

О СТАБИЛЬНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ ГЕНЕРАТОРА НА ЛАМПЕ СО ВТОРИЧНОЙ ЭМИССИЕЙ

А. Ф. СЕРОВ, Л. И. ЮДИН

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

(Получено 17 февраля 1964 г.)

Приведены результаты экспериментального исследования стабильности длительности импульсов генератора на лампах со вторичной эмиссией 6В1П и 6В2П. Получены графики, позволяющие оценить нестабильность длительности импульсов генератора в зависимости от питающих напряжений в диапазоне длительности 20÷1000 нсек. Указана возможность регулирования длительности импульса в широких пределах изменением напряжения смещения на управляющей сетке лампы.

Работа импульсных генераторов на лампах со вторичной эмиссией детально рассмотрена в литературе [1—3]. Менее полно рассмотрен вопрос стабильности их работы.

Нестабильность длительности генерируемого импульса определяется нестабильностями: момента запуска, времени установления фронтов и длительности импульса. Рассмотрим эти нестабильности и их зависимость от режима в схеме одновибратора, выполненной на лампе со вторичной эмиссией (рис. 1) с обратной связью динод — сетка.

1. НЕСТАБИЛЬНОСТЬ МОМЕНТА ЗАПУСКА И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ФРОНТОВ

Нестабильность запуска Δt_3 (рис. 2) можно оценить из следующих соображений. Если входное напряжение нарастает по линейному закону $U_{вх} = At$, то время задержки между началом импульса и моментом отпи-

рания лампы

$$t_3 = (u_{ск1} - E_{с1})/A = \Delta U_{вх}/A. \quad (1)$$

Обычно в схемах такого типа $A \approx (1 \div 3) \cdot 10^{10}$ в/сек при $\Delta U_{вх} \leq 30$ в, $t_3 \leq 1 \div 3$ нсек. Нестабильность запуска

$$\frac{\Delta t_3}{t_3} = \frac{\delta(\Delta U_{вх})}{\Delta U_{вх}} - \frac{\delta A}{A}. \quad (2)$$

Эксперименты показывают, что при стабилизации питающих напряжений нестабильность Δt_3 в течение рабочего дня не выходит за пределы $3 \cdot 10^{-10}$ сек. При достаточно большой амплитуде запускающего сигнала и скорости его нарастания $A \approx (1 \div 3) 10^{10}$ в/сек длительность фронта импульса определяется практически временем формирования фронта на диноде лампы [1,2], т. е.

$$\tau_{\phi} = 3C_{п}/S_{дср}, \quad (3)$$

где C_0 — полная паразитная емкость, $S_{дср}$ — средняя крутизна тока динода по первой сетке. Обычно $\tau_{\phi} \approx 2 \div 5$ нсек. Нестабильность его в основном определяется нестабиль-

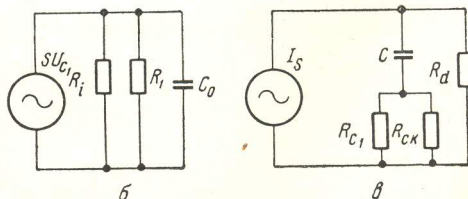
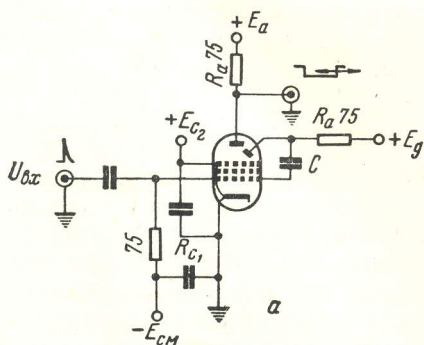


Рис. 1. а — схема генератора, б — эквивалентная схема формирования фронта импульса, в — эквивалентная схема формирования плоской части импульса

