

Ю. Н. Зацаринная, Р. Р. Рахматуллин, М. Н. Хабибуллин

## ЗАЩИТА СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ

*Ключевые слова:* сети с изолированной нейтралью, релейная защита, виды повреждений сети с изолированной нейтралью.

*В статье рассматриваются основные виды повреждения сетей с изолированной нейтралью. Способы защиты сетей с изолированной нейтралью.*

*Keywords:* networks with isolated neutral, relay protection, types of injuries insulated neutral.

*This article focuses on the main types of damage to networks with isolated neutral and discusses ways to protect networks with isolated neutral.*

Режим изолированной нейтрали используется в единой энергетической системе (ЕЭС) России достаточно давно и большинство сетей 6–35 кВ работает именно с этим режимом заземления нейтрали. На рисунке 1 изображена двухтрансформаторная подстанция с изолированной нейтралью на стороне среднего напряжения. Из рисунка видно, что обмотки трансформаторов стороны 6–10 кВ объединены в треугольник и, соответственно, нейтральная точка физически отсутствует. В сетях 35 кВ с изолированной нейтралью нейтральная точка в большинстве случаев присутствует, т. к. обмотки силовых трансформаторов обычно соединяют в звезду и выводят нейтральную точку на крышку бака трансформатора при помощи проходного изолятора.

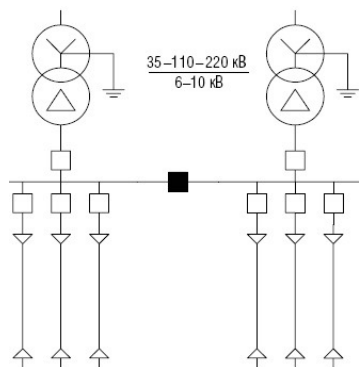


Рис. 1

В настоящее время большинство случаев (80–90%) повреждений в сетях с изолированной нейтралью (6–35 кВ) вызвано однофазными замыканиями на землю (ОЗЗ). В связи с этим актуальна проблема селективного срабатывания релейной защиты при данном виде повреждений.

Многолетний опыт эксплуатации сетей с изолированной нейтралью, накопленный во многих странах мира (в том числе и в РФ), позволяет говорить о следующих существенных недостатках режима изолированной нейтрали в сетях 6–35 кВ:

- Пробои изоляции и дуговые перенапряжения при однофазных замыканиях на землю в сети;

- повреждения трансформаторов напряжения при замыканиях на землю;
- возможность возникновения повреждений изоляции одновременно в нескольких местах (одновременное повреждение изоляции нескольких фидеров) при ОЗЗ;
- сложность определения места повреждения (места замыкания);
- возможность неправильной работы релейной защиты от однофазных замыканий на землю;
- опасность электрического поражения персонала и посторонних лиц при длительном существовании замыкания на землю в сети.

Но при этом есть одно неоспоримое преимущество – малый ток однофазных замыканий на землю. В результате этого можно сделать следующие выводы:

- увеличивается срок службы выключателей;
- снижаются требования к заземляющим устройствам, определяемые условиями электробезопасности при однофазных замыканиях на землю.

Большинство оборудования релейной защиты от ОЗЗ настраиваются по токам нулевой последовательности  $I_0$  и напряжениям нулевой последовательности  $U_0$ . При этом защиты можно подразделить на два вида:

- защиты, срабатывающие при ОЗЗ и образующиеся при этом токе нулевой последовательности  $I_0$ , напряжении нулевой последовательности  $U_0$ ;
- защиты, срабатывающие при ОЗЗ и созданном искусственно токе нулевой последовательности на частоте, отличной от промышленной (50 Гц).

Защиты первого вида рассчитаны на работу с  $I_0$ ,  $U_0$  первой гармоники и промышленной частоты. Все защиты, основанные на фиксации токов и напряжений нулевой последовательности, позволяют обнаружить возникновение замыкания, определить поврежденный фидер.

