

Л. Н. КОРАБЛЕВ

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА В ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНИКЕ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 13 VII 1949)

1. Произведенные автором экспериментальные исследования темного и тлеющего разряда низкого давления с холодным катодом показали возможность использования его для решения широкого круга задач импульсной радиотехники.

Нами был осуществлен ряд схем (усилитель, пересчетная схема, годоскоп и т. п.), в которых функции электронных ламп выполняют газоразрядные. Эти схемы при хороших электрических данных и надежности обладают большой экономичностью и простотой*. Ниже кратко излагаются основные экспериментальные результаты, лежащие в основе предлагаемых методов, а также описываются некоторые из осуществленных автором схем.

Измерения времени развития темного разряда показали справедливость закона $i_t = i_0 e^{kt/\tau}$, где t — время развития разряда от тока i_0 до i_t .

Измеренная автором зависимость временной постоянной развития разряда τ от $\Delta V = V - V_{i_0}$, где V — напряжение на лампе, V_{i_0} — напряжение, соответствующее точке i_0 вольт-амперной характеристики, достаточно хорошо удовлетворяется уравнением типа

$$\tau \approx k / \Delta V^n \quad (1)$$

при изменении ΔV в пределах от 0,1 до 100 V. Для лампочки МН-3 $k \approx 7 \cdot 10^{-5}$ и $n \approx 1,1$.

После достижения током значения $i_{\tau n}$, соответствующего началу заметно падающего участка вольт-амперной характеристики, дальнейшее развитие разряда происходит значительно быстрее, и практически временем развития разряда можно считать время:

$$t = \tau \ln \frac{i_{\tau n}}{i_0} \approx \frac{k}{\Delta V^n} \ln \frac{i_{\tau n}}{i_0} \quad (2)$$

2. Как видно из (2), уменьшить время развития разряда можно, увеличив начальный ток i_0 (вызывая темный разряд).

Во многих случаях это возможно осуществить, подавая на соответствующие электроды прибора напряжение $V_B \geq 2V_z$ через большое сопротивление R_1 ($10^7 \div 10^9 \Omega$), ограничивающее ток темного разряда до нужного значения i_0 . При этом на лампе автоматически

* Так например, первый годоскоп, работающий на неоновых лампочках, летом 1947 г. оказалось возможным собрать в экспедиционных условиях.

установится напряжение V_{i_0} , примерно равное V_z — напряжению зажигания (в случае горизонтальной вольт-амперной характеристики).

Легко видеть, что при достаточно большом R_1 неизбежные изменения и разброс V_{i_0} и V_B незначительно изменяют i_0 .

Этот метод, широко примененный нами в дальнейшем (см. ниже), уменьшает и стабилизирует время развития разряда и увеличивает чувствительность прибора к импульсам напряжения ΔV , так как, во-первых, при заданной длительности импульса для поджигания разряда требуется меньшее ΔV (2), а во-вторых, не требуется увеличения ΔV на величину $|V_z - V_B| > 0$, которая вследствие колебаний этих напряжений может быть во много раз больше импульса, непосредственно необходимого для зажигания разряда.

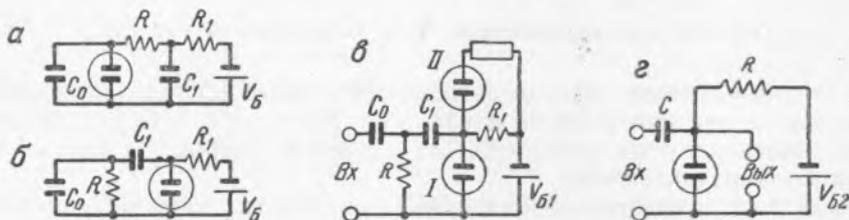


Рис. 1. $V_B \geq 2V_{i_0}$, $V_{zI} + V_{zII} > V_{BI} > V_{гаш I} + V_{гаш II}$, $V_z > V_{B2} > V_{гаш}$

3. Для стабилизации i_0 на падающем участке вольт-амперной характеристики должно выполняться известное условие

$$-\frac{dV}{di} < R < \frac{\tau}{C_0} \quad (3)$$

При величине емкости C_0 , близкой к критической $C_{кр} = \tau/R$ (выше которой невозможна стабилизация), выступает требование о достаточно стабильном напряжении источника питания V_B и напряжения V_{i_0} .

