

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Казанский государственный
энергетический университет», доктор
технических наук, доцент

Ахметова И.Г.

2021 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» на диссертационную работу Риделя Александра Викторовича «Исследование электрофизических процессов в жидкой электрической изоляции с микровключениями», представленную к защите в диссертационном совете Д.212.173.01 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.12 - «Техника высоких напряжений».

Актуальность темы диссертации.

Аварийность высоковольтного маслонаполненного электрооборудования приносит большие экономические, экологические и социальные проблемы. Переход от ремонта «по сроку» к ремонту по «состоянию» оборудования переносит центр тяжести на проведение диагностики. Основными диагностическими методами являются хроматографический анализ растворенных газов и измерение характеристик частичных разрядов (ЧР), а основными дефектами, которые имеются или возникают в процессе работы оборудования, являются пузырьки газа и влага. Поэтому работа Риделя А.В., направленная на изучение поведения пузырьков и капель в сильном переменном электрическом поле, является актуальной.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

1. Впервые исследованы ЧР в свободных газовых пузырьках, показаны отклонения от закона Пашена в условиях проведения работы и хорошее соответствие в случае воздействия рентгеновского излучения.

2. Экспериментально зарегистрирована длительная деформация капель в течение нескольких периодов напряжения.

3. Обнаружено образование водяного мостика между электродами, исчезающего во время перехода напряжения через ноль.

4. Впервые показано экспериментально влияние нанотрубок на инициирование ЧР в пузырьке.

5. Выявлены 3 варианта инициирования пробоя промежутка с трансформаторным маслом при наличии пузырьков.

6. Экспериментально определен коэффициент поверхностного натяжения трансформаторного масла при напряженности электрического поля до 4 кВ/мм.

Практическая ценность работы.

1. Предложено использование импульсного рентгеновского излучения для диагностики маслonaполненного электрооборудования.

2. Изученные диффузионные процессы позволят улучшить качество проведения хроматографического анализа растворенных газов.

Диссертант сформулировал и **выносит на защиту следующие основные положения:**

1. При пробое свободных газовых пузырьков не соблюдается закон Пашена. Причина в дефиците иницирующих электронов.

2. В зависимости от величины электрического поля, в которое попадают капли воды, они деформируются по двум сценариям: первый – повторяющиеся деформации (в слабых полях); второй - деформации, которые увеличиваются на каждом полупериоде напряжения (в сильных полях). При этом в некоторых случаях наблюдается неустойчивость формы капли, что приводит к ее расщеплению, а в других между электродами может возникнуть водяной мостик.

3. Коэффициент поверхностного натяжения трансформаторного масла является неизменным при напряженности электрического поля до 4 кВ/мм.

4. Пробой при аномально низких напряженностях электрического поля может быть вызван стримерами, развивающимися с кончиков свободно плавающего пузырька.

Теоретическая и практическая значимость работы.

На основе проведенных исследований и результатов, представленных в диссертации Риделя Александра Викторовича, можно сделать вывод о том, что выявление газовых пузырьков в ВМЭО современными методами практически невозможно из-за низкой вероятности инициирования разрядного процесса. При этом предложенный способ воздействия рентгеновским излучением позволит исключить вероятностную составляющую при выявлении дефекта.

Определенные коэффициенты диффузии являются справочными величинами и могут быть использованы в оценках времени сохранности проб в пробоотборных устройствах и подготовки образцов масла к проведению хроматографического анализа растворенных в масле газов.

Достоверность результатов не вызывает сомнений, так как в работе использовались классические экспериментальные методы решения поставленных задач.

Личный вклад диссертанта не вызывает сомнений.

Апробация результатов выполнялась на 18 научных мероприятиях, в том числе на крупнейшем международном энергетическом форуме 47 CIGRE Session. В составе научного коллектива автор принимал участие в работах, финансируемых РНФ и РФФИ.

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 11 печатных научных работ, из них: 3 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 8 в индексируемых наукометрических базах данных Scopus/Web of Science. Получено 2 свидетельства на программы для ЭВМ. Внедрение результатов диссертационного исследования подтверждено актом.

Объем и структура диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 160 наименований и одного приложения. Общий объем работы составляет 136 страниц, включая 73 рисунка и 13 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту, указаны пункты научной новизны полученных результатов, их научная и практическая значимость, представлены структура диссертации и основные результаты исследований.

В первой главе выполнен анализ исследований, опубликованных в ведущих международных научных журналах. По наиболее значимым исследованиям сделаны выводы и выделены ключевые моменты, на которые можно опираться при проведении исследований по теме диссертации. Обзор литературы структурирован и разделен на 4 основные части.

Во второй главе приведены результаты исследования по определению коэффициентов диффузии основных диагностических газов в трансформаторном, рапсовом и касторовом маслах, а также в кремнийорганической жидкости, методом растворения пузырьков из этих газов. Подробно описана методика проведения экспериментов и экспериментальная установка. Выполнено сравнение полученных значений коэффициентов диффузии с коэффициентами, определенными ранее другими исследователями. Приведены результаты апробации, использующейся в диссертации методики экспериментального определения коэффициентов диффузии.

В третьей главе приведены результаты исследования по определению коэффициентов газообразования при ЧР в электродной системе «острие–плоскость» в рапсовом и трансформаторном маслах. Выполнен анализ результатов предыдущих исследователей и выявлены главные ошибки. Подробно описана методика проведения эксперимента и экспериментальная ячейка. Проанализированы полученные электрические сигналы и представлены искомые коэффициенты газообразования.

