

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»
КеАҚ



КӨЛІК-ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XIV ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2026

УДК 656:620.9

ББК 65.37+65.305.1

A43

Редакционная коллегия:

Председатель – Талтенов А.А., член Правления – Проректор по науке и коммерциализации, д.х.н., профессор; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., ассоциированный профессор; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспортная инженерия», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жумажанов С.К.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD, доцент.

A43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: XIV Международная научно-практическая конференция, 19 марта 2026г. / Подгот. А.А. Талтенов, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2026. – 632 с.

ISBN 978-601-385-216-4

В сборник включены материалы XIV Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 19 марта 2026 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

ISBN 978-601-385-216-4

УДК 656:620.9
ББК 65.37+65.305.1

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2026

**Секция 5 «ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ»**

Азмуханбетов Б.Т. ТҰРАҚТЫ ТОК ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ПИД-РЕТТЕГІШТЕРДІ ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ ФАЗЗИ-ЛОГИКА АРҚЫЛЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ	565
Айсанов А.Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	569
Ашимов Д.Е. МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ И ИХ АДАПТАЦИЯ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	575
Әлімқазы Ш., Нұржанова А.Б. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР. ТЕОРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.	579
Багиров И.Я. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ К РАСЧЕТАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ	584
Гайнуллина Д.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ-НАПРЯЖЕНИЯ	590
Ғизат М.Н. АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНДА ОРТАЛЫҚ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНЕ ҚОСЫЛМАЙТЫН ТІК ЖЕЛІ ТУРБИНАЛАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЕРГІЛІКТІ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДЕРДІ ЗАРЯДТАУ СТАНЦИЯСЫН ЖОБАЛАУ	593
Зуев Д.Н. МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ	596
Қайратов А.К. ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4–35 кВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНО КОРРЕКТНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	601
Қостанәев Ә.Д. 0,4 КВ ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ КОМПЕНСАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ	605
Ниязов Б.Ш. СОЦИАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПЕРЕХОДА К ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ В КАЗАХСТАНЕ	609
Сағиев Т.А. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ SSB	614
Сейткалиева М.С. АУЫСПАЛЫ ЖІЛІКТІ ЖАҒАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНЕ БІРІКТІРУ	619
Социал Б.Қ. ЖОҒАРЫ ТОК ГАРМОНИКАСЫН БАСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ	622
Уаханова К.Б. ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА КҮН-ЖЕЛІ ГИБРИДТІ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫ	628

GA-PID оңтайландырудың тиімділігі: Генетикалық алгоритмді қолдану ПИД-коэффициенттерін ($K_p=81.30$, $K_i=69.41$, $K_d=19.81$) автоматты түрде таңдауға мүмкіндік берді. Бұл фитнес-функция қателігін 2.909×10^{-11} деңгейіне дейін төмендетіп, жүйенің өтпелі процестерін барынша жылдамдатты және нысаналы мәнге дәл жетуді қамтамасыз етті.

Фаззи-логиканың басымдығы: Зерттеудің ең маңызды нәтижесі — небары 3 диагональды ережеден тұратын минималистік фаззи-реттегіштің жоғары динамикасы. Fuzzy-PID барлық қарастырылған реттегіштердің ішінде ең жоғары жылдамдықты (response speed) көрсетті. Бұл ережелер базасын барынша қысқарту арқылы да есептеу ресурстарын үнемдеп, ПИД-ке қарағанда «жұмсақ» әрі жылдам басқаруды жүзеге асыруға болатынын айқындады..

