

ՐԾՉՏԵՐ ԶՐԶՐԿԵՐՐ ԲԵՆՏՐՏՈՒՏ
ԵՐԵՎԱՆՍԿԻ ԲԻԶԻՇԵՍԿԻ ԻՆՏԻՏՄՏ

ԵՓԻ-ՓՅ-1(69)

Կ.Մ.ԱճաԿյան, Փ.Յ.ՅոսԿանյան

Յ.Գ.ՄելիԿյան

ՏՐԻԳԱՏՐՈՆ Տ ՄԱԼՈՅ ԱՄՓԼԻՏՄԾՈՅ
ՓՄՏԿՈՅՈՅ ԻՄՓՄԼՄՏԱ

ՅաԿազ 358

ՅՓ 07161

ՏԻՐԱԶ 150

ՄնօԿԻՏԵԼՅՈ-ԿՈՓԻՐՈՅԱԼՅԱՆ ԵՍԿՏՐ ԵՐԵՎԱՆՍԿՈՅ ԲԻԶԻՇԵՍԿՈՅ
ԻՆՏԻՏՄՏԱ, ԵՐԵՎԱՆ 36, ՄԱՐԿԱՐԻՅԱՆ 2

ԱՐՄՏ



ԵՐԾՉՏԵ

1969

ԵՐԵՎԱՆ

Исследована работа тригatrona, в котором в поджигающий промежуток внесена керамика с высокой диэлектрической проницаемостью. Приведены зависимости времени срабатывания и длительности фронта формируемого импульса от амплитуды пускового импульса, напряжения на разрядном промежутке и величины недонапряжения. Исследовался диапазон коммутируемых напряжений от 6 до 30 киловольт, давление в разрядном промежутке изменялось в интервале 1+5 атм.

Основными величинами характеризующими работу тригatrona являются следующие: 1) амплитуда пускового импульса U_n ; 2) время срабатывания t_c и её разброс; 3) длительность фронта формируемого импульса t_ϕ и 4) диапазон рабочих напряжений. Уменьшение времени срабатывания тригatrona до величины порядка десятков наносекунд достигается путем увеличения амплитуды пускового импульса до десятков киловольт [1]. Величина t_c и её разброс уменьшаются с уменьшением длительности фронта пускового импульса, т.к. при этом вспомогательная искра инициирующая пробой основного промежутка формируется при большом перенапряжении. Уменьшение длительности фронта импульса тока основного разрядного промежутка до величины $\sim 10^{-9}$ сек., при условии минимальной индуктивности разрядного контура, можно достигнуть увеличением давления рабочего газа [2].

В последние годы разработаны управляемые разрядники [3,4] с амплитудой пускового импульса 500+2000В, временем срабатывания порядка $10^{-7} + 10^{-8}$ сек. В этих разрядниках в промежуток между пусковым и заземленным электродом внесен диэлектрик с большой

диэлектрической проницаемостью вплотную к пусковому электроду, в результате чего, при приложении пускового импульса, в зазоре диэлектрик-заземленный электрод электрическое поле достигает величины, достаточной для возникновения автоэлектронной эмиссии. Тригатрон описанный в работе [3] обладает малым временем срабатывания и, согласно авторам, $t_{\phi} = 1$ нсек при атмосферном давлении и коммутируемом напряжении до 25 кВ. Получить такие времена коммутации обычно удается при больших перенапряжениях на разрядном промежутке и давлении выше атмосферного [2, 5, 6].

В настоящей работе подробно исследована работа тригатрона, подобно описанному в работе [3], при давлениях рабочего газа (азот) 1 + 5 атм.

СХЕМА ЗАПУСКА И КОНСТРУКЦИЯ ТРИГАТРОНА

Пусковой импульс формируется релаксатором на лампе со вторичной эмиссией 6В2П. Возможность использования лампы 6В2П для получения высоковольтных импульсов показана ранее [7]. Схема релаксатора, приведенная на рис. 1, позволяет получать импульсы с амплитудой до 1100 В на нагрузке 75 Ом при повышении анодного напряжения до 2,5 кВ. Длительность генерируемых импульсов равна 35 нсек при длительности фронта ~ 2 нсек и относительном снижении вершины импульса равном 0,25.

Схематически экспериментальная установка приведена на рис. 2а. Конструкция разрядной камеры позволяла не нарушая герметичности изменять межэлектродное расстояние. Электроды разрядного промежутка представляют собой полусферы диаметром 2 см из нержавеющей

стали. Керамический конденсатор типа К15-4 ёмкостью 2200 пФ рассчитанный на 30 кВ помещался непосредственно в коаксиальную камеру и разряжался на кабель L_2 . Для предотвращения отражений кабель нагружался сопротивлением, равным его волновому сопротивлению, $R_H = 75$ Ом. Регистрация формируемого импульса производилась с ёмкостного делителя встроенного в кабель L_2 . Пусковой импульс поступал по кабелю L_1 и на пусковом электроде происходило удвоение амплитуды как на разомкнутом конце кабеля. Разрядная камера и делитель проверялись на отсутствие искажений путем пропускания через всю установку, при соединении пускового электрода с высоковольтным электродом, импульсов с фронтом равным $5 \cdot 10^{-10}$ сек. Форма фронта импульса, при этом, заметно не изменялась.