В четвертой главе приведены результаты оптической и электрической регистрации электрофизических процессов в трансформаторном масле, содержащем графеновые нанотрубки Tuball. Подробно описана методика проведения эксперимента и экспериментальная ячейка. Зарегистрированы и проанализированы течения, вызванные наличием графеновых включений в трансформаторном масле. Выявлены зависимости электрической прочности трансформаторного масла с графеновыми включениями от их концентрации.

В пятой главе приведены результаты исследования характерного поведения газовых пузырьков и водяных капель в трансформаторном масле. При исследовании поведения воздушных пузырьков в трансформаторном масле под действием электрического поля были экспериментально зарегистрированы деформации пузырьков различного диаметра. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что коэффициент поверхностного натяжения трансформаторного масла не изменяется в диапазоне от 0 до 4 кВ/мм. При исследовании поведения водяных капель в трансформаторном масле под действием электрического поля были экспериментально зарегистрированы их деформации. При каждом последующем удлинении капли его форма начинает изменяться. Она становится длиннее, ее деформация увеличивается. Затем возможны два варианта: в первом случае на кончике капли может возникнуть неустойчивое состояние и в объем масла начнут выбрасываться микрокапельки; во втором случае капля может удлиниться вплоть до касания электродов, в результате чего образуется водяной мостик, по которому протекает ток.

В шестой главе приведены результаты исследования характеристик ЧР в газовых пузырьках в трансформаторном масле, показаны типичные картины развития ЧР в пузырьке. На осциллограммах приведены картины электрических и световых сигналов. Прделана работа по определению фазового распределения ЧР в пузырьках. Использование рентгеновского излучения позволило экспериментально подтвердить влияние дефицита иницирующих электронов на вероятность развития ЧР. Приведены результаты оптической регистрации развития стримеров с кончиков газовых пузырьков при различных напряженностях электрического поля.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В приложении А представлен акт внедрения результатов диссертационной работы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и полностью отражает основные научные и прикладные результаты диссертационного исследования.

Автореферат и текст диссертации хорошо структурированы, логично изложены и обладают внутренним единством. По объему, структуре и оформлению диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Замечания по диссертационной работе:

1. Закон Пашена используется для пробоя газовых пузырьков с металлическими электродами. Почему автор говорит о несоблюдении закона Пашена в случае, когда пузырек находится в масле и не касается металлических электродов? Ведь отсутствует работа выхода электрона из электрода!

2. Почему увеличивается электрическая прочность при увеличении зазора пробойной ячейки в случае добавления в нее графеновых нанотрубок? Обычно электрическая прочность слабо уменьшается с ростом зазора.

3. Почему капля воды, попадая в область повышенной напряженности электрического поля, деформируется?

4. Использование металлической иголки при исследовании ЧР в свободно плавающих пузырьках может приводить к «стеканию» зарядов из газа на корпус иголки, что и является причиной запаздывания ЧР.

5. В выводах к главе 6 автор пишет о том, что он зарегистрировал 3 механизма зарождения стримеров в трансформаторном масле. Из текста диссертации становится понятно, что механизм один – условия разные.

6. Каким образом предполагается использование результатов, полученных в ходе выполнения диссертационной работы?

7. Вызывает удивление отсутствие объяснений движения агломератов наночастиц. Почему они могут двигаться в одном направлении в переменном поле в течение нескольких периодов напряжения.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы и не подвергают сомнению достоверность, обоснованность и новизну полученных и представленных в диссертации результатов.

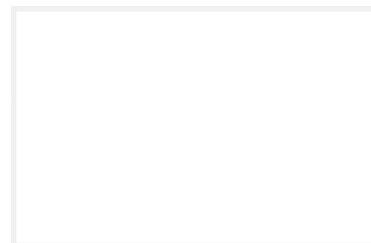
Заключение.

Диссертационная работа Риделя Александра Викторовича «Исследование электрофизических процессов в жидкой электрической изоляции с микровключениями», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.12 - «Техника высоких напряжений», отвечает требованиям и критериям п.п. 9-14 действующего Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018) «О порядке присуждения ученых степеней», которым должна соответствовать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертации, Ридель Александр Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.14.12 - «Техника высоких напряжений».

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры «Электроэнергетические системы и сети» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», протокол заседания № 34 от 13.05.2021 г.

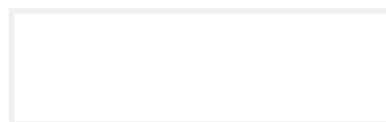
Заведующий кафедрой
«Электроэнергетические системы и сети»,
кандидат технических наук, доцент



Максимов Виктор Владимирович

Тел: +7 (927) 4439715
Эл. почта: viktor.maksimov.1968@mail.ru

Профессор кафедры
«Электроэнергетические системы и сети»,
доктор физико-математических наук



Козлов Владимир Константинович

Тел: +7 (904) 6661658
Эл. почта: kozlov_vk@bk.ru

Подписи Максимова В.В. и Козлова В.К. заверяю:

Сведения о ведущей организации:

Полное наименование организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

Юридический адрес: 420066, г. Казань, ул. Красносельская, дом 51

Сайт: kgeu.ru

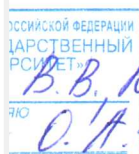
Телефон: (843) 519-42-20

Эл. почта: kgeu@kgeu.ru

*Отзыв получен 02.06.2021,
доц. Ридель А.В.*

*С отзывом ознакомлен
Ридель Ридель А.В.*

02.06.2021



*В.В. Камова В.К.
О.А. Шакин
13.05.2021г.*