

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Г-555

2/IV-79

13 - 12091

В.Г.Глушенко, Б.Д.Омельченко

1246/2-79

К ВОПРОСУ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ
ИСТОЧНИКОВ СТАБИЛЬНОГО ТОКА,
УПРАВЛЯЕМЫХ
СИЛОВЫМИ ДРОССЕЛЯМИ НАСЫЩЕНИЯ

1979

13 - 12091

В.Г.Глущенко, Б.Д.Омельченко

К ВОПРОСУ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ
ИСТОЧНИКОВ СТАБИЛЬНОГО ТОКА,
УПРАВЛЯЕМЫХ
СИЛОВЫМИ ДРОССЕЛЯМИ НАСЫЩЕНИЯ

Направлено в ПТЭ

Глушенко В.Г., Омельченко Б.Д.

13 - 12091

К вопросу об электрической защите источников стабильного тока, управляемых силовыми дросселями насыщения

Приводятся результаты исследований нормального и аварийного режимов работы источника стабильного тока. Описывается защитное устройство источника от трехфазного короткого замыкания между силовой обмоткой дросселя насыщения и первичной обмоткой силового понижающего трансформатора.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Преприят Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Glushchenko V.G., Omelchenko B.D.

13 - 12091

On Electric Protection of Permanent Current Sources Controlled with Saturation Power Choke Coil

The results of investigation of normal and emergency operation modes of permanent current source are presented. The protective device of the source against three phase short circuit between power winding of saturation choke coil and primary winding of power step-down transformer is described.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1979

Кремниевые преобразователи серии КВТМС, управляемые силовыми дросселями насыщения, нашли широкое применение в качестве сильноточных источников питания магнитных элементов каналов транспортировки заряженных частиц. Для электрической защиты указанных преобразователей от перегрузок и короткого замыкания в цепи нагрузки были разработаны специальные схемы, учитывающие специфику работы силового блока в режиме трансформатора постоянного тока^{1,2/}. В данной статье описана еще одна электрическая защита, характерная для источников стабильного тока серии КВТМС - защита от трехфазных коротких замыканий за дросселем насыщения.

1. ИСТОЧНИК КВТМС И ЕГО ЗАЩИТА ОТ ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ЗА ДРОССЕЛЕМ НАСЫЩЕНИЯ

На рис. 1 изображены элементы силового блока КВТМС и принципиальная схема устройства его защиты. Кремниевый выпрямитель /КВ/, подключенный к вторичной обмотке понижающего трансформатора /ТР/, управляется с помощью силового дросселя насыщения /ДН/, рабочие обмотки которого включены последовательно с первичными /высоковольтными/ обмотками ТР. ДН управляется /возбуждается/ тиристорным выпрямителем /ТВ/.

В рабочем режиме между током нагрузки I_d и током управления i_y ДН имеет место соотношение:

$$I_d = k \cdot i_y \quad /1/$$

где k - коэффициент трансформации.

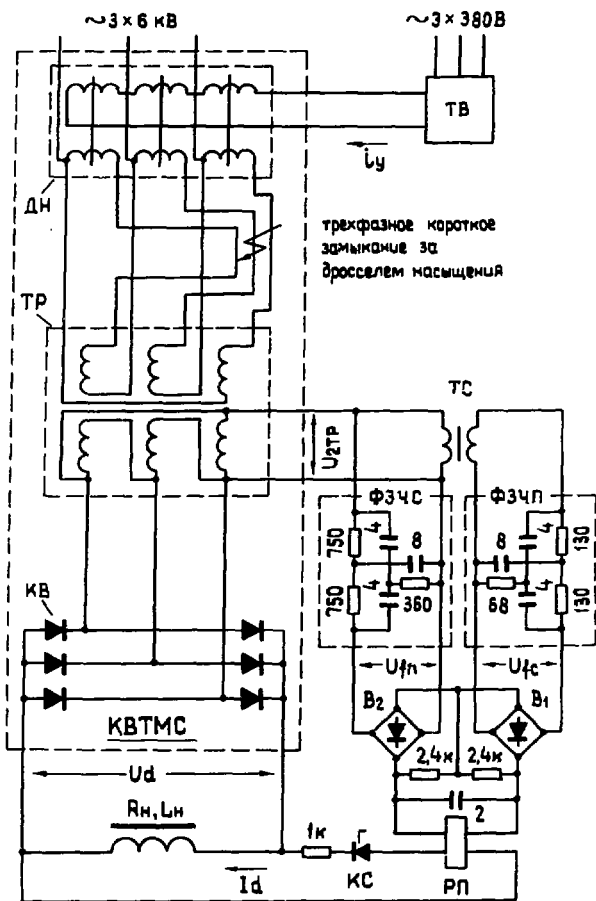


Рис. 1. Элементы силового блока КВТМС и принципиальная схема устройства защиты.

