

РЕГУЛИРОВКА ЗАДЕРЖКИ ПОЯВЛЕНИЯ ИСКРЫ ПОТЕНЦИАЛОМ ДОБАВОЧНОГО ЭЛЕКТРОДА В ПРОМЕЖУТКЕ

Г. С. КОРШУНОВ, Г. А. МЕСЯЦ

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института ядерной физики, электроники и автоматики при ТПИ)

В высоковольтных наносекундных импульсных устройствах необходимо иметь регулируемое время задержки появления искры t_3 в промежутке относительно момента прихода импульса напряжения (например, срезающие устройства [1]) или иметь постоянным это время при изменении амплитуды импульса (заострители [2]). Если величина фототока с катода достаточна, чтобы устранить статистическую составляющую времени t_3 , то при равномерном поле в промежутке для прямоугольного импульса напряжения при стримерном пробое [3, 4]

$$t_3 = \frac{1}{p} f\left(\frac{U_a}{p\delta}\right), \quad (1)$$

в для линейного фронта длиной t_ϕ с медленным нарастанием, когда коэффициент импульса близок к 1.

$$t_3 = \frac{t_\phi}{U_a} U_{пр}(p\delta). \quad (2)$$

Здесь f — функция, которая зависит от сорта газа; p — давление; δ — длина промежутка; U_a — амплитуда импульса; $U_{пр.}(p\delta)$ — статическое пробивное напряжение, которое зависит от произведения $p\delta$ (кривая Пашена).

Из (1) и (2) следует, что при неизменных параметрах импульса время t_3 можно регулировать величинами p и δ . Для отпаянных устройств эти методы непригодны для регулировки t_3 . В настоящей работе рассматривается метод регулировки величины t_3 при неизменных p и δ потенциалом добавочного среднего электрода в промежутке.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1, а. При поступлении импульса $U(t)$ разность потенциалов на первом промежутке составит $U(t) - U_0$. Если $R_0 \gg R_1 + R_2$, то после пробоя промежутка δ_1 средний электрод заряжается до потенциала $U(t)$, что обеспечивает пробой промежутка δ_2 . Обозначим статические пробивные напряжения промежутков через $U_{пр.1.}$ и $U_{пр.2.}$ Величина U_0 не должна превышать статического пробивного напряжения наиболее короткого промежутка, чтобы не вызывать его самопроизвольного пробоя.

Рассмотрим на примерах, как выбирается соотношение между δ_1 и δ_2 в зависимости от условий регулировки. Так как при данном давлении связь между $U_{пр}$ и δ однозначна (кривая Пашена), то для

определения соотношения между δ_1 и δ_2 достаточно установить соотношение между $U_{пр.1}$ и $U_{пр.2}$. Пусть при неизменной амплитуде пря-

