

## Дифференциальная защита обратной последовательности трансформатора

Манилов А. М., Мельник Д. А., инженеры

**ООО “УК “Метрополия”, Киев**

Сиваченко О. В., инж.

**ПАО ПТИ “Киеворгстрой”**

Предложено для повышения чувствительности защиты к витковым замыканиям в трансформаторе применять чувствительную дифференциальную защиту обратной последовательности. Для исключения действия защиты при внешнем КЗ за трансформатором или восстановлении напряжения после его отключения защита выполняется с выдержкой времени.

---

**Ключевые слова:** витковые замыкания, дифференциальная защита обратной последовательности.

При витковом замыкании в трансформаторе аварийный ток может оказаться недостаточным для срабатывания максимальной токовой (МТЗ) и дифференциальной (ДЗТ) защит. Обеспечение нормативного коэффициента чувствительности этих защит при КЗ

не означает, что такая их чувствительность обеспечивается и при витковом замыкании — наиболее распространенном виде повреждения.

В соответствии с [1] при витковом замыкании значение аварийного тока может находиться в пределах от 0,0006 до 0,7 номи-

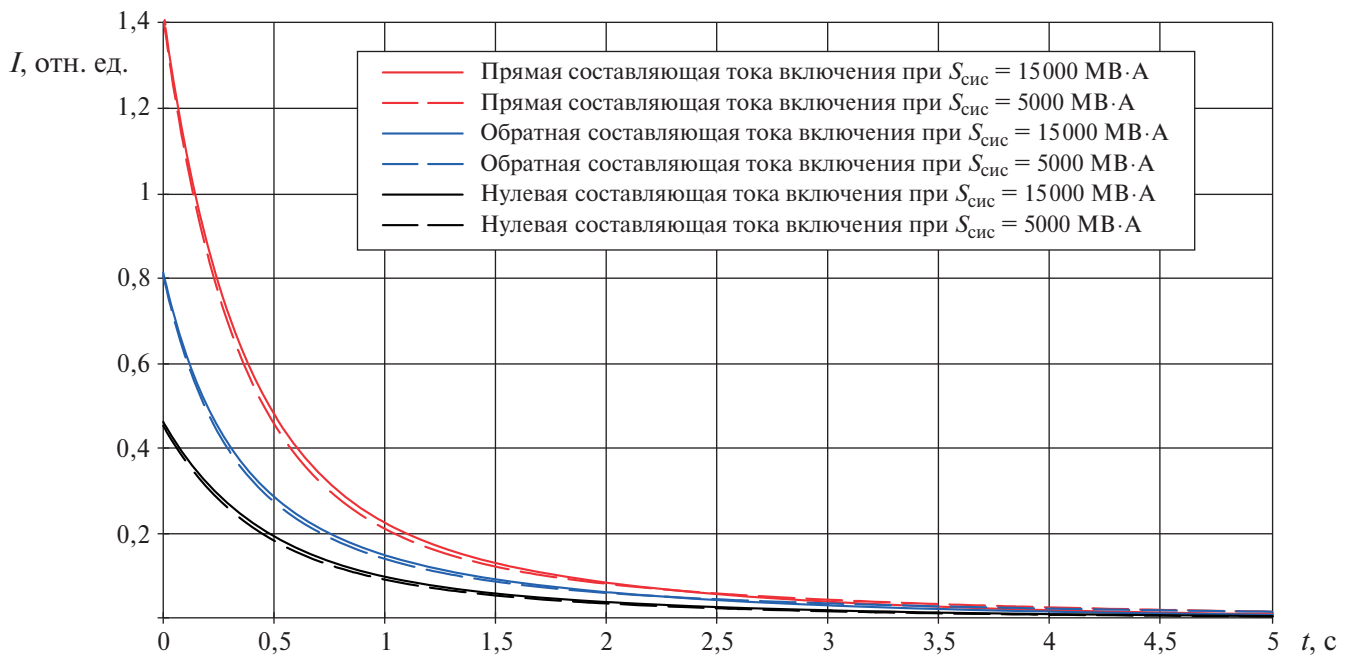


Рис. 1

нального тока трансформатора  $I_{\text{ном.тр}}$ . ДЗТ с использованием микропроцессорных устройств срабатывают при токах  $0,2 - 0,3I_{\text{ном.тр}}$ , а МТЗ — при токах, превышающих  $I_{\text{ном.тр}}$ . Вместе с тем аварийный ток при витковом замыкании (особенно на начальной стадии развития повреждения) может оказаться значительно меньше. Применение токовой защиты обратной последовательности с выдержкой времени и током срабатывания  $(0,1 - 0,2)I_{\text{ном.тр}}$  [2] существенно повышает чувствительность к витковому замыканию. Однако включение реле обратной последовательности (например, РТФ-9 вместо РНТ-565) по дифференциальной схеме [3] позволяет значительно уменьшить ток срабатывания защиты.