Особенностью источника стабильного тока, управляемого дросселем насыщения, является то, что в случае аварийного режима, связанного с трехфазным коротким замыканием за дросселем насыщения, существенного увеличения тока, потребляемого от сети питания, не происходит.

Особый интерес представляет указанный аварийный процесс в случае пофазно-последовательного соединения первичных обмоток ТР и рабочих обмоток ДН, образующего схему треугольника /включение источника на напряжение 3х6 кВ, см. рис. 1/. Так как ДН и ТР-конструктивно обособленные элементы, соединенные между собой электрически шинами или кабелем, то при трехфазном коротком замыкании за дросселем схема соединения указанных элементов автоматически преобразуется из схемы треугольника в схему звезды, в каждой фазе которой силовые обмотки ДН и ТР включены параллельно. При этом ток питания источника не превышает номинального значения, а к первичной обмотке ТР прикладывается нерегулируемое фазное напряжение сети питания, в соответствии с которым и устанавливается значение тока нагрузки I_d . Совершенно очевидно, что указанный аварийный режим нарушает режим питания элемента нагрузки стабильным током и может явиться причиной более серьезного повреждения оборудования.

Работа изображенной на рис. 1 схемы электрической защиты основана на анализе гармонических составляющих напряжения вторичной /низковольтной/ обмотки ТР^{3/}.

Реагирующее поляризованное реле /РП/, тип РП-7, РС4521009 схемы защиты имеет рабочую и тормозную цепи управления. Первая из них содержит выпрямитель B_1 /Д220х4/ и фильтр-заградитель /ФЗЧП/, настроенный на частоту преобразования КВ / $f_{п} = 300$ Гц/, а вторая - выпрямитель B_2 /Д220х4/ и фильтр-заградитель /ФЗЧС/, настроенный на частоту сети питания источника / $f_{с} = 50$ Гц/. Рабочая цепь РП подключается к вторичной обмотке ТР через согласующий /понижительный/ трансформатор ТС /100/25 В/.

Работа указанного анализатора гармоник основана на той закономерности, что в режиме трехфазного короткого замыкания между рабочей обмоткой ДН и первичной об-

моткой ТР, соединенными между собой по фазно-последовательно по схеме треугольника, ДН практически не создает задержки коммутации тока вентилях, поэтому в напряжении питания КВ резко уменьшается значение гармоники U_{fII} , соответствующей частоте преобразования.

Следует отметить, что характерное для указанного выше аварийного режима уменьшение значения гармоники U_{fII} относительно величины гармоники U_{fc} может иметь место при переходном режиме. Действительно, при подъеме тока питания в цепи активно-индуктивной нагрузки с большой постоянной времени скорость нарастания тока управления i_y ДН может превышать скорость нарастания тока нагрузки I_d , т.е.:

$$\frac{di_y}{dt} > \frac{dI_d}{dt} \quad /2/$$

В этом случае источник, представляя собой так называемый трансформатор постоянного тока, автоматически увеличивает до максимального значения напряжение на выходе КВ (U_d), стремясь достичь равенства ампервитков рабочих и управления в ДН. В результате указанный переходный режим характеризуется существенным увеличением разности $U_{fc} - U_{fII}$ на выходе анализатора гармоник, что приводит к срабатыванию РП и, как следствие, к ложному отключению источника. С целью исключения указанного ложного срабатывания схемы защиты РП снабжено дополнительной целью управления, которая содержит пороговый элемент - кремниевый стабилизатор /КС/, и подключена к выходу КВ.

Напряжение срабатывания КС выбирают, исходя из условия:

$$U_d^{(3)} < U_{ср} < U_d^{max} \quad /3/$$

где $U_{ср}$ - напряжение срабатывания КС, U_d^{max} - максимальное напряжение на выходе КВ, $U_d^{(3)}$ - напряжение на выходе КВ при трехфазном коротком замыкании между рабочей обмоткой ДН и первичной обмоткой ТР.

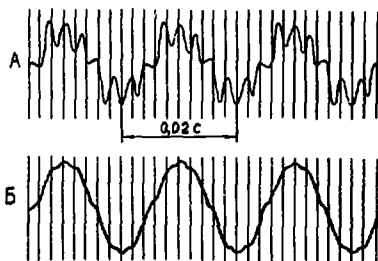


Рис. 2. Осциллограммы напряжения на вторичной обмотке ТР. А - рабочий режим, Б - режим короткого трехфазного замыкания за ДН.

