

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию

Ситникова Андрея Александровича

на тему: «Экспериментальное описание высоковольтного токопрохождения в слабопроводящих жидкостях на основе динамических вольт-амперных характеристик», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.13 - Электрофизика, электрофизические установки.

Слабопроводящие жидкости широко используются в различных электрофизических устройствах, где необходимо получить высокие электроизолирующие свойства. Это и традиционное высоковольтное оборудование: трансформаторы, переключатели, конденсаторы, высоковольтные кабели, – и новые электродинамические устройства, в основе которых лежит воздействие электрического поля на объемные заряды, локализованные в жидкости: электрораспылители, ЭГД-насосы, теплообменники и др. Традиционное описание прохождения тока в диэлектрических жидкостях при высоких напряжениях имеет целый ряд недостатков, не позволяющих получить достаточно информации, прежде всего, о динамических характеристиках данного процесса. Альтернативой традиционным методам может быть использование динамических вольтамперных характеристик (ДВАХ). Диссертация А. А. Ситникова как раз и посвящена описанию электрофизических процессов в слабопроводящих жидкостях при воздействии быстро изменяющегося сильного электрического поля. Без сомнений, тема диссертации актуальна.

Основной целью представленной работы является физически обоснованная интерпретация особенностей динамических вольт-амперных характеристик.

Особое внимание в работе уделено описанию использованных методик. При этом ключевой для работы методикой является экспериментальная методика измерения динамических вольтамперных характеристик с возможностью устранения емкостной компоненты тока как не несущей искомой информации о высоковольтных процессах в жидкости. Важную роль в физическом анализе рассмотренных явлений играет также экспериментальная методика построения полей скоростей в жидкости, основанная на использовании системы particle image velocimetry. Для обоснования некоторых теоретических предположений в работе использована методика численного моделирования высоковольтного токопрохождения в слабопроводящих жидкостях, реализованная в программном пакете Comsol Multiphysics.

Описанные методики используются для численного моделирования процессов высоковольтного токопрохождения. Показано, что в рамках модели можно выделить конкретные особенности вольтамперной характеристики, свидетельствующие о доминировании того или иного механизма образования электрического заряда. Продемонстрировано влияние различных факторов на воспроизводимость ДВАХ, в частности, влияние температуры, накопления электрического заряда в объеме, наличия мелких твердотельных включений.

В заключительной части работы описан метод, позволяющий по измеренной ДВАХ определить функцию инжекции – зависимости тока инжекции электрического заряда с поверхности электрода от напряженности электрического поля.

09/2-02-664 от 26.11.2020

В качестве наиболее ценных с научной точки зрения результатов, полученных в диссертации, можно отметить следующие:

1. Обобщенный перечень факторов, препятствующих воспроизводимости ДВАХ.
2. Продемонстрированная возможность связать некоторые характерные виды ДВАХ с доминирующими механизмами высоковольтного зарядообразования.
3. Установление взаимосвязи гистерезиса ДВАХ с процессами, протекающими в жидкости.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием профессионального измерительного и регистрирующего оборудования, согласием результатов вычислений с полученными экспериментальными данными, контролем воспроизводимости данных.

Научная значимость работы состоит в достижении воспроизводимости ДВАХ и сопоставлении ДВАХ для жидкостей различного состава и степени очищенности, а также в обосновании возможности интерпретации особенностей ДВАХ как индикатора определенных физических процессов в жидкости. Результаты диссертационной работы могут найти практическое применение в области диагностики слабопроводящих жидкостей, например, трансформаторного масла.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. С моей точки зрения, при написании диссертации экспериментальная часть работы «принесена в жертву» расчетной, хотя первая содержит оригинальные идеи и решения. В диссертации следовало бы уделить эксперименту больше внимания, тем более что в последнее время работ, в которых присутствуют экспериментальные данные, становится все меньше.
2. В качестве “причины искажения токовых характеристик” указано “накопление объемного заряда в застойных областях ячейки”. В то же время движение объемного заряда в жидкости является тем эффектом, на регистрации которого основан метод ДВАХ. Осталось неясным, каким образом автор выделяет те области, где изменение объемного заряда является “предметом интереса” от “застойных областей”, в которых накопление объемного заряда становится “причиной искажения”. Представляется, что в силу однородности жидкой среды не может быть объективно введена четкая граница между этими областями.
3. В качестве элемента новизны работы указан “новый метод определения емкости”, однако в обзоре литературы не уделено места обзору методов определения емкости. Из-за этого затруднительно определить степень новизны данного достижения.
4. В работе одни и те же характеристики (токи, скорости течения) регистрируются экспериментально и рассчитываются численно. В связи с этим подписи к рисункам, на которых не указано из эксперимента или из расчета получены данные, осложняют чтение работы.
5. В тексте диссертации при описании полученных результатов нет ссылок на работы соискателя, в которых эти результаты получены, что затрудняет в определенной степени

понимание места проведенных исследований в решении проблемы и вклад соискателя в ее решение.

6. Основные выводы работы приведены довольно расплывчато в тексте Заключения. С моей точки зрения следовало бы более четко сформулировать полученные результаты.

Отмеченные недостатки не снижают ценности, важности и высокого научного уровня проведенных исследований. Основные результаты диссертации опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК, доложены на международный и российских научных конференциях. Работа характеризуется новизной подходов и достоверностью получения результатов. Диссертационная работа А. А. Ситникова представляет собой законченное научное исследование, соответствующее критериям, установленным «Порядком присуждения в Санкт-Петербургском государственном университете учёной степени кандидата наук, степени доктора наук», согласно Приказу от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения учёных степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Пункт 11 указанного Порядка не нарушен. Считаю, что соискатель Ситников Андрей Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.13 — Электрофизика, электрофизические установки.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,

Заведующий кафедрой оптики

Санкт-Петербургского Государственного Университета

Н. А. Тимофеев

Дата: 24.11.2020