

**СХЕМА ИНДИКАЦИИ ОБРАТНЫХ ЗАЖИГАНИЙ, ТОКОВЫХ
ПЕРЕГРУЗОК И НЕСРАБАТЫВАНИЙ ТИРАТРОНОВ
В СИСТЕМЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТА
СИНХРОТРОНА «СИРИУС»**

В. В. ИВАШИН, Л. А. ЗОЛОТАЯ

(Представлена семинаром объекта «Сириус» НИИ ядерной физики)

В системе возбуждения электромагнита синхротрона на 1500 Мэв 18 тиратронов включены встречно-параллельно в две группы [1]. Каждая группа имеет по 9 тиратронов, работающих в напряженном режиме. Вентили загружаются импульсными токами, амплитуда которых в 2 раза превышает паспортные данные, а длительность протекания токов через каждый клапан составляет $84 \cdot 10^{-3}$ сек. Силовой контур системы возбуждения имеет большую добротность, и к клапанам в момент запирающего скачка прикладывается обратное напряжение 10 кв.

Для увеличения надежности работы схемы, ускорения поисков неисправностей и возможности постоянного контроля за работой всех тиратронов была разработана и испытана схема индикации. Эта схема позволяет осуществлять индикацию токовых перегрузок, обратных зажигания и несрабатываний клапанов.

Применение для этой цели схем индикации, описанных в литературе [2, 3, 4] неприемлемо по тем причинам, что они или более сложны, или не позволяют определять аварийный клапан при нечетном числе клапанов и т. д.

Схемы индикации, примененные в схеме питания синхротрона, охватывают все виды аварийных режимов клапанов, просты и состоят из однотипных элементов. Это упрощает обслуживание схем и не требует для обслуживания высококвалифицированных специалистов.

Основным элементом схем индикации является электромагнитный датчик, выполненный в виде замкнутого магнитопровода, охватывающего анодную или катодную шину клапана. Датчик имеет две обмотки: сигнальную ω_c и подмагничивания ω_0 . Число датчиков в системе индикации каждого вида соответствует числу клапанов.

Принцип работы электромагнитных датчиков, как обычно, основан на перемагничивании датчика в аварийном режиме. На сигнальной обмотке индуцируется напряжение, указывающее тем или иным способом на аварийный режим работы. Исключением является только система индикации несрабатываний клапанов, в которой магнитопровод датчика аварийной цепи не перемагничивается и не участвует в выработке сигнала несрабатывания клапана.

Индикация обратных зажигания

При индикации обратных зажигания магнитопровод датчика подпитывается до точки «а» на перегибе кривой намагничивания (рис. 1).

Намагничивающая сила от тока в рабочей шине при этом совпадает с направлением подмагничивания. При нормальной работе схемы магнитопровод датчика работает в области насыщенной части кривой намагничивания. Приращение магнитного поля мало (ΔB_1), и на сигнальной обмотке индуцируется незначительное напряжение. При обратном зажигании вентили намагничивающие силы от тока обратного

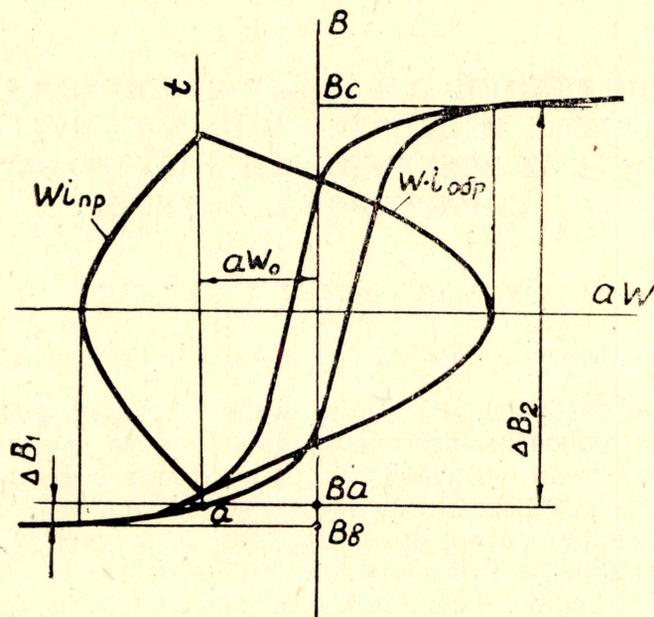


Рис. 1. Перемагничивание датчика индикатора обратного зажигания

зажигания ($i_{обр} \omega$) и от тока подмагничивания ($a\omega_0$) направлены не согласно, а встречно. При этом магнитопровод датчика перемагничивается, изменение индукции ΔB_2 значительно больше ΔB_1 , и соответственно значительно больше индуцируется напряжение на обмотке ω_c , которое и используется для индикации обратного зажигания.