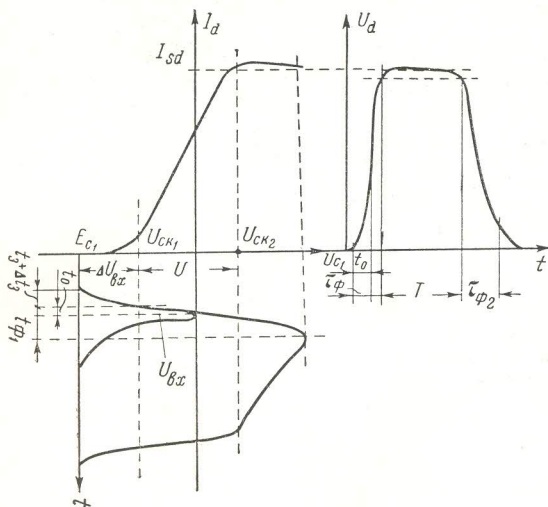


Рис. 2. Динодно-сеточная характеристика

ностью крутизны S_{dcp} . Из опыта известно, что в нормальных условиях эксплуатации в течение рабочего дня S_d не меняется более чем на несколько процентов. Таким образом, нестабильность фронта лежит в пределах $(3 \div 5) 10^{-10}$ сек.

Нестабильность спада импульса определяется величинами того же порядка.

2. СТАБИЛЬНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА

В процессе установления фронта импульса ток динода достигает значения I_{sd} (рис. 2), мало меняющегося за время длительности импульса. Кусочно-линейная аппроксимация характеристик позволяет достаточно просто провести качественные расчеты.

Формирование плоской части импульса происходит в соответствии с эквивалентной схемой (рис. 1, в). Усиление по контуру обратной связи в этом случае меньше 1. В процессе заряда емкости сеточное напряжение изменяется примерно по экспоненте до величины критического напряжения U_{ck2} , где усилительные свойства схемы восстанавливаются и лампа быстро запирается (рис. 2). Как показано в [1], при $E_{c1} = 0$ длительность импульса определяется выражением

$$T = R_2 C \ln \frac{U_{c1}}{U_{ck2}} = R_2 C \ln \frac{I_{sd} R_1}{U_{ck2}}, \quad (4)$$

где

$$R_1 = \frac{R_d R_c R_{ck}}{R_d + R_c + R_{ck}}; \quad R_2 = R_d + \frac{R_c R_{ck}}{R_c + R_{ck}},$$

$U_{c1}; U_{ck2}; I_{sd}; R_c; R_{ck}$ — соответствуют рис. 1 и 2, R_{ck} — сопротивление участка сетка — катод лампы. Введение постоянного смещения в цепь управляющей сетки лампы приводит к выражению:

$$T = R_2 C \ln \frac{I_{sd} R_1}{U_{ck2} - E_{c1}}. \quad (5)$$

Полная нестабильность длительности плоской части импульса

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta C}{C} + \ln^{-1} \frac{I_{sd} R_1}{U_{ck2} - E_{c1}} \times \left[\frac{\Delta I_{sd}}{I_{sd}} + \frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta (U_{ck2} - E_{c1})}{U_{ck2} - E_{c1}} \right] \quad (6)$$

сложным образом зависит от многих параметров, в том числе нелинейных, определяемых режимом работы лампы, в частности стабильностью питающих напряжений. Математический анализ такого выражения затруднителен. Целесообразно поэтому этот вопрос решить экспериментально. Так как, очевидно

$$T = f(U_H E_{c1} E_{c2} E_a E_d R_a R_d R_c C), \quad (7)$$

то, приняв $R_c R_d R_a C$ неизменными (что всегда можно обеспечить), получим:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\partial T}{\partial U_H} \frac{\Delta U_H}{T} + \frac{\partial T}{\partial E_{c1}} \frac{\Delta E_{c1}}{T} + \frac{\partial T}{\partial E_{c2}} \frac{\Delta E_{c2}}{T} + \frac{\partial T}{\partial E_d} \frac{\Delta E_d}{T} + \frac{\partial T}{\partial E_a} \frac{\Delta E_a}{T}.$$

Получив экспериментально значения $\partial T / \partial U_H$, $\partial T / \partial E_{c1}$, $\partial T / \partial E_{c2}$, $\partial T / \partial E_d$, $\partial T / \partial E_a$, легко оценить допустимые нестабильности напряжений накала, смещения, экранной сетки, динода и анода с тем, чтобы общая нестабильность $\Delta T / T$ не превышала выбранной величины.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Естественно, измерения не могут охватить всего разнообразия возможных режимов, поэтому ниже приводятся результаты измерений для 6В1П и 6В2П в номинальном режиме в соответствии со схемой (рис. 1). Во всех измерениях амплитуда пускового импульса ~ 50 в, частота пусковых импульсов синхронизирована с частотой сетевого напряжения. На рис. 3, а и б приведены ха-

