

[WWW.EEPiR.RU](http://WWW.EEPiR.RU)



ЖУРНАЛ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

# Опыт применения резистивного заземления нейтрали в сетях 6–20 кВ в ПАО «Россети Ленэнерго»

Рассматриваются вопросы обеспечения надежности электроснабжения в распределительных сетях среднего напряжения, в которых замыкания на землю составляют до 75–80% от общего числа повреждений. Режим заземления нейтрали в таких сетях влияет на значительное число технических решений, надежность работы сети и безопасность эксплуатации. В статье представлен опыт применения резистивного заземления нейтрали в сетях 6–20 кВ ПАО «Россети Ленэнерго». Рассмотрены технические и экономические аспекты перехода на данный режим заземления нейтрали.

С развитием инфраструктуры мегаполисов стремительно растут распределительные сети электроснабжения напряжением 6–35 кВ, реализуются проекты по реконструкции и новому строительству центров питания (ЦП). В Санкт-Петербурге высокими темпами развиваются электрические кабельные сети ПАО «Россети Ленэнерго». По статистическим данным компании рост протяженности КЛ за последние три года составил 1145,8 км в сетях 6–20 кВ. На начало 2025 года в зоне эксплуатационной ответственности ПАО «Россети Ленэнерго» находится 429 ЦП 35–220 кВ [1].

С недавнего времени в электрических сетях активно применяются силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) ввиду наличия значительных преимуществ данного типа кабелей перед кабелями с пропитанной бумажно-масляной изоляцией (БМИ). По данным ПАО «Россети Ленэнерго», за последнее десятилетие в Санкт-Петербурге рост протяженности кабелей с СПЭ в сетях напряжением 6–10 кВ составил 186% (2014 год — 2834 км, 2024 год — 5276 км).

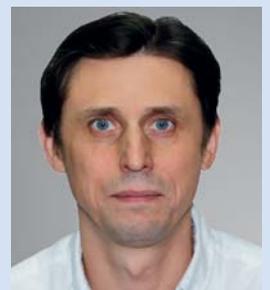
Одной из ключевых проблем эксплуатации электрических сетей среднего напряжения 6–35 кВ является высокая аварийность в виде повреждений изоляции относительно земли — однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), которые составляют до 75–80% от общего количества всех нарушений в данных сетях [2]. На время существования в сети ОЗЗ вся электрически связанная сеть длительно подвергается перенапряжениям, сопровождающимся перемежающейся электрической дугой в месте повреждения [3–7]. Возникающие дуговые перенапряжения делают небезопасным длительное существование ОЗЗ, опасны для электрооборудования и, в первую очередь, для кабелей и трансформаторов



**Николай СОЛОВЬЕВ,**  
первый заместитель  
директора — главный  
инженер филиала  
ПАО «Россети  
Ленэнерго» —  
«Кабельная сеть»



**Яна РЯБОКУЧМА,**  
заместитель начальника  
Департамента техно-  
логического развития  
и инноваций ПАО  
«Россети Ленэнерго»



**Максим ЩЕРБАКОВ,**  
д.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой  
«Системы автома-  
тизированного проек-  
тирования и поискового  
конструирования»  
ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»



**Надежда КУЗНЕЦОВА,**  
к.т.н., доцент кафедры  
«Электротехника»  
ФГБОУ ВО «ВолГТУ»



**Алексей ИВАНОВ,**  
начальник Управления  
исследования  
цифровых технологий  
Департамента  
цифровых технологий  
АО «Россети Научно-  
технический центр»



**Татьяна АНИСИМОВА,**  
ведущий эксперт  
Управления  
исследования  
цифровых технологий  
Департамента  
цифровых технологий  
АО «Россети Научно-  
технический центр»

напряжения [8]. Длительное воздействие перенапряжений на СПЭ-изоляцию, чувствительную к высокочастотным перенапряжениям, приводит к накоплению и развитию дефектов в изоляции, что может вызвать многоместные пробой и необходимость замены больших участков кабеля [9]. Таким образом, возникает необходимость в ограничении длительности воздействия перенапряжений на изоляцию при ОЗЗ.

