

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С345e
Г-555

22/ix 75

9 - 9031

3550/2-75

В.Г.Глуценко, М.И.Никитаев

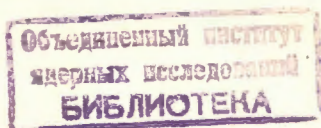
ЗАЩИТА ОБМОТКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТА СИНХРОФАЗОТРОНА
ОТ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ

1975

9 - 9031

В.Г.Глуценко, М.И.Никитаев

ЗАЩИТА ОБМОТКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТА СИНХРОФАЗОТРОНА
ОТ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ



Обмотка возбуждения электромагнита дубненского синхрофазотрона /1/ эксплуатируется более 16 лет в напряженном тепловом режиме при циклической работе. Межвитковое напряжение в зависимости от режима равно 50÷200 В.

Межвитковая и корпусная изоляция обмотки рассчитывалась на одно и то же напряжение и является вполне надежной. Однако изоляция со временем стареет, обмотка в цикле имеет некоторое движение, поэтому возникает необходимость ее защиты от витковых замыканий. В случае прерывистого виткового замыкания в обмотке возбуждения невозможно ускорять частицы, а металлическое витковое замыкание приведет к аварийному разогреву короткозамкнутых витков и к вероятному загоранию изоляции. В настоящей статье приводятся результаты разработки защиты.

Устройство пускового органа и принцип действия защиты

Схема пускового органа изображена на *рис. 1*.

Защита основана на принципе сравнения электродвижущих сил, наведенных в катушках K_1 и K_2 магнитными полями рассеяния верхней и нижней секций обмотки сектора синхрофазотрона. Существенной особенностью данного принципа является то, что защита не реагирует на резонансные возмущения магнитного поля, имеющие разную полярность в разных секторах, в режиме медленного вывода ускоренного пучка частиц из синхрофазотрона.

Описываемое устройство обеспечивает надежную защиту секционированной обмотки возбуждения электро-

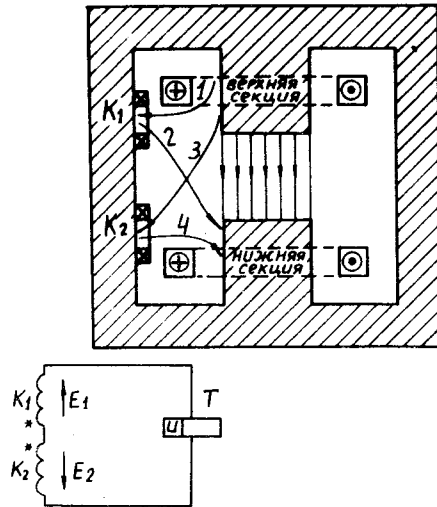


Рис. 1. Схема размещения катушек K_1 , K_2 в сечении магнита и электрическая схема их соединения.

магнита в любых режимах циклической работы синхрофазотрона. Пусковой орган защиты состоит из катушек K_1 и K_2 , установленных на одной из стоек электромагнита в каждом секторе синхрофазотрона. Катушки расположены симметрично относительно средней магнитной плоскости, причем обмотки их включены по полярности последовательно-встречно и подключены к реагирующему реле T . Крепление катушек выполнено так, что имеется возможность их перемещения как относительно средней магнитной плоскости, так и относительно стойки магнита.

При витковом замыкании в одной из секций обмотки возбуждения электромагнита поле изменяется не локально, а во всем секторе, поэтому катушки можно устанавливать на любой его стойке.

В катушке K_1 электродвижущая сила E_1 наводится от изменяющихся потоков рассеяния, изображенных на рис. 1 магнитными силовыми линиями 1 и 2. В катушке K_2 электродвижущая сила E_2 наводится от изменяющихся потоков 3 и 4. При отсутствии в обмотке возбуждения витковых замыканий расположение катушек регулируется таким образом, чтобы $E_1 = E_2$, при этом электродвижущая сила небаланса, равная $E_{НБ} = E_1 - E_2$, должна быть минимальной. При наличии виткового замыкания, например, в нижней секции возбуждения происходит перераспределение в потоках рассеяния. Величины потоков 2 и 4 резко уменьшаются, а величины потоков 1 и 3 остаются неизменными. При этом E_1 возрастает за счет уменьшения размагничивающего действия потока 2, а E_2 изменяет направление и возрастает по величине за счет увеличения потока 3 по сравнению с потоком 4. $E'_{НБ} = E'_1 + E'_2$. Электродвижущая сила небаланса резко возрастает, и под ее действием увеличивается ток, протекающий в цепи катушек и реле T . В нормальных условиях этот ток меньше тока, при котором срабатывает реле, а при возникновении виткового замыкания в обмотке возбуждения электромагнита ток в реле T значительно превышает ток срабатывания реле. С ростом числа витков, замкнувшихся в обмотке возбуждения, увеличивается $E_{НБ}$ и ток в реле T .

Аппаратура и основные характеристики защиты

В устройстве защиты обмотки возбуждения электромагнита дубненского синхрофазотрона в качестве реле T используется реле направления мощности типа ФДМ-3Б.

Катушки K_1 и K_2 , выполненные из меди, имеют вес 15 кг, омическое сопротивление 200 Ом, внешний диаметр 32 см, внутренний - 16 см, толщину по меди - 6 см.