На рис. 1, а показана схема, обеспечивающая в этих условиях устойчивую стабилизацию разряда в точке i_0 при большом разбросе и медленных ($t > 10^{-3} \div 10^{-4}$ сек.) колебаниях V_{i_0} и V_B . Здесь большое ($10^7 - 10^9 \Omega$) сопротивление R_1 обеспечивает малые изменения тока. Большая емкость C_1 (0,01 — 0,1 μF) выполняет роль источника питания, напряжение которого автоматически следует за медленными изменениями V_{i_0} . Сопротивление R должно удовлетворять условию (3).

Схема рис. 1, б при малых токах и больших R дает тот же результат.

4. Поскольку вольт-амперная характеристика является кривой равновесных состояний разряда, из которых разряд выводится при наложении некоторого ΔV относительно V_{i_0} , то наблюдающиеся на опыте нестабильности следует отнести за счет флуктуаций разряда. В области падающего участка τ очень резко зависит от ΔV и, очевидно, от эквивалентных ΔV флуктуаций пространственного заряда.

5. Импульсный усилитель. Если к стабилизированному по схеме рис. 1, а и б газоразрядному прибору приложить импульс напряжения ΔV , при котором τ станет меньше RC_0 (сразу или по достижении тока $i_{тл}$, так как $\tau = f(\Delta V, i)$ в области токов падающего участка), то схема выйдет из равновесия. Зажжется тлеющий разряд. Ток, разряжающий C_0 , очень быстро увеличится в несколько десятков раз. По мере уменьшения напряжения на емкости C_0 ток

будет убывать, разряд перейдет в область токов темного разряда, и емкость C_0 через R зарядится до прежнего значения.

Ввиду инерционности разряда в соответствующих условиях емкость C_0 может разрядиться почти до нуля.

Разрядный импульс напряжения $V_{ус}$ может быть в несколько десятков раз больше ΔV , что дает возможность назвать схемы рис. 1, а и б импульсным усилителем напряжения.

По мере увеличения, ΔV и усиленный импульс $V_{ус}$ вначале почти пропорциональны. При приближении величины $V_{ус}$ к V_{i_0} наступает „насыщение“. Усиленный импульс противоположен по фазе первичному, запаздывает на небольшое время (2) и имеет длительность, в основном определяющуюся RC_0 .

Таким образом, схема может быть использована для формирования и растягивания импульсов, а также, при постоянных ΔV , для осуществления задержки импульсов во времени.

6. Включение последовательно с неоновой лампой, работающей в режиме усилителя, второй лампы позволяет поджигать последнюю усиленным и растянутым импульсом (рис. 1, в). Этим мы из двух неоновых лампочек получим своеобразное ионное реле или так называемый безнакальный тиратрон большой чувствительности. Такими „тиратронами“ автором были успешно заменены подогреваемые тиратроны в известной пересчетной схеме Винн-Вильямса. Это же было сделано и на стандартных безнакальных тиратронах, чувствительность которых была повышена применением изложенного выше способа.

7. Нами была осуществлена пересчетная схема, каждая ячейка которой состояла из одной неоновой лампы (рис. 1, г). Здесь первый импульс напряжения (который в этом случае требуется большой величины, так как начальный ток i_0 очень мал) зажигает лампу. Лампа горит до второго импульса, который, ввиду малого сопротивления горячей неоновой лампы, заряжает конденсаторы и своим обратным фронтом снова гасит ее.

Предел скорости счета для перечисленных пересчетных схем порядка 10^4 равномерных импульсов в секунду, т. е. их мертвое время, примерно равно мертвому времени счетчиков Гейгер-Мюллера, с которыми они обычно употребляются.

