НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 20 КВ С РЕЗИСТИВНЫМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

АВТОР:

А.В. МАЙОРОВ,
К.Т.Н.,
АО «ОЭК»

В настоящий момент в РФ не существует документа, регламентирующего нормы технологического проектирования городских электрических сетей напряжением 20 кВ, учитывающих современные требования к обеспечению надежности электроснабжения мегаполиса и особенности развития электрических сетей данного класса напряжения в условиях существующей городской инфраструктуры.

Ключевые слова: электрическая сеть; резистивное заземление нейтрали; нормативно-техническая документация.

Существующая нормативно-техническая документация для электрической сети напряжением 20 кВ нуждается в совершенствовании и дополнении

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Энергетической стратегией города Москвы на период до 2025 г., утвержденной постановлением Правительства Москвы от 02.12.2008 № 1075-ПП, переход на класс напряжения 20 кВ принят как перспективное направление развития топливно-энергетического комплекса города. Постановление Правительства Москвы № 1067-ПП от 14.12.2010 «О схеме электроснабжения города Москвы на период до 2020 года» определило основные положения развития распределительных сетей напряжением 20 кВ. В постановлении указано: «Считать стратегическим направлением развития электрических сетей среднего напряжения на период до 2020 года переход к массовому применению напряжения 20 кВ и постепенной ликвидации напряжения 6 кВ».

Развитие электрической сети 20 кВ в крупных мегаполисах вызвано значительным увеличением концентрированной мощности инженерных сооружений в рамках одного объекта. Возможности сетей 6–10 кВ для обеспечения таких мощностей практически исчерпаны, попытки реализации проектов энергоснабжения на этих напряжениях приводят к повышенной плотности сети, сложности организации селективной работы релейной защиты, неоптимальности технико-экономических показателей сети. Поэтому технически и экономически обоснованным для энергоснабжения таких объектов явилось применение и развитие электрической сети напряжением 20 кВ.

Исторически для электроснабжения городов ранее в СССР и позже в России использовались электрические сети классом напряжения 6–10 кВ, реализованные с изолированной нейтралью. Определенными достоинствами режима изолированной нейтрали являются:

Рис. 1
АО «ОЭК». Подготовка объектов к работе в осенне-зимний период

- отсутствие необходимости в немедленном отключении однофазного замыкания на землю;
- незначительный емкостный ток в месте повреждения.

Недостатками режима изолированной нейтрали являются:

- возможность возникновения дуговых перенапряжений при перемежающемся характере дуги в месте однофазного замыкания на землю;
- возможность возникновения многоместных замыканий из-за пробоев изоляции на здоровых фазах, подвергнутых дуговым перенапряжениям;
- длительное воздействие перенапряжений на изоляцию здоровых фаз, что ведет к накоплению дефектов и снижению срока службы изоляции;
- необходимость выполнения изоляции электрооборудования относительно земли на линейное напряжение;
- сложность обнаружения места повреждения;
- опасность поражения персонала и посторонних лиц при длительном существовании замыкания на землю в сети;
- сложность обеспечения правильной работы релейных защит от однофазных замыканий.

Недостатки режима работы с изолированной нейтралью весьма существенны, а такое достоинство, как отсутствие необходимости отключения однофазного замыкания на землю, в условиях развитой сети теряет свою актуальность. Увеличение разветвленности сети среднего напряжения и достаточное резервирование нагрузки позволяет перейти к режиму отключения однофазного замыкания, позволяющему исключить указанные недостатки.

В настоящее время в Российской Федерации, согласно п. 1.2.16 ПУЭ [1], «работа электрических сетей напряжением 2–35 кВ может предусматриваться как с изолированной нейтралью, так и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор».

С начала 2000-х гг. на территории Москвы положено начало созданию и развитию новой сети классом напряжения 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали. Обусловлено данное решение строительством крупных деловых, административных, многофункциональных и торгово-развлекательных комплексов, потребляющих мощность порядка 10–30 МВт и более.