Для повышения надежности электроснабжения сетей средних классов напряжения и предотвращения или уменьшения негативных последствий ОЗЗ используются различные способы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ. У каждого режима заземления нейтрали есть свои особенности и границы применения.

Традиционно в сетях 6–35 кВ применяются режимы изолированной и компенсированной нейтрали. Поиск поврежденного присоединения в таких сетях требует значительных затрат времени, людских и материальных ресурсов. При этом вся сеть на время поиска повреждения длительно находится под воздействием дуговых перенапряжений кратностью до 3,4 фазного напряжения. Изоляция оборудования сети, рассчитанная на длительную работу на линейное напряжение, может не выдержать таких перенапряжений, предельно высока вероятность дальнейшего развития аварии и пробоя изоляции неповрежденных фаз с переходом ОЗЗ в двойное («двухместное») замыкание на землю (близкое по своим характеристикам к двухфазным коротким замыканиям), что приводит к отключению нескольких присоединений и к существенному недоотпуску электроэнергии потребителям. В связи с этим оперативное отключение ОЗЗ является критически важной задачей для повышения надежности электроснабжения в сетях 6–35 кВ.

Резистивное заземление нейтрали становится все более актуальным решением, позволяющим ограничить уровень перенапряжений при ОЗЗ, исключить феррорезонансные процессы, селективно определить поврежденное присоединение за счет применения простых релейных защит, действующих на отключение или сигнал, и незамедлительно принять меры по устранению повреждения. Выбор типа резистивного заземления (низкоомное, высокоомное, комбинированное) зависит от параметров сети, уровня емкостного тока, наличия кабелей с СПЭ и требований электробезопасности.

В настоящей статье представлен накопленный опыт ПАО «Россети Ленэнерго» в части эксплуатации распределительных сетей 6–20 кВ с низкоомным резистивным заземлением нейтрали. Применение данного режима заземления нейтрали осуществляется в рамках реализации Плана по переводу распределительных кабельных сетей 6–10 кВ на режим резистивного заземления нейтрали (далее — План) [10]. Наряду с этим рассмотрены актуальные вопросы развития нормативно-технической документации в области выбора режима заземления нейтрали в распределительных сетях среднего напряжения.

## **ОБЗОР НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В РАМКАХ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ПО ВЫБОРУ РЕЖИМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6–35 кВ**

В 2023 году в силу вступили Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭ ЭСиС) [11], утвержденные приказом Министерства РФ от 04.10.2022 г. № 1070, в которых указаны цели применения высокоомного и низкоомного резистивного заземления нейтрали, а также условия их выбора и применения.

Согласно п. 621 ПТЭ ЭСиС низкоомное резистивное заземление нейтрали следует применять в случаях, когда ОЗЗ должно быть селективно отключено в течение минимально возможного времени, а также при наличии в электрической сети силовых кабелей с СПЭ. При этом ток в нейтрали должен быть достаточным для работы РЗА на отключение [11].

Одной из задач Политики инновационного развития ПАО «Россети» является развитие нормативно-технической базы [12]. В настоящее время вопросы выбора режима заземления нейтрали регламентируются рядом стандартов. В части указаний по компенсации емкостного тока в электрических сетях 6–35 кВ действует типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю ТИ 34-70-070-87 [13]. Данный документ запланирован к пересмотру в ближайшей перспективе.

Относительно требований к устройствам компенсации емкостного тока действует СТО 34.01-3.2-008-2017 «Реакторы и агрегаты заземляющие дугогасящие 6–35 кВ. Общие технические требования» [14]. Планируется пересмотр данного документа и расширение его требованиями к нейтралобразующим присоединительным фильтрам (ФНП).

В 2021 году в ПАО «Россети Московский регион» разработаны Методические указания по выбору режима заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ [15].