8. Годоскоп — прибор, применяемый при изучении космических лучей (1, 2), представляет собой систему, позволяющую одновременно в большом числе счетчиков Гейгер-Мюллера регистрировать разряды, совпадающие с некоторым управляющим, так называемым „мастер-импульсом“.

Каждый канал или „ячейка“ годоскопа состоит из усилителя импульсов относящегося к ней счетчика, схемы, отбирающей совпадения их с мастер-импульсом, и устройства, позволяющего регистрировать эти совпадения.

Обычно годоскоп представляет собой сложное и громоздкое радиотехническое устройство, состоящее из нескольких сотен радиоламп*, потребляющих значительную мощность на питание ячеек.

Автором была осуществлена схема годоскопа, каждая ячейка которого состояла только из двух неоновых ламп, потребляющих ничтожный ток ($10^{-5} \div 10^{-6}$ А на одну ячейку).

В этой схеме (рис. 2, а) неоновая лампа I типа МН-3 является усилительной. Цепь R_2C_2 поставлена для уменьшения длительности усиленного импульса до $2 \cdot 10^{-5}$ сек. Пятачковая лампа II отбирает совпадения усиленного и мастер-импульса, формируемого (10^{-5} сек.,

* Так например, в работе (1) применялось более 200 электронных ламп типа 1N5GT.

— 50 ÷ 100 V) в схеме управления искусственной линией, разряжаемой на небольшое сопротивление R_n через тиратрон T (рис. 2, б).

Величина и длительность импульсов выбраны так, что в отдельности они не успевают поджечь лампу II, и только в случае совпадения, т. е. суммирования их, в ней также развивается тлеющий разряд. Обе лампы вспыхивают и продолжают гореть от батареи V_{B1} в течение времени, необходимого для фотографирования пятачковой лампы, после чего цепь батареи на короткое время размыкается с помощью реле схемы управления. Тлеющий разряд прекращается, и схема приходит в исходное положение.

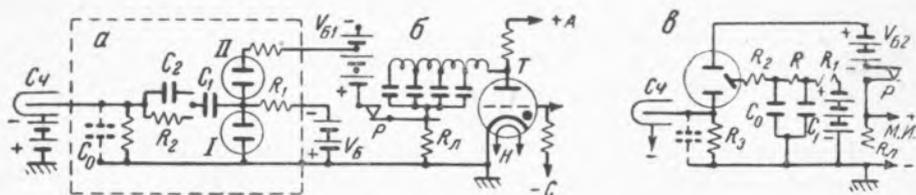


Рис. 2. $V_{zI} + V_{zII} > V_{B1} > V_{гаш I} + V_{гаш II}$, $V_z > V_{B2} > V_{гаш}$

Чувствительностью данная схема превосходит многие употребляющиеся схемы на электронных лампах. Предел разрешающей способности $2 \div 4 \cdot 10^{-5}$ сек.

9. Схема ячейки годоскопа на одной трехэлектродной неоновой лампочке (рис. 2, в) имеет значительно более высокую разрешающую способность, так как здесь регистрируются совпадения между мастер-импульсом (который может быть легко сделан достаточно коротким) и импульсом тока (длительность последнего равна длительности только переднего фронта усиленного импульса).

Для отбора совпадений использована зависимость напряжения зажигания между анодом и катодом от тока от катодом и управляющим электродом, т. е. от объемного заряда около катода. Этот ток сопротивлением R_2 ограничен в импульсе так, чтобы при рабочем напряжении на аноде тлеющий разряд не развивался. Лишь при увеличении анодного напряжения на величину мастер импульса (примерно +100 V) возникает тлеющий разряд. При отсутствии импульса от счетчика начальный ток i_0 управляющего электрода, а значит, и объемный заряд у катода малы, и за время мастер-импульса тлеющий разряд не успевает развиваться.

Приведенные схемы, конечно, не исчерпывают всех возможностей применения предлагаемых методов.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии Наук СССР

Поступило
10 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Алиханьян, А. Алиханов и А. Вайсенберг, ЖЭТФ, 18, 301 (1948). ² Л. Кораблев, А. Любимов и А. Миллер, ДАН, 61, № 4 (1948).