Конструктивно запускающее устройство выполнено как показано на рис. 2б. На пусковой электрод из латуни наносилась предварительно посеребренная с внутренней стороны клиндр из титаната бария, затем толщина стенок этого цилиндра доводилась до ~ 0,2 мм к концу электрода. Диаметр осевого отверстия в заземленном электроде должен соответствовать толщине пускового электрода с нанесенным на него титанатом у торца, чтобы, при прижиме последнего к отверстию, поверхность пускового электрода не нарушала общей геометрии поверхности заземленного электрода. Края отверстия заострялись, а пусковой электрод прижимался к отверстию пружиной. В отличие от работы [3], где между титанатом бария и заземленным электродом существует воздушный зазор равный $0,03 \pm 0,08$ мм, в нашей конструкции этот зазор сведен к микровзорам, что привело, как показано ниже, к уменьшению необходи-

мой амплитуды пускового импульса.

Осциллографические измерения проводились с помощью измерителя наносекундных временных интервалов И2-7, причем для отсчета времени срабатывания схема запуска управлялась от задающего генератора И2-7.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Минимальная амплитуда пускового импульса $U_{п.м.}$ зависит от толщины стенок цилиндра из титаната бария (см. рис. 2б) у торца пускового электрода; для изготовленных десяти образцов она колебалась в пределах 250-350в при атмосферном давлении. Однако этого напряжения не достаточно для электрического пробоя промежутка пусковой электрод-заземленный электрод по поверхности диэлектрика, перекрытие которого происходит при напряжениях 700-800в. Таким образом существует два режима работы тригatronа, безыскровой и искровой. С ростом давления азота от 1атм до 5атм $U_{п.м.}$ линейно увеличивается до величины 750-1000в. Минимальная амплитуда пускового импульса также зависит от величины недонапряжения на основном промежутке, так например, при $P=1атм$ и напряжении самопроизвольного пробоя $U_{пр.}=25кв$ с уменьшением рабочего напряжения с 24,5кв до 10кв $U_{п.м.}$ увеличивается с 300в до 1300в (здесь как и ниже приведены численные данные для одного из испытанных запускающих устройств, эти величины очень мало изменяются от образца к образцу).

Время срабатывания тригatronа t_c отсчитывалось с момента прихода импульса на пусковой электрод до момента, когда ток через основной промежуток достигает величины равной 0,2 амплитудного значения. Время срабатывания зависит от длины разрядного проме-

жутка, амплитуды пускового импульса, давления газа и величины недонапряжения $\Delta = (U_{пр} - U_0 / U_{пр}) \cdot 100\%$. На рис. 3 представлены графики зависимости t_c от напряжения на разрядном промежутке U_0 для разных давлений и амплитуд пускового импульса, причем величина недонапряжения равна 5%. Зависимость времени срабатывания от недонапряжения для разных давлений приведена на рис. 4. Как видим при высоких давлениях увеличение t_c с ростом недонапряжения на начальном участке кривых происходит медленнее чем при низких давлениях. Дальнейшее увеличение Δ приводит к быстрому увеличению времени срабатывания, растет также и нестабильность t_c . Разброс величины t_c при недонапряжении до 10% и амплитуде пускового импульса несколько большей минимальной равен 1-2 псек.

Длительность фронта высоковольтного импульса t_ϕ определялась как отрезок времени между $0,1 \cdot U$ и $0,9 \cdot U$, где U - амплитуда импульса. Измерения показали, что t_ϕ зависит от амплитуды пускового импульса, величины недонапряжения и давления. При амплитуде пускового импульса близкой к минимальной, t_ϕ минимально и очень стабильно, с ростом $U_{п.м.}$ длительность фронта растет и появляется нестабильность её величины. Эффект зависимости t_ϕ от амплитуды пускового импульса, наибольший при $P=1атм$, постепенно уменьшается с ростом давления, при этом уменьшается и абсолютное значение t_ϕ . Величина длительности фронта растет также и с ростом недонапряжения, однако при приближении величины недонапряжения к максимальному значению, при котором еще происходит запуск тригatronа, примерно 60%, она несколько уменьшается. В таблице приведены некоторые значения t_ϕ в зависимости от амплитуды пускового импульса, недо-

напряжения и давления при $U_{пр.} = 25$ кв. При меньших значениях $U_{пр}$ (т.е. с уменьшением межэлектродного расстояния) длительность фронта несколько меньше, так например, при $P=Iатм$ уменьшение $U_{пр}$ с 25 кв до 6 кв приводит к уменьшению минимальной длительности фронта с бисек до $\sim 4,6$ бисек. Таким образом, получить $t_{ф}$ менее 4,6 бисек при атмосферном давлении не удалось.

