

Обработка силиконовой резины раствором хлорида натрия при наличии электрического поля

К. Д. Полуэктова*, С. А. Васильков, А. В. Слесаренко

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 199034, Россия,

*e-mail: k.poluektova@spbu.ru

Поступила в редакцию 11.10.2023

После доработки 24.11.2023

Принята к публикации 29.11.2023

Высоковольтные силиконовые изоляторы, которые размещены в непосредственной близости к прибрежным морским районам, сталкиваются с угрозой солевого тумана, который осаждается на их поверхности, образуя крупные капли. Под действием электрического поля эти капли инициируют частичные разряды, что приводит к ухудшению гидрофобных свойств силиконовой резины. Этот феномен, при котором капли служат причиной возникновения частичных разрядов, достаточно детально изучен. Однако неясно, влияют ли сами капли влаги, на свойства силиконовой резины. Изучается совместное воздействие переменного электрического поля ($E = 17$ кВ/см) и слоя 4% раствора хлорида натрия на водоотталкивающие свойства силиконовой резины без наличия электрических разрядов. Воздействие влаги и электрического поля приводит к замедлению стекания капель с наклонного образца резины Powersil 310. Переменное электрическое поле не оказывает заметного влияния на скорость стекания, замедление возникает из-за предварительной обработки образца раствором.

Ключевые слова: высоковольтная силиконовая изоляция, динамическая гидрофобность, статический контактный угол, солевой раствор, вымачивание образцов

УДК 539.8

<https://doi.org/10.52577/eom.2023.59.6.66>

ВВЕДЕНИЕ

В воздушных системах электропередач изоляторы обеспечивают механическую поддержку линий и электрическую изоляцию между проводниками и траверсой для предотвращения утечки тока на землю. По этой причине изоляторы должны обладать высокой электрической и механической прочностью. В последние десятилетия в высоковольтной изоляции широко используется силиконовая резина. Основные преимущества силиконовых изоляторов по сравнению с керамическими – устойчивость к загрязнениям, механическая прочность, восстановление гидрофобности [1].

Несмотря на свои преимущества, силиконовая изоляция подвержена старению. Срок эксплуатации изоляторов из силиконовой резины зависит от таких внешних воздействий, как поверхностные загрязнения, частичные разряды, ультрафиолетовое излучение, дождь, туман [2]. Для продления срока службы изоляторов необходимо понимать, какие процессы происходят при воздействии каждого фактора окружающей среды или их комбинации. В настоящей работе будет рассмотрена роль влаги на процесс деградации силиконовой изоляции при наличии и отсутствии электрического поля.

Существует ряд работ, направленных на изучение влияния влаги на свойства силиконовой резины. Для исследования воздей-

ствия влаги образцы резины обычно подвергают длительному вымачиванию в воде или растворах и фиксируют изменение статического контактного угла [3–10]. Под вымачиванием подразумевается погружение образца в емкость, заполненную водой или раствором. Статический контактный угол – это общераспространенная величина, характеризующая степень гидрофобности исследуемой поверхности. Измерение статического угла выполняется путем размещения капли воды на горизонтальной поверхности испытуемого образца [11]. Геометрически определяется как угол между твердым телом и касательной к поверхности раздела жидкой и газообразной фаз. Значения угла вычисляются по фотографиям профиля капли с помощью различных алгоритмов. Поверхность считается гидрофобной, если статический контактный угол больше 90° . В большинстве вышеперечисленных работ, помимо статического контактного угла, измеряют вес образца до и после вымачивания, которое коррелирует с уменьшением гидрофобности.

Также стоит отметить, что в приведенных работах исследуют длительное вымачивание порядка сотен и даже тысяч часов. Только в нескольких из них изучается время порядка нескольких суток, эффект вымачивания в этом случае отмечается. Однако в реальности влага может находиться на изоляторе всего несколько

часов, например, пока не высохнет утренняя роса, и до сих пор неизвестно, может ли за такое короткое время произойти изменение поверхностных свойств резины.

Выделяют следующие механизмы потери гидрофобности резины из-за воздействия влаги [3, 12, 13]:

- вымывание низкомолекулярных (low-molecular-weight, LMW) структур;
- переориентация метильной группы CH_3 внутрь объема;
- внедрение гидратированных ионов и молекул воды в поверхность и в объем резины;
- растворение наполнителей резины в растворе или в воде.

Результаты вымачивания могут зависеть от длительности испытания, температуры, концентрации раствора и различных наполнителей в силиконовой резине. Перечисленные механизмы могут происходить одновременно, например, в одно и то же время могут вымываться LMW структуры и при этом абсорбироваться вода в резину. Это добавляет сложности в анализ происходящего процесса, так как итоговый вес образца и статический контактный угол могут не измениться. Согласно [14, 15] динамические методы измерения гидрофобности более чувствительны, чем статические, однако в работах по изучению влияния влаги они используются крайне редко. Поэтому для проверки изменения состояния поверхности образца, помимо измерения статического угла, в данной работе выбрано два динамических метода: визуальное наблюдение стекания воды с образца при вертикальном извлечении последнего из раствора и скорость стекания капель по наклонной поверхности образца.