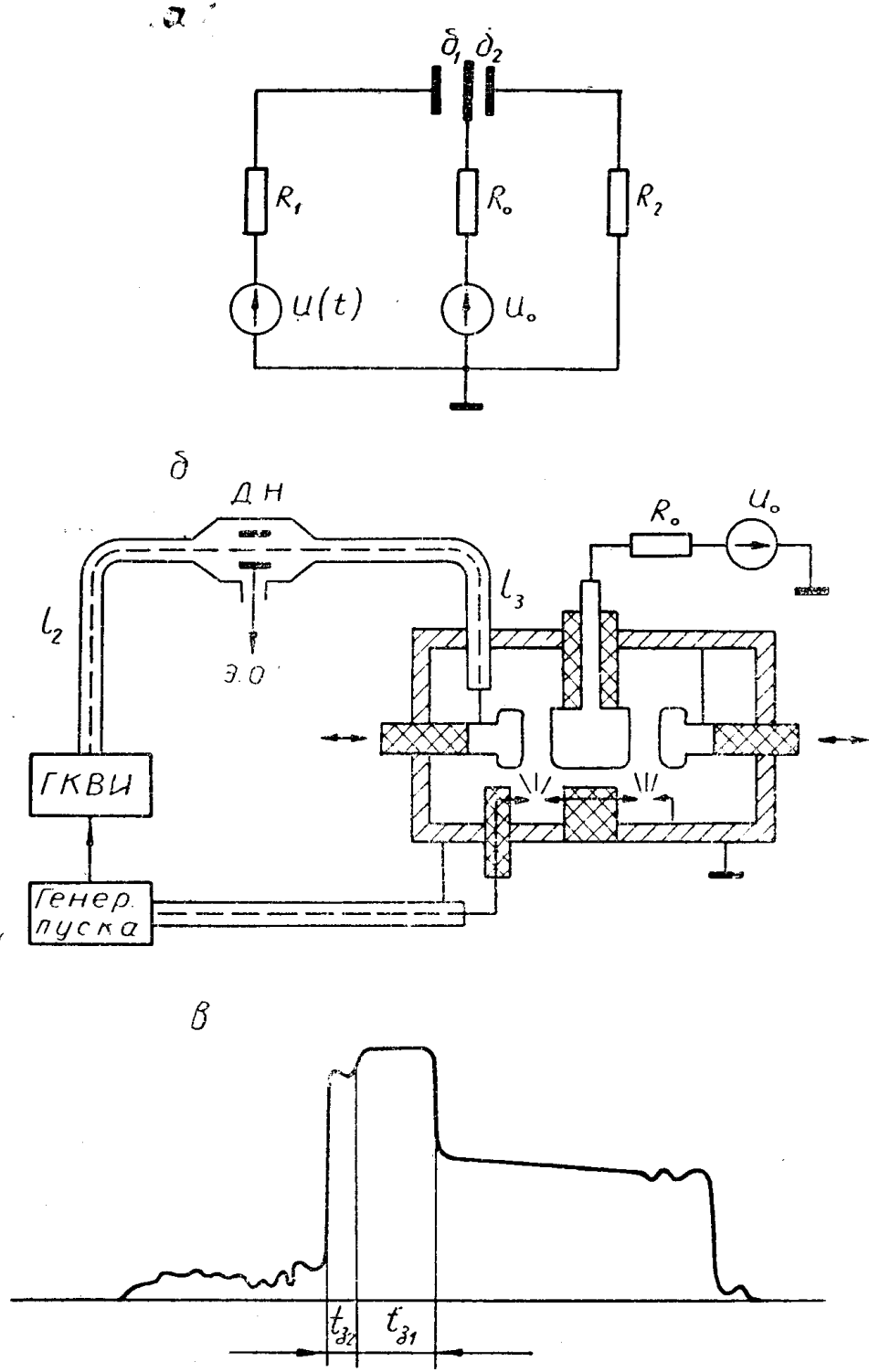


Рис. 1. а—Принципиальная схема, б—схема эксперимента

моугольного импульса U_a необходимо обеспечить некоторый интервал задержки.

Перенапряжения на промежутках δ_1 и δ_2 запишутся так:

$$\beta_1 = \frac{U_a + U_0}{U_{\text{пр.1}}}, \quad \beta_1' = \frac{U_a - U_0}{U_{\text{пр.1}}}, \quad \beta_2 = \frac{U_a}{U_{\text{пр.2}}}, \quad (3)$$

где U_0 — наибольшая величина потенциала добавочного электрода, β_1 , β_1' и β_2 — перенапряжения, соответственно, на δ_1 при наименьшем t_3 , на δ_1 при наибольшем t_3 и на δ_2 . Выберем β_2 так, чтобы запаздывание пробоя промежутка δ_2 было много меньше наименьшей величины t_3 . При этом β_1 будет примерно равно перенапряжению на δ_1 при наименьшей величине t_3 . Кроме того, очевидно, что $\beta_1' \approx 1$, так как при этом можно получить t_3 сколько угодно большим. Тогда

$$U_{\text{пр.1}} = \frac{2U_a}{\beta_1 + 1}, \quad U_{\text{пр.2}} = \frac{U_a}{\beta_2}. \quad (3')$$

Рассмотрим другой пример. Пусть нужно иметь $t_3 = \text{const}$ при изменении амплитуды импульса в интервале $U_{a.\text{max}} \div U_{a.\text{min}}$. Если пренебречь, как и в предыдущем случае, влиянием запаздывания пробоя промежутка δ_2 на t_3 , то необходимо иметь постоянным перенапряжение на промежутке δ_1 . При этом из (3) и (3') следует:

$$U_{\text{пр.1}} = \frac{U_{a.\text{max}} + U_{a.\text{min}}}{2\beta_1}, \quad U_{\text{пр.2}} = \frac{U_{a.\text{min}}}{\beta_2}. \quad (4)$$

Величина β_1 выбирается из условия получения заданной задержки t_3 . Так как в обоих случаях $\beta_2 > \beta_1$, то $U_{\text{пр.2}} < U_{\text{пр.1}}$ и $U_0 \approx U_{\text{пр.2}}$.

