

И. Е. БАЛЫГИН

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ СИЛЬНО ПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 26 I 1954)

При опытах с электрическим пробоем небольших промежутков дистиллированной воды, ацетона и этилового спирта обнаружены интересные особенности, не свойственные неполярным жидкостям. Чтобы ослабить термическое действие тока в разрядном канале, опыты производились при импульсном напряжении и ограничении этого тока последовательно с искровым промежутком включенными сопротивлениями. Напряжение на искровом промежутке и ток, текущий через него, записывались при помощи высоковольтного катодного осциллографа. Принципиальная схема опытов приведена на рис. 1, где r — ограничивающее сопротивление, C — измерительный сосуд и $R = 10^3 - 2 \cdot 10^3$ ом — сопротивление для измерения токов.

На рис. 2 приведена серия осциллограмм пробоев дистиллированной воды. На рис. 2, I записаны осциллограммы тока при пробе промежутка 0,2 мм между стальными шарами $d = 11$ мм. Напряжение при записи постепенно повышалось. Горизонтальные участки a представляют собой величины токов проводимости воды за время запаздывания в развитии пробоя. Период градуировочных по времени синусоидальных колебаний на оси абсцисс этих и всех последующих осциллограмм, у которых нет градуировочных цифр, равен 2,5 мсек.

Осциллограммы тока рис. 2, II записаны при пробое промежутка тока 0,2 мм между отрицательным стальным острием и латунной плоскостью. Напряжение при этих записях тоже повышалось от одной осциллограммы к другой. В одном случае пробоя промежутка не последовало (осциллограмма c) и был записан только ток проводимости. Осциллограмма тока III записана при пробое такого же промежутка, но между остриями; осциллограмма тока IV записана при пробое промежутка 1 мм между шарами; осциллограмма V — при пробое тоже промежутка 1 мм, но между отрицательным острием и плоскостью, и осциллограмма VI — при пробое промежутка 5 мм между стальными остриями.

Без перенапряжений на искровом промежутке развитие пробоя дистиллированной воды происходит прерывисто, как это можно проследить по пикам b рис. 2, I и II. Прогрессивно развивающийся пробой подавляется и через небольшой отрезок времени развивается вновь. При повышении напряженности поля пробой развивается непрерывно. Из осциллограмм видно, что во время горения искры в дистиллированной воде

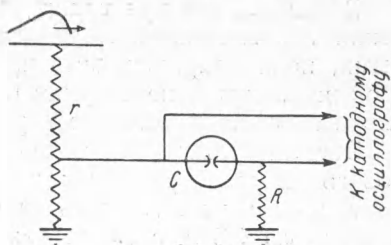


Рис. 1. Принципиальная схема проведения опытов

происходят очень быстрые частичные обрывы и последующие скачки тока, вызываемые деионизационными и ионизационными процессами в плазме канала. При резко неоднородных полях через вполне определенные периоды времени наблюдаются полные обрывы тока разряда m (см. рис. 2, II, III и V). Ток проводимости при этом не прерывается. В искровом канале после завершения пробоя, следовательно, создаются благоприятные условия для появления скачкообразной деионизации и восстановления диэлектрической прочности канала.

При определенной силе тока и напряжении разряд прекращается. Чем больше длина искрового промежутка, тем при большем токе и напряжении происходит это прекращение (см. точки k осциллограмм IV—

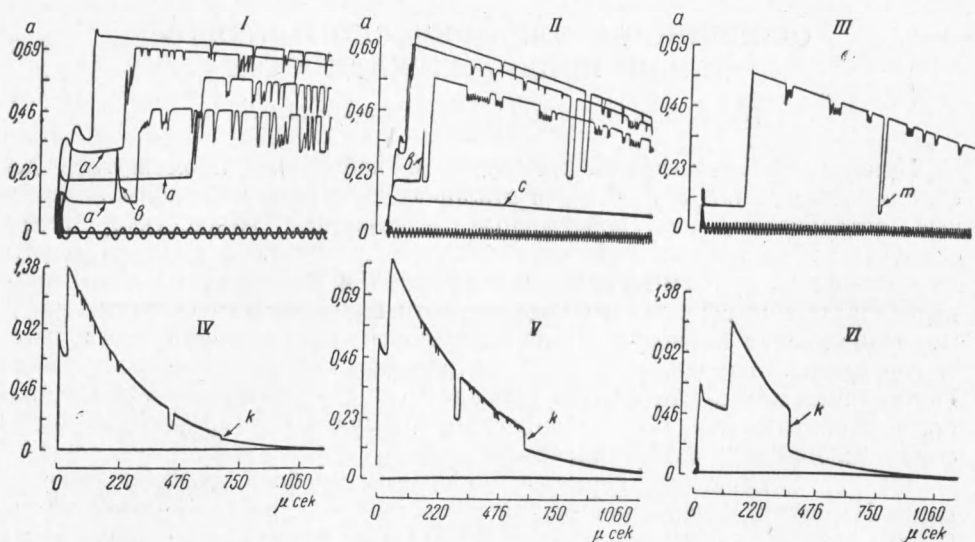


Рис. 2. Осциллограммы тока при пробоях небольших промежутков дистиллированной воды

VI). По осциллограмме IV видно, что в случае равномерного поля частичные обрывы тока за время горения искры почти совсем прекращаются при $l = 1$ мм. В случае же резко неоднородного поля то же самое происходит при $l = 3$ мм.