Таблица
Результаты вычислений по опыту межвитковых замыканий обмотки возбуждения синхροфазотрона

число замкнутых измеряемая величина витков		0				
		2	4	10	20	
E_1	В	10	13	16	19	20
E_2	В	10	-9	-14	-15	-14
$E_{нБ}$	В	0,5	22	30	34	34

В таблице приведены результаты вычислений электродвижущих сил по опыту витковых замыканий обмотки возбуждения синхροфазотрона при скорости нарастания тока 4000 А/с. При отсутствии в обмотке возбуждения витковых замыканий $E_{нБ} = 0,5$ В.

На рис. 2 приведена осциллограмма электродвижущей силы E_2 и тока в реле Т за один цикл работы синхροфазотрона.

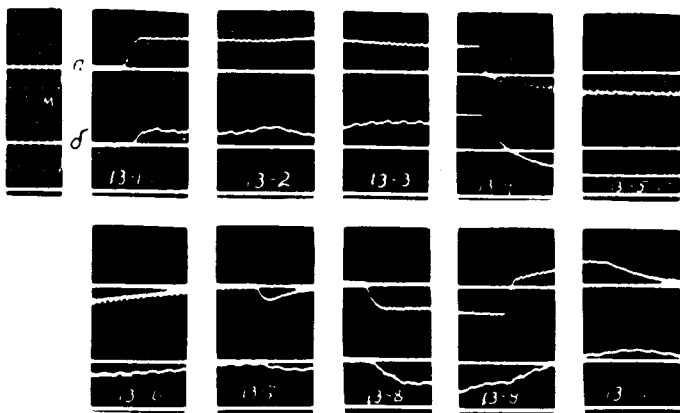


Рис. 2. Осциллограммы при цикле 7,2 кВ; 12 кА. а/ Напряжение на катушке K_2 ; б/ Ток в реле Т. 13-М. Масштабы: а/ напряжения 7,5 В, б/ тока 0,5 мА. /13-1/± ±/13-4/. Выпрямительный режим $U_{макс.} = 16$ В; $I_{макс.} = 0,67$ мА. /13-4/±/13-8/. Инверторный режим. $U_{макс.} = 10,3$ В; $I_{макс.} = 0,71$ мА. /13-8/±/13-10/. Цикл размагничивания $U_{макс.} = 13$ В; $I_{макс.} = 0,74$ мА.

При замыкании одного витка в верхней или нижней секции обмотки возбуждения $E_{нБ} = 15$ В. Защита настроена на срабатывание при $E_{нБ} = 5$ В.

Таким образом, защита срабатывает при замыкании одного витка на другой с коэффициентом чувствительности, равным 3, и имеет десятикратную отстройку от максимального небаланса электродвижущей силы при циклическом режиме и отсутствии витковых замыканий. Время срабатывания защиты - менее 0,2 с.

Реле Т, срабатывая, воздействует:

1/ на перевод игнитронных преобразователей системы возбуждения электромагнита синхροфазотрона в инверторный режим;

2/ на включение короткозамыкателя^{/2/}, шунтирующего обмотку возбуждения накоротко, благодаря чему межвитковое напряжение обмотки становится равным нулю;

3/ на выпуск азота системы пожаротушения в кожух обмотки возбуждения поврежденного сектора.

Схема контроля исправности цепей защиты

В устройстве защиты осуществлен автоматический контроль как обрывов, так и замыканий протяженных цепей от катушек K_1, K_2 к реле Т всех четырех секторов электромагнита синхροфазотрона. Схема контроля приведена на рис. 3.

При исправности цепей напряжение на выпрямителе ВГ близко к нулю, поэтому сопротивление нагрузочной обмотки W_H магнитного усилителя МУ велико, и ток, определяемый сопротивлением ДС, будет протекать в основном через обмотку реле T_5 . При этом контакт реле T_5 замыкается и запитывает промежуточное реле исправности цепей. При обрывах или при замыканиях в цепи катушек K_1, K_2 происходит разбалансирование в схеме моста, ток в обмотке управления магнитного усилителя увеличивается при резком уменьшении сопротивления нагрузочной обмотки МУ, ток в реле T_5 умень-

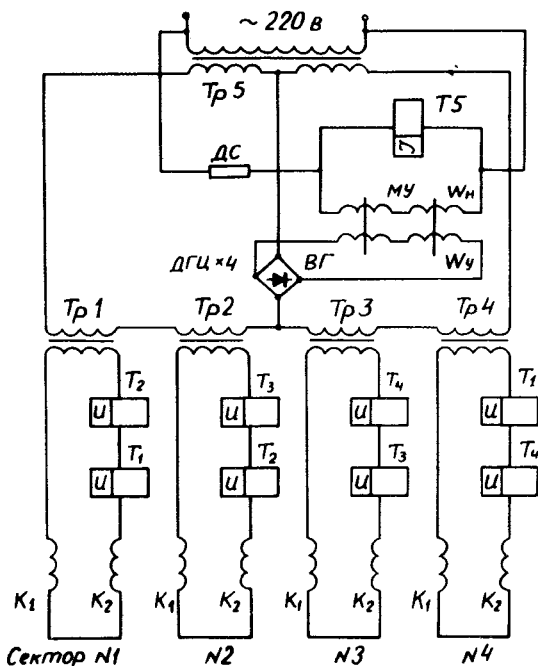


Рис. 3. Схема контроля исправности цепей.

шается, и контакт реле T_5 размыкается. При этом промежуточное реле исправности цепей, обесточиваясь, выдает сигнал.

Литература

1. Е.Г.Комар. "Ускорители заряженных частиц". Атомиздат, М., 1964.
2. Л.Н.Беллев, А.А.Смирнов, В.Г.Глуценко, И.А.Курсков, Н.И.Павлов. "Устройство для релейной защиты системы питания синхрофазотрона". Бюллетень изобретений 5, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 июня 1975 года.