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 2 приведены осциллограммы, характеризующие гармонические составляющие напряжения вторичной обмотки ТР в рабочем режиме /осциллограмма А, нагрузка источника - квадрупольная линза, $U_{\text{НОМ}} = 200 \text{ В}$, $I_{\text{НОМ}} = 1280 \text{ А}$, $R = 0,139 \text{ Ом}$, $L = 0,115 \text{ Г/}$ и в случае короткого трехфазного замыкания за ДН /осциллограмма Б/. Существенное уменьшение гармоники $U_{\text{ГН}}$ при коротком замыкании приводит к уменьшению тока тормозной цепи управления РП и к срабатыванию последнего за счет относительного увеличения гармоники $U_{\text{ГС}}$.

На рис. 3 приведены осциллограммы, характеризующие изменение во времени напряжения $U_{2\text{ТР}}$ вторичной обмотки ТР /осциллограммы А и Б/, напряжения U_d /осциллограмма В/ и тока I_d /осциллограмма Г/ при переходных процессах в цепи питания нагрузки с большой постоянной времени. Период времени $t_1 - t_2$ соответствует времени подъема тока I_d в цепи нагрузки / $R_{\text{Н}} = 0,11 \text{ Ом}$; $L_{\text{Н}} = 0,57 \text{ Г}$; $I_{\text{НОМ}} = 1700 \text{ А/}$. Этот период характеризуется форсирующим действием ДН, в результате чего значения напряжений $U_{2\text{ТР}}$ и U_d возрастают до своих максимально достижимых величин. При этом в напряжении $U_{2\text{ТР}}$ происходит резкое увеличение 50-герцевой состав-

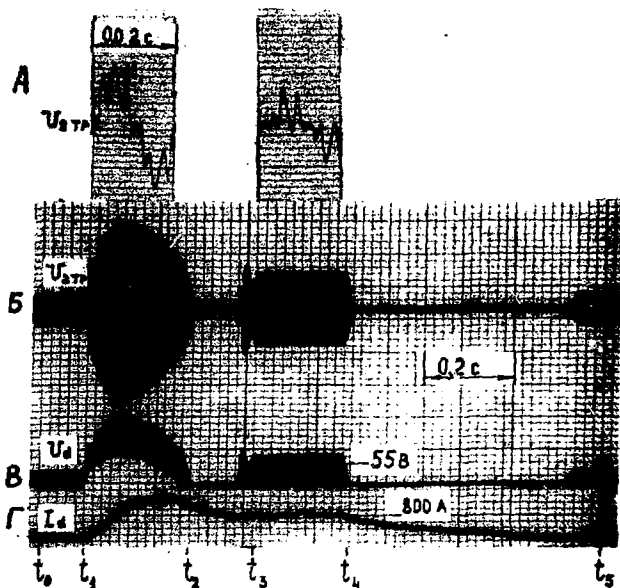


Рис. 3. Осциллограммы напряжений U_{2TP} , U_d и тока I_d при переходных процессах в цепи питания нагрузки с большой постоянной времени.

ляющей и до величины срабатывания возрастает значение тока в рабочей цепи управления РП. Однако замыкания контактов РП, действующих на отключение источника, в данном случае не происходит. Причиной тому действие дополнительной тормозной цепи управления, содержащей стабилитрон КС, напряжение срабатывания которого оказывается меньше существующего в данный момент времени максимального значения напряжения U_d /см. выражение /3//.

В период времени $t_2 - t_3$ происходит закрытие КВ. Последнее является следствием реально существующего перегулирования I_d и инерционности цепи управления ДН.

Период времени t_3-t_4 является рабочим /установившийся режим/. Он характеризуется существенным уменьшением 50-герцовой составляющей в кривой напряжения U_{2TP} /см. осциллограмму А, рис. 3/. В период времени t_4-t_5 происходит снятие тока нагрузки I_d , при этом ДН запирает КВ вследствие нарушения равенства ампервитков рабочих и управления /цепь нагрузки в данном случае более инерционна, чем цепь управления/.

Описанная в статье схема электрической защиты прошла практическую проверку в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, где в течение ряда лет используется для защиты источников стабильного тока, управляемых дроселями насыщения.

В заключение авторы пользуются возможностью выразить благодарность Р.С.Семиной и А.П.Волкову за активное участие в разработке, изготовлении и наладке устройств электрической защиты источников стабильного тока КВТМС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Омельченко Б.Д. ПТЭ, 1970, №5, с.146.
2. Омельченко Б.Д. ПТЭ, 1974, №3, с.140.
3. Глушченко В.Г., Омельченко Б.Д. Авт. свид. СССР, № 551622 от 25.4.1 1977, Бюлл. ОИПОТЭ, 1977, №11, с.148.

*Рукопись поступила в издательский отдел
15 декабря 1978 года.*