

**Искровой генератор прямоугольных импульсов  
зажигания**

В.Ф. Панин, Л.К. Парфенов

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского Института высоких напряжений при Томском политехническом институте).

Согласно [1], в исследованиях, связанных с оптимизацией формы искродуговых импульсов зажигания, с измерением минимальных энергий воспламенения взрывоопасных парогазовых систем и изучением стабильности их концентрационных пределов воспламенения в условиях воздействия импульсов зажигания с большим спектром энергий и длительностей, целесообразно использование прямоугольных импульсов зажигания, т.е. импульсов, мгновенная мощность которых в течение инициирования остается постоянной или близкой к постоянной.

Для осуществления прямоугольной модели оптимального импульса авторами была разработана, выполнена и настроена электрическая схема, основными элементами которой, рис. 1, являются: собственно искровой генератор, поджигающий генератор, блок задержки импульсов, система отсечки импульсов напряжения (мощный импульсный тиратрон), блок регистрации, блок питания, высоковольтное зарядное устройство.

Электрическая схема генератора представлена на рис. 2.

Собственно генератором импульсов зажигания является разрядная схема, выполненная на основе накопительной емкости  $C_1$ , тригatronа  $T_1$ , разрядного сопротивления  $R_1$  и рабочего сопротивления  $R_4$ , изменением величины которого осуществляется регулирование энергии импульса, выделяющейся в рабочем искровом зазоре  $\Pi_2$ . Прямоугольность импульса зажигания достигается отсечкой "хвоста" импульса, близкого к экспоненциальному, в моменты времени, когда мгновенная мощность импульса

$$P(t) = u(t) \cdot i(t) \quad (1),$$

уменьшается не более, чем в 2 раза, по сравнению с мощностью импульса на его фронте.

Отсечка осуществляется с помощью блока отсечки, падающего отсекающий импульс на главный элемент системы отсечки - тиратрон ТГИ-400/16. Блок отсечки, запускаемый поджигающим генератором, собран на трех тиратронах; его параметры выбраны таким образом, чтобы было возможным регулирование длительности прямоугольного импульса зажигания в пределах  $10^{-6}$  +  $10^{-3}$  сек.

Ток и напряжение в рабочем искровом зазоре П2 измеряются с помощью токового шунта  $R_{ш}$  и емкостного делителя напряжения ДН1 - в блоке с осциллографом ДЭСО-1.

Запуск всей схемы осуществляется специальным, поджигающим генератором, собранным по той же схеме, что и собственно генератор прямоугольных импульсов зажигания.

Собственно генератор прямоугольных импульсов питается от выпрямительного блока напряжением до  $\pm 15$  кв. Схема генератора поджига запитывается от другого выпрямительного блока напряжением до  $\pm 5$  кв.

Анодные, сеточные и накальные цепи тиратронов запитываются от универсального источника СИП-1. Накальная цепь главного тиратрона ТГИ-400/16 запитывается от отдельного накального трансформатора. Изменение величины рабочего сопротивления  $R_4$  собственно генератора осуществляется с помощью серии реостатов из никрома, бифилярно намотанного на изоляционные цилиндрические каркасы.

Работа всей схемы генератора прямоугольных импульсов зажигания заключается в последовательности следующих этапов. Замыканием выключателя  $K_1$  на выход мостовой выпрямительной схемы подается напряжение  $-5 + 15$  кв, которое по цепочке  $R_{огр} - C_1 - R_1$  заряжает батареи конденсаторов  $C_1$ .

Перед пуском собственно генератора импульсов зажигания блок отсечки находится в исходном состоянии: емкости  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$  в анодных цепях тиратронов ТГЗ-0,1/1,3 (два) и ТГЗ-0,1/0,3 заряжены до напряжения  $+ 300$  в.

