

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Л. Н. КОРАБЛЕВ

ПЕРЕСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА НЕОНОВЫХ
ЛАМПОЧКАХ

(Представлено академиком Д. В. Скобелевым 25 IX 1950)

1. Недавно появилось сообщение Мэнли и Бакли⁽¹⁾ о разработке ими пересчетной схемы, работающей на неоновых лампочках. Однако, несмотря на использование германиевых детекторов, максимальная допускаемая этой схемой скорость счета не превосходит 500 равномерно распределенных имп/сек. Следует отметить, что пересчетные схемы, работающие на неоновых лампочках, предлагаются не впервые. В частности, нами в 1948 г. было сообщено о разработке нескольких подобных пересчетных схем⁽²⁾.

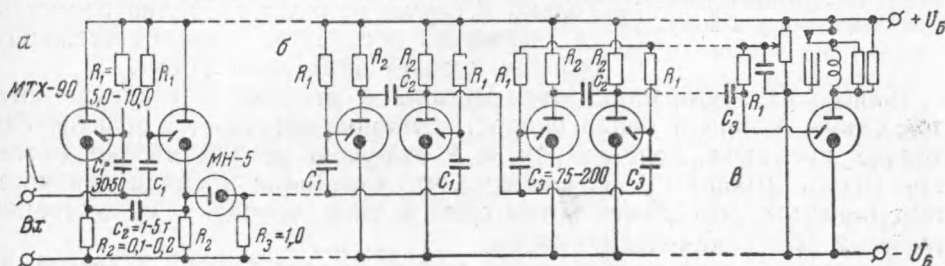


Рис. 1. Пересчетная схема, составленная из двухкратных ячеек

Неоновая лампочка является простой системой, имеющей два устойчивых состояния. Если на лампочку подано напряжение U_B , меньшее потенциала зажигания U_z , но большее потенциала гашения $U_{гаш}$, то она может быть как непроводящей, так и проводящей. Свечение разряда в последнем случае является индикатором того, в каком состоянии находится лампа. Задача заключается в том, чтобы поступающими на вход импульсами поочередно переводить лампу из одного состояния в другое. Регистрируя на выходе переход только в одно состояние, можно получить двухкратную пересчетную ячейку. Простейшая схема такого типа была нами опубликована ранее^(2,4).

2. Вторая разработанная нами пересчетная схема показана на рис. 1 и 2. Каждая двухкратная ячейка схемы работает на двух двух-анодных неоновых лампочках, в качестве которых могут быть использованы лампы МТХ-90, называемые иногда „безнакальными тиратронами“. Одна из этих ламп горит. Очередным положительным импульсом напряжения, подаваемым на пусковые аноды, зажигается другая лампа и гасится первая, так как скачок напряжения $U_B - U_{гор}$, образующийся на вспыхнувшей лампе, через соединяющий лампы конденсатор C_2 передается на первую лампу и вызывает уменьшение напряжения на ее электродах ниже напряжения горения. Следующий импульс опять меняет состояние лампы и т. д.

Время, определяющее разрешающую способность подобных схем, складывается из времени запаздывания зажигания разряда, времени развития тока тлеющего разряда и времени деионизации. Последнее определяет максимально возможную скорость восстановления напряжения на лампе после ее гашения, т. е. скорость заряда конденсаторов C_2 . Время запаздывания зажигания в предлагаемых схемах существенно уменьшено и стабилизировано применением ранее предложенного (^{2,5}) метода, заключающегося в том, что между рабочими



Рис. 2. 128-кратная пересчетная схема (внизу в кожухе)

электродами устанавливается предварительная ионизация с помощью самостоятельного темного разряда, поддерживаемого между ними же. Это достигается тем, что на пусковые аноды подается напряжение U_B , больше, чем потенциал зажигания, и ток возникающего разряда ограничивается большим сопротивлением $R_1 > 5M\Omega$ до значения меньшего, чем значение, соответствующее началу падающего участка вольт-амперной характеристики. При этом в лампе будет достигнута максимально возможная ионизация и на пусковом аноде ее автоматически установится напряжение зажигания. Начальный ток выбирается таким малым, чтобы он не вызывал зажигания тлеющего разряда с основного анода. Только в случае прихода очередного импульса вызванная последним вспышка тлеющего разряда вызовет зажигание лампы.

Благодаря применению этого метода, в отличие от вышеупомянутой схемы Мэнли и Бакли, скорость счета ограничивается практически только временем деионизации и в отдельно взятой ячейке может превышать 10 000 имп/сек. Отметим, что измерения времени деионизации показали, что даже лампы одного типа обладают существенно разными временами деионизации.

