



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор



Абдуллазянов Э.Ю.

4.07.2022

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Диссертация «Методология и аппаратно-программный комплекс дистанционного диагностирования высоковольтных изоляторов в процессе эксплуатации на основе анализа характеристик частичных разрядов» выполнена на кафедре «Промышленная электроника».

В период подготовки диссертации соискатель Иванов Дмитрий Алексеевич работал в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» доцентом кафедры «Промышленная электроника».

В 2013 году Иванов Д.А. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий». Диплом кандидата технических наук утвержден 30 мая 2013 г.

Научный консультант – д.ф.-м.н., профессор Голенищев-Кутузов Александр Вадимович, работает в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в должности заведующего кафедрой «Промышленная электроника».

По итогам обсуждения диссертации «Методология и аппаратно-программный комплекс дистанционного диагностирования высоковольтных

изоляторов в процессе эксплуатации на основе анализа характеристик частичных разрядов» принято следующее заключение.

1. Актуальность

Высоковольтное энергетическое оборудование вследствие его сложности, использования разнообразных диэлектрических материалов и работы в условиях влияния сильных электрических полей, электродинамических и тепловых воздействий подвержено большому риску образования дефектов, последующих затем электрических пробоев и даже полного разрушения. Поэтому проблема повышения эксплуатационной надежности такого оборудования всегда была первостепенной и стала причиной проведения многолетних и многочисленных исследований в таких направлениях, как изучение электрофизических и физико-химических процессов в диэлектрических материалах, создание на этой основе более совершенных изолирующих элементов, а также разработка и применение более совершенных методов контроля и диагностики оборудования.

Одним из наиболее уязвимых в плане надежности в энергетике являются диэлектрические элементы линий электропередачи (ЛЭП) и подстанций и, в частности, высоковольтные изоляторы (ВИ). В настоящее время, по-видимому, наиболее эффективным и распространенным, судя по российским ГОСТам и международным стандартам, является способ, использующий эффект «частичных разрядов» (ЧР), возникающий при неполном пробое изоляционного промежутка между электродами в приложенном электрическом поле. ЧР чаще всего являются следствием повышения локальной напряженности электрического поля на дефектах в изоляции, поэтому по характеристикам ЧР в процессе эксплуатации ВИ можно оценивать процесс развития дефектов и, следовательно, технического состояния ВИ в целом. Такое предложение содержится в российских ГОСТах и международных стандартах. Однако в известных работах предусматривается измерение параметров ЧР для контроля технического состояния диэлектрических элементов энергетического оборудования только на специальных стендах с выводом его из эксплуатации.

В последнее десятилетие в электроэнергетике начался переход от системы планово-предупредительного обслуживания и ремонта к обслуживанию по техническому состоянию. Главное отличие последнего от ранее применяемых методов состоит в возможности его проведения дистанционно и без прекращения передачи электроэнергии, а также в переходе от разовых обследований к мониторингу высоковольтных элементов. Однако за эти годы не были разработаны стандартизированные методы и устройства дистанционного определения параметров дефектов, их развития и степени влияния на дальнейшую работоспособность оборудования. Периодический контроль развития дефектов в изоляторах стал еще более актуальным после исследования механизмов деградации диэлектрических материалов под длительным воздействием электрического

поля большой напряженности и факторов окружающей среды, уменьшающих срок их эксплуатации. Поэтому представляется актуальным периодический контроль за характеристиками ЧР при дистанционном мониторинге технического состояния высоковольтного диэлектрического оборудования.

В изложенных обстоятельствах стала актуальной научно-техническая проблема повышения надежности энергетического оборудования (подстанций и ЛЭП) и уменьшения потерь электроэнергии путем создания и исследования возможностей новых методов и системы дистанционного мониторинга технического состояния находящихся в работе высоковольтных изоляторов и других диэлектрических элементов ЛЭП и подстанций, установления их остаточного ресурса посредством периодического дистанционного измерения и последующего анализа разработанных диагностических параметров (по характеристикам ЧР) наиболее опасных дефектов. При использовании уже ранее разработанных физических способов измерения характеристик ЧР необходимо было разработать методы определения таких важных диагностических параметров дефектов как вид, месторасположение, размер, скорость развития, степень его влияния на дальнейшую работоспособность, а также временную последовательность выполнения диагностических мероприятий.

