

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВВ

П. И. Зубков, Л. А. Лукьянчиков, Ю. В. Рябинин

(Новосибирск)

Развитие различных областей экспериментальной физики и техники требует создания мощных быстродействующих коммутирующих устройств [1]. Перспективными с точки зрения получения нужных параметров переключения являются коммутаторы, основанные на использовании конденсированных ВВ. Изучение электрических свойств продуктов детонации ВВ, заполняющих разрывы в электрической цепи и определяющих коммутационные характеристики размыкателей, стимулируется созданием оптимальной конструкции взрывного коммутатора.

В работе [2] исследовалась электрическая прочность продуктов детонации (ПД) заряда из тэна, расположенного между торцами цилиндрических электродов. Показано, что с экспериментальной точностью прочность промежутка до определенной стадии расширения ПД постоянная ($E = 100-120$ кВ/см). В дальнейшем прочность быстро падает. Сравнение экспериментально полученной зависимости электрической прочности промежутка от времени на участке быстрого спада с зависимостью давления в продуктах позволило высказать предположение, что электрическая прочность продуктов на данной стадии расширения в основном определяется их плотностью.

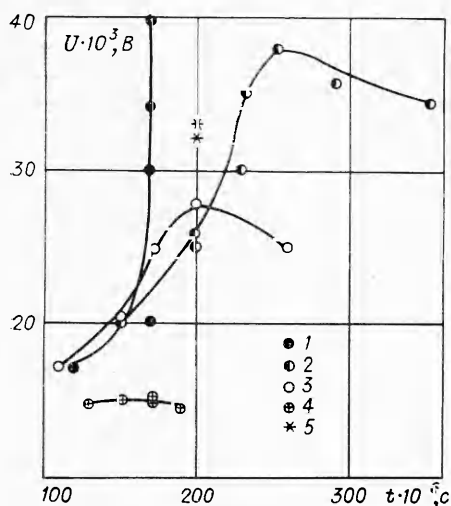
В данной работе представлены основные экспериментальные результаты исследования электрической прочности расширяющихся ПД конденсированных ВВ в условиях, когда их плотность значительно ниже плотности в детонационной волне, и статической прочности продуктов в области давлений 1—11 ат.

1. Электрическая прочность разлетающихся ПД. Цилиндрический заряд исследуемого ВВ инициировался высоковольтным импульсом в металлической гильзе. После выхода детонационной волны на торец заряда продукты взрыва начинали расширяться в трубу с внутренним диаметром 10 мм и далее в канал размерами 4×48 мм, в котором заподлицо со стенками устанавливались электроды диаметром 10 мм стационарного промежутка. Расстояние между электродами $4 \pm 0,1$ мм. В воздухе впереди продуктов образовывалась ударная волна. После прохождения ударной волной электродов на них в различные моменты времени подавался импульс напряжения с фронтом нарастания менее 10^{-6} с и последующим экспоненциальным спадом $9 \cdot 10^{-3}$ с. Амплитуда волны напряжения от опыта к опыту повышалась, пока не происходил пробой, совпадающий с моментом подачи напряжения. Затем делался шаг по времени в задержке подачи напряжения на электроды, опыты повторялись до тех пор, пока не выявлялся максимум электрической прочности ПД для данного типа ВВ.

Напряжение на промежуток подавалось со схемы умножения. Амплитуда напряжения на конденсаторах в схеме умножения регистрировалась киловольтметром С-96, а на электродах с помощью емкостного делителя — на осциллографе С1-42. Точность определения амплитудного значения напряжения составляла 3%.

Параметры зарядов: тэн и гексоген — диаметр 7 мм, высота 45 мм, плотность $1,0-1,1$ г/см³; тротил и аммонит (6ЖВ) — диаметр 9 мм, 7—8 мм тэна для инициирования основного заряда и 50 мм исследуемого ВВ плотностью $1,0-1,1$ г/см³.

Результаты обработки экспериментов по нахождению электрической прочности расширяющихся ПД представлены на фиг. 1 (1 — тротил, 2 — аммонит (6ЖВ), 3 — тэн, 4 — гексоген, 5 — тэн с добавкой фторопласта); видно, что вначале прочность повышается, достигает максимума и затем



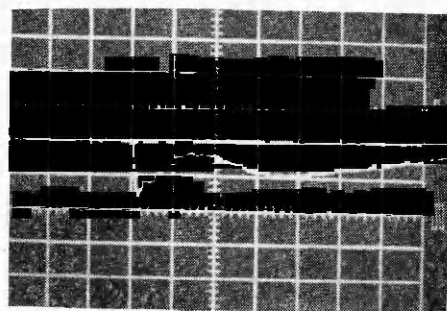
Ф и г. 1

пробой. Добавление фторопластовой стружки привело к увеличению прочности на 25%. Количественных оценок процентного содержания фтора сделано не было.