Отдельно стоит выделить часть работ, посвященных исследованию влияния электрического поля на вымачивание. Было показано, что постоянное электрическое поле увеличивает диффузию жидкости в резину в зависимости от полярности [8, 10]. При переменном электрическом поле значительного усиления диффузии не отмечается [6–8, 10]. Но стоит заметить, что, во-первых, во всех работах исследуют влияние поля величиной не выше 6 кВ/см, и это далеко от критической напряженности электрического поля для воздуха, при которой возникает разрядная активность (25 кВ/см). Во-вторых, есть основания полагать, что динамические методы измерения гидрофобности более чувствительны к изменениям состояния поверхности и эффект не заметен именно при измерении статического угла.

Ввиду приведенного анализа, цель работы – изучение влияния влаги на силиконовую резину

при наличии и отсутствии электрического переменного поля с напряженностью, близкой к критическому значению напряженности поля, при которой возникает разрядная активность с поверхности капель. Длительность воздействия составляет всего несколько часов, что приближено к реальному воздействию влаги в прибрежных морских районах. В работе рассматривается 4% раствор хлорида натрия, соленость которого соответствует солености тумана в прибрежных районах.

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальная установка

На рис. 1 представлена экспериментальная установка. Идея эксперимента состоит в следующем: залить часть поверхности исследуемого образца раствором хлорида натрия и поместить его в электрическое поле. Особенность установки – исключить влияние частичных разрядов на испытуемый образец, чтобы отделить влияние влаги от влияния разрядов, которое детально изучено. Испытуемый образец располагается на заземленном электроде. Сверху на образец накладываются две силиконовые прослойки с вырезанным отверстием, в которое заливается солевой раствор. Поверхности резин хорошо сцепляются друг с другом, поэтому раствор не вытекает. Высоковольтный электрод поджимает все слои резины и опускается в раствор. Из-за электрохимических реакций электрод начинает растворяться. Для того чтобы избежать осаждения продуктов реакции на испытуемый образец, между двумя слоями раствора всегда прокладывается тонкая полиэтиленовая пленка. В качестве источника напряжения используется генератор переменного напряжения частотой 50 Гц АИД-70М, в качестве ограничителя тока – батарея из последовательно соединенных конденсаторов, суммарная емкость которых составляет 80 пФ. Контроль амплитуды напряжения осуществляется с помощью аналого-цифрового преобразователя L-Card-761 через резистивный делитель. При экспериментах без электрического поля установка аналогична, только напряжение не подается.

Подаваемое на систему напряжение $V_{rms} = 5,2$ кВ, в этом случае среднеквадратичное значение напряженности поля в резине равно 17 кВ/см. Такое напряжение выбиралось исходя из того, чтобы приблизить значение напряженности поля к критическому значению поля для воздуха 25 кВ/см. Это связано с тем, что при

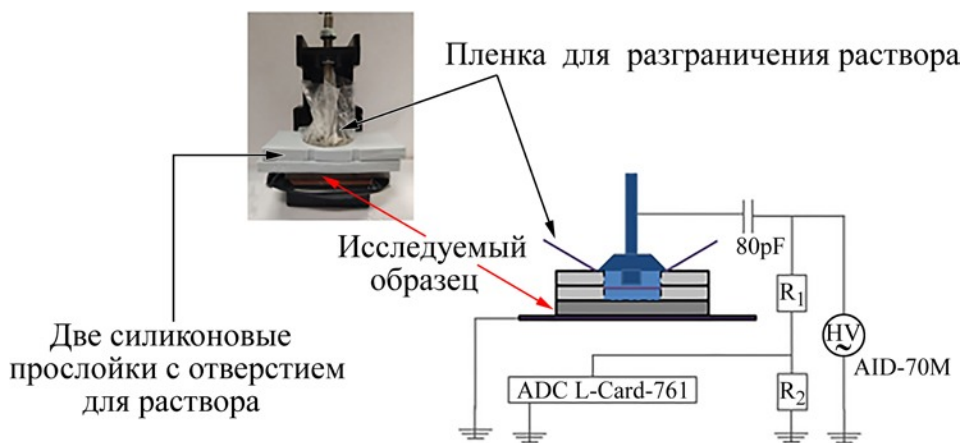


Рис. 1. Фотография и схематическое изображение установки для эксперимента со слоем воды и электрическим полем.



Рис. 2. Иллюстрации к измерению количественных параметров изменения гидрофобности: измерение статического контактного угла смачивания с помощью метода сидячей капли (а); измерение скорости стекающих капель с наклонного образца (б); измерение стягивания водной пленки с вертикально расположенного образца (в).

эксплуатации изоляторов из-за водной капли на поверхности резины возникает тройная точка на стыке воздуха, диэлектрика и воды, в окрестности которой напряженность поля может быть достаточно высокой для развития разрядной активности. И такая напряженность поля может усилить влияние влаги.