Полученные с помощью разработанных методов мониторинга технического состояния диэлектрических элементов результаты, несомненно, будут способствовать развитию общей модели кинетики электрического разрушения диэлектриков и повышению электрической долговечности высоковольтных диэлектрических материалов и конструкций.

2. Научная новизна результатов работы

1. Разработана комплексная методика определения вида, места расположения наиболее опасных дефектов, позволяющая прогнозировать процессы деградации высоковольтных изоляторов путем периодической регистрации выявленных диагностических параметров и остаточного ресурса ВИ.

2. Впервые изучены закономерности возникновения мощных частичных разрядов на дефектах в высоковольтных изоляторах в процессе эксплуатации. Установлено, что главной причиной возникновения мощных частичных разрядов является векторное сложение напряженностей приложенного к ВИ электрического поля и поля, образованного предыдущими частичными разрядами на диэлектрических поверхностях дефекта.

3. Выполненное с помощью разработанного и изготовленного аппаратно-программного комплекса в стендовом и полевом вариантах изучение набора диагностических параметров ВИ позволило развить новые представления о природе возрастания электрического поля в области дефекта за счет полей, индуцированных предыдущими частичными разрядами. Предположено, а затем экспериментально подтверждено, что

индуцированные поля по напряженности могут значительно превосходить напряженности приложенных полей в энергетических высоковольтных системах, и таким образом приводить к ускоренной локальной деградации диэлектрических элементов в процессе эксплуатации.

4. Разработанный аппаратно-программный комплекс для определения различных характеристик ЧР, их изменений в зависимости от параметров дефектов и их развития позволил оценивать остаточный ресурс ВИ.

3. Практическая значимость результатов

1. Предложена и протестирована методология периодического диагностирования (мониторинга) высоковольтных изоляторов с помощью разработанного набора характеристик частичных разрядов с использованием нескольких датчиков различной физической природы и последующей математической обработки результатов измерений, позволяющая не только более точно по сравнению с существующими методами оценивать текущее техническое состояние, но и прогнозировать остаточный ресурс высоковольтных изоляторов.

2. Разработанная методика мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов на основе детектирования и последующего анализа характеристик мощных частичных разрядов может быть применена для диагностики других конструкционных и технологических элементов высоковольтной энергетики.

4. Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации

Диссертация является обобщением ряда выполненных на кафедре «Промышленная электроника» КГЭУ исследований. Личный вклад автора состоит в непосредственном участии в разработке общей методологии системы мониторинга, в разработке и создании методик измерения и измерительных устройств, аппаратно-программного комплекса, испытательного стенда, проведении полевых измерений характеристик ЧР на подстанциях и испытательном стенде кафедры. Диссертация выполнена с использованием результатов, полученных лично автором или при его ключевом участии в измерениях на подстанциях и испытательном стенде. В обследовании ВИ на подстанциях принимали участие аспиранты кафедры ПЭ КГЭУ Хуснутдинов Р.А. и Марданов Г.Д. Обсуждение и интерпретация результатов, подготовка публикаций к печати проводились совместно с соавторами. Постановка задач, направление исследований осуществлялись автором совместно с научным консультантом – заведующим кафедрой ПЭ, профессором Голенищевым-Кутузовым А.В.

5. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность полученных в работе результатов обеспечивается корректной постановкой исследовательских задач и их физической обоснованностью, применением в измерительном комплексе современной элементной базы, комплексным подходом к методам исследований, которая подтверждена сопоставимостью результатов, полученных в стендовом режиме с результатами испытаний ВИ на подстанциях в условиях эксплуатации; корректной обработкой полученных результатов с использованием современных средств вычислительной техники; экспертизами ФИПС на разработанные способы и технические решения. Полученные результаты не противоречат выводам, полученным другими авторами.