При восстановлении напряжения на трансформаторе после отключения внешнего КЗ в обмотке высшего напряжения (ВН) возникает резкий бросок тока намагничивания, имеющий затухающий характер. На рис. 1 приведены кривые затухания тока включения для трансформатора 16 МВ·А.

Для исключения действия защиты при внешнем КЗ за трансформатором или при восстановлении напряжения после отключения внешнего КЗ защита выполняется с выдержкой времени.

При внешнем КЗ за трансформатором срабатывают МТЗ на стороне низшего напряжения (НН) трансформатора, дуговая защита и логическая защита шин. МТЗ с оп-

ределенной выдержкой времени действует на отключение выключателя со стороны НН трансформатора и с большей выдержкой — на отключение выключателя со стороны ВН трансформатора. При отказе выключателя со стороны НН срабатывает устройство резервирования отказа выключателя, отключая выключатель со стороны ВН. Рассматриваемая ДЗТ с выдержкой времени при двухфазном КЗ за трансформатором также действует при отказе срабатывания выключателя от токов небаланса, от которых ДЗТ не отстраивается.

В случае включения трансформатора на КЗ при отключенном выключателе  $Q2$  со стороны НН (см. рис. 2, где приведена схема дифференциальной защиты обратной последовательности) защита действует без выдержки времени после замыкания контактов реле  $KL1$ .

В случае повреждения трансформатора при включенном выключателе со стороны НН защита срабатывает с выдержкой времени реле  $KT1$  после срабатывания реле  $KAZ1$  и (или)  $KAZ2$ .

Применение статического реле типа РТФ-9, действующего на другом принципе, отличном от принципа действия микропроцессорных устройств, способствует повышению надежности срабатывания защиты на отключение трансформатора.

Бессмысленно дублировать или резервировать основную ДЗТ аналогичной защитой, поскольку она может ложно сработать или

