

О КРИТИЧЕСКОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ ПРИ ВОСПЛАМЕНЕНИИ МЕТАНО-ВОЗДУШНЫХ И ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

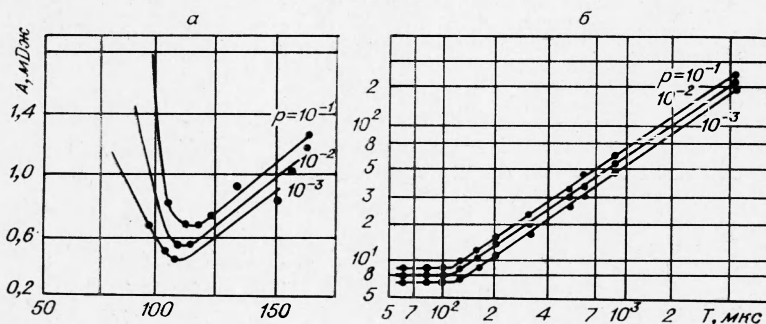
В. С. КРАВЧЕНКО, А. Т. ЕРЫГИН, В. А. ЯКОВЛЕВ
(Москва)

В связи с решением вопросов искробезопасности электрических цепей во взрывчатых средах экспериментально изучались зависимости минимальных воспламеняющих энергий электрических разрядов размыкания от их продолжительности в метано-воздушной и водородно-воздушных смесях наиболее легко воспламеняющихся составов (8,5% CH_4 и 20% H_2).

Исходя из условия, что воспламенение возможно лишь при образовании некоторого минимального ядра пламени, достаточного для поддержания в окружающем его фронте температуры горения, можно было предположить, что необходимая для образования такого ядра дополнительная энергия от источника зажигания зависит от длительности ее рассеяния и минимальна, если рассеивается за время формирования этого ядра. Рассеяние энергии после формирования минимального ядра пламени бесполезно для зажигания и только увеличивает общую энергию зажигания. Рассеяние той же энергии до истечения времени формирования минимального ядра создает более высокие энергетические и температурные градиенты и большие потери, что также может привести к увеличению энергии зажигания.

Ранее С. С. Светлом [1] были проведены исследования по определению влияния длительности искрового разряда на его воспламеняющую способность движущей пропано-воздушной смеси, состав которой отличался от наиболее легковоспламеняемого. Эти исследования показали, что при определенной длительности искрового разряда имеет место минимум воспламеняющей энергии. Однако несовершенство методики и экспериментальной установки не позволили получить значение этих минимумов воспламеняющих энергий разряда для выбранной скорости движения и давления пропано-воздушной смеси.

В данной работе с помощью взрывной камеры БВК-3 [2] с обычным искрообразующим устройством из размыкающихся стальных оцинкованных проволочек диаметром 0,35 мм в метано-воздушной смеси были определены воспламеняющие точки в зависимости от индуктивности цепи при э. д. с. источника 30 и 70 В для вероятностей воспламенения $10^{-1} \div 10^{-3}$. Увеличение индуктивности цепи приводило к снижению воспламеняющих токов на границе зажигания и к увеличению длительности электрических разрядов дуговых или многопробойных искровых.



Зависимости воспламеняющей энергии электрических разрядов, возникающих при размыкании индуктивных (а) и омических (б) цепей с э. д. с. источника питания 30 В (а) и 70 В (б), от их длительности при различных вероятностях воспламенения метано-воздушной смеси.

Длительности разрядов измерялись с помощью двухлучевого осциллографа С1-42. При дуговых разрядах размыкания токи в разрядах убывали, а напряжения возрастали по линейному закону. По осциллограммам тока и напряжения определялись электрические энергии зажигания трех тех же вероятностей воспламенения.

Полученные зависимости воспламеняющих энергий разрядов размыкания от их длительности носят экстремальный характер и указывают на наличие критического времени зажигания, при котором электрическая энергия зажигания минимальна (см. рисунок, а).