Определим еще соотношение между $U_{\text{пр.1}}$ и $U_{\text{пр.2}}$ при соблюдении (2), равенства времени t_3 , длительности фронта импульса t_ϕ и условия получения наибольшего отношения $\frac{U_{a.\text{max}}}{U_{a.\text{min}}}$.

Условие пробоя 1-го промежутка запишется так:

$$U_a - U_0 = U_{\text{пр.1}}. \quad (5)$$

Так как необходимо иметь

$$U_{\text{пр.2}} \leq U_{a.\text{min}}, \quad U_{\text{пр.1}} \leq U_{a.\text{min}} + U_0, \quad (6)$$

то $\frac{U_{\text{пр.2}}}{U_{\text{пр.1}}} < 1$, $U_0 \approx U_{\text{пр.2}}$. Определяя из (5) $U_{a.\text{max}}$ при $U_0 \approx U_{\text{пр.2}}$ и комбинируя это выражение с (6), найдем:

$$\frac{U_{\text{пр.1}}}{U_{\text{пр.2}}} = 2, \quad \frac{U_{a.\text{max}}}{U_{a.\text{min}}} = 3. \quad (7)$$

Следовательно, при длинном фронте импульса, когда время развития разряда в промежутке много меньше длительности фронта импульса t_ϕ , при неизменной длине зазоров можно иметь трехкратное изменение амплитуды при задержке появления искры $t_3 \approx t_\phi$.

Экспериментальная схема представлена на рис. 1, б.

Исследования проводились с разрядником, наполненным азотом. Стальные электроды диаметром 8 мм имели скругленные края. Длины промежутков δ_1 и δ_2 регулировались и могли подсвечиваться искрой. Подсветка осуществлялась так же, как в работе [5], за ~ 70 нсек до прихода импульса на исследуемый разрядник. Напряжение поджигающего импульса распределяется по поджигающим промежуткам (с электродами остриё — остриё) и вызывает пробой одного из них, после чего автоматически пробивается другой.

При фиксированной величине δ_1 и δ_2 исследуемые импульсы имели положительную полярность, длительность 300 нсек и длительность

фронта 0,7 нсек. Использовались осциллографы С1-14 и ОК-19М с разрешением соответственно 10^{-10} сек и 10^{-9} сек.

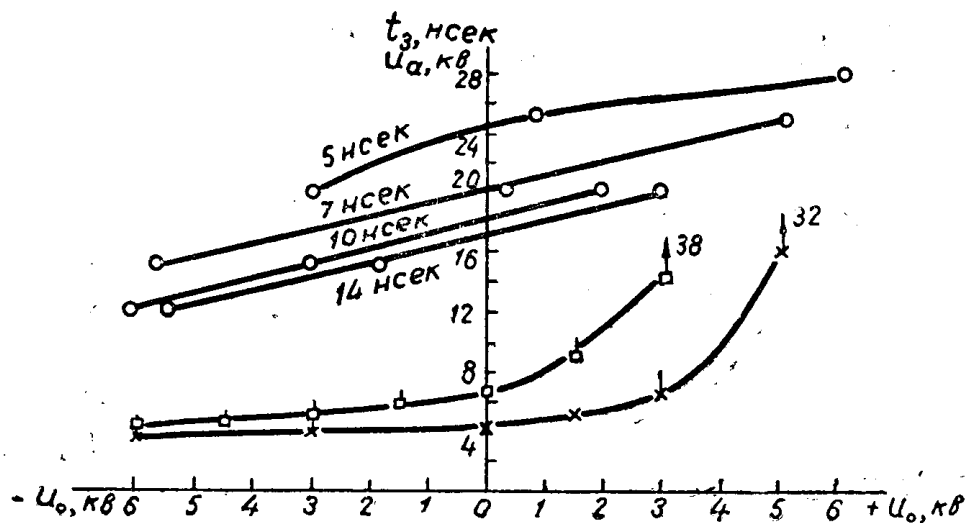


Рис. 2. Зависимости $t_3(U_0)$ для $U_a=20$ кВ, \square — $p=6$ атм, \times — $p=11$ атм; зависимости $U_a(U_0)$ для $t_3=5, 7, 10, 14$ нсек.

