P183753

К. НЕНТВИГ

ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ В ТЕХНИКЕ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
МОСКВА 1945 ЛЕНИНГРАД

ИЗДАНИЯ ВОЕННЫХ ЛЕТ
ВЕБ
1941-1945

К. НЕНТВИГ

ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ В ТЕХНИКЕ

Перевод кандидата технических наук
Н. С. ХЛЕБНИКОВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1945 ЛЕНИНГРАД

АННОТАЦИЯ

Книга К. Нентвига в основном содержит описание разнообразнейших способов применения газоразрядных ламп, главным образом ламп тлеющего разряда; в той мере, в какой это существенно для понимания действия ламп в рассматриваемых схемах, изложены основные понятия из физики газового разряда и конструктивно-технологические вопросы. Книга предназначена для работников лабораторий и заводов электровакуумной промышленности, для работников лабораторий и конструкторских бюро электрослаботочной промышленности, а также для студентов и преподавателей вузов и техникумов по этим специальностям. Отличаясь ростотой изложения, книга требует от читателя подготовки по физике и математике в объеме, не превышающем программы средней школы.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию читателей книга Нентвига является едва ли не единственной, систематизирующей накопленный за последние годы за границей обширный опыт разнообразных и весьма полезных применений газоразрядных ламп.

Нет никаких сомнений в том, что издание русского перевода этой книги вполне своевременно. За последние годы лампам тлеющего разряда стали уделять значительное и все возрастающее внимание различные потребляющие организации. Между тем имеющийся на нашем рынке ассортимент ламп далеко не достаточен для того, чтобы удовлетворить разнообразные запросы.

Мы надеемся, что эта книга, во-первых, поможет потребителю вполне квалифицированно повысить свои требования к ассортименту и качеству ламп и, во-вторых, будет стимулировать соответствующие заводы и лаборатории к разработке новых типов ламп, применительно к разнообразным возможностям их использования. Опыт такого рода разработок, в которых приходилось принимать участие и переводчику, показывает, что они могут проводиться быстро и с хорошими результатами.

Мы думаем, что эта книга окажется полезной также и в повседневной работе электрослаботочных лабораторий и конструкторских бюро заводов, так как весьма многие релейные схемы и схемы автоматики могут быть наиболее просто, надежно и компактно построены с помощью газоразрядных ламп.

Нам кажется, наконец, что эта книга принесет пользу в вузах и техникумах, подготавливающих работников слаботочной и электровакуумной промышленности. Здесь она с успехом может быть использована, в частности при организации и пополнении лабораторий и практикумов новыми задачами.

Физические основы газового разряда рассматриваются в книге лишь в той мере, в какой это необходимо для лиц, работающих по использованию газоразрядных ламп в технике. По этой же причине отсутствует и рассмотрение конструктивно-технологических вопросов. Центр тяжести изложения перенесен на детальное рассмотрение действия описываемых схем и выбор надлежащих величин образующих их элементов, так как с практической точки зрения именно это является наиболее важным. Интересующимся более подробным освещением принципиальных вопросов газового разряда надлежит обратиться к фундаментальным руководством проф. Н. А. Капцова или Энгеля и Штеенбека.

Несомненным достоинством книги Нентвига является сжатое и точное изложение материала. Это делает книгу весьма содержательной несмотря на ее малый объем.

Хотя в книге речь идет почти исключительно о лампах тлеющего разряда, мы предпочли озаглавить русский перевод более широким термином «газоразрядные лампы», так как помимо ламп тлеющего разряда в книге все же затронуты и лампы с развитым положительным столбом и тиратроны с накаленным катодом.

Недостаточная разработанность русской терминологии заставила нас заимствовать некоторые иностранные термины, например «буферные лампы»; однако, в тех случаях, когда русский термин установился (в литературе или в обиходе), мы пользовались им хотя бы даже в ущерб внешнему порядку расположения материала. Так было, например, с «безнакальным тиратроном» и «фототиратроном», описание которых предшествует разделу о собственно тиратронах.

В приложении к книге, содержащем справочный материал, при переводе сделаны дополнения, касающиеся газоразрядных ламп, выпускаемых как некоторыми иностранными фирмами, так и советскими заводами.

За любезное обсуждение ряда вопросов переводчик выражает свою искреннюю признательность инж. Н. И. Калугину.

Н. Хлебников

ГЛАВА I

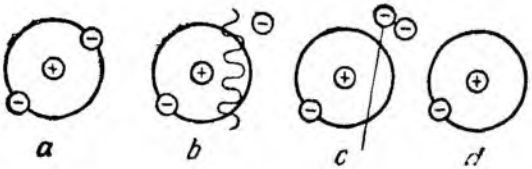
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМПАХ

1. Носители зарядов. Типичным для всех газоразрядных ламп является то, что их электроды в противоположность, например, электродам ламп накаливания не соединены друг с другом проводниками. Поэтому, если на электроды газоразрядной лампы наложить напряжение порядка 4—6 в, между электродами не наблюдается даже самого слабого тока и лампа ведет себя как разомкнутый контакт. Лишь при много более высоких напряжениях (порядка 80—150 в) наполняющий лампу разреженный газ внезапно становится проводящим. В этот момент между электродами возникает разряд, в результате которого наполняющий газ начинает светиться; в зависимости от величины внешнего сопротивления этот разряд принимает тот или иной характер (тлеющий разряд, дуга и т. д.).

Для того чтобы понять эти явления, необходимо создать картину процессов, на основе которой можно было бы установить, каким образом газ, являющийся вообще прекрасным изолятором, внезапно приобретает свойство проводить электрический ток.

В то время как молекулы твердого тела прочно удерживаются в своих положениях силами взаимного притяжения, а молекулы жидкости имеют возможность скользить друг относительно друга, молекулы (или атомы) газа движутся свободно, испытывая воздействие со стороны других молекул лишь в моменты столкновений. Они движутся к тому же с весьма значительными скоростями (молекулы водорода при комнатной температуре имеют, например, скорость около 1 800 м/сек). В своем движении молекулы сталкиваются (наподобие биллиардных шаров) между собой и со стенками заключающего газ сосуда. Эти соударения происходят упруго. Это означает, что при соударении молекула не теряет своей скорости, но лишь меняет направление своего движения. Расстояние, которое молекула в среднем пролетает между двумя последовательными соударениями, называется средней длиной свободного пути или средним свободным пробегом. Эта величина, естественно, зависит от числа молекул, заключающихся в среднем в 1 см³ газа. Так как это число весьма велико (при комнатной температуре и атмосферном давлении оно равно $2{,}8 \cdot 10^{19}$ молекул/см³ — так называемое число Лошмидта), то длина свободного пути при атмосферном давлении оказывается весьма малой (около 10^{-4} мм). Длина свободного пути возрастает по мере откачки газа из сосуда и в газоразрядных лампах в большинстве случаев оказывается в десять—сто раз больше, чем при атмосферном давлении.

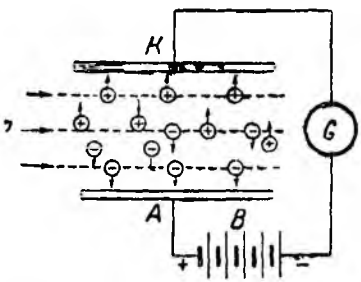
Газовое наполнение ламп обычно характеризуется указанием рода наполняющего газа (например, воздух, неон, аргон и т. д.) и величины давления (выраженного в миллиметрах ртутного столба). Так как из всех параметров состояния газа давление наиболее легко поддается измерению, то за меру плотности газа (которая собственно только и имеет значение) обычно принимают его давление при комнатной температуре (20° С). Сред-



Фиг. 1. Ионизация атома.

нее атмосферное давление равно 760 мм рт. ст., поэтому лампа, наполненная, например, азотом до давления в 7,6 мм, содержит лишь 0,01 того числа молекул, которое она содержала бы, если бы давление в ней равнялось атмосферному.

Краткий набросок основ кинетической теории газов, приведенный выше, еще не дает нам никаких указаний на возможность возникновения в газе электрического разряда, так как каждая из молекул должна рассматриваться как электрически нейтральная частица, не могущая вследствие своей нейтральности способствовать возникновению тока через газ. Именно по этой причине газы и являются хорошими изоляторами.



Фиг. 2. Перенос тока носителями зарядов.

Молекулы и атомы, однако, отнюдь не являются элементарными частицами. Они состоят из более мелких отрицательно заряженных частиц—электронов, вращающихся вокруг положительно заряженного ядра, как планеты вокруг Солнца (фиг. 1а). Поэтому молекулы и атомы электрически нейтральны лишь до тех пор, пока они содержат определенное количество электронов, такое, при котором общий их заряд равен положительному заряду ядра. Если же в результате какого-либо процесса, например, под действием падающего рентгеновского излучения (фиг. 1b) или летящего постороннего электрона (фиг. 1 с), один из планетарных электронов окажется выбитым из атома, то в результате такой потери отрицательного заряда атом, ранее бывший нейтральным, обратится в положительный ион (фиг. 1 d).

Если на плоские электроды *K* и *A* газоразрядной лампы (фиг. 2) наложить напряжение (порядка 20 в) от батареи *B*, то включенный в такую цепь чувствительный зеркальный гальванометр не покажет никакого тока. Если же в пространство между электродами пустить пучок рентгеновых лучей (на фиг. 2 показан стрелками), то в результате из нейтральных атомов образуются положительные ионы и свободные электроны. Под действием наложенного поля положительные ионы будут двигаться к катоду *K*, а электроны к аноду *A*. Дойдя до отрицательно заряженного

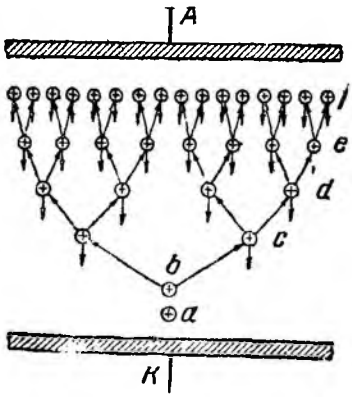
катода положительные ионы, захватив по электрону, вновь обратятся в нейтральные атомы или молекулы, электроны же будут поглощены анодом. Таким образом в промежутке между электродами возникает перенос электричества, обусловленный наличием носителей заряда. Гальванометр отметит этот перенос электричества как слабый ток.

Токи, возникающие таким теоретически наиболее простым путем, настолько слабы, что они могут быть измерены лишь при помощи специальных (наивысшей чувствительности) устройств. Положение становится, однако, иным при повышении напряжения между электродами, так как тогда каждый акт ионизации атома рентгеновскими лучами может дать начало образованию электронной лавины, которая во много раз увеличит перенос электричества.

Когда электрон под действием электрического поля движется сквозь газ, то его поведение в принципе сходно с поведением атома. Он движется с определенной скоростью, сталкивается с атомами и в результате описывает ломаную линию. Но при этом существует одно преимущественное направление движения — к аноду, так как в этом направлении электрон все время испытывает ускорение.

До тех пор пока скорость электрона мала, соударения его с атомами происходят упруго. Но, как только скорость электрона превысит некоторое граничное значение, он проникает в атом и выбивает из него один или несколько электронов (фиг. 1с), так что атом оказывается ионизованным.

Представим себе теперь (фиг. 3) сильное электрическое поле, образованное между электродами *K* и *A*, в котором в непосредственной близости от катода по той или иной причине образовался положительный ион *a*, возникший в результате утраты атомом одного электрона. Этот электрон со все возрастающей скоростью направляется к аноду. Уже после прохождения небольшого пути его кинетическая энергия оказывается настолько большой, что он может при столкновении ионизовать атом. В результате этой ионизации возникает ион *b*. При этом возникает и второй свободный электрон и оба электрона летят дальше к аноду. После прохождения определенного пути их энергия снова становится достаточной для ионизации и в результате ионизирующих столкновений возникает два иона *c* и такое же количество свободных электронов. Теперь уже четыре электрона летят к аноду; они дают начало четырем ионам *d*. В группе *e* оказывается уже восемь ионов, в группе *f* шестнадцать и т. д. Число ионов лавинообразно нарастает. Свободные электроны поглощаются анодом, а ионы идут к катоду и там нейтрализуются. В отличие от рассмотренного нами раньше случая здесь в результате многократного умножения пар ионов перенос заряда оказывается в шестнадцать раз больше. На практике с таким же успехом получается увеличение в сотни, тысячи и сотни тысяч раз, так что единичные первичные электроны могут вызывать легко измеряемые токи. Это явление используется в так называемых счетчиках Гейгера-Мюллера для обнару-



Фиг. 3. Возникновение лавины носителей зарядов.

жения единичных α- и β-частиц и других явлений (например, космическое излучение), которые способны вызвать появление в газе отдельных свободных электронов.

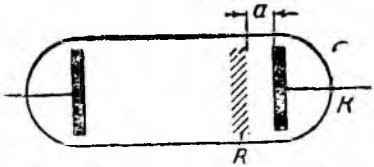
Оба рассмотренных нами до сих пор вида газового разряда являются разрядами несамостоятельными, т. е. для их возникновения и существования необходимо некое вспомогательное явление, создающее первичных носителей заряда. Несамостоятельный разряд существует лишь до тех пор, пока это вспомогательное явление создает первичные электроны. Таких вспомогательных процессов существует в природе достаточное количество. Наряду с космическим излучением можно назвать радиоактивные лучи и фотоэлектрический эффект.

Более существенным для практики является, однако, следующее явление. Положительно заряженные ионы ускоряются электрическим полем и со все возрастающей скоростью движутся к катоду, ударяясь в конце концов об его поверхность. Результатом таких ударов может явиться вырывание из поверхности катода электронов. Вероятность этого невелика, вследствие того что на своем пути к катоду ионы сталкиваются с нейтральными молекулами (атомами) газа и частично или полностью теряют при этих столкновениях свою скорость. При ударе о катод быстрого иона вырывается обычно от одного до двух электронов, (до сих пор даже в самых благоприятных условиях не удавалось наблюдать вырывания более чем четырех электронов одним ионом). Однако и небольшого количества первичных электронов может быть достаточно. Так, например, если в случае, изображенном на фиг. 3, хоть один из шестнадцати положительных ионов имеет скорость, достаточную для того, чтобы при ударе о катод вырвать один единственный электрон, то разряд может существовать самостоятельно. В самом деле, этот единственный первичный электрон на своем пути к аноду образует шестнадцать положительных ионов, которые, придя на катод, освобождают из него один электрон и т. д.

Эта первая разновидность самостоятельного разряда называется таунсендовским разрядом и может устойчиво существовать лишь при весьма малых значениях тока (при токах порядка 1 мка $= 10^{-6}$ а $=$ 0,001 ма). Тем не менее даже и этот слабый таунсендовский разряд мы не должны представлять себе буквально в том виде, как это показано на фиг. 3, так как там изображена только одна лавина носителей заряда, тогда как в действительности их возникает одновременно несколько и иногда даже весьма много. При всех наших упрощенных рассуждениях мы не должны забывать, что для образования разрядного тока в 1 мка необходимо, чтобы через разрядный промежуток в каждую секунду проходило около $6{,}3 \cdot 10^{12}$ электронов. Это значит, что в каждую секунду должно возникать около 400 млрд таких лавин, как изображенная на фиг. 3. Даже если принять, что каждая лавина для своего полного развития (т. е. от момента возникновения первого электрона до момента нейтрализации последнего иона) требует промежутка времени в одну миллионную секунды, то для существования таунсендовского разряда с током в 1 мка за каждую секунду должно возникать 400 000 лавин, подобных изображенной на фиг. 3.

2. **Пространственный заряд.** До тех пор пока процесс газового разряда протекает описанным выше образом, пространство, где происходит разряд, равномерно заполнено нейтральными молекулами газа, электронами и ионами. В известной мере можно говорить поэтому о заполнении его смесью газов, если ионы и электроны рассматривать как частицы газа.

Электронный газ, находящийся под действием постоянного притяжения к аноду, который поглощает поток электронов, движется к этому электроду, тогда как ионный газ движется к катоду и, соприкасаясь с ним, вновь обращается в нейтральный газ. Электронный газ и ионный газ могут вступать друг с другом в реакцию. При сближении электрона и иона первый может быть захвачен вторым и занять место электрона, утраченного атомом при обращении его в ион, так что ион вновь превратится в нейтральный атом. Этот процесс носит название рекомбинации. Возможен и обратный процесс — распадение атома на ион и электрон при встрече его с достаточно быстро движущимся к аноду свободным электроном. Таким образом процесс в целом имеет большое сходство с протекающей в двух направлениях химической реакцией. Эта двухсторонность процесса является основной причиной того, что ионная лавина не возрастает безгранично.



Фиг. 4. Возникновение пространственного заряда.

Совершенно иначе обстоит дело в том случае, когда в пространстве между электродами образуются пространственные заряды, т. е. области концентрации носителей заряда. В зависимости от того, идет ли речь об области концентрации положительных ионов или электронов, говорят о положительном или об отрицательном пространственном заряде.

Представим себе (фиг. 4) промежуток между двумя параллельными электродами A и K, между которыми протекает разряд. Выбиваемые ударяющимися о катод положительными ионами электроны после прохождения некоторого пути a приобретают энергию, достаточную для ионизации, и в заштрихованной зоне R появляется область особенно сильной ионизации. В этой области оказывается кроме того особенно высокая концентрация ионов и наиболее часты случаи рекомбинации. Так как при ионизации (равно как и при рекомбинации) атомы могут излучать свет, то в этой области образуется зона свечения, называемая отрицательным тлеющим свечением.

Образование этого отрицательного тлеющего свечения у катода будет понятно, если принять во внимание, что более тяжелые и потому менее подвижные ионы находятся в разрядном пространстве в течение более длительного промежутка времени, чем значительно более легкие электроны, быстро достигающие анода и поглощаемые им. Вследствие этого положительные ионы создают добавочное поле, которое заставляет электроны, вырываемые из катода, двигаться с большим ускорением, так что ионизация оказывается возможной на меньшем расстоянии от катода. Ионное облако (обозначенное на фиг. 4 буквой R), расположенное вблизи катода, образует таким образом как бы газовый анод и его наличие ведет к тому, что ионизация в основном происходит вблизи катода. Падение напряжения между ионным облаком (т. е. областью катодного свечения) и анодом настолько мало, что в этом пространстве невозможна сколько-нибудь значительная ионизация, благодаря чему эта область оказывается темной.

Образование положительного пространственного заряда (R на фиг. 4) производит эффект, эквивалентный внезапному приближению анода A к катоду. Следствием этого, естественно, является увеличение напряженности поля вблизи катода и соответствующее облегчение вырывания из него

электронов, так что образование пространственного заряда приводит к весьма быстрому увеличению разрядного тока (например, от 0,001 ма до 0,1 а или даже больше). Этот процесс называется **возникновением** или **зажиганием** тлеющего разряда. Если при этом не принять мер к ограничению разрядного тока путем включения последовательно с разрядной трубкой сопротивления, падение напряжения на котором понижает напряжение на трубке, то ток может достигнуть величины, при которой трубка будет разрушена.

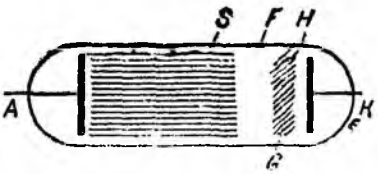
Падение потенциала между областью R и катодом весьма велико. Оно равно падению напряжения, необходимому для вырывания электронов полем из холодного катода, и носит название **катодного падения потенциала**. Так как при небольших расстояниях между электродами для попадания электронов из области R на анод необходимы лишь небольшие значения их энергии, то для поддержания возникшего тлеющего разряда достаточно совсем небольшого превышения общего потенциала на разрядной трубке над катодным падением. При неполностью покрытом разрядом катоде величина устанавливающегося катодного падения определяет нижнюю границу напряжений, при которых возможен разряд. При увеличении разрядного тока катодное падение возрастает. Его величина зависит в остальном от свойств поверхности катода и рода наполняющего лампу газа.

Возникновение обусловленного пространственными зарядами тлеющего разряда происходит, следовательно, таким образом: после наложения на электроды лампы напряжения протекает некоторый промежуток времени, в течение которого некоторые из имеющихся или возникающих в разрядном промежутке ионов устремляются к катоду и, ударяясь о него с достаточной энергией, освобождают электроны. Чем выше напряжение на электродах лампы, тем больше вероятность того, что ионы образуются и приобретут нужную энергию и тем меньше окажется промежуток времени необходимый для возникновения разряда. Вырванные из катода электроны летят к аноду и образуют на своем пути новые ионы, которые в свою очередь освобождают из катода новые электроны. Этот процесс с огромной скоростью развивается, давая лавиноподобное нарастание разрядного тока. Так же, лавиноподобно нарастая, увеличивается количество положительных ионов вблизи катода, создавая катодное падение, увеличивающее своим полем число вырываемых электронов и, следовательно, разрядный ток. Так продолжается до тех пор, пока возрастающее падение напряжения на ограничивающем сопротивлении не поведет к такому снижению напряжения на самой лампе, при котором возрастание тока прекратится. Промежуток времени, в течение которого протекают все эти процессы, от образования первых ионов в разрядном промежутке до установления стационарного значения разрядного тока, составляет от 10^{-5} до 10^{-7} сек.

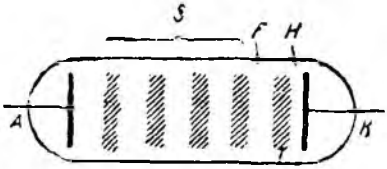
Из изложенного следует, что напряжение зажигания тлеющего разряда должно быть выше, нежели напряжение, необходимое для его поддержания. То минимальное напряжение, при котором тлеющий разряд еще может существовать, так что всякое дальнейшее понижение напряжения ведет к прекращению разряда, носит название **потенциала** или **напряжения потухания**. Минимальное напряжение, при котором возможно возникновение разряда, называется **потенциалом** или **напряжением зажигания**.

Напряжение горения разряда складывается из катодного падения и разности потенциалов, необходимой для отсасывания электронов из области тлеющего свечения к аноду. При малых расстояниях между электродами

величина этого отсасывающего напряжения составляет всего несколько вольт. В случае разрядных трубок большой длины (газосветные лампы и тому подобные приборы), наоборот, оно может во много раз превышать катодное падение. В этих условиях вид разряда изменяется и становится подобным изображенному на фиг. 5: вблизи катода K находится темное



Фиг. 5. Газовый разряд с положительным столбом.



Фиг. 6. Слоистый газовый разряд.

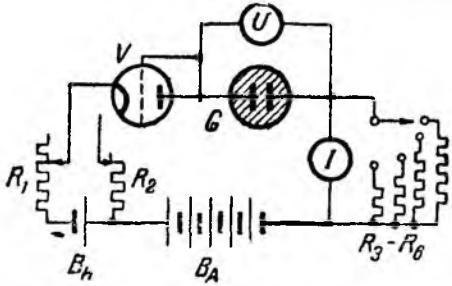
круксово пространство H и область катодного свечения G. Далее, за фарадеевым темным пространством F располагается положительный столб S, простирающийся до самого анода A. Вылетающие из катода K электроны пролетают сквозь H и начинают ионизацию в G. При этом они теряют свои скорости, относительно медленно пробегают сквозь F и, пройдя это пространство, вновь приобретают энергию, достаточную для ионизации, которая происходит уже равномерно во всем пространстве до анода. Так как в каждом кубическом сантиметре этого пространства одновременно имеется от 10^7 до 10^9 электронов, то положительный столб равномерно светится по всей своей длине.

В определенных условиях, зависящих прежде всего от газового наполнения и материала стенок трубки, возможно образование дискретных областей пространственного заряда, располагающихся равномерно по всей длине столба. В этом случае получается слоистый разряд, схематически представленный на фиг. 6. Каждый из светящихся слоев состоит из области положительного пространственного заряда, которая действием своего поля ускоряет электроны, в результате чего в ней возникает усиленная ионизация. При этом электроны теряют свою энергию и вновь приобретают ее при прохождении до следующего слоя пространственного заряда. Таким образом каждый из слоев играет здесь по отношению к каждому предыдущему роль газового анода и по отношению к каждому следующему роль газового катода.

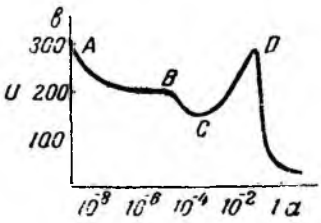
В технике (за исключением техники газосветных ламп) в большинстве случаев применяются такие газоразрядные лампы, в которых благодаря малому расстоянию между электродами положительный столб не может развиваться, т. е. такие, анод которых оказывается расположенным в фарадеевом темном пространстве (фиг. 5). Эти лампы называются лампами тлеющего разряда. Дальнейшее рассмотрение относится почти исключительно к лампам этого типа.

3. Характеристики тлеющего разряда. Наиболее существенным способом для получения сведений о свойствах газоразрядной лампы является снятие ее вольтамперной характеристики. На основании изложенного выше не будет нисколько удивительным то обстоятельство, что эта характеристика ни в какой мере не соответствует закону Ома.

Наиболее удобная схема для снятия вольтамперных характеристик изображена на фиг. 7. Газоразрядная лампа G включается последовательно с электронной лампой V, сетка которой соединена с анодом, и батареей B_A, напряжением в несколько сотен вольт. В цепи накала электронной лампы включены два сопротивления R_1 и R_2. Первое из них служит для грубой, второе — для точной регулировки тока накала. Параллельно лампе G включается электростатический вольтметр U для измерения



Фиг. 7. Схема для снятия вольтамперных характеристик газоразрядной лампы.



Фиг. 8. Характеристика газоразрядной лампы (логарифмический масштаб по оси токов).

напряжения на ней, а последовательно с лампой — измеряющий разрядный ток зеркальный гальванометр I, снабженный набором шунтов $R_3 \ldots R_6$ для изменения интервала измерений тока.

Посредством изменения тока накала можно осуществлять изменение определяемого им эмиссионного тока лампы V. С помощью такого устройства оказалось возможным при точном исследовании тлеющего разряда осуществить такие состояния, которые при наличии в цепи лампы G простого омического сопротивления нельзя было бы наблюдать, в особенности состояния, в которых лампа ведет себя как отрицательное сопротивление, т. е. обнаруживает уменьшение напряжения на ней с ростом силы тока.

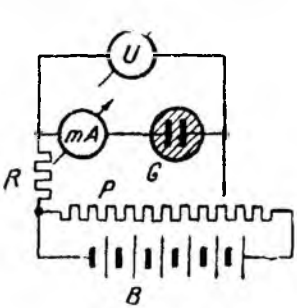
Если нить лампы нагреть до слабо красного каления (а в случае оксидного катода — до едва заметного темнокрасного свечения), то при токе порядка 10^{-9} а (для измерения которого необходимы зеркальные гальванометры наивысшей чувствительности) наблюдается появление слабого и на-глаз незаметного даже в темноте разряда (фиг. 8, точка A). По мере увеличения накала катода и соответственного увеличения разрядного тока (при этом необходимо включение все меньших и меньших сопротивлений параллельно гальванометру) внутри лампы появляется слабое, распространяющееся по всему объему свечение. При этом вольтметр показывает понижение напряжения на лампе. Во время этого процесса мы находимся в области рассмотренного нами выше таунсендовского разряда[1]. Когда ток возрастет до 0,01—0,1 ма, то внезапно наступает падение напряжения на лампе, сопровождающееся исчезновением диффузного свече-

[1] Конец участка характеристики, соответствующего таунсендовскому разряду (ток около 10^{-6}—10^{-4} а), часто не может быть наблюден вследствие возникновения колебаний (об этом будет подробнее сказано далее). Для устранения этого или по крайней мере для возможно большего сужения области, в которой могут существовать колебания, необходимо выбирать вольтметр U с возможно меньшей емкостью (струнный электрометр с кварцевой нитью).