Түйіндей келе, интеллектуалды басқару стратегиялары RS-775 қозғалтқышының жұмыс сапасын түбегейлі жақсартады. Жоғары дәлдік қажет болған жағдайда GA-PID алгоритмін, ал нақты уақыт режиміндегі жылдам реакция мен микроконтроллер ресурстарын үнемдеу қажет болса минималистік Fuzzy-PID реттегішін қолдану ұсынылады. Алынған нәтижелерді робототехникадағы жетектерді және автоматтандырылған өндіріс жүйелерін жобалауда практикалық нұсқаулық ретінде пайдалануға болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Duan, X. (2025). Research on the Integration of PID Controller and Intelligent Optimization Algorithm in Motor Control. *CONF-FMCE 2025*.
2. Syed Salim, S. N., et al. (2025). Comparative insights into nonlinear PID-based controller design approaches. *IJRA*, 14(2), 191-203.
3. Çakıcı, S. N., et al. (2025). PID Design for Nonlinear Spacecraft Model with Reaction Wheels. *Aerospace Research Letters (ASREL)*, 4(1).
4. Al-Dayyeni, W. S., & Mahmood, H. S. (2025). PID Control Perspective: Techniques and Uses. *EJEEE Review*.
5. Sam-Okyere, Y. A., et al. (2025). Control Strategy Assessment: PID and Fuzzy-PID for Compound DC Motor Systems. *Journal of Power, Energy, and Control*, 2(2).
6. Boonkirdram, S., et al. (2025). Frequency Regulation in an Autonomous Microgrid Using Multistage PID and BES Algorithm. *IJEER*, 13(3).
7. Jawad, H. J., & Mhawi, E. (2025). Performance Improvement of PMSM Using PID and GA-PID Controllers. *IJEER*, 13(2), 186-192.
8. Rahoua, N., et al. (2025). Comparative Performance Analysis of PID and Fuzzy-PID Speed Controllers for BLDC Motor Drives. *ETASR*, 15(5).
9. Boonkirdram, S., et al. (2025). Design of Two-Degree-of-Freedom PID Controllers Optimized by Bee Algorithm for Frequency Control. *Energies*, 18(18), 4880.
10. Pati, D. U. (2025). Speed Control of a DC Motor Using PID Controller Based on MATLAB. *ResearchGate Preprint*.
11. Lee, Y.-C. (2025). PID Stabilization of Nonlinear Systems: Integrating Stabilizing Sets and Lyapunov Analysis. *Research Square*.

УДК 621.315.008.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Айсанов Алдияр Бауыржанович

aisanovv03@mail.ru

Магистрант кафедры «Электроэнергетика»

Аннотация. В статье рассматриваются методы определения параметров изоляции электрических сетей и анализируются причины повреждений изоляторов воздушных линий. Проведён лабораторный эксперимент по определению полной, активной и ёмкостной проводимости изоляции с использованием метода амперметра–вольтметра и метода расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей. По результатам эксперимента среднее значение полной проводимости изоляции составило $0,612 \times 10^{-3}$ См для метода АВ и $0,589 \times 10^{-3}$ См для метода РСОСП. Установлено, что метод РСОСП обеспечивает сопоставимую точность измерений и обладает преимуществом в виде повышенной безопасности за счёт отсутствия искусственного однофазного замыкания на землю.

Ключевые слова: изоляция, воздушные линии, проводимость изоляции, методы измерения, анализ.

Электроснабжение промышленных предприятий играет важную роль в обеспечении бесперебойной работы производства. Надёжность линий распределительных сетей зависит во многом от состояния их изоляции. Особенно это актуально для воздушных линий напряжением 6 - 10 кВ, которые широко применяются на промышленных объектах, включая производственные площадки, складские и вспомогательные помещения.

Изоляция проводов и опор предотвращает электрические пробой и защищает линии от воздействия климатических и эксплуатационных факторов. Состояние изоляции зависит от материала, конструкции линии, условий эксплуатации, температуры, влажности, специфических производственных загрязнений и солнечного излучения. Нарушение изоляции может привести к однофазным замыканиям на землю (ОЗЗ), перерастающим в межфазные аварии, что влечет за собой остановку технологических циклов и значительный экономический ущерб.

Определение параметров изоляции воздушной линии позволяет планировать профилактические работы, выбирать оптимальные материалы и конструкции, снижать риск аварий и продлевать срок службы оборудования. К основным параметрам относятся электрическая прочность, длина пути утечки и устойчивость к перенапряжениям.