Температура окружающего воздуха находилась в диапазоне от 19 до 21 °С, давление – от 737 до 770 мм рт.ст.

Воздействие электрического поля и влаги длилось два часа. Такое короткое время выбрано потому, что важно изучить, может ли влияние влаги проявиться в реальных условиях эксплуатации изоляторов, например, при утреннем тумане в течение нескольких часов.

Предварительная обработка силиконовых образцов производилась согласно CIGRE [16]. Перед испытанием образцы сначала очищали изопропиловым спиртом с помощью безворсовой салфетки, а затем промывали в дистиллированной воде. После этого их хранили при температуре, при которой будет проводиться эксперимент, не менее 24 часов.

Системы для измерения количественных параметров

Для проверки изменения состояния поверхности до и после воздействия влаги и электрического поля измеряются три величины:

1) статический контактный угол: на установке для измерения контактного угла в область воздействия наносятся капли, измеряется контактный угол (рис. 2а);

2) скорость стекания капель с наклонного под углом к горизонту 40° образца: с помощью перистальтического насоса подается раствор NaCl с частотой 75±5 капель в минуту (рис. 2б); капли стекают с образца, их скорость измеряется по всему пути стекания с помощью программы. Измерения скорости стекающих капель проводятся при отсутствии электрического поля. Объем капающих капель зависит от состояния поверхности силиконовой резины. Процесс записывается на камеру в течение пяти минут. Для определения скорости стекания капель вдоль поверхности образца решается задача детекции и трекинга. Сначала на каждом кадре при помощи фильтров выделяются границы капли и записываются координаты центра описанной окружности. На последующих кадрах находится новое положение данной капли. Среднюю скорость стекания капель можно найти, зная изменения координаты центра каждой капли за время стекания. В результате строится график распределения средней скорости стекания капли вдоль поверхности образца;

3) скорость стекания слоя воды при извлечении вертикально расположенного образца из емкости с дистиллированной водой, подкрашенной чернилами (рис. 2в).

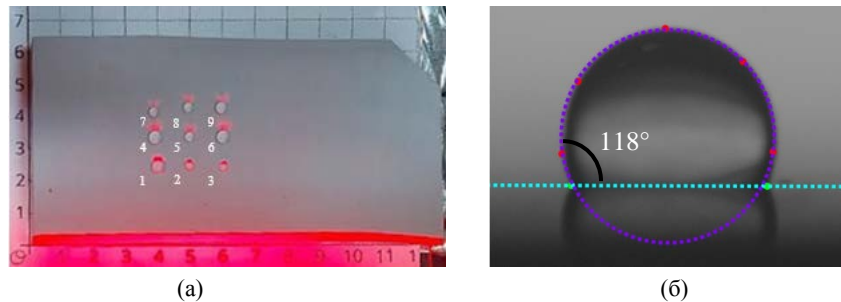


Рис. 3. Фотография образца силикона и расположение капель в зоне воздействия слоя раствора и электрического поля (а); пример характерного статического контактного угла, полученного в результате постобработки (б).

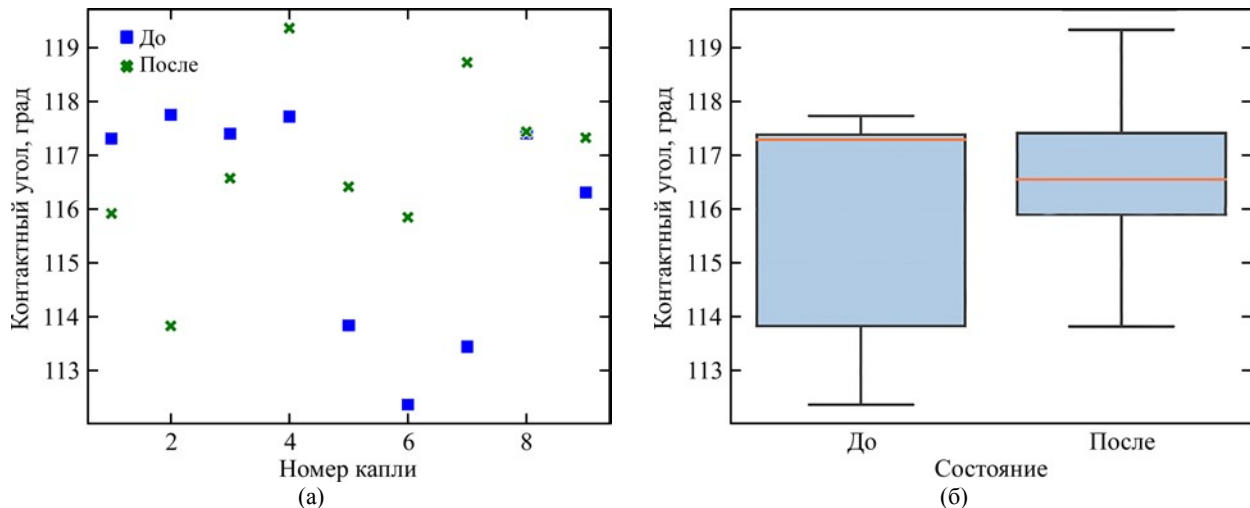


Рис. 4. Результаты измерений статического угла до и после воздействия для каждой капли (а); квартильные диаграммы контактного угла до и после воздействия переменным электрическим полем и слоем раствора NaCl (б).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Сначала представим результаты совместного воздействия электрического поля и раствора, а затем – результаты воздействия раствора на образец без электрического поля.