На рис. 2 представлены зависимости $t_3(U_0)$ для амплитуды $U_a=20$ кВ при давлении азота 6 и 11 ат и $U_{пр.1}=14$ кВ., $U_{пр.2}=7$ кВ. Из-за малой величины зазоров δ_1 и δ_2 устранить полностью статистическую составляющую времени t_3 не удалось. При $p=1$ ат она устраняется полностью. На рис. 2 кривые проведены через точки наименьших из наблюдаемых t_3 (из 15 отсчетов). На рис. 2 приведены также зависимости $U_a(U_0)$ при различных t_3 для давления азота 6 ат. Так как запаздывание пробоя δ_2 , много меньше, чем δ_1 , то в соответствии с (1) экспериментальные точки лежат на прямых линиях. При больших отрицательных значениях потенциала среднего электрода время t_3 слабо уменьшается с ростом этого потенциала. Это объясняется тем, что составляющая t_3 обусловленная пробоем δ_2 , остается неизменной и вносит существенный вклад в t_3 при значительном уменьшении составляю-

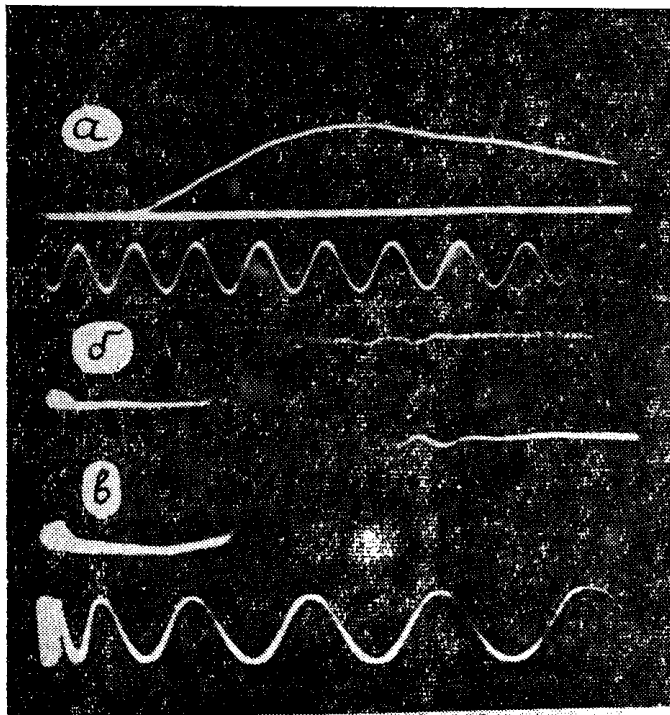


Рис. 3. Осциллограммы импульсов: а—первичный (период калибровочных колебаний $T = 10$ нсек); б, в преобразованные, при $U_a=10$ и 36 кВ, соответственно, ($T_k=2$ нсек). Импульс при $U_a=36$ кВ снят с ослабителем в 15 дцб.

щей t_3 , обусловленной пробоем δ_1 . Поэтому линейный ход зависимостей U_a от U_0 при $t_3 = 5$ нсек нарушается.

Разрядник с добавочным электродом под давлением азота 11 ат был использован в качестве заострителя фронта импульсов. Известно, что в заострителе при изменении амплитуды импульсов необходимо сохранять неизменным t_3 [2]. В двухэлектродных заострителях это достигается регулировкой длины зазора. При $U_{пр.1} = 14$ кв, $U_{пр.2} = 7$ кв, длительности фронта первичного импульса 30 нсек, минимальная амплитуда преобразованного импульса составила 10 кв, а максимальная — 36 кв. Следовательно, отношение $\frac{U_{amax}}{U_{amin}} = 3,6$, в то время как для

двухэлектродного заострителя при $\delta = \text{Const}$ это отношение немного превышает 1 [2]. Длительность фронта преобразованного импульса не превышала $8 \cdot 10^{-10}$ сек во всем интервале амплитуд импульсов. Осциллограммы первичного и преобразованных импульсов приведены на рис. 3, а, б, в.

Нетрудно показать, что рассмотренный разрядник может быть использован как вентиляльное устройство, т. е. срабатывать под действием импульсов одной полярности и не срабатывать при другой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Месяц. Труды III Межвузовской конференции по электронным ускорителям. Изд-во ТГУ. 1961.
2. Г. А. Месяц. ЖТФ, т. 35, № 3, 1965.
3. С. Браун. Элементарные процессы в плазме газового разряда. Госатомиздат, стр. 249, 1961.
4. Д. Мик, Д. Крэгс. Электрический пробой газов. ИЛ. 1961.
5. Г. А. Месяц, Ю. П. Усов, Г. С. Коршунов. Радиотехника и электроника, № 5, 1964.