Основные причины возникновения повреждений ВЛ

Повышение надёжности систем электроснабжения является одной из ключевых задач, стоящих перед энергообеспечивающими и эксплуатационными организациями и службами.

Согласно ГОСТ 27.410-87 надёжность определяется, как «Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, организации ремонтов, хранения и транспортирования».

Из анализа работы электрических сетей следует, что воздушные линии электропередачи являются наиболее повреждаемым элементом электрических сетей.

На количество отказов в работе ВЛ и ее надёжность влияет большое количество различных, эксплуатационных факторов: природно- климатические условия эксплуатации, конструктивные особенности элементов, период эксплуатации, тип токоведущих проводов, и т. п. Поэтому для повышения надёжности работы ВЛ необходимо выявить истинные причины отказов элементов ВЛ и определить направления по их снижению. Это возможно только на основании анализа статистических данных о повреждаемости элементов ВЛ. Анализ отказов и их сравнение с прогнозируемой информацией позволяет формализовать критерии правильности практических решений и теоретических предпосылок (рис.1) [1].

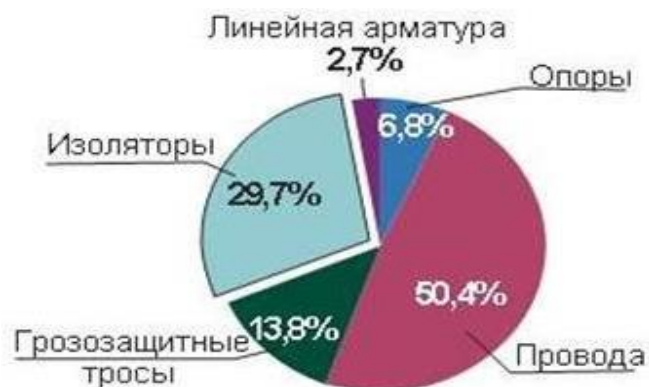


Рисунок 1 – Обобщенные данные по повреждаемости элементов.

Согласно приведенным данным, наиболее повреждаемыми компонентами воздушных линий класса 110 - 750 кВ являются провода (50,4%), изоляторы (29,7%) и грозозащитные тросы (13,8%).

Методы определения параметров изоляции

Для определения параметров изоляции электрических сетей без отключения рабочего напряжения могут применяться различные методы измерений. В данной работе рассматриваются два подхода: классический метод амперметра–вольтметра и метод расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей.

Метод амперметра–вольтметра (далее – метод АВ) является традиционным способом определения параметров проводимости изоляции электрических сетей. Его применение основано на создании искусственного однофазного замыкания на землю и последующем измерении параметров тока и напряжения. На основании полученных данных определяется полная проводимость изоляции электрической сети.

Несмотря на высокую точность измерений, данный метод обладает рядом эксплуатационных ограничений. Основным недостатком является необходимость создания искусственного однофазного замыкания на землю, что может приводить к возникновению переходных процессов и перенапряжений в электрической сети.

В связи с этим особый интерес представляет метод расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей, позволяющий выполнять оценку параметров изоляции без создания искусственного аварийного режима. Метод основан на статистической обработке параметров электрической сети, полученных с помощью анализаторов качества электроэнергии.

Метод АВ объясняется схемой (рис.2), имеющей в составе: 3-х сеть с фазами А, В и С; вольтметр PV, регистрирующий фазное напряжение; коммутирующее устройство QF1, создающее металлическое замыкания фазы на землю; коммутирующее устройство QF2, используемый для присоединения дополнительного резистора – G_0 ; коммутирующее устройство QF3, используемый для присоединения дополнительного конденсатора – B_0 ; амперметр PA, измеряющий величину тока ОЗЗ; B_A, B_B, B_C – ёмкостные проводимости изоляции фаз; G_A, G_B, G_C – активные проводимости изоляции фаз [2].