Зажигание ламп следующей ячейки может осуществляться за счет сильного роста напряжения во время заряда конденсаторов C_2 после того, как та лампа, с анода которой берется это напряжение, будет погашена (рис. 1, б). Однако, ввиду того что скорость заряда конденсаторов C_2 невелика, лампы следующей ячейки вспыхивают с заметным запаздыванием. Это запаздывание еще более увеличивается потому, что росту напряжения предшествует падение его, вызывающее уменьшение начального тока. Все это ограничивает скорость счета значением 500—700 имп/сек.

С целью повысить скорость счета в первых каскадах схемы применены вспомогательные неоновые лампочки типа МН-5 (рис. 1, а), включенные параллельно катодному сопротивлению одной из ламп ячейки. Напряжение батареи выбирается так, чтобы при зажигании этой лампы падение напряжения на ее катодном сопротивлении было несколько меньше потенциала зажигания лампы МН-5. Если далее от очередного импульса вспыхнет другая лампа ячейки, то такой же скачок напряжения, снимаемый с ее катода, сложившись с уже имеющимся напряжением на лампе МН-5, превысит потенциал зажигания последней и она вспыхнет. Образующийся на сопротивлении R_3 крутой положительный импульс вызовет срабатывание следующей ячейки. Этот метод позволяет увеличить скорость счета до 5000—7000 имп/сек. Реализация максимально достигаемой в отдельно взятой ячейке скорости счета затруднительна, ибо при большой частоте импульсов конденсатор C_2 успевает зарядиться лишь частично.

3. Третья разработанная нами схема, показанная на рис. 3, работает

по кольцевому принципу, т. е. зажигание разряда в одной из ламп влечет гашение разрядов в предыдущей и подготовку последующей лампы к зажиганию от очередного импульса. Гашение разряда в предыдущих лампах осуществляется с помощью конденсаторов C_2 , соединяющих катоды всех ламп. Зажигание разряда вызывается подлежащими счету положительными импульсами, подаваемыми на пусковые аноды всех ламп МТХ-90. Но для того чтобы очередным импульсом зажигалась только лампа, следующая после уже горящей, и не зажигались другие лампы, включены неоновые лампочки МН-3 между катодом каждой предыдущей и пусковым анодом последующей лампы.

Ввиду того, что потенциалы зажигания ламп МТХ-90 неодинаковы, начальный самостоятельный разряд может существовать только в одной из этих ламп. Если предыдущая лампа МТХ-90 не горит, то напряжение на пусковом аноде следующей лампы определяется потенциалом зажигания лампы МН-3, ибо он значительно меньше потенциала зажигания разряда с пускового анода МТХ-90. Ввиду того, что начальной ионизации в лампах МТХ-90 нет, приходящие импульсы не могут вызвать зажигания разряда. Только в случае, если предыдущая лампа горит за счет падения напряжения на ее катодном сопротивлении напряжение на пусковом аноде следующей лампы МТХ-90 увеличивается, и в ней возникает самостоятельный темный разряд, который как бы подготавливает лампу к зажиганию от очередного импульса. Вторая роль лампы МН-3 заключается в том, что они ограничивают амплитуду приходящих импульсов. Только в случае, если горит предыдущая лампа МТХ-90, темный разряд в соответствующей лампе МН-3 прекращается. Вследствие этого резко возрастает ее инерционность, и импульс попадает на пусковой анод следующей лампы МТХ-90 без уменьшения амплитуды.

Выходная лампа срабатывает от каждого n -го импульса, где n — число ячеек, определяющее коэффициент пересчета. Индикатором числа прошедших импульсов, не кратных n , является порядковый номер загоревшейся лампы. Следует отметить чрезвычайно высокую экономичность предлагаемой схемы, чем она резко отличается от других известных пересчетных схем, в частности, тиратронных. Мощность потребляемая 100-кратной пересчетной схемой, составленной из двух 10-кратных колец, составляет менее 0,1 вт. Такая экономичность близка к предельной, так как почти весь ток используется только на свечение двух ламп, являющихся индикаторами числа сосчитанных импульсов. Экономичность и простота схемы позволяют обходиться без механического счетчика на выходе, заменяя его несколькими добавочными 10-кратными кольцами. По разрешающей способности, доводимой до $1-1,5 \cdot 10^{-4}$ сек., предлагаемые схемы не уступают не только тиратронным, но даже некоторым схемам, работающим на электронных лампах, в частности, схемам Льюиса⁽³⁾. Разработка ламп, имеющих меньшее время деионизации, позволит еще больше сократить разрешающее время.