Вымачивание в растворе при наличии электрического поля

Для измерения статического контактного угла на поверхность образца в область воздействия влаги помещаются девять капель (рис. 3). Капли подсвечиваются из-за освещения, использованного в эксперименте. На рис. 3б показан пример измерения угла контакта посредством постобработки.

На рис. 4 показана зависимость статических углов до и после совместного воздействия электрическим полем и слоем раствора. Видно, что в результатах измерения угла есть разброс порядка единиц градусов. При этом для каждого положения капли статический угол мог как увеличиться, так и уменьшиться после воздействия. Таким образом, можно сделать вывод, что эффект от совместного воздействия переменного электрического поля и солевого раствора не заметен по измерению статического контактного угла.

На рис. 5 представлена развертка по времени стекания воды с вертикального образца в процессе его извлечения из емкости с подкрашенной водой до и после воздействия. Область воздействия отмечена кругом. Видно, что процесс стекания воды после воздействия электрическим полем и влагой более медленный по сравнению со стеканием до воздействия. Однако более детально проанализировать процесс стекания с помощью такого метода затруднительно, поэтому далее измеряется скорость стекания капель по образцам до и после воздействия.

На рис. 6а показана зависимость скорости стекания капель вдоль поверхности образца после вымачивания в электрическом поле. Следует обозначить несколько особенностей данного графика. Пик скорости в верхней части образца (10–15 мм по у-координате) связан с тем, что с поверхности резины Powersil 310 стекают капли двойного объема. Первая капля падает на поверхность на расстоянии 10 мм от верхней границы образца (рис. 6б). Вторая капля, падая в эту же область, сливается с первой. Образованная в результате слияния капля двойного объема резко продвигается на 5 мм ниже, после чего начинает стекать вниз по образцу. Таким образом, первый пик на графиках не следует

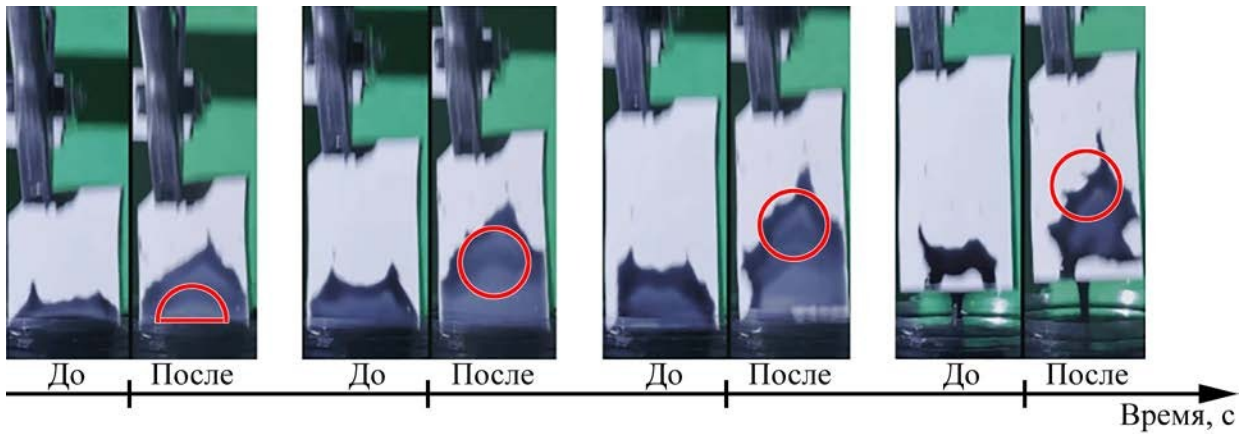


Рис. 5. Стеkanie подкрашенной воды с вертикального образца до и после воздействия переменным электрическим полем и слоем раствора NaCl. Область вымачивания отмечена кругом.