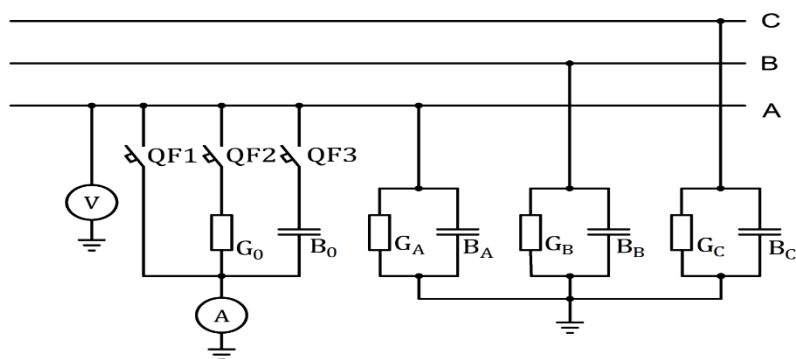


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема применяемая методом АВ

Полная проводимость изоляции сети определяет ток ОЗЗ [3].

$$Y = \frac{I_0}{U_{ph}} \quad (1.1)$$

$$I_0 = YU_{ph} \quad (1.2)$$

где Y – комплексная проводимость изоляции сети;

I_0 – ток замыкания на землю;

U_{ph} – напряжение фазы относительно земли.

При обработке результатов измерений используется статистический метод малой выборки. Абсолютную погрешность параметров изоляции сети рассчитывается с учётом принятого коэффициент Стьюдента $t_{an} = 2,4$ [4], где количество измерений равно 8 и доверительная вероятность составляет 0,95, тогда

$$\Delta X = t_{an} \times S_n \times n^{-0.5} \quad (2.1)$$

где t_{an} - коэффициент Стьюдента;

S_n - выборочное среднеквадратическое отклонение;

n – количество измерений.

Относительная погрешность сопоставляемых методов рассчитывается по выражению: (рис.3)

$$\Delta X^* = (\Delta X/X) \times 100\% \quad (2.2)$$

где ΔX^* - относительная погрешность;

ΔX – абсолютная погрешность;

X - среднее значение измеряемого параметра.

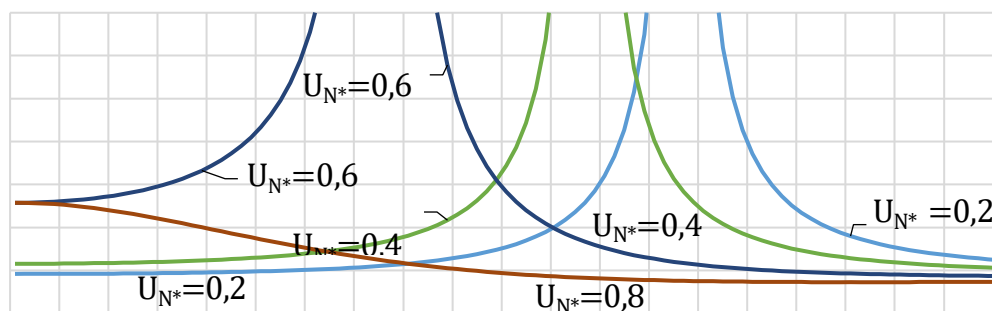


Рисунок 3 – Относительные среднеквадратичные погрешности нахождения полной проводимости

Метод расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей (далее метод РСОСП) иллюстрируется электрической схемой (рис.4), где в составе: трёхфазная электрическую сеть TR с фазами A, B и C ; анализатор качества электроэнергии PQA, регистрирующий значение фазного напряжения – U_{A1} , векторный угол фазы «А» по

отношению к земле – α , величину ННП – U_N , векторный угол ННП – φ при присоединении дополнительного резистора; коммутирующий аппарат $QF1$, присоединяющий дополнительный резистор; проводимость резистора – G_0 ; реактивные проводимости изоляции фаз B_A, B_B, B_C ; активные проводимости изоляции фаз G_A, G_B, G_C .