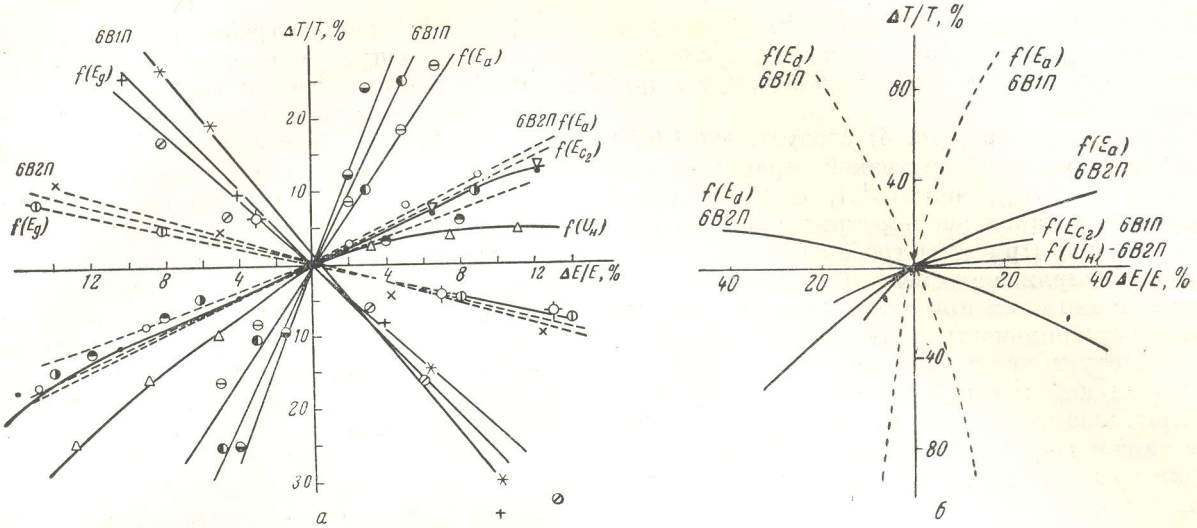


Рис. 3. Зависимость длительности импульса для 6B1П и 6B2П от анодного, диодного, экранного, накального напряжений при различных R_2C : а — в крупном; б — мелком масштабе.

ракетные зависимости изменения длительности импульсов от питающих напряжений для различных значений R_2C , обеспечивших длительность импульса $T = 50; 250$ и 1000 нсек. Как видно, при разных длительностях кривые достаточно хорошо совмещаются.

Ход кривых представляется вполне естественным. Например, увеличение разности напряжений между анодом и диодом приводит к увеличению тока I_{sd} . Действительно, при падении напряжения на нагрузке, сравнимом с напряжением между анодом и диодом, максимальный ток I_{sd} определяется не только перераспределением катодного тока, но и пространственным зарядом в области анод — диод. Следует отметить, что режим пространственного заряда выгоден тем, что практически исключается зависимость выходных параметров от медленного старения эмиттеров [4]. Зависимость длительности импульса от напряжения второй сетки E_{c2} (рис. 3, а и б) объясняется тем, что с ростом E_{c2} сдвигается влево анодно-сеточная характеристика (рис. 2). Это ведет к уменьшению напряжения $U_{ск2}$ и соответственно увеличивает длительность импульса (5). Зависимость длительности импульса от напряжения накала объясняется увеличением средней крутизны лампы с ростом накала [5] и соответственно уменьшением $U_{ск2}$. Это увеличивает длительность импульса (5).