На сигнальной обмотке ω_c (рис. 2) индуцируется два импульса напряжения. Первый, положительный, индуцируется при нарастании тока обратного зажигания. Индукция в магнитопроводе при этом изменяется от $-B_a$ до $+B_c$. Второй, отрицательный импульс, индуцируется при спаде тока, при этом индукция изменяется от $+B_c$ до $-B_a$. Реле P при первом положительном импульсе срабатывает и становится на самопитание.

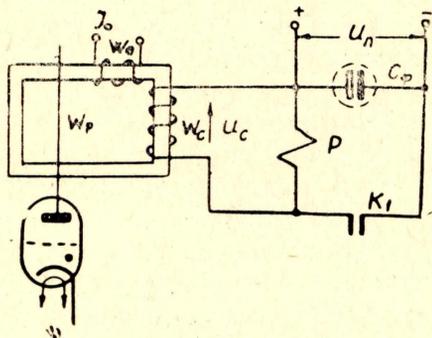


Рис. 2. Принципиальная схема индикации обратных зажиганий и токовых перегрузок

На выходе источника питания реле включена электролитическая емкость C_ϕ (рис. 2). При замыкании контактов k_1 обмотка реле шунтируется этой емкостью, поэтому отрицательный импульс тока проходит через емкость, и напряжение на обмотке реле не выделяется. В случае отсутствия значительной емкости на выходе выпрямителя под действием отрицательного напряжения на ω_c ток через обмотку реле может стать меньше величины тока отпущения, реле выключится, и его контакты k_1 разомкнутся.

При срабатывании реле с помощью его вторых контактов на пульт управления может подаваться сигнал, указывающий на аварийный режим работы. В выполненной системе индикации таким сигналом служит погасание лампочки на пульте управления.

Вместо реле может быть применено любое другое релейное устройство, например, ждущий мультивибратор, бесконтактное реле и т. д.

В системе возбуждения электромагнита синхротрона «Сириус» параметры элементов схемы индикации обратного зажигания выбраны следующие: датчик собран на железе Ш-32 с вырезанной центральной пластиной $w_o = 280$ витков, $I_o = 0,42$ а, $w_c = 1700$ витков, реле РСМ-2, $C_{\phi} = 500$ мкф.

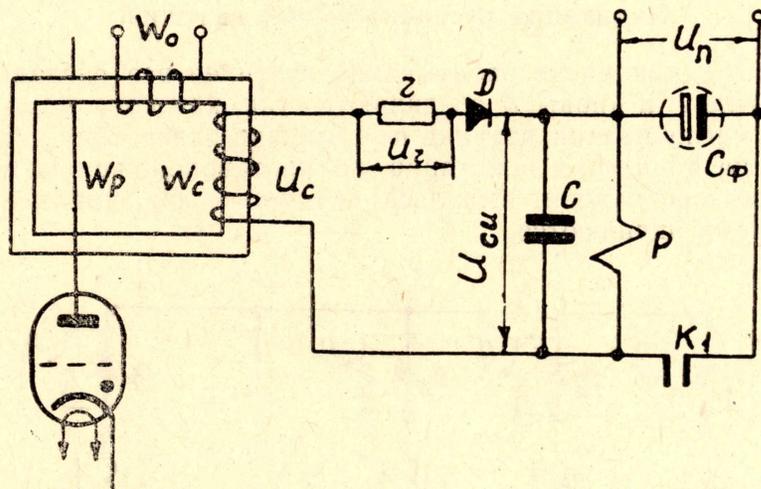


Рис. 3. Принципиальная схема индикации при малом времени перемагничивания датчика

Описанная выше схема не будет работать, если время изменения тока в рабочей обмотке w_p значительно меньше времени срабатывания реле. В виду этого индикация аварийных режимов тиратронов ТР1-85/15 в силовом выпрямителе, собранного по схеме Ларионова и питающего схему возбуждения синхротрона, несколько изменена. Для расширения импульса напряжения на обмотке реле, используем метод интегрирования.