Необходимо отметить, что на текущий момент отсутствует нормативная документация, устанавливающая технические требования к резисторам для заземления нейтрали и ФНП. Тем не менее, в ближайшее время в ПАО «Россети» ожидается разработка требований к указанным устройствам.

В части выбора режима заземления нейтрали городских кабельных распределительных сетей напряжением 6 кВ, 10 кВ и 35 кВ ПАО «Россети Ленэнерго» в настоящее время действуют руководящие указания по выбору режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6–35 кВ (СТО ОАО «Ленэнерго» 18-2013 [16]). Накопленный опыт эксплуатации сетей с резистивным заземлением нейтрали, опыт перевода действующих сетей на указанный режим нейтрали, развитие класса напряжения 20 кВ в связи с сверхвысокой плотностью электрической нагрузки в мегаполисах привели к необходимости дополнения и переработки требований, отраженных в документе. Данная работа была проведена АО «Россети Научно-технический центр» совместно с ФГБОУ ВО «ВолгГТУ» по заказу ПАО «Россети Ленэнерго». Переработанный стандарт определяет условия применения различных режимов заземления нейтрали (компенсированная нейтраль, низкоомное, высокоомное резистивное заземление и комбинированное заземление), устанавливает требования к выбору оборудования для заземления нейтрали, вариантам их включения, требования к РЗА от ОЗЗ и т.п. Действие стандарта распространяется на кабельные и смешанные кабельно-воздушные распределительные сети напряжением 6 кВ, 10 кВ, 20 кВ и 35 кВ. Утверждение и введение в действие переработанной редакции стандарта намечено на конец текущего года.

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКООМНОГО РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В ГОРОДСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6–20 кВ

До 2014 года вся распределительная сеть Санкт-Петербурга работала в режиме изолированной и компенсированной нейтрали. На отдельных участках сети ток ОЗЗ достигал таких величин, что возникающие при этом перенапряжения обуславливали переход повреждений в междуфазные КЗ, что сопровождалось отключениями КЛ в результате действия РЗА, а в сетях без резервирования приводило к полному гашению потребителей.

В соответствии с организационно-распорядительной документацией (ОРД) ПАО «Россети Ленэнерго» с 2014 года распределительные сети среднего напряжения Санкт-Петербурга планомерно переводятся на работу с резистивным заземлением нейтрали. Начиная с 2014 года сети 33 ЦП переведены на режим низкоомного заземления нейтрали (25% от общего запланированного объема). Всего на ПС 35–220 кВ на сегодняшний день установлено 135 низкоомных резисторов серий NER и NERC и серии P3.

В планах ПАО «Россети Ленэнерго» реализовать проекты по применению резистивного заземления нейтрали как при новом строительстве ЦП, так и при модернизации и реконструкции существующих электроустановок. Комплексный проект охватит более 90 ЦП с установкой на них порядка 300 низкоомных резисторов, а также свыше 1500 распределительных и трансформаторных подстанций (РП и ТП) прилегающих к ЦП сетям.

Перевод действующей распределительной сети на режим заземления нейтрали через низкоомный резистор должен осуществляться поэтапно и предусматривать мероприятия по установке дополнительного оборудования, его наладке и опробованию как на самом ЦП, так и на распределительных подстанциях прилегающей сети (РП, ТП).

На ЦП, как правило, комплекс мероприятий включает в себя:

- установку дополнительных ячеек в распределительных устройствах (РУ) для подключения ФНП;
- установку низкоомных резисторов и ФНП;
- дооснащение ячеек РУ микропроцессорными устройствами РЗА для определения и отключения ОЗЗ, трансформаторами тока нулевой последовательности (ТТНП) на отходящих линиях, включая работы по наладке и опробованию. Что касается распределительной сети, помимо установки устройств РЗА и ТТНП, требуется капиталоемкая реконструкция старой сети в части расширения РУ ряда РП и ТП и строительства дополнительных связей для обеспечения резервирования.

