

## ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПЯЖЕНИЯ ОТ РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Рассмотрены автоматические устройства, обеспечивающие дешунтирование ограничительных резисторов в цепи трансформаторов при возникновении аварийных режимов.

В электрических сетях 6—10 кВ часто выходят из строя трансформаторы напряжения (ТН). По данным «Союзтехэнерго» [1] в сетях с токами замыкания на землю до 10 А ежегодно выходит из строя около 10 % установленных ТН. Особенно часто повреждаются трансформаторы НТМИ-6(10)-66, которые насыщаются даже при небольшом повышении напряжения.

Основной причиной выхода из строя ТН является термическое разрушение изоляции обмоток высокого напряжения вследствие воздействия сверхтоков и перенапряжений при замыканиях на землю [2]. При этом, сверхтоки имеют резонансную природу и носят неустойчивый характер. В одном случае перегрузка ТН обусловлена бросками тока намагничивания в момент погасания перемежающихся дуг при однофазном замыкании на землю (автопараметрический резонанс), в другом — установившимся феррорезонансным процессом.

Сложный характер тока в цепях ТН с пропусками одного и более полупериодов, самопроизвольным переходом от автопараметрического резонанса к феррорезонансу, различная частота на которой возможен резонанс (25 и 50 Гц) затрудняют создание надежной и высокоэффективной защиты ТН.

Так, например, включение активного сопротивления в цепь разомкнутого треугольника вторичной обмотки ТН [3] не предотвращает ферро-

резонансных явлений и создает дополнительную нагрузку на трансформатор. Включение резистора сопротивлением не менее 3 кОм в нейтраль ТН [2] смещает потенциал нейтрали при перекосах изоляции фаз и вносит существенные погрешности в показания устройств контроля изоляции.

Различными авторами предложены автоматические системы, обеспечивающие шунтирование резистора в цепи нейтрали ТН в нормальном режиме работы и дешунтирование его при возникновении аварийных режимов [4]. Однако сложный и не однозначный характер тока в цепи нейтрали ТН с одной стороны, и с другой — отсутствие элементной базы, необходимой для реального построения таких систем, привели к отсутствию в настоящее время достаточно эффективных средств защиты ТН.

Эта проблема может быть успешно решена при использовании новой элементной базы — гибридных герконо-полупроводниковых коммутаторов, разработанных в НПК «Контакт».

Простые расчеты показывают, что при заземлении нейтрали ТН через резистор сопротивлением 3—5 кОм даже при ограничении тока до безопасной для ТН величины 0,1—0,3 А напряжение на этом резисторе может достигать 500—1500 В, что требует применения высоковольтного исполнительного органа, дешунтирующего резистор в цепи нейтрали ТН.

Устройство защиты ТН (рис. 1), работающее на этом принципе, состоит из порогового органа 15 и высоковольтного исполнительного блока 16.

Исполнительный блок выполнен в виде герконового реле, содержащего высоковольтный вакуумный геркон 10 типа МКА-52141 с катушкой управления 14, размещенной на его колбе в средней его части. С двух сторон катушки на ее щечках приклеены постоянные магниты типа ДЖБ. 04.2.0325, обращенные к геркону противоположными полюсами, с осями намагничивания, перпендикулярными оси геркона. Тиристоры 5, 6 выбраны на рабочее напряжение до 2 кВ (типа Т132-16-20). Тиристор 12 — малой мощности типа КУ101Б, а тиристор 13 — средней мощности типа КУ202Н.

Работает устройство следующим образом. В нормальном режиме работы протекающий по нейтрали ток создает на шунте 2 падение напряжения в несколько вольт, что недостаточно для срабатывания порогового органа 15. При этом тиристоры 12 и 13 заперты, обмотка 14 обесточе-

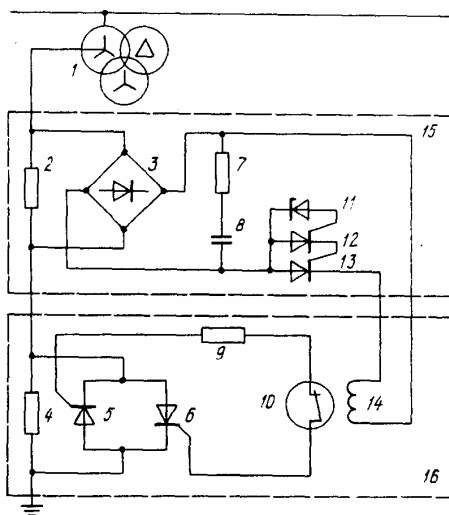


Рис. 1.

на, геркон 10 замкнут под действием поля постоянных магнитов. Тиристоры 5 и 6 открыты и шунтируют сопротивление 4.

При возникновении феррорезонансных явлений, сопровождающихся бросками тока в цепи нейтрали трансформатора 1, появляются импульсы напряжения в 10—20 В на шунте 2. После заряда конденсатора 8 до напряжения пробоя стабилитрона 11, последний резко уменьшает свое сопротивление, что приводит к отпираанию тиристора 12, а затем и 13. При этом заряженный конденсатор 8 быстро разряжается на обмотку 14 герконового реле, создавая в обмотке мощный импульс тока, достаточный для надежного срабатывания (размыкания) геркон 10. С размыканием последнего, разрывается цепь управления тиристоров 5, 6. Запираясь, они дешунтируют резистор 4, ограничивая ток в цепи нейтрали трансформатора, что приводит к срыву феррорезонансных явлений.

