

3) скопления ионизированного газа — газовые туманности в нашей Галактике.

Атмосфера Солнца не прозрачна для метровых — сантиметровых волн. Поэтому к нам приходит только та часть этих волн, которая излучается короной Солнца и слоями хромосферы, расположенными на высоте 2000—3000 км над поверхностью фотосферы Солнца. Это излучение Солнца колеблется, возрастая и убывая пропорционально площади пятен на Солнце.

§ 92. Ламповые генераторы электрических колебаний

В 1913 г. А. Мейснер изобрел замечательный способ генерирования незатухающих электрических колебаний посредством электронной лампы (§ 53). Схема *электронно-лампового генератора колебаний* показана на рис. 405. Колебательный контур подключен к аноду и катоду трехэлектродной лампы. Рядом с катушкой колебательного контура на том же каркасе намотана вторая катушка, один конец которой также присоединен к катоду лампы, а другой конец присоединен к сетке лампы. При правильном выборе режима лампы эта установка после начального «толчка», сообщенного замыканием цепи, дает незатухающие электрические колебания с частотой, определяемой емкостью и самоиндукцией контура.

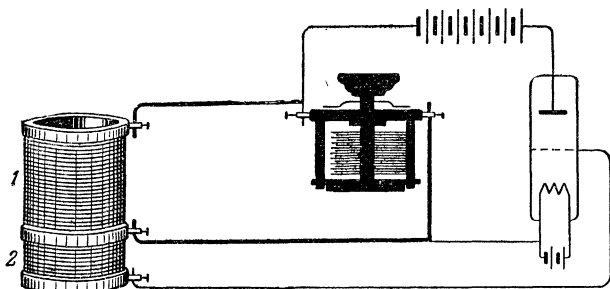


Рис. 405. Схема использования триода для самовозбуждения незатухающих электрических колебаний.

Самовозбуждение колебания производится электронной лампой следующим образом. В начальный момент вслед за замыканием цепи анода электронный поток устремляется внутри лампы от катода к аноду и во внешней цепи от анода через катушку контура 1 к катоду. Быстро нарастая, ток создает, проходя через катушку контура, магнитное поле, которое в момент своего образования индуцирует в катушке сетки 2 электродвижущую силу такого направления, что сетка лампы приобретает по отношению к катоду положительный потенциал. Появление положительного потенциала на сетке мгновенно увеличивает ток, проходящий через лампу и через катушку

контура. Это влечет за собой новое резкое (еще более быстрое, чем в первый момент по замыкании цепи) возрастание магнитного поля. В катушке сетки вновь индуцируется электродвижущая сила такого же, как и раньше, направления, но еще бóльшая по величине, пропорционально большей скорости возрастания магнитного поля; положительный потенциал сетки увеличивается. Увеличение положительного потенциала сетки мгновенно сказывается в увеличении анодного тока и т. д. Таким образом, в рассмотренной первой стадии процесса увеличение тока заряжает положительно сетку, что в свою очередь усиливает ток.

Но эта первая стадия процесса вскоре приводит к «кризису» и обрывается. Она обрывается тогда, когда на какой-то ступени возрастания тока скорость возрастания тока окажется меньшей, чем бывшая на предыдущей ступени. Магнитное поле контурной катушки, возрастая с меньшей скоростью, чем раньше, дает в сеточной катушке электродвижущую силу такого же, как раньше, направления, но уже меньшей величины. Потенциал сетки, оставаясь положительным, уменьшится, что вызовет уменьшение тока и остановку роста магнитного поля контурной катушки. Электродвижущая сила в сеточной катушке теперь не индуцируется, а потенциал сетки мгновенно падает до нуля. Вследствие этого ток резко уменьшается, магнитное поле контурной катушки быстро убывает и индуцирует в сеточной катушке электродвижущую силу, направленную противоположно прежнему. Сетка приобретает большой отрицательный потенциал и сразу «запирает» лампу — приостанавливает ток через нее, превращает ее в непроводник. Таким образом, во второй стадии (более короткой, чем первая) происходит кризисное падение потенциала сетки, завершающееся тем, что сетка получает большой отрицательный потенциал и запирает лампу.

Теперь выступает на сцену конденсатор контура. Лампа заперта, а контурная катушка запасла магнитную энергию. Магнитное поле катушки, исчезая, создает экстраток, который заряжает конденсатор; поток электронов, которому прегражден путь через лампу, сосредоточивается на пластинах конденсатора, приключенных к катуду.

Пластины, приключенные к аноду, приобретают высокий положительный потенциал. Этим завершается третья стадия.

В последующий момент времени происходит разряд конденсатора. Через контурную катушку электронный поток устремляется обратно к аноду; хотя магнитное поле катушки опять нарастает, но его полярность противоположна прежней, и поэтому электродвижущая сила, индуцируемая в сеточной катушке, имеет такое направление, что потенциал сетки остается отрицательным; лампа продолжает быть запертой. К моменту, когда потенциалы на клеммах конденсатора сравниваются, магнитное поле катушки достигнет максимума (конец четвертой стадии).