Очевидно, что при таких длинах искровых промежутков во время горения искры ионизационные процессы преобладают над деионизационными, пока напряженность приложенного поля не снизится до критической величины и не получит преобладания деионизация. Последняя развивается автокаталитично и разряд очень быстро прерывается.

Осциллограммы напряжения, записанные при пробое ацетона и этилового спирта, приведены на рис. 3. При опытах ограничивающее сопротивление r включалось такой величины, что сила тока в искре не превышала 1,2 а, а сопротивление R (см. рис. 1) шунтировалось.

Осциллограмма I рис. 3 записана при пробое ацетона между отрицательным стальным острием и латунной плоскостью на отдалении $l = 3$ мм; осциллограмма II снята при пробое тоже ацетона, но между положительным острием (заземленным) и плоскостью на отдалении $l = 3,5$ мм. На осциллограммах пунктиром обозначены амплитуды напряжения неискаженного импульса. Время до точки a можно считать временем статистического запаздывания, а от этой точки до крутого спада — временем формирования пробоя. Столь длительное формирование характерно для сильно полярных жидкостей вообще.

При пробое напряжение почти спадало до нуля, но через очень короткий период времени, вследствие скачкообразной деионизации искро-

вого канала, разряд целиком прерывался; затем следовал новый пробой, и так несколько раз. В отдельных случаях при отрицательном острие было зафиксировано 3 и 4 обрыва, но в случае положительного острия зарегистрирована особая форма разряда — серийно-прерывистая (осциллограмма II). Здесь после 5-кратного прерывания разряда, когда диэлектрическая прочность промежутка восстанавливалась почти полностью, записано еще очень большое число (серия) следующих друг за другом пробоев при значительно меньших напряжениях.

Прерывистый характер разряда зафиксирован и при опытах с этиловым спиртом (см. рис. 3, III). Осциллограммы этой фигуры записаны при пробое промежутков различной длины между отрицательным острием и плоскостью. Нижняя осциллограмма *d* записана при пробое промежутка $l = 1,5$ мм, средняя при $l = 2,25$ мм и верхняя при $l = 2,75$ мм.

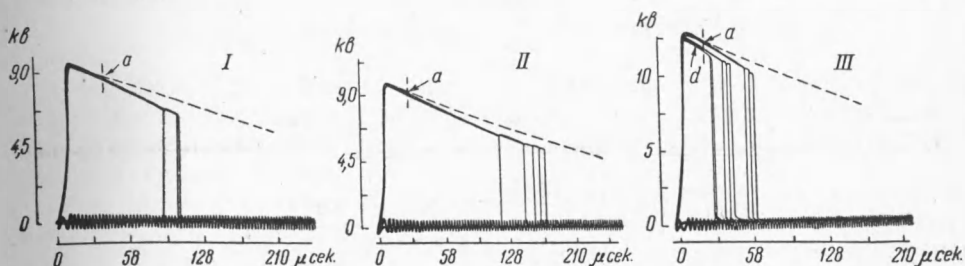


Рис. 3. Осциллограммы напряжения при пробоях ацетона и этилового спирта

При ограничении тока в разрядном канале температура его устанавливается не настолько высокой, чтобы мог быть создан избыток заряженных частиц от термической ионизации. Поэтому характер разрядного режима в значительной степени определяется деионизационными процессами.

Частичные и полные обрывы тока при разряде можно объяснить интенсивным захватом свободных электронов сильно полярными молекулами жидкостей, а также химическим действием радикалов, образующихся от термического эффекта и поглощения молекулами квантов ультрафиолетового света (^{1, 2}) в ацетоне по реакции $(\text{CH}_3)_2\text{CO} \rightarrow \text{CH}_3 - \dot{\text{C}}\text{H} + \text{CO}$; в этиловом спирте $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2 = \dot{\text{C}}\text{H} + \text{H}_2\text{O}$ и в воде: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H} - \dot{\text{O}}$.

При пробое промежутка и снижении напряжения до очень малой величины создаются благоприятные условия для захвата электронов и соединения свободных радикалов с ионизационными молекулами, которые или нейтрализуются или делаются малоподвижными.

Поступило
13 X 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ У. Уотерс, Химия свободных радикалов, 1948, стр. 17. ² Л. Ф. Марек, Д. А. Ган, Каталитическое окисление органических соединений, 1936, стр. 39.