

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Абишевой Динары Каиржановны
на тему «Создание методов контроля токов
частичных разрядов подвесных изоляторов
высоковольтных линий электропередач»
представленной на соискание степени
доктора философии (PhD) по образовательной
программе 8D07103 – «Электроэнергетика».

Диссертационная работа посвящена созданию методов контроля частичных разрядов подвесных изоляторов высоковольтных линий электропередач.

Целью диссертационной работы является разработка методов контроля и технических средств, обеспечивающих текущую оценку интенсивности разрушения изолятора для предупреждения его электродугового перекрытия.

Задачи исследования:

- анализ и обоснование актуальности исследования токов частичных разрядов;
- теоретические исследования токов частичных разрядов;
- экспериментальные исследования токов частичных разрядов;
- теоретические исследования распределения частичных разрядов в функции напряжения токоведущих проводов;
- исследование спектральных характеристик импульсной последовательности частичных разрядов.

Методы исследования:

Определились характером каждой из поставленных задач и опирались на положения теории развития разряда в воздухе вдоль увлажненной и загрязненной поверхности, теорию электрических цепей и электротехники, вероятности и планирования эксперимента. В процессе исследования были использованы методы постановки и планирования эксперимента, цифровой и статистической обработки данных. Для построения графических зависимостей и диаграмм были использованы пакеты прикладных программ MathCAD, MS Excel, Paint Brush, сертифицированное программное обеспечение FLUKE. Имитационные моделирования и результаты были выполнены и получены в пакете прикладных программ MATLAB.

Экспериментальные данные получены в лаборатории кафедры автоматизации производственных процессов НАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова» в г. Караганда путем регистрации тока утечки при подаче на изолятор напряжения 10 кВ.

Основные положения и результаты, выносимые на защиту:

- математическая модель процесса возникновения токов частичных разрядов
- имитационная модель процесса возникновения токов частичных разрядов (схема замещения подвесного изолятора, имитационная модель в

MATLAB);

- спектральный анализ токов частичных разрядов для определения рекомендуемого рабочего диапазона частот.

Научная новизна диссертации:

- разработке схемы замещения электромагнитных процессов протекающих на поверхности подвешенного изолятора;
- разработке математической и имитационной моделей электродинамических процессов токов частичных разрядов;
- определении ошибки плотности распределения токов частичных разрядов в соответствии с количеством выборок для положительной и отрицательной полуволн напряжения на изоляторе;
- определении спектральных характеристик тока частичных разрядов для различных значений частот следования токов частичных разрядов.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что:

- полученные спектральные характеристики ТЧР могут использоваться для определения технических характеристик первичного преобразователя;
- разработана методика проведения экспериментальных исследований токов частичных разрядов;
- разработано техническое решение по контролю и мониторингу токов частичных разрядов.

Степень достоверности результатов диссертации:

Полученные в диссертационной работе результаты были представлены и обсуждены в проектной организации ТОО «ARIGATAI», по итогам которого оформлен акт внедрения в производство.

Практическая значимость результатов исследования подтверждена получением патента на полезную модель № 9204 от 14.03.2025г. «Устройство контроля тока частичных разрядов подвесных изоляторов линии электропередачи».

Личный вклад автора состоит в определении области распределения токов частичных разрядов относительно диаграммы периода напряжения на изоляторе, разработке схемы замещения подвешенного изолятора, математической и имитационной моделей электродинамических процессов токов частичных разрядов, алгоритме исследования вероятностных характеристик токов частичных разрядов относительно диаграммы напряжения на изоляторе и проведении анализа экспериментальных результатов исследований токов частичных разрядов. Полученные результаты и рекомендации, подготовленные соискателем могут быть использованы при внедрении системы по контролю и мониторингу токов частичных разрядов, обеспечивающей энергосбережение и снижение числа аварийных ситуаций.

В опубликованных статьях в соавторстве, автору принадлежат результаты экспериментальных исследований, анализ, подготовка,

оформление, отправка и сопровождение материалов как автор-корреспондент.

Апробация работы. Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 публикациях:

- в изданиях, входящих в научную базу Scopus 1 статья:

Partial discharge currents of high voltage power line suspension insulators. International Journal on Energy Conversion (IRECON), 2022, Vol. 10, №3. pp. 88-96, DOI: <https://doi.org/10.15866/irecon.v10i3.21769> (Процентиль – 54)

- в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК – 4 статьи:

1. Experimental Studies of Partial Discharge Currents of Suspended Insulators of High-voltage Power Lines. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2022. – № 3(88). – С. 346-351.