Δ (%)	P (атм)									
	1		2		3		4		5	
	U_{II} (в)	$t_{ф}$ (нсек)	U_{II} (в)	$t_{ф}$ (нсек)	U_{II} (в)	$t_{ф}$ (нсек)	U_{II} (в)	$t_{ф}$ (нсек)	U_{II} (в)	$t_{ф}$ (нсек)
2,0	155	6	160	3,9	250	2,9	350	2,3	430-1000	1,8
	250	7	450	5,2	450-1000	3,2	650-1000	2,5		
20	450-1000	9-13	450-1000	5,2-7,0						
	230	6,5	300	4,5	450	3,9	500-1000	2,9	550-1000	2,0
40	350-1000	10-17	350-1000	4,5-7,0	500-1000	4,6				
	350-1000	20-25	425	6,5	450-1000	4,9	550-1000	3,2	600-1000	2,3
60	450-1000	13	520-1000	6,0	650-1000	4,3	650-1000	3,0	750-1000	2,2

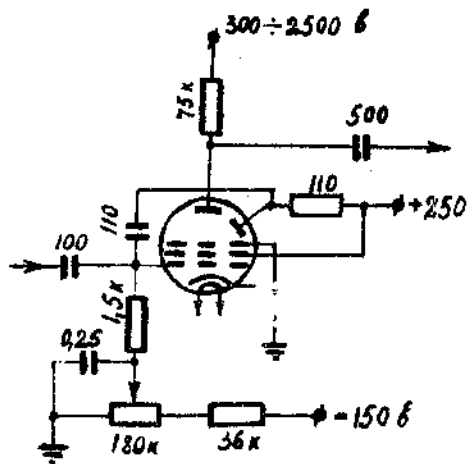


Рис.1. Схема запуска триггера.

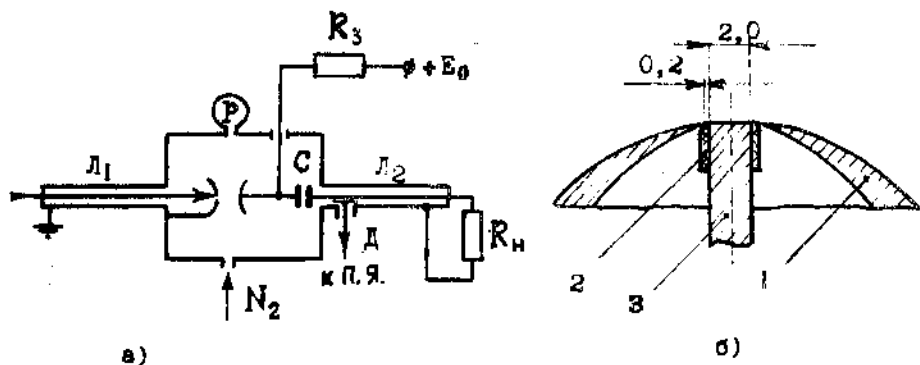


Рис.2. а. Экспериментальная установка.

Р- манометр, Д- ёмкостной делитель, П.Я.- пластины явления, L_1 - кабель РК-1, L_2 -кабель РК-8, R_n -нагрузочное сопротивление, С- формирующая ёмкость, R_3 - зарядное сопротивление.

б. Конструкция запускающего устройства.