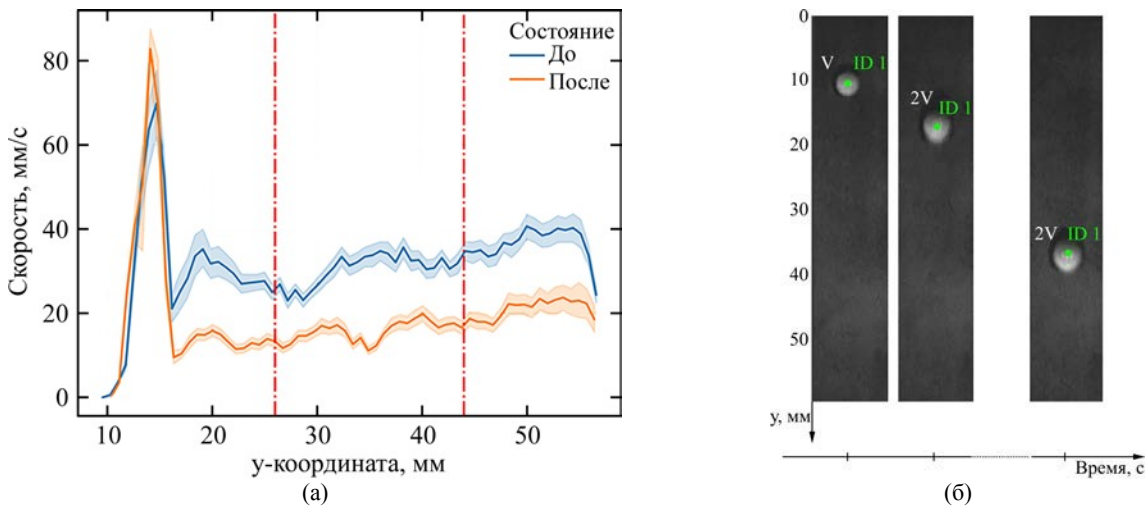


Рис. 6. Распределение средней скорости стекания капли вдоль поверхности образца до и после воздействия переменным электрическим полем и слоем раствора NaCl с 95% доверительным коридором, между пунктирными вертикальными линиями – область вымачивания (а); пример стекания капель с наклонной поверхности образца (б). «ID 1» указывает, что на кадрах изображена одна и та же капля. «V» и «2V» обозначают объем капли: объем капли увеличивается за счет следующей капающей капли.

брать во внимание при сравнении скоростей стекания капель до и после воздействия.

Другая особенность – это невозможность корректно определить границы капли на расстоянии ее радиуса от нижней части образца. Поэтому путь, вдоль которого можно рассматривать изменения скорости стекания капель, это от 15 мм до 57 мм по у-координате.

Таким образом, по графику на рис. 6а видно, что скорость капель уменьшилась в среднем на 20 мм/с как в области вымачивания (между вертикальными пунктирными линиями), так и в области контактирования с другой резиной. Чтобы отделить эффект вымачивания от эффекта прижатия резины, был проведен дополнительный эксперимент без электрического поля и солевого раствора, результаты которого представлены далее.

Влияние прижатия резины

Прижатие контакта испытуемого образца с резиновой прослойкой может изменять

состояние поверхности. Чтобы проверить это, были поставлены дополнительные эксперименты с прижатием к испытуемому образцу прослойки силиконовой резины с вырезанным кругом.

Распределение средней скорости стекания капель вдоль поверхности образца более информативно в данном случае (рис. 7). Видно, что скорость капель уменьшилась только в области контакта с резиной. В чистой области доверительные интервалы средней скорости капель пересекаются. Это значит, что в данной области нет статистически значимой разницы в скорости стекания капель.

Таким образом, можно подтвердить, что прижатие одной силиконовой резины к другой может влиять на состояние поверхности: после прижатия резины скорость стекания воды уменьшается. Предположительно данный эффект может быть вызван диффузией низкомолекулярных компонентов. Поэтому необходимо учитывать эффект от контактирования резин при рассмотрении результатов вымачивания.

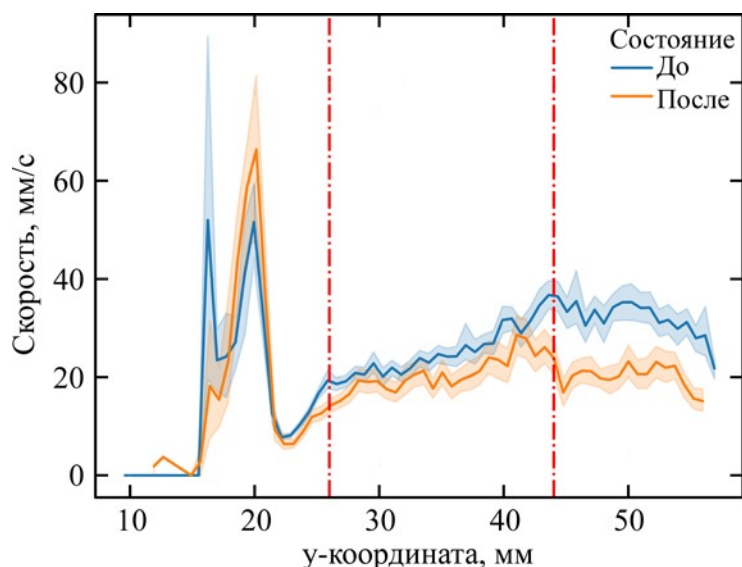


Рис. 7. Распределение средней скорости стекания капли вдоль поверхности образца до и после воздействия после прижатия прослойки силиконовой резины с 95% доверительным коридором. Между пунктирными вертикальными линиями чистая область.