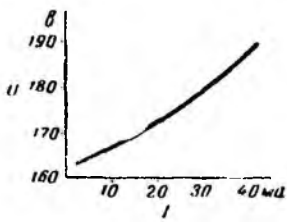
ния в ней. Свечение теперь располагается в виде пятна на катоде. Это означает, что началось лавинообразное нарастание пространственного заряда. На характеристике (фиг. 8) этот переход соответствует точке *B*. Если увеличивать ток накала лампы *V* дальше, то постепенно свечение распространяется на всю поверхность катода, а напряжение на лампе *G* вновь повышается. Если теперь гальванометр *I* заменить миллиамперметром, снабженным плавким предохранителем (примерно на 0,5 а), а служившую балластным сопротивлением электронную лампу — набором омических сопротивлений величиной до 5 000 ом, то можно проследить поднимающийся участок кривой до точки *D* (фиг. 8), в которой внезапно возникает дуга между электродами и предохранитель у миллиамперметра перегорает.

Представленная на фиг. 8 характеристика лампы является, конечно, только типичной характеристикой. Ход реальной характеристики может существенным образом отличаться от показанного на этом рисунке. Например, при некоторых формах электродов и определенных условиях газового наполнения возможно полное отсутствие падения потенциала в точке *B* и исчезающе малая длина отрезка *B—C*. Положение точки *D* подвержено весьма значительным колебаниям. Абсолютные величины токов, соответствующие различным значениям напряжений, также зависят от рода и давления газа, формы, материала и состояния поверхности электродов, расстояния между электродами и формы баллона лампы. При этом незначительные, казалось бы, факторы (например, следы неблагородных газов в инертном газе, незаметные следы окиси на поверхности электродов, ничтожные количества натрия, выделившиеся из стекла баллона) могут оказать решающее влияние на свойства лампы, так что даже при серийном производстве не удается получить двух совершенно одинаковых ламп. Это обстоятельство непременно должно приниматься во внимание при использовании ламп в любых схемах.

Для практики почти во всех случаях достаточно снять характеристику лампы лишь в пределах от точки *B* до точки *D* (фиг. 8). При



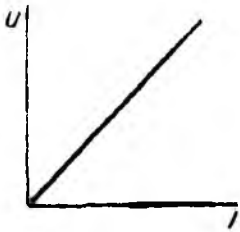
Фиг. 9. **Схема для снятия положительной ветви характеристики.**



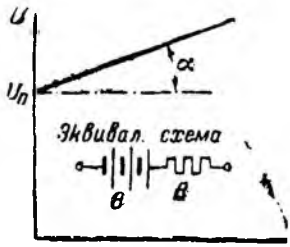
Фиг. 10. **Характеристика между точками зажигания и погасания разряда.**

этом удобно пользоваться схемой, изображенной на фиг. 9, где лампа включена последовательно с миллиамперметром *mA* и сопротивлением *R* и напряжение на нее от батареи *B* подается посредством делителя напряжения *P*. Для снятия характеристики, показанной на фиг. 10, увели-

чивают напряжение на лампе вплоть до потенциала зажигания. Это напряжение должно быть отсчитано непосредственно перед возникновением разряда, так как в противном случае по причине устанавливающегося с ростом разрядного тока падения напряжения на сопротивлении R и на делителе напряжения P, отсчитываемое по вольтметру напряжение окажется ниже истинного потенциала зажигания. После этого точка за точкой снимают вольтамперную характеристику, изменяя величину напряже-



Фиг. 11. Вольтамперная характеристика омического сопротивления.



Фиг. 12. Упрощенная характеристика и эквивалентная схема газоразрядной лампы.

ния на лампе посредством делителя напряжения и отсчитывая соответственные значения тока. Если постепенно понижать напряжение на лампе, то ток уменьшается и в конце концов мы приходим в точку характеристики, где при дальнейшем уменьшении напряжения разряд вдруг прекращается вовсе. Значения тока и напряжения в этой точке называют **током и потенциалом погасания.**

Во время подобных измерений можно заметить, что при неполностью покрытом свечением катоде (т. е. при малых токах) площадь, покрытая свечением, оказывается довольно точно пропорциональной току через лампу. Это означает, что тлеющее свечение происходит при определенной плотности тока. Эта пропорциональность между током и покрытой свечением площадью катода представляет собой содержание так называемого закона Геля.

Если после первого снятия характеристики повторить все операции еще раз, то почти всегда наблюдается изменение положений точек как вверх, так и вниз. Таким образом характеристика лампы не является чем-то совершенно точно определенным. Как правило, эти отклонения составляют, однако, не более нескольких процентов. Как видно из примера вольтамперной характеристики лампы, данного на фиг. 10, она в большей или меньшей степени отклоняется от прямой, которая изображала бы такую характеристику для омического сопротивления (фиг. 11). Во-первых, характеристика лампы начинается не в начале координат и, во-вторых, она изогнута. Это искривление, как оказывается, не только может иметь разную величину, но также и разное направление: к оси абсцисс и от нее. Ввиду этого характеристику лампы можно представить в виде прямой, пунктирное продолжение которой пересекает ось напряжений в точке U_0 (фиг. 12). Из этого следует, что лампа в схеме может быть приближенно заменена батареей B (фиг. 12), включенной на-

встречу основной батарее и имеющей напряжение U_0 и внутреннее сопротивление

$$R = tg\alpha = \frac{U - U_0}{I}$$

где U — напряжение и I — ток, соответствующие какой-либо точке характеристики. Действительно ток через такую батарею есть линейная функция разности

$$U - U_0,$$

и когда внешнее напряжение U равно собственному напряжению батареи U_0, ток через нее становится равным нулю. Эта эквивалентность газоразрядной лампы и буферной батареи создает основу для применения таких ламп в качестве стабилизаторов напряжения.

В то время как согласно закону Ома напряжение U, ток I и сопротивление R проводника связаны соотношением

$$U = IR \tag{1}$$

и в соответствии с этим дают проходящую через нуль прямолинейную вольтамперную характеристику омического сопротивления (фиг. 11), для газоразрядной лампы имеет место соотношение.

$$U = IR + U_0. \tag{2}$$

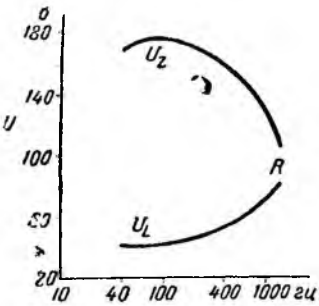
Начало идеализированной характеристики газоразрядной лампы оказывается таким образом смещенным по оси напряжений на величину U_0, что следует и из фиг. 12. Внутреннее сопротивление разрядного промежутка изображается соотношением

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I}, \tag{3}$$

где ΔU — приращение напряжения, вызывающее приращение тока, равное ΔI.

В отношении отдельных значений напряжения на газоразрядной лампе необходимо отметить еще следующее. В то время как напряжение горения лампы оказывается постоянным в результате непродолжительной работы, ее напряжение зажигания подвержено колебаниям порядка $\pm 5\%$ в течение длительного времени. Эти колебания имеют своей причиной заряды на стенках баллона, а также изменения состояния поверхности катода. Постоянные значения потенциала зажигания получаются в том случае, если лампу подвергают возможно частому включению и выключению, например, питая ее переменным током или заставляя работать в колебательных схемах, о которых мы будем говорить ниже. При таких периодических включениях и выключениях в лампе вскоре создаются равновесные условия, при которых потенциалы зажигания и гашения принимают постоянные значения. Это состояние, однако, изменяется с изменением частоты тока. При прочих равных условиях повышение частоты

ведет к увеличению средней нагрузки лампы, и из фиг. 13 мы видим, что это приводит к повышению потенциала зажигания U_z. Однако при повышении частоты за некоторый предел потенциал зажигания и потенциал гашения снова сближаются (фиг. 13), первый понижаясь, второй повышаясь. Происходит это вследствие того что промежутки, в течение которых разряд отсутствует, становятся слишком малыми, для того чтобы успела произойти полная деионизация разрядного пространства. Таким образом, начиная с некоторого значения частоты, периодическое зажигание и погасание разряда становятся невозможными. Значение частоты или тока, при котором это происходит, зависит от конструкции и газового наполнения лампы. Ввиду этого для использования в колебательных схемах предназначаются лампы специального устройства (см. ниже).



Фиг. 13. Характеристики зажигания и потухания при релаксационных колебаниях.

Весьма часто оказывается необходимым, чтобы потенциал зажигания ламп лежал ниже 110 в. Так как потенциал зажигания вообще оказывается тем ниже, чем меньше работа выхода электрона из поверхности катода, то, если газовое наполнение и материал электродов заданы, приходится прибегать к снижению потенциала зажигания посредством покрытия поверхности электродов (по крайней мере катода) электроположительными материалами. Так, например, в то время как с железными электродами потенциал зажигания получается около 160 — 180 в, применение тех же электродов, покрытых щелочными и щелочноземельными металлами, позволяет получить потенциал зажигания ниже 100 в.

У ламп с положительным столбом потенциал зажигания оказывается тем выше, чем больше длина столба, т. е. чем больше расстояние между электродами.

Лампы, не имеющие электродов внутри баллона, зажигаются при высокой частоте без наличия проводящей связи с источником напряжения. Для зажигания достаточно поместить их в высокочастотное поле. Если же такие лампы работают в поле низкой частоты, то для зажигания необходимо напряжение в несколько сотен, а чаще в несколько тысяч вольт.

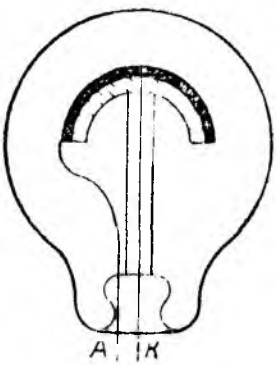
ГЛАВА II

ГАЗОСВЕТНЫЕ ЛАМПЫ

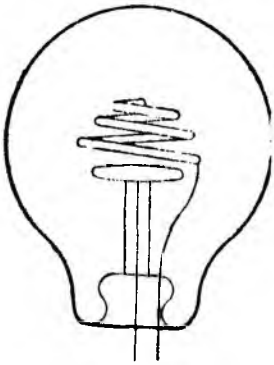
Как мы видели в главе I, при рассмотрении газового разряда следует различать два типа связанных с ним световых явлений: катодное свечение и положительный столб. В то время как катодное свечение располагается почти непосредственно на катоде, положительный столб простирается между катодом и анодом и появляется лишь при достаточно больших расстояниях между обоими электродами. Поскольку положительный столб используется почти исключительно в лампах, предназначенных для рекламы, для медицинских применений и для витаминизации пищевых продуктов, в дальнейшем мы почти не будем касаться этого явления.

Прежде чем обратиться к рассмотрению отдельных типов газоразрядных ламп, необходимо сделать еще следующие замечания общего характера.

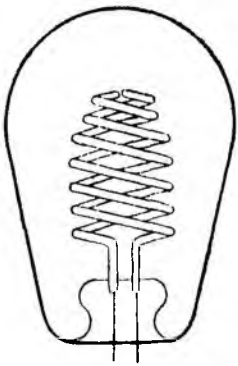
По причине многосторонней применимости газоразрядных ламп с течением времени было разработано большое количество разнообразных специальных типов, устройство которых соответствовало характеру их применения. В дальнейшем мы будем разделять технические газоразрядные



Фиг. 14. Старая конструкция газоразрядной лампы с полушаровым катодом.



Фиг. 15. Конструкция лампы для переменного тока.



Фиг. 16. „Ульеобразная“ лампа.

лампы в соответствии с их назначением. При этом можно наметить четыре основные группы типов:

1) газосветные лампы, т. е. газоразрядные лампы, которые прежде всего используются в качестве источников света;

2) модулируемые лампы, т. е. газоразрядные лампы, которые допускают управление интенсивностью их свечения;

3) лампы-реле, т. е. газоразрядные лампы с управлением, питающим их током;

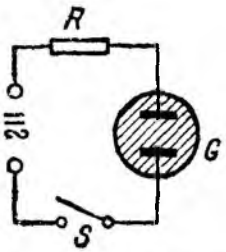
4) буферные лампы, т. е. газоразрядные лампы, в которых используются свойства их вольтамперных характеристик.

Применяемые для получения света в тех или иных целях газоразрядные лампы могут иметь разнообразные конструкции, которые мы и рассмотрим по отдельности.

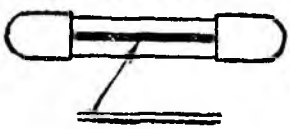
4. Лампы тлеющего свечения. На фиг. 14 показана первая из разработанных (Ф. Шретером) ламп этого типа. На рисунке буквой *K* отмечена подводка катода, имеющего форму полусферы, тогда как *A* изображает проволочный анод. Оба электрода были изготовлены из железа. Внутренняя поверхность катода покрывалась изолятором (слюда). Для наполнения служила неон-гелиевая смесь при давлении в 10 мм рт. ст. Эти лампы применялись для включения в сеть постоянного тока. Так как обратная сторона катода была покрыта слюдой, то тлеющее свечение покрывало только внешнюю поверхность катода. Для того чтобы эти лампы могли быть использованы в сетях с напряжением 110 в, электроды покрывались тонким слоем электроположительного металла (барий). Для сетей переменного тока на рынок были выпущены лампы другой конструкции (фиг. 15), имевшие один электрод в виде диска, а другой — в виде проволочной

спирали. В целях ограничения питающего лампы тока последовательно с разрядным промежутком включалось предохранительное сопротивление, монтировавшееся внутри цоколя.

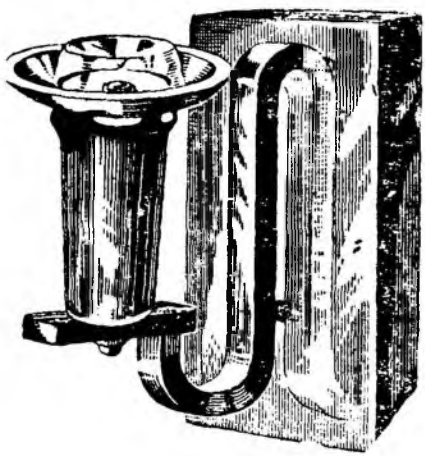
Упомянутые до сих пор конструкции были вытеснены выпускаемой в больших количествах еще и сейчас лампой с электродами ульеобразной формы (фиг. 16). Оба электрода этих ламп состоят из прокаленной железной проволоки около 1,2 мм диаметром. Для применения в 110-вольтных сетях электроды ламп этой конструкции также покрываются электроположительными металлами. Ограничивающее сопротивление, величина которого равна около 1 600 ом для 110-вольтной и 4 000 ом для 220-вольтной сети, здесь также замонтировано в цоколь. Эти лампы



Фиг. 17. Простая схема включения газоразрядной лампы.



Фиг. 18. Софитная лампа.



Фиг. 19. Люмитра-лампа.

по желанию могут быть применены для сетей постоянного и переменного тока. В первом случае тлеющее свечение покрывает только один из электродов, во втором — оба.

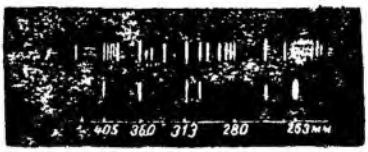
Весьма простая схема включения этих ламп показана на фиг. 17. Лампа включена последовательно с балластным сопротивлением R и выключателем S (наличие которого необязательно) в сеть постоянного или переменного тока. Потенциал зажигания лампы должен быть ниже сетевого напряжения.

5. Софитные лампы. Для освещения шкал, циферблатов, приборов и т. п. предназначаются лампы, устройство которых поясняет фиг. 18. У этих ламп окно, сквозь которое свет выходит наружу, представляет собой узкую щель, так что путем поворота лампы вокруг ее оси свет может быть направлен только на освещаемый предмет. Эти лампы потребляют около 1 вт мощности; необходимое нагрузочное сопротивление не монтируется в цоколях. Расчет величины балластного сопротивления может быть произведен с помощью уравнения

$$R = \frac{U_N - U_B}{I}, \tag{4}$$

где U_N — напряжение сети, U_B — напряжение горения лампы и I — допустимый для лампы ток. Полученное по формуле (4) значение R должно быть по возможности нижней границей сопротивления. Повышение сопротивления всегда допустимо. В тех случаях, когда достаточно иметь меньшую яркость свечения, R может быть увеличено на 50—100%. Получаемым в этом случае преимуществом является увеличение срока службы, который и вообще у этих ламп достаточно велик. Для включения этих ламп пригодна схема фиг. 17.

6. Специальные лампы. Так как катодное свечение принимает форму катода, то представляется возможность путем придания катоду надлежащей конфигурации получать желаемой формы свечение. Существуют, например, лампы-буквы, светящиеся значки, орнаменты. Одним из особых типов этих ламп являются лампы «тубалюкс», в которых имеются целые светящиеся слова. Электродами в этих лампах служит надлежащим об-



Фиг. 20. Спектр люмит а лампы.

Фиг. 21. Малая лампа с капилляром.

разом изогнутая проволока. Преимущество этих ламп перед освещением надписей лампами накаливания заключается в их большей экономичности, так как они потребляют значительно меньшую мощность. Другое преимущество состоит в том, что необычный цвет свечения делает надписи такого рода особенно заметными.

Интересное применение нашли себе газоразрядные лампы в форме так называемых «люмитра»-ламп. Такая лампа (фиг. 19) имеет баллон из кварца и ртуть в качестве электродов; газовое наполнение — аргон. Благодаря особой форме баллона испаряющаяся ртуть, конденсирующаяся на стенках его верхней части, стекает в виде капель обратно. Так как спектр разряда в парах ртути содержит ультрафиолетовое излучение, а сосуд сделан из кварца, то слабое ультрафиолетовое излучение выходит наружу. Благодаря вызываемому ультрафиолетовыми лучами образованию озона такая лампа может быть использована для освежения воздуха в жилых и рабочих помещениях.

Так как кроме того излучение лампы после непродолжительного процесса «старения» остается постоянным с точностью до 1%, то эти лампы могут быть использованы в качестве источников стандартного ртутного спектра (фиг. 20).

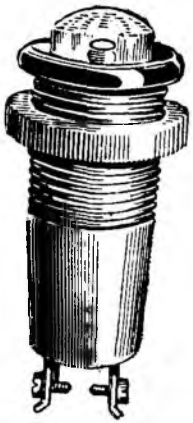
7. Лампы с положительным столбом. Лампы с положительным столбом обычно называются газосветными лампами и в течение ряда лет используются для целей рекламы. Так как путем надлежащего выбора газового наполнения и материала стенок баллона оказывается возможным получить самые разнообразные цвета, то эти лампы оказываются весьма эффектными. Помимо этого такие лампы весьма экономичны, и за последнее время их экономичность все более повышается, благодаря тому что были найдены флуоресцирующие составы, которые, будучи нанесены на стенки баллона изнутри, превращают и невидимое ультрафиолетовое излучение разряда в видимое.

Но и для многочисленных других технических применений, о которых речь идет в этой книге, лампы с положительным столбом приобретают все большее значение. Лампы этого рода в большинстве случаев имеют малые размеры. С чисто конструктивной точки зрения их отличие от ламп тлеющего свечения заключается в значительно большем расстоянии между электродами. Преимущество ламп с положительным столбом заключается в том, что их свечение может быть модулируемо еще более безинерционно, чем тлеющее свечение; к этому мы еще вернемся далее. Кроме того яркость свечения в положительном столбе значительно выше, чем у тлеющего свечения. Дальнейшее повышение яркости может быть достигнуто путем сужения свечения, для чего средняя часть баллона делается в виде капилляра. На фиг. 21 показана такая лампа, причем видны и ее электроды.

ГЛАВА III

СИГНАЛЬНЫЕ И ИНДИКАТОРНЫЕ ЛАМПЫ

Для целей сигнализации применяются почти исключительно, лампы тлеющего свечения, у которых свечение сосредоточивается на возможно меньшей поверхности. Как показали исследования Гельгофа, видимость свечения зависит не столько от абсолютной силы света источника, сколь-



Фиг. 22. Малая сигнальная лампа с балластным сопротивлением внутри цоколя.

Фиг. 23. Малая сигнальная лампа для переменного тока.

Фиг. 24. Патрон для ламп торцевого свечения.

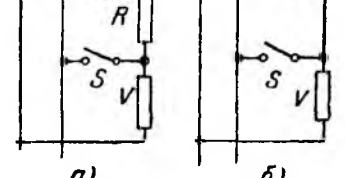
ко от его поверхностной яркости. Поэтому источник, у которого свечение сосредоточено на небольшой светящейся поверхности, имеет ту же видимость, что и источник, излучающий много большее количество энергии, но распределенное на соответственно большей поверхности. Так, например, излучающая 1 свечу, но достаточно малая площадка может быть видима на расстоянии до 2 км. Поэтому при надлежащим образом вы-

бранных электродах можно достигнуть весьма хорошей видимости ламп даже при весьма малых количествах излучаемой энергии. Сигнальные устройства с лампами этого типа имеют преимущества большой экономичности.

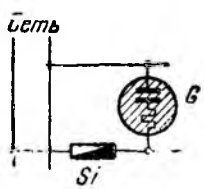
8. Малые сигнальные лампы. На фиг. 22 и 23 показаны конструкции малых сигнальных ламп. Лампы устройства, изображенного на фиг. 22, имеют балластные сопротивления замонтированными в цоколь; предназначенные для работы в 110-вольтных сетях эти лампы имеют активированные электроды. Лампы, представленные на фиг. 23, которые пригодны только для переменного тока, не нуждаются в балластном сопротивлении. Мощность, потребляемая такими сигнальными лампами, составляет не более 0,05 вт, — величину, которой можно пренебречь. В то же время их свечение хорошо видно на тех расстояниях, с которыми обычно приходится иметь дело.

Лампы несколько больших размеров, предназначенные для сигнализации о действии различных электрических схем, вызовов и т. п., потребляют мощность порядка 0,2 вт и дают соответственно больший световой эффект. Эти лампы, выпускаемые под названием лампы торцевого свечения (лампы имеют различные цвета), наиболее просто могут крепиться на распределительных щитах и в тому подобных устройствах при помощи патронов, устройство которых показано на фиг. 24. Цветные лампы имеют цвета, наиболее ярко выраженные в спектре излучения соответствующего газового наполнения (например, красный, желтый, зеленый, голубой и т. д.). На торцевой стороне баллонов этих ламп имеются стеклянные линзы, благодаря чему наряду с увеличением направленности пучка увеличивается и предельная дальность видимости.

9. Контрольные схемы для электрических цепей. Лампы тлеющего свечения, в особенности рассмотренные в п. 4, с большим успехом могут



Фиг. 25. Контроль выключателей с помощью сигнальных газоразрядных ламп.



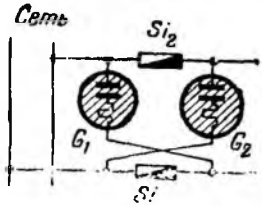
Фиг. 26. Контроль предохранителя с помощью сигнальной лампы.

применяться для контроля выключателей, предохранителей и т. п. Схемы для контроля выключателей могут быть осуществлены согласно фиг. 25 а и б. Первая из них может быть использована для сетей как переменного, так и постоянного тока. Для нее пригодны лампы типа, изображенного на фиг. 22. Если лампа не имеет вмонтированного в цоколь сопротивления, его величина должна быть установлена по уравнению (4). В схеме фиг. 25 б используется лампа, показанная на фиг. 23. Для нее балластное сопротивление не нужно. На обеих схемах буквой G обозначены лампы, R — балластные сопротивления, S — контролируемый выключатель и V — устройство, потребляющее энергию (электродвигатель, лам-

пы накаливания и т. д.). Сигнальные лампы зажигаются в тот момент, когда выключатель размыкается.

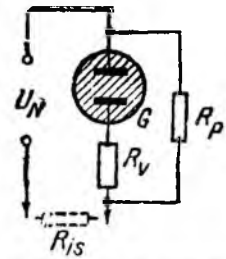
Для непрерывного контроля предохранителей пригодна схема фиг. 26, где *Sl* обозначает плавкий предохранитель и *G* — сигнальную лампу со встроенным сопротивлением. При таком включении лампа тухнет при перегорании предохранителя. Если, наоборот, желательно, чтобы лампа светилась при перегоревшем предохранителе, то должна быть использована схема фиг. 25, на которой вместо выключателя должен быть поставлен предохранитель.

Для одновременного контроля двух расположенных в одной цепи предохранителей может служить схема фиг. 27. Эта схема, не требующая пояснений, дает возможность установить, который из двух предохранителей выбыл из строя. Для того чтобы избежать нежелательного свечения ламп, вследствие емкостного тока, параллельно лампе должно быть включено сопротивление порядка 0,1 мгом.



Фиг. 27. Одновременный контроль двух предохранителей.

Фиг. 28. Так называемая „универсальная лампа".



Фиг. 29. Схема для проверки изоляции.

10. **Индикаторные лампы.** То обстоятельство, что отрицательное свечение располагается на поверхности катода, используется, между прочим, для определения рода тока (постоянный, переменный) и полярности (при постоянном токе).

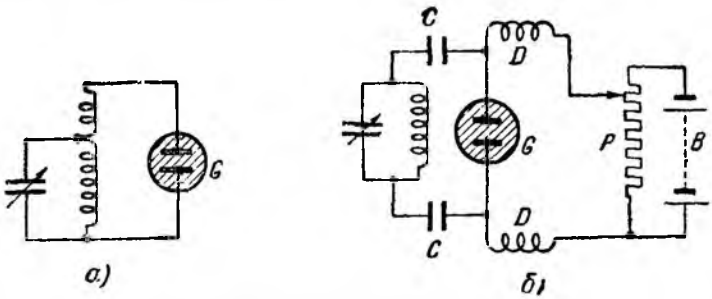
Предназначенной для этих целей специальной лампой является у н и в е р с а л ь н а я л а м п а (фиг. 28). При включении в сеть постоянного тока светится только та половина лампы, в которой находится электрод, соединенный с отрицательным полюсом сети; в случае переменного тока светится вся трубка.

Для тех же целей может применяться, между прочим, специальная у л ь е о б р а з н а я лампа (см. выше), один из электродов которой значительно короче другого (два и шесть витков соответственно).

Газоразрядные лампы, имеющие только один видимый снаружи электрод, могут служить указателями рода тока только так, что они дважды включаются в испытуемую сеть: один раз в одном направлении, а другой раз — в обратном. Тогда в сети постоянного тока свечение появляется только при одном включении (когда видимый электрод является катодом), в сети же переменного тока свечение имеет место при обоих включениях.

Благодаря тому обстоятельству, что газоразрядные лампы дают заметное свечение даже при весьма слабых токах, они с успехом могут быть использованы для целей контроля изоляции сетей и устройств. Если, например, необходимо проверить изоляцию сети, то достаточно после выключения всех питаемых сетью устройств включить на место предохранителя (или последовательно с ним) газоразрядную лампу (например, типа, изображенного на фиг. 28) с балластным сопротивлением в несколько тысяч ом. В случае высокого сопротивления изоляции лампа светиться не будет. В противном случае, выключая последовательно различные участки сети, легко установить область с недостаточной изоляцией. Этот прием наиболее подходит для сетей постоянного тока. В случае переменного тока слабое свечение может возникать также и за счет емкостной проводимости.

При испытании изоляции желательно, чтобы лампа зажигалась только тогда, когда изоляция оказывается ниже некоторого предельного значения. На фиг. 29 показана подходящая для этих целей схема включения. На концах параллельного лампе G сопротивления R_p достаточная



Фиг. 30. Газоразрядная лампа в качестве индикатора резонанса.