С этого момента, в связи с переходом от роста магнитного поля к его убыванию, изменяется направление электродвижущей силы, индуцируемой в сеточной катушке. Сетка, как и в первой стадии, приобретает положительный потенциал и открывает лампу, но лампа еще некоторое время бездействует, так как электродвижущая сила самоиндукции контурной катушки компенсирует электродвижущую силу батареи; напряжение на аноде мало и соответственно мал анодный ток. Магнитное поле контурной катушки, исчезая, гонит электроны к пластинам конденсатора, подключенным к аноду; туда же вскоре устремляется поток электронов, идущий из начинающей действовать лампы. Мгновенно здесь возникает высокий отрицательный потенциал (конец пятой стадии).

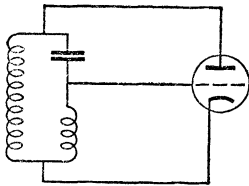


Рис. 406. Трехточечная схема лампового генератора колебаний

В последующую, шестую, стадию процесса повторяются с возросшей интенсивностью явления, происходившие в первой стадии: в контурной катушке одновременно протекают ток разряда конденсатора и ток, идущий через лампу.

Чем сильнее «самораскачиваются» электрические колебания в ламповом генераторе, тем крепче в нужный момент оказывается заперта лампа высоким отрицательным потенциалом сетки. Рассеяние энергии при колебаниях автоматически восполняется за счет энергии анодной батареи. Амплитуда колебаний лимитируется мощностью лампы; для увеличения мощности подключают параллельно несколько ламп.

Генераторные электронные лампы, рассчитанные на мощность 10—20 квт, имеют ток насыщения, превышающий 5—10 а при анодном напряжении 10 000 в.

В рассмотренной нами классической схеме Мейснера напряжения, подаваемые на сетку лампы, берутся (в данном случае посредством индуктивной связи катушек 1 и 2) из цепи анода. Такой принцип возбуждения напряжений в цепи сетки заимствованием их из цепи анода называют *принципом обратной связи*. Возможны различные видоизменения схемы. Вместо индуктивной обратной связи может быть применена емкостная обратная связь. Часто применяют так называемую *трехточечную схему*, в которой сеточной катушкой служит часть контурной катушки (рис. 406).

Математический анализ самовозбуждения колебаний показывает, что взаимная индуктивность M катушек, обеспечивающих обратную связь, должна быть не меньше величины, определяемой неравенством

$$M \geq \frac{Cr}{S} + \frac{L}{\mu},$$

где r , C и L —активное сопротивление, емкость и индуктивность колебательного контура анодной цепи, а μ и S —коэффициент усиления и крутизна сеточной характеристики лампы.

Таким образом, самовозбуждение колебаний наступает при тем меньшей величине взаимной индуктивности M обратной связи, чем больше коэффициент усиления и крутизна лампы и чем меньше все параметры колебательного контура: его активное сопротивление, емкость и индуктивность.

Питание ламповых генераторов осуществляют часто от динамо-машин, дающих ток для накала ламп и высокое напряжение для питания анодных цепей. Часто пользуются обычным переменным током: накал нитей подогревных ламп может производиться непосредственно переменным током, получение же высокого напряжения для питания анодных цепей производится применением трансформатора и лампового выпрямителя (кенотрона).

Так как на частоту генерируемых в контуре колебаний некоторое влияние оказывает режим работы лампы, то во избежание случайных изменений частоты, связанных с изменением режима работы лампы, применяют так называемые *пьезокварцевые стабилизаторы частоты*.

Небольшую пластинку, вырезанную надлежащим образом из кристалла кварца (§ 23), помещают в конденсатор K , подключенный к сетке лампы (рис. 407). Электрические колебания вызывают вынужденные механические колебания пьезокварцевой пластинки. Когда частота колебаний потенциала, подведенных к пластинке, близка к собственной частоте механических колебаний пластинки, происходит резонансное раскачивание колебаний пластинки. Колебательные изменения толщины пьезокварцевой пластинки сопровождаются в свою очередь появлением на ее гранях зарядов, изменение величины и знака которых поддерживает колебания потенциала на пластинках сеточного конденсатора K . Таким образом, случайные изменения частоты электрических колебаний, подведенных к конденсатору K , почти не сказываются на колебаниях потенциала сетки, которые происходят синхронно с собственными колебаниями пьезокварцевой пластинки. Затухание колебаний пьезокварцевой пластинки очень мало, декремент затухания меньше одной десятичной.

В схеме, показанной на рис. 407, обратная связь осуществляется через конденсатор небольшой емкости C . При генерировании высокочастотных колебаний межэлектродная емкость C_{ag} (анод—сетка в генераторной лампе) часто оказывается достаточной для реализации обратной связи и заменяет конденсатор C . Сопротивление R_g препятствует появлению на сетке больших (превышающих расчетное значение) отрицательных потенциалов, заряды стекают по этому сопротивлению.