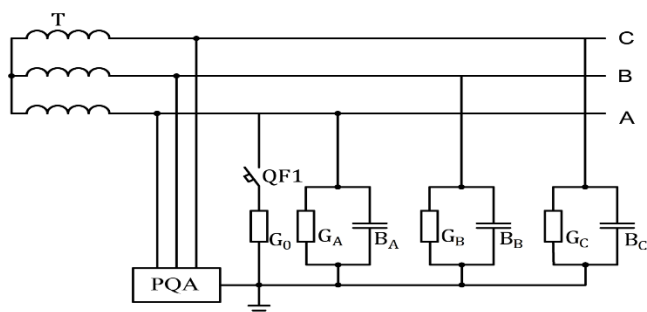


Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема метода расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей

Таблица 2.1 – Результаты метода АВ

Показатели	Номер измерения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Полная проводимость изоляции сети $Y \times 10^{-3}, \text{См}$	0,609	0,609	0,615	0,615	0,613	0,61	0,61	0,612
Ёмкостная проводимость изоляции сети $B \times 10^{-3}, \text{См}$	0,452	0,454	0,454	0,458	0,456	0,454	0,454	0,456
Активная проводимость изоляции сети $G \times 10^{-3}, \text{См}$	0,407	0,407	0,438	0,41	0,41	0,408	0,408	0,408

Таблица 2.2 – Результаты метода РСОСП

Показатели	Номер измерения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Полная проводимость изоляции сети $Y \times 10^{-3}, \text{См}$	0,589	0,588	0,589	0,589	0,589	0,588	0,588	0,59
Ёмкостная проводимость изоляции сети $B \times 10^{-3}, \text{См}$	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551
Активная проводимость изоляции сети $G \times 10^{-3}, \text{См}$	0,209	0,207	0,21	0,209	0,211	0,207	0,207	0,212

Статистические показатели параметров изоляции сети сравниваемых методов рассчитаны по полученным данным в ходе лабораторного эксперимента и обработки результатов методом малой выборки.

Результаты эксперимента

В ходе лабораторного эксперимента были определены параметры изоляции электрической сети двумя методами: амперметра–вольтметра и методом расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей. Для каждого метода было выполнено восемь измерений, результаты которых представлены в таблицах 2.1 и 2.2. Среднее значение полной проводимости изоляции, полученное методом АВ, составило $0,612 \times 10^{-3} \text{ См}$, тогда как при использовании метода РСОСП – $0,589 \times 10^{-3} \text{ См}$. Сравнение полученных данных показывает близость результатов измерений, что

свидетельствует о достаточной точности рассматриваемого метода и возможности его практического применения для оценки параметров изоляции электрических сетей.

Научная новизна проведённого исследования

1. Выполнен сравнительный анализ классического метода амперметра–вольтметра и метода расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей для определения параметров проводимости изоляции электрических сетей напряжением 6–10 кВ.

2. Обоснована возможность применения статистического метода оценки параметров изоляции электрических сетей без создания искусственного однофазного замыкания на землю.

3. Экспериментально подтверждена сопоставимая точность метода расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей по сравнению с классическим методом амперметра–вольтметра.

4. Показано, что применение статистического метода позволяет повысить безопасность проведения диагностических измерений в электрических сетях с изолированной нейтралью.

Полученные результаты расширяют возможности диагностики состояния изоляции распределительных электрических сетей промышленных предприятий.

Выводы

В ходе проведённого исследования были рассмотрены методы определения параметров изоляции электрических сетей воздушных линий напряжением 6–10 кВ промышленных предприятий. Выполнен сравнительный анализ классического метода амперметра–вольтметра и метода расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей.

В результате лабораторного эксперимента были получены значения полной, активной и ёмкостной проводимости изоляции электрической сети. Установлено, что среднее значение полной проводимости изоляции, определённое методом амперметра–вольтметра, составляет $0,612 \times 10^{-3}$ См, тогда как при использовании метода расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей получено значение $0,589 \times 10^{-3}$ См.

Сравнение результатов показало, что расхождение между значениями проводимости, полученными различными методами, является незначительным и находится в пределах допустимой погрешности измерений. Это свидетельствует о достаточной точности рассматриваемого статистического метода и подтверждает возможность его применения для определения параметров изоляции электрических сетей.