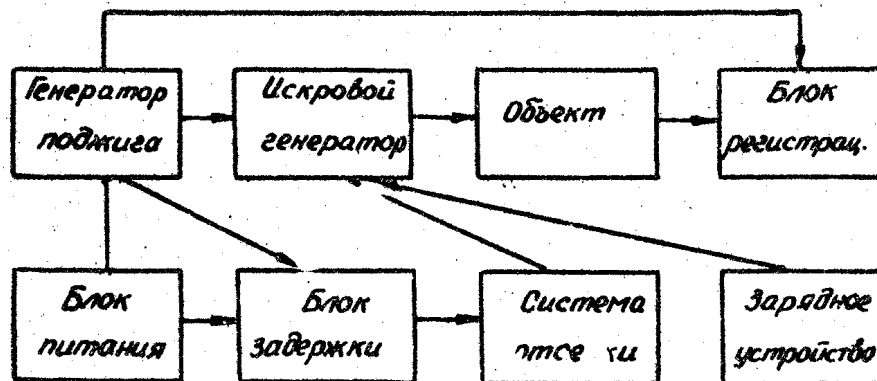


Рис. 1. Блок схемы искрового генератора прямоугольных импульсов зажигания.

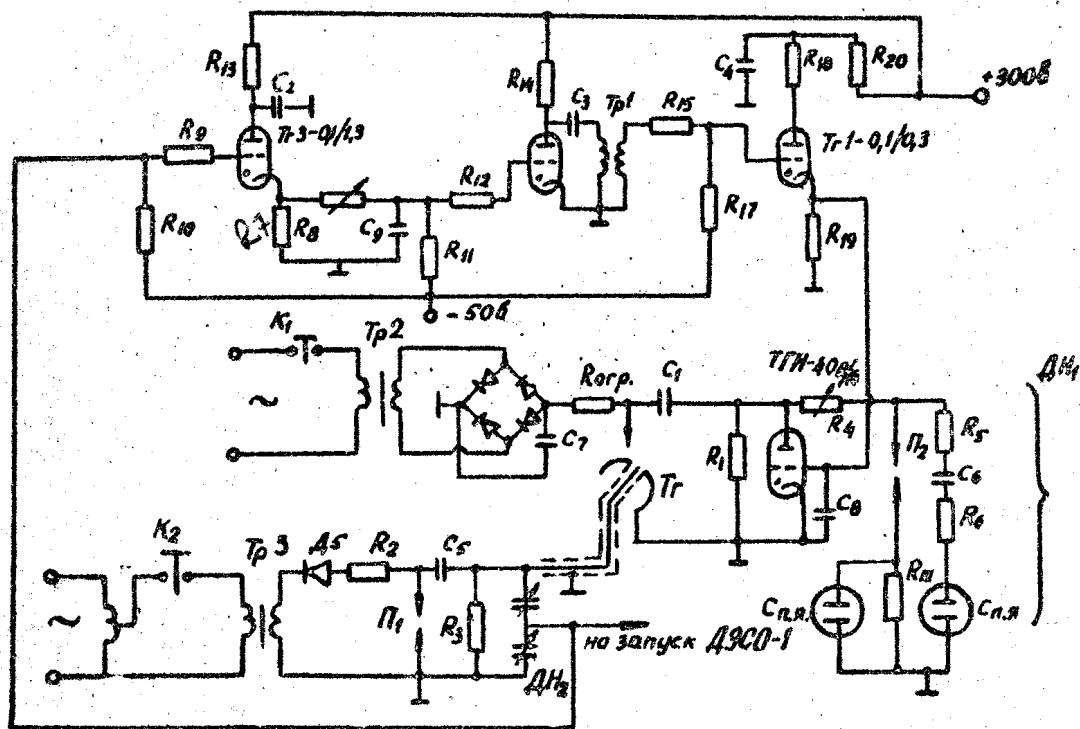


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема искрового генератора (пояснение обозначений и описание работы генератора приведены в тексте).

Замыканием кнопки  $K_2$  осуществляется подача напряжения от сети на трансформатор ТРЗ и, далее, на схему с выпрямителем Д5. Постоянная времени цепи заряда конденсатора  $C_5$  выбирается с достаточно малой, так что практически сразу происходит пробой искрового промежутка  $\Pi_1$  генератора поджига. Импульс напряжения с сопротивления  $R_3$  подается на тригatron Тг и поджигает его.