В настоящее время в г. Москве введено более 1500 км кабельных линий (КЛ) сети 20 кВ. При строительстве и эксплуатации сети 20 кВ накоплен значительный опыт. Дальнейшее развитие и внедрение на территории мегаполисов

электрической сети напряжением 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали должно сопровождаться анализом и совершенствованием как применяемых технических решений, так и нормативно-технической документации и в части проектирования, и в части обеспечения надежности эксплуатации существующих сетей данного класса напряжения с учетом их особенностей.

Анализ действующей в России нормативно-технической документации в части электрической сети 20 кВ показывает, что требования в основном распространяются и применимы для электрической сети 20 кВ с изолированной нейтралью. Для электрической сети 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали требования в действующих нормативно-технических документах в значительной степени отсутствуют либо недостаточны.

Далее рассматриваются наиболее актуальные задачи совершенствования нормативно-технической документации для электрической сети напряжением 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали как в части проектирования, так и в части эксплуатации.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Глава 3.2 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [2] «Релейная защита» определяет общие требования, требования к защитам трансформаторов (автотрансформаторов) с обмоткой высшего напряжения 3 кВ и выше, защитам воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью. Требования к защитам трансформаторов в данном случае определяются в том числе для сети 20 кВ, но рассматриваются такие режимы заземления нейтрали сети, как глухозаземленная и изолированная. Для кабельных и воздушных линий электропередачи напряжением 20 кВ устанавливаются требования к защитам для режима с изолированной нейтралью.

Требуется разработка раздела по защитам воздушных и кабельных ЛЭП в сетях напряжением 20 кВ с резистивно-заземленной нейтралью, а также защит резистора, через который заземлена нейтраль. Состав защит должен быть определен из условий работы сети 20 кВ. При этом необходимо определить и указать минимально возможные коэффициенты чувствительности для основных и резервных защит элементов сети 20 кВ с резистивно-заземленной нейтралью.

Глава 1.4 ПУЭ [2] «Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания» устанавливает требования к выбору аппаратов по различным условиям (току КЗ, нагреву, динамической устойчивости и т.д.). Раздел применим к аппаратам различного класса напряжения без исключения, однако в данном разделе отсутствуют требования по расчетным условиям выбора номиналов резисторов.

Глава 1.7 ПУЭ [1] «Заземление и защитные меры электробезопасности» устанавливает требования к системам заземления, защитным устройствам, мерам защиты от прямого и косвенного прикосновения, наибольшего допустимого времени автоматического отключения.

Раздел можно применять для электрической сети 20 кВ с изолированной нейтралью и эффективно-заземленной нейтралью. Требования к параметрам заземляющих устройств для сетей с резистивным заземлением нейтрали и относительно большими токами замыкания на землю (до 1000 А) в настоящее время не регламентированы. Для таких сетей раздел необходимо дополнить методикой расчета параметров заземляющих устройств на основании допустимых значений напряжения прикосновения.

РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей» [3] применяется с 01.01.1995 взамен ВСН 97-83. Инструкция распространяется на вновь сооружаемые и реконструируемые электрические сети городов (районов и микрорайонов) и поселков городского типа до и выше 1 кВ, в том числе на электрические сети к отдельным объектам, находящимся на территории города, независимо от их ведомственной принадлежности. В Инструкции указано, что «применение напряжения 15–20 кВ в городских распределительных сетях рекомендуется рассматривать при реконструкции или расширении действующих сетей класса напряжения 6–10 кВ. Целесообразность применения сетей этих классов напряжения должна быть технико-экономически обоснована».

Требуется доработка данной Инструкции, так как опыт эксплуатации сетей 20 кВ уже накоплен, имеются проработки обоснования применения данного класса напряжения, а целесообразность применения электрической сети 20 кВ в г. Москве уже имеет практическое обоснование. Необходимо в данной Инструкции привести конкретные рекомендации целесообразности применения сети 20 кВ

(например, на основании условия мощности инженерных сооружений, присоединяемых к городской сети).

Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций 6–750 кВ (Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.130.15.114-2012) содержат требования к заземляющим устройствам подстанций с открытыми, закрытыми и комплектными распределительными устройствами, а также с распределительными устройствами с элегазовой изоляцией по условиям обеспечения электробезопасности и электромагнитной совместимости. В руководящих указаниях даны рекомендации по проведению предпроектных изысканий, методам расчетов параметров и конструктивному выполнению заземляющих устройств распределительных устройств, зданий и сооружений, расположенных на территории подстанций, и объектов связи.

Требования, приведенные в настоящих руководящих указаниях, применимы для электрической сети 20 кВ с изолированной и глухозаземленной нейтралью, однако требуется внесение изменений и дополнений в части установления расчетных требований заземляющих устройств для сети 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали.

НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Нормы по проектированию электрических сетей содержатся в следующих документах:

- НТП ЭПП-94 Нормы проектирования электроснабжения промышленных предприятий;
- СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий;
- ВСН 59-88 Электрооборудование жилых и общественных зданий;
- СТО 56947007-29.240.10.028-2009 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ;
- СО 153-34.20.187-2003 Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ (утв. приказом № 288 Министерства энергетики Российской Федерации от 30.06.2003 г.);
- НТПС-88 Нормы технологического проектирования электрических сетей сельскохозяйственного назначения (утв. Минэнерго СССР протоколом от 19 мая 1988 г.).

По причине отсутствия норм технологического проектирования городских электрических сетей напряжением 20 кВ проектные организации при выполнении проектных работ опираются лишь на общие и разрозненные требования, предъявляемые к проектной документации, с учетом рекомендаций Инструкции по проектированию городских электрических сетей (РД 34.20.185-94), в которой фактически рассматриваются, как указано выше, общие принципы для проектирования электрических городских сетей напряжением 6–10 кВ.

Кроме вышеперечисленных документов, при выполнении проектных работ используются также и другие нормативные документы, которые прямо или косвенно влияют на отдельные требования к выполнение проектных работ, а именно:

- Правила устройства электроустановок;
- ГОСТ 21.101-97 Основные требования к выполнению проектной документации;
- ГОСТ Р МЭК 61140-2000 Защита от поражения электрическим током. Общие положения по электробезопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками;
- ГОСТ 21.614-88 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах;
- ГОСТ12.1.009-76 (в ред. 1999 г.) Электробезопасность. Термины и определения;
- ГОСТ 21.608-84 (в ред. 2002 г.) Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи;
- ГОСТ 12.1.019-79 Электробезопасность. Общие требования;
- ГОСТ 12.1.05 Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 100 В;
- СНиП 11-01-95 Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений;
- ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление;
- ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов;
- ГОСТ Р 50571.4-94 (МЭК 364-4-42-80) Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий.

Кроме вышеперечисленных документов, при выполнении проектных работ могут использоваться также и другие локальные нормативные документы.

В 2017 г. ПАО «Россети» разработан стандарт организации «Распределительные электрические сети напряжением 0,4–110 кВ. Требования к технологическому проектированию» (СТО 34.01-21.1-001-2017).

Данный стандарт устанавливает общие требования к проектированию, в том числе организационные, затрагивая вопросы разрешительной документации в части строительства и проектирования и требования к перечню разделов, обязательных к разработке в составе проектной документации. В данном документе имеется упоминание о возможности построения электрической сети с резистивно-заземленной нейтралью, но только в части установления требований по определению расчетного тока КЗ при применении в нейтрали низкоомного и высокоомного сопротивления, а также в части общего требования об организации защит от однофазных замыканий в сети с резистивно-заземленной нейтралью без установления каких-либо отдельных требований.

В стандарте присутствует требование «при выборе режима заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ ... проводить технико-экономическое обоснование различных вариантов. В пределах селитебных территорий предпочтение следует отдавать режимам заземления нейтрали через низкоомное активное или индуктивное сопротивление».

