

Рисунок 2 – Изменение тормозного тока

$$k = I_2 / I_1$$

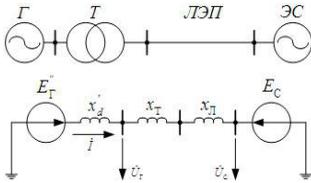


Рисунок 3 – Схема сети и ее схема замещения

Тормозные характеристики строятся в базе номинальных токов устройства дифференциальной защиты (в общем случае они могут быть различными для разных сторон защиты).

Сравнительный анализ (1) и (2) показывает, что использование торможения по формуле (1) обладает лучшими характеристиками. Поэтому в докладе рассматривается метод торможения по формуле (1) на примере схемы с тремя сторонами (рисунок 1).

Исследование показывает, что рост разности фаз токов контролируемых сторон при внешнем КЗ приводит к увеличению тормозного тока (рисунок 2).

Для оценки максимально возможной величины разности фаз токов питающих сторон проведен анализ режима сети при внешнем КЗ (рисунок 3).

Известно, что активную мощность P , передаваемую по ЛЭП, выражают через ЭДС E_q [3]:

$$P = \frac{E_q U_C \sin \delta}{x_d + x_T + x_L} \quad (3)$$

Это связано с тем, что угол δ характеризует положение ротора машины в пространстве, что удобно для исследования электромеханических переходных процессов. В данном случае в качестве базисной величины целесообразно принять напряжение U_T , так как при этом можно использовать довольно простое выражение

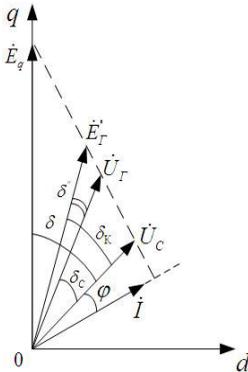


Рисунок 4 – Векторная диаграмма

для комплекса сверхпереходной ЭДС генератора:

$$\dot{E}_Г'' = \dot{U}_Г'' + j x_d'' \dot{I}. \quad (4)$$

Как видно из рисунка 4, комплекс $\dot{E}_Г''$ опережает комплекс $\dot{U}_Г$ на угол δ'' , который при номинальном режиме генератора определяется следующим образом:

$$\delta'' = \arctan x_d'''. \quad (5)$$

Величина угла δ'' зависит от уровня выдаваемой генератором активной мощности и, как показали наши расчеты, может достигать 18° . Угол δ_C определяется из выражения для мощности, передаваемой по ЛЭП:

$$\delta_C = \arcsin \frac{P_G (x_T + x_L)}{U_G U_C}. \quad (4)$$

В результате исследований установлено, что величина угла $\delta_K = \delta_C + \delta''$ может достигать значения 45° (для ЛЭП-500 кВ, длиной до 400 км и $P_G = 1000$ МВт).

Основные преимущества рассмотренного метода торможения заключаются в следующем:

1. Простота расчета уставок.
2. Универсальность задания тормозной характеристики.
3. Динамическое изменение коэффициента чувствительности в режиме опробования трансформатора.
4. Величина тормозного тока инвариантна току внешнего КЗ.

Литература:

1. Циглер Г. Цифровые устройства дифференциальной защиты. Принципы и область применения. – Перевод с англ. / Под ред. Дьякова А.Ф. – М.: Знак, 2008. – 216 с.

2. Дмитренко А.М. Дифференциальная защита трансформаторов и автотрансформаторов. – Журнал «Электричество», 1975, №2, с. 1-9.

3. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 536 с., ил.