Происходит разряд емкости  $C_1$  на сопротивление  $R_1$ . Положительный импульс напряжения с сопротивления  $R_1$  через рабочее сопротивление  $R_4$  подается на рабочий искровой промежуток  $\Pi_2$  и токовой шунт  $R_{ш}$ . Напряжение на искровом промежутке, предварительно "разделенное" делителем напряжения ДН<sub>1</sub>, и ток через него фиксируются двумя лучами осциллографа ДЭСО-1.

Одновременно с поджигом тригatronа с делителя ДН<sub>2</sub> подаются импульсы: на запуск осциллографа ДЭСО-1 и на запуск блока отсечки.

Положительный импульс, приходящий на сетку первого тригatronа ТГЗ-0,1/1,3, открывает его, в результате чего емкость  $C_2$  разряжается на сопротивление  $R_7$ . Фронт прямоугольного импульса с сопротивления  $R_7$  "сглаживается" цепочкой  $R_8 C_9$ . Длительность фронта этого импульса и, соответственно, время до срабатывания второго тригatronа ТГЗ-0,1/1,3 регулируется величиной сопротивления  $R_8$ . При превышении величины напряжения на фронте импульса уровня смещения, открывается второй тригatron ТГЗ-0,1/1,3, и происходит разряд конденсатора  $C_3$  через первичную обмотку трансформатора ТР1, в результате чего со вторичной обмотки трансформатора на сетку тригatronа ТГ1-0,1/0,3 подается положительный импульс, открывающий его. Емкость  $C_4$  разряжается через сопротивления  $R_{18}$ ,  $R_{19}$  и тригatron; импульс с сопротивления  $R_{19}$  подается - через время требуемой длительности импульса зажигания, задаваемое сопротивлением  $R_8$  - на сетку

главного тиратрона ТГИ-400-16. Происходит отсечка тока через рабочий искровой промежуток П<sub>2</sub>: в течение долей микро-секунды ток в промежутке П<sub>2</sub> уменьшается до нуля.

Энергия, выделившаяся в искре, определяется разностью двух интегралов:

$$E_u = \int_0^{t_1} u(t) i(t) dt - \int_0^{t_1} R_{ш} i^2(t) dt \quad (2),$$

где,  $\int_0^{t_1} u(t) i(t) dt$  - интеграл для определения суммарной энергии, выделившейся в искре и в сопротивлении  $R_{ш}$ , в течение времени  $t_1$  действия импульса зажигания в зазоре П<sub>2</sub>.

$\int_0^{t_1} R_{ш} i^2(t) dt$  - интеграл энергии в сопротивлении  $R_{ш}$ ,  $u(t)$  - мгновенное значение напряжения, действующего между высоковольтным электродом промежутка П<sub>2</sub> и землей.

Типичные осциллограммы тока и напряжения и в импульсе зажигания приведены на рис. 3.

Были подсчитаны энергии импульса зажигания для нескольких установок рабочего сопротивления генератора  $R_4$ . при разрядном напряжении II кв, емкости  $C_1 = 3$  мкф, при длине искрового зазора П<sub>2</sub> 3 мм и длительности импульса 150 мксек. По данным вычислений построена зависимость  $E_u = f(R_4)$ , представленная на рис. 4. Аналогичные зависимости легко построить для других длин зазора П<sub>2</sub>.

Зависимости  $E_u = f(R_4)$  удобны тем, что они позволяют оперативно определить необходимый порядок величины сопротивления  $R_4$  для достижения требуемого или предполагаемого (по ходу опытов) уровня энергии  $E_u$ . Разумеется, при достижении какой-либо предельной величины (минимальной энергии или концентрационного предела воспламенения смеси, например), предполагается осциллографирование в каждом уточняющем опыте.