для зажигания лампы разность потенциалов возникает только тогда, когда ток через это сопротивление достигает достаточной силы. Величину этого параллельного сопротивления можно легко вычислить, воспользовавшись уравнением

$$R_p = \frac{R_{is}}{U_N - U_Z} U_Z, \tag{5}$$

где U_N — напряжение сети, U_Z — потенциал зажигания лампы и R_{is} — наименьшее допустимое сопротивление изоляции.

Если необходимо осуществлять контроль состояния изоляции высоковольтных изоляторов, то изолятор должен быть снабжен небольшой металлической обкладкой, между которой и землей следует включить предназначенную для контроля лампу. При высоких напряжениях, с которыми приходится иметь дело, емкость между проводом и обкладкой уже может обеспечить ток, достаточный для осуществления контроля, так что изменения поверхностной проводимости легко оказываются заметными. Детальное измерение распределения напряжения по высоковольтным изоляторам с помощью специальной лампы было описано Г. Шерингом [1].

---

[1] ETZ, 1935, № 1, стр. 75.

Применение газоразрядных ламп в качестве индикаторов резонанса в контурах высокой частоты имеет преимущество весьма малого потребления мощности, благодаря чему малым оказывается затухание контура. В большинстве случаев включение ламп для этой цели производят по схеме фиг. 30 а, т. е. включая лампу параллельно контуру.

Для получения высокой чувствительности на лампу необходимо подавать постоянное напряжение, что может быть осуществлено согласно схеме фиг. 30 б. Накладываемое на лампу напряжение должно быть несколько ниже ее потенциала зажигания. Конденсаторы не пропускают постоянного тока в колебательный контур, а дроссели D не пропускают тока высокой частоты в батарею. Для средних и больших значений частот достаточно взять емкости C в несколько сотен мкмкф, при весьма высоких частотах — несколько десятков мкмкф.

Фиг. 31. Циркулеобразный искатель напряжения.

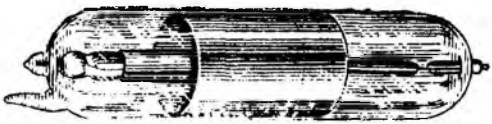
Наконец, газоразрядные лампы могут служить индикаторами при измерении длин волн на лехеровых системах. Для этого достаточно просто вести лампу вдоль проволок, не устанавливая контакта между ее электродами и проводами. При этом нужно иметь в виду, что положения, в которых лампа загорается, расположены на расстояниях в половину длины волны. Для получения возможно более резких вспышек необходимо сделать связь между генератором и лехеровой системой как можно слабее.

11. Искатель напряжения. Простота конструкции, ничтожно малое потребление мощности и свойство становиться проводящей лишь при напряжениях, превышающих некоторое определенное значение (потенциал зажигания), делают газоразрядную лампу идеальным прибором для целей обнаружения напряжения. Особенно удобен для этих целей изображенный на фиг. 31 искатель напряжения в виде циркуля, пригодный для напряжений от 100 до 500 в. Лампы специального устройства имеют калибровку на 125 и 220 в, так что при помощи такого искателя можно определить и величину напряжения сети.

Для работы в сетях с напряжением больше примерно 1 кв существует два способа использования газоразрядных ламп в качестве индикаторов. Если лампа должна работать постоянно в одном месте, то ее можно присоединить только одним полюсом к одному из проводов линии. Емкость лампы относительно земли оказывается достаточной для того, чтобы при наличии напряжения на проводе возникало заметное свечение. Приспособление для контроля напряжения в различных точках должно состоять из более или менее длинного изолирующего держателя, нижний конец которого находится в руке оператора, а на верхнем укреплена лампа.

12. Измерение напряжений. Так как напряжение зажигания газоразрядной лампы (см. главу I) есть величина вполне определенная, то такие лампы могут быть использованы в качестве измерителей напряжения, от-

личающихся весьма малым потреблением тока. Так, например, А. Пальм установил[1], что при надлежащей форме электродов лампы ее потенциал зажигания может оставаться независимым от частоты тока вплоть до частот в 10^6 гц и от формы кривой напряжения. Путем применения емкостного делителя напряжения оказалось возможным измерять пиковые напряжения вплоть до 800 кв. Лампа системы Пальма представлена на фиг. 32.



Фиг. 32. Лампа для измерения амплитудных значений напряжения (по Пальму).

При низких частотах (примерно до 10^4 гц) для подобных измерений могут быть применены обычные лампы (например, типа изображенного на фиг. 28), причем также оказывается возможным получить высокую степень точности. Для более высоких частот лампы обычного устройства оказываются непригодными по причинам, изложенным в главе I (см. § 3).

Для измерений при низких частотах и для постоянных напряжений служат так называемые глимм-вольтметры (фиг. 33), имеющие интервал измерений от 100 до 500 в и точность +5%. Обращение с этими приборами весьма просто, так как для измерения напряжения достаточно вращать ручку прибора до тех пор, пока лампа не загорится, и прочесть затем цифру на шкале, против которой оказался в момент зажигания указатель. В случае переменного тока отсчет дает амплитудное значение напряжения, так что для нахождения эффективного значения следует показания прибора умножить на 0,7. Следует отметить еще, что вольтметры этого устройства позволяют, например, измерять напряжения на фотоэлементах в соответствующих схемах, т. е. в тех случаях, где обычные вольтметры по причине больших значений потребляемых мощностей оказываются непригодными.

Фиг. 33. Вольтметр с газоразрядной лампой для напряжений от 100 до 500 в.

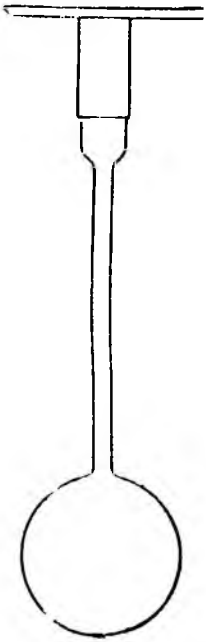
Существует еще один тип вольтметра с газоразрядной лампой на рабочий интервал от 2,5 до 50 в, который прежде всего предназначается для измерения выходных напряжений усилителей, радиоприемников и тому подобных устройств. В отношении потребляемой мощности и способов пользования этот прибор не отличается от описанного выше глимм-вольтметра.

---

[1] Z. techn. Phys. IV, 233, 1923.

13. Лампы для высоких напряжений и высоких частот. Для работы в условиях высоких напряжений и высоких частот все более широкое распространение получают лампы с положительным столбом (см. п. 7). Преимущество этих ламп при работе на высоких напряжениях заключается между прочим в том, что их напряжение зажигания в большей или меньшей степени всегда превышает напряжение зажигания ламп тлеющего разряда. В случае высоких частот удобно применять безэлектродные лампы или лампы с конденсаторными электродами.

Фиг. 34. Лампа для проверки свечей.



Фиг. 35. Специальная лампа для высоких напряжений.

Фиг. 36. Лампа для высоких частот.

Фиг. 37. Лампа для высоких частот с капилляром.

Фиг. 34 изображает лампу, выполненную в форме, удобной для испытания свечей двигателей внутреннего сгорания (напряжение зажигания ее около 1 кв). В этой лампе свечение возникает внутри капилляра, расположенного в стеклянной оболочке. Лампа светится слабо при правильной работе свечи и горит ярко или не горит вовсе, если свеча не в порядке.

Существуют лампы того же типа, но больших размеров, рассчитанные на напряжения от 5 до 15 кв. В этих лампах свечение имеет место тогда, когда сеть, в которую они включены, находится под напряжением.

Для работы в интервале 10—100 кв существуют лампы специального устройства, показанного на фиг. 35. Такая лампа присоединяется к сети только одним полюсом. Благодаря наличию емкости между шаром

и окружающими предметами в капилляре возникает вполне отчетливо заметное свечение, если проводник, к которому присоединена лампа, находится под напряжением. Такие лампы находят себе применение на электростанциях, подстанциях и т. д. для контроля наличия напряжения в линиях.

Для обнаружения высокочастотных колебаний в радиопередатчиках, индукционных приборах и т. п. применяются лампы, схематически изображенные на фиг. 36 и 37. Лампы этого типа изготовляются различных форм и размеров. Особенно большие яркости свечения можно получить, если часть лампы (как, например, на фиг. 37) имеет форму капилляра.

В особенности нужно иметь в виду, что при высоких частотах для возбуждения свечения лампы достаточно относительно небольших амплитуд напряжения. Если те же лампы используются при низких частотах, необходимые напряжения оказываются значительно выше.

При работе с высокочастотными напряжениями наличие проводящего соединения лампы с элементами контура не является, вообще говоря, необходимым. Обычно достаточно простого приближения лампы к соответствующему месту цепи, для того чтобы обнаружилось хорошо видимое свечение. При этом оказывается возможным по цвету свечения сделать (правда, весьма грубое) заключение о величине частоты. При низких частотах свечение имеет желтовато-красный тон, тогда как при высоких частотах (примерно выше 20 мгц) оно становится голубоватым в том случае, если лампа наряду со смесью инертных газов содержит еще и следы водорода, как это обычно и имеет место).

ГЛАВА IV.

МОДУЛИРУЕМЫЕ ЛАМПЫ

14. Модуляция интенсивностью. Как уже указывалось в главе I, с изменением тока через лампу изменяется также и покрытая свечением площадь катода, если покрытие катода не полное, или яркость этого свечения при полном покрытии. Эти изменения покрытия или яркости совершаются безинерционно вплоть до высоких значений частоты колебаний тока, что позволяет использовать газоразрядные лампы в качестве источников модулированного света.

Это отсутствие инерции не является, однако, абсолютным. Время возникновения разряда составляет всего лишь около 10^{-6} сек., между тем как время его прекращения по крайней мере в десять раз больше, т. е. составляет не менее 10^{-5} сек. На практике приходится даже считаться с никновения разряда составляет всего лишь около 10^{-6} сек., между тем инерционности является то, что для полного прекращения разряда необходимо рассасывание пространственного заряда у катода. Лампы, свечение которых обусловлено положительным столбом, оказываются поэтому несколько менее инерционными источниками света.

Несмотря на то что безинерционность газоразрядных ламп является лишь относительной, она несомненна для не слишком высоких частот и позволяет с успехом применять эти лампы в различных устройствах, где необходима модуляция света. Ниже мы рассмотрим наиболее важные типы модулируемых газоразрядных ламп и области их применения.

Лампы, в которых модуляция осуществляется путем изменения интенсивности свечения, представлены большим числом конструкций, приспособленных для самых различных применений.

15. Стробоскопические устройства с газоразрядными лампами. Лампы, питаемые переменным напряжением или импульсами постоянного напряжения, оказываются пригодными для стробоскопических измерений самых различных видов, так как внезапное возникновение свечения (при достижении наложенным на лампы напряжением потенциала зажигания) дает вполне определенный во времени световой импульс. Если лампа имеет оба электрода одинаковых размеров, то при частоте переменного тока в 50 гц она дает сто одинаковых по силе вспышек в каждую секунду. Если же электроды имеют разные размеры, то при питании переменным током две последовательные вспышки имеют различные интенсивности. При питании импульсами постоянного тока следует заботиться о том, чтобы минус источника напряжения был соединен с электродом, имеющим большую поверхность.

Особенно пригодной для стробоскопических целей является лампа, устройство которой показано на фиг. 38, которая известна под названием тарелочной лампы. Лампа имеет катод в форме диска диаметром 10 мм и допускает средние нагрузки в 50 ма, так что с ее помощью возможно получение весьма интенсивных вспышек.

Рассмотрим некоторые применения стробоскопических ламп. Для измерения числа оборотов вращающуюся часть необходимо снабдить меткой. При этом если отношение числа оборотов к числу вспышек в единицу времени выражается целым числом, то эта метка кажется неподвижной. Числа оборотов n могут быть вычислены по формуле

$$n = \frac{f}{s} 60, \tag{6}$$

где f — частота вспышек (число вспышек в секунду), а s — число неподвижных изображений метки.

Если необходимо следить за числом оборотов, то на вращающемся диске наносят s одинаковых меток, причем $s = \frac{f}{n} \cdot 60$. Когда число оборотов равно необходимому, метки кажутся неподвижными. Если число оборотов оказывается большим, то метки кажутся вращающимися в направлении вращения диска, в противном случае они кажутся движущимися в обратном направлении. Этот способ контроля числа оборотов имеет то преимущество, что не нагружает дополнительно вращающий механизм и поэтому применим для электродвигателей самых малых мощностей.

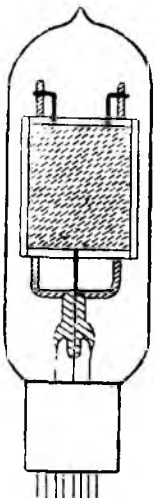
Измерение переменных чисел оборотов с помощью стробоскопической лампы наиболее просто можно осуществить, нанося на вращающийся диск в разных концентрических зонах различное число меток. Тогда неподвижными будут казаться метки той зоны, для которой в данный момент удовлетворяется приведенное выше соотношение между числами оборотов, меток и вспышек лампы.

Для измерения чисел скольжения электродвигателей наносят столько меток, сколько двигатель имеет полюсов, и питают двигатель и лампу от одной и той же сети переменного тока. Если электродвигатель вращается синхронно, то метки кажутся неподвижными. Если же скорость двигателя меньше синхронной, то метки кажутся вращающимися обратно вращению двигателя. Скольжение оказывается при этом равным числу кажущихся оборотов наблюдаемой картины в минуту.

Другим важным применением стробоскопических ламп является исследование процессов при быстрых движениях. Так, например, если быстро вращающийся предмет освещать кратковременной вспышкой, скажем один раз за каждый оборот, то он будет каждый раз казаться глазу неподвижным и можно обнаружить происходящие с ним изменения. Замыкая включающий лампу контакт при помощи самого вращающегося предмета, можно наипростейшим способом осуществить зажигание лампы в нужный момент.

Установки со стробоскопическими лампами используются также для контроля кинематографических фильмов. Способ состоит в том, что лампа вспыхивает один раз при прохождении каждого кадра, так что картина получается движущейся, как и при обычной проекции. Для этих целей удобно использовать стробоскопические лампы типа, показанного на фиг. 39, катод которых имеет размеры 30×40 мм и как можно лучше отполирован.

Фиг. 38. Тарелочная лампа для стробоскопических целей.

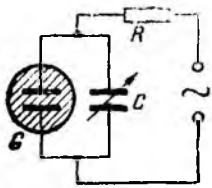


Фиг. 39. Стробоскопическая лампа с большой площадью свечения.

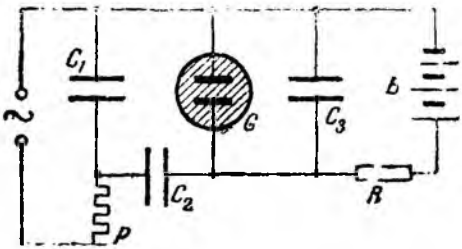
В заключение необходимо остановиться на вопросе о питании стробоскопических ламп. Если имеющаяся сеть переменного тока непригодна из-за неподходящего значения частоты (обычно равного 50 гц), то можно воспользоваться релаксационной схемой (ср. гл. VI), питание которой может осуществляться от любого источника постоянного тока (сеть, батарея, выпрямитель). Для того чтобы иметь возможно большее постоянство частоты, схема должна быть синхронизирована, как это указано в гл. VI. Применение таких схем особенно целесообразно в тех случаях, когда необходимо иметь как можно более резкие и короткие вспышки. При этом для целей синхронизации может быть использована имеющаяся сеть переменного тока. Во всех этих случаях релаксирующая лампа является в то же время и источником стробоскопического освещения. Если желательно получить большие яркости, то для синхронизации можно воспользоваться тиратроном (см. п. 28) и включить лампу, дающую вспышки, в его анодную цепь. При этом для получения коротких световых импульсов разряд в тиратроне необходимо прекращать тотчас после его возникновения. Это может быть осуществлено, например при помощи второй газоразрядной лампы, моменты зажигания которой более или менее сдвинуты относительно момента зажигания тиратрона и которая подает обратного знака напряжение на емкость, включенную в цепь тиратрона.

Для получения вспышек малой продолжительности при питании от переменного тока можно с успехом использовать включение по схеме фиг. 40. Здесь лампа G включена параллельно конденсатору C, который заряжается переменным напряжением через сопротивление R. Величины C и R должны быть выбраны таким образом, чтобы потенциал зажигания лампы достигался лишь при приближении переменного напряжения к его амплитуде.

Лампа в релаксационной схеме может быть использована также для того, чтобы в комбинации со второй лампой, питаемой от той же сети, что и электродвигатель, производить измерения весьма сильных скольжений. Лампу, питаемую от сети электродвигателя, помещают за перфорированным диском, насаженным на вал двигателя, и наблюдают ее свечение сквозь этот диск. Лампа, работающая в релаксационной схеме, помещается перед диском. Частоту релаксационных колебаний изменяют до тех пор, пока вспышки обеих ламп не будут совпадать. В этот момент искомая частота скольжения как раз равна релаксационной частоте, которая может быть определена по предварительной калибровке схемы.



Фиг. 40. Схема для получения отдельных вспышек газоразрядных ламп.



Фиг. 41. Схема для осуществления сдвига фаз.

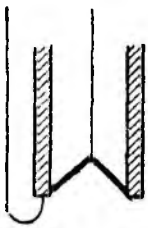
При стробоскопических исследованиях нередко оказывается необходимым осуществлять сдвиг фаз. Если фаза должна быть сдвинута на угол в пределах от 0 до 90°, то достаточно подавать на лампу наряду с переменным напряжением также еще и постоянное, величину которого можно изменять. Тем самым оказывается возможным изменять и момент зажигания лампы, т. е. осуществить желаемый сдвиг фаз. Если смещение фазы необходимо производить в пределах от 0 до 180°, то можно воспользоваться схемой, изображенной на фиг. 41, где P обозначает сопротивление ($\sim$ 2 000 ом), C_1 — емкость ($\sim$ 0,5 мкф). Лампа вместе с емкостью C_2 — включается параллельно C_1. Помимо этого на лампу накладывается релаксационное напряжение, создаваемое батареей B, сопротивлением R и емкостью C_3. Если сделать так, чтобы напряжение батареи было выше потенциала потухания лампы, но меньше ее потенциала зажигания, то C_3 будет разряжаться через лампу только в виде коротких импульсов под действием импульсов управляющего напряжения, подаваемых на лампу с C_1 через C_2.

16. Телевизионные лампы. Возможность получения с помощью газоразрядных ламп в значительной мере безинерционного и управляемого свечения, естественно, повела к тому, что эти лампы были применены для целей телевидения.

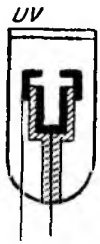
Первыми лампами для телевидения были лампы с плоским катодом размером 30×40 мм (фиг. 39), использовавшиеся в устройствах с дисками Нипкова. Лампы этого типа должны допускать управление яркостью свечения в возможно более широких пределах, и кроме того даже при самых малых интенсивностях свечения покрытие катода свечением должно оставаться равномерным. Если принять во внимание закон Геля (см. п. 3), то ясно, что эти требования противоречат одно другому. Оказалось, однако, возможным добиться равномерного свечения всей поверхности катода даже при малых плотностях тока. Это было достигнуто применением

анода в форме рамки (фиг. 39), расположенной с лицевой стороны катода, и покрытием его обратной стороны слоем слюды.

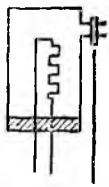
Эти лампы могут быть использованы как для диска Нипкова, так и для зеркального винта. В последнем случае они должны рассматриваться с боковой стороны, когда катодное свечение представляется в виде яркого светящегося штриха. Для получения линейной модуляции света лампа должна работать на весьма высоком постоянном напряжении, наложенном на модулирующее переменное напряжение. Лампа может быть соединена с источником модулирующего напряжения гальванически или посредством емкостной или индуктивной связи (фиг. 52—56).



Фиг. 42. Расположение электродов лампы для ультравысоких частот.



Фиг. 43. Точечная лампа с окном, прозрачным для ультрафиолетовых лучей.



Фиг. 44. „Световой шприц".

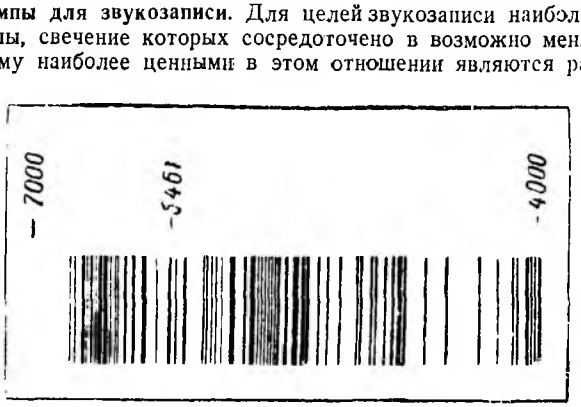
Дальнейшими конструкциями ламп с модуляцией интенсивности являются точечные и щелевые лампы. Первой конструкцией точечной лампы явилась разработанная Энглем, Фогтом и Массоле для созданной ими звуковой киноаппаратуры. Эта лампа имела полый цилиндрический катод и анод в виде натянутой по оси катода проволоки (фиг. 42). Так как наполнение этой лампы состояло из азота, спектр свечения был богат голубым и ультрафиолетовым излучением и вследствие этого весьма подходящ для фотографических целей. Дефектом этих ламп являлось высокое питающее напряжение (~ 800 в).

Имея в виду новейшие точечные лампы, нужно различать два резко отличных друг от друга типа. Один из них имеет холодный катод и устройство, схематически показанное на фиг. 43. Перед отверстием полого цилиндрического катода расположен анод в виде диска с отверстием; этот анод играет одновременно роль диафрагмы. Применение полого катода имеет своим результатом то, что свечение сосредоточивается в сравнительно небольшом объеме, благодаря чему значительно повышается его яркость. С целью сделать лампу возможно более эффективной для фотографии она снабжается прозрачным для ультрафиолетовых лучей окном (*UV* на фиг. 43). Диаметр светящегося пятнышка составляет 1,4 мм. Яркость свечения при средней нагрузке в 50 ма (максимальная нагрузка 100 ма) равна 8 стильб.

Подобно только что описанной точечной лампе устроена щелевая лампа. Анодом в ней является металлическая диафрагма с щелевидным отверстием размером 0,6×5 мм. Так как при этом свечение распределяется на большую площадь, поверхностная яркость этих ламп меньше, чем у точечных.

На совершенно другом принципе основана точечная лампа, известная под названием **с в е т о в о г о ш п р и ц а**, устройство которой схематически изображено на фиг. 44. В этом случае источником свечения является положительный столб, простирающийся от накаленного катода к кольцеобразному аноду сквозь узкое отверстие в металлическом цилиндре, со всех сторон окружающем катод. Положительный столб здесь излучает в направлении своей длины. Диаметр столба равен диаметру присоединенной к цилиндру трубки. Для наполнения могут применяться как инертные газы, так и пары металлов. Верхний предел безинерционной работы лампы лежит около 10^5 гц.

16а. Лампы для звукозаписи. Для целей звукозаписи наиболее пригодны те лампы, свечение которых сосредоточено в возможно меньшем объеме. Поэтому наиболее ценными в этом отношении являются рассмотрен-



Фиг. 45. Линейчатый спектр газоразрядной лампы (длины волн в ангстремах).

ные выше точечные и щелевые лампы. Для того интервала частот, с которым приходится иметь дело, эти лампы могут считаться вполне безинерционными. В отношении способов включения и эксплоатации здесь справедливы все положения, относящиеся к телевизионным установкам с с соответствующими лампами. В остальном спектр излучения этих ламп (фиг. 45) помимо их яркости является весьма благоприятным для целей звукозаписи.

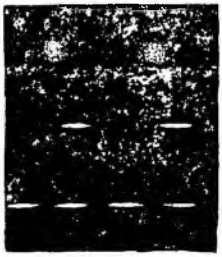
17. Газоразрядные индикаторы моментов времени. Так как внезапное возникновение разряда дает резко определенные во времени световые импульсы, то газоразрядные лампы оказываются весьма пригодными в качестве индикаторов моментов времени для фотографических регистрирующих приборов (например, в сочетании с катодным осциллографом), давая фиксируемые на регистрограмме мгновенные вспышки.

Несмотря на то что таким индикатором может служить любая газоразрядная лампа, питаемая переменным током известной частоты, более удобным является применение ламп специальных конструкций, дающих более резкие отметки. При этом оказывается имеющей серьезное значение, например, форма электродов лампы. Одна из подходящих комбинаций показана на фиг. 46. Благодаря такому расположению электродов, обеспечивающему наибольшую яркость свечения внутреннего электрода (при рассматривании в направлении стрелки) и тому, что плотность тока на этом электроде больше, чем на внешнем, такая лампа при питании от

обычной сети переменного тока с частотой в 50 гц дает пятьдесят ярких вспышек в секунду. Свечение второго электрода создает лишь сравнительно слабое потемнение фотобумаги.

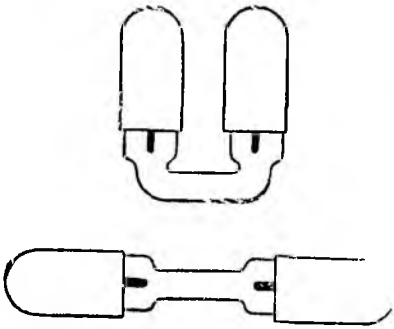
Бо́льшие яркости и еще бо́льшая резкость отметок могут быть достигнуты при использовании точечных и щелевых ламп (фиг. 43). Благо-

Фиг. 46. Расположение электродов лампы для индикации моментов времени.

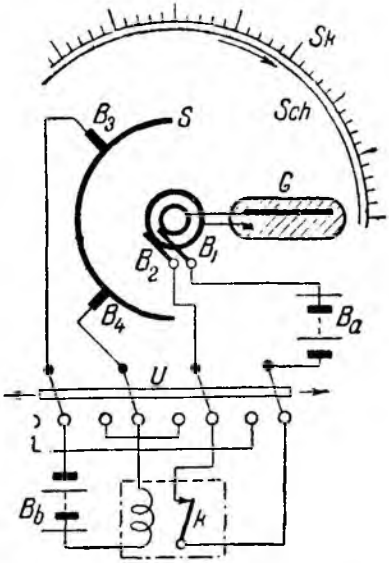


Фиг. 47. Отметки моментов времени.

даря большой яркости в этом случае оказывается возможным нанесение отметок с большой частотой. Щелевые и точечные лампы удобно питать от выпрямителя (разумеется, без сглаживающего фильтра). Возможно также применение релаксационных схем (гл. VI).



Фиг. 48. Лампы для измерения коротких промежутков времени.

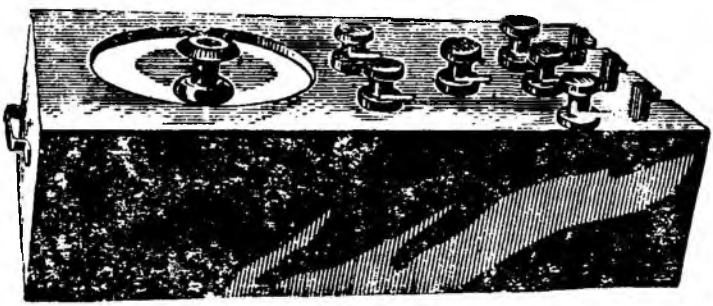


Фиг. 49. Схема установки для испытания реле.

Фиг. 47 дает примеры отметок времени, получаемых таким способом на фотобумаге. В верхней части рисунка показаны метки, полученные с лампой типа фиг. 46; длина метки соответствует $\frac{1}{50}$ сек. Следующий ряд — метки в $\frac{1}{50}$ сек., полученные с точечной лампой, и в самом низу — метки в $\frac{1}{100}$ сек. с той же лампой.