1- заземленный электрод; 2- цилиндр из титаната ба-

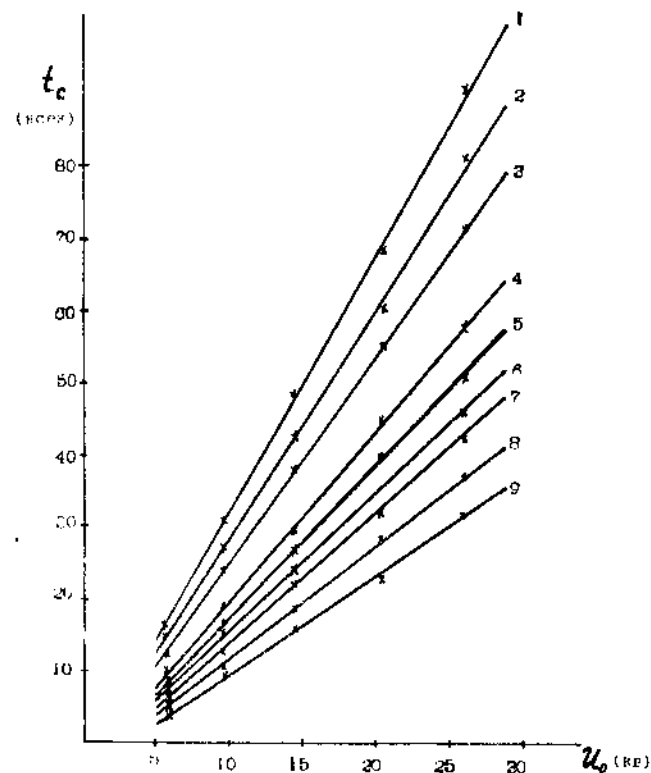


Рис.3. Зависимость времени срабатывания от напряжения на разрядном промежутке для разных давлений и амплитуда пускового импульса.

- 1.- $P=1\text{атм}$, $U_{\text{п}}=250\text{В}$; 2.- $P=1\text{атм}$, $U_{\text{п}}=350\text{В}$;
- 3.- $P=1\text{атм}$, $U_{\text{п}}=530\text{В}$; 4.- $P=1\text{атм}$, $U_{\text{п}}=900\text{В}$; и
- $P=2\text{атм}$, $U_{\text{п}}=340\text{В}$; 5.- $P=1\text{атм}$, $U_{\text{п}}=1100\text{В}$; и
- $P=2\text{атм}$, $U_{\text{п}}=450\text{В}$; 6.- $P=3\text{атм}$, $U_{\text{п}}=400\text{В}$;
- 7.- $P=3\text{атм}$, $U_{\text{п}}=900\text{В}$; 8.- $P=4\text{атм}$, $U_{\text{п}}=900\text{В}$;
- 9.- $P=5\text{атм}$, $U_{\text{п}}=1000\text{В}$.

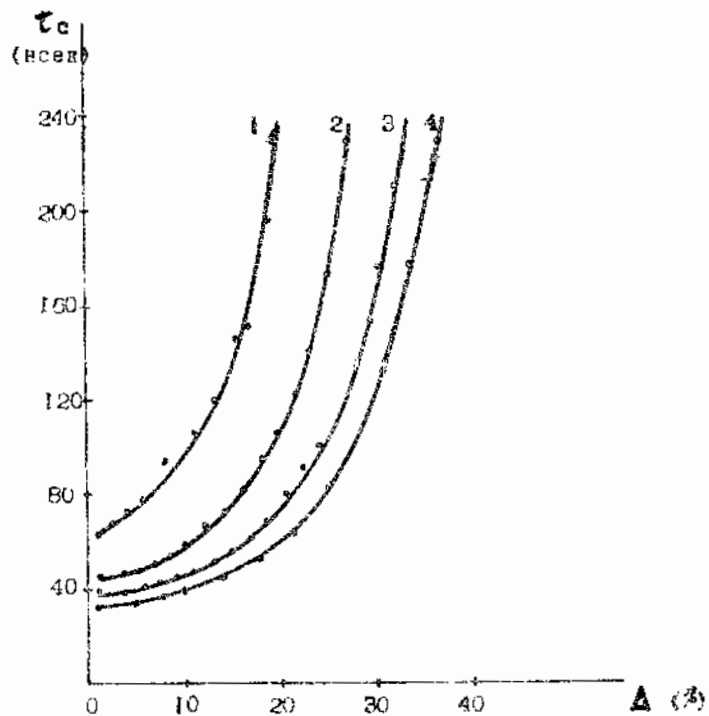


Рис.4 Зависимость времени срабатывания от недонапряжения.
 Напряжение самопроизвольного пробоя $U_{пр} = 27$ кВ, амплитуда пускового импульса $U_{п} = 550$ В. 1. - давление $P = 1$ атм; 2. - $P = 2$ атм; 3. - $P = 3$ атм; 4. - $P = 5$ атм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Theophanis T.A., Rev. Scient. Instrum., 21, No. 4, 427 (1960)
2. Г.А.Воробьев, Г.А.Месяц. "Техника формирования высоковольтных наносекундных импульсов". Госатомиздат 1963г.
3. Lavole T. Parker, Sh., Rev.Ch. and Schwartz D.M. Rev. Scient. Instrum., 25, No. II, 1977 (1964).
4. Г.М.Городицкий, Е.А.Дамаскинский, А.С.Денисов, М.П.Константинова, Е.М.Круглов, С.П. Круглов, ПТЭ, №2, 68, 1967
5. Г.А.Месяц, В.Н. Усов. Изв.Вузов, Энергетика, № 12, 31, 1961
6. Г.А.Месяц, Г.С. Коршунов, ЭТФ, 38, 646, 1968
7. В.Ф.Томашук, И.А.Радкевич ПТЭ, №4, 123, 1965

Рукопись поступила 18 июня 1969 года