Немаловажную роль играет автоматизация поиска места повреждения, которая реализуется путем применения индикаторов прохождения тока КЗ и ОЗЗ на КЛ, телемеханизации и автоматизации РП (включая организацию

каналов связи посредством использования сетей GSM). Данные мероприятия открывают возможности расширения оперативно-диспетчерских возможностей сетевой компании в части организации дистанционного контроля и управления объектами распределительной сети.

Переход на низкоомное заземление нейтрали и автоматизация поиска места повреждения позволяют значительно сократить время поиска повреждения и снизить время существования ненормального режима, что приводит к снижению износа и повреждаемости оборудования, повышает безопасность работы оперативного персонала и надежность электроснабжения потребителей.

### АНАЛИЗ РАБОТЫ СЕТИ ОТ ПС-75 110 кВ И ПС-155 110 кВ

Анализ работы сети от ПС-75 110 кВ и ПС-155 110 кВ после перевода на режим низкоомного заземления нейтрали показал снижение повреждений КЛ от ОЗЗ в среднем на 53,6% (таблица 1) и снижение затрат на ремонт КЛ в среднем на 56% (таблица 2).

Опыт внедрения и эксплуатации сетей с низкоомным резистивным заземлением нейтрали наряду с широко известными преимуществами и недостатками данного режима позволил выявить некоторые особенности. Высокая чувствительность и быстродействие защит от ОЗЗ в режиме низкоомного заземления нейтрали не позволяют развиваться повреждению в КЛ, что может затруднить поиск поврежденной КЛ. В связи с чем в целях определения места повреждения актуально использование индикаторов прохождения тока КЗ и тока ОЗЗ, о чем было упомянуто выше. Применение данных устройств позволяет опреде-

лить поврежденную часть сети и сократить время поиска места ОЗЗ. В случае применения индикаторов в телемеханизированной сети, когда на всех РП и ТП прилегающей к ЦП сети организован информационный обмен с диспетчерским пунктом, достигается полная автоматизация поиска места повреждения.

В кабельной сети ПАО «Россети Ленэнерго» с целью достижения полной автоматизации поиска места повреждений реализуется программа по оснащению распределительной сети устройствами прохождения тока КЗ и тока ОЗЗ. За последнее десятилетие в Санкт-Петербурге установлено порядка 3,5 тысяч таких датчиков.

Перевод сетей на резистивное заземление предполагает реализацию вышеперечисленных мероприятий на всех связанных участках прилегающей к ЦП сети. Наличие в сети абонентских присоединений затрудняет реализацию перевода сетей на резистивное заземление нейтрали.

Дополнительно необходимо отметить, что резистивное заземление нейтрали требует размещения на территории ПС нейтралеобразующего устройства и резистора на каждой секции РУ среднего напряжения. В условиях ограничения площадей (например, на существующих объектах) размещение данного оборудования может оказаться проблематичным.

### ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПЕРЕХОДА НА РЕЗИСТИВНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ

Эффективность любого режима нейтрали определяется целесообразным технико-экономическим соответствием бесперебойности электроснабжения потребителей, размером капиталовложений и эксплуатационных расходов.

Поиск и ремонт поврежденной КЛ требует значительных затрат времени, людских и материальных ресурсов. Недоотпуск электроэнергии, в свою очередь, приводит к упущенной выгоде и влечет убытки для электросетевой компании. Упущенная выгода из-за недоотпуска электроэнергии возникает при перерыве электроснабжения потребителей, в частности при повреждении КЛ с последующим отключением, поиском повреждения и ремонтом. Кроме недополучения прибыли за поставку электроэнергии за время простоя оборудования, могут быть предусмотрены штрафы и компенсационные выплаты за возмещение убытков потребителям вследствие прекращения или ограничения их электроснабжения. Наложение на электросетевую компанию штрафов влечет не только финансовые убытки, но и репутационные риски.