18. Измерение коротких промежутков времени. Благодаря своей безинерционности газоразрядные лампы оказываются весьма пригодными также для измерения коротких промежутков времени. Особенно подходят для этих целей лампы, у которых свечение имеет форму линии. Когда безинерционность тлеющего разряда оказывается недостаточной, то пользуются лампами с положительным столбом. За последнее время были разработаны конструкции таких ламп, приспособленные для различных конструкций соответствующих устройств. Эти лампы имеют линейную форму области свечения, обеспечиваемую наличием между электродами капилляра (фиг. 48).

На фиг. 49 изображена схема установки, являющаяся примером устройств для измерения коротких промежутков времени. Эта установка предназначена для испытания реле. Она позволяет осуществить точное измерение промежутка времени замыкания и размыкания контактов реле. Так как эти измерения могут повторяться, то она пригодна также и для испытания реле на равномерность работы. Установка состоит из диска *Sch* (изображена только часть его), вращаемого синхронным электродвигателем и несущего на себе газоразрядную лампу G, питание которой подается через два кольца со скользящими по ним щетками B_1 и B_2 многоконтактный переключатель U и контакт K испытуемого реле. Лампа горит поэтому лишь, когда контакт K замкнут. Катушка реле питается от батареи $B_в$ через переключатель U, щетки B_3 и B_4 и контактный сегмент S. Время замыкания контакта может быть определено по шкале S_K (также изображена частично) по величине освещаемого на ней лампой G сектора. Искрение контакта может быть обнаружено по тому, что сектор вместо равномерно освещенного оказывается освещенным отдельными полосами. Так как щетки B_3 и B_4 могут быть перемещаемы, то оказывается возможным изменять время включения реле. Если нужно измерить величину промежутка времени, в течение которого реле включено, то переключатель U должен быть переведен налево. Тогда лампа будет питаться уже не через контакт K, а через щетки B_3 и B_4 На фиг. 50 показан внешний вид этого устройства.

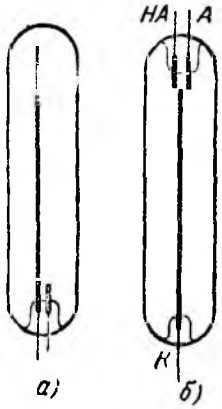


Фиг. 50. Внешний вид той же установки.

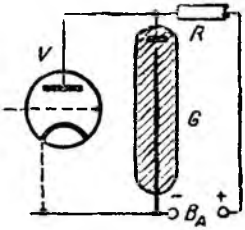
19. Модуляция изменением площади свечения. Как уже указывалось ранее, покрытие катода свечением изменяется с изменением тока, причем соотношение между обеими величинами хорошо изображается прямолинейной зависимостью до тех пор, пока свечение покрывает катод не полностью. Как оказывается, это обстоятельство может быть разнообраз-

по использовано. В следующих параграфах будут рассмотрены различные газоразрядные лампы, основанные на этом принципе, и их применение.

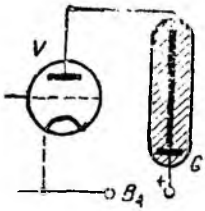
20. Контроль амплитуды. Весьма часто бывает целесообразно или даже необходимо наблюдать за амплитудой меняющегося напряжения, на-



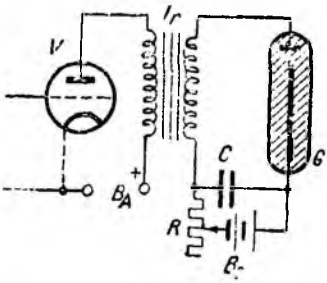
Фиг. 51. Лампы для контроля амплитуды напряжения: а) без вспомогательного электрода, в) с вспомогательным электродом.



Фиг. 52. Включение модулируемой газоразрядной лампы в анодную цепь усилительной.



Фиг. 53. Другой вариант гальванической связи.



Фиг. 54. Включение посредством индуктивной связи.

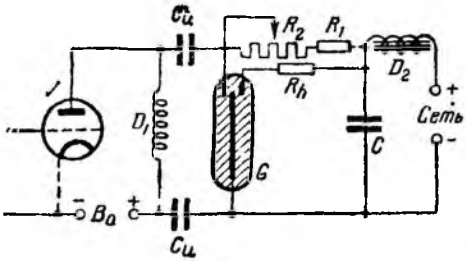
пример, за амплитудой напряжения на выходе усилителя. Для этих и подобных целей применяют так называемые амплитудные лампы с катодом, имеющим большую длину. На фиг. 51 схематически изображены конструкции таких ламп. Конструкция *б* отличается той особенностью, что у нее наряду с длинным катодом *K* и анодом *A* имеется еще так называемый вспомогательный анод *HA*. Если на этот электрод наложить постоянное напряжение, он обеспечивает возникновение предварительной ионизации и тем самым надежное зажигание при всех обстоятельствах. Кроме того при этом потенциалы зажигания и гашения оказываются одинаковыми и напряжение, накладываемое на основной анод, может опускаться как угодно низко, не приводя к погасанию лампы. Протяженность свечения вдоль катода изменяется у этих ламп пропорционально величине напряжения на основном аноде.

Амплитудные лампы могут связываться с выходом усилителя гальванически, индуктивно или через емкость. Простейшей является гальваническая связь по схеме фиг. 52, где газоразрядная лампа *G* включена непосредственно в анодную цепь усилительной лампы *V*. Полярность включения должна быть такой, чтобы катод газоразрядной лампы был соединен с анодом усилительной. Преимуществом этой схемы является то, что связь остается постоянной для всех частот; ее недостаток заклю-

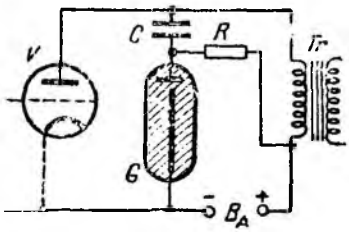
чается в том, что напряжение анодной батареи B_A должно равняться сумме анодного напряжения усилительной и напряжения горения газоразрядной лампы, т. е. составлять около 300—400 в. Балластное сопротивление в этой схеме не нужно, так как ток ограничивается самой усилительной лампой.

Другая возможность осуществления гальванической связи изображена на схеме фиг. 53, где газоразрядная лампа включена не последовательно, а параллельно усилительной. В этом случае нет необходимости повышать напряжение батареи, но необходимо введение балластного сопротивления.

На фиг. 54 изображено индуктивное включение при посредстве трансформатора T_r. Конденсатор, шунтирующий батарею B_G, от которой на лампу G подается постоянное напряжение, должен иметь емкость от 2 до 4 мкф, а R должно равняться около 5 000 ом. Постоянное напряжение на лампу может быть также подано от анодной батареи B_A.



Фиг. 55. Включение посредством емкостной связи.



Фиг. 56. Другой вариант емкостной связи.

Удобное во многих случаях включение посредством емкости изображено на фиг. 55. Поступающее на дроссель D_1 переменное напряжение подается конденсаторами C_u (2—4 мкф) на лампу G. Постоянное напряжение на G подается здесь от сети, так что необходимо включение дросселя D_2 (10—20 гн при 5 ма) и конденсатора C (~2 мкф) для сглаживания пульсаций (при использовании вместо сети батареи это сглаживающее устройство не нужно). При помощи сопротивлений R_1 и R_2 величина постоянного напряжения может быть приведена к нужному значению. Сопротивление R_1 (~5 000 ом) необходимо для того, чтобы даже при полностью выведенном R_2 (максимально около 20 000 ом) лампа G не была бы повреждена. Если лампа имеет вспомогательный анод, то необходимо предусмотреть сопротивление R_h (1—5 мгом).

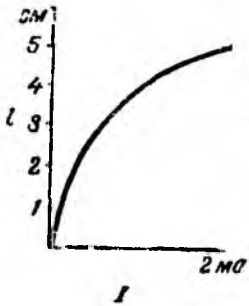
Другая схема емкостного включения показана на фиг. 56. Возникающее на аноде лампы V переменное напряжение через емкость C подается на анод лампы G. Сопротивление R соответствует сопротивлениям R_1 и R_2 фиг. 55. Если в схеме фиг. 56 используется лампа, имеющая вспомогательный анод, то он должен быть соединен с положительным полюсом батареи B_A посредством высокоомного сопротивления (ср. фиг. 55).

21. Контроль настройки. Для визуального контроля настройки в радиоприемниках применяются лампы, устроенные подобно описанным выше амплитудным лампам. В силу ряда соображений в последнее время стали вместо стержнеобразных катодов использовать катоды в форме трубок с продольной щелью, служащей для наблюдения свечения. Большая поверхность катода обеспечивает весьма слабое распыление. Кроме того

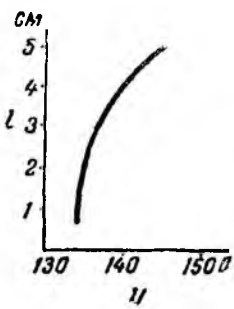
характеристики этих ламп более благоприятны с точки зрения данного вида применений, так как длина покрытой свечением части катода оказывается здесь уже не строго пропорциональной току. На фиг. 57 и 58 приведены кривые, показывающие зависимость протяженности свечения от тока и напряжения.

Как ясно из этих рисунков, чувствительность лампы при малых нагрузках выше, чем при больших, так что оказывается возможным обнаружение и маломощных (или удаленных) передатчиков.

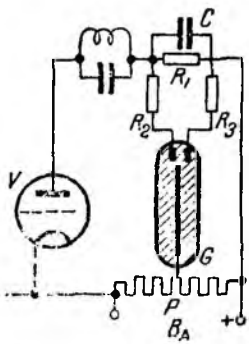
Схема для осуществления визуального контроля настройки изображена на фиг. 59. Наряду с обычным колебательным контуром в анодной цепи лампы V имеется сопротивление R_1 (1 000—5 000 ом). Возникающее на R_1 падение напряжения подается через сопротивление R_2 (0—10 000 ом) на анод лампы G. Включенное между плюсом B_A и вспомогательным анодом лампы G сопротивление R_3 соответствует сопротивлению R_h фиг. 55. Конденсатор C (~1 мкф шунтирует все устройство для токов высокой частоты. Добавочное напряжение на лампу подается с делителя напряжения P (~100 000 ом), причем напряжение подбирается так, чтобы катод лампы обнаруживал слабое свечение. Если P весьма велико (~10^5 ом), то R_2 может быть устранено, так как большая величина P уже понижает среднюю чувствительность лампы.



Фиг. 57. Зависимость покрытия катода свечением от силы тока.



Фиг. 58. Зависимость покрытия катода свечением от напряжения.

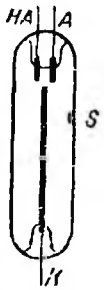


Фиг. 59. Схема контроля настройки с помощью газоразрядной лампы.

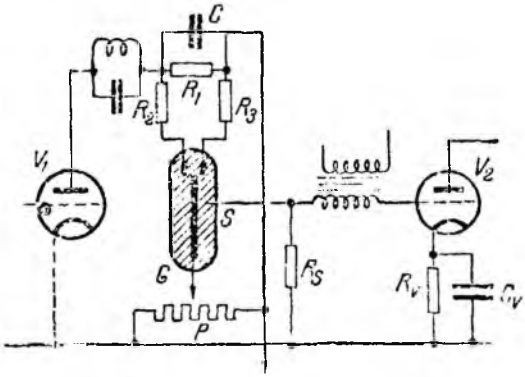
Для лампы, устройство которой показано на фиг. 60 и отличающейся наличием добавочного электрода S, пригодна схема фиг. 61, которая весьма сходна со схемой фиг. 59, так что нет необходимости останавливаться на рассмотрении соответственных ее элементов. Особенности ее связаны с наличием у лампы G электрода S. Когда покрытие катода свечением достигнет этого электрода, то через сопротивление R_s ($5 \cdot 10^2$—$2 \cdot 10^6$ ом) начинает проходить ток, создающий падение напряжения на нем. Это падение напряжения подается на сетку усилительной лампы V_2, на которую (посредством R_v и C_v) подано большое отрицательное смещение. До тех пор пока свечение не дошло до электрода S, на сетке лампы V_2 имеется только отрицательное смещение, запирающее ее. Когда на R_s возникает падение напряжения, оно бла-

годаря своему знаку действует обратно отрицательному смещению и лампа V_2 может работать как усилитель.

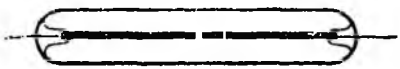
Подобного устройства газоразрядные лампы с успехом могут применяться и для других целей. Так, например, Пеннинг[1] использовал их в качестве указателя в новом типе манометра для низких давлений. Следует указать также, что лампы со стержнеобразными катодами могут между прочим быть использованы в качестве переменных емкостей. Если



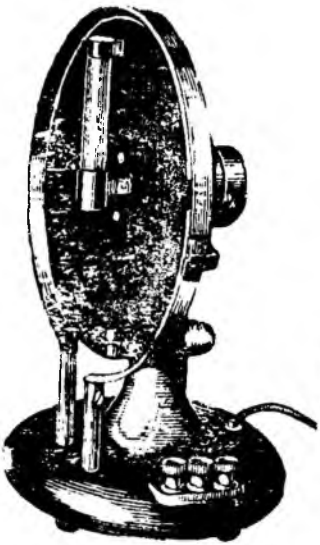
Фиг. 60. Лампа для контроля настройки с боковым (зондовым) электродом (*S*)



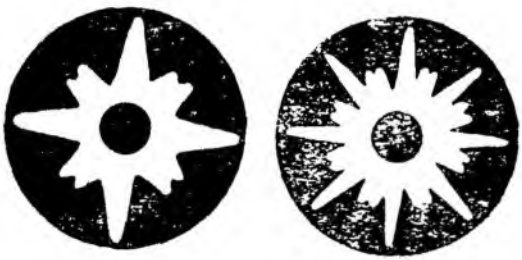
Фиг. 61. Схема включения лампы с боковым электродом.



Фиг. 62. Газоразрядная лампа для осциллографирования.



Фиг. 63. Газоразрядный осциллоскоп.



Фиг. 64. Примеры осциллограмм.

[1] Philips, Tech.Rev. № 7, 1937.

баллон такой лампы металлизировать снаружи, то емкость между катодом и металлическим покрытием оказывается зависящей от длины покрытия катода свечением.

22. **Осциллографические лампы.** Возможность использования изменения степени покрытия электродов газоразрядной лампы свечением для осциллографических целей была впервые использована Э. Герке. Первая сконструированная для этого лампа изображена на фиг. 62. Для осциллографирования с ее помощью достаточно подать на ее электроды исследуемое напряжение. Но так как свечение покрывает электроды лишь при напряжениях, бо́льших чем потенциал зажигания, то те участки кривой в обоих полупериодах, для которых напряжение ниже потенциала зажигания, не могут быть получены. Если желают получить полную кривую, то пользуются асимметричными трубками с катодом в виде стержня или трубки и наряду с исследуемым переменным напряжением подают на них постоянное (см. выше). Эти лампы и способы их включения были описаны в п. 20.

Если рассматривать такую лампу во вращающемся зеркале, то виден световой штрих; верхняя граница его описывает кривую, по которой изменяется исследуемое напряжение. Когда число оборотов зеркала и частота переменного тока одинаковы, то видимая в зеркале кривая стоит неподвижно. Она может быть с удобством наблюдаема или сфотографирована.

Вместо рассматривания в зеркале лампу саму можно заставить вращаться (фиг. 63), при этом лампа описывает светящееся кольцо, внешний край которого следует форме кривой исследуемого напряжения. Картина кажется неподвижной при определенном соотношении между числом оборотов диска с лампой и частотой, а именно:

$$f = \frac{n}{z \cdot 60}, \qquad (7)$$

где f — частота, n — число оборотов и z — число пиков на кривой переменного тока. На фиг. 64 показаны полученные этим способом осциллограммы.

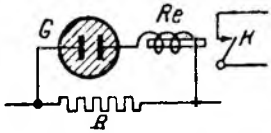
ГЛАВА V.
ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ РЕЛЕ

То обстоятельство, что всякая газоразрядная лампа является непроводящей, до тех пор пока приложенное к ней напряжение ниже ее потенциала зажигания, и затем по достижении потенциала зажигания вдруг становится проводящей, позволяет использовать эти лампы в качестве реле напряжения. Существует большое число различных ламп, применяемых в качестве реле, и большое число соответствующих схем. Ввиду этого целесообразно разделение их на группы, которое и проведено в дальнейшем изложении.

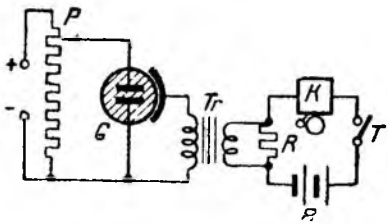
23. **Реле напряжения.** Простейшая схема включения лампы в качестве реле показана на фиг. 65. Действие лампы здесь заключается в том, что она сигнализирует о повышении напряжения. Контролируемое напряжение наложено на сопротивление R (и может подаваться на лампу с части R. Параллельно R включена лампа, последовательно соединенная с обмоткой реле R_e. Если напряжение на лампе сделать достаточно близким к потенциалу зажигания, то всякое повышение напряжения поведет к зажиганию лампы и замыканию контакта K электромагнитного реле. Этот контакт остается замкнутым до тех пор, пока цепь лампы не будет ра-

замкнута. Так обстоит дело в случае постоянного тока, когда же лампа питается переменным напряжением, контакт остается замкнутым лишь до тех пор, пока имеет место повышенное напряжение. Если и при работе на переменном токе желательно иметь длительное включение контакта, то электромагнитное реле должно быть снабжено задерживающим приспособлением. Большим преимуществом таких реле напряжения является то, что они не имеют тока холостого хода, потребляя ток лишь при срабатывании. Далее, эти реле могут применяться при любых напряжениях, больших потенциала горения лампы. Кроме того, подбирая надлежащим образом нормальное напряжение на лампе, можно сделать реле чувствительным или к малым перенапряжениям или, наоборот, лишь к более или менее значительным.

Если напряжение, снимаемое с R, установить так, чтобы оно было достаточно для поддержания разряда в лампе, то можно регистрировать вместо повышения напряжения его понижение (так как при этом разряд



Фиг. 65. Простая схема включения газоразрядной лампы с реле.



Фиг. 66. Другая схема с реле.

будет прекращаться). Отметим, что в этой схеме обычно можно обойтись без балластного сопротивления, если катушка электромагнитного реле имеет достаточное сопротивление (~1 000 ом).

На фиг. 66 изображена другая простая схема реле, которая отличается той особенностью, что лампа зажигается, когда контур, состоящий из B, R, K и T, оказывается замкнутым (на короткое или на длительное время). Здесь таким образом наряду с кратковременным звуковым сигналом (звонок K) существует еще и длительный световой сигнал. В таком устройстве возможно использование и электромагнитного реле, но его стоимость, а равно и стоимость эксплоатации оказывается выше. В схеме фиг. 66 на лампу должно быть подано напряжение, близкое к ее потенциалу зажигания. Один из концов вторичной обмотки трансформатора Tr соединяется с металлической обкладкой на баллоне лампы. Сопротивление R, шунтирующее первичную обмотку трансформатора, должно быть малоомным (1—2 ом). В том случае, если ток, питающий первичную обмотку (в отсутствии R), оказывается достаточным для приведения в действие звонка K, то R может быть опущено. Для того чтобы после зажигания лампы привести схему вновь в исходное состояние, достаточно ненадолго разорвать цепь лампы.

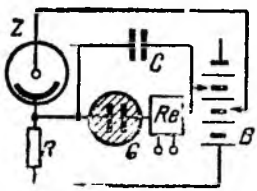
Фиг. 67 изображает схему, в которой затемнение фотоэлемента Z ведет к зажиганию лампы G и к срабатыванию электромагнитного реле Re. Сопротивление R, которое после зажигания играет роль балластного сопротивления, должно быть весьма большим (несколько мегом). Назначение конденсатора C заключается в том, чтобы обеспечить срабатывание реле Re в момент возникновения разрядного тока: вследствие того что R весьма велико, ток разряда весьма слаб и срабатыва-

ние Re не является уверенным. Вместо фотоэлемента в такой схеме, естественно, может работать любое высокое переменное сопротивление.

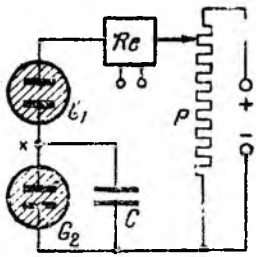
Другие схемы могут быть осуществлены с лампами, имеющими добавочные электроды (фиг. 60). Ток через этот электрод может возникнуть только тогда, когда разряд покроет катод на достаточную длину.

При наличии в одной лампе нескольких добавочных электродов можно по мере роста покрытия катода включать последовательно несколько цепей.

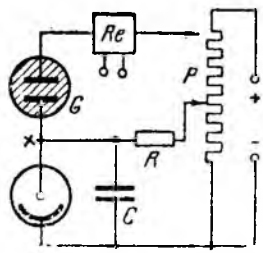
24. Реле с двумя лампами. Весьма интересная схема реле с газоразрядными лампами представлена на фиг. 68. Через делитель напряжения P



Фиг. 67. Схема с газоразрядной лампой и фотоэлементом.



Фиг. 68. Схема с двумя газоразрядными лампами.



Фиг. 69. Видоизменение схемы фиг. 68.

на две последовательно включенные лампы накладывается напряжение U, величина которого удовлетворяет условиям:

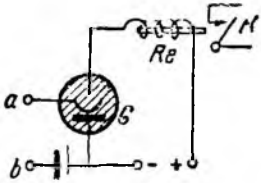
$$U < U_{Z1} + U_{Z2};$$
$$U > U_{Z1} + U_{L2}; \qquad (7)$$
$$U > U_{Z2} + U_{L1},$$

где U_Z — потенциалы зажигания и U_L — потенциалы потухания обеих ламп. Таким образом наложенное напряжение меньше суммы обоих потенциалов зажигания и больше суммы потенциала зажигания одной и потенциала потухания другой. Поэтому, как только потенциал точки соединения ламп (отмечена крестиком на фиг. 68) оказывается на достаточную величину выше или ниже своего нормального значения, одна из ламп зажигается, так как разность потенциалов на одной из ламп оказывается выше ее потенциала зажигания. Наличие конденсатора C обеспечивает возникновение достаточно интенсивного разряда, вследствие чего напряжение на зажимах зажегшейся лампы падает и напряжение на второй лампе оказывается выше ее потенциала зажигания, так что зажигается и вторая лампа и реле срабатывает. Изменение потенциала точки соединения ламп может быть осуществлено, например, путем освещения фотоэлемента, включенного параллельно одной из ламп, в результате изменения падения напряжения на сопротивлении, включенном в анодную цепь усилительной лампы, или как-либо еще.

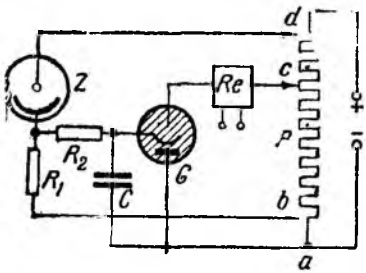
На фиг. 69 приведена схема, отличающаяся от предыдущей тем, что одна из ламп заменена фотоэлементом Z. Лампа G зажигается тогда, когда фотоэлемент освещается. Через сопротивление R на точку соединения лампы и фотоэлемента подается желаемый потенциал. Возможность

изменения потенциала позволяет изменять пределы световых потоков, от которых схема срабатывает.

25. Тиратрон с холодным катодом. Значительно большие чувствительности могут быть получены в схемах с газоразрядными лампами, имеющими третий электрод (сетку), служащий для зажигания разряда. Такой тиратрон с холодным катодом[1] изображен на фиг. 70. Катод его



Фиг. 71. Принципиальная схема включения тиратрона с холодным катодом.



Фиг. 72. Схема реле с безнакальным тиратроном.

Фиг. 70. Тиратрон с холодным катодом (по Геффкену и Рихтеру).

представляет собой диск, укрепленный в верхней части лампы. Анод, имеющий форму штифта (на фиг. 70 не виден), окружен маленькой трубкой, играющей роль сетки. Схема включения такой лампы показана на фиг. 71. Пока зажимы *a* и *b* не замкнуты, а разность потенциалов между катодом и анодом лежит между потенциалами зажигания и гашения, разряда не происходит. Но если зажимы *a* и *b* соединены, то в тех же условиях разряд возникнет и реле *Re* сработает. После того как разряд возник, изменения потенциала сетки не оказывают на него влияния, так что с сетки может быть снято напряжение, а разряд между катодом и анодом будет продолжаться. Прекратить разряд можно только или понизив разность потенциалов между катодом и анодом до величины, меньшей потенциала потухания, или разомкнув хотя бы на мгновение цепь, в которую включена лампа.

Само собой понятно, что необходимое для зажигания разряда напряжение может быть подано на сетку любым способом. Так как для зажигания разряда оказывается достаточным ток порядка 10^{-8} а, то для этой цели может быть использован, например, фотоэлемент. Так как ток разряда может составлять 10—20 ма, то такой тиратрон дает «усиление» порядка 10^6 раз. Если же принять во внимание, что электромагнитное реле на 10—20 ма может уверенно управлять токами порядка 1 а, то получается, что полное «усиление», даваемое схемой, еще значительно больше.

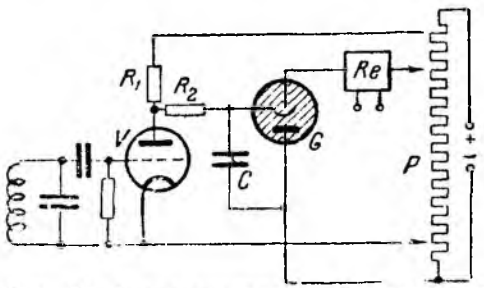
[1] Zeitschr. techn. Phys., № 7, 1923, стр. 601.

Для зажигания разряда при каждом значении анодного напряжения на сетку должен быть подан вполне определенный положительный потенциал. Но зажигание возможно также и при наличии на сетке отрицательного потенциала. Схемы, основанные на этом принципе, обладают, однако, много меньшей чувствительностью и ими не пользуются.

Тиратрон с холодным катодом может работать как на постоянном, так и на переменном токе, причем переменное напряжение может подаваться не только между катодом и анодом, но и на сетку. Вследствие различий в величине площади электродов эти лампы при работе на переменном токе обнаруживают выпрямляющее действие.

На фиг. 72 показана одна из возможных схем с таким безнакальным тиратроном. Реле *Re* в этой схеме срабатывает при освещении фотоэлемента Z. Если, наоборот, реле должно срабатывать при затемнении фотоэлемента, то Z и R_1 нужно поменять местами. Величина сопротивления должна быть около 10^7 ом. Наличие в этой схеме сопротивления R_2 (0,01—0,1 мгом) и конденсатора *C* (500—2 000 см) имеет в частности то достоинство, что после прекращения освещения фотоэлемента разряд тотчас прекращается. Сопротивление реле *Re* должно быть от 1 000 до 10 000 ом. Если желательно, чтобы после возникновения разряда он прекращался без выключения (включения) света, то реле *Re* должно работать как прерыватель в главной цепи.

Фиг. 73 изображает схему, в которой зажигание тиратрона происходит в результате возникновения падения напряжения на анодном сопротивлении триода, включенного по схеме аудиона, при подаче на его сетку переменного напряжения. Наличие колебательного контура в цепи сетки имеет целью возможно большее повышение чувствительности схемы к ко-



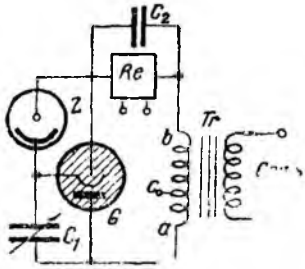
Фиг. 73. Схема управления безнакальным тиратроном посредством электронной лампы.