Для настоящего генератора регулирование энергии в импульсе зажигания осуществляется в пределах  $10^{-6}$  -  $10^{-1}$  дж, с

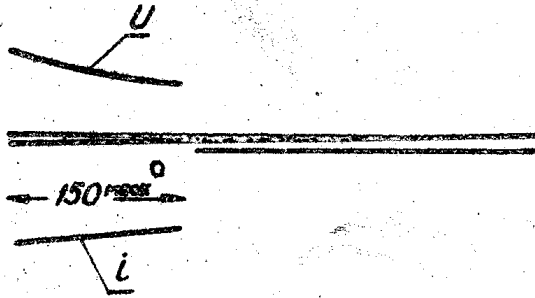


Рис. 3. Осциллограммы тока и напряжения в импульсе зажигания ( $R_4 = 2.5$  ом,  $C_1 = 3$  мкф., зарядное напряжение - 11 кв, энергия в импульсе зажигания 0,2 дж).

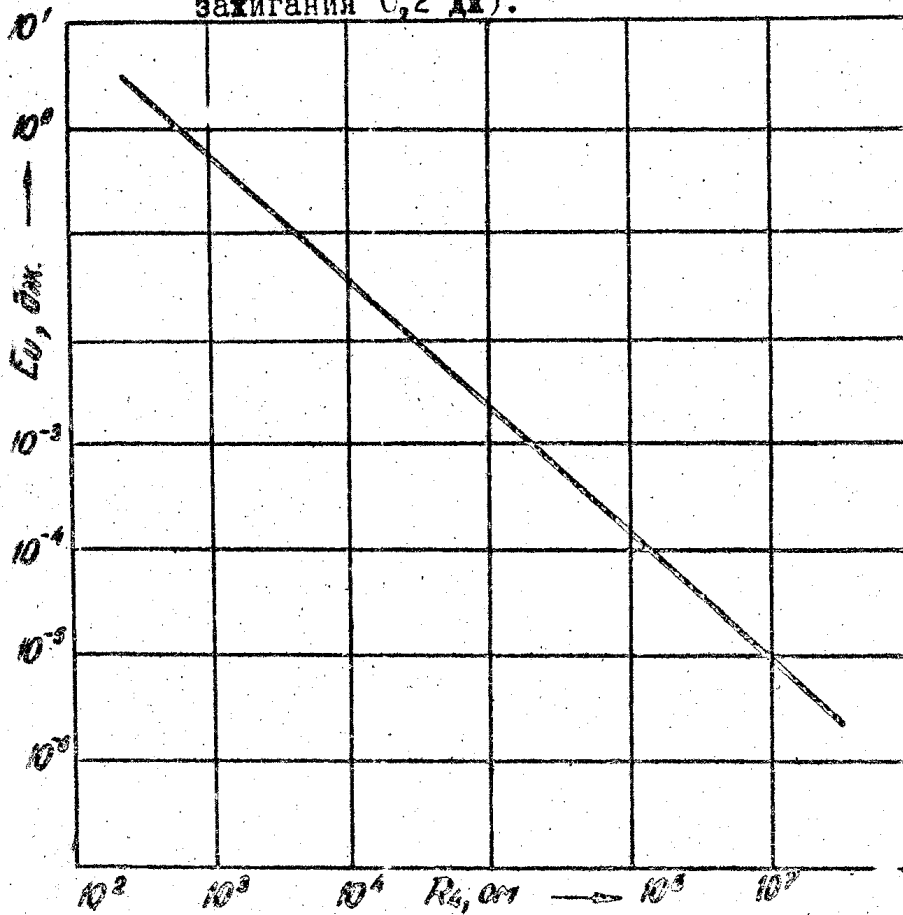


Рис. 4. Зависимость энергии импульса зажигания длительностью 150 мксек от величины рабочего сопротивления генератора для зазора  $\Pi_2$  длиной 3 мм.

минимальным уровнем разрешающей способности ( при наименьших энергиях импульса ) в доли микроjouля.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- I В.Ф. Панин, "О принципах построения зажигающих систем", настоящий сборник.