На данной установке найти максимальную электрическую прочность ПД тротила не удалось, так как неясно, к чему отнести наступивший пробой при напряжении в 44 кВ: либо к пробоем продуктов тротила, либо к пробоем по поверхности диэлектрика в канале. При помещении между электродами пластинки из оргстекла с размерами канала пробой по ее поверхности происходил при амплитуде напряжения 36—38 кВ. В опытах с тротилом продукты не пробивались и при 40 кВ. Кроме того, на осциллограммах для тротила при амплитудах 39—40 кВ не наблюдался пробой с задержкой, что характерно для других ВВ, у которых величина задержки с увеличением амплитуды напряжения уменьшалась.

Для определения характера изменения параметров ПД от времени в области электродов проводились измерения давления. В опытах использовался датчик, описанный в работе [3]. Сигнал с датчика и присоединенной емкости $C = 7,5 \cdot 10^{-9}$ Ф подавался на вход осциллографа С1-42. Статическая тарировка датчика проводилась на гидравлическом прессе с помощью электрометрического усилителя У5-6. Основная ошибка в определении давления осциллографическая. Точность амплитудного значения давления составляла 10—15%.

Осциллограмма давления ПД тротила приведена на фиг. 2. Осциллограф запущен одновременно с подачей инициирующего импульса. Цена деления по горизонтали 25 мкс/дел, по вертикали 100 ат/дел. Начальный пик на осциллограмме соответствует давлению во фронте ударной волны. Последующий спад давления объясняется неоднородностью течения. При выходе ударной волны из трубки в канал большего сечения волны боковой разгрузки понижают давление за ней. Затем давление продуктов возрастает до тех пор, пока к электродам не придет волна разгрузки от конца заряда, после чего оно спадает. При сопоставлении осциллограмм давления и графиков электрической прочности промежутка наблюдается совпадение начала роста давления с ростом электрической прочности. Необходимо отметить, что давление продуктов в области электродов меняется значительно сильнее, чем их прочность. Кроме того, по осциллограммам максимумы давления для ПД тэна и аммонита наступают



Ф и г. 2

спадают. Кроме чистых ВВ исследовался также тэн с различными добавками. Например, добавление соли NaCl до 40% веса заряда прочность не повышало. Опыты проводились при максимальном напряжении для чистого тэна, и всегда наблюдался

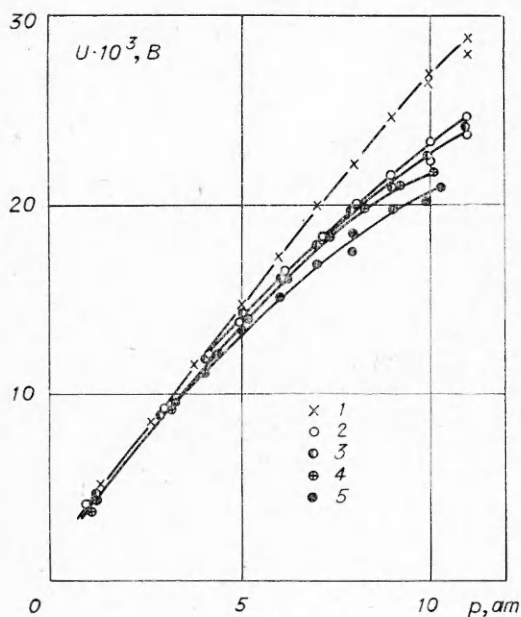
на 25 и 40 мкс раньше соответствующих максимумов их электрической прочности. Несовпадение максимумов прочности и давлений можно объяснить, если предположить, что прочность продуктов детонации наряду с общей концентрацией частиц и температурой зависит от концентрации промежуточных продуктов, обладающих малым потенциалом ионизации, которые выгорают в процессе разлета.

Полученные результаты не противоречат данным работы [2] (где не было явно выраженного максимума электрической прочности продуктов, а наблюдалось только насыщение), так как там плотность ПД между электродами с течением времени всегда спадала. Этим же можно объяснить меньшую величину максимальной электрической прочности ПД тэна в данном случае ($E = 70$ кВ/см) по сравнению с [2] ($E = 100-120$ кВ/см), потому что они соответствуют различным значениям плотности.