лебаниям определенной частоты. Эта схема может быть использована для записи радиотелеграфных передач и т. п. При звуковых частотах путем настройки сеточного контура (вторичная обмотка микрофонного трансформатора) можно достигнуть того, то реле *Re* будет срабатывать лишь при определенной высоте тона. Количественные данные этой схемы таковы же, что и схемы фиг. 72, кроме того что R_1 здесь должно быть порядка 0,1 мгом.

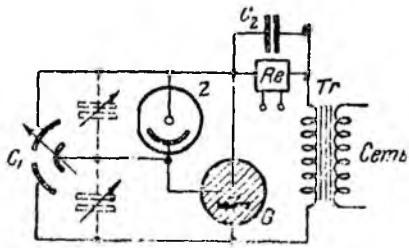
Схема реле для переменного тока показана на фиг. 74. Конденсатор C_1 (емкость 500—1 000 см) включен здесь таким образом, что при отсутствии освещения фотоэлемента ток в реле *Re* отсутствует и оно срабатывает лишь при освещении Z. Емкость C_2 должна быть около 0,5 мкф, сопротивление реле *Re* — от 200 до 500 ом, напряжение на за-

жимах трансформатора примерно от 250 до 350 в. Если необходимо, чтобы схема срабатывала при затемнении фотоэлемента, Z и C_1 надо поменять местами, причем анод фотоэлемента надлежит присоединить к сетке тиратрона.

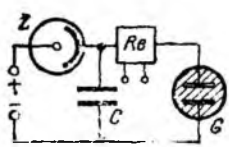
Схемы, подобные изображенной на фиг. 74, используют возникновение разности фаз между основной и вспомогательной цепями. Они были впервые предложены Хэллом[1]. В этих схемах сдвиг фаз возникает благодаря наличию емкости C_1 и сопротивления фотоэлемента. Соответственно этому величина сдвига фаз может изменяться изменением одного из



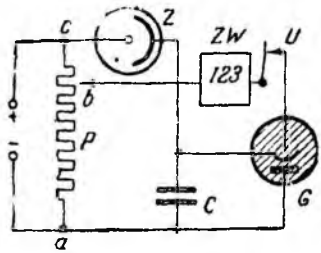
Фиг. 74. Схема с безнакальным тиратроном для переменного тока.



Фиг. 75. Видоизменение схемы фиг. 74.



Фиг. 76. Простая схема для регистрации количеств световой энергии.



Фиг. 77. Более совершенная схема для тех же целей.

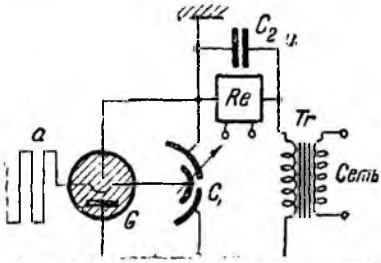
этих параметров, т. е. либо изменением силы освещения Z, либо изменением величины емкости конденсатора C_1.

В целях увеличения надежности работы реле целесообразно в соответствии с фиг. 75 воспользоваться диференциальным конденсатором (2×500 см), вместо которого можно также использовать два отдельных конденсатора переменной емкости, как это показано на том же рисунке пунктиром. Срабатывание схемы при затемнении или освещении фотоэлемента будет зависеть от положения в ней фотоэлемента и от величины включенной емкости. Чувствительность схемы можно менять в широких пределах, включив параллельно фотоэлементу весьма большое (10^7 ом или больше) переменное сопротивление.

Схема, срабатывание которой определяется количеством упавшей на фотоэлемент световой энергии (т. е. произведением освещенности на фотоэлементе на время освещения), приведена на фиг. 76. При указанной полярности освещение фотоэлемента ведет к зарядке конденсатора C.

[1] Патент США № 1832707.

Как только разность потенциалов на нем достигнет потенциала зажигания лампы, конденсатор разрядится через реле *Re*, заставив его сработать. Если напряжение источника и емкость *C* постоянны, то время заряжения зависит только от тока в цепи фотоэлемента и, следовательно, от падающего на него количества световой энергии. Такое устройство можно применить, например, для управления процессом печатания в фотографии и в других подобных случаях, где оно может осуществлять выключение источника света по истечении нужного промежутка времени. Если фотоэлемент чувствителен к ультрафиолетовым или рентгеновым лучам, то схема фиг. 76 может быть использована в качестве дозиметра.



Фиг. 78. Простая схема тревожной сигнализации с газоразрядной лампой.

Схема фиг. 76 имеет тот недостаток, что вся энергия накапливается в конденсаторе *C*, так как в том случае, если *Re* малочувствительно, емкость *C* должна быть весьма велика. В соответствующих случаях целесообразно поэтому использовать вместо схемы фиг. 76 другую, показанную на фиг. 77, в которой заряд, накопленный на конденсаторе, подается на сетку безнакального тиратрона. Анод тиратрона имеет потенциал, достаточный не для зажигания, но лишь для поддержания разряда. В такой схеме возможно использование уже мощных реле и счетчиков (*ZW* на фиг. 77). Существенным для используемых здесь реле и счетчиков является то, что их контакты при отсутствии тока в цепи должны быть замкнуты. При появлении тока контакт размыкается, разряд прекращается и схема возвращается в исходное состояние. Сопротивление реле или счетчика для постоянного тока должно быть таково, чтобы обеспечить возникновение достаточно сильного разрядного тока, т. е. не должно быть слишком велико (приблизительно 1 000 ом).

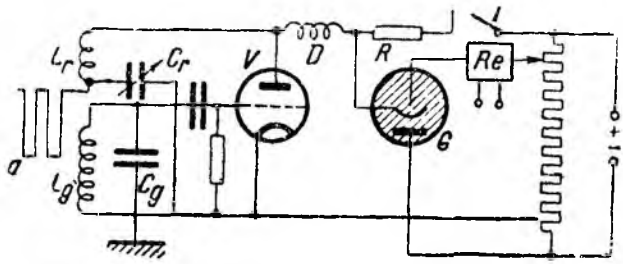
Необходимо далее отметить, что точная работа устройств, собранных по схемам фиг. 76 и 77, возможна лишь при двух условиях: во-первых, фотоэлемент *Z* должен быть выбран вакуумного типа и работать в режиме тока насыщения и, во-вторых, напряжение питания должно быть как можно более постоянным. От схем этих типов не следует ожидать точности, большей чем 10%.

Наконец, нужно иметь в виду, что все такие устройства могут давать срабатывания при прикосновении к проводникам схемы или соединенным с ними металлическими частями и даже—в случае, например, длинных проводов в схеме — при приближении к ним других проводников, руки и т. д. Это обстоятельство может быть использовано для тревожной сигнализации, например, при помощи схемы[1] (фиг. 78), особенностью которой является соединение сетки безнакального тиратрона со свободным проводником *a*. При надлежащей установке C_1 лампа *G* будет зажигаться лишь при условии, что емкость между землей и проводником *a* будет достаточно велика. Это может произойти, например, при приближении человека к проводнику *a* или в результате прикосновения к нему. Ось конденсатора *C* (емкость около 2×300 см) целесообразно иметь изготовленной из изолирующего материала. Вращающиеся пласти-

[1] ETZ, 59, 21, 1938.

ны конденсатора должны быть тем больше смещены в сторону неподвижных пластин, соединенных с катодом лампы, чем большие размеры имеет проводник *a*. Иногда оказывается необходимым включить между катодом и сеткой конденсатор постоянной емкости, величина которой должна быть подобрана экспериментально.

Схема установки для тревожной сигнализации, срабатывающая как под действием освещения, так и при приближении человека, может быть получена из схемы фиг. 74, если фотоэлемент *Z* этой схемы покрыть



Фиг. 79. Усовершенствованная схема тревожной сигнализации.

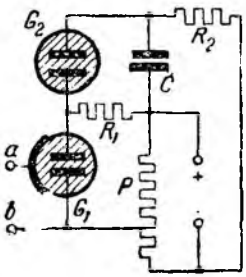
металлическим слоем (станиоль) и присоединить к ней проводник (*a* на фиг. 78). Металлический слой должен быть расположен на той части баллона, где на внутренней поверхности нанесен катодный слой фотоэлемента, и, конечно, не должен закрывать окна для доступа света. Другое изменение схемы фиг. 74 должно состоять в заземлении анода тиратрона и в такой установке конденсатора C_1, чтобы при затемненном фотоэлементе лампа не зажигалась.

Если блокируемое пространство весьма велико (например, длинный коридор), так что проводнику *a* приходится придавать большую длину (например, располагая его зигзагообразно под полом), то целесообразно использовать схему фиг. 79[1], которая должна применяться также в тех случаях, когда необходимо иметь высокую чувствительность установки. Эта схема представляет собой обычную аудионную схему, сеточный контур которой ($L_g - C_g$) настроен на частоту около 150 кгц. Частота ее с помощью C_g должна быть понижена тем больше, чем большую длину имеет *a*. Контур обратной связи ($L_r - C_r$) должен быть отрегулирован с помощью C_r (максимальная емкость 100 см) таким образом, чтобы схема была близка к возникновению генерации. Если теперь емкость в контуре обратной связи окажется увеличенной (например, вследствие приближения человека к проводнику *a*), то возникнут колебания. Вызванное этим увеличение анодного тока лампы *V* создает увеличение падения напряжения на сопротивлении *R*, результатом чего явится повышение потенциала сетки тиратрона, его зажигание и срабатывание реле *Re*. Реле должно иметь контакт *I*, размыкающийся при зажигании лампы *G*, благодаря чему колебания в контуре прекращаются немедленно после срабатывания схемы, чем исключается всякая возможность (вообще говоря, маловероятная) помех со стороны радиовещательных станций. Через рабочие контакты реле может быть приведено в действие любое сигнализирующее приспособление (звонок, сирена). В отноше-

[1] EFZ, 50, 21, 1938.

ния условий работы лампы G здесь можно сказать то же, что было сказано применительно к схеме фиг. 73.

Иногда бывает необходимо, чтобы зажегшаяся лампа, которая, будучи предоставлена самой себе, проводит ток, погасала немедленно после срабатывания. При наличии в цепи электромагнитного реле это может быть осуществлено весьма просто. Если реле отсутствует, то можно воспользоваться схемой фиг. 80, в которой наряду с газоразрядной лампой G_1 (в качестве которой, естественно, может быть использован безнакальный тиратрон) имеется вторая лампа G_2. Возникновение разряда в лампе G_2 через конденсатор C вызывает на R_1 падение напряжения. Так как R_1 одновременно находится в цепи лампы G_1, то легко можно добиться того, чтобы возникающее на R_1 падение напряжения уменьшило напряжение на G_1 до величины, меньшей ее потенциала потухания. Таким образом тотчас после зажигания G_1 потухнет. Если подаваемый на зажимы a и b импульс, вызывающий зажигание G_1, имеет большую длительность, то эта лампа будет периодически зажигаться и гаснуть.



Фиг. 80. Схема для гашения возникшего в лампе разряда.

26. Счетчик Гейгера-Мюллера. В исследованиях по атомному ядру и космическим лучам широкое применение находят так называемые счетчики Гейгера-Мюллера. Основной частью такого прибора является полый металлический цилиндр, по оси которого натянута проволока. Если на эту электродную систему наложено постоянное напряжение подходящей величины, то, при попадании в междуэлектродное пространство излучения упомянутых выше типов, в нем возникает ионизация и в цепи получается импульс тока. В недавнее время О. Цейлером[1] была разработана конструкция счетчика, обнаружившая особо выгодные свойства и высокое постоянство действия.

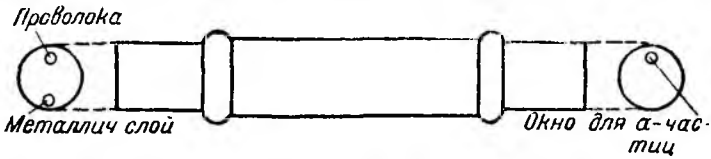
Эта конструкция счетчика представляет собой посеребренную внутри стеклянную трубку с натянутой по ее оси проволокой, положение которой жестко зафиксировано специальными держателями. Проволока и серебряный слой выведены к зажимам, которые обычно располагаются с противоположных концов трубки. Наполнение трубки представляет собой смесь паров винного спирта с аргоном при давлении в 10 мм рт. ст. Нанесенные снаружи трубки кольцевые металлические метки позволяют определить действующую длину счетчика по наружному осмотру. Применение наиболее современных методов вакуумной техники позволило изготовлять большие серии весьма идентичных по своим свойствам счетчиков.

В счетчиках этого типа число импульсов в широких пределах не зависит от величины наложенного напряжения, колебания которого могут достигать 100 в и более без изменения числа импульсов в единицу времени. Благодаря этому питающее напряжение может подаваться от сети при условии наличия сглаживающих устройств (см. п. 38).

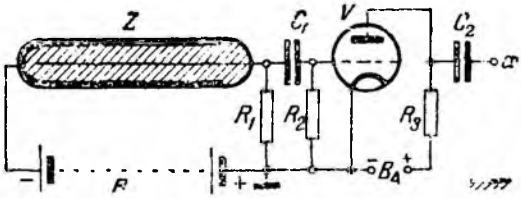
В настоящее время гейгер-мюллеровские счетчики выпускаются в виде трех различных конструкций. Одна из них, схематически изображенная на фиг. 81, предназначена для обнаружения α-частиц. Этот счетчик в отличие от других конструкций имеет оба зажима на одном конце, тогда как на другом имеется окно для впуска α-частиц.

[1] Z. Instrkunde, № 5, 1938.

Обычно в гейгер-мюллеровских счетчиках разряд возникает в результате ионизации газа, вызываемой проникающим в камеру внешним агентом (α- и β-частицы, γ-кванты). Возможно, однако, использование в этих приборах ионизации газа заряженными частицами, возникающими внутри самой камеры. Наиболее важным из применений этого рода является обнаружение световых квантов. Счетчики, предназначенные для этой цели, должны иметь окно для доступа света и расположенный в камере светочувствительный слой. Под действием падающего света из этого слоя освобождаются электроны, производящие ионизацию газа на своем



Фиг. 81. Счетчик Гейгера-Мюллера (по Цейлеру).



Фиг. 82. Схема для превращения импульсов счетчика Гейгера-Мюллера в звуковые импульсы.

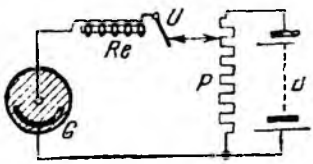
пути к положительно заряженному электроду (проволоке). Чувствительность такого устройства исключительно велика, так как при его помощи возможна регистрация каждого отдельного электрона, испускаемого фотокатодом. С помощью таких устройств удалось, например, с полной достоверностью показать существование так называемых митогенетических лучей, испускаемых растениями в процессе их роста.

На фиг. 82 изображена схема, с помощью которой разрядные импульсы счетчика через обычный усилитель (или радиоприемник) могут быть сделаны слышимыми посредством репродуктора.

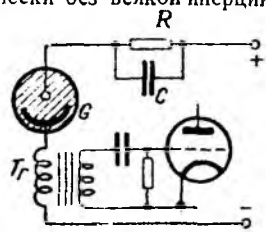
Счетчик Z соединен последовательно с сопротивлением (10^8—10^9 ом) и источником напряжения B ($\sim 1{,}2$ кв). Через конденсатор C_1 (емкость $\sim$ 50 мкмкф) импульсы подаются на сетку трехэлектродной лампы V. Сопротивление утечки R_2 должно иметь около 10^7 ом, тогда как R_3 — около 10^5 ом. В качестве B_A может быть использован источник с напряжением около 100 в. Емкость конденсатора C_2 должна составлять около 1 000 мкмкф. Если к зажимам a и b присоединить входные зажимы усилителя (или радиоприемника), то импульсы будут слышны в громкоговорителе, соединенном с выходом усилителя (приемника).

27. Фототиратрон. Родственными гейгер-мюллеровским счетчикам являются приборы, называемые ф о т о т и р а т р о н а м и. Под этим названием разумеют газоразрядные лампы, имеющие один из электродов покрытым светочувствительным веществом. При падении на этот электрод света из него вылетают электроны, ионизующие наполняющий прибор газ на своем

пути к аноду и понижающие в результате этого напряжение зажигания лампы. Путем подбора надлежащих размеров электродов и газового наполнения удается понижать потенциал зажигания на 50—100 в. Так как после зажигания в лампе существует нормальный газовый разряд, то такими фототиратронами оказывается возможным приводить в действие обычные электромагнитные реле. Весьма замечательно, что понижение потенциала зажигания происходит практически без всякой инерции, так что



Фиг. 83. Принципиальная схема включения фототиратрона.



Фиг. 84. Схема с фототиратроном (по Геффкену и Рихтеру).

с приборами этого типа срабатывание реле можно получить даже от весьма кратковременных вспышек.

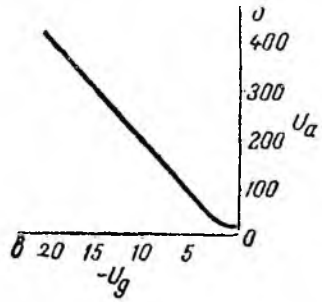
Принципиальная схема включения фототиратрона изображена на фиг. 83. Фототиратрон *G* соединен последовательно с реле *Re* и источником напряжения *B*, который замкнут на делитель напряжения. Напряжение на фототиратроне должно быть ниже его потенциала зажигания. Целесообразно иметь реле с размыкающим контактом *U*, так как это позволяет в результате прекращения разряда избежать бесполезной перегрузки фототиратрона.

В предыдущей схеме срабатывание реле происходит при освещении фототиратрона. Возможно также создать схему, срабатывающую при выключении освещения. Для этого фототиратрон нужно соединить последовательно с высокоомным сопротивлением *R* (фиг. 84) и с источником питания, напряжение которого выше напряжения зажигания фототиратрона. До тех пор пока освещение существует, в этой цепи есть ток и напряжение источника распределяется между сопротивлением *R* и фототиратроном *G* так, что на последний приходится напряжение, меньшее потенциала зажигания. В момент прекращения освещения прекращается и ток, так что все напряжение источника ложится уже на фототиратрон. В цепи возникает разрядный импульс, который усиливается конденсатором *C*. Этот разрядный импульс может быть, как показано на схеме, подан на трансформатор (*Tr*), во вторичную обмотку которого включен обычный безнакальный тиратрон.

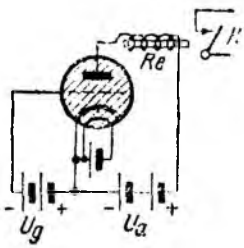
28. **Тиратрон.** А. Хэллом, применившим в трехэлектродной газоразрядной лампе накаленный катод, были разработаны допускающие большие нагрузки электровакуумные приборы, которые получили название тиратронов. Эти приборы впервые выпущены в 1929 г. американской фирмой General Electric Co. Преимуществом тиратронов перед другими аналогичными приборами является то, что наличие накаленного катода сводит почти к нулю катодное падение. Благодаря этому потенциал зажигательного электрода такой лампы должен иметь относительно катода отрицательное значение. Другое отличие тиратронов от ламп, действие которых основано на тлеющем разряде, состоит в том, что можно получать боль-

шие токи — в 1, 10, 100 а и более без чрезмерного увеличения поверхности катода, так как накаленный катод способен эмитировать достаточное для этого количество электронов. На фиг. 85 представлена характеристика зажигания тиратрона малого образца, предназначаемого для измерительных и тому подобных целей.

Для работы с тиратроном в принципе пригодна схема, изображенная на фиг. 86. Так как разряд возникает при тем более высоком анодном напряжении, чем выше отрицательное напряжение сетки (ср. фиг. 85), то



Фиг. 85. Характеристика зажигания малого тиратрона.



Фиг. 86. Основная схема включения тиратрона.

зажигание тиратрона может быть осуществлено либо уменьшением (по абсолютной величине) потенциала сетки, либо повышением анодного напряжения. Первый способ дает большую чувствительность. Особым преимуществом тиратрона является то, что он может работать как при высоком (несколько сотен вольт), так и при низком анодном напряжении; нужно только соответствующим образом подобрать напряжение на сетке. После зажигания тиратрона изменения потенциала сетки практически не оказывают влияния на разряд. Поэтому, если тиратрон работает не на переменном токе, для прекращения разряда необходимо кратковременное размыкание главной цепи (анод-катод).

Весьма большое значение при работе с тиратроном имеет выбор величины балластного сопротивления, которое (как на фиг. 86) может быть заменено реле. Величина этого сопротивления должна быть такова, чтобы возникающее на нем после зажигания тиратрона падение напряжения понижало напряжение на самом тиратроне примерно до 20 в, а лучше до 15 в. Если на это обстоятельство не обратить внимания, то положительные ионы поступают на катод со слишком большими энергиями, что ведет к быстрому разрушению активного слоя катода.

За последнее время появились также тиратроны с двумя сетками. Они предназначены для малых мощностей. Приборы этого типа обладают тремя преимуществами. Во-первых, их характеристика зажигания простирается в более широком интервале напряжений, чем у простого односеточного тиратрона. Во-вторых, для зажигания оказываются достаточными совершенно ничтожные токи на управляющую сетку. В-третьих, такой тиратрон может управляться двумя совершенно отдельными и несвязанными между собой системами импульсов.

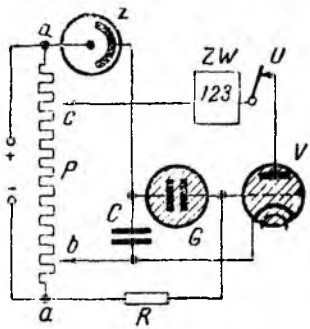
В заключение нужно остановиться на применениях тиратронов. Широкое применение тиратрон находит в качестве реле или как выключатель при больших мощностях. Кроме того тиратроны используются для преобразования постоянного тока в переменный (с частотами до нескольких

сотен герц) и в качестве преобразователя частоты (при этом исходный переменный ток обращается в постоянный, который затем снова превращается в переменный желаемой частоты). Наконец, тиратрон может служить для генерации колебаний (см. гл. V).

Для полноты необходимо упомянуть еще о приборе, называемом **катотроном**, в котором используется внешнее управление. До сих пор эти приборы не приобрели практического значения.

Рассмотрим теперь некоторые схемы включения тиратронов. В основном эти схемы мало отличаются от приведенных в п. 25. Различия заключаются в величине питающего напряжения и в его полярности.

Если, например, тиратрон используется при измерении количества света, то целесообразно воспользоваться схемой, изображенной на фиг. 87. В этой схеме между точками *a* и *b* делителя напряжения *P* должно существовать настолько большое отрицательное напряжение, чтобы тиратрон *V* не зажигался. Если теперь *C* зарядится через *Z* до потенциала зажигания небольшой газоразрядной лампы *G*, то конденсатор будет разряжаться через нее и сопротивление *R*. Возникающее вследствие этого на *R* падение напряжения смещает напряжение на сетке тиратрона в сторону положительных значений, тиратрон зажигается и счетчик *ZW* (или реле) срабатывает. Размыкающий контакт *U* тотчас прекращает разряд.



Фиг. 87. Схема для измерения количеств световой энергии с помощью тиратрона.

В то время как сопротивление счетчика или реле должно быть выбрано в соответствии с допустимой величиной тока в тиратроне, *R* должно быть обычно около 10^4 ом. Если *R* слишком велико, то тиратрон будет давать периодический разряд, что недопустимо с точки зрения данного вида применений. Если это имеет место, *R* должно быть соответственно понижено.

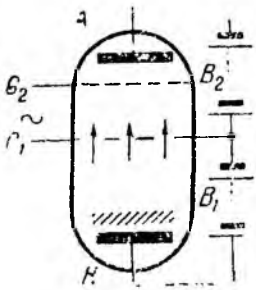
Схема, изображенная на фиг. 72, может быть использована также и с тиратроном. При этом на сетку тиратрона через сопротивление R_1 должно быть подано отрицательное смещение. Для этого должна быть изменена полярность, а именно катод надлежит соединить с *b*, а — R_1 с *a*. При этом напряжение между *a* и *b* должно быть взято примерно в десять раз меньше, чем в схеме фиг. 72. Кроме того, конечно, должно быть предусмотрено питание накала тиратрона.

Подобным же образом может быть использована схема фиг. 74. При введении в нее тиратрона отрицательное смещение можно подать на его сетку, соединив катод с *c*, а C_1 (или *Z*) с *a*. Величина напряжения между *a* и *C* определяется применяемым типом тиратрона. В этой схеме также необходимо добавить источник питания накаленного катода тиратрона.

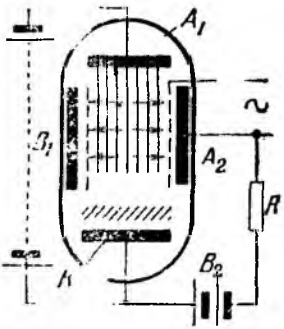
29. Газоразрядные усилительные лампы. Рассмотренные до сих пор газоразрядные лампы-реле не обладают свойством непрерывной управляемости, т. е. анодный ток в них не следует непрерывно изменениям анодного напряжения. Изменения анодного напряжения приводят лишь к включению и выключению анодного тока. В противоположность этому лампы, о которых мы будем сейчас говорить, отличаются подобно элек-

тронным лампам непрерывной управляемостью. Эти лампы до сих пор не получили еще практических применений.

Всем газоразрядным усилительным лампам обще то, что в них источником электронов является вспомогательный газовый разряд, заменяющий термоэлектронную эмиссию катода обычных электронных ламп. В том случае, если необходимо иметь лампу большой мощности, наряду с газовым разрядом используется и накаленный катод (подобно тому, как это имеет место в тиратроне). По предложению Шоттки различают два основ-



Фиг. 88. Схема аксиальной газоразрядной усилительной лампы.



Фиг. 89. Схема радиальной газоразрядной усилительной лампы.

тых типа таких ламп, которые можно назвать (в соответствии с направлением разряда) аксиальным и радиальным типом.

На фиг. 88 изображена лампа аксиального типа. При помощи батареи B_1 между катодом K и сеткой G_1 поддерживается тлеющий разряд. Большая часть образовавшихся в разряде электронов не поглощается сетчатым анодом разряда G_1, но проникает сквозь него, как это показано на фиг. 88 стрелками. Поэтому сетка G_1 играет по отношению к электродной системе, состоящей из сетки G_2 и анода A, роль катода. На сетку G_2 подается небольшой отрицательный по отношению к сетке G_1 потенциал, и она играет роль управляющей сетки. Таким образом если между G_1 и G_2 наложить подлежащее усилению переменное напряжение, то на включенном в цепь анода A сопротивлении R возникнет в большей или меньшей степени усиленное переменное напряжение той же формы. Так как управляющая сетка воздействует только на электронный поток, то такая лампа ведет себя как обычная трехэлектродная электронная лампа.

Схема усилительной лампы радиального типа изображена на фиг. 89. Здесь батарея B_1 поддерживает разряд между катодом K и анодом A_1 но электроны в противоположность предыдущей конструкции высасываются полем в стороны, как указано на фиг. 89 стрелками. Они направляются таким образом к управляющей сетке G и к аноду A_2. Усиливаемое напряжение подается между сеткой G и анодом A_2, а усиленный сигнал снимается с сопротивления R в цепи анода A_2.

Мощности, которые удавалось получить с экспериментальными лампами, сильно различались в разных случаях, и вообще результаты не отличались особой воспроизводимостью. Можно отметить, что Любке с лампой радиального типа удалось получить максимальную крутизну в 2 а/в.

Эта лампа имела катод из жидкой ртути. На дальнейших подробностях мы за недостатком места останавливаться не можем.

