

**УДК 621.311.1**

А.В. ЛЕВЫКИН, студент гр. 142-об3 (АмГУ)  
Научный руководитель Л.А. МЯСОЕДОВА, ст. преподаватель (АмГУ)  
г. Благовещенск

**НОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С НАПРЯЖЕНИЕМ 2-35 КВ И  
НИЗКООМНЫМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ**

Проанализирована нормативная база по вопросам электробезопасности распределительных электрических сетей напряжение 2-35 кВ. Выполнен анализ нормативных требований для обеспечения электробезопасности по нормированию сопротивления низкоомного заземлением нейтрали.

Ключевые слова: низкоомное заземление нейтрали, распределительные городские электрические сети, нормирование условий обеспечения электробезопасности.

**STANDARDIZATION OF ELECTRICAL SAFETY CONDITIONS IN  
ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS WITH A VOLTAGE OF  
2-35 KV AND LOW-IMPEDANCE NEUTRAL GROUNDING**

The regulatory framework on the electrical safety of electrical distribution networks with a voltage of 2-35 kV has been analyzed. An analysis of the regulatory requirements for ensuring electrical safety regarding the standardization of low-resistance neutral grounding resistance has been carried out.

Key words: low-impedance neutral grounding, city electrical distribution networks, standardization of electrical safety conditions.

**Введение**

Для обеспечения электробезопасности в распределительных городских электрических сетях с напряжением 2-35 кВ и низкоомным заземлением нейтрали существуют определенные нормы и требования.

Важно, чтобы оборудование, работающее под напряжением, соответствовало этим нормам и обеспечивало безопасность и защиту от электрических опасностей.

Разработка, изготовление и оснащение оборудования должны быть выполнены таким образом, чтобы предотвратить возможные риски, связанные с электрической энергией. Конкретные правила и требования для электрооборудования, работающего в рамках указанного диапазона напряжения, должны быть соблюдены. Это включает в себя такие аспекты, как правильное описание и единообразное понимание основных терминов и определений, связанных с электробезопасностью.

В целом, нормирование условий обеспечения электробезопасности в распределительных городских электрических сетях фактором для обеспечения безопасности персонала и общества в целом. Соблюдение соответствующих норм и требований, а также принятие необходимых мер позволяют минимизировать риски возникновения аварийных ситуаций и обеспечить надежную работу электросистемы.

При проектировании различных сетей, включая сети 2-35 кВ с резистивным заземлением нейтрали, одной из главных задач является обеспечение безопасности электроустановок в этих сетях.

Нормативная база условий обеспечения электробезопасности в распределительных городских электрических сетях основывается на различных нормативных документах и стандартах, разработанных организациями, ответственными за электробезопасность и электротехнические нормы. Основным источником норм является ПУЭ(Правила устройства электроустановок)

В Правилах устройства электроустановок 7-го издания [1] п. 1.2.16. написано, что работа электрических сетей напряжением 2–35 кВ может предусматриваться как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор; а также с эффективно- и глухо- заземлённой нейтралью.

Однако, несмотря на обязательность исполнения ПУЭ расходится с практикой в плане норм, применяемых в отношении использования некоторых систем нейтрали и заземления нейтрали. Если следовать ПУЭ, то становится невозможным проектирование систем нейтрали через высокоомный или низкоомный резистор, а также систем смешанного заземления через резистор с дугогасительным реактором. В сетях среднего напряжения, например городских остаётся только использовать

устаревшую в концептуальном плане систему заземления с изолированной нейтралью, что негативно сказывается на проектировщиках и развитии современных распределительных сетей в России. Именно этим можно охарактеризовать актуальность моей статьи на настоящий момент. Я изучу как эта проблема решается в реальных условиях на крупных предприятиях и определяю план улучшения нормативной базы .

### **Основная часть**

Для начала необходимо разобраться с классификацией видов нейтрали, использующихся сегодня в практике в распределительных сетях.



Рис.1 Классификация видов нейтрали, используемых в РФ.

До недавнего прошлого использовались только изолированная нейтраль (с ДГР, для компенсации реактивных токов или без системы компенсации). Эта система имеет множество недостатков в случае аварии с замыканием за землю (ОЗЗ). ОЗЗ в системах с изолированной нейтралью может привести к поломкам оборудования, а также могут пострадать животные и люди.

Заземление через резистор снимает обе проблемы, во-первых снижается опасность из-за уменьшения уровня дуговых перенапряжений, во-вторых повреждённая линия или оборудование быстро отключается благодаря автоматике.

Определение низкоомного заземления нейтрали взятое из методического пособия предприятий Газпром [2] гласит что низкоомное резистивное заземление нейтрали сети – Резистивное заземление нейтрали, выполняемое с целью ограничения дугового перенапряжения, быстрого отключения однофазного замыкания на землю и максимального охвата обмоток электрических машин защитой от однофазного замыкания на землю.

В данном документе принято для низкоомного резистора по двум условиям подобрать сопротивление наименьшим:

- предотвращение перенапряжений при ОЗЗ (см. формулу 2), резистор должен создавать ток не менее емкостного тока ОЗЗ(см. формулу 1);

$$I_R \geq I_C \quad (1)$$

$$R_N \leq \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot I_c} \quad (2)$$

$R_N$ -сопротивление резистора,

$I_R$ -активная составляющая тока замыкания на землю,

$I_c$ -емкостная составляющая тока замыкания на землю.

- обеспечение селективного срабатывания защит на отключение ОЗЗ.

Селективное отключение может быть обеспечено подключением к нейтрали сети резистора с сопротивлением, вычисляемым по формуле:

$$R_N \leq \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot I_{\max}} \quad (3)$$

$I_{\max}$ -максимальный ток срабатывания защиты ОЗЗ.

**Вывод**

Невозможно опираться на существующие стандарты ПУЭ при проектировании электрических сетей с низкоомным заземлением нейтрали, т.к. требования по обеспечению электробезопасности отсутствуют и должны быть дополнены. В разработке новой нормативной базы можно опираться на эмпирические наработки ОАО «Газпром».

Список литературы:

1. Правила устройства электроустановок. — 7-е изд. — М.: Издательство НП ЭНАС, 2007.
2. Открытое акционерное общество «Газпром». Методические указания по выбору режима заземления нейтрали в сетях напряжением 6 и 10 кВ дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром». Москва, 2006
3. Зильберман В.А., Эпштейн И.М., Петрищев А.С., Рождественский Г.Г. Влияние способа заземления нейтрали сети собственных нужд блока 500 МВт на перенапряжения и работу релейной защиты. — Электричество, 1987, № 12
4. Евминов, Л.И. Применение резистивного заземления нейтрали в электрических сетях 6–35 кВ / Л. И. Евминов, Т. В. Алфёрова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О.Сухого. — 2022. — № 2. — С. 53-67. — ISSN 1819-5245. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/321833> (дата обращения: 14.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Майоров А.В., Львов М.Ю., Челазнов А.А. Нормирование условий обеспечения электробезопасности в распределительных городских электрических сетях напряжением 10-20 кВ с низкоомным заземлением нейтрали. — Энергия единой сети, 2023 №2(69)

Информация об авторах:

Левыкин Андрей Витальевич, студент гр. 142-об3, АмГУ, 675000, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 21, [andr.lev03@mail.ru](mailto:andr.lev03@mail.ru)

Мясоедова Лариса Анатольевна, ст. преподаватель, АмГУ, 675000, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 21, [lo.myasoedova@gmail.com](mailto:lo.myasoedova@gmail.com)