Ежегодная экономия, достигаемая в результате перехода на резистивное заземление нейтрали, определяется сокращением издержек, вызванных негативными факторами, сопутствующими ОЗЗ. Операционные за-

**Табл. 1. Статистика повреждаемости КЛ до и после перевода на режим резистивного заземления нейтрали**

ЦП	Среднее количество поврежденных КЛ	
	до ввода резистивной нейтрали (с 2011 по 2013)	после ввода резистивной нейтрали (с 2014 по 2023)
ПС-75	6	4
ПС-155	20,3	5,3

**Табл. 2. Статистика затрат на ремонт КЛ до и после перевода на режим резистивного заземления нейтрали**

ЦП	Затраты на ремонт КЛ, тыс. руб.	
	до ввода резистивной нейтрали (с 2011 по 2013)	после ввода резистивной нейтрали (с 2014 по 2023)
ПС-75	436,99	276,76
ПС-155	1 478,47	364,16

траты снижаются за счет минимизации действий оперативного персонала при выявлении поврежденного элемента, сокращения расходов на горюче-смазочные материалы, сокращения затрат на ремонт КЛ (в случае множественных повреждений, которые могли бы возникнуть при длительном существовании ОЗЗ).

В рамках выполнения работы по переработке СТО 18-2013 была проведена оценка экономической эффективности реализации Плана ПАО «Россети Ленэнерго».

В основу расчета положена оценка снижения числа поврежденных КЛ и, следовательно, сокращения объема недоотпуска электроэнергии в сеть и снижения затрат на ремонт КЛ в сети с резистивным заземлением нейтрали по сравнению с показателями в той же сети, если бы она работала в режиме изолированной нейтрали. В качестве исходных данных были приняты показатели по объектам ПС-75 110 кВ и ПС-155 110 кВ ПАО «Россети Ленэнерго» за 2011–2024 годы, которые включают как период существования сети в изолированном режиме нейтрали, так и период эксплуатации сетей с резистивным заземлением нейтрали.

При оценке эффективности реализации Плана, в условиях перевода целого ЦП на режим резистивного заземления нейтрали в течение длительного периода, необходимо проводить комплексную оценку эффективности Плана.

При данном подходе затраты  $Z_{\text{рем.}}$  связанные с ремонтом поврежденных КЛ по причине ОЗЗ для ЦП, целесообразно определяются по формуле:

$$Z_{\text{рем.}} = M \cdot N_{\text{ср.}} \cdot C_{\text{рем.}} \quad (1)$$

где  $M$  — количество ЦП (подстанций), переводимых на режим резистивного заземления нейтрали, ед.;  $N_{\text{ср.}}$  — среднее количество КЛ, поврежденных в результате возникновения ОЗЗ в год, для одного ЦП, ед. оборудования;  $C_{\text{рем.}}$  — средняя стоимость ремонта поврежденной КЛ, руб.

Частота повреждения  $P$  КЛ по причине ОЗЗ для каждого ЦП определяется следующим образом:

$$P = N_{\text{ср. повр}} / N_{\text{ср.}} \quad (2)$$

где  $N_{\text{ср. повр}}$  — среднее количество поврежденных КЛ для ЦП, ед. оборудования;  $N_{\text{ср.}}$  — среднее количество КЛ для ЦП, ед. оборудования.

Потери от недоотпуска  $\Pi$  определяются на основе недоотпуска электроэнергии и ставки на оплату технологического расхода за календарный год. Так, потери от недоотпуска для ЦП определяются как:

$$\Pi = (P \cdot M) \cdot H \cdot \text{Ц} \cdot \text{Д}, \quad (3)$$

где  $H$  — средний недоотпуск электроэнергии, кВт·ч/год;  $\text{Ц}$  — средний тариф за 1 кВт·ч, руб.;  $\text{Д}$  — доля повреждений КЛ в результате развития ОЗЗ в межфазное КЗ.