Важным преимуществом метода расчёта случайных относительных среднеквадратических погрешностей является повышение безопасности диагностических измерений, поскольку его применение не требует создания искусственного однофазного замыкания на землю. Кроме того, метод характеризуется простотой реализации и может эффективно использоваться при диагностике электрических сетей с изолированной нейтралью.

Полученные результаты могут быть использованы при эксплуатации распределительных электрических сетей промышленных предприятий, а также при разработке систем мониторинга состояния изоляции воздушных линий электропередачи.

С п и с о к и с п о л ь з о в а н н ы х и с т о ч н и к о в

1. Ефимов Е.Н. Причины и характер повреждаемости компонентов воздушных линий электропередачи напряжением 110-750 кВ в 1997-2007 гг. / Е.Н. Ефимов, Л.В. Тимашова, Н.В. Ясинская // Энергия единой сети. – 2012. – №5. – С. 35.
2. Гладилин Л.В., Утегулов Б.Б. Способ определения тока замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В // Промышленная энергетика, 1981. – №7. – С. 23-24.

3. Бессонов Л.А., Бессонов В.Л. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учеб. – Изд. 12-е, испр. и доп. – М.: Юрайт, 2016. – 701 с.
4. Rabinowich S. Measurement errors and uncertainties: theory and practice. – NY.: Springer Science & Business Media, 2005. Page 245.

УДК 797.044

МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ И ИХ АДАПТАЦИЯ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Ашимов Дамир Ерланұлы

2selani2@gmail.com

Магистрант кафедры «Электроэнергетика»

ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель: Карджаубаев Н.А.

Аннотация. В работе рассматриваются особенности анализа результатов диагностики частичных разрядов в кабельных линиях распределительных сетей. Показано, что интерпретация данных фазо-резольвированных диаграмм частичных разрядов (PRPD) в различных странах основывается на различных аналитических критериях, обусловленных климатическими и эксплуатационными условиями. В качестве количественных параметров анализа предложено использование индекса фазовой согласованности распределения импульсов и индекса концентрации источников частичных разрядов.

На основе сравнительного анализа практик диагностики, применяемых в США, Республике Корея и Китае, показано, что использование фиксированных пороговых значений этих индексов не всегда корректно для условий Республики Казахстан. Резко континентальный климат, значительные температурные колебания и сезонные механические воздействия на кабельные линии приводят к изменению характера распределения импульсов частичных разрядов. Предложен подход к интерпретации результатов диагностики, учитывающий региональные эксплуатационные особенности.

Ключевые слова: частичные разряды, кабельные линии, диагностика изоляции, PRPD-анализ, распределительные электрические сети, фазовая согласованность импульсов, индекс концентрации источников, климатические факторы эксплуатации

Введение. Надежность электрических сетей во многом определяется состоянием изоляции высоковольтного оборудования. Одной из наиболее распространенных причин отказов кабельных линий является деградация изоляции, связанная со старением материалов, механическими воздействиями и нарушениями условий эксплуатации. На ранних стадиях развития дефектов в изоляции возникают частичные разряды, представляющие собой локальные электрические пробои в ограниченных областях диэлектрика.

Диагностика частичных разрядов широко применяется для оценки технического состояния кабельных линий и позволяет выявлять дефекты до возникновения аварийных повреждений. Современные системы измерения позволяют регистрировать большое количество импульсов частичных разрядов и формировать фазо-резольвированные диаграммы распределения импульсов (PRPD) [1]. Однако сами по себе результаты измерений требуют дальнейшего анализа и интерпретации.

Практика диагностики показывает, что методы анализа результатов частичных разрядов существенно различаются в зависимости от особенностей электрических сетей и климатических условий эксплуатации [2]. В странах с влажным морским климатом, таких как Республика Корея, разрядная активность имеет более устойчивую фазовую структуру. В условиях развитой кабельной инфраструктуры США большое внимание уделяется