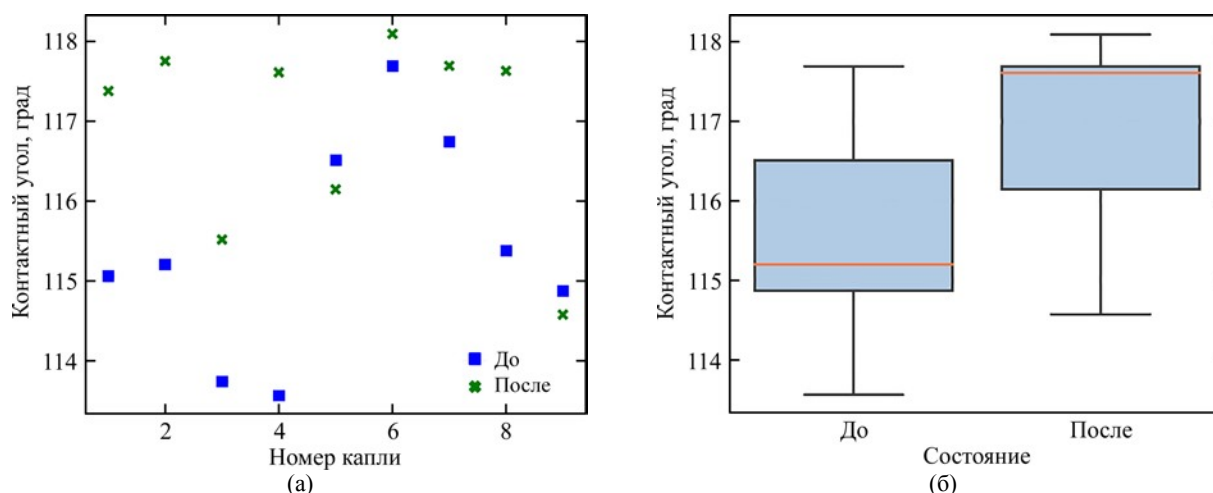


Рис. 8. Результаты измерений статического угла до и после воздействия для каждой капли с рис. 3 (а); квартильные диаграммы контактного угла до и после воздействия раствора NaCl (б).

Вымачивание в растворе при отсутствии электрического поля

Поскольку эффект вымачивания при наличии переменного электрического поля проявился, был проведен дополнительный эксперимент по воздействию солевого раствора при отсутствии электрического поля. На рис. 8 представлена зависимость статических контактных углов до и после воздействия. Результаты измерения контактного угла не позволяют сказать, что гидрофобность уменьшилась после двух часов вымачивания в растворе NaCl.

На графике распределения средней скорости капли вдоль пути стекания видно, что после вымачивания скорость уменьшилась в среднем на 20 мм/с (рис. 9). Предположительно стекание ухудшилось одинаково от вымачивания как при наличии электрического поля, так и при его отсутствии. Поэтому далее необходимо сравнить графики распределения скорости из этих экспериментов между собой.

Сравнение результатов по вымачиванию при отсутствии и наличии переменного электрического поля

На рис. 10 представлен график распределения скоростей стекания капель до и после воздействия солевого раствора при наличии и отсутствии электрического поля. Можно отметить, что после 30 мм по у-координате не наблюдается значимой разницы в скорости стекания капель на исходных образцах (сплошные линии на рис. 10). Поскольку разницы в исходном состоянии поверхности двух образцов не обнаружено, можно сравнивать скорости стекания после воздействий между собой (пунктирные линии на рис. 10). Видно, что кривые на графике пересекаются в области вымачивания (между вертикальными черными линиями). Поэтому можно сделать вывод, что значимого усиления эффекта вымачивания из-за воздействия электрического поля не наблюдается.

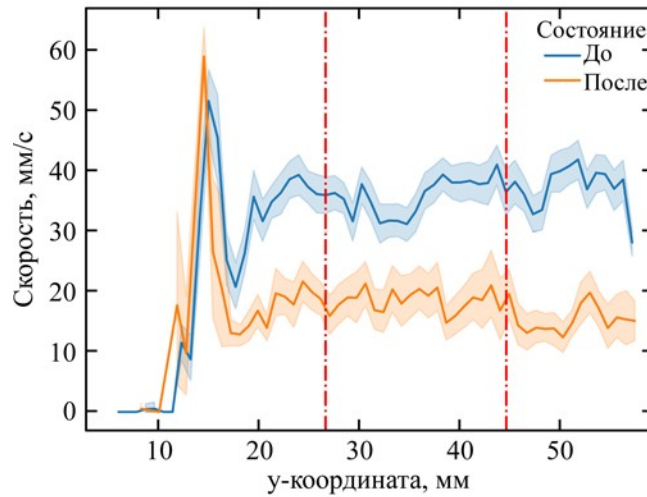


Рис. 9. Распределение средней скорости стекания капли вдоль поверхности образца до и после воздействия слоем раствора NaCl с 95% доверительным коридором. Между пунктирными вертикальными линиями область вымачивания.