Применение пьезокварцевых стабилизаторов позволяет поддерживать частоту ламповых генераторов колебаний постоянной с точностью до миллионных долей. Это используется в *пьезокварцевых часах*, которые представляют собой ламповый генератор колебаний с частотой колебаний, стабилизированной пьезокварцем, и с устройством для автоматического счета числа совершившихся колебаний. Пьезокварцевые часы несравненно точнее лучших хронометров. Они измеряют время с точностью до 10^{-8} . С помощью пьезокварцевых часов были обнаружены и изучены незначительные неравномерности скорости суточного вращения Земли.

Наряду с ламповыми генераторами, создающими гармонические колебания напряжения, часто применяются ламповые генераторы импульсов напряжения, резко отличающихся по форме от синусоидальных. Такие так называемые *релаксационные колебания* служат, в частности, для управления электронным лучом в осциллографах и телевизионных трубках. Пилообразные по форме импульсы напряжения подводят (в телевизионных трубках) к катушкам, создающим магнитное поле, отклоняющее луч, или (в осциллографах) к конденсатору, между пластинами которого проходит электронный луч, что позволяет получать равномерные во времени отклонения луча, прочерчивающего на экране

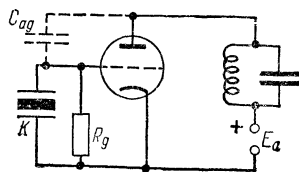


Рис. 407. Ламповый генератор колебаний с пьезокварцевым стабилизатором частоты

прямую линию—*развертку* луча. На рис. 408 показана схема лампового генератора, создающего пилообразные импульсы напряжения. Здесь два триода, объединенных в одном баллоне, причем сетки их соединены. Существенно, что анодная цепь первого триода (*блокинг-генератора*) весьма сильно связана с сеточной цепью через трансформатор, имеющий для увеличения взаимной индукции железный сердечник. Колебания в сеточной цепи определяются появлением заряда на конденсаторе C_1 и стеканием этого заряда через сопротивление R_1 на землю; чем меньше постоянная времени этой цепи ($\tau = C_1 R_1$), тем быстрее разря-

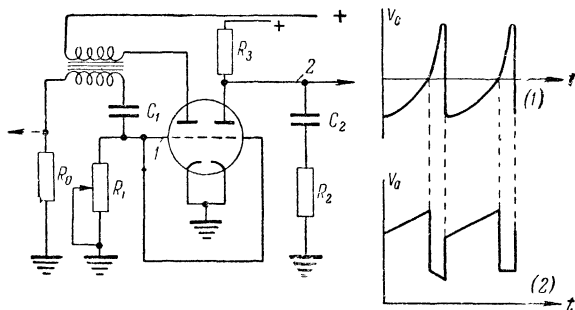


Рис. 408. Блокинг-генератор и генератор пилообразных импульсов напряжения.

жается конденсатор сетки C_1 . Если в начальный момент потенциал сетки был отрицателен и лампа блокинг-генератора (левый триод) была заперта, то, когда конденсатор C_1 разрядится, через лампу проходит быстро возрастающий ток; это быстрое возрастание тока обеспечивается тем, что при увеличении тока через трансформатор на сетку подается положительное напряжение (при включении обмоток трансформатора следует подобрать правильную полярность). Далее, существенно, что лампа блокинг-генератора работает в таком режиме, когда большому анодному току соответствует весьма большая утечка электронов через сетку; благодаря этому току сетки вслед за *положительным выбросом* (кривая 1 на рис. 408) напряжение на сетке снова становится отрицательным и лампа блокинг-генератора вновь оказывается запертой. Напряжение на аноде второго триода (кривая 2 на том же рисунке) резко и глубоко падает каждый раз, когда начинает проходить ток через лампу, так как в цепь анода включено большое сопротивление R_3 (порядка 0,5—2 *Мом*). Когда же лампа оказывается запертой, напряжение восстанавливается, возрастая приблизительно линейно, и с тем большей скоростью, чем меньше постоянная времени анодной цепи ($\tau = C_2 R_2$)¹⁾.

§ 93. Модуляция электрических колебаний

Рассмотрим, как происходит формирование радиосигналов. На передающей радиостанции мощный генератор колебаний возбуждает и поддерживает электрические колебания

¹⁾ Описанная схема (на двойных триодах 6Н8 или 6Н1П) применяется во многих наших телевизорах для формирования импульсов вертикальной (кадровой) развертки частотой 50 *гц*. Горизонтальные движения электронного луча в телевизионных трубках должны происходить с очень большой скоростью; импульсы, управляющие горизонтальной (строчной) разверткой, должны иметь значительную интенсивность; для их формирования схему рис. 408 дополняют лампой, увеличивающей амплитуду колебаний напряжения, и элементами цепей, улучшающими линейность.