



ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Вопросы разработки стандарта организации по выбору режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6 — 35 кВ

Щербаков Максим Владимирович, д.т.н., проф., зав. каф.
САПРиПК, Кузнецова Надежда Сергеевна, к.т.н., доц. каф.
Электротехника ВолгГТУ

2025
Новосибирск

Работы кафедры в сфере энергетики

Система контроля технического состояния оборудования АО «АНПЗ ВНК» (2017, 2022)

Методика выбора трубной продукции с учетом ФХС транспортируемых сред (2017)

Система контроля технического состояния оборудования АО «Сызранский НПЗ» (2018-2019)

Система предиктивного анализа работы генерирующего оборудования» (2019-2020)

Система контроля технического состояния оборудования АО «Саратовский НПЗ» (2019-2020)

«Автоматизированная информационная система «Управление НИОКР ГК «Россети» (2021-2022)

Информационная платформа управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности (АО НТЦ Россети) (2024-2025)

Информационная система управления передачей электроэнергии с использованием технологии «больших данных» (2020-н.в)

Автоматизированная система мониторинга и диагностики (ЕС АСМД) основного оборудования, эксплуатируемого на ПС 110–750 кВ (2022-2025).

«Разработка и внедрение модулей ПТК «Эксплуатация» для осуществления обмена информацией между объектами электрической сети и вышестоящими уровнями управления в соответствии с группой стандартов МЭК 61850» (2024-2025)

Программная платформа построения интеллектуальных систем оценки остаточного ресурса оборудования (2024)

«Исследование перспективности применения высокотемпературных проводов с учетом смещения максимумов нагрузки на период экстремально высоких температур и влияния температурного фактора на пропускную способность ВЛ» (2024-2026)



Актуальность доработки *руководящих указаний по выбору режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6 — 35 кВ*

В России на текущий момент не существует национального стандарта, содержащего рекомендации по применению способов заземления нейтрали в распределительных сетях 6-35 кВ, который определял бы общие положения по способу заземления нейтрали и рекомендации по реализации режимов заземления нейтрали.

В группе компаний «Россети» в настоящее время планируются к пересмотру (разработке) документы, включенные в группу СТО по организации и применению режимов заземления нейтрали в электрических сетях 6-35 кВ

Необходимость в доработке СТО по выбору режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6 — 35 кВ

Высокоуровневые требования к разработке стандарта

Стандарт должен устанавливать основные положения, требования и указания по выбору и реализации режима заземления в сетях 6 — 35 кВ для ДО ПАО «Россети».

Стандарт разработан с учетом положений Федерального Закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и Федерального Закона № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»

Стандарт предназначен для использования при проектировании новых электроустановок, а также при проведении реконструкции и модернизации действующих систем электроснабжения при принятии решения по оптимизации режима нейтрали, выбору оборудования для заземления нейтрали

Стандарт должен учитывать современные решения и технологии

Проблемы формирования рекомендаций по выбору режима

ПУЭ установлен режим эксплуатации электрических сетей напряжением 6-35 кВ с изолированной нейтралью, с нейтралью, заземленной через ДГР, или с нейтралью, заземленной через резистор

Однако ПУЭ не содержит четких требований и рекомендаций, в каких случаях в сетях 6-35 кВ должен использоваться тот или иной режим заземления нейтрали помимо требований по граничным значениям емкостного тока, начиная с которых должна выполняться его компенсация.

Отсутствие таких рекомендаций в ПУЭ скорее всего связано со сложностью формирования таких требований для большого разнообразия сетей 6–35 кВ и необходимости учета при этом многих условий

Режим заземления нейтрали для напряжения 20 кВ практически не регламентируется. Очень мало публикаций на данную тему, поэтому было сложно сослаться на авторитетные источники.

Дискуссия и вопросы по рекомендуемым режимам заземления нейтрали в зависимости от емкостного тока ОЗЗ и конструкции сети»

В ПУЭ конкретно и четко не указано, когда и какой режим заземления нейтрали применять.

Информация была обобщена из ПУЭ и научных статей, поэтому вызвала дискуссию и большое число вопросов у рецензентов.

Часть возражений имело предположительный характер (основанный на опыте), но не подтвержденный публикациями

Включены критерии для которых были найдены авторитетные источники подтверждающие целесообразность применения режима в заданных условиях

Расчет длины при определении емкостного тока

$$I_C = \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \omega \cdot C \cdot l,$$

где:

$U_{\text{Н}}$ – линейное напряжение сети, В;

ω – круговая частота, рад/с;

C – погонная емкость «фаза-земля» кабельной линии, Ф/км;

l – суммарная длина электрически связанных линий, км.

Параметр l определяется протяженностью всех линий сети.

Вопрос: расписать какая длина (откуда и до куда, какие участки складываются) берется для расчета I_C .

Например, пояснить какую длину КЛ необходимо взять для расчета емкостного тока отходящей линии РП или СВ на ТП, а также фидера.

Учет коэффициента чувствительности в формуле расчета максимальный ток срабатывания

Дискуссия между научным сообществом и эксплуатационными организациями возникла по поводу учета коэффициента чувствительности в формуле расчета максимального тока срабатывания ненаправленной токовой защиты ОЗЗ.