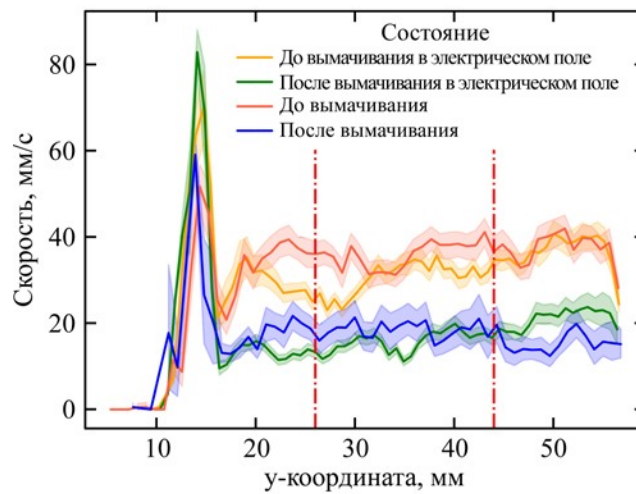


Рис. 10. Распределение средней скорости стекания капли вдоль поверхности образца до и после воздействия слоем раствора NaCl при наличии (черные кривые) и отсутствии переменного электрического поля (серые кривые).

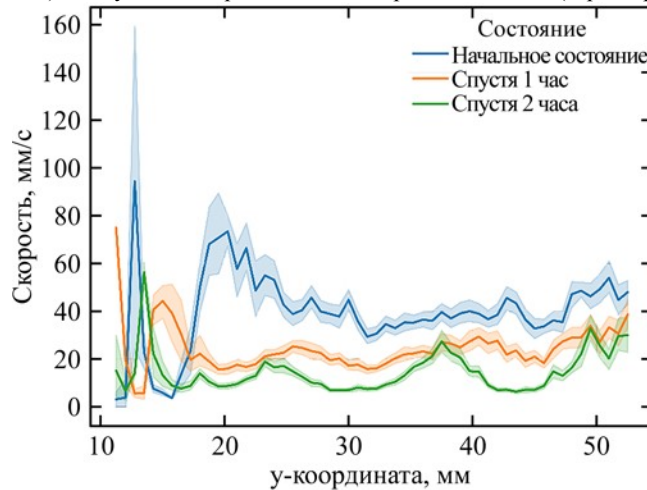


Рис. 11. Распределение средней скорости стекания капли вдоль поверхности образца в начале испытания, через 1 час и спустя 2 часа.

Замена слоя раствора стекающими вниз каплями

В реальности же капли с изоляторов стекают и постоянно обновляются, поэтому было проверено, что влияние есть и в случае стекающих капель. Для этого использовалась установка с рис. 36. Вместо двухчасового вымачивания

образца под слоем раствора капли стекали с образца. В этом тесте напряжение отсутствовало.

На рис. 11 представлено распределение средней скорости стекания капель вдоль поверхности образца в начале испытания, через 1 час и спустя 2 часа. Видно, что скорость капель со временем уменьшается. Можно отметить, что

состояние поверхности изменяется неравномерно: на одних участках капля движется быстрее, на других медленнее. Это заметно по распределению скорости стекания капли через 2 часа после начала испытания. Таким образом, можно сделать вывод, что резина Powersil 310 подвержена вымачиванию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предлагается экспериментальная установка, позволяющая изучать совместное воздействие электрического поля и влаги без наличия частичных разрядов на силиконовую резину. Показано, что эффект от вымачивания в 4% солевом растворе хлорида натрия резины марки Powersil 310 появляется всего через 2 часа, эффект выражается в замедлении скорости стекания капель с наклонного образца. Усиления степени вымачивания в электрическом поле при исследуемой напряженности и частоте электрического поля зафиксировано не было.

Наблюдение этого эффекта представляет интерес потому, что он может проявляться при реальной эксплуатации изоляторов во влажных климатических условиях: капли будут стекать медленнее, из-за чего время горения частичных разрядов с этих капель увеличится, что приведет к уменьшению времени потери гидрофобности.