2. Technical Implementation of the Combined Leakage Current Sensor of Suspended Insulators. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2023. – № 2(91). – С. 347-352.

3. Жоғары вольтты электр желілерінің аспалы оқшаулағышының конструкциясы. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2024. – № 1(94). – С. 459-463.

4. Analysis of existing methods for monitoring the current of partial discharges of suspended insulators. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2024. – №2. – С. 501-504.

- в изданиях международных научных конференций 3 тезиса:

1. Анализ проблем при передаче электроэнергии по высоковольтным линиям // Труды Международной научно-практической online конференции Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сағиновские чтения № 13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 557-558.

2. Теоретические исследования частичных разрядов подвесных изоляторов // Труды Международной научно-практической online конференции Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сағиновские чтения № 13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 559-561.

3. Структурная схема комбинированного датчика тока утечки подвесного изолятора // Труды Международной научно-практической конференции «XV Сағиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства». – Караганда, 2021. – Часть 2. – С. 12-14.

ABSTRACT

of the dissertation by Abisheva Dinara Kairzhanovna
on the topic “Development of methods for monitoring current partial discharges in
suspension insulators of high-voltage power transmission lines,”
submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD)
in the educational program 8D07103 – “Power Engineering.”

The dissertation is devoted to the development of methods for monitoring partial discharges in suspension insulators of high-voltage power transmission lines.

The aim of the dissertation is to develop monitoring methods and technical means that provide an ongoing assessment of the intensity of insulator degradation to prevent its arc-over.

Research objectives:

- analysis and justification of the relevance of studying partial discharge currents;
- theoretical studies of partial discharge currents;
- experimental studies of partial discharge currents;
- theoretical studies of the distribution of partial discharges as a function of the voltage of the current-carrying wires;
- study of the spectral characteristics of the pulse sequence of partial discharges.

Research methods: It was determined the nature of each of the set tasks and relied on the principles of the theory of discharge development in air along a moistened and contaminated surface, the theory of electrical circuits and electrical engineering, probability theory, and experimental planning. During the research, we used methods for setting up and planning experiments, as well as digital and statistical data processing. To construct graphical dependencies and diagrams, we used the following application software packages: MathCAD, MS Excel, Paint Brush, and certified FLUKE software. Simulation modeling and the results were carried out and obtained using the MATLAB application software package.

Experimental data were obtained in the laboratory of the Department of Industrial Process Automation of the NPJSC "Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov" in Karaganda by recording the leakage current when a voltage of 10 kV is applied to the insulator.

The main provisions and results to be defended are:

- a mathematical model of the process of partial discharge current generation;
- a simulation model of the process of partial discharge current generation (equivalent circuit of a suspension insulator, simulation model in MATLAB);
- spectral analysis of partial discharge currents to determine the recommended operating frequency range.

The scientific novelty of the dissertation lies in: - the development of an equivalent circuit for the electromagnetic processes occurring on the surface of a suspension insulator.

- the development of mathematical and simulation models of the electrodynamic processes of partial discharge currents;
- determining the error in the distribution density of partial discharge currents in accordance with the number of samples for the positive and negative half-waves of the voltage across the insulator;
- determining the spectral characteristics of partial discharge currents for various values of the partial discharge current repetition frequencies.

The practical significance of the results obtained lies in the fact that:

- the obtained spectral characteristics of partial discharge currents can be used to determine the technical characteristics of the primary transducer;
- a methodology for conducting experimental studies of partial discharge currents has been developed;
- a technical solution for controlling and monitoring partial discharge currents has been developed.

The degree of reliability of the results of the dissertation:

The results obtained in the dissertation work were presented and discussed at the project organization LLP “ARIGATAI”, following which an implementation certificate was issued.

The practical significance of the research results is confirmed by the receipt of a patent for a utility model No. 9204 dated 14.03.2025, “Device for monitoring the current of partial discharges of suspension insulators on power transmission lines.”

The author’s personal contribution lies in determining the distribution area of partial discharge currents relative to the voltage-period diagram of the insulator, developing a substitution scheme for the suspension insulator, and creating mathematical and simulation models of the electrodynamic processes of partial discharge currents. The author also developed an algorithm for studying the probabilistic characteristics of partial discharge currents relative to the voltage diagram of the insulator and analysed the experimental results of partial discharge current studies. The obtained results and recommendations prepared by the applicant can be used when implementing a system for controlling and monitoring partial discharge currents, which will ensure energy saving and reduce the number of emergency situations.