Ежегодная экономия операционных расходов для распределительной сети одного ЦП после перевода на

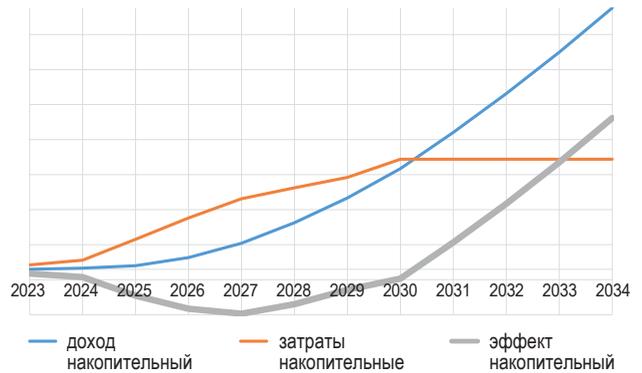


Рис. 1. Распределение денежных потоков при оценке эффективности реализации Плана ПАО «Россети Ленэнерго»

режим резистивного заземления нейтрали на основе статистических данных составит порядка 6 млн руб. Рассчитанный согласно изложенному подходу эффект от реализации Плана ПАО «Россети Ленэнерго» показывает окупаемость проекта к 2033 году (рисунок 1), то есть на третий год после завершения всех мероприятий по переводу распределительных сетей на режим низкоомного резистивного заземления нейтрали.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Накопленный за последнее десятилетие опыт ПАО «Россети Ленэнерго» перевода распределительных сетей 6–20 кВ на режим резистивного заземления нейтрали и эксплуатации этих сетей показывает эффективность резистивного заземления нейтрали в условиях быстрорастущих кабельных городских сетей.

Учитывая, что низкоомное резистивное заземление нейтрали создает ток, достаточный для срабатывания простых токовых защит при ОЗЗ, становится возможным реализовать универсальный подход к ликвидации повреждений, независимо от типа повреждения (однофазное или многофазное), и автоматизировать распределительные сети.

В сетях ПАО «Россети Ленэнерго» с резистивным режимом заземления нейтрали за весь период их существования ни одно однофазное замыкание не привело к множественным повреждениям КЛ. Перевод распределительных сетей Санкт-Петербурга на данный режим заземления идет стремительными темпами.

Основываясь на опыте ГК «Россети» и других энергетических компаний, в том числе зарубежных, в области применения резистивного заземления нейтрали, возникла необходимость в переработке существующей нормативной-технической базы в данной области с учетом развития сетей 20 кВ и применения кабелей с СПЭ.

Выбор режима заземления является достаточно трудоемкой процедурой, требующей учета множества факторов и технико-экономического обоснования в зависимости от условий эксплуатации сети. Выполненная оценка

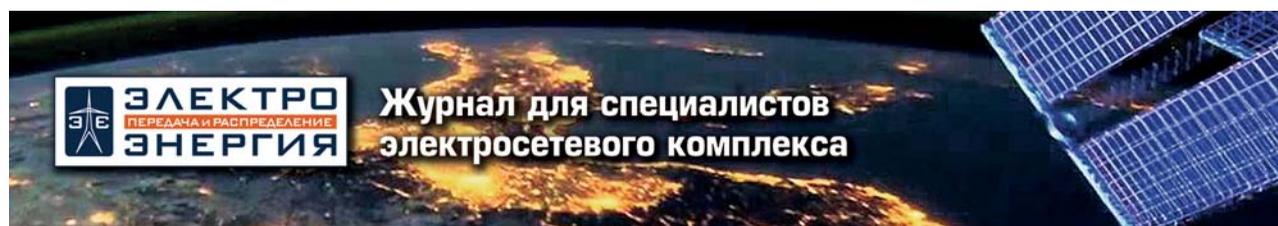
экономической эффективности перехода на резистивное заземление нейтрали для ПАО «Россети Ленэнерго» показала окупаемость выполнения Плана для сетей 6–10 кВ в течение 10 лет. При этом необходимо учитывать, что особенностями организации резистивного заземления являются дополнительные затраты, в число которых входят затраты на проектирование перехода сети на заземление нейтрали через резистор, приобретение специального заземляющего устройства, резистора и ячейки для

его подключения, приобретение ТТНП в цепи подключения резистора и для всех отходящих линий, приобретение и наладку устройств РЗА.