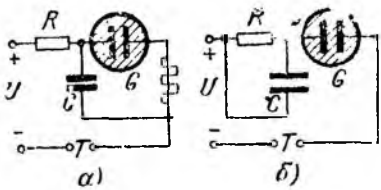
Другую конструкцию газонаполненной трехэлектродной лампы использовали, в частности, для генерации колебаний Буместер и Дюйвестейн. Они нашли, что при анодных напряжениях всего в 110 в эти лампы способны генерировать колебания с частотами до 1 500 кгц при довольно хорошем к. п. д.

ГЛАВА VI

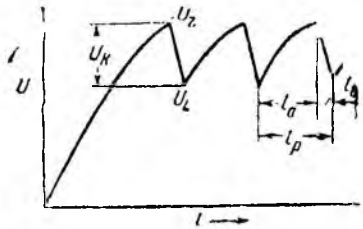
ЛАМПЫ ДЛЯ РЕЛАКСАЦИОННЫХ СХЕМ

Особенность газоразрядных ламп, заключающаяся в том, что потенциал зажигания лежит выше нормального потенциала горения разряда, позволяет использовать тлеющий разряд для генерации колебаний. Ниже мы рассмотрим разработанные для этих целей лампы и соответствующие схемы включения.

30. Схема для релаксационных колебаний. На фиг. 90 изображена основная схема релаксационного генератора. Если газоразрядную лампу G соединить последовательно с сопротивлением R и источником постоян-



Фиг. 90. Схема для получения релаксационных колебаний.



Фиг. 91. Колебания, получаемые с помощью схемы фиг. 90а.

ного напряжения U, то включенный параллельно лампе конденсатор C будет заряжаться через сопротивление R. Эта зарядка будет продолжаться до тех пор, пока напряжение на конденсаторе не достигнет напряжения зажигания лампы U_z. В этот момент в лампе возникнет разряд и конденсатор более или менее быстро будет разряжаться через лампу. Это разряжение, однако, прекратится немедленно после того, как напряжение на конденсаторе упадет до величины напряжения потухания разряда в лампе (U_z). С этого момента цикл повторяется с начала.

Ход кривой, изображающей получаемые этим путем колебания, показан на фиг. 91. Амплитуда колебания напряжения U_k, как легко видеть, равна разности между потенциалами зажигания и погасания разряда данной лампы. Она будет тем больше, чем сильнее эти величины отличаются одна от другой.

Для схемы фиг. 90 время зарядки t_a дается соотношением:

$$t_a = RC \ln \frac{U_0 - U_L}{U_0 - U_Z}, \tag{8}$$

---

[1] Philips; Techn. Rev. № 2, 1936.

причем t_a выражается в секундах, если R выражено в омах, а C — в фарадах; U_0 изображает здесь величину питающего напряжения.

Для времени t_e, в течение которого протекает разряд конденсатора, справедливо соотношение:

$$t_e = R_i C \ln \frac{U_Z}{U_L}, \tag{9}$$

где R_i — сумма внутреннего сопротивление лампы во время разряда (определяется по характеристике лампы) и ограничивающего сопротивления (показано на фиг. 90 пунктиром); все остальные обозначения те же, что и в равенстве (8). Заметим, что равенство (8) справедливо лишь при условии, что R велико по сравнению с R_i. Это, однако, почти всегда имеет место.

Таким образом длительность полного периода колебания t_p дается выражением:

$$t_p = t_a + t_e = RC \ln \frac{U_0 - U_L}{U_0 - U_Z} + R_i C \ln \frac{U_Z}{U_L}. \tag{10}$$

Необходимо отметить, что в большинстве случаев t_e весьма мало по сравнению с t_a и им во многих случаях можно пренебрегать.

Частота f колебаний, выраженная в герцах, дается очевидно равенством

$$f = \frac{1}{t_a + t_e} = \frac{1}{RC \ln \frac{U_0 - U_L}{U_0 - U_Z} + R_i C \ln \frac{U_Z}{U_L}} \tag{11}$$

В большинстве случаев практики достаточно пользоваться более простым выражением:

$$f = \frac{U_0 - K_2}{CRK_1}, \tag{11a}$$

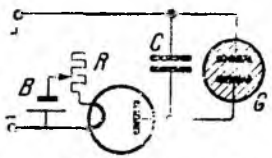
где

$$K_1 = U_Z - U_L \text{ и } K_2 = \frac{U_Z + U_L}{2}.$$

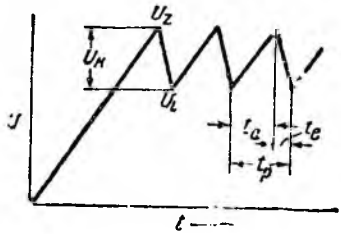
Если конденсатор C включить не параллельно лампе G, как это показано на фиг. 90а, а параллельно сопротивлению R, то мы приходим к схеме, показанной на фиг. 90б. С помощью этой схемы также возможно получение релаксационных колебаний. В этом случае величина периода колебаний t_p выражается попрежнему, но время зарядки будет выражаться равенством (9), а время разряда — равенством (8). Схема фиг. 90б менее употребительна, чем предыдущая.

Как показывает равенство (11), частота среди прочих факторов зависит также и от R и C, так что, подбирая эти величины надлежащим образом, легко получить нужное значение частоты, которая при этом оказывается тем выше, чем меньше R и C. С обычными лампами удается получить частоты не свыше 5 000 гц (обычно от 3 000 до 4 000 гц). Для получения более высоких частот и больших мощностей требуются специальные лампы (см. пп. 34 и 35).

Мы уже указывали, что в релаксационной схеме зарядка конденсатора через омическое сопротивление протекает по экспоненциальному закону (см. также фиг. 91). Причиной этого является то, что согласно закону Ома ток в участке цепи с заданным сопротивлением зависит от приложенного к нему напряжения. В схеме фиг. 90а по мере возрастания заряда конденсатора напряжение на сопротивлении непрерывно уменьшается, в соответствии с этим уменьшается заряжающий конденсатор ток и непре-



Фиг. 92. Релаксационная схема с балластным сопротивлением в виде электронной лампы в режиме насыщения.



Фиг. 93. Прямолинейные релаксационные колебания.

рывно падает скорость возрастания разности потенциалов на обкладках конденсатора. Таким образом зависимость потенциала от времени при релаксационных колебаниях не является линейной.

Для того чтобы получить линейное изменение потенциала со временем, что необходимо в целом ряде случаев, нужно осуществлять зарядку конденсатора не через омическое сопротивление, а через устройство, ток в котором в известных пределах и с достаточной для практики степенью точности не зависел бы от приложенного к нему напряжения. Примером такого устройства может служить электронная лампа с катодом из чистого вольфрама, работающая в режиме насыщения. На фиг. 92 приведена соответствующая схема.

Изменение частоты релаксационных колебаний в схеме фиг. 92 может быть осуществлено, например, изменением силы тока накала катода лампы V посредством реостата R. Обычно грубую регулировку частоты осуществляют путем подбора емкости конденсатора C, тонкую же регулировку осуществляют изменением силы тока накала.

Вместо электронной лампы в режиме насыщения можно воспользоваться лампой с экранной сеткой, причем в этом случае изменение зарядного тока осуществляется изменением потенциала экранной сетки.

На фиг. 93 показана кривая релаксационных колебаний, полученных со схемой фиг. 92. Здесь непосредственно видно линейное возрастание напряжения со временем.

При включении по схеме фиг. 92 время зарядки дается выражением

$$t_a = \frac{(C - C_0)(U_Z - U_L)}{i_s - i_0}. \qquad (12)$$

Здесь C попрежнему изображает емкость конденсатора, C_0 есть емкость лампы и подводящих проводов, i_s — ток насыщения лампы V и i_0 — ток через лампу V и конденсатор во время разряда. Приближенно величина t_a может быть определена выражением

$$t_a = \frac{C}{i_s}(U_Z - U_L). \qquad (12a)$$

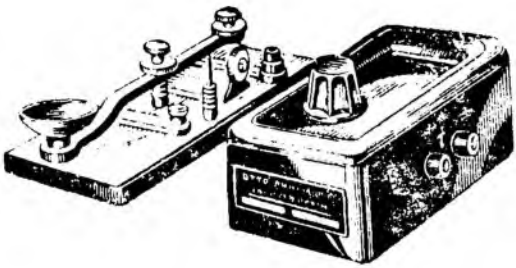
Продолжительность полного периода

$$t_p = t_a + t_e = \frac{(C+C_0)(U_Z-U_L)}{i_s-i_0} + R_iC \ln \frac{U_Z}{U_L} \qquad (13)$$

или приближенно

$$t_p = t_a + t_e = \frac{C(U_Z-U_L)}{i_s} + R_iC \ln \frac{U_Z}{U_L}. \qquad (13a)$$

31. Зуммер с газоразрядной лампой. Под этим названием известно использующее релаксационную схему и предназначенное для связи посредством азбуки Морзе или для изучения ее и тому подобных целей устройство, внешний вид которого изображен на фиг. 94. Это устройство



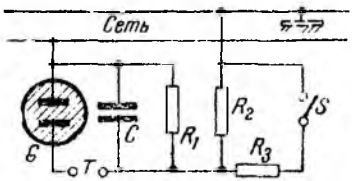
Фиг. 94. Зуммер с газоразрядной лампой.

благодаря своей значительной мощности допускает одновременную работу на двадцать головных телефонов. По сравнению с обычным электромагнитным зуммером это устройство имеет то преимущество, что позволяет получить с легкостью различные высоты тона.

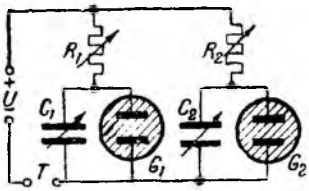
Изображенная на фиг. 95 схема для сигнализации также использует релаксационные колебания. В соединенном с лампой G, сопротивлением R_1 и емкостью C телефоне T тон будет слышен лишь при условии, что высокоомное ($\sim 0{,}1$ мгом) сопротивление R_2 будет зашунтировано посредством ключа S сопротивлением R_3, имеющим величину в несколько тысяч ом. Так как напряжение на ключе S ни в каком случае не может превысить разности между потенциалом погасания лампы и напряжением сети, т. е. величины в несколько десятков вольт, то эта цепь при всех условиях может рассматриваться как слаботочная и никаких особых требований к образующим ее проводникам предъявлять нет надобности.

Релаксационные схемы могут быть использованы также для генерации биений путем обычного наложения друг на друга нескольких различающихся по частоте колебаний. Так как биения разнообразными путями используются для измерительных целей, например, для измерения весьма малых емкостей, то мы приводим на фиг. 96 одну из подобных схем, состоящую из двух релаксационных контуров, одновременно питаемых от источника напряжения U. Телефон T служит для обнаружения биений.

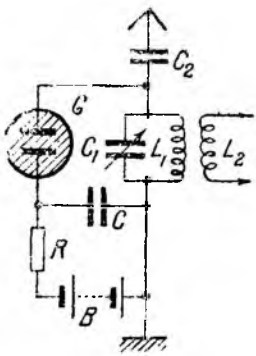
Обратимся теперь к схеме фиг. 97, где релаксационная схема используется в качестве гетеродина для радиоприема. В разрядной цепи релаксационной схемы лежит состоящий из C_1 и L_1 высокочастотный контур, связанный через емкость C_2 с антенной и могущий быть настроенным на желаемую частоту. Так как релаксационные колебания отнюдь не имеют синусоидальной формы и, следовательно, обладают большим числом гармоник, то посредством изменения емкости C легко можно получить зна-



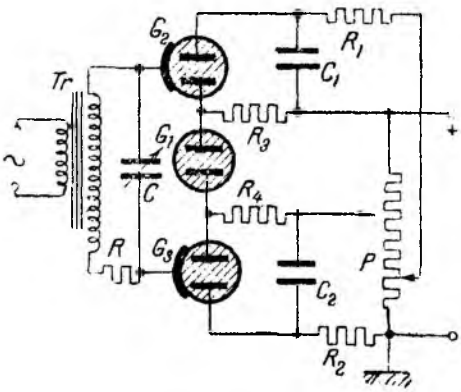
Фиг. 95. Простое включение для сигнализации.



Фиг. 96. Схема для создания биений.



Фиг. 97. Релаксационная схема в качестве гетеродина.



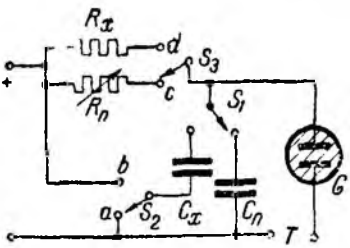
Фиг. 98. Схема для создания колебаний прямоугольной формы.

чение частоты, при которой какая-либо из гармоник как раз совпадает с резонансной частотой контура C_1 L_1. При этих условиях будут возбуждаться релаксационные колебания контура C_1 L_1. Таким образом при приеме высокочастотных сигналов будут возникать гетеродинные частоты, которые могут быть (с помощью L_2) переданы в другой контур и после детектирования, например, сделаны слышимыми.

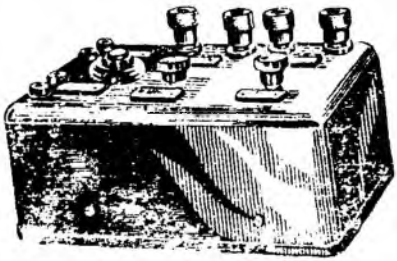
Наконец, на фиг. 98 изображена схема, позволяющая генерировать колебания прямоугольной формы. Обе газоразрядные лампы G_2 и G_3 входят в один релаксационный контур; частоты обоих колебаний должны быть равны. Для синхронизации на обе лампы посредством трансформатора T_r подается синхронизирующее напряжение нужной частоты. Напряжение, подаваемое с делителя напряжения P на лампу G_1 через сопротивления R_3 и R_4, должно быть равно напряжению горения лампы G_1.

При этих условиях через лампу G_1 проходит переменный ток, дающий хорошее приближение к прямоугольной форме колебаний. Для того чтобы иметь возможность изменять величину периода колебания, предусмотрен состоящий из R и C регулятор фаз, с помощью которого можно смещать фазы обоих релаксационных колебаний друг относительно друга.

32. Измерительный мост с газоразрядной лампой. В этом устройстве газоразрядная лампа используется в первую очередь для измерения емкостей и высокоомных сопротивлений. Схема его приведена на фиг. 99.



Фиг. 99. Схема измерительного моста с газоразрядной лампой.



Фиг. 100. Внешний вид измерительного моста.

Емкость C_n релаксационного генератора с помощью переключателя S_1 может быть заменена емкостью C_x. Частота релаксационных колебаний останется при таком переключении неизменной лишь в том случае, если обе емкости равны друг другу. Точность измерений этим способом составляет около 1%, область измерений от 10 мкмкф до 1 мкф.

Второй имеющийся в схеме переключатель S_2 служит для того, чтобы иметь возможность включать испытуемую емкость C_x параллельно лампе (контакт *a*) или параллельно сопротивлению R_n (контакт *b*). Если конденсатор имеет проводимость, то при включении его параллельно лампе тон в телефоне оказывается низким, а при включении параллельно сопротивлению R_n повышается.

Третий переключатель S_3 позволяет осуществить измерение сопротивлений. Здесь при переключении с контакта *c* на контакт *d* также происходит замена известного сопротивления R_n на неизвестное R_x. Неизменность высоты тона имеет место лишь в том случае, если оба сопротивления имеют одинаковую величину.

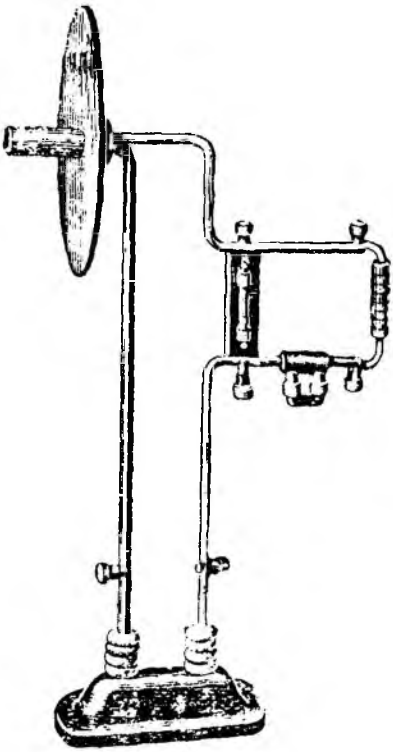
В случае емкостей, превышающих 1 мкф, оказывается уже невозможным получить колебания звуковой частоты вследствие ограниченности потребления тока газоразрядной лампой. В этом случае необходимо устанавливать такие значения частот, при которых числа колебаний могут быть сосчитаны. Тогда, сосчитав число колебаний за единицу времени, например, за 1 мин., можно сравнить емкости двух конденсаторов или вычислить неизвестную емкость по известной.

На фиг. 100 изображен общий вид описанного измерительного моста.

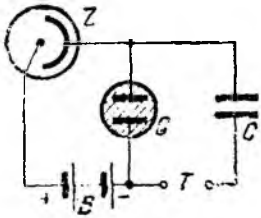
33. Релаксационный контур с фотоэлементом. Изображенный на фиг. 101 прибор представляет собой демонстрационную установку релаксационного колебательного контура с фотоэлементом, состоящую из фотоэлемента, газоразрядной лампы и конденсатора. На фиг. 102 изображена соответствующая схема. Само собой понятно, что вместо телефона может быть использован громкоговоритель.

Схемы подобного типа могут быть использованы разумеется, не только для демонстрационных, но и для весьма разнообразных других целей. Достаточно сказать, что они могут быть применены для всех основных опытов и измерений в области электронной физики и газового разряда, равно как и в разнообразных технических измерительных установках.

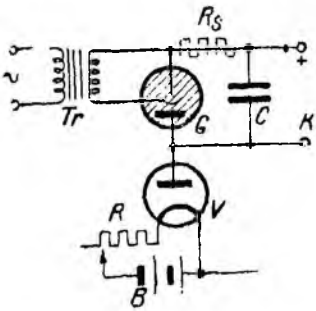
34. Релаксационные схемы с безнакальными тиратронами. Для того чтобы поддерживать релаксационные колебания в синхронизме с каким-



Фиг. 101. Релаксационная схема с фотоэлементом (внешний вид демонстрационного прибора).



Фиг. 102. Релаксационная схема с фотоэлементом.



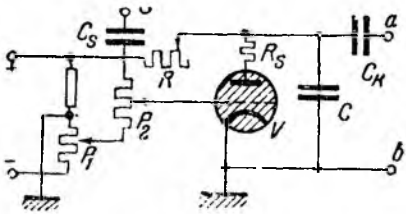
Фиг. 103. Релаксационная схема с безнакальным тиратроном.

либо другим периодическим процессом (например, с колебаниями, подаваемыми на сетку лампы), с успехом применяют лампы, подобные описанным в гл. V (п. 25) безнакальным тиратронам. Использование таких ламп имеет еще и то преимущество, что позволяет получить более высокие частоты колебаний и бо́льшие амплитуды напряжения, чем это возможно с простыми двухэлектродными газоразрядными лампами. На фиг. 103 показана схема такого контура с трехэлектродной лампой.

Конденсатор релаксационной цепи C заряжается от источника постоянного напряжения через лампу V до потенциала зажигания газоразряд-

ной лампы G. Грубая установка частоты релаксационных колебаний осуществляется путем изменения емкости конденсатора C, точная же — посредством изменения тока накала лампы V реостатом R. Здесь возможно также использование лампы с экранирующей сеткой.

В этом виде такая схема без каких-либо добавлений может быть использована для получения линейной оси времени при работе с электронно-лучевой трубкой. Наивысшая достижимая с ней частота составляет около 12 000 гц.



Фиг. 104. Релаксационная схема с тиратроном.

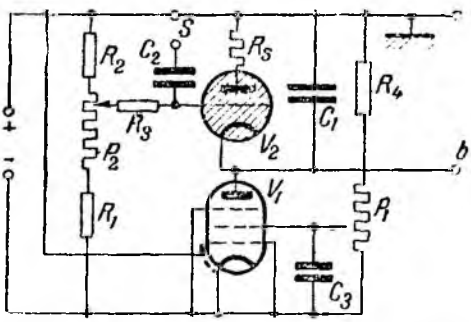
Если на первичную обмотку трансформатора T_r подавать достаточно высокое переменное напряжение (~50 в), то можно осуществить синхронизацию релаксационных колебаний.

Синхронизация имеет обычно своей целью поддержание возможно более постоянной частоты релаксационных колебаний, установленной каким-либо образом, при каком-либо фазовом соотношении между частотой релаксационных колебаний и заданной (синхронизирующей) частотой. Для этой цели соответствующее переменное напряжение или часть его должна быть подана в релаксационную схему, например, как показано на фиг. 103, при помощи трансформатора T_r. Если частота релаксационных колебаний подобрана таким образом, что она приблизительно равна синхронизирующей частоте, а синхронизирующий импульс достаточно велик, то желаемый синхронизм легко осуществляется. Этим же путем могут быть синхронизированы релаксационные колебания с частотами, равными целым кратным или дробным частям синхронизирующей частоты. При этом нужно заметить, что обе частоты должны не слишком сильно отличаться друг от друга — не более чем на один порядок, так как при большем расхождении синхронизация не может быть достигнута с уверенностью.

35. Релаксационные схемы с тиратронами. Еще больше возможностей в отношении выбора значений частоты и амплитуды колебания напряжения дает применение в релаксационной схеме тиратрона вместо газоразрядного реле. С лампами этого типа удается получать частоты до 150 000 гц. Применение достаточно высокого отрицательного смещения на сетку тиратрона позволяет значительно повысить потенциал зажигания и сделать весьма большой разность между потенциалами зажигания и потухания разряда. А так как амплитуда колебания напряжения определяется именно величиной этой разности, то тем самым оказывается возможным, применяя тиратроны в релаксационных схемах, получить весьма большие амплитуды колебания напряжения.

На фиг. 104 изображена простая релаксационная схема с тиратроном. С помощью делителя напряжения P_2 на сетку тиратрона подается легко изменяемое переменное напряжение, что, как ясно из предыдущего, позволяет регулировать величину амплитуды колебаний напряжения. (По мере увеличения отрицательного смещения эта амплитуда возрастает, что легко может быть установлено при рассмотрении характеристики тиратрона, изображенной на фиг. 85). Конденсатор C и регулируемое сопротивление R являются элементами схемы, определяющими частоту колебаний. В этой схеме также грубая регулировка частоты может быть осуществлена

путем подбора величины емкости конденсатора C, а точная—изменением сопротивления R. Генерируемое переменное напряжение может сниматься с конденсатора C_k через зажимы a и b. Через конденсатор C_s может быть подаваемо синхронизирующее переменное напряжение, которое надлежит включать между зажимом S и землей. Величина синхронизирующего напряжения может быть—и это существенно—изменяема посредством изменения смещения на сетку подаваемого с делителя напряжения P_2. Весьма большое значение в этой схеме имеет сопротивление R_s, назначение которого и здесь заключается в ограничении разрядного тока пределами, допустимыми для применяемого тиратрона. Если R_s взято слишком малым или совершенно отсутствует, то весьма вероятно разрушение лампы. Правильная величина R_s определяется равенством



Фиг. 105. Тиратронная релаксационная схема с пентодом.

$$R_s = \frac{U_k}{I}, \qquad (14)$$

где R выражается в омах, когда U_k — желаемая амплитуда напряжения—выражена в вольтах, а I — наивысшая допустимая для данной лампы сила тока — в амперах.

Ход кривой колебаний, получаемый со схемой фиг. 104, таков же, как изображенный на фиг. 91. Если оказывается необходимым иметь линейное возрастание напряжения на конденсаторе со временем, то сопротивление R должно быть заменено электронной лампой в режиме насыщения или лампой с экранной сеткой, как уже указывалось выше. В качестве примера такой схемы на фиг. 105 показана схема, содержащая пентод. Сеточное смещение для лампы V_1 снимается здесь с делителя напряжения P_2 и подается через сопротивление R_3. Путем изменения напряжения на экранной сетке лампы V_1, осуществляемого посредством делителя напряжения P_1, может осуществляться тонкая регулировка частоты колебаний. В остальном эта схема не отличается от изображенной на фиг. 104. Существенно что питание накала обеих ламп должно осуществляться от разных обмоток трансформатора и катоды их должны быть соединены только с серединами соответствующих обмоток накала.

Наконец, необходимо отметить, что во всех релаксационных схемах, в которых может быть регулируема амплитуда напряжения, т. е. например, в схемах фиг. 104 и 105, следует по возможности стараться всегда сначала устанавливать нужную величину амплитуды, а затем уже регулировать частоту. Если регулировка схемы будет происходить в обратном порядке, то при всяком изменении амплитуды будет происходить также и изменение частоты. Это не требует особых пояснений, так как ясно, что с повышением амплитуды напряжения будет увеличиваться время, потребное для зарядки конденсатора, т. е. период колебания, и, следовательно, соответственно будет понижаться частота. Далее нужно отметить, что

для питания релаксационных схем весьма желательно пользоваться стабилизированными источниками напряжения (см. п. 38), так как в этом случае амплитуда напряжения и частота сохраняют высокое постоянство.

Входить в описание других схем с тиратронами в рамках этой книги не представляется возможным. Точно так же мы не можем останавливаться здесь на весьма важных для техники сильных токов схемах трансформаторов постоянного тока, умножения частот и тому подобных устройств.

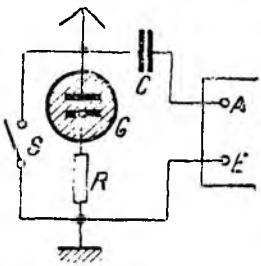
ГЛАВА VII

БУФЕРНЫЕ ЛАМПЫ

Общим термином **буферные лампы** можно называть газоразрядные лампы, в которых используется особенность тлеющего разряда, заключающаяся в том, что наряду со значительным падением потенциала он обнаруживает малое внутреннее сопротивление, что позволяет в некоторых пределах изменять проходящий через лампу ток без заметного повышения напряжения. Эти лампы в отношении своих свойств могут быть поэтому уподоблены буферным батареям, откуда и берет свое начало данное этому классу ламп название. Буферные лампы служат для снятия перенапряжений, для выравнивания колебаний напряжения, для понижения напряжений, равно как и для выпрямления переменного тока.

36. Лампы для снятия перенапряжений. То обстоятельство, что газоразрядная лампа представляет собой изолятор вплоть до того момента,

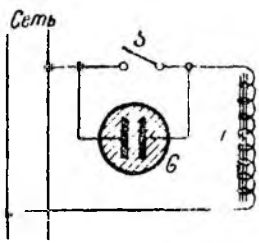
Фиг. 106. Газоразрядная лампа для защиты от перенапряжений.



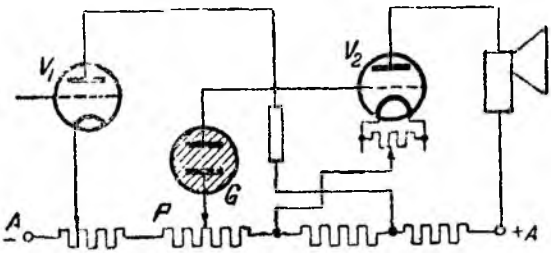
Фиг. 107. Включение газоразрядной лампы для защиты радиоприемников от грозовых разрядов.

когда напряжение на ней достигнет потенциала зажигания, позволяет использовать ее для снятия перенапряжений, для защиты от грозовых разрядов и т. п. Внешний вид ламп, предназначенных для этой цели, показан на фиг. 106. По сравнению с прежними вакуумными предохранителями с угольными электродами газоразрядные приборы этого типа имеют важное преимущество бо́льшей чувствительности: применение специальных активированных электродов позволяет использовать их для снятия перенапряжений меньше 100 в. С целью уменьшения внутренней емкости ламп, предназначенных для защиты радиоприемных антенн, что особенно важно при коротковолновом приеме, электродам их придается особая форма. В соответствии с величиной нормального рабочего напряжения защищаемой сети такие лампы изготовляются на напряжение зажигания до 500 в и выше.