In published articles co-authored by the author, the author contributes the results of experimental research, analysis, preparation, documentation, submission, and support of the materials as a corresponding author.

Approval of the work.

The main scientific results of the dissertation are published in 8 publications:

- 1 article in publications included in the Scopus scientific database:

Partial discharge currents of high voltage power line suspension insulators. International Journal on Energy Conversion (IRECON), 2022, Vol. 10, №3. pp. 88-96, DOI: <https://doi.org/10.15866/irecon.v10i3.21769> (Percentile – 54)

- in publications recommended by CQASHE MSHE RK – 4 articles: :

1. Experimental Studies of Partial Discharge Currents of Suspended Insulators of High-voltage Power Lines. Труды университета. - Караганда:

КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2022. – № 3(88). – С. 346-351.

2. Technical Implementation of the Combined Leakage Current Sensor of Suspended Insulators. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2023. – № 2(91). – С. 347-352.

3. Жоғары вольтты электр желілерінің аспалы оқшаулағышының конструкциясы. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2024. – № 1(94). – С. 459-463.

4. Analysis of existing methods for monitoring the current of partial discharges of suspended insulators. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сағинова, 2024. – №2. – С. 501-504.

- in the publications of international scientific conferences: 3 theses :

1. Анализ проблем при передаче электроэнергии по высоковольтным линиям // Труды Международной научно-практической online конференции Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сағиновские чтения № 13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 557-558.

2. Теоретические исследования частичных разрядов подвесных изоляторов // Труды Международной научно-практической online конференции Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сағиновские чтения № 13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 559-561.

3. Структурная схема комбинированного датчика тока утечки подвесного изолятора // Труды Международной научно-практической конференции «XV Сағиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства». – Караганда, 2021. – Часть 2. – С. 12-14.

АННОТАЦИЯ

Абишева Динара Каиржановнаның
диссертациялық жұмысы
" Жоғары вольтты электр желілерінің аспалы
оқшаулағыштарының ішінара ағызу токтарын
бақылау әдістерін құру" тақырыбында
алуға ұсынылған дәреже
білім беру бойынша философия докторлары (PhD)
8D07103 – "Электр энергетикасы" бағдарламасы.

Диссертациялық жұмыс жоғары вольтты электр желілерінің аспалы изоляторларының ішінара разрядтарын бақылау әдістерін жасауға арналған.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты оқшаулағыштың электр доғасының қабаттасуын болдырмау үшін оның бұзылу қарқындылығын ағымдағы бағалауды қамтамасыз ететін бақылау әдістері мен техникалық құралдарды әзірлеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері:

- ішінара разряд токтарын зерттеудің өзектілігін талдау және негіздеу;
- ішінара разряд токтарын теориялық зерттеу;
- ішінара разряд токтарын эксперименттік зерттеу;
- ток өткізгіш сымдардың кернеу функциясында ішінара разрядтардың таралуын теориялық зерттеу;
- ішінара разрядтардың импульстік реттілігінің спектрлік сипаттамаларын зерттеу.

Зерттеу әдістері:

Қойылған міндеттердің әрқайсысының сипаты анықталды және ылғалданған және ластанған беткей бойындағы ауадағы разрядты дамыту теориясының ережелеріне, электр тізбектері мен электротехника теориясына, эксперименттің ықтималдығы мен жоспарлануына сүйенді. Зерттеу барысында экспериментті құру және жоспарлау, деректерді сандық және статистикалық өңдеу әдістері қолданылды. Графикалық тәуелділіктер мен диаграммаларды құру үшін Mathcad, MS Excel, Paint Brush, сертификатталған FLUKE бағдарламалық жасақтамасы қолданылды. Имитациялық модельдеу және нәтижелер MATLAB қолданбалы бағдарламалар пакетінде орындалды және алынды.