В целом данный стандарт является важным и прогрессивным развитием нормативно-технической базы в части проектирования распределительных электрических сетей, но вместе с тем он направлен в первую очередь на общие рекомендации для совершенствования требований, предъявляемых к проектным организациям при разработке проектов сельских и городских распределительных электрических сетей 0,4–110 кВ, но не рассматривает особенностей проектирования электрической сети мегаполисов и особенности построения сети 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали.

Таким образом, сегодня не существует документа, который бы регламентировал нормы технологического проектирования городских электрических сетей напряжением 20 кВ, учитывающих современные требования к обеспечению надежности, предъявляемые потребителями мегаполиса, особенности развития электрических сетей данного класса напряжения в условиях существующей инфраструктуры, значительные величины единичных мощностей современных инженерных сооружений, присоединяемых к городским распределительным сетям, особенности режима заземления нейтрали с учетом накопленного опыта проектирования и эксплуатации.

В этой связи представляется целесообразным разработка норм технологического проектирования электрической сети напряжением 20 кВ мегаполиса.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Требуется внесение изменений и дополнений в Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭ) [4].

В данных Правилах фигурируют указания и требования к электросетям классом напряжения 6–20 кВ, 6–35 кВ, 0,38–20 кВ по отдельным параметрам, но эти требования применяются для электрической сети с изолированной, глухозаземленной нейтралью или нейтралью через реактор. Так, например, в разделе 5.11 Правил «Защита от перенапряжений» указано: «Работа сетей 6–35 кВ без компенсации емкостного тока при его значениях в 15 А (для сети 15–20 кВ) не допускается. Для компенсации емкостных токов замыкания на землю в сетях должны применяться заземляющие дугогасящие реакторы с ручным или автоматическим регулированием».

В ПТЭ режим работы с заземлением нейтрали сети через резистор допускается только в сетях для собственных нужд в 6 кВ для блочных электростанций.

Фактически в ПТЭ режим электрической сети с заземлением через резистор вообще не рассматривается и не допускается.

В РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» [5] отсутствуют требования к объемам и нормам испытаний резистора, являющимся основным электрооборудованием для сети с резистивным заземлением нейтрали, обеспечивающим надежность работы электрической сети напряжением 20 кВ.

Существующая нормативно-техническая документация в части описаний явлений феррорезонансных повышений напряжений и мероприятий по защите от них представлена следующими документами:

- МУ 34-70-163-87 Методические указания по предотвращению феррорезонанса напряжений в распределительных устройствах напряжением 110–500 кВ с электромагнитными трансформаторами напряжения НКФ и выключателями, содержащими емкостные делители напряжения (утв. 09.02.1987 г. Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации);
- СТО 56947007-29.240.10.191-2014 Методические указания по защите от резонансных повышений напряжения в электроустановках 6–750 кВ (утв. и введены в действие приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 19.11.2014 № 522).

Рис. 2
АО «ОЭК». Идет подключение объектов

Указанные документы довольно полно и подробно описывают процессы феррорезонансных повышений напряжений и защиты от них в сетях номинальным напряжением 6–500 кВ, в том числе в сетях 6–35 кВ с изолированной нейтралью и компенсацией емкостного тока замыкания на землю на основе заземляющих дугогасящих реакторов. Электрические сети напряжением 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали занимают промежуточное положение между сетями с изолированной нейтралью (6–35 кВ) и сетями с глухозаземленной нейтралью (110 кВ и выше). Сети 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали через низкоомное заземление требуют технических решений, отличных от технических решений для сетей с изолированной, компенсированной и глухозаземленной нейтралью. В этой связи требуется разработка технических требований к параметрам трансформаторов напряжения 20 кВ для сети с резистивным заземлением нейтрали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующей в России нормативно-технической документации показывает актуальность ее дальнейшего совершенствования и дополнения для электрической сети напряжением 20 кВ с резистивным заземлением нейтрали как в части проектирования, так и в части эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. СПб.: Издательство ДЕАН, 2009.
2. Правила устройства электроустановок. Шестое издание. М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.
3. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. РД 34.20.185-94. М., 1995.
4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. М.: СПО ОРГРЭС, 2003.
5. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 1998.