6. Соответствие диссертации научной специальности

Работа соответствует специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (прежнее название 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий») и отвечает следующим пунктам паспорта специальности.

1. Научное обоснование новых и совершенствование существующих методов, аппаратных средств и технологий контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующее повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды.

2. Разработка методологий прогнозирования работоспособности и остаточного ресурса изделий, направляющих оптимизацию методов, приборов, систем контроля и диагностирования изделий, повышение надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды.

4. Разработка методического, математического, программного, технического, приборного обеспечения для систем технического контроля и диагностирования материалов, изделий, веществ и природной среды, экологического мониторинга природных и техногенных объектов, способствующих увеличению эксплуатационного ресурса изделий и повышению экологической безопасности окружающей среды.

5. Разработка метрологического обеспечения методов и метрологических характеристик приборов контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующих увеличению достоверности оценки эксплуатационного ресурса изделий и повышения уровня экологической безопасности окружающей среды.

7. Полнота изложения результатов диссертации в работах, опубликованных автором

Основные результаты диссертационной работы изложены в 21 статье, опубликованных в рецензируемых научных изданиях [1-21], из которых 11 индексируются в международных базах данных Web of Science и Scopus (и приравниваются к публикациям в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК) [1-11], 10 входят в перечень ВАК [12-21], а также в 6 патентах и свидетельствах (приравниваются к публикациям в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК) [22-27] и в монографии [28].

Статьи в рецензируемых журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus

1. Ivanov D.A., Sadykov M.F., Yaroslavsky D.A., Golenishchev-Kutuzov A.V., Galieva T.G. Non-Contact Methods for High-Voltage Insulation Equipment Diagnosis during Operation // *Energies*. 2021. 14 (18). P. 5670. DOI: 10.3390/en14185670 (личный вклад – 50%).

2. Golenishchev-Kutuzov A.V., Golenishchev-Kutuzov V.A., Ivanov D.A. et al. Complex Diagnostics of Defects in High-Voltage Insulators // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2019. Vol. 83. No. 12. P. 1490-1493. DOI: 10.3103/S1062873819120062 (личный вклад – 45%).

3. Golenishchev-Kutuzov A.V., Ivanov D.A., Kalimullin R.I., Semennikov A.V. Remotely Measured Diagnostic Parameters for Estimating the Residual Life of High Voltage Insulators // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2020. Vol. 84. No. 12. P. 1502-1504. DOI: 10.3103/S1062873820120229 (личный вклад – 45%).

4. Ivanov D.A., Golenishchev-Kutuzov A.V., Yaroslavsky D.A., Sadykov M.F. Portable Complex for Remote Control of High-Voltage Insulators using Wireless Data Collection and Transmission Module // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. 13 (6). P. 2358-2362 (личный вклад – 50%).

5. Golenishchev-Kutuzov A.V., Golenishchev-Kutuzov V.A., Ivanov D.A. et al. Effect of partial discharges on the operating condition of highvoltage insulators // *E3S Web of Conferences*. 2019. 124. P. 03001. DOI: 10.1051/e3sconf/201912403001 (личный вклад – 35%).

6. Ivanov D., Galieva T., Sadykov M. et al. Method for the diagnosis of high-voltage dielectric elements during operation based on dynamic registration of electromagnetic radiation // *E3S Web of Conferences*. 2020. 216. P. 01061. DOI: 10.1051/e3sconf/202021601061 (личный вклад – 40%).

7. Ivanov D.A., Sadykov M.F., Yaroslavsky D.A. et al. System for monitoring the acoustic radiation of discharge processes at an electric substation to diagnose the technical state of insulators // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2021. Vol. 85. No. 11. P. 1258–1261 (личный вклад – 50%).

8. Golenishchev-Kutuzov A.V., Golenishchev-Kutuzov V.A., Ivanov D.A., Semennikov A.V., Galieva T.G. Monitoring System of High Voltage Dielectric Equipment // E3S Web of Conferences. 2021. 288. P. 01088. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801088> (личный вклад – 35%).

9. Ivanov D., Golenishchev-Kutuzov A., Galieva T. Non-Contact Methods for High-Voltage Insulator Diagnosis // 2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). 2021. P. 614-619. DOI: [10.1109/UralCon52005.2021.9559473](https://doi.org/10.1109/UralCon52005.2021.9559473) (личный вклад – 45%).

10. Golenishchev-Kutuzov A.V., Golenishchev-Kutuzov V.A., Ivanov D.A. et al. Remote Testing for Defects in In-Service High-Voltage Insulators // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2018. Vol. 54. No. 10. P. 682-686. DOI: [10.1134/S1061830918100054](https://doi.org/10.1134/S1061830918100054) (личный вклад – 35%).

11. Golenishchev-Kutuzov A.V., Golenishchev-Kutuzov V.A., Ivanov D.A. et al. Integrated Noncontact Diagnostics of the Operable Condition of High-Voltage Insulators // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2019. Vol. 55. No. 8. P. 596-602. DOI: [10.1134/S1061830919080060](https://doi.org/10.1134/S1061830919080060) (личный вклад – 35%).

Статьи в рецензируемых журналах, входящие в список ВАК

12. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А. и др. Комплексный метод дистанционного контроля состояния высоковольтных изоляторов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 5-6. С. 87-93 (личный вклад – 35%).

13. Ярославский Д. А., Иванов Д. А., Горячев М. П. и др. Выбор операционной системы реального времени для беспроводного устройства // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2016. Т. 72. № 4. С. 95-100 (личный вклад – 30%).

14. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., Марданов Г.Д. Дистанционный контроль технического состояния фарфоровых высоковольтных изоляторов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 3-4. С. 99-107 (личный вклад – 40%).

15. Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Потапов А.А., Кротов В.И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 4. С. 123-133. DOI: [10.30724/1998-9903-2019-21-4-123-133](https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-4-123-133) (личный вклад – 40%).

16. Голенищев-Кутузов А.В., Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р., Иванов Д.А. и др. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 2. С. 117-127. DOI: [10.30724/1998-9903-2020-22-1-117-127](https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-1-117-127) (личный вклад – 30%).

17. Галиева Т.Г., Иванов Д.А., Садыков М.Ф., Голенищев-Кутузов А.В. Лабораторный стенд для разработки метода и системы непрерывного бесконтактного неразрушающего контроля технического состояния

изоляционного оборудования // Омский научный вестник. 2021. № 5 (179). С. 80–87. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-179-80-87 (личный вклад – 35%).

18. Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Голенищев-Кутузов А.В., Садыков М.Ф., Калимуллин Р.И., Семенников А.В. Детектирование акустических сигналов частичных разрядов на дефектах изоляционного оборудования // Омский научный вестник. 2021. № 6 (180). С. 48-55. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-180-48-55 (личный вклад – 40%).

19. Иванов Д.А. Особенности мониторинга сверхбольших частичных разрядов в высоковольтных изоляторах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 1. С. 151-163 (личный вклад – 100%).

20. Иванов Д.А. Исследование электрофизических процессов и старения материала высоковольтных изоляторов для определения их рабочего ресурса // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 2. С. 132-146 (личный вклад – 100%).

21. Иванов Д.А. Экспериментальная система мониторинговой диагностики высоковольтных изоляторов в процессе эксплуатации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022. № 6. С. 15-23 (личный вклад – 100%).

Патенты и свидетельства

22. Патент № 2679759 С1 Российская Федерация, МПК G01R 31/12. Способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов: № 2018110016: заявл. 21.03.2018: опубл. 12.02.2019 / А. В. Голенищев-Кутузов, В. А. Голенищев-Кутузов, Д. А. Иванов и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет" (ФГБОУ ВО "КГЭУ") (личный вклад – 35%).

23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021668517 Российская Федерация. Программный комплекс записи и обработки сигналов частичных разрядов в процессе мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов: № 2021667722: заявл. 10.11.2021: опубл. 17.11.2021 / Д.А. Иванов, А.В. Голенищев-Кутузов, А.В. Семенников и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (личный вклад – 45%).

24. Патент на полезную модель № 206382 U1 Российская Федерация, МПК H02J 13/00. Устройство оперативного мониторинга технического состояния высоковольтных линий электропередачи: № 2021113356: заявл. 11.05.2021: опубл. 08.09.2021 / М. Ф. Садыков, М. П. Горячев, Д. А. Ярославский, Д. А. Иванов и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (личный вклад – 35%).

25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020666708 Российская Федерация. Программа анализа среднего значения мощности сигналов радиоканалов протокола ZigBee на разных частотах: № 2020666027: заявл. 07.12.2020: опубл. 14.12.2020 / М. Ф. Садыков, Д. А. Иванов, Д. А. Ярославский и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (личный вклад – 30%).

26. Патент на полезную модель № 193020 U1 Российская Федерация, МПК В61В 7/06, G01R 31/08, H02G 1/02. Роботизированное устройство для верхового осмотра состояния воздушных линий электропередачи: № 2019120921: заявл. 04.07.2019: опубл. 10.10.2019 / М. Ф. Садыков, Н. С. Мочалов, Д. А. Иванов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет" (ФГБОУ ВО "КГЭУ") (личный вклад – 35%).

27. Патент на полезную модель № 185311 U1 Российская Федерация, МПК H02J 13/00, G01R 31/02. Устройство оперативного мониторинга технического состояния высоковольтных линий электропередачи: № 2018120028: заявл. 30.05.2018: опубл. 29.11.2018 / М. Ф. Садыков, М. П. Горячев, Д. А. Ярославский, Д. А. Иванов и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет". (личный вклад – 30%).

Глава в монографии

28. Голенищев-Кутузов В.А., Абдуллазянов Э.Ю., Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Марданов Г.Д., Семенников А.В. Диагностика твердотельной изоляции высоковольтного энергетического оборудования // Новые технологии, материалы и оборудование в энергетике. В 3 т. Т. III. Качество энергоснабжения, энергоэффективность и экология: монография / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова, Э.В. Шамсутдинова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – с. 44-70. (личный вклад – 30%).

Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 2 – в [4, 10, 15, 28], по главе 3 – в [1, 2, 9, 13, 14, 19], по главе 4 – в [3, 5, 6, 8, 12, 16], по главе 5 – в [7, 11, 17, 18, 19-27].

В диссертационной работе не выявлено использования материалов или отдельных результатов без ссылок на автора или источник заимствования, включая работы, выполненных соискателем лично и/или в соавторстве.

8. Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационного исследования обсуждались и докладывались на Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2016, 2017», Томск, 2016, 2017; XIII Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП – 2016», Новосибирск, 2016; IV, V Международных молодёжных форумах «Интеллектуальные энергосистемы», Томск, 2016, 2017; IV Российской молодежной научной школе-конференции «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи», Томский политехнический университет, Томск, 2016; Конференции NI Academic Days 2017, Москва, 2017; VIII Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи», Самара, 2017; Международной конференции «Энергосбережение. Наука и образование», Набережные Челны, 2017; Научно-исследовательской конференции по итогам совместного конкурса фундаментальных исследований РФФИ – РТ, Казань, 2017; XII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 2017; XVIII Международном симпозиуме «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан», Казань, 2018; XVI международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки», Томск, 2018; IV, V Национальных научно-практических конференциях «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», Казань, 2018, 2019; IV Всероссийской научно-практической конференции «Энергетика и энергосбережение: теория и практика», Кемерово, 2018; Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники», Казань, 2019; 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, Казань, 2019; Международной научно-технической конференции «Пром-Инжиниринг», Сочи, 2020; XII Всероссийской научно-технической конференции «Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике» (ИТЭЭ-2020), Чебоксары, 2020; Международных молодёжных научных конференциях «Гинчуринские чтения», Казань, 2020, 2021; Международных научных конференциях «Энергетика и цифровая трансформация», Казань, 2020, 2021; Международной молодежной конференции, приуроченной к 90-летию СГТУ имени Ю.А. Гагарина, Саратов, 2020; XVIII Международной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов «Промышленное развитие России: проблемы, перспективы», Нижний Новгород, 2020; II Международной научной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики», Сумгаит, 2020; Международной научно-технической конференции молодых ученых, Белгород, 2020; Международной научно-технической конференции

«Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XXI Бенардосовские чтения)», Иваново, 2021; II Международной научно-технической конференции «Smart Energy Systems 2021» (SES-2021), Казань, 2021; Международном симпозиуме «Устойчивая энергетика и энергомашиностроение – 2021: SUSE-2021», Казань, 2021; 2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Челябинск, 2021; XIV Всероссийской научно-технической конференции «Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем» (ДНДС-2021), Чебоксары, 2021; Международной молодежной научной конференции «XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых), КНИТУ-КАИ, Казань, 2021.

9. Ценность научных работ соискателя

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что в них изложены следующие основные результаты диссертации.

1. Методики периодического комплексного дистанционного измерения характеристик частичных разрядов и напряженностей электрических полей, повышающие информативность и достоверность оценки технического состояния высоковольтных изоляторов, путем сопоставления их с параметрами наиболее опасных при эксплуатации дефектов.

2. Разработанный испытательный стенд, включающий в себя измерительный комплекс (различные физические датчики – электромагнитный, электрооптический, акустический, тепловизионный), цифровой комплекс и регулируемый источник высокого напряжения, позволяющий комплексно и дистанционно определять и анализировать характеристики диагностических параметров высоковольтных диэлектрических материалов и элементов.

3. Установленный набор диагностических параметров, включающий интенсивность, количество, фазовые сдвиги МЧР, которые дают возможность определять техническое состояние ВИ в условиях эксплуатации.

4. Комплексный метод обнаружения и регистрации вида, места расположения и роста наиболее опасных дефектов путем дистанционного измерения повышенных напряженностей электрического поля, локально расположенных на поверхностях ВИ, и набора характеристик частичных разрядов электромагнитным и акустическим датчиками.

5. Особенности мониторинга ЧР в ВИ. Роль мощных ЧР в ускорении процессов старения ВИ.

10. Характер результатов диссертации

Характер результатов диссертации соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ.

11. Выводы

Диссертация Иванова Дмитрия Алексеевича «Методология и аппаратно-программный комплекс дистанционного диагностирования высоковольтных изоляторов в процессе эксплуатации на основе анализа характеристик частичных разрядов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится разработка комплексной методики определения вида, места расположения наиболее опасных дефектов, позволяющей прогнозировать процессы деградации высоковольтных изоляторов путем периодической регистрации выявленных диагностических параметров и остаточного ресурса ВИ, разработан программный комплекс для определения различных характеристик ЧР, их изменений в зависимости от параметров дефектов и их развития, что позволяет оценивать остаточный ресурс ВИ.

Представленная диссертация на соискание ученой степени доктора наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Также в диссертации изложены новые научно обоснованные *технические* (программный комплекс для определения различных характеристик ЧР) и *методические* (методики периодического комплексного дистанционного измерения характеристик частичных разрядов и напряженностей электрических полей; комплексный метод обнаружения и регистрации вида, места расположения и роста наиболее опасных дефектов, метод определения технического состояния ВИ подстанций и линий электропередачи в условиях изменяющихся эксплуатационных воздействий) решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, принятого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, с изменениями, принятыми Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. №335, от 20 марта 2021 г. №426, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, включая требования п. 14.

Диссертация «Методология и аппаратно-программный комплекс дистанционного диагностирования высоковольтных изоляторов в процессе эксплуатации на основе анализа характеристик частичных разрядов» Иванова Дмитрия Алексеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Промышленная электроника» Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

Присутствовало на заседании 22 чел. Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – 2 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 16-2 от «21» июня 2022 г.



Калимуллин Рустем Ирекович,
профессор кафедры «Промышленная электроника»
ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
доктор физико-математических наук, доцент,
председатель заседания

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»,
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.
Тел. (843) 519-42-78, e-mail: kalimullin.ri@kgeu.ru

Абдуллазянов Эдвард Юнусович: кандидат технических наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», ректор,
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.
Тел. (843)519-42-02, e-mail: rector@kgeu.ru