В этой схеме обмотка реле P зашунтирована емкостью C , а последовательно с сигнальной обмоткой включено активное сопротивление r (рис. 3). Нетрудно показать, что в такой схеме при определенных параметрах r и C напряжение на емкости будет мало зависеть от скорости перемагничивания датчика.

$$U_c = U_r + U_{cu}. \quad (1)$$

Откуда

$$U_{cu} = \frac{WS \cdot 2B_s}{rC + \Delta t}. \quad (2)$$

Из соотношения (2) следует, что при $rC \gg \Delta t$ напряжение на емкости мало изменяется. Выбор постоянной времени rC определяется из условия времени срабатывания реле.

$$t_{cp} = \frac{rC + \Delta t}{1,2 \div 1,5}.$$

Индикация токовых перегрузок

Электрическая принципиальная схема датчика перегрузок почти не отличается от схемы индикации обратных зажигания. Отличие заключается только в том, что направление подмагничивания датчика и направление намагничивающей силы от тока в рабочей шине противоположны. При этом подмагничивание столь сильное, что при нормальной загрузке вентилей датчик не выходит из насыщенного состояния. Магнитопровод датчика может перемагничиваться только при перегрузках. Величиной тока подмагничивания можно задавать критическую величину тока нагрузки, при которой датчик перемагничивается, и схема индицирует ненормальный режим работы.

Индикация несрабатывания вентилей

В схеме индикации несрабатываний вентилей все сигнальные обмотки w_c , реле P и диоды D соединяются так, как показано на рис. 4.

Ток подмагничивания датчика по величине равен току подмагничивания датчика обратного зажигания, но противоположен по направлению. Поэтому при каждом импульсе в обмотке w_p , датчики несрабатывания перемагничиваются.

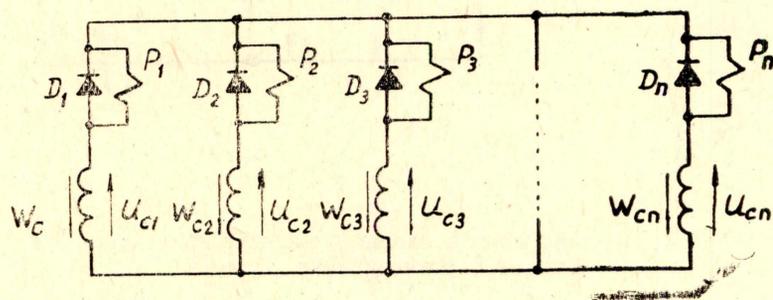


Рис. 4. Принципиальная схема индикации несрабатываний вентилей

При нормальной работе все магнитопроводы перемагничиваются одновременно и на сигнальных обмотках также одновременно индуктируются одинаковые напряжения U_{c1} , U_{c2} , U_{c3} ... U_{cn} . При одинаковых напряжениях схема находится в состоянии электрического равновесия, по обмотке не течет ток, а на диодах D_1 , D_2 , D_3 ... D_n не выделяется никаких напряжений.

При несрабатывании одного из параллельно включенных вентилей магнитопровод датчика этого вентиля перемагничиваться не будет, и на сигнальной обмотке датчика не будет индуктироваться напряжение. Напряжение с остальных обмоток w_c при этом будет приложено к диоду несработавшего датчика. Это напряжение прикладывается к диоду в обратном направлении, выделяется на нем и может быть принято за сигнал, указывающий на несрабатывание вентиля.

Подключив к диодам D_1 , D_2 , D_3 ... D_n электромагнитные реле или какие-либо другие сигнальные приборы, можно фиксировать каждое несрабатывание вентиля.

Подмагничивание датчика постоянным током позволяет уменьшить более чем вдвое сечение магнитопровода датчика за счет увеличения используемой индукции. При отсутствии подмагничивания магнитопровод датчика перемагничивается по частным циклам гистерезиса, изме-

нение индукции незначительное, то есть магнитопровод датчика не используется. Вторая цепь подмагничивания — увеличение напряжения (рис. 4) на диоде за счет уменьшения напряжения, падающего на индуктивном сопротивлении сигнальной обмотки при насыщенном датчике.

Из рис. 4 следует, что при несрабатывании одной из параллельных цепей, напряжение на исполнительный механизм подается через цепь с обмоткой w_c датчика этой же цепи. Очевидно, что для уменьшения падения напряжения на обмотке w_c сопротивление обмотки необходимо иметь минимальное. