстрого зажигания второго типа используются так называемые явления резонанса тока или напряжения. Сущность этих схем заключается в том, что в цепях, содержащих соответственно подобранные емкость и индуктивность, на составляющих элементах этих цепей могут быть созданы напряжения или токи, превышающие по величине сетевое напряжение или ток, потребляемый от сети контуром в целом. Принцип устройства одной из таких схем показан на рис. 6.

Пока лампа не горит, дроссели D_1 , D_2 и конденсатор C образуют резонансный контур, причем на последовательно соединенных конденсаторе C и дросселе D_2 создается напряжение, в 1,5—2 раза превышающее сетевое. Под воздействием этого напряжения лампа после прогрева электродов легко зажигается. Как только лампа зажглась, она шунтирует конденсатор C и дроссель D_2 , условия резонанса нарушаются и лампа оказывается в

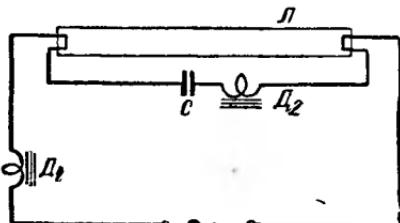


Рис. 6. Резонансная схема быстрого зажигания.
Л — лампа; D_1 , D_2 — дроссели; C — конденсатор.

режиме нормальной работы. Ток в цепи $C - D_2$ уменьшается в несколько раз и во столько же раз снижается ток подогрева электродов. Электроды продолжают работать как самокалиющиеся, но все же на их частичный подогрев расходуется некоторая небольшая мощность.

Так как величина мощности, потребляемой на подогрев электродов, не зависит от мощности лампы, то такая дополнительная потеря будет относительно велика для маломощных ламп и несущественна для ламп большой мощности. По этой причине схемы быстрого зажигания, как правило, применяют главным образом для ламп мощностью 80 и более ватт, если не считать некоторых специальных случаев.

В схемах быстрого зажигания время включения лампы в нормальных условиях не превосходит 1 сек, а «мигание», столь характерное для импульсных схем, совершенно исключается.

На рис. 7 показана схема быстрого зажигания, применяемая для ламп мощностью 80 вт, в которой используются совместно элементы схем с дроссель-трансформатором и резонансным контуром другого типа. Емкость C и индуктивности обмоток A и B образуют резонансный контур, обеспечивающий повышенный ток в этих обмотках и повышенный магнитный поток в сердечнике дроссель-трансформатора. Соответственно повышается напряжение на зажимах лампы и накал ее электродов. После зажигания лампы резонанс нарушается, напряжение на лампе падает до нормального за счет потерь в дроссель-трансформаторе, подогрев электродов резко снижается и накал их в дальнейшем происходит в основном за счет рабочего тока лампы. Имеются схемы такого типа и для питания двух ламп.

Схема мгновенного зажигания в принципе не отличается от схемы быстрого зажигания, так как в ней используются дроссель-трансформатор и резонансный контур, создающие повышенное напряжение на лам-

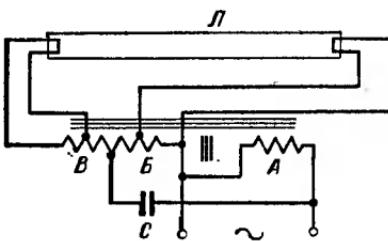


Рис. 7. Резонансная схема быстрого зажигания с дроссель-трансформатором.

L — лампа; A, B, B — катушки дроссель-трансформатора; C — конденсатор.

пе в момент включения. Отличие этой схемы от предыдущей заключается в отсутствии предварительного подогрева электродов и в размерах повышения напряжения при пуске лампы.

Чтобы обеспечить зажигание лампы при холодных электродах, напряжение на ее зажимах нужно повысить в 6—7 раз против рабочего напряжения, т. е. до 400—500 в. Такое напряжение небезопасно в эксплуатации, хотя оно и возникает только кратковременно. Поэтому схемы мгновенного зажигания применяются только тогда, когда другие схемы по тем или иным соображениям нежелательны, например во взрывоопасных помещениях и т. п. На рис. 8 приведена в виде примера схема мгновенного зажигания, применяемая в подобных условиях.

На рис. 8 приведена в виде примера схема мгновенного зажигания, применяемая в подобных условиях.

За счет применения дроссель-трансформатора и резонансного контура, образованного из емкости C и индуктивности обмотки B , повышается

Рис. 8. Схема мгновенного зажигания лампы.

напряжение в момент включения лампы, зажигание которой происходит мгновенно. После зажигания лампы напряжение на ее зажимах падает до нормальной величины, так как вследствие изменившегося токораспределения нарушаются условия резонанса и возникает потеря напряжения в обмотках B и V .

Обмотка V не является принципиально необходимой, но вводится в схему для улучшения рабочего режима лампы, включенной параллельно с конденсатором C . Как видно из схемы, выводы электродов лампы попарно соединены накоротко, так как в данной схеме вообще нет надобности иметь выводы от каждого из концов электрода.

Следует отметить, что процесс «холодного» включения является для электродов значительно более тяжелым, чем включение с подогревом. Поэтому для использования в подобных схемах целесообразно иметь лампы со специальными усиленными электродами. Электроды же ламп нормального типа, включаемых по такой схеме, быстро изнашиваются.

Схема мгновенного зажигания используется, например, в светильниках типа РВЛА-15, назначаемых для взрывоопасных помещений и снабженных прибором включения БЛ-15.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ХАРАКТЕРИСТИКИ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Влияние температуры окружающего воздуха. Характер газового разряда в значительной степени определяется величиной давления газа или паров, в которых протекает разряд. Понятно, что давление газа в лампе зависит прежде всего от температуры стеклоколбы и, следовательно, от температуры окружающего воздуха. При значительном понижении температуры давление аргона и ртутных паров настолько падает, что процесс зажигания и горения лампы резко ухудшается, а при известных условиях лампа полностью отказывается в зажигании.

Стандартные люминесцентные лампы рассчитаны для нормальной работы при температуре окружающего воздуха от 15 до 40°С, а оптимальным является диапазон температур от 20 до 25°С. При этом температура стеклоколб средней части лампы составляет около 40°С, что и требуется для нормального режима горения лампы.

Если лампы должны работать при температурах окружающего воздуха ниже 10° С, приходится принимать некоторые меры. Так как при пониженной температуре возрастает время срабатывания разрядного пускателья, то для таких условий применяют специальный пускатель — с подогревом или пользуются схемой быстрого зажигания.

Независимо от выбранной схемы включения, лампы, работающие при температуре ниже 0° С, должны изолироваться от внешней среды или замкнутой арматурой, или стеклянными трубчатыми рубашками, надеваемыми на каждую лампу. Первый прием более рационален, так как позволяет осуществлять вентиляцию светильника в летнее время; кроме того, обслуживание ламп с рубашками, в особенности на морозе, очень затруднено.

Стробоскопические явления. Если вклю-

чить одну люминесцентную лампу в сеть переменного тока и наблюдать какой-либо движущийся предмет, освещенный этой лампой, то в ряде случаев создается впечатление, что предмет движется как бы скачкообразно, хотя на самом деле он перемещается с постоянной скоростью. При некоторой скорости вращения колеса, шкива или другой вращающейся детали может даже создаться иллюзия, что она вращается в противоположную сторону или находится в покое. Нет надобности пояснять, к каким нежелательным последствиям может это привести в производственных условиях.

Такие явления носят название стробоскопических. Сущность их заключается в следующем. В лампе, включенной в сеть переменного тока с обычной частотой 50 гц, ток меняет свое направление 100 раз в секунду, т. е. лампа 100 раз в секунду включается и выключается. Кроме того, в течение каждого полупериода, равного 1/100 сек, ток и световой поток не остаются постоянными, а сначала нарастают, достигают максимума, а затем уменьшаются постепенно до нуля, т. е. непрерывно изменяются во времени. За счет инерции свечения люминофора эти пульсации светового потока хотя и сглаживаются, но недостаточно.

Глаз, смотрящий на неподвижный предмет, не в состоянии заметить пульсации света с частотой мелькания 100 раз в секунду. Иное дело, если объект наблюдения движется. Тогда в каждый последующий момент изображение движущегося предмета проектируется на различные участки светочувствительной оболочки глаза, причем яркие и темные изображения непрерывно чередуются. В результате глаз фиксирует только яркие изображения, и движение предмета воспринимается скачкообразным.

Для возникновения явления стробоскопии безразлично, что будет перемещаться: рассматриваемый предмет или глаз. Возьмем, например, такой случай. Художник рисует с натуры какой-то неподвижный объект при освещении люминесцентной лампой. Объект в этом случае неподвижен, но художник непрерывно и быстро переводит глаза с объекта на рисунок и обратно и в результате возникает стробоскопический эффект, как и в случае с движущимся объектом. Так как почти любому производственному процессу сопутствует передвижение глаз, то очевидно, что стробоскопические явления, хотя бы и

в ослабленном виде, можно наблюдать почти во всех случаях, если не приняты специальные меры.

Имеется ряд приемов для устранения стробоскопии, сводящихся к применению для освещения нескольких ламп, пульсации светового потока в которых происходят не одновременно, а сдвинуты между собой во времени.

На рис. 9 изображена так называемая двухламповая схема включения, называемая иногда также схемой расщепленной фазы. Двухламповый балласт (пускорегулирующее устройство — ПРУ) имеет две ветви. В одну из них включен обычный дроссель, а в другую — дроссель с меньшей индуктивностью, соединенный последовательно с конденсатором. Благодаря этому периодические изменения силы тока (и светового потока) в лампах, включенных в разные ветви ПРУ, сдвигаются по времени. Суммарный световой поток становится почти постоянным. Так как дроссель с малой индуктивностью не способен создать достаточный пик напряжения в момент пуска лампы L_2 , в цепь пускателя добавлена дополнительная катушка D_3 , называемая компенсатором пуска, отключающаяся после срабатывания пускателя.

Еще лучшее сглаживание пульсации светового потока можно получить, если включить три лампы на разные фазы трехфазной сети. Для схем быстрого зажигания этот прием является единственно возможным.

В осветительных установках лампы, включенные на различные фазы сети, расположены по-разному относительно освещаемой поверхности. Поэтому следует помнить, что важно не равномерное распределение ламп между фазами, а создание на рабочей поверхности равных величин освещенности от разнофазных ламп. Так, например, три светильника, включенные на разные

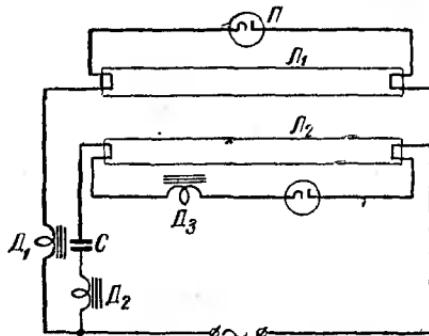


Рис. 9. Двухламповая схема включения.

L_1 , L_2 — лампы; D_1 , D_2 , D_3 — дроссели; P — пускатель; C — конденсатор.

фазы, могут быть расположены так, что тень, образуемая двумя из них, падает на рабочую поверхность. Тогда, несмотря на использование трехфазной схемы, пульсации освещенности на рабочей поверхности будут происходить так же, как и при одиночной лампе. Следует учитывать, что в светильники, имеющие даже несколько ламп, чаще всего заводится только одна фаза, хотя в них и применяются двухламповые балласты. Поэтому правильное распределение светильников по-фазно очень существенно.

Стробоскопические явления вредны для глаза и устраниению их следует уделять особое внимание. В подавляющем большинстве случаев почти все недостатки установок с люминесцентными лампами объясняются пренебрежением к этому вопросу.

Влияние колебаний напряжения в сети. Общеизвестно, как резко влияют на изменение светового потока лампы накаливания колебания напряжения в сети: изменению сетевого напряжения на 1% соответствует изменение светового потока лампы накаливания на 3,5%. Следовательно, если напряжение на лампе составляет 90% от номинального, то световой поток этой лампы не превосходит $\frac{2}{3}$ ее нормального светового потока, а при дальнейшем уменьшении напряжения лампа, как говорят, «горит в полнакала».

Иначе ведут себя люминесцентные лампы. Незначительные колебания напряжения мало сказываются на их световом потоке (процент изменения напряжения соответствует, примерно, проценту изменения светового потока), зато при снижении напряжения на 10—15% лампа может совсем не зажечься или же ее включение будет сопровождаться многократным миганием.

Таким образом, в установках люминесцентного освещения недопустимо значительное (более 5—6%) снижение напряжения в сети. Люминесцентные лампы не следует применять, если сеть не обеспечивает достаточной величины напряжения.

Как же влияет на работу люминесцентной лампы повышение напряжения? Повышение напряжения облегчает процесс зажигания ламп, но приводит к некоторому понижению (а отнюдь не повышению!) световой отдачи лампы, так как лампа начинает работать в условиях перегрева и повышенного давления паров в ее колбе.

Срок службы. По ГОСТ 6825-61 средний гарантированный срок службы люминесцентной лампы составляет 5000 час. Отметим прежде всего, что это — средний срок, относящийся к партии ламп. У отдельно же взятой лампы этот срок может быть и очень большим и очень малым. Часть ламп может выйти из строя в первые же часы их работы.

Продолжительность жизни лампы, в основном, определяется режимом работы ее электродов. Чем реже лампа включается, тем меньше изнашивается оксидный слой, покрывающий электроды. Износу оксида способствует также пониженное напряжение в сети или пониженная температура окружающего воздуха, удлиняющие процесс зажигания лампы, и некоторые другие обстоятельства. Средний срок службы в 5000 час лампы должны выдерживать при номинальном напряжении сети, температуре воздуха $+25^{\circ}\text{C}$ и числе включений не более 1000.

За время службы лампы ее световой поток непрерывно уменьшается, причем это уменьшение происходит неравномерно. В первые, примерно, 10 час световой поток резко снижается (на 6—8%); затем в течение, примерно, 100 час падение светового потока происходит менее интенсивно (за 100 час горения — на 12—15%), а в дальнейшем скорость его падения становится незначительной. В конце срока службы, т. е. через 5000 час, световой поток лампы должен составлять не менее 54% от начальной его величины. По действующему ГОСТ 6825-61 за начальный световой поток принимают поток после 100 час горения лампы.

Коэффициент мощности. Как известно [Л. 4], при наличии в цепи переменного тока реактивного сопротивления периодические изменения тока и напряжения не совпадают во времени. При индуктивном сопротивлении цепи ток отстает по фазе от напряжения, а при емкостном — опережает напряжение. В обоих случаях потребляемая в цепи мощность выражается уравнением: $P = IU \cos\phi$, где ϕ — угол между векторами тока и напряжения. Величина $\cos\phi$ называется коэффициентом мощности. Чем меньше $\cos\phi$ цепи, тем больше должен быть ток I , чтобы обеспечить заданную мощность P при сетевом напряжении U . Поэтому всегда

стремятся к повышению $\cos\phi$ и снижению потерь, связанных с увеличением тока.

Именно такое положение имеется и в схемах включения люминесцентных ламп. Какие же меры следует применять в данном случае, чтобы повысить коэффициент мощности? Можно, конечно, прибегнуть к обычному приему компенсации индуктивной нагрузки и установить мощные конденсаторы, например, у главного щита здания или у групповых щитов. Но тогда $\cos\phi$ будет

увеличен только во внешней, питающей сети, а в распределительной сети все останется по-прежнему. Поэтому индуктивную нагрузку более рационально компенсировать непосредственно у каждой лампы. Для этого параллельно лампе достаточно включить конденсатор емкостью порядка нескольких микрофарад (см. главу шестую).

Рис. 10. Схема включения дросселя с симметрированием обмоткой.

L — лампа; Π — пускатель; D — дроссель; C_1 , C_2 — конденсаторы; K — корпус светильника.

скопические явления, используяшиеся одновременно и для повышения $\cos\phi$. Индуктивности и емкости в этих ПРУ подбираются таким образом, что в установившемся режиме (при отключенной катушке компенсатора пуска) в цепи каждой лампы между током и напряжением создаются примерно равные сдвиги во времени, но обратные по знаку: в одной цепи ток отстает, а в другой опережает напряжение. В результате $\cos\phi$ в двухламповой схеме близок к единице.

Радиопомехи. Как и все приборы дугового разряда, люминесцентная лампа излучает электрические волны в диапазоне радиочастот, воспринимаемые приемниками как помехи. Радиоизлучения возникают в процессе горения лампы вследствие импульсного характера тока в лампе. Кроме того, источником радиоизлучений является искра в пускателе в момент разрыва его контактов при зажигании лампы.

Для снижения уровня радиопомех, излучаемых непосредственно лампой, применяется включение параллельно с лампой конденсатора емкостью порядка 0,01 мкф. Такой конденсатор обычно располагается в корпусе пускателя. Он же частично гасит излучения от искры в пускателе. Подавлению радиопомех способствует также экранирование лампы, балластов и монтажных проводов металлическим корпусом светильника и металлической «люверсной» решеткой, имеющейся во многих типах светильников. Заземление корпуса светильника и решетки обычно также дает положительные результаты, хотя не является обязательным.

Часть радиоизлучений лампы распространяется по проводам, питающим лампу. Применение дросселя с симметрированной катушкой (рис. 10) позволяет в значительной степени погасить эти излучения. В тех случаях, когда применены несимметрированные балласты или возникает надобность в дополнительном снижении уровня помех, параллельно лампе подключают два конденсатора емкостью по 0,5 мкф, средняя точка которых соединяется с корпусом светильника (рис. 10).

Уровень помех измеряется специальными измерителями радиопомех и контролируется инспекцией по борьбе с радиопомехами.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Как было показано выше, пускорегулирующие аппараты люминесцентных ламп должны выполнять следующие функции: обеспечивать необходимые величины напряжения и тока на зажимах лампы в пусковом и рабочем режимах; повышать cosф; уменьшать стробоскопические явления; снижать уровень радиопомех.

Ниже описаны основные типы отдельных элементов и комплектных устройств, назначаемых для этих целей. Следует оговорить, что поскольку до настоящего времени большинство из этих изделий еще не регламентировано государственными стандартами и заводы-изготовители придерживаются различных схем и конструкций, то реальные изделия в ряде случаев могут отличаться в деталях от описанных ниже.

Дроссели назначаются для применения в качестве балластных сопротивлений в импульсных схемах и выпускаются следующих основных типов: ДБ, ДБК, ДБЕ. Некоторые заводы маркируют дроссели также буквами ДБМ. Дроссели ДБ применяются для включения одиночных ламп, а дроссели ДБК и ДБЕ — соответственно для отстающей и опережающей цепей двухламповых схем. Они изготавливаются как в открытом исполнении

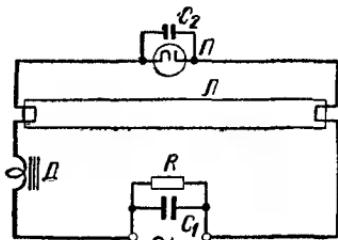


Рис. 11. Полная схема включения лампы с дросселем.
Л — лампа; Д — дроссель; П — пускатель; C_1 — конденсатор для компенсации $\cos\varphi$; C_2 — конденсатор для снижения уровня радиопомех; R — омическое сопротивление.

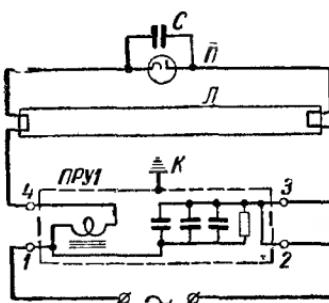


Рис. 12. Полная схема включения лампы с ПРУ.
Л — лампа; ПРУ — пускорегулирующее устройство; К — корпус светильника; П — пускатель; 1—4 — номера выводов из ПРУ. Корпус ПРУ показан пунктиром.

нении, так и в закрытом — в металлических или пластмассовых кожухах. Дроссели в герметизированном исполнении имеют марку ДБГ.

Некоторые дроссели изготавливаются по так называемой симметризированной схеме (см. рис. 10), способствующей подавлению радиопомех (см. главу пятую).

Отдельный дроссель выполняет функции только балластного сопротивления. Используя парные дроссели ДБК и ДБЕ в двухламповой схеме, можно обеспечить также значительное сглаживание стробоскопических явлений. Для компенсации $\cos\varphi$ и снижения радиопомех необходимо устанавливать конденсаторы в соответствии со схемой рис. 11. Потери мощности в дросселях составляют около 25% от мощности соединенных с ними ламп.

Характеристики дросселей приведены в табл. 2. Габариты дросселей различных заводов могут несколько разниться между собой. Для компенсации $\cos \phi$ обычно применяют конденсаторы типа КБГ-МН.

Таблица 2
Характеристика балластных дросселей

Марка дросселя	Мощность лампы, вт	Напряжение, в	Рабочий ток, а	Ток короткого замыкания, а	Емкость	
					Для компенсации $\cos \phi$, мкф	Для последовательного включения, мкф
ДБ-15-127	15	127	0,30	0,49	6—8	—
ДБК-15-127	15	127	0,30	0,49	6—8	—
ДБЕ-15-127	15	127	0,31	—	—	4
ДБ-20-127	20	127	0,35	0,60	6—8	—
ДБК-20-127	20	127	0,35	0,60	6—8	—
ДБЕ-20-127	20	127	0,36	—	—	6
ДБ-30-220	30	220	0,32	0,50	3—5	—
ДБК-30-220	30	220	0,32	0,50	3—5	—
ДБЕ-30-220	30	220	0,33	—	—	2,5
ДБК-40-220	40	220	0,41	0,60	4—6	—
ДБЕ-40-220	40	220	0,42	—	—	4

Пускорегулирующие устройства ПРУ1 и ПРУ2 представляют собой комплектные устройства, собранные из соответствующих дросселей, конденсаторов и сопротивлений в общем металлическом кожухе и залипые битумной массой. ПРУ1 предназначено для подключения одиночной лампы, ПРУ2 — для подключения двух ламп по импульсной схеме. Схема ПРУ1 приведена на рис. 12, схема ПРУ2 (симметрированная) — на рис. 13, габаритный эскиз — на рис. 14, электрические данные и габариты ПРУ — в табл. 3.

Как и дроссели, ПРУ, выпускаемые различными заводами, несколько разнятся между собой в деталях схемы и конструкции.

Потери мощности в ПРУ составляют от 17 до 35% (в зависимости от качества их изготовления) от мощности соединенных с ними ламп. Коэффициент мощности, соответственно, компенсируется до величины 0,95—0,90. При расчетах сети обычно принимают потери в ПРУ в размере 25% от мощности ламп, а коэффициент мощности равным 0,9.

Следует обратить внимание на наличие в ПРУ разрядных сопротивлений (0,8—1,0 $M\text{om}$ мощностью 0,5 вт), включенных параллельно с конденсаторами, а также на заземление кожуха ПРУ. В сетях с заземленной нейтралью кожух может быть соединен с нулевым проводом сети.

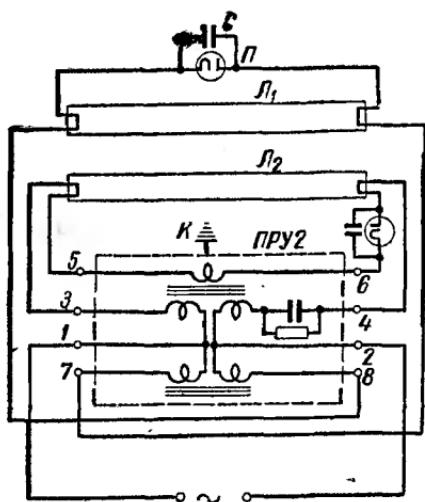


Рис. 13. Полная схема включения двух ламп с симметризованным ПРУ2.

L_1 , L_2 — лампы; ПРУ2 — пускорегулирующее устройство; K — корпус светильника; P — пускатель; 1—8 — номера выводов из ПРУ; корпус ПРУ показан пунктиром.

торов, которые не только выполняют функции дросселя, но и повышают (или понижают) напряжение до необходимой величины. Такие устройства не выпускаются в массовых количествах, но могут быть изготовлены в специальных случаях.

Большим недостатком ПРУ и дросселей является создаваемый ими шум («гудение»). В этом отношении наиболее совершенными являются устройства, выпускаемые Рижским Светотехническим заводом под маркой УБК специально для установки в школах, конторах и других

На кожухе ПРУ указывается тип устройства, схема включения его в сеть и номера выведенных концов проводов.

Иногда лампы и дроссели приходится устанавливать в сетях, имеющих напряжение, отличающееся от указанного в табл. 2 и 3 для данной мощности ламп. Осуществление такой схемы возможно за счет применения дроссель-трансформа-

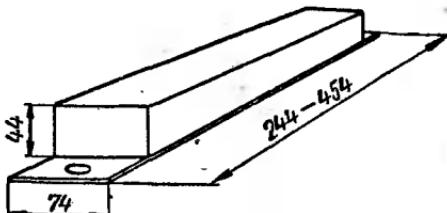


Рис. 14. Габаритный эскиз ПРУ.

помещениях, где производственный шум отсутствует, и применяемые сейчас этим заводом во всех светильниках. ПРУ типа УБК рассчитаны на включение двух ламп по 30 или по 40 вт и имеют соответственно маркировку 2УБК — 30/220-1 и 2УБК — 40/220-2.

Приборы быстрого зажигания БЛ-80 и БЛ-80/2 назначаются для работы в схемах быстрого зажигания, соответственно, с одной или с двумя лампами мощностью 80 вт. Схемы приборов БЛ-80 и БЛ-80/2 приведены на рис. 15 и 16, а эскиз прибора БЛ-80 — на рис. 17.

Прибор быстрого зажигания БЛ-80 обеспечивает в нормальных условиях холостого хода полное напряжение до 600 в и напряжение на нитях ламп порядка 16 в. В рабочем режиме напряжение на нитях снижается до 3 в. Потери мощности в дрос-
 Рис. 15. Схема включения ламп с прибором БЛ-80.
 Л — лампа; БЛ-80 — прибор быстрого зажигания; К — корпус светильника; 1—4 — номера выводов из БЛ; корпус БЛ показан пунктиром.

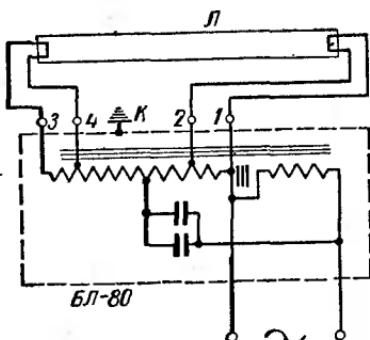


Рис. 15. Схема включения ламп с прибором БЛ-80.

Л — лампа; БЛ-80 — прибор быстрого зажигания; К — корпус светильника; 1—4 — номера выводов из БЛ; корпус БЛ показан пунктиром.

Электрические данные и габариты ПРУ

Таблица 3

Марки ПРУ	Число и мощность ламп, вт	Напряжение сети, в	Дроссели		Кondенсаторы		Габариты, мм
			отстаю- щая ветвь	опережа- ющая ветвь	ем-кость, мкф	ра- бочее напря-жение, в	
ПРУ1-15	1×15	127	ДБК-15	—	6—8	200	244×74×44
ПРУ1-20	1×20	127	ДБК-20	—	6—9	200	244×74×44
ПРУ1-30	1×30	220	ДБК-30	—	3—6	400	294×74×44
ПРУ1-40	1×40	220	ДБК-40	—	3—6	400	294×74×44
ПРУ2-15	2×15	127	ДБК-15	ДБЕ-15	4—5	400	384×74×44
ПРУ2-20	2×20	127	ДБК-20	ДБЕ-20	6—7	400	384×74×44
ПРУ2-30	2×30	220	ДБК-30	ДБЕ-30	2—3	600	454×74×44
ПРУ2-40	2×40	220	ДБК-40	ДБЕ-40	4—5	600	454×74×44

П р и м е ч а н и е. Конденсаторы применяются типа КБГ-МН, соединенные параллельно по 3 шт., разрядные сопротивления—типа ВСО; 8—1,0 Мом; 0,5 вт.

сель-трансформаторе составляют 19 вт. При номинальном напряжении сети 220 в БЛ-80 с лампой 80 вт потребляет

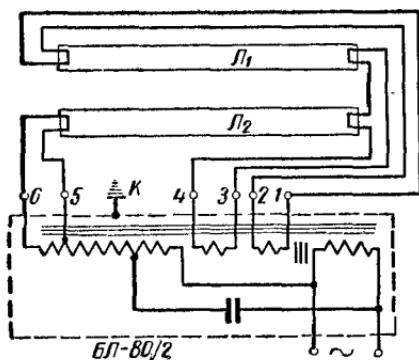


Рис. 16. Схема включения двух ламп с прибором БЛ-80/2.

Л₁, Л₂ — лампы; БЛ-80 2 — прибор быстрого зажигания; К — корпус светильника; I-6 — номера выводов из БЛ; корпус БЛ показан пунктиром.

прожжение холостого хода марная емкость конденсатора составляет 10 мкф и может быть создана в виде группы из конденсаторов различной емкости. Вес прибора около 5,5 кг, габариты — примерно такие же, как у БЛ-80.

Пускатели. Принцип действия и устройство пускателей, применяемых в импульсных схемах, описаны в главе третьей. Пускатели выпускаются в металлических или пластмассовых кожухах (см. рис. 3) и устанавливаются

в специальных гнездах, иногда сочлененных с ламповыми патронами. В кожухе пускателя имеется отверстие, через которое можно видеть свечение газового разряда в процессе работы пускателя. Наличие свечения означает, что

Прииеденные параметры гарантируют надежное зажигание ламп даже тогда, когда напряжение в сети значительно ниже номинала (порядка 140 в) и температура окружающего воздуха падает до -40°C . Прибор БЛ-80 выпускается в открытом исполнении и имеет габариты $220 \times 120 \times 70$ мм, вес 5,5 кг.

Прибор БЛ-80/2 имеет отдельную обмотку для накала нитей ламп. Наставляет 700—750 в. Сумм-в, примененных в схемах.

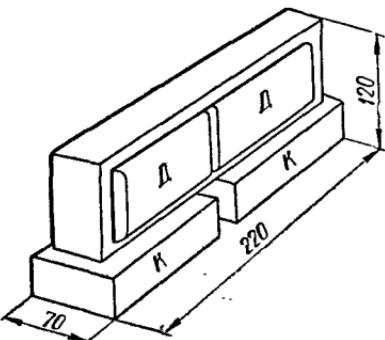


Рис. 17. Габаритный эскиз БЛ-80.
Д — катушки; К — конденсаторы.

на пускателе имеется напряжение, а его электроды разомкнуты.

Патроны для ламп и пускателей. В настоящее время получили широкое распространение патроны-стойки. На рис. 18, *а* изображен патрон такого

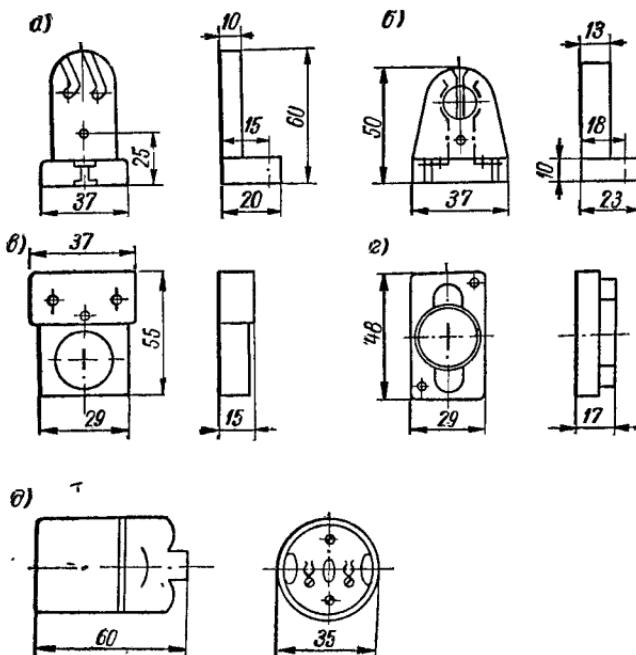


Рис. 18. Патроны.

а, б — патроны-стойки старого и нового образца; *в, г* — колодка пускателя старого и нового образца; *д* — патрон цилиндрического типа.

типа старого образца, производство которых сейчас прекращено, а на рис. 18, *б* — патрон нового образца, выпускаемый промышленностью. Почти вся выпущенная до настоящего времени осветительная арматура имеет патроны старого образца, обладающие рядом конструктивных недостатков. Новые патроны по рис. 18, *б* более совершенны. Следует отметить, что стойка нового патрона толще, чем стойка старого на 3 мм; это следует иметь в виду, заменяя патроны при ремонте светильников.

Патроны-стойки пригодны для ламп мощностью от 15 до 80 вт.

Патроны-стойки имеют плоские пружинящие контакты, которые зажимают штырьки цоколей ламп. Прорези в патронах старого образца имеют Г-образную форму и штырьки вводятся в эти прорези с легким нажимом, преодолевающим сопротивление пружинящих контактов. Если контакты патрона пружинят недостаточно, то лампа может выпасть из патронов, что часто и случалось. В патронах нового образца имеется поворотный барабанчик с прорезью, в которую вставляются штырьки лампы, после чего лампа вместе с барабанчиком поворачивается вокруг своей оси на 180° и штырьки оказываются «запертыми» в патроне.

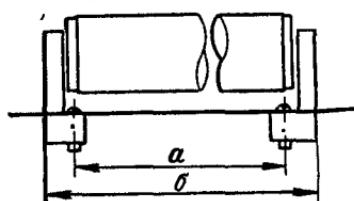


Рис. 19. Разметка креплений патронов для ламп.

Пружинящие контакты располагаются в глубине гнезда против штырьков пускателя и прижимаются к штырькам, когда пускатель вставлен в колодку. Колодка пускателя и патрон-стойка старых образцов могут сочленяться, но этот прием применяется теперь редко, так как при таком решении лампа мешает заменять пускатель. Колодки нового образца с патронами не сочленяются.

При установке ламп и разметке для них патронов в светильнике или на какой-либо конструкции следует руководствоваться размерами в соответствии с рис. 19 и табл. 4.

Таблица 4

Размеры в осях крепежных винтов и габариты для установки ламп в патронах нового образца

Размеры по рис. 19		Мощность ламп, вт				
		15	20	30	40	80
Размер <i>a</i> , »	мм	425 461	578 614	883 919	1186 1222	1488 1524

Кроме патронов-стоеч выпускаются также патроны цилиндрического типа (рис. 18, *д*), которые применяются в случаях, когда нужна повышенная надежность крепления ламп в патронах или когда габариты светильника не позволяют применить патроны-стойки (в софитах, люстрах и т. п.). Для ламп диаметром 25 и 38 мм выпускаются соответственно и патроны различных размеров.

Цилиндрический патрон состоит из корпуса, имеющего ниппельный переход для крепления и ввода проводов, вкладыша с контактами и фиксирующего кольца. Контакты патрона в миниатюре напоминают пружинящие губки рубильника, в которые закладываются, как ножи, штырьки ламп. Фиксирующие кольца обоих патронов предварительно надеваются на лампу и завинчиваются на корпусах патронов после установки лампы. Этим исключается возможность выпадания лампы из патронов и полностью прикрываются токоведущие части лампы и патрона.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

НЕПОЛАДКИ В ГОРЕНИИ ЛАМП И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Люминесцентная лампа в совокупности с ее вспомогательными приспособлениями представляет собой довольно сложное устройство, питаемое по разветвленной схеме и обладающее большим количеством контактов. Поэтому и неполадки при эксплуатации ламп бывают чрезвычайно разнообразными. Большинство из них относится к периоду первой наладки установки, но и в дальнейшем часто возникают различные нарушения в работе отдельных звеньев схемы.

Чтобы обеспечить надежную работу осветительной установки, необходимо: а) тщательно проверять все элементы схемы перед их установкой; б) применять только съемные узлы, содержащие комплекты ламп и ПРУ, чтобы ремонт, контроль и замену отдельных элементов можно было производить не на месте, а в мастерской. Последнее требование относится, главным образом, к проектированию и производству осветительной арматуры с люминесцентными лампами и поэтому подробно здесь не рассматривается.

Контролю перед установкой должны подвергаться лампы, пускатели, пуско-регулирующие устройства, патроны для ламп и пускателей. Для проведения испытаний в мастерской желательно иметь специальный стенд, подобный изображенному на рис. 20 (описание стендда дается по [Л. 2]).

Стенд питается от сети переменного тока через вариатор типа ТНН-45, с помощью которого напряжение

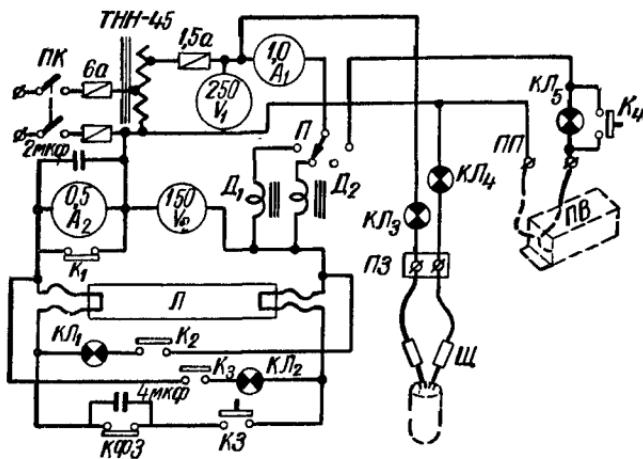


Рис. 20. Схема стенда для проверки ламп, пускателей и балластов.

на стенде может регулироваться в пределах 0—250 в. Величина напряжения на схеме указывается вольтметром V_1 .

В схему стендда включено несколько различных дросселей D_1 , D_2 и т. д., вводимых в схему поочередно, по мере надобности, с помощью переключателя P . Через этот же переключатель может быть подано напряжение на зажимы для испытания пускателей и ПРУ.

Для проверки исправности лампы L ее укладывают на консольные держатели и подключают через патроны-насадки в схему стендда, установив предварительно необходимую величину напряжения на вариаторе. Нажав кнопку K_3 , проверяют наличие накала электродов лампы. После отпускания кнопки K_3 лампа должна загореться.

В установившемся режиме горения проверяют напряжение и ток лампы (по вольтметру V_2 и амперметру A_1) и сравнивают с номинальными их значениями для данного типа ламп (см. табл. 2). Отклонения не должны превышать 10—12%.

Если при нажатии кнопки K_3 нити электродов лампы не светятся, то, поочередно нажимая кнопки K_2 и K_3 , можно проверить целостность каждой из нитей. Не следует, однако, держать долго включенными эти кнопки, так как включенные поодиночно нити работают с перекалом. Если одна из нитей не накаляется, значит она оборвана и лампа подлежит отбраковке. Если же обе нити целы, а лампа не зажигается, следует попробовать ее зажечь с помощью конденсатора C (емкостью 4 мкф). Нажав кнопку K_3 и прогрев электроды лампы, как обычно, нажимают кнопку $K\Phi_3$, не отпуская кнопки K_3 . Если после этого лампа загорится, отпускают сначала кнопку K_3 , затем кнопку $K\Phi_3$. После нескольких минут горения следует повторить включение лампы нормальным образом, без применения конденсатора. Если лампа будет гореть безотказно, проверяют ее ток и напряжение.

У любой лампы, а в особенности у ламп, зажигание которых происходит с затруднениями, может отсутствовать эмиссия с одного из электродов. Тогда ток будет проходить только в одном направлении. Возникает так называемый «выпрямляющий эффект», сопровождающийся сокращением числа периодических колебаний светового потока в два раза против нормального и некоторыми другими явлениями, вызывающими неприятное ощущение для глаз.

Для обнаружения у ламп выпрямляющего эффекта в схеме стенда применяется амперметр A_2 постоянного тока. Если лампа исправна, то при нажатии кнопки K_1 амперметр A_2 не должен давать показаний. При наличии же в лампе выпрямляющего эффекта показания амперметра A_2 составят до 25—30% от показаний амперметра A_1 . Такая лампа подлежит отбраковке.

Пускатели проверяют с помощью патрона P_3 и контрольных ламп KL_3 и KL_4 мощностью 15—20 вт. У исправного пускателя сразу, с момента его включения, через глазок в корпусе можно увидеть оранжевое свечение газового разряда, которое исчезает через 1—3 сек, когда электроды пускателя замкнутся. В этот момент

загорятся лампы KL_3 и KL_4 . Далее процесс срабатывания пускателя начнет повторяться и лампы будут часто мигать. Если лампы не горят или горят, но не мигают, значит характеристики пускателя сильно отклоняются от номинальных и пускатель непригоден. Не следует устанавливать пускатели в светильники, если имеется малейшее основание считать пускатель недоброкачественным, так как большинство неполадок с включением ламп происходит из-за плохих пускателей.

Можно проверить характеристики пускателя с помощью того же стенда. Установив пускатель в патрон $ПЗ$, вариатором изменяют напряжение и по вольтметру V_1 замечают, при каких пределах напряжения начинают и перестают мигать лампы KL_3 и KL_4 .

Для проверки пускорегулирующих устройств используют зажимы $ПП$. Переключатель $П$ устанавливается в крайнее правое положение. Для измерения напряжения на отдельных секциях катушек, их сопротивления, качества изоляции используется универсальный переносный прибор — авометр АВО со щупами. Проверка отдельных аппаратов производится следующим порядком.

Дроссели серии $ДБ$ подключаются к зажимам $ПП$ и проверяются на отсутствие короткого замыкания по степени накала лампы KL_5 при разомкнутой кнопке K_4 . Затем, нажав кнопку K_4 , замеряют ток короткого замыкания и сравнивают его с номинальным по паспорту прибора. При испытании дросселей, имеющих симметрированную обмотку, конец одной и начало второй катушки соединяют между собой.

Аналогично испытываются ПРУ1 и ПРУ2. Если замкнуть накоротко контакты $ПП$, то лампа KL_5 будет гореть полным накалом. Если же подсоединить к $ПП$ выводы 1 и 2 ПРУ1 (см. рис. 12), то лампа должна гореть «в полнакала». В противном случае можно считать, что пробит один из конденсаторов. Подключив к $ПП$ концы 1 и 4, проверим снова накал лампы KL_5 . Полный накал будет свидетельствовать о коротком замыкании в катушке ПРУ. Подключение концов 3 и 4 дает почти полный накал ламп, так как суммарное сопротивление дросселя и конденсатора мало, а подключение концов 2 и 3 должно соответствовать полному накалу лампы.

ПРУ2 испытывают в такой последовательности. За-

мыкают накоротко концы 7 и 8; подключают к *ПП* концы 1 и 2; лампа должна гореть «в полнакала». Полный накал лампы может возникнуть только при коротком замыкании в обмотке отстающей ветви ПРУ; негорящая лампа сигнализирует об обрыве в этой обмотке.

Замыкают накоротко концы 3, 4 и размыкают концы 7, 8. Тогда при подключении к *ПП* концов 1 и 2 лампа горит «в полнакала». Слишком слабый накал может иметь место при пробое конденсаторов, а повышенный — при замыкании в обмотке опережающей ветви ПРУ; негорящая лампа сигнализирует об обрыве в этой обмотке.

Последней операцией по проверке ПРУ или дросселей является испытание их изоляции. Изоляцию отдельных элементов можно замерить с помощью прибора АВО. В случае отсутствия такого прибора следует подключить корпус ПРУ на один из контактов *ПП*, а к другому контакту подсоединять поочередно все выводы ПРУ. В случае пробоя изоляции одной из катушек лампа *КЛ₅* будет накалена.

Описанный стенд очень удобен для проверки ламп и других элементов осветительной люминесцентной установки, но не всегда имеется возможность оборудовать стенд. Часто приходится определять причину неисправности и ремонтировать установку непосредственно на месте. Описанные ниже случаи повреждений являются типичными для наиболее распространенных импульсных схем включения.

1. После подачи на схему напряжения лампа не загорается, свечение на ее концах отсутствует.

Возможные причины: а) плохой контакт или обрыв в цепи ПРУ или патрона; б) неисправность пускателя; в) неисправность лампы.

Проверка: а) индикатором напряжения или контрольной лампой накаливания проверяется наличие напряжения в патронах со стороны сети; если напряжения нет — находится и устраняется обрыв в цепи; если обрыва нет — неисправно ПРУ; б) если в патронах напряжение есть и контакты патронов пружинят нормально, проверяется пускатель, для чего контакты в колодке пускателя закорачиваются проводом или специальным приспособлением; если при этом возникает свечение концов лампы, следует заменить пускатель;

в) если проверкой по пп. «а» и «б» неисправность не найдена, тд заменяется лампа.

2. При включении лампа мигает, но не зажигается, начальное свечение наблюдается только с одного конца лампы.

Возможные причины: а) ошибка в схеме; б) замыкание в цепи или в патроне, закорачивающее несветящийся электрод; в) замыкание выводов в лампе со стороны несветящегося электрода.

Проверка: а) проверяются все соединения в схеме, причем обращается особое внимание на правильность присоединения концов к контактам патронов; б) переставляется лампа так, чтобы ее концы поменялись патронами; если после этого свечение будет отсутствовать на том же конце лампы, что и прежде, значит лампа неисправна; в) если после перестановки лампы свечение будет отсутствовать на другом ее конце, проверяется патрон и цепь и устраняется замыкание.

3. Лампа не зажигается, но свечение имеется на обоих ее концах.

Возможные причины: а) неисправность в проводке или патронах, приводящая к шунтированию пускателя; б) неисправность пускателя — замыкание его электродов.

Если свечение концов лампы сохраняется и при вынутом пускателе, то неисправность следует искать в проводке или патронах; если свечение концов лампы прекращается после удаления пускателя, необходимо заменить пускатель.

4. При включении лампы наблюдается оранжевое свечение на ее концах, которое затем исчезает. Лампа не зажигается.

Это свидетельствует о неисправности лампы. Необходимо ее заменить.

5. Лампа зажигается нормально, но уже в первые часы горения наблюдается сильное потемнение ее концов, через некоторое время лампа перестает зажигаться.

Возможные причины: а) неисправно ПРУ; б) неисправна лампа.

Проверка: а) с помощью амперметра проверяется величина пускового и рабочего тока лампы; если величина тока превосходит нормальную величину, ПРУ сле-

дует заменить; б) если величины пускового и рабочего токов лежат в допустимых пределах, неисправна лампа (плохое качество электродов).

6. Лампа зажигается нормально, но горит неспокойно, в ней наблюдается так называемое «шнурование» разряда, когда в лампе возникает яркий светящийся «шнур»; на люминофоре лампы видны светлые змейвидные полосы, непрерывно меняющие свою форму и положение.

Такое явление может возникнуть, если ток слишком велик из-за неисправности ПРУ. Проверка производится с помощью амперметра. Иногда шнуровой разряд возникает вследствие плохого качества электродов лампы. Многократное включение и выключение лампы, переворачивание лампы с целью изменения расположения ее штифтов в патронах может иногда привести к установлению нормального режима горения.

7. Лампа периодически зажигается и гаснет.

Возможные причины: а) неисправна лампа; б) неисправен пускатель.

Проверка: а) вольтметром измеряется напряжение на лампе; оно не должно быть более половины сетевого; б) если напряжение на лампе нормальное, то неисправен пускатель.

8. Лампа зажигается нормально, но горит тускло.

Возможные причины: а) мал рабочий ток — неисправно ПРУ; б) неисправна лампа — в ней мало ртути.

Проверка производится с помощью амперметра. Если ток мал — следует сменить ПРУ, если ток нормальный — следует сменить лампу.

9. При включении лампы перегорают спирали ее электродов.

Возможная причина: неисправно ПРУ, нарушена его изоляция.

ПРУ следует заменить.

Все неисправности необходимо срочно устранять, так как неполадки в одном из элементов схемы могут привести к выходу из строя других ее элементов. Так, например, неисправный, «мигающий», пускатель неизбежно выведет из строя лампу. Следует помнить, что характеристики пускателя и лампы взаимно связанны и поэтому даже относительно небольшие отклонения от нормального режима работы пускателя будут сказываться на

режиме работы лампы (и наоборот). Обычно это выражается в виде мигания лампы, сопровождаемого щелканием в пускателе. В этих случаях лампу или, чаще всего, пускатель следует заменить.

В установках люминесцентного освещения существенное значение имеет правильная организация смены ламп. Это понятно, так как большое количество ламп вообще затрудняет процесс их замены, а к тому же люминесцентные лампы, в отличие от ламп накаливания, только в редких случаях «перегорают» в конце срока службы. Большинство же люминесцентных ламп по истечении срока службы снижают световой поток до величины, недостаточной для обеспечения нужной освещенности, хотя и продолжают еще гореть долгое время.

Судить о величине светового потока отдельной лампы, горящей в осветительной установке, нет возможности, да и нет большой надобности, так как следует категорически предостеречь от замены люминесцентных ламп поодиночке. Лучше придерживаться следующей системы смены ламп, наиболее рациональной для установок, содержащих лампы в большом количестве.

Обычно в осветительной установке число вышедших из строя ламп не превышает нескольких процентов от их общего количества в данном помещении. Пока это так, заменять эти лампы не следует (сказанное не относится, конечно, к лампам, специально установленным для местного освещения). Контроль за состоянием осветительной установки лучше всего вести с помощью прибора для измерения освещенности — люксметра — в такой последовательности. После 10—20 час работы новой установки (но не ранее) измеряется освещенность в нескольких наиболее типичных рабочих местах или точках помещения и замеренные величины записываются в журнал. Одновременно контролируется и величина напряжения, что удобнее всего осуществить на групповом щитке, от которого питаются лампы.

В дальнейшем измерения освещенности в тех же точках производятся систематически через 2—3 месяца, в зависимости от суточной продолжительности горения ламп. Величины напряжения при отдельных замерах не должны различаться более чем на 2—3%. При этом следует учитывать, что на старение ламп влияет не только

продолжительность горения, но и число включений (см. главу пятую). Поэтому в установках, где производится частое включение ламп, контроль освещенности нужно производить чаще и внимательнее. Когда освещенность упадет до наименьшей величины допускаемой нормами для данного помещения, все лампы подлежат одновременной замене.

По ГОСТ на люминесцентные лампы световой поток любой лампы в конце срока службы не должен быть менее 70% от начального. Следовательно, у некоторых ламп световой поток к этому моменту может быть и значительно выше этой величины. Чтобы наиболее полно использовать такие лампы, можно все снятые лампы рассортировать в мастерской, отобрав из общего числа относительно лучшие. Оценка горящих ламп производится «на глаз», так как организовать измерение светового потока ламп в мастерской слишком трудно.

Отобранные таким образом лучшие из старых ламп могут быть использованы еще некоторое время в различного рода вспомогательных помещениях, а также там, где замена ламп наиболее проста, так как эти лампы будут, конечно, служить недолго. Они должны быть заменены, как только освещенность в данном помещении станет менее предписанной нормами.

Люксметры для измерения освещенности (типа Ю-16) выпускаются в настоящее время в массовом количестве; приобретение их не представляет труда, а пользование ими очень просто. В тех случаях, когда люксметра нет, для систематического контроля падения освещенности, вызванного старением ламп, может быть использован фотографический экспонометр, хотя точность измерения в этом случае будет невелика.

Если по тем или иным причинам преждевременное «перегорание» ламп велико, то замена вышедших из строя ламп становится необходимостью. Их следует тогда заменять группами, через определенные сроки, так, чтобы общее число неработающих ламп в помещении не превышало примерно 5%.

На вновь установленных лампах желательно помечать дату их установки. Примерно через 3000 час все лампы в установке подлежат замене, после чего лампы, имеющие пометки, могут быть использованы дополнительно в каких-либо второстепенных помещениях.

Для анализа качества ламп и пускателей и накопления опыта эксплуатации осветительной установки желательно систематически вести журнал, в который следует заносить все сведения, относящиеся к режиму работы установки, сменам ламп, пускателей, времени горения отдельных партий ламп, а иногда и отдельных ламп, чистке светильников, покраске помещений и т. п. Эти данные, накопленные за известный период, будут очень полезны в дальнейшей работе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Волоцкой, Д. А. Зильбер, Г. М. Киоррииг. Люминесцентное освещение, ГЭИ, 1955.
 2. В. Г. Лукачев, Осветительные устройства с люминесцентными лампами, ГЭИ, 1959.
 3. Краткий светотехнический справочник под редакцией проф. В. В. Мешкова, ГЭИ, 1959.
 4. Б. А. Константинов и Г. Н. Шулятева, Коэффициент мощности ($\cos \phi$) и способы его повышения на промышленных предприятиях. Библиотека электромонтера, ГЭИ, 1959.
 5. Г. М. Киоррииг. Справочник для проектирования электрического освещения, ГЭИ, 1960.
-

Волоцкой Николай Васильевич

**ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ И СХЕМЫ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ
В СЕТЬ**

М.-Л., Госэнергоиздат, 1961, 44 стр. с рис. 6П2.19

Редактор И. Б. Левитин. Техн. редактор О. С. Житникова

Сдано в произв. 22/IX 1961 г. Подп. к печ. 17/I 1962 г. М-04026. Печ. л. прив. 2,26.
Уч.-изд. л. 2,2. Бум. л. 0,69. Формат 84×108 $\frac{1}{2}$. Тираж 34000. Цена 8 коп. Зак. 3865.

Типография № 4 УПП Ленсовнархоза, Ленинград, Социалистическая, 14.

Цена 8 коп.