$I_{сз.мах}$ – максимальный ток срабатывания ненаправленной токовой защиты ОЗЗ. Условие срабатывания (чувствительности) защиты при ОЗЗ на защищаемом присоединении...

С учетом того, что:

$$I_{сз.мах} = K_{ЗАП} \cdot K_{Н} \cdot K_{БР} \cdot I_{С} ,$$

где:

$K_{ЗАП}$ - коэффициент запаса;

$K_{Н}$ - коэффициент надёжности;

$K_{БР}$ - коэффициент броска емкостного тока в момент возникновения ОЗЗ;

$I_{С}$ - емкостный ток ТТНП защищаемого присоединения при ОЗЗ на секции.

В итоге пришли к решению, что в самой формуле этого коэффициента быть не должно, но он учитывается при проверке условия срабатывания (чувствительности) защиты при ОЗЗ на защищаемом присоединении.

Терминологические вопросы

Терминологические вопросы, в основном по поводу определения высокоомного и низкоомного заземления нейтрали

Высокоомное резистивное заземление нейтрали: Заземление нейтрали через резистор, при котором суммарный ток в месте замыкания (активный ток резистора плюс емкостный ток сети) не превышает 10 А. Сопротивление резистора должно выбираться из условия, чтобы значение активной составляющей тока замыкания на землю было больше или равно емкостной составляющей тока замыкания на землю.

Низкоомное резистивное заземление нейтрали сети: Заземление нейтрали через резистор, при котором суммарный ток в месте замыкания (активный ток резистора плюс емкостный ток сети) превышает 10 А, применяемое в случаях, когда однофазное замыкание на землю должно быть селективно отключено в течение минимально возможного времени, а также при наличии в электрической сети силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

ДГР (дугогасительные реакторы)

Много предложений по поводу более детального рассмотрения ДГР (дугогасительные реакторы)

- Добавить новый раздел информацией о ДГР с конденсатным управлением, описывающий их особенности конструкции, достоинства и недостатки
- Добавить новый раздел с информацией о дугогасящих агрегатах (ДГА), описывающий их особенности конструкции, достоинства и недостатки

Внесли общую информацию, подробности будут в новом разрабатываемом стандарте.

Расчет емкостного тока

Собственный емкостной ток ЛЭП (участка ЛЭП) определяется по выражению:

$$I_{Cл} = n \cdot C_{ол} \cdot l \cdot \omega \cdot U_{ф.ном}, \quad (Б.1)$$

или

$$I_{Cл} = n \cdot I_{Cол} \cdot l, \quad (Б.2)$$

где $C_{ол}$ – удельная емкость фазы ЛЭП на землю, Ф/км;

l – длина линии (участок ЛЭП), км;

$\omega = 2\pi \cdot 50$, рад / с;

$U_{ф.ном}$ – номинальное фазное напряжение сети, В;

n – число параллельных ЛЭП в одной цепи (для КЛ);

$I_{Cол}$ – собственный емкостной ток ЛЭП на единицу длины, А/км.

Для КЛ $C_{ол}$ (или $I_{Cол}$) определяется по справочным данным.

Собственный емкостной ток электродвигателей рассчитывается по выражению:

$$I_{Cэд} = n \cdot C_{оэд} \cdot \omega \cdot U_{ф.ном}, \quad (Б.3)$$

где $C_{оэд}$ – емкость фазы обмотки статора ЭД на землю.

Прочие вопросы

Исключить ссылки на производителей или конкретные решения, предлагаемые производителями

Корректировка и уточнение формулировок

Необходимость приведение примеров расчетов

Стандарты, на которые влияет новая редакция СТО

Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». Утверждено решением Совета директоров ПАО "Россети", протокол от 20.10.2022 № 592.

Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ РД 34.20.179 (ТИ 34-70-070-87). Утверждена Министерством энергетики и электрификации СССР 06.06 1987.

Методические указания по выбору режима заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ. Утверждены распоряжением ПАО «Россети Московский регион» от 18.05.2021 №475р

СТО 34.01-3.2-008-2017. Реакторы, заземляющие дугогасящие 6-35 кВ. Общие технические требования. (Новое наименование: Реакторы и агрегаты заземляющие дугогасящие 6-35 кВ. Фильтры нейтралеобразующие присоединительные. Общие технические требования).

Утвержден и введен в действие распоряжением ПАО «Россети» 28.02.2017.

Стандарты, на которые влияет новая редакция СТО

СТО 56947007-29.130.15.114-2012. Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ. Утвержден и введен в действие приказом ОАО "ФСК ЕЭС" от 03.02.2012 № 55

СТО 34.01-23.1-001-2017. Объемы и нормы испытаний электрооборудования. Утвержден и введен в действие распоряжением ПАО «Россети» от 26.05.2017 № 280р.

СТО 34.01-4.1-011-2020. Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств релейной защиты и автоматики энергосистем. Утвержден и введен в действие распоряжением ПАО «Россети» от 10.03.2020 № 50р.

СТО 56947007- 29.120.70.305-2020. Методические указания для выбора параметров настройки и срабатывания МП устройств РЗА оборудования 6 — 35 кВ объектов ЕНЭС. Утвержден и введен в действие приказом ПАО "ФСК ЕЭС" от 15.05.2020 № 178.

Спасибо за внимание

Щербаков Максим Владимирович
maxim.shcherbakov@vstu.ru
+79033762678