Срабатывание порогового органа происходит при токе в цепи нейтрали, превышающем 0,1 А. После введения сопротивления 4 ток в цепи нейтрали уменьшается до значения 0,05 А. Однако отпускания герконового реле при этом не происходит, что обеспечивается выбором обмотки 14, рассчитанной на рабочий ток реле 0,05 А. До возникновения замыкания на землю одной фазы сети тиристоры 12 и 13 заперты, поэтому герконового реле не срабатывает в нормальном режиме работы при токах, которые могут превышать 0,05 А.

Конденсатор 8 вместе с тиристорами 12, 13 и стабилитрон 11 обеспечивает четкое и стабильное срабатывание устройства в условиях скачкообразно изменяющегося при феррорезонансных явлениях тока в контролируемой цепи.

В тех случаях, когда нейтральная точка ТН специально не выведена, а конструктивно соединена с корпусом (трансформаторы типа ЗНОМ, ЗНОД и др.), защита ТН включением резистора в нейтральную точку невозможна. Для таких трансформаторов может быть рекомендовано устройство, обеспечивающее автоматическое включение токоограничивающих резисторов в фазы первичной обмотки ТН. Устройство состоит из трех идентичных блоков, работающих каждый в своей фазе. Каждый блок (рис. 2) состоит из синхронизатора 5 и высоковольтного коммутатора на геркетронах 6, 7 и диоде 8. Геркетроны 6, 7 выполнены аналогично описанным выше с той лишь разницей, что для усиления электрической изоляции входа от выхода на геркон одета трубка из термоусаживающегося радиационно-модифицированного полиэтилена, имеющая пробивное напряжение, многократно превышающее рабочее [5].

В качестве диода 8 использован диодный столб типа КЦ201Б.

Синхронизатор состоит из узла идентификации полярности полуволн переменного напряже-

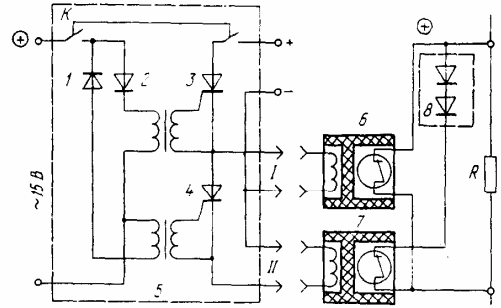


Рис. 2.

ния, выполненного на диодах 1, 2 и узла на тиристорах 3, 4, обеспечивающего заданную очередность включения геркетронов. Первым всегда появляется сигнал на выходе I синхронизатора, а вторым — на выходе II.

В нормальном режиме работы все токоограничивающие резисторы R, включенные в цепь первичной обмотки ТН зашунтированы замкнутыми контактами геркетронов 6, 7.

Устройство запускается от контакта К электромагнитного реле, включенного в цепь обмотки «разомкнутого треугольника» ТН. Благодаря наличию синхронизатора, напряжение на входе которого совпадает по фазе с падением напряжения на резисторе R, в момент времени, соответствующий положительному потенциалу на аноде диода 8, размыкаются контакты геркетрона 6. Размыкание происходит без разрыва цепи тока, поскольку этот контакт зашунтирован открытым диодом 8 через замкнутый контакт геркетрона 7. В следующий полупериод (при отрицательном потенциале на аноде диода 8) появляется сигнал на выходе II синхронизатора и срабатывает геркетрон 7, разрывая лишь обратный ток утечки диода 8 (0,1 мА).

При использовании указанных элементов устройство коммутирует переменный ток 0,5 А при напряжении 3 кВ, что вполне достаточно для защиты ТН.

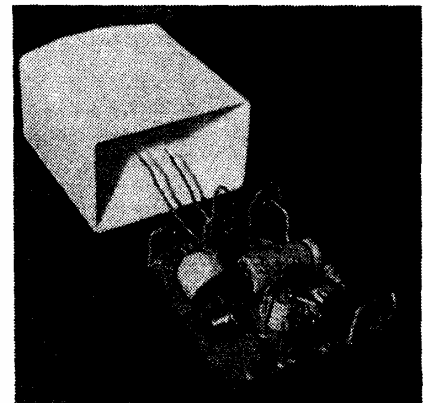


Рис. 3.

Устройство защиты ТН от перенапряжений выполнено на печатной плате и размещено в диэлектрическом корпусе размерами 80×80×40 мм (рис. 3), заливаемым после сборки эпоксидным компаундом.

#### **Выводы**

Испытания устройства, проведенные в лаборатории высоковольтной релейной техники НПК «Контакт», показали надежную и стабильную его работу. Устройство передано в опытную эксплуатацию в ПЭО «Харьковэнерго».

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лихачев Ф. А. Надежность трансформаторов напряжения и контроля изоляции в распределительных сетях 6—

35 кВ // Всесоюз. науч. конф. «Перенапряжения и защита от них в распределительных сетях и сетях генераторного напряжения»: Тез. докл.— Куйбышев, 1979.— С. 23—26.

2. Нугер Б. К. Повышение надежности и качества электроснабжения сельского хозяйства.— К.: О-во «Знание» УССР, 1985.— 16 с.
3. Компенсация емкостных токов в сетях 6—10 кВ / Ф. А. Лихачев, В. И. Бойко, В. М. Змиевский и др. // Электр. станции.— 1978.— № 10.— С. 62—63.
4. А. с. 1043781 СССР, МКИ Н02Н 9/02. Устройство релейной защиты трансформатора напряжения.
5. Гуревич В. И. Применение геркотронов в устройствах релейной защиты горных электроустановок // Пром. энергетика.— 1987.— № 2.— С. 21—23.

Материал поступил в редакцию 05.02.89

© Гуревич В. И., 1990