Режим низкоомного заземления нейтрали зарекомендовал себя как перспективный и решающий проблему надежности электроснабжения в кабельных распределительных сетях в условиях сверхвысокой плотности электрической нагрузки в мегаполисах и стремительного развития кабельных сетей. 

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Годовые производственные отчеты ПАО «Россети Ленэнерго» за 2022, 2023 и 2024 годы.
2. Рыжкова Е.Н., Раубаль Е.В. Режимы нейтрали систем электроснабжения. Уч. пособие. М.: Издательство МЭИ, 2015. 48 с.
3. Беляков Н.Н. Исследование перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6–10 кВ с изолированной нейтралью // Электричество, 1957, № 5. С. 18–27.
4. Васюра Ю.Ф., Гамилко В.А., Евдокунин Г.А., Утегулов Н.И. Защита от перенапряжений в сетях 6–10 кВ // Электротехника, 1994, № 5/6. С. 15–19.
5. Евдокунин Г.А., Титенков С.С. Резистивное заземление нейтралей сетей 6–10 кВ. СПб: Изд-во Терция, 2009. 264 с.
6. Лихачев Ф.А. Защита от внутренних перенапряжений установок 3–220 кВ. М.: Энергия, 1968. 104 с.
7. Титенков С.С., Пугачев А.А. Режимы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ и организация релейной защиты // Энергоэксперт, 2010, № 2. С. 18–25.
8. Валькевич А.Н. Надежность работы электрических сетей 6–35 кВ. Проблема ограничения дуговых перенапряжений // Наука и новые технологии, 2009, № 3. С. 232–236.
9. Гусев Ю.П., Чо Г.Ч., Талакин С.А., Растегняев Д.Ю. Продление срока службы кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена в электрических сетях среднего напряжения с помощью резистивного заземления нейтрали // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2018, № 4(49). С. 82–85.
10. План по переводу распределительных кабельных сетей 6–10 кВ ПАО «Россети Ленэнерго» на режим резистивного заземления нейтрали (утвержден распоряжением ПАО «Россети Ленэнерго» от 20.09.2023 № 484-Р).
11. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утв. Приказом Минэнерго России от 04.10.2022 № 1070. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405785259/>.
12. Политика инновационного развития ПАО «Россети» (утверждена протоколом Совета директоров ПАО «Россети» от 29.11.2021 № 476). URL: <https://www.rosseti.ru/suppliers/scientific-and-technical-development/innovative-development-policy/>.
13. ТИ 34-70-070-87. Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю. URL: [https://new.mikroinginiring.ru/doc/1987\\_instrukciya\\_po\\_kompensacii.pdf](https://new.mikroinginiring.ru/doc/1987_instrukciya_po_kompensacii.pdf).
14. СТО 34.01-3.2-008-2017. Реакторы заземляющие дугогасящие 6–35 кВ. Общие технические требования. Стандарт организации ПАО «Россети». Дата введения 28.02.2017. 22 с.
15. Методические указания по выбору режима заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ. Утв. распоряжением ПАО «Россети Московский регион» от 18.05.2021 № 475р.
16. СТО 18-2013. Руководящие указания по выбору режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6–35 кВ. Утв. и введ. в действие ОАО «Ленэнерго» от 25.06.2013 № 334. 76 с.



**111123, Москва, Электродный проезд, д. 6, офис 14**  
Тел./факс: +7 (495) 645-12-41, [info@EERU.ru](mailto:info@EERU.ru)

**WWW.EERU.RU**