В работе показано, что наиболее наглядный способ измерения совместного воздействия электрического поля и влаги – стекание капель с наклонного образца, так как статический угол не меняется после воздействия.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Glebova, E.V. and Dochkin, A.A., Assessment of the possibility of using polymer insulators in marine high-voltage systems (in Russian). In *IV International Scientific and Technical Conference "Technical Operation of Water Transport: Problems and Development Paths"*; 2022; p. 39.
- Akbar, M., Ullah, R. and Alam, S., Aging of silicone rubber-based composite insulators under multi-stressed conditions: an overview. *Mater. Res. Express* 2019, vol. 6, no. 10. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab3f0d>.
- Hashiguchi, T., Arise, N., Otsubo, M., Honda, et al., Water absorption-hydrophobicity characteristics and surface change of polymer. *Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenom. (CEIDP), Annu. Rep.* 2000, vol. 1, p. 195. <https://doi.org/10.1109/ceidp.2000.885260>.
- Gao, Y., Liang, X., Bao, W., Li, S., et al., Effects of liquids immersion and drying on the surface properties of htv silicone rubber: part i-contact angle and surface chemical properties, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, 2017, vol. 24, no. 6, p. 3594. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2017.006891>.
- Ali, M. and Hackam, R., Effects of saline water and temperature on surface properties of htv silicone rubber, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, 2008, vol. 15, no. 5, p. 1368. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2008.4656246>.
- Wang, Z., Jia, Z.D., Jiao, J.K. and Guan, Z.C., Influence of water, nacl solution, and hno3 solution on high-temperature vulcanized silicone rubber, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, 2016, vol. 23, no. 2, p. 1164. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2015.005633>.
- Wang, Z., Zhao, L.H., Jia, Z.D. and Guan, Z.C., Water and moisture permeability of high-temperature vulcanized silicone rubber, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.* 2017, vol. 24, no. 4, p. 2440. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2017.006610>.
- Shen, R., Tu, Y., Zhang, C. and Xu, S., Influence of electric field on the moisture absorption characteristic of silicone rubber material, *ICHVE 2016 – 2016 IEEE Int. Conf. High Volt. Eng. Appl.* 2016. <https://doi.org/10.1109/ICHVE.2016.7800918>.
- Wang, Z., Jia, Z.D., Fang, M.H., Li, Y.S., et al., Moisture absorption, desorption, and moisture-induced electrical performances of high-temperature vulcanized silicone rubber, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, 2016, vol. 23, no. 1, p. 410. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2015.005452>.
- Bao Weining, Liu Yingyan, Gao Yanfeng, Liang Xidong, et al., Liquids permeation into htv silicone rubber under ac/dc electric field, In *2016 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)*; IEEE, 2016; vol. 2016-Decem, p. 818. <https://doi.org/10.1109/CEIDP.2016.7785550>.
- Huhtamäki, T., Tian, X., Korhonen, J.T. and Ras, R.H.A., Surface-wetting characterization using contact-angle measurements, *Nat. Protoc.*, 2018, vol. 13, no. 7, p. 1521. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0003-z>.
- Reynders, J.P., Jandrell, I.R. and Reynders, S.M., Review of aging and recovery of silicone rubber insulation for outdoor use, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.* 1999, vol. 6, no. 5, p. 620. <https://doi.org/10.1109/94.798119>.
- Gao, Y., Liang, X., Bao, W., Li, S., et al., Effects of liquids immersion and drying on the surface properties of htv silicone rubber: characterisation by contact angle and surface physical morphology, *High Volt.*, 2019, vol. 4, no. 1, p. 49. <https://doi.org/10.1049/hve.2018.5071>.
- Poluektova, K.D., Gulenko, I.A. and Vasilkov, S.A., Comparison of the dynamic and static measurements of hydrophobicity, *Proc. 2023 5th Int. Youth Conf. Radio Electron. Electr. Power Eng. REEPE 2023* 2023. <https://doi.org/10.1109/REEPE57272.2023.10086764>.
- Poluektova, K.D., Vasilkov, S.A. and Tiuterev, M.I., The combined effect of a corona discharge and moisture on hydrophobicity of silicone rubber. *ICD 2022 – IEEE 2022 4th Int. Conf. Dielectr. Proc.* 2022, p. 352. <https://doi.org/10.1109/ICD53806.2022.9863492>.

16. Working Group D1.14, Evaluation of dynamic hydrophobicity properties of polymeric materials for non-ceramic outdoor insulation, 2010, p. 6. <https://cigreindia.org/CIGRE%20Lib/Tech.%20Brochure/442%20Hydrophobicity%20for%20Polymer%20insulators.pdf>

Summary

High voltage silicone insulators that are placed close to coastal marine areas have the problem of salt fog depositing on their surfaces in the form of conductive droplets. Under the influence of an electric field, those droplets initiate partial discharges, which lead to the degradation of the hydrophobic properties of silicone rubber. This phenomenon, in which droplets serve as the cause of partial discharges, has been studied in considerable detail elsewhere. However, it remains

unclear whether the droplets themselves, as moisture-laden areas, affect the properties of silicone rubber. The current work is focused on studying the combined effect of an AC electric field ($E = 17$ kV/cm) and a 4% solution of sodium chloride on the water-repellent properties of silicone rubber in the absence of electrical discharges. The results of the study show that the influence of moisture and an electric field leads to a slowing down of the droplet runoff from the inclined sample of Powersil 310 rubber. An AC electric field did not have a noticeable effect on the rate of water runoff; the slowdown was due to the pre-treatment of the sample with the solution.

Keywords: high-voltage silicone insulation, dynamic hydrophobicity, static contact angle, saline solution, water immersion