Для выбора параметров срабатывания токовой защиты нулевой последовательности используют формулы (1) – (2).

$$I_{0\text{сз}} \geq K_{\text{бр}} * K_{\text{отс}} * I_{\text{с}}, \quad (1)$$

где  $I_{0\text{сз}}$  – ток нулевой последовательности срабатывания защиты,  $K_{\text{бр}}$  – коэффициент броска, учитывающий увеличение емкостного тока  $I_{\text{с}}$  при дуговых перемежающихся ОЗЗ.  $K_{\text{отс}}$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле тока, ошибки при расчетах  $I_{\text{с}}$ . Принимают  $K_{\text{бр}} = 3 - 5$ ,  $K_{\text{отс}} = 1.2 - 1.3$  в зависимости от исполнения защиты.

$$I_{0\text{сз}} \geq K_{\text{отс}} * I_{0\text{нб макс}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{отс}} = 1.25$  для трехтрансформаторных фильтров тока нулевой последовательности.  $I_{0\text{нб макс}}$  – максимальный ток небаланса.

Для выбора параметров срабатывания защиты напряжения нулевой последовательности используют формулы (3) – (4).

$$U_{0\text{сз}} \geq K_{\text{отс}} * U_{0\text{нб макс}}, \quad (3)$$

где  $U_{0\text{сз}}$  – напряжение нулевой последовательности срабатывания защиты,  $K_{\text{отс}}$  – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности реле и необходимый запас ( $K_{\text{отс}} = 1.2$ ),  $U_{0\text{нб макс}}$  – максимальное напряжение небаланса фильтра напряжения нулевой последовательности.

$$U_{0\text{сз}} \geq K_{\text{отс}} * U_{0\text{с макс}}, \quad (4)$$

где  $U_{0\text{с макс}}$  – максимальное напряжение в сети среднего напряжения при ОЗЗ.

При этом данные защиты не способны определить расстояние до места повреждения. Для определения дальности места замыкания используются дистанционные защиты, основным элементом которых является реле сопротивления, реагирующее на полное (активное и реактивное) сопротивление участка до места повреждения  $X_{\text{п}}$ .

Сопротивление вычисляется исходя из аварийного тока и напряжения в начале линии по формуле (5).

$$X_{\text{п}} = \frac{U}{I} \quad (5)$$

Таким образом, зная погонное сопротивление линии  $X_{\text{пог}}$  и, измерив,  $X_{\text{п}}$  находится расстояние до места замыкания по формуле (6).

$$L = \frac{X_{\text{п}}}{X_{\text{пог}}} \quad (6)$$

Недостатком дистанционных защит считается тот факт, что они не способны определить на какой отпайке произошло замыкание, а способны лишь определять дальность от места повреждения.

Таким образом на сегодняшний день нет единой оптимальной защиты от ОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью и в ЕЭС России используют комбинированную защиту, состоящую одновременно из нескольких видов защит.

## Литература

1. Шуин В. А., Гусенков А. В. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ. – М.: Энергопрогресс, 2001.
2. Титенков С. С., Пугачев А. А. Режимы заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ и организация релейной защиты/ С. С. Титенков, А. А. Пугачев // Энергоэксперт. – 2010. - №2 – С. 18-25.
3. Зацаринная Ю. Н., Рахматуллин Р. Р., Хабибуллин М. Н. Снижение себестоимости электроэнергии на тепловых электрических станциях / Ю. Н. Зацаринная, Р. Р. Рахматуллин, М. Н. Хабибуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. - №8 – С. 106-109.
4. Зацаринная Ю. Н., Рахматуллин Р. Р., Ризванова Г. И. Информационная транспортная шина предприятий (ESB) в распределенных энергетических компаниях / Ю. Н. Зацаринная, Р. Р. Рахматуллин, Г. И. Ризванова // Вестник Казанского технологического университета. . – 2013. - №5 – С. 278-280.

© Ю. Н. Зацаринная – канд. тех. наук, доц. каф. электрических станций КГЭУ, доц. каф. автоматических систем сбора и обработки информации КНИТУ, zac\_jul@mail.ru; Р. Р. Рахматуллин – студ. каф. релейной защиты и автоматики КГЭУ, Ruslan964@yandex.ru; М. Н. Хабибуллин – студ. той же кафедры, bentley9393@mail.ru.