Измеренная таким образом величина критического времени зажигания оказалась постоянной для различных вероятностей воспламенения и различных э. д. с. источника питания и равной $100 \div 120$ мкс. Затем была проведена серия опытов, в которой длительности разрядов замыкания в камере регулировались путем закорачивания разрядного промежутка тиристором при постоянной индуктивности цепи. Время срабатывания тиристора регулировалось задержкой управляющего сигнала.

С помощью утолщенных контактов искропроизводящего устройства и соответственного повышения воспламеняющих токов были получены стабильные электрические дуги замыкания, напряжение и ток которых в течение всей продолжительности разряда практически не изменялись вплоть до $10\,000$ мкс. При различных значениях длительности разрядов устанавливались воспламеняющие токи при вероятностях воспламенения 10^{-1} , 10^{-2} и 10^{-3} и измерялись соответствующие им электрические энергии зажигания при э. д. с. источника постоянного тока 70 В.

Полученные при новом способе подачи энергии новые зависимости воспламеняющих энергий от длительности разрядов замыкания (см. рисунок, б) показали, что перелом графика и рост энергий зажигания с увеличением длительности разрядов начинается при том же критическом времени зажигания порядка 110 мкс — времени, как видно, не зависящем ни от параметров электрической цепи (напряжений, индуктивностей), ни от размеров контактов, ни от способа подачи энергии в разряд и, как показали следующие опыты, ни от скорости разведения контактов.

Аналогичные опыты по воспламенению водородно-воздушной смеси при регулировании длительности разрядов замыкания отсечкой тока тиристором показали, как и для метана, тот же характер зависимости электрической энергии зажигания от длительности разрядов замыкания. Критическое время зажигания водородно-воздушной смеси наиболее легко воспламеняющегося состава оказалось равным около 10 мкс.

Изложенное позволяет заключить, что измеренные таким образом критические времена зажигания для метано-воздушных и водородно-воздушных смесей не зависят от электрических и механических условий искрообразования, определяются только родом и состоянием этих смесей и по своему физическому смыслу соответствуют временам формирования минимальных ядер пламени.

Измеренное весьма приближенно Линтин и Вудингом [3] с помощью лупы времени и теневых съемок время формирования минимального ядра пламени для метано-воздушной смеси того же состава дало значение $100 \div 150$ мкс, т. е. оказалось весьма близким к измеренному нами критическому времени зажигания. Аналогичные исследования Личфильда [4] только для давления смеси $0,1$ ата дали значение критического времени зажигания, равное 700 мкс. Увеличение электрической энергии зажигания при сокращении длительности разрядов ниже критической путем уменьшения индуктивности цепи (см. рисунок, а) связано со значительным увеличением воспламеняющих токов (токи возрастают быстрее, чем убывают длительности разрядов) и с ростом контактных потерь — средняя мощность разряда, определяемая отношением энергии разряда к его продолжительности, здесь резко возрастает. Примерное постоянство энергии зажигания при сокращении длительности разрядов ниже критической путем отсечки тока тиристором (см. рисунок, б) объясняется постоянством потерь (токи и длительности изменяются обратно пропорционально). Увеличение энергий зажигания при увеличении длительности разрядов сверх критической и наблюдающееся при этом приблизительное постоянство средней мощности, поступающей в разряд, говорят о том, что при превышении критического времени, по-видимому, происходит бесполезная для зажигания трата энергии.

Поступила в редакцию
20/III 1973

ЛИТЕРАТУРА

1. Clyde C. Swett. Symposium on Combustion and Flame and Explosion phenomena, Baltimore, 1949.
2. В. И. Серов, Г. В. Хмель. Автоматическая взрывная камера типа БВК-3 для испытания электрических цепей на искробезопасность. Руководство по эксплуатации. Ротапринтный цех ИГД им. А. А. Скочинского. М., 1966.
3. D. R. Lintin, E. R. Wooding. J. Appl. Phys., 1959, 10, 159.
4. E. L. Litchfield. Combustion and Flame, 1961, 5, 3.