Тәжірибелік деректер Қарағанды қаласындағы "Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті" КЕАҚ өндірістік процестерді автоматтандыру кафедрасының зертханасында 10 кВ кернеу изоляторына беру кезінде ағып кету тогын тіркеу арқылы алынды.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер мен нәтижелер:

- ішінара разряд токтарының пайда болу процесінің математикалық моделі
- ішінара разряд токтарының пайда болу процесінің имитациялық моделі (аспалы изоляторды ауыстыру схемасы, MATLAB-тағы Имитациялық модель);

- ұсынылған жиілік жұмыс диапазонын анықтау үшін ішінара разряд токтарының спектрлік талдауы.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы:

- аспалы изолятордың бетінде болып жатқан электромагниттік процестерді алмастыру схемасын әзірлеу;
- ішінара разряд токтарының электродинамикалық процестерінің математикалық және имитациялық модельдерін әзірлеу;
- оқшаулағыштағы кернеудің оң және теріс жартылай толқындары үшін үлгілер санына сәйкес ішінара разряд токтарының таралу тығыздығының қателігін анықтау;
- ішінара разряд токтарының әр түрлі жиілік мәндері үшін ішінара разряд тогының спектрлік сипаттамаларын анықтау.

Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы:

- жартылай разрядты токтардың алынған спектрлік сипаттамаларын бастапқы түрлендіргіштің техникалық сипаттамаларын анықтау үшін пайдалануға болады;
- ішінара разряд токтарына эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі әзірленді;
- ішінара разрядтардың токтарын бақылау және мониторингілеу бойынша техникалық шешім әзірленді.

Диссертация нәтижелерінің сенімділік дәрежесі:

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер "ARIGATAI" ЖШС жобалау ұйымында ұсынылды және талқыланды, оның қорытындысы бойынша өндіріске енгізу актісі ресімделді.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы 14.03.2025 ж. № 9204 "Электр беру желісінің аспалы изоляторларының ішінара разрядтарының тогын бақылау құрылғысы" пайдалы моделіне патент алумен расталды.

Автордың жеке үлесі оқшаулағыштағы кернеу кезеңінің диаграммасына қатысты ішінара разряд токтарының таралу аймағын анықтаудан, аспалы оқшаулағышты ауыстыру схемасын, ішінара разряд токтарының электродинамикалық процестерінің математикалық және имитациялық модельдерін жасаудан, оқшаулағыштағы кернеу диаграммасына қатысты ішінара разряд токтарының ықтималдық сипаттамаларын зерттеу алгоритмінен және ішінара разряд токтарын зерттеудің эксперименттік нәтижелеріне талдау жүргізуден тұрады. Ізденуші дайындаған алынған нәтижелер мен ұсынымдар энергия үнемдеуді және авариялық жағдайлар санын азайтуды қамтамасыз ететін ішінара разрядтардың токтарын бақылау және мониторингілеу жөніндегі жүйені енгізу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Бірлескен авторлықта жарияланған мақалаларда автор эксперименттік зерттеулердің нәтижелеріне, корреспондент - автор ретінде материалдарды талдауға, дайындауға, безендіруге, жіберуге және сүйемелдеуге ие.

Жұмысты апробациялау. Диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері 8 басылымда жарияланды:

- Scopus ғылыми базасына кіретін басылымдарда 1 мақала:

Partial discharge currents of high voltage power line suspension insulators. International Journal on Energy Conversion (IRECON), 2022, Vol. 10, №3. pp. 88-96, DOI: <https://doi.org/10.15866/irecon.v10i3.21769> (Процентиль – 54)

- ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда - 4 мақала:

5. Experimental Studies of Partial Discharge Currents of Suspended Insulators of High-voltage Power Lines. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сагинова, 2022. – № 3(88). – С. 346-351.

6. Technical Implementation of the Combined Leakage Current Sensor of Suspended Insulators. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сагинова, 2023. – № 2(91). – С. 347-352.

7. Жоғары вольтты электр желілерінің аспалы оқшаулағышының конструкциясы. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сагинова, 2024. – № 1(94). – С. 459-463.

8. Analysis of existing methods for monitoring the current of partial discharges of suspended insulators. Труды университета. - Караганда: КарТУ имени Абылқаса Сагинова, 2024. – №2. – С. 501-504.

- халықаралық ғылыми конференциялардың басылымдарында 3 тезис бар:

1. Анализ проблем при передаче электроэнергии по высоковольтным линиям // Труды Международной научно-практической online конференции Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 557-558.

2. Теоретические исследования частичных разрядов подвесных изоляторов // Труды Международной научно-практической online конференции Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 559-561.

3. Структурная схема комбинированного датчика тока утечки подвесного изолятора // Труды Международной научно-практической конференции «XV Сагиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства». – Караганда, 2021. – Часть 2. – С. 12-14.