Как видно из фиг. 107, защитная лампа включается между антенной и землей, т. е. параллельно заземляющему переключателю S Сопротивление R (не проволочное!) величиной около 1 000 ом не является совершенно необходимым. Оно может быть опущено в том случае, если применяемая лампа может выдержать без преждевременного разрушения могущие иметь место нагрузки. Конденсатор c (емкостью в несколько сотен сантиметров) также может быть опущен в том случае, когда между зажимами «антен-



Фиг. 108. Схема для устранения искрения.



Фиг. 109. Схема для защиты от перенапряжений в приемнике с гальванической связью.

на» (A) и «земля» (E) приемного устройства отсутствует гальваническая связь, т. е. когда в самом приемном устройстве имеется шунтирующий промежуток $A—E$ конденсатор.

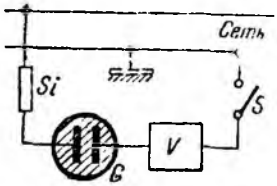
Другим примером применения защитных ламп может служить защита катушек самоиндукции. Если лампа включена параллельно обмотке катушки и потенциал зажигания лежит ниже нормального рабочего напряжения на катушке, то зажигание лампы будет происходить лишь при возникновении перенапряжения. В момент зажигания лампы напряжение на катушке немедленно падает и опасность пробивания изоляции устраняется. При этом, поскольку устраняется возможность возникновения искровых разрядов в катушке, устраняется и возможность появления помех. Газоразрядные лампы могут быть использованы также в схемах с реле (фиг. 108).

В последнее время во все увеличивающемся объеме газоразрядные лампы применяются в телефонии для устранения шумов, создаваемых вызывными сигналами. По сравнению с применявшимися до сих пор способами (когереры) использование газоразрядных ламп имеет то преимущество, что лампа не только всегда готова к действию, но и не требует никакого наблюдения и ухода.

Еще одно применение газоразрядных ламп для защиты от перенапряжений иллюстрирует фиг. 109. Здесь изображена схема усилителя с гальванической связью (так называемая схема Лофтин-Уайта), где сетка выходной лампы (V_2) в течение того времени, которое потребно для разогревания катода лампы V_1, находится под повышенным напряжением, если не принято каких-либо специальных мер. Эту перегрузку можно устранить, включив газоразрядную лампу, как показано на рисунке, и установив движок делителя напряжения таким образом, чтобы лампа G только-только не зажигалась при нормальной работе усилителя. В этом случае лампа G будет зажигаться тотчас по включении усилителя и перегрузка будет навернякa устранена. Как только катод лампы разогреется в достаточной степени, в анодной цепи появится ток, напряжение на лампе G упадет и она потухнет.

37. Ограничитель напряжения. Постоянство потенциала горения газоразрядных ламп позволяет использовать их в качестве ограничителей напряжения. Если потребляющее устройство включить в сеть постоянного тока последовательно с газоразрядной лампой, то напряжение на нем будет равно разности между напряжением сети и потенциалом горения лампы. Это обеспечивает безопасность приборов, рассчитанных на низкое напряжение (например, сигнальные звонки и т. п.) при включении их в

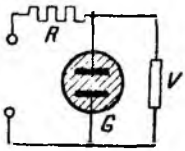
Фиг. 111. Лампы для сглаживания колебаний напряжения.



Фиг. 110. Схема для понижения напряжения.

Фиг. 113. Сглаживающая лампа для высоких напряжений (внешний вид).

Фиг. 112. Устройство лампы для сглаживания колебаний напряжения с вспомогательным анодом (*АН*).



Фиг. 114. Основная схема включения газоразрядной лампы в качестве стабилизатора.

сеть сильного тока. Конечно, для этого лампа должна выдерживать соответствующие нагрузки.

На фиг. 110 изображена соответствующая схема. Потребляющее устройство *V* включено последовательно с выключателем *S*, лампой *G* и плавким предохранителем *Si*. Путем надлежащего подбора лампы *G* легко достигнуть того, что напряжение на *V* не будет превышать 40 в, т. е. величины, допустимой для слаботочных приборов.

При пользовании схемой фиг. 110 необходимо принимать во внимание следующие три указания:

1. Лампа *G* обязательно должна включаться между потребляющим устройством и *незаземленным* проводом сети; это позволяет с уверенностью избежать вредных последствий случайных замыканий.

2. Потребляющее устройство должно быть достаточно высокоомным, настолько, чтобы его надежная работа была обеспечена при сравнительно слабых токах. Подходящей величиной почти всегда является сопротивление в 500—2 000 ом; при таких значениях сопротивления, кстати,

оказывается излишним особое ограничивающее сопротивление в цепи лампы.

3. Применяемая лампа должна легко выдерживать соответствующие нагрузки.

Схему фиг. 110 можно использовать также и в сетях переменного тока, особенно в тех случаях, когда является нежелательным использование трансформатора для понижения напряжения, что имеет место, например, в случае необходимости иметь универсальные устройства, пригодные для включения в сети как постоянного, так и переменного тока.

38. Стабилизаторы напряжения. Большое значение имеет применение газоразрядных ламп для сглаживания колебаний напряжения—для так называемой стабилизации напряжения—когда лампа служит для того, чтобы сделать напряжение на том или ином потребляющем устройстве по возможности постоянным, не зависимым от колебаний напряжения в сети и от изменений нагрузки. И в этом случае также действие лампы основано на том ее свойстве, что напряжение горения с большим приближением можно считать постоянным.

На фиг. 111 показан внешний вид предназначенной для этих целей лампы. Основной особенностью ее является большая поверхность катода и вытекающая из этого обстоятельства способность работать при относительно больших нагрузках.

Если по характеру работы должно быть облегчено зажигание стабилизирующей лампы при включении или после погасания, то в нее вводят дополнительный электрод, называемый вспомогательным анодом (*НА* на фиг. 112). Этот электрод через высокоомное сопротивление соединяется с положительным полюсом источника питания и может таким образом произвести предварительную ионизацию. Лампы с вспомогательными анодами целесообразно использовать также тогда, когда для увеличения допустимой нагрузки приходится включать несколько ламп в параллель.

Существующие типы стабилизаторных ламп позволяют работать как с напряжениями ниже 100 (около 60 в), так и с напряжениями в несколько сот вольт (примерно до 850 в). Интервал значений тока простирается приблизительно от 10 до 100 ма. Во избежание погасания лампы параметры схем следует подбирать таким образом, чтобы при возрастании нагрузки лампа не погасала. Минимальное значение тока, при котором лампа еще горит (называемое током покоя), в зависимости от типа лампы лежит между 1 и 5 ма.

На фиг. 113 показан внешний вид стабилизаторной лампы для высоких напряжений; такие лампы имеют несколько соединенных последовательно разрядных промежутков.

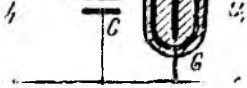
Основная схема включения лампы в качестве стабилизатора показана на фиг. 114. Как видно, лампа соединяется последовательно с ограничивающим ток сопротивлением и параллельно потребляющему устройству, напряжение на котором оказывается практически не зависимым от колебаний питающего напряжения, в том числе и от колебаний напряжения, вызываемых изменениями потребляемого тока. Как ясно из этой схемы, напряжение на потребляющем устройстве равно напряжению горения стабилизаторной лампы.

Величину сопротивления R следует определять по формуле

$$R = \frac{U_a - U_G}{I_1 - I_G} \qquad (15)$$

где U_0 — питающее напряжение, U_G — напряжение горения лампы, I_G — ток покоя лампы и I_V — ток, потребляемый устройством V при напряжении, равном U_G. Найденное этим путем значение R не является, однако, абсолютным и допускает некоторое округление вверх или вниз. Необходимо иметь в виду, что сопротивление R должно выдерживать необходимые нагрузки, а именно допускать рассеяние мощности, равной произведению из разности $(U - U_G)$ на полную силу тока в цепи, т. е.

Фиг. 115. Основная схема включения для сглаживания колебаний напряжения.



Фиг. 116. Схема включения сглаживающей лампы с вспомогательным анодом.

на сумму $(I_V + I_G)$. При более сильных токах целесообразно в качестве сопротивления R использовать железоводородный барретер.

В какой степени колебания питающего напряжения сказываются на напряжении на зажимах потребляющего устройства довольно точно можно вычислить по формуле.

$$\Delta U_G = \Delta U_0 \frac{R_i}{R + R_i}, \tag{16}$$

где R_i обозначает внутреннее сопротивление лампы.

Что касается влияния изменений нагрузки устройства V на напряжение на зажимах лампы G, то оно приближенно определяется выражением

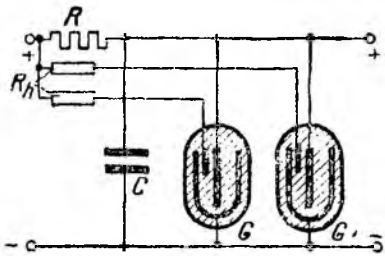
$$\Delta U_G = \Delta I \cdot R_i. \tag{17}$$

Необходимо сделать некоторые замечания о схемах, в которые входят стабилизаторные лампы. Так, например, при включении в сеть целесообразно вводить сопротивление R в состав обычно присутствующего в схеме фильтра, так чтобы последний конденсатор фильтра был включен параллельно лампе G (фиг. 115). Преимущество такого включения состоит не только в том, что сопротивление R участвует в действии фильтра, но и в том, что обнаруживается довольно существенное улучшение стабилизации. Далее, при этом оказывается возможным понизить величину R на величину сопротивления дросселя постоянному току. Наиболее выгодным является полная замена R дросселем; в этом случае стабилизация оказывается наилучшей.

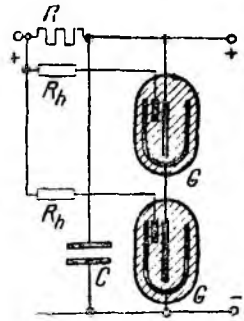
Помимо указанного эффективность устройства зависит от разности между U_1 и U_2, а именно она оказывается тем выше, чем больше U_1 по сравнению с U_2. Вообще для успешной стабилизации отношение $U_1 : U_2$ должно быть не менее 1,5 : 1, но лучше 2 : 1 или еще выше.

На фиг. 116 изображено включение стабилизационной лампы, имеющей вспомогательный анод. Этот вспомогательный анод, назначение которого ясно из изложенного выше, включается через сопротивление R_h

непосредственно к положительному полюсу источника питания. Сопротивление R_h должно составлять около 1 мгом. Благодаря наличию вспомогательного анода потенциалы зажигания и погасания разряда в лампе оказываются почти совпадающими. Другим достоинством ламп, имеющих вспомогательные аноды, является то, что при пользовании ими можно не



Фиг. 117. Параллельное включение двух сглаживающих ламп с вспомогательными анодами.



Фиг. 118. Сглаживание высоких напряжений посредством двух последовательно включенных ламп.

опасаться погасания лампы даже при сильных колебаниях питающего напряжения и при больших изменениях нагрузки.

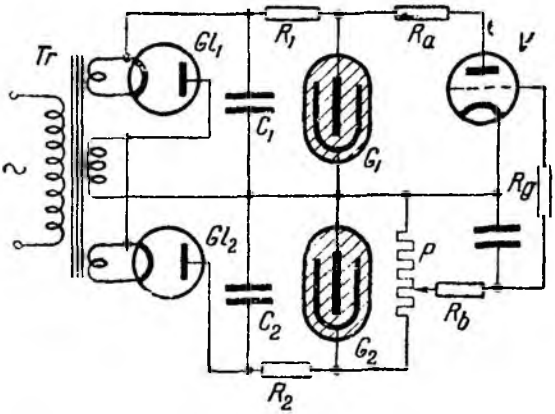
В тех случаях, когда нагрузка превышает допустимое для данного типа ламп значение, можно включать две лампы параллельно. В этом случае следует пользоваться лишь лампами с вспомогательными анодами. Аноды и катоды обеих ламп включаются параллельно, тогда как вспомогательные аноды — каждый через отдельное сопротивление R_h (фиг. 117). Выбор значений R здесь осуществляется по предыдущему.

Как это следует из фиг. 115 и 116, описанные схемы позволяют поддерживать постоянным напряжение, равное напряжению горения стабилизирующих ламп. Так как существующие в настоящее время лампы имеют напряжение горения в пределах примерно от 60 до 850 в, то этим определяется и интервал напряжений, могущих быть стабилизированными. Для стабилизации более высоких напряжений возможно последовательное включение ламп, как это показано на фиг. 118. Использование лишь части полного стабилизированного напряжения, очевидно, легко осуществимо путем надлежащего включения омического делителя напряжений.

Необходимо отметить, что использование стабилизирующих ламп имеет то преимущество перед другими способами стабилизации, что одновременно дает еще и улучшение фильтрации. Причиной этого является весьма малая величина сопротивления переменному току, обнаруживаемая разрядным промежутком лампы. Это обстоятельство особенно заметно при низких частотах, так как в этих условиях обычные фильтры, как правило, дают не постоянное, а более или менее значительно пульсирующее напряжение.

Полная схема стабилизированного выпрямителя, предназначенная для питания от сети усилителей и пригодная для любых частот, показана на

фиг. 119. (V — первая усилительная лампа). С помощью двух выпрямительных ламп Gl заряжаются последовательно соединенные между собой конденсаторы C_1 и C_2. Получаемые ими напряжения приложены также и к стабилизаторным лампам G с их ограничительными сопротивлениями R_1 и R_2. Параллельно одной из стабилизаторных ламп включена усилительная лампа, а параллельно второй — делитель напряжения P, служащий для задания отрицательного смещения на сетку. Само собой понят-



Фиг. 119. Схема с двумя лампами для независимого питания цепей анода и сетки

но, что при работе с усилителями желательно ввести в схему дроссели и добавочные емкости, чтобы устранить в цепи катод-анод усилителя все возможные компоненты переменного тока. Что касается цепи катод-сетка, то здесь достаточно включить параллельно делителю напряжения емкость и добавить демпфирующее сопротивление (R_b).

39. Газоразрядный делитель напряжения. На том же принципе, что и стабилизаторная лампа, основан газоразрядный делитель напряжения.

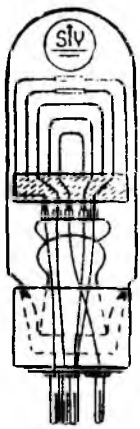
Различие между этими двумя приборами заключается в том, что первый из них дает лишь одно, соответствующее его потенциалу горения, значение напряжения, тогда как второй позволяет получить одновременно целый ряд значений напряжения. Это достигается последовательным включением нескольких разрядных промежутков. На фиг. 120 изображена принципиальная схема, на фиг. 121 — разрез и на фиг. 122 — внешний вид такого делителя напряжения для малых мощностей. Электроды этой лампы изолированы друг от друга и оказываются соединенными между собой лишь при посредстве газового разряда.

В отношении свойств газоразрядного делителя напряжений необходимо отметить следующее: во-первых, колебания питающего напряжения сказываются на выходном напряжении делителя примерно не более, чем в размере 1%; во-вторых, при изменениях расхода тока в потребляющем устройстве напряжение на нем сохраняет значительное постоянство (колебания порядка нескольких процентов). В той же мере, что и ко всему делителю, это относится к отдельным разрядным промежуткам, т. е. если расход тока на одном из промежутков увеличивается, то напряжения на

остальных промежутках не меняются. Что касается схемы включения, а также расчета ограничивающих сопротивлений, то здесь следует руководствоваться указаниями, сделанными относительно стабилизаторных ламп. Газоразрядные делители напряжения изготовляются на токи до нескольких сотен миллиампер.

Остановимся кратко на некоторых схемах включения газоразрядных делителей напряжения. На фиг. 123 изображена простейшая схема. Наря-

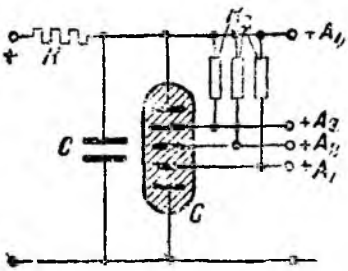
Фиг. 120. Принципиальная схема устройства стабилизатора.



Фиг. 121. Разрез стабилизатора.

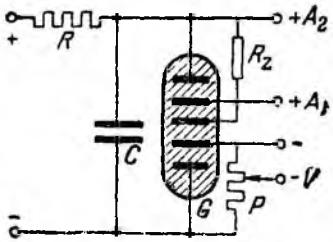
Фиг. 122. Внешний вид стабилизатора.

ду с наивысшим напряжением A_4, равным сумме напряжения на всех четырех разрядных промежутках, можно пользоваться еще тремя напряжениями A_1—A_3. Каждое из этих напряжений равно сумме напряжений, даваемых каждым из промежутков, лежащих между отрицательным полюсом и соответствующим зажимом (например, A_3). Если, например, напряжение на каждом промежутке равно 70 в (что соответствует одному из типов маломощных делителей), то на зажиме A_3 напряжение будет равно 210 в. Отдельные электроды соединяются через сопротивления R_2 (порядка 0,3 мгом) с положительным полюсом источника питания. Эти (так называемые з а ж и г а т е л ь н ы е) сопротивления обеспечивают зажигание лампы без применения напряжений более высоких, чем это необходимо для создания разряда в отдельных газоразрядных промежутках. Величины питающего напряжения U_1 и сопротивления R должны выбираться в соответствии с тем, что было сказано выше применительно к стабилизаторным лампам.



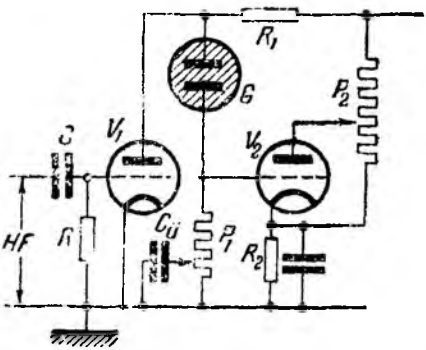
Фиг. 123. Схема включения стабилизатора.

На фиг. 124 изображена несколько иная схема, особенностью которой является наличие делителя напряжения P, позволяющего получать, например, плавно изменяемое отрицательное сеточное смещение. Применение этой схемы желательно прежде всего тогда, когда стабилизированное напряжение должно быть использовано для радиоприема и тому подобных целей. Она может быть также использована для одновременного получения нескольких значений стабилизированного сеточного смещения. В этом случае требуется соответствующее число делителей напряжения, включенных параллельно друг другу.



Фиг. 124. Вариант схемы фиг. 123.

40. Применение газоразрядных ламп для связи между контурами. Весьма интересным применением газоразрядных ламп является использование их для связи между цепями в усилителях. Это позволяет строить усилители, обладающие всеми достоинствами известной схемы Лофтин-Уайта, но не требующие для работы высоких напряжений. Одна из таких схем[1] изображена на фиг. 125.



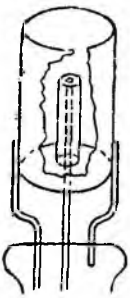
Фиг. 125. Газоразрядная лампа в качестве связующего элемента между контурами.

С помощью делителя напряжения состоящего из надлежащим образом подобранных сопротивлений P_2 и R_2, на сетку лампы V_2 через сопротивление P_1 подается нужной величины смещение. Включение газоразрядной лампы G между сопротивлением R_1 и анодом лампы V_1, имеет следствием то, что напряжение на сетке лампы V_2 оказывается ниже приложенного к аноду лампы V_1 напряжения на величину потенциала горения лампы G. Благодаря этому при надлежащем подборе параметров схемы оказывается возможным привести рабочую точку лампы V_2 в наиболее выгодное положение на характеристике. Возникающие в анодной цепи лампы V_1 колебания силы тока обычным образом создают колебания напряжения на сопротивлении R_1, которые через лампу G без каких-либо амплитудных или частотных искажений подаются на сетку лампы V_2 Таким образом в этой схеме лампа G простейшим образом заменяет батарею. По такой схеме возможно осуществить связь между несколькими каскадами усилителя.

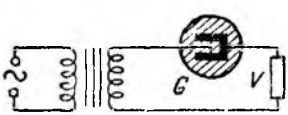
41. Газоразрядный выпрямитель. Каждая газоразрядная лампа с не вполне симметричными электродами принципиально может служить в качестве выпрямителя, т. е. при подаче на нее переменного напряжения ток в ее цепи в течение одного полупериода будет сильнее, чем в течение другого. Причина, вызывающая асимметрию лампы, может являться след-

[1] Американский патент № 2045542.

ствием различий в форме, размерах или физико-химических свойствах материалов электродов. Выпрямляющее действие лампы будет, естественно, тем сильнее выражено, чем резче будет эта асимметрия. Поэтому при конструировании выпрямительных газоразрядных ламп стремятся к созданию возможно больших различий между электродами, придавая им, например, возможно более различающиеся размеры; если один из электродов изготовляют в виде большого цилиндра, то другому придают форму тонкой проволоки, покрывая притом большую часть ее поверхности каким-либо изолирующим материалом. Электрод с большей поверхностью служит катодом, а электрод с меньшей поверхностью—анодом для направления пропускания, т. е. для тех полупериодов, когда лампа дает больший ток. Другим способом увеличения односторонней проводимости является активация поверхности катода, имеющая целью понижение катодного падения в направлении пропускания, т. е. увеличение проводимости лампы в этом направлении. На фиг. 126 схематически изображена одна из конструкций газоразрядной выпрямительной лампы. На этом рисунке часть цилиндра, образующего катод, показана удаленной, с тем чтобы сделать видимым и анод.



Фиг. 126. Схема газоразрядного выпрямителя.



Фиг. 127. Основная схема включения газоразрядного выпрямителя.

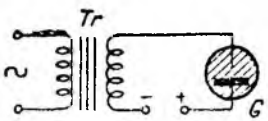
Если газоразрядный выпрямитель включен в цепь переменного тока, как показано на фиг. 127, где V обозначает потребляющее устройство, то имеет место следующее. В ту половину периода, когда катодом является больший электрод, через V проходит больший ток. В другую половину периода ток имеет относительно весьма малую величину. Этот ток в направлении запирания выпрямителя носит название обратного тока. Обратный ток не может достигнуть величины тока в направлении пропускания (прямой ток), хотя бы уже по той причине, что для этого потребовалось бы во много раз большее напряжение, чем то, которое дает соответствующую величину прямого тока; в действительности же напряжения в обе половины периода практически одинаковы, если только параллельно потребляющему устройству не включен конденсатор. Если же такой конденсатор имеется, то напряжение на лампе в направлении пропускания оказывается пониженным на величину напряжения, до которого зарядился конденсатор, и, наоборот, амплитуда напряжения в направлении запирания оказывается повышенной на ту же величину. Из этого следует, что напряжение холостого хода никак не может быть выше разности между амплитудой переменного напряжения и потенциалом зажигания лампы. В этих условиях обратный ток оказывается несколько большим, чем это следует из отношения площадей поверхностей электродов.

Вообще же отношение прямого тока к обратному с достаточной точностью определяется отношением площадей обоих электродов. Так, если отношение поверхности катода к поверхности анода равно 100 : 1,

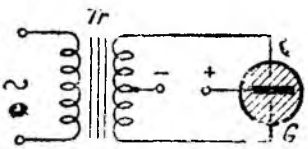
то таково же будет и отношение прямого тока к обратному. Величину отношения 100 : 1 вполне возможно осуществить на практике.

При использовании схемы фиг. 127, естественно, получается лишь однополупериодное выпрямление. Для осуществления двухполупериодного выпрямления можно или воспользоваться двумя лампами, соединив вместе их катоды, или же применить специальную лампу для двухполупериодного выпрямления (в настоящее время двухполупериодные выпрямительные газоразрядные лампы более не производятся).

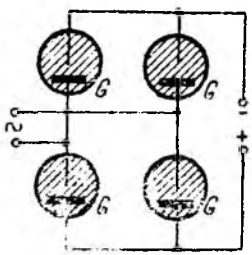
Следует отметить, что газоразрядные выпрямители допускают значительные перегрузки, если только они кратковременны. Так, например, лампу, рассчитанную на среднюю нагрузку в 10 ма, можно в течение короткого времени (менее 1 сек.) нагружать до 1 а.



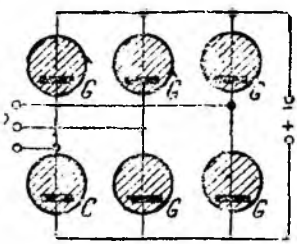
Фиг. 128. Схема однополупериодного выпрямителя.



Фиг. 129. Схема двуполупериодного выпрямителя.



Фиг. 130. Схема Гретца с газоразрядными выпрямителями.



Фиг. 131. Выпрямитель для трехфазного тока.

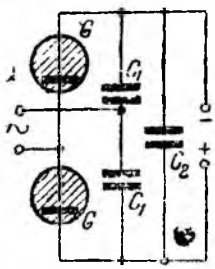
Основным преимуществом газоразрядного выпрямителя является отсутствие расхода энергии на накал катода. Отсутствие накаленного катода имеет также еще и то достоинство, что позволяет включать газоразрядные выпрямительные лампы в цепи со сравнительно высоким напряжением, не опасаясь перегорания накаленного катода из-за каких-либо дефектов в изоляции.

Выпрямительные схемы, в которых могут быть использованы газоразрядные выпрямители, довольно разнообразны. Простейшая из них изображена на фиг. 128. Она, очевидно, дает однополупериодное выпрямление. Выпрямляемое напряжение берется от вторичной обмотки трансформатора. При включении в схему конденсатора оказывается возможным получение более высоких выпрямленных напряжений, чем без конденсатора. Приведем пример. На лампу типа GG - 280 по схеме фиг. 128 подается переменное напряжение $U = 240$ в. При сопротивлении потребляющего устройства в $5 \cdot 10^4$ ом постоянное напряжение получалось около 50 в. При присоединении конденсатора емкостью в 0,5 мкф напря-

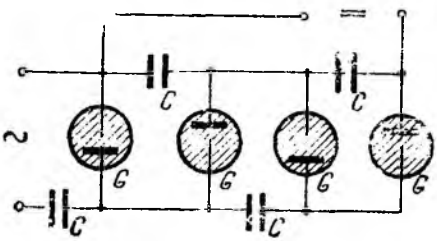
жение повысилось до 210 в. При той же лампе и том же сопротивлении потребляющего устройства, но при $U = 400$ в выпрямленное напряжение равнялось около 100 в. После присоединения конденсатора в 1 мкф напряжение увеличилось до 400 в.

На фиг. 129 показана схема для двухполупериодного выпрямления. Нужно обращать внимание на то, чтобы обе половины вторичной обмотки трансформатора, как обычно, были рассчитаны на полное напряжение. В этой схеме вместо одной двухполупериодной лампы могут быть использованы две однополупериодные, катоды которых должны быть соединены вместе.

Если в цепи переменного тока имеются емкости и применение трансформатора невозможно, то для выпрямления однофазного тока можно



Фиг. 132. Схема Делона с газоразрядными выпрямителями.



Фиг. 133. Четырехкаскадная схема Грейнахера.

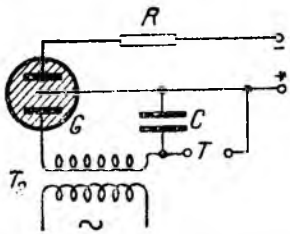
воспользоваться обычной схемой Гретца. На фиг. 130 изображена такая схема, требующая для своего осуществления четырех газоразрядных выпрямителей. На фиг. 131 показана схема для выпрямления трехфазного тока. В этой схеме необходимо одновременное использование шести двухэлектродных выпрямительных ламп.