Повышение электрической прочности ПД тэна при добавлении в ВВ фторопласта можно объяснить понижением концентрации свободных электронов в продуктах из-за большого сродства фтора к электрону.

2. Статическая прочность ПД. Продукты детонации получались в специальной взрывной камере, позволяющей иметь остаточные давления после взрыва заряда до 15 ат. Камера соединялась с разрядником, объем которого много меньше объема камеры, что давало возможность проводить эксперименты над ПД данного заряда несколько раз. Давление в разряднике измерялось манометром с абсолютной ошибкой 0,1 ат. Разрядник тарировался воздухом. Расстояние между электродами в экспериментах $0,95 \pm 0,05$ мм. Для уменьшения процентного содержания воздуха в продуктах взрыва камера перед взрывом вакуумировалась до давления $10^{-1} - 10^{-2}$ мм рт. ст.

Через 20—30 мин после взрыва заряда ВВ разрядник подсоединялся к взрывной камере, продувался и заполнялся ПД до 11 ат. Затем на электроды подавалось медленно возрастающее напряжение. При этом фиксировалась величина напряжения при пробое промежутка, точность определения которой составляла 3%. При одном и том же давлении эксперименты проводились несколько раз для выяснения зависимости пробойной прочности промежутка от числа пробоев. После проводилось сравнение давления на одну атмосферу, и опыты повторялись. Таким образом, строились кривые Пашена (асимптотической прочности при большом числе пробоев) для каждой порции ПД, в дальнейшем эти кривые усреднялись.



Ф и г. 3

На фиг. 3 приведены кривые Пашена ПД после взрыва заряда (1 — воздух, 2 — тэн, 3 — гексоген, 4 — аммонит (6ЖВ), 5 — ЭВВ-8Г; статическая прочность ПД тротила совпадает с прочностью ПД гексогена); видно, что тарировочная кривая для воздуха при давлениях, больших 9 ат, начинает отклоняться от прямой.

Это можно объяснить сильной неоднородностью поля вблизи отверстия в электроде, через которое производится заполнение разрядника продуктами. В экспериментах с повышением давления наблюдалось перемещение катодных пятен в область большей кривизны электродов.

Общим для ПД всех исследованных ВВ является их более низкая электрическая прочность по сравнению с воздухом и увеличение этого различия с повышением давления. Необходимо отметить, что электрическая прочность ПД при первых пробоях после заполнения разрядника ниже, чем при последующих. Например, у тротила через 20—30 мин после взрыва она была на 25% меньше асимптотической прочности при большом числе пробоев. Через сутки эта разница составляла 15%. Аналогичные эксперименты с ЭВВ-8Г дали соответственно на 50% ниже прочность через 20—30 мин после взрыва заряда и на 25% — через сутки. Подобная тенденция для других исследованных ВВ выражена в значительно меньшей степени (порядка экспериментальной точности 5—7%).

Зависимость электрической прочности ПД от времени между взрывом заряда и подачей напряжения на разрядник, а также увеличение прочности промежутка с числом пробоев можно объяснить продолжающимися химическими реакциями в продуктах. Промежуточные продукты, обладающие малым потенциалом ионизации по сравнению с конечными продуктами ПД, с течением времени выгорают, в искре же этот процесс происходит быстрее. Этим же можно объяснить более слабый спад прочности разлетающихся ПД [2] после взрыва заряда, чем соответствующие изменения их плотности.

Поступила 23 V 1977

ЛИТЕРАТУРА

1. Кнопфель Г. Сверхсильные импульсные магнитные поля. М., «Мир», 1972.
2. Зубков П. И., Лукьянчиков Л. А., Рябинин Ю. В. Электрическая прочность разлетающихся продуктов детонации. — ПМТФ, 1976, № 1.
3. Андреев В. В., Лукьянчиков Л. А. Измерение пьезодатчиками давления при горении конденсированных взрывчатых веществ. — ПТЭ, 1970, № 6.

УДК 537.57

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОБИРАНИЯ ИОНОВ В ЖИДКОСТНЫХ ИОНИЗАЦИОННЫХ КАМЕРАХ

В. С. Завгородний

(Одесса)

В некоторых разделах физики, в частности в дозиметрии ионизирующих излучений жидкостными ионизационными камерами, сталкиваются с необходимостью измерения эффективности собирания ионов в жидкостях. Измерение ионизационного тока производят с помощью сложных измерительных устройств. Ток насыщения жидкости трудно получить даже при напряжениях, близких к пробойным, поэтому его определение зачастую проводят экстраполяционным путем.