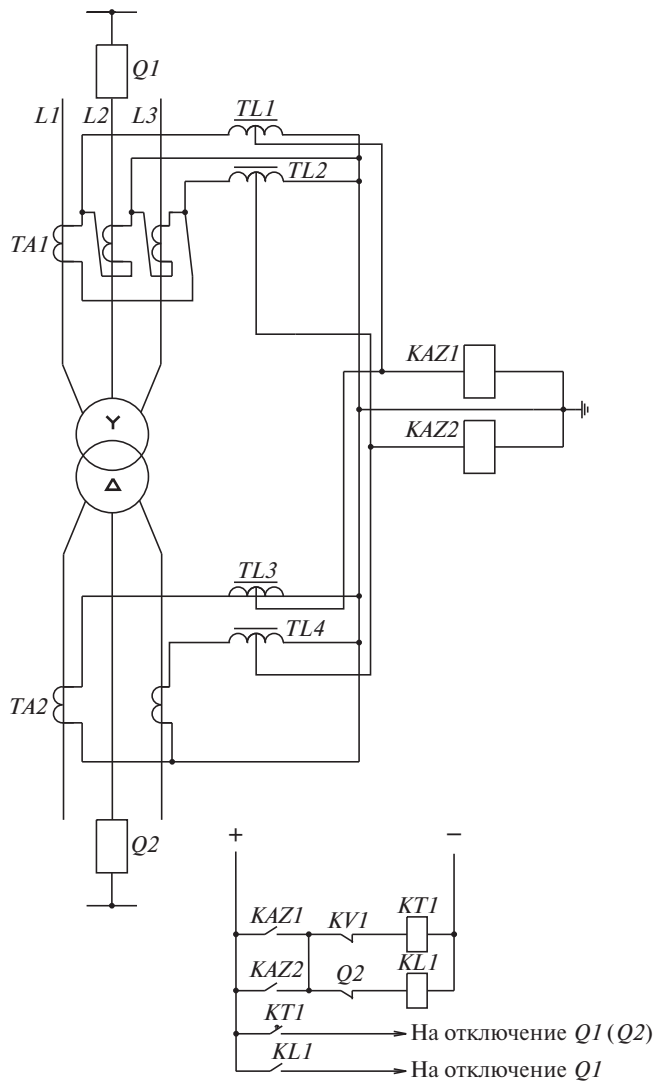


Рис. 2

вообще не сработает, одинаково реагируя на переходные процессы в сети.

Ток срабатывания ДЗТ с выдержкой времени определяется исходя из условия отстройки от токов небаланса обратной последовательности в нормальном режиме по формуле

$$I_{2c.3} = \frac{K_{отс} K_{нс}}{K_B \cdot \sqrt{3}} (K_{нб} + \varepsilon + \Delta u_\alpha + I_{выр}) I_{max},$$

где  $K_{отс} = 1,2$  — коэффициент отстройки;  $K_B = 0,95$  — коэффициент возврата;  $K_{нб} = 0,03$  — коэффициент небаланса [2];  $I_{max}$  — максимальный ток с учетом тока пуска или самозапуска электродвигателей;  $\varepsilon$  — относительное значение полной погрешности трансформаторов тока в нормальном режиме;  $\Delta u_\alpha$  — отно-

сительное значение напряжения регулируемой обмотки ВН;  $K_{нс}$  — коэффициент несимметрии сети;  $I_{выр}$  — относительный ток небаланса, обусловленный неточностью выравнивания вторичных токов трансформаторов тока.

Относительное значение полной погрешности трансформаторов тока в нормальном режиме и коэффициент несимметрии определяются при наладке. В случае, если устройство регулирования напряжения трансформатора не используется, относительное значение напряжения регулирования обмотки не учитывается.

Для отстройки защиты от тока небаланса, вызванного пуском или самозапуском двигателей, защита может быть выполнена с пуском по напряжению обратной последовательности с использованием реле РНФ-1М с напряжением срабатывания  $u_{2cp} = 6$  кВ.

Принимая, например,  $I_{max} = 1,4 I_{ном.тр}$ ,  $\Delta u_\alpha = 0,16$ ,  $\varepsilon = 0,05$ ,  $I_{выр} = 0$ , находим ток срабатывания защиты  $I_{2c.3} = 0,01$ , что примерно в 30 раз меньше, чем у ДЗТ без выдержки времени.

Для выравнивания вторичных токов ТТ устанавливают промежуточные автотрансформаторы  $TL1 - TL4$  типа АТ-32 (см. рис. 2).

## Выводы

1. Для повышения чувствительности к витковым замыканиям, которые всегда сопровождаются токами обратной последовательности, целесообразно вместо МТЗ на стороне ВН предусмотреть ДЗТ обратной последовательности, действующую с выдержкой времени. При повреждении в трансформаторе в режиме холостого хода защита действует без выдержки времени.

2. Применение ДЗТ, действующих на разных принципах, повышает вероятность отключения повреждения.

## Список литературы

1. Засыпкин А. С. Защиты трансформатора. — М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110 – 500 кВ. Расчеты. — М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Манилов А. М. Повышение чувствительности токовой защиты трансформатора. — Промышленная энергетика, 2005, № 4.

siv.ox@yandex.ua