В заключение мы кратко остановимся на схемах, которые наряду с выпрямлением дают возможность повышения напряжения. Изображенная на фиг. 132 схема представляет собой обычную схему удвоения напряжения, выполненную с газоразрядными лампами в качестве выпрямительных элементов. Удвоение напряжения получается здесь вследствие того, что оба конденсатора C_1 в течение каждого полупериода попеременно заряжаются до амплитудного значения напряжения, причем благодаря противоположной полярности их эти напряжения суммируются. Благодаря этому на конденсаторе C_2 и, следовательно, на зажимах (+) и (—) возникает напряжение, которое в отсутствие расхода тока (напряжение холостого хода) равно удвоенной амплитуде выпрямленного переменного напряжения.

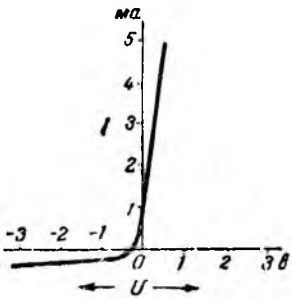
На фиг. 133 приведена схема умножения напряжения по Грейнахеру. В данном случае эта (четырехкаскадная) схема в режиме холостого хода дает напряжение, равное учетверенному амплитудному значению. Нет никаких препятствий к дальнейшему увеличению числа каскадов и, следовательно, к дальнейшему повышению напряжения. Более подробное рассмотрение этих схем является излишним, поскольку они широко известны уже в течение доброго десятка лет.

Существует также возможность заставить газоразрядную лампу работать в качестве детектора. Для этой цели необходимы лампы особого

устройства, называемые газоразрядными детекторами. Это—трехэлектродные лампы, включаемые по схеме, представленной на фиг. 134. В этой лампе по соседству с анодом располагается собственно детектирующий электрод, на который с помощью трансформатора T_2 подается подлежащее детектированию (высокочастотное или низкочастотное) переменное напряжение. При этом в цепи детектирующего электрода возникает некоторый ток. Детекторная характеристика такой лампы показана на фиг. 135. С ней возможно получать крутизну до 20 ма/в. Поскольку напряжение зажигания таких ламп составляет обычно около 150 в, а детекторная ха-



Фиг. 134. Принципиальная схема включения газоразрядного детектора.



Фиг. 135. Характеристика газоразрядного детектора.

рактеристика простирается примерно до 70% от потенциала зажигания, с этими лампами оказывается возможным работать от самых малых значений амплитуды напряжения до амплитуд порядка 100 в. При включении в схему конденсатора это максимальное значение понижается на величину напряжения, до которого заряжается конденсатор. Посредством применения в лампе двух детекторных электродов оказывается возможным осуществить двухполупериодное детектирование. В этом случае верхним пределом амплитуды детектируемого напряжения будет примерно 60 в.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПАРАМЕТРЫ НЕКОТОРЫХ ЗАГРАНИЧНЫХ И СОВЕТСКИХ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП[1]

Таблица 1

Сигнальные лампы для определения рода тока, полярности, обнаружения резонанса и т. п. (DGL)

Тип лампы	Универсальная лампа VR-110	Лампа для определения полярности PR-125
Длина, мм	50	50
Диаметр, мм	10	10
Потенциал зажигания (постоянный ток), в	Около 80	Около 100
Потенциал зажигания (переменный ток), в	Около 60	Около 70
Рабочая сила тока, ма	Около 0,5	Около 0,5
Балластное сопротивление, мгом при 1 000 в	2	2
» 500 »	0,8	0,8
» 380 »	0,4	0,4
» 220 »	0,25	0,25
» 110 »	0,05	0,05

Таблица 2

Предохранительные лампы для защиты линий связи от грозовых разрядов и вообще от перенапряжений (DGL)

Тип лампы	Потенциал зажигания (постоянный ток)
BS-40	Около 80 в
BS-50	» 90 »
BS-60	» 100 »
RPS-350	» 350 »

[1] В скобках указаны фирмы, изготовляющие лампы каждого типа.

Таблица 3

Малые (индикаторные) лампы для распределительных щитов, пультов управления, табло и отдельных приборов[1] *(DGL)*

Типы лампы	GRM-110	GRM-220	MR-110	MR-220	MRZ-110	MRZ-220	MR-00	FRB-110	FRB-220	FRM-110[2]	FRM-220[2]	SR-110[3]	SR-220[3]
Потенциал зажигания (постоянный ток) приблизительно, в	100	170	90	150	100	160	—	90	150	90	150	90	150
Потенциал зажигания (переменный ток) приблизительно, в	70	120	65	105	70	115	100	65	105	66	105	65	105
Рабочий ток приблизительно, ма	5	5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	6	3
Тип цоколя	E-27	E-27	E-14	E-14	E-10	E-10	—	E-14	E-14	E-14	E-14	—	—
Балластное сопротивление, в мгом при 1 000 в .	0,2	0,17	3,5	3,5	3,5	3,5	—	1,0	0,8	1,0	0,8	0,15	0,3
» 500 « .	0,08	0,07	1,5	1,5	1,5	1,5	—	0,5	0,3	0,5	0,3	0,07	0,1
» 380 » .	0,06	0,05	1,0	1,0	1,0	1,0	—	0,3	0,25	0,3	0,25	0,05	0,07
» 220 » .	0,03	0,015	0,5	0,25	0,5	0,25	—	0,15	0,05	0,15	0,05	0,02	0,03
» 110 » .	0,01	—	0,1	—	0,1	—	—	0,03	—	0,03	—	0,003	—

[1] Все лампы, за исключением типов MR-00, SR-110 и SR-220, снабжаются вмонтированными в цоколь балластными сопротивлениями.

[2] Лампы разноцветного свечения, а именно: белого, опалового, красного, желтого, зеленого, голубого (зеленое и голубое только для FRM-220).

[3] Размер окна для выхода свечения 10×58 мм.

Таблица 4

Лампы для звукозаписи и стробоскопических применений (DGL)

Тип лампы	PL-12[1]	SL-06[1]	FL-34	TL-180
Потенциал горения приблизительно, в	200	160	160	180
Средняя нагрузка[2], ма	50	50	50	50
Динамическое внутреннее сопротивление приблизительно, ом	300	500	500	1 000
Площадь свечения, мм²	⌀ 1,4	0,6×5	30×40	⌀ 10

[1] С прозрачным для ультрафиолетовых лучей окном.
[2] Для всех типов балластное сопротивление не менее 500 ом.

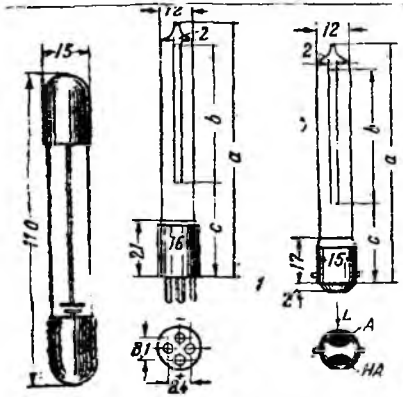
Таблица 5

Лампы для осциллографирования (DGL)

Тип лампы	OR-175	ZEK-200
Потенциал зажигания на постоянном токе, приблизительно, в	170	200
Потенциал зажигания на переменном токе, приблизительно, в	120	140
Среднее потребление тока, ма	5	5
Длина покрытия свечением	120	2×50

Таблица 6

Лампы для контроля амплитуды, в частности для контроля настройки (DGL)



Фиг. 136. Лампы для контроля амплитуды.

Тип лампы		RR-145/S[1]	RR-145/V[1]	AR-220[2]	ZR-190[1]
Длина, в мм (см. фиг. 136).	*a*	110	110	110	110
	b	65	65		65
	c	29	29		29
Средний потенциал зажигания	на постоянном токе, в	175	175	175	175
	на переменном токе, в	125	125	125	125
Средний потенциал горения; приблизительно, в		150	150	150	150
Потребление тока, ма		0 — 2	0 — 2	0 — 5	0 — 2
Длина покрытия катода свечением, мм		65	65	60	65

[1] Лампы с трубчатым катодом и добавочным анодом.
[2] Лампы с проволочным катодом.

Таблица 7

Лампы для релаксационных схем и реле (DGL)

Тип лампы	UR-110	KR-100	KR-150	KR-300[1]	Безнакальный тиратрон[3]
Потенциал зажигания приблизительно, в	80	90	150	350[2]	300
Потенциал затухания приблизительно, в	70	80	80	160 — 180	150
Максимальная частота, гц .	5 000	5 000	50	1 200	—

[1] Имеет синхронизирующий электрод.
[2] Напряжение на зажигательном электроде около 200 в.
[3] Первичная сила тока 10^{-8} а, вторичная 40 ма.

Таблица 8

Лампы для понижения напряжения и для сглаживания его колебаний (DGL)

Тип лампы	GR-150/DA	GR-150/DK	GR-60/M	GR-280	RR-40
Потенциал горения приблизительно, в	140	140	60 — 80	280	180
Максимальный ток, ма . . .	60	15	30	60	100
Ток покоя, ма	5	1	2	5	—

Таблица 9

Индукционные лампы (для устранения искрения контактов выключателей, реле и т. п.) (DGL)

Тип лампы	JR-68	JR-1115	JR-2222
Рабочее напряжение на переменном токе, в	4 — 60	60 — 110	110 — 220
Рабочее напряжение на постоянном токе, в	4 — 80	80 — 150	150 — 220

Таблица 10

Выпрямительные лампы (DGL)

Тип лампы	GG-280
Потенциал зажигания, приблизительно, в	280
Средняя нагрузка, ма	10[1]
Максимальный обратный ток, ма	1
R_i в направлении запирания, ом	500 000

[1] При продолжительности менее 1 сек. — до 1 а.

Таблица 11

Детекторные лампы (DGL)

Тип лампы	DR-280
Рабочее напряжение приблизительно, в	220
Средняя нагрузка, ма	10
Максимальный обратный ток, ма	0,2

Таблица 12

Лампы с положительным столбом, индикаторы тока и напряжения, безинерционные источники света (Пресслер)

Тип лампы	LR	HR-00	KI-75[1]	KA-75	UI-33[1]	UA-33	KG-50	ZR-95[3]	SS-27[2]	HSR-210	HSR-250
Область рабочих напряжений, переменный ток, в	500—2 000	120—2 000	400—2 000	600—2 000	600—2 000	800—2 000	800—2 00	—	500	10 000—100 000	5 000—15 000

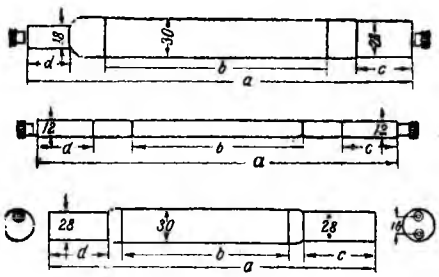
[1] Лампы с внутренними электродами; могут работать в том же интервале напряжений на постоянном токе; требуют балластного сопротивления.
[2] Лампы для испытания свечей двигателей внутреннего сгорания.
[3] Специальная лампа по Шерингу.

Таблица 13

Счетчики Гейгера-Мюллера (для исследования космических лучей и для индикации α-, β-, и γ-излучения) (Пресслер).

Тип	Размеры, мм (фиг. 137)			
	a	b	c	d
ZZ-30	350	200	50	50
ZZ-03 A	280	150	65	50
ZZ-15	320	150	50	50

Тип	Рабочее напряжение, в	Интервал независимости от напряжения, в
ZZ-30	1 300	Около 200
ZZ-03 A	1 300	» 200
ZZ-15	1 200	» 200



Фиг. 137. Счетчики Гейгера-Мюллера.

Таблица 14

Малые тиратроны (AEG)

Тип лампы	S-0,35/0,35 d	S-0,3/02i	S-0,7 0,2 i
Напряжение накала, в	2	4	4
Ток накала приблизительно, а	2,5	1,4	1,9
Внутренняя емкость приблизительно, мкмкф	10	10	10
Напряжение на разрядном промежутке (равное напряжению потухания) приблизительно, в	7—17	7—17	27—37
Максимальное напряжение между двумя электродами, в	350	300	700
Максимальное пиковое значение анодного напряжения, в	350	300	700
Максимальное пиковое значение анодного тока, ма	350	200	200
Максимальный длительный анодный ток, ма	2	2	2
Наименьшее сопротивление в цепи сетки[1], ом	100	100	100
Наибольшее сопротивление в цепи сетки, ом	5 000	2 000	2 000
Максимальное пиковое напряжение между катодом и нитью накала, в	—	8	8
Отношение напряжения зажигания к сеточному напряжению	100	30	25
Максимальная частота, кгц	20	20	100

[1] На каждый вольт пикового напряжения на сетке.

Таблица 15

Лампы для лабораторных применений (Гундерлах)

Типы ламп	NG-1[1]	ZRE-2[2]	KRE-3[3]
Рабочее напряжение (постоянный ток) приблизительно, в	—	—	В зависимости от схемы
Рабочее напряжение (переменный ток) приблизительно, в	220	220	В зависимости от схемы
Среднее потребление тока приблизительно, ма	В зависимости от измеряемой величины	20	—
Наивысшая частота релаксационных колебаний, кгц		—	Около 10

[1] Для измерения емкостей и сопротивлений.
[2] Для получения отметок моментов времени.
[3] Для реле и генерации релаксационных колебаний.

Таблица 16

Лампы различного назначения[1] *(Осрам)*

Обозначения типов ламп	Рабочее напряжение, в	Потребляемая мощность, приблиз., вт
Ульеобразные (ВК) . .	100—115, 115—130 130—145, 145—160 210—240	1—2 1—3 2—3
Полюсные	110—250	1—3
Сигнальные	100—115, 115—130 130—145, 145—160 210—230, 230—250	0,25 0,25 0,5
Софитные	110—130, 130—160 200—260	0,75 0,075
Карликовые	110—130, 130—160 200—260	0,075
Выключательные . . .	220	—

[1] Все лампы имеют вмонтированные в цоколь балластные сопротивления.

Таблица 17

Индикаторы амплитуды[1] *(Осрам)*

Типы ламп	Размеры ламп			Сила тока при полном покрытии катода приблизительно, ма
	Диаметр мм	Длина мм	Полезная длина катода, мм	
GJR-320Z	12	110	57	2
GJR-312Z	12	117	63	1,2
GJR-312/5Z	12	121	63	1,2
GJR-420Z	12	117	57	2

[1] Потенциал горения 160 в ± 10% (постоянный ток), потенциал зажигания не ниже 190 в (постоянный ток).

Таблица 18

Стабилизаторы напряжения для измерительных целей (Филипс)

Типы ламп	Потенциал горения при данном токе покоя, в	Потенциал зажигания, в	Ток покоя при данном потенциале горения, около ма	Максимальный ток, ма	Нижний предел тока для осуществления стабилизации, ма	Сопротивление переменному току приблизительно, ом
13201	90—110	100—135	100	200	5	80
4687	85—100	100—115	30	40	10	250
7475	90—110	100—135	4	8	1	300

Таблица 19

Газонаполненные триоды для измерительных целей[1] *(Филипс)*

Типы ламп	Накал (косвенный)		Междуэлектродные емкости, мкмкф			Напряжение на разрядном промежутке, в	Максимальное анодное напряжение (пиковое значение), в	Максимальное напряжение между двумя электродами, в	Анодный ток		Максимальная частота, кгц
	Напряжение, в	Ток накала, а	C_{ag}	C_{ak}	C_{gk}				Максимальное среднее значение при колебаниях, ма	Максимальное пиковое значение, ма	
4685	4,0	1.2	2,2	3,2	3,8	17	300	350	3	300	50
4690	4,0	1,5	2,2	2,0	3,7	50	500	600	10	750	150

[1] Минимальное значение сопротивления в цепи сетки R_g — 1 000 ом на каждый вольт пикового напряжения на сетке; максимальное сопротивление в цепи сетки — 0,5 мгом;

наивысшее пиковое напряжение между катодом и нитью накала — 100 в (катод всегда положителен относительно нити накала);

отношение потенциала зажигания к напряжению на сетке — 21 для лампы 4 685 и 40—для лампы 4 690.

Таблица 20

Газоразрядные делители напряжения (Стабиливольт)

Типы ламп	Полное напряжение, приблизительно в	Напряжение на отдельных промежутках, приблизительно в	Максимальная нагрузка на электроды, работающие в качестве катодов[3], ма							Максимальная потеря мощности на лампе, вт	Габариты[2] ламп, мм
			$+B_5$	$+B_4$	$+B_3$	$+B_2$	$+B_1$	0	C		
STV-280/40 и -A[1]	285	4×70	—	—	15	40	60	80	80	12	50×130
STV-280/80 и -A[1]	285	4×70	—	—	60	80	80	90	100	24	65×135
STV-280/50	280	4×70	—	—	120	150	160	200	200	45	72×265
STV-150/200	140	2×70	—	—	160	200	200	—	—	30	65×265
STV-280/40Z и -A[1]	285	4×70	—	—	15	40	60	80	80	12	50×130
STV-280/80Z и -A[1]	285	4×70	—	—	60	80	80	90	100	24	65×135
STV-280/150Z/II	280	4×70	—	—	120	150	160	200	200	45	72×265
STV-600/200/III	580	4×145	—	—	200	200	200	200	200	120	85×450
STV-850/160/II	855	6×145	160	160	200	160	160	200	200	140	85×450
STV-75/15/II	78	—	—	15	—	—	—	—	—	1,2	28×75

[1] Типы с добавлением в обозначении буквы *A* имеют меньшие разбросы по рабочему напряжению. Нормальный разброс составляет ±5%. В случае *A* — типов может быть достигнуто:

для четырех ступеней разброс не свыше ± 2,5%
" трех " " " " ± 2,5 %
" двух " " " " ± 3,5 %
" одной ступени " " " ± 5,0 %

[2] Высота включает цоколь, но без ножек.

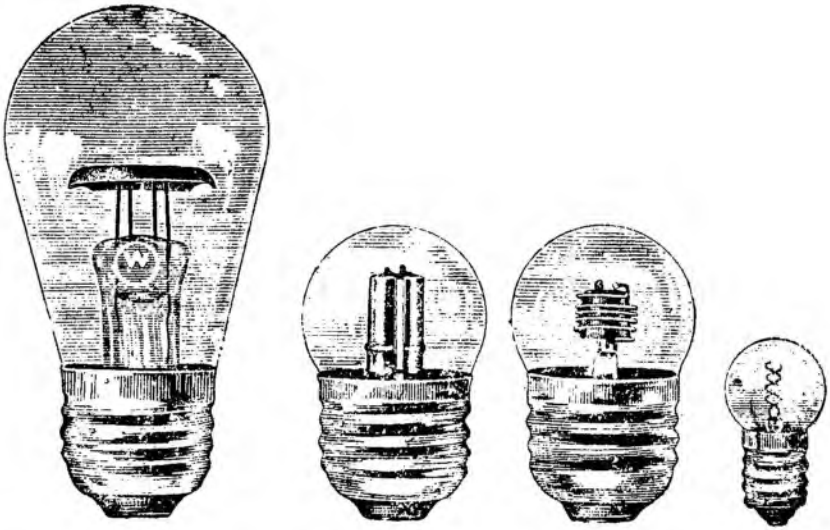
[3] В случае лампы с одним разрядным промежутком не может быть необходимости в обратном включении.

Таблица 21

Лампы различного назначения (Тунгсрам)

Типы ламп	Потенциал горения, в	Потребляемая мощность, вт	Форма электродов	Длина, мм	Диаметр, мм	Примечания
0103 (0104)	100 — 240 (по интервалам)	1 — 3[1]	Ульеобразная	105 [102]	50	С балластным сопротивлением
Сигнальные лампы						
0111 [0113]	От 100 до 240 (через 10 в)	0,15 — 0,25	Сетка	65 [55]	19	Как с балластным сопротивлением, так и без него
0115 [0117]				54	16	
0121 [0123]		0,25 — 0,5	Кольцо	65 [55]	19	
0125 [0127]				54	16	
Карликовые (сигнальные) лампы						
0131	От 180 до 240 (через 10 в)	0,25	Кольцо	28	12	Только без балластного сопротивления

[1] В зависимости от напряжения.



Фиг. 138. Американские стандартные лампы.

Таблица 22

Американские стандартные лампы (Gen. El. Co, фиг. 138)

Тип лампы	Мощность, вт	Сетевое напряжение, в	Род тока	Потенциал зажигания, в	Потенциал потухания, в	Внутреннее сопротивление, ом	Необходимое балластное сопротивление, ом	Срок службы в нормальном режиме, часы
S-14	3	120	переменный	53	50	310	2 200	3 000
		120	постоянный	78	58	220	2 200	3 000
S-14	2	120	переменный	52	49	420	3 500	3 000
		120	постоянный	74	60	380	3 500	3 000
G-10	1	120	переменный	45	44	450	5 900	3 000
		120	постоянный	65	57	400	5 900	3 000
T-4	0,5 и 0,25	120	переменный	57	56	2 600	30 000	3 000
		120	постоянный	83	64	2 200	30 000	3 000
T-2	—	120	переменный	58	58	—	200 000	3 000
		120	постоянный	82	62	8 500	200 000	3 000

Таблица 23

Лампы Московского ордена Ленина электрологампового завода[1]

Типы ламп	Напряжения: Потенциал зажигания, в	Напряжения: Потенциал потухания, в	Рабочее напряжение, в	Токи в разряде: Максимально допустимый ток, ма	Токи в разряде: Рабочий ток, ма	Потребляемая мощность, вт	Необходимое добавочное сопротивление, ом	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, часы	Назначение; примечания
ТМН-1[3]	+20 190 —30	—	130 ± 25	25	≤15	—	—	≥0,02	300	Для фотозаписи в бильдаппаратах
ФН-2	≤140	—	—	—	≤ 1	—	—	—	100	Световой индикатор при фазировке барабанов бильдаппаратов
СН-1[2]	150	—	220	—	14,5	29	—	—	1 000	Контроль наличия напряжения, синхронизация, определение полярности, предохранение слаботочных линий от перенапряжений; работают как на постоянном, так и на переменном токе.
СН-2[2]	82	—	120	—	24,5	27	—	—	1 000	
ПН-2	≤115	—	120 ± 5	—	1	—	35 000	—	600	
МН-3	48—65	50 % от потенциала зажигания	—	—	1	—	—	—	300	
ВМН-1	≤160	—	—	—	2	—	—	—	—	Индикатор в волномерах
ВН-1; ВН-2	—	—	—	—	—	—	—	—	50	Индикатор в приборах для проверки магнето (вольтоскопы)
УВН-1	≤550	—	—	—	—	—	—	—	—	Для контроля наличия высокого напряжения в интервале от 5,5 до 18 кв
ГС-1	—	—	—	—	20	—	—	—	—	Красное свечение } Для сигнализации
ГС-2	—	—	—	—	20	—	—	—	—	Зеленое свечение } Для сигнализации
Игар-2[4]	—	—	220 (напряжение сети)	—	4,4 а	500	—	16 000	1 000	Бледнозеленое свечение. Для фотохимических процессов (светокопирование, фотосъемка), освещения дорог и специально производственных помещений.
АРК-1[5]	—	—	70 ± 5	—	3,75 ± 0,5 а	220 ± 5	—	—	—	В сети переменного тока 120 в 50 гц } Для физиотерапии, фотохимических процессов и биологических целей
	—	—	70 ± 5	—	3,15 ± 0,25 а	220 ± 10	—	—	—	В сети постоянного тока 110 в } Для физиотерапии, фотохимических процессов и биологических целей
На-1[6]	—	—	140 ± 10	—	0,65 а	110 ± 10	—	4400 ± 500	800	Желтое свечение. Для освещения шоссе, улиц, железных дорог, путей, автострад, специально производственных помещений.

[1] Таблица составлена по справочнику „Технические характеристики изделий завода", изданному Техническим отделом МЭЛЗ в 1940 г.

[2] Лампы СН-1 и СН-2 имеют вмонтированное балластное сопротивление.

[3] Типы ламп, обозначения которых оканчиваются буквой Н, имеют неоновое наполнение и светятся красно-оранжевым светом, это — лампы тлеющего свечения. Прочие лампы — источники с разнитым положительным столбом и имеют аргоново-ртутное (Игар, АРК) и натриевое (На) наполнение.

[4] Помимо Игар-2 существуют сходные (различаются мощностью) типы Игар-3 и 4 также для сетей 220 в, 50 гц.

[5] Помимо АРК-4 существуют сходные (различаются мощностью) типы: АРК-2 (для сетей 120 и 220 в, 50 гц и 220 в постоянного тока) и АРК-5 (для 220 в, 50 гц и 220 в постоянного тока).

[6] Кроме На-1 существует аналогичный (мощностью 75 вт) тип На-2 также для сети 220 в, 50 гц.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Глава I. Физические основы процессов в газоразрядных лампах 5
1. Носители зарядов 5
2. Пространственный заряд 8
3. Характеристики тлеющего разряда 11

Глава II. Газосветные лампы 16
4. Лампы тлеющего свечения 17
5. Софитные лампы 18
6. Специальные лампы. 19
7. Лампы с положительным столбом 19

Глава III. Сигнальные и индикаторные лампы . . . 20
8. Малые сигнальные лампы 21
9. Контрольные схемы для электрических цепей 21
10. Индикаторные лампы 22
11. Искатель напряжения 24
12. Измерение напряжений 24
13. Лампы для высоких напряжений и высоких частот 26

Глава IV. Модулируемые лампы 27
14. Модуляция интенсивностью 27
15. Стробоскопические устройства с газоразрядными лампами 28
16. Телевизионные лампы 30
16а. Лампы для звукозаписи 32
17. Газоразрядные индикаторы моментов времени 32
18. Измерение коротких промежутков времени 34
19. Модуляция изменением площади свечения 34
20. Контроль амплитуды 35
21. Контроль настройки 36
22. Осциллографические лампы 39

Глава V. Газоразрядные реле 39
23. Реле напряжения 39
24. Реле с двумя лампами 41
25. Тиратрон с холодным катодом 42
26. Счетчик Гейгера-Мюллера 47
27. Фототиратрон 48
28. Тиратрон 49
29. Газоразрядные усилительные лампы . . . 51

Глава VI. Лампы для релаксационных схем . . . 53
30. Схема для релаксационных колебаний . . 53
31. Зуммер с газоразрядной лампой 56
32. Измерительный мост с газоразрядной лампой 58
33. Релаксационный контур с фотоэлементом . 58
34. Релаксационные схемы с безнакальными тиратронами 59
35. Релаксационные схемы с тиратронами. . . 60

Глава VII. Буферные лампы 62
36. Лампы для снятия перенапряжений 62
37. Ограничитель напряжения 64
38. С абилизаторы напряжения 65
39. Газоразрядный делитель напряжения . . . 68
40. Применение газоразрядных ламп для связи между контурами 70
41. Газоразрядный выпрямитель 70

Приложение. Параметры некоторых заграничных и советских газоразрядных ламп. 75

Редактор М. А. Перекалин Технический редактор И. М. Скворцов.

Сдано в пр-во 27/XII 1944 г. Объем 5,75 печ. лист. Уч.-авт. л. 9. Тир. 3000 экз.
Подписано к печати 2/VII 1945 г. Тип. зн. в 1 печ. л. 60192. Цена 7 р. 50 к.
А 19930 Формат бумаги 84×108/32 Заказ 1383

Типография Госэнергоиздата, Москва, Шлюзовая наб., 10.

Ц04 ~~2/1. 47г.~~ 22/II

87 97 - 5/I 50

56

Опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
27	13 снизу	никновения разряда составляет всего лишь около 10^{-6} сек., между тем	временем прекращения в 10^{-4} сек. Причиной этой	Тип.
35		Подписи к фигурам 53 и 52 поменять местами		Техн. ред.

к книге К. Нентвига „Газоразрядные лампы в технике".