4. Принято считать, что простейшей схемой для приведения в действие механического счетчика импульсов является схема с тира-

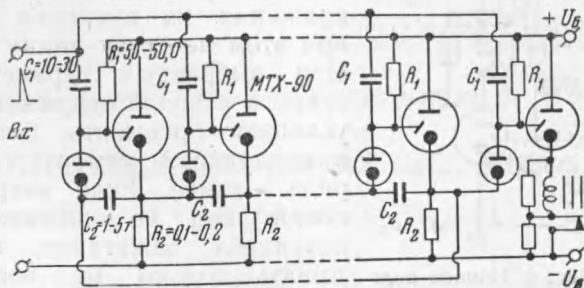


Рис. 3. Кольцевая пересчетная схема

троном⁽³⁾. Однако на рис. 4 показана более простая схема, работающая на неоновой лампе МТХ-90. Благодаря большой начальной ионизации чувствительность лампы значительно повышена. Схема может срабатывать не только от положительных, но и от отрицательных импульсов, если они не очень коротки и если их подавать от источника импульсов с невысоким внутренним сопротивлением. При подаче отрицательного импульса темный разряд прекращается, и конденсатор C_1 начинает быстро заряжаться. Ток темного разряда, могущий ограничить рост напряжения на пусковом аноде, вновь возникает при этом не сразу ввиду инерционности разряда. При выбранных параметрах за время развития темного разряда напряжение на конденсаторе C_1 успевает превысить потенциал зажигания. Это в следующий момент и вызовет зажигание разряда в лампе. Если напряжение, питающее пусковой анод, не слишком сильно превышает его потенциал зажигания, то схема будет срабатывать только от положительных импульсов (рис. 1, в).

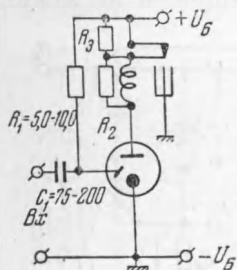


Рис. 4. Ионное реле

Вследствие наличия индуктивности обмотки счетчика или реле при размыкании анодной цепи возникает большой положительный импульс, эдс самоиндукции, заряжающий емкость разомкнутых контактов. По мере спадения эдс напряжение на аноде уменьшается. Если эдс велика, то потенциал анода становится отрицательным настолько, что возникает зажигание разряда при обратной полярности электродов лампы. Движение опускающегося якоря счетчика поддерживает эдс, и лампа горит вплоть до замыкания контактов снова. Так как разряд в лампе не имеет времени для деионизации, он тотчас вспыхивает вновь, вызывая „зуммирование“ счетчика. Включение размыкающих контактов так, как показано на рис. 4, и заземление сердечника счетчика позволяет уменьшить падение напряжения за счет деления его между емкостью контактов и емкостью обмотки. Включение сопротивления $R_3 > 5 \text{ M}\Omega$ позволяет плавно восстановить напряжение на аноде лампы. Это устраняет зуммирование другого типа, которое возникает вследствие ударного возрастания напряжения в момент замыкания контактов.

Применение конденсатора, включенного параллельно размыкающим контактам⁽³⁾, в случае применения неоновых ламп только ухудшает дело. Кроме того, применение его вызывает обгорание контактов, что снижает надежность работы. Включение в целях искрогашения конденсатора большой емкости (1 мф) параллельно обмотке счетчика⁽³⁾ снижает максимальную скорость счета и портит лампу. Включение сопротивления R_2 , в 3—10 раз большего сопротивления обмотки счетчика, так, как показано на рис. 4, позволяет уменьшить импульс эдс до допустимого значения $U = iR_2$, где i равно току, идущему через обмотку до размыкания. При скоростном счете этот метод почти не увеличивает расхода тока, если учесть ток, заряжающий конденсатор 1 мф.

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

Поступило
12 VII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. Manley and E. Buckley, Electronics, 23, No. 1, 84 (1950). ² Л. Кораблев, ДАН, 62, № 2 (1948). ³ В. Льюис, Методы счета альфа- и бета-частиц, М.—Л., 1949. ⁴ Л. Кораблев, Авт. свид. № 87398, приоритет 10 VII 1948. ⁵ Л. Кораблев, Авт. свид. № 87417, приоритет 10 VII 1948.