Представляет интерес зависимость длительности импульса от напряжения сеточно-

го смещения E_{c1} . В соответствии с (5), длительность импульса меняется с изменением напряжения E_{c1} и может регулироваться в широких пределах. По результатам измерений зависимость длительности импульса от смещения в безразмерном масштабе времени I/R_2C представляет собой практически прямую линию. На рис. 4, а и б приведены зависимости $T/R_2C = f(E_{c1})$ для значений R_2C , обеспечивающих длительность импульса при $E_{c1} = U_{ск1}$ соответственно $T = 50;$

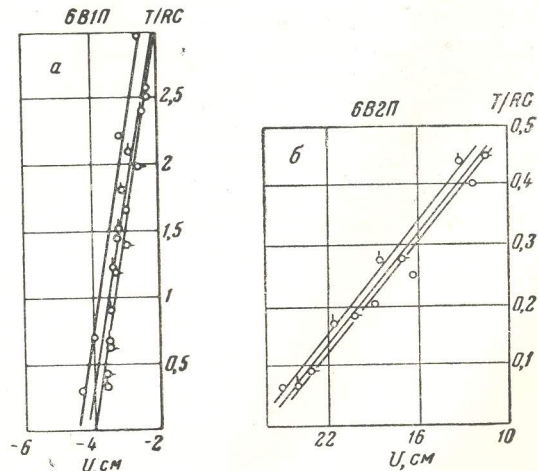


Рис. 4. Зависимость длительности импульса; а — для лампы 6B1П; б — для лампы 6B2П — от напряжения смещения на первой сетке E_c при различных R_2C

250 и 1000 *нсек* для 6В1П и 6В2П в номинальном режиме. Как видно из графика, характеристики хорошо совпадают друг с другом.

Из графиков (рис. 4) следует, что 6В2П обладает меньшей крутизной характеристики $T/R_2C = f(E_{c1})$, чем 6В1П, и обеспечивает примерно такое же перекрытие временного диапазона. При этом требования к стабильности напряжения смещения для 6В2П соответственно ниже при одинаковой относительной нестабильности длительности импульса.

Следует отметить, что графики (рис. 4) позволяют легко оценить величину R_2C (при заданной длительности импульса T), а также возможные пределы регулирования длительности импульса напряжением смещения на первой сетке E_{c1} .

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кривые (рис. 3 и 4) позволяют оценить нестабильность длительности импульса в зависимости от нестабильности основных питающих напряжений. Кроме того, они позволяют предъявить требования к стабилизации питающих напряжений при заданной нестабильности импульса в соответствии с (8). Например, при $T=200$ *нсек* и допустимой нестабильности 1 *нсек* нестабильность за счет каждого из питающих напряжений оказывается $\sim 0,2$ *нсек*, или 0,1%. Это означает, что для 6В2П накальное и экранное напряжение следует стабилизировать с точностью $\sim 0,2\%$ в номинальном режиме и 0,5% при увеличении этих напряжений на $7 \div 10\%$. Что касается питания анода и динода, то при использовании общего источника питания требуется стабилизация его с точностью $\sim 0,4\%$. Стабильность напряжения смещения первой сетки должна быть $\sim 0,1\%$.

Для 6В1П (рис. 3) требования к стабилизации питающих напряжений несколько выше. Как показывает практика [6], 6В1П достаточно надежно работает при повышенных напряжениях. При этом анодный ток увеличивается, а крутизна зависимостей длительности импульса от питающих напряжений несколько уменьшается.

Отмеченная зависимость длительности импульса от напряжения смещения позволяет регулировать длительность в широких пределах, не прибегая к оперативному управлению RC -цепями, непосредственно определяющими фронт, спад и длительность импульса. При этом оказывается возможным обеспечить минимальные паразитные емкости монтажа. Кроме того, такая регулировка позволяет вынести элементы управления длительностью импульса на любое расстояние от электронного блока, что в ряде случаев представляется весьма удобным.

Следует заметить, что приведенные выше результаты справедливы и по отношению к схеме с анодно-катодной связью.

Авторы пользуются возможностью поблагодарить В. С. Панасюка за полезные рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. С. Ицхоки, Импульсная техника, 1959, Сов. радио.
2. Г. В. Глебович, Л. А. Моругин, Формирование импульсов наносекундной длительности, 1958, Сов. радио.
3. Ion A. Nagnoi, IRE Trans Electr. Comput, 1960, 9, № 4, 439.
4. Н. О. Чечик, С. М. Файнштейн, Т. М. Лифшиц, Электронные умножители, 1957, Гостехиздат.
5. В. Ф. Власов, Электронные и ионные приборы, 1960, Сов. радио.
6. А. И. Веретенников, В. Я. Аверченков, А. Г. Егоров, Ю. А. Спехов, ПТЭ, 1961, № 2, 104.