

УДК 621.31

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НЕЙТРАЛЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭНЕРГОСИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ

Францкевич А.И.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Сергей И.И.

Производство, преобразование, транспортировка, распределение и потребление электрической энергии осуществляется по симметричной трехфазной системе проводов. Симметричность системы достигается равенством фазных и линейных напряжений, равномерной загрузкой всех фаз по току, одинаковым сдвигом фаз напряжений и токов.

Однако, в процессе эксплуатации неизбежны нарушения симметрии трехфазной системы. В любом случае, несимметрия ведет к появлению токов обратной и нулевой последовательности, а также апериодической составляющей токов, которые могут быть опасны для сохранности оборудования. Поэтому несимметрия должна быть устранена как можно быстрее. На быстрое действие релейной защиты при неполнофазных режимах значительное влияние имеет режим работы нейтрали сети.

Нейтраль – это точка в сети, потенциал которой относительно земли при ее нормальном режиме работы равен нулю. В зависимости от того, как соединена нейтраль с землей, возможны следующие виды режима нейтрали:

изолированная нейтраль; компенсированная нейтраль; нейтраль, заземленная через резистор; глухозаземленная нейтраль; эффективно заземленная нейтраль.

Выбор режима нейтрали электрических сетей является результатом учета многих технико-экономических факторов. При этом главным из них являются электробезопасность, требуемая степень надежности, экономичность и возможность дальнейшего развития сетей.

Во многих странах мира, в том числе в Беларуси, широко распространена система изолированной нейтрали, и система компенсированной через дугогасящий реактор (ДГР) нейтрали сетей 6–35 кВ.

Основным достоинством таких систем заземления нейтрали является то, что даже в режиме однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) представляется возможным определенное время осуществлять электроснабжение потребителей без отключения поврежденного участка сети. Однако отмеченное преимущество всегда сопровождается негативными явлениями:

– при металлическом ОЗЗ напряжение на неповрежденных фазах повышается до линейного, что представляет повышенную опасность для изоляции кабельных сетей с длительным сроком эксплуатации;

– возможно возникновение значительных дуговых перенапряжений, которые могут вызвать переход ОЗЗ в двухфазные и трехфазные замыкания, множественные повреждения изоляции;

– режим ОЗЗ может приводить к развитию феррорезонансных явлений и повреждению трансформаторов напряжения – в случае резонансной настройки ДГР, ОЗЗ сопровождается малыми токами замыкания на землю, что исключает возможность создания простой, надежной и селективной защиты, способной выявить поврежденные присоединения;

– повышается опасность поражения людей и животных из-за длительного существования ненормального режима работы электрической сети.

По этим причинам в Беларуси признано целесообразным модернизировать режим заземления нейтрали сетей 6–35 кВ, перейдя на её заземление через резистор (резистивная система) или через резистор и ДГР (комбинированная система).

При ОЗЗ в сетях с заземленной через резистор нейтралью во всех присоединениях протекают собственные емкостные токи, а в поврежденном присоединении, кроме того, протекает активный ток, создаваемый резистором. Это принципиальное отличие позволяет решить две важные задачи:

– селективно определить поврежденное присоединение и незамедлительно принять меры по устранению повреждения;

– существенно ограничить уровень дуговых перенапряжений при ОЗЗ и исключить феррорезонансные процессы (при этом появляется возможность защиты оборудования ПС с помощью ОПН с более низким остающимся напряжением при коммутационном импульсе).

Системой электроснабжения с эффективно заземленной нейтралью считается сеть, в которой заземлена часть нейтральных обмоток силовых трансформаторов. Однофазное короткое замыкание, в таких сетях, приводит к отключению поврежденного участка.

В сетях с эффективно заземленной нейтралью трансформаторы подвержены опасным перенапряжениям в аварийных режимах, когда, например, при обрыве и соединении провода с землей выделяется по тем или иным причинам участок сети, не имеющий заземленной нейтрали со стороны источника питания. На таком участке напряжение на нейтральных трансформаторов становится равным по значению и обратным по знаку ЭДС заземленной фазы, а напряжение неповрежденных фаз относительно земли повышается до линейного. Возникающие при этом в результате колебательного перезаряда емкостей фаз на землю перенапряжения представляют собой серьезную опасность для изоляции трансформаторов и другого оборудования участка.

В сетях с эффективно заземленной нейтралью на случай перехода части сети в режим работы с изолированной нейтралью от замыканий на землю предусматривают защиты, реагирующие на напряжение нулевой последовательности $3U_0$, которое появляется на зажимах разомкнутого треугольника трансформатора напряжения при соединении фазы с землей. Защиты действуют на отключение выключателей трансформаторов с незаземленной нейтралью. Защиты от замыканий на землю в сети настраивают таким образом, чтобы при однофазном повреждении первыми отключались питающие сеть трансформаторы с изолированной нейтралью, а затем трансформаторы с заземленной нейтралью. На тех подстанциях 110 кВ, где силовые трансформаторы не могут получать подпитку со стороны СН и НН, такие защиты от замыканий на землю не устанавливаются, не производится также и глухое заземление нейтралей.

В режиме глухого заземления работают сети с бытовым потребителем. При таком режиме работы нейтрали средняя точка обмоток НН трансформатора присоединяется к заземляющему контуру. В распределительных щитках жилых домов, корпус щитков также присоединяется к заземляющему контуру. Этот способ заземления нейтрали не используется в сетях, содержащих высоковольтные электродвигатели. Токи однофазного замыкания в этом случае достигают нескольких килоампер, что недопустимо с позиций повреждения статора электродвигателя (выплавление стали при однофазном замыкании).

Сейчас широко применяется система изолированной нейтрали сетей 6–35 кВ (без компенсации и с компенсацией емкостных токов), которая по своей физической сущности обладает рядом принципиальных недостатков, связанных с режимом ОЗЗ. Основные из них – это различного рода перенапряжения, и повышенная опасность поражения людей и животных электрическим током.

Литература

1. Вильгейм, Р. Заземление нейтрали в высоковольтных системах / Р. Вильгейм, М. Уотерс. – М.-Л. : Госэнергоиздат, 1959.
2. Сирота, И.М. Режимы нейтрали электрических сетей / И.М. Сирота, С.П. Кисленко, А.М. Михайлов. – Киев: Навук. думка, 1985.
3. Лихачев, Ф.Л. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов / Ф.Л. Лихачев. – М. : Энергия. 1971.
4. Евдокунин, Г.А. Анализ внутренних перенапряжений в сетях 6–10 кВ и обоснование необходимости перевода сетей в режим с резистивным заземлением нейтрали / Г.А. Евдокунин // Режимы заземления нейтралей сетей 6–10 кВ: доклады научно-технической конференции. – Новосибирск, 2000.
5. Шабад, М.А. Обзор режимов заземления нейтрали и защиты от замыканий на землю в сетях 6–35 кВ / М.А. Шабад // Энергетик. – 1999. – № 3. – С. 10–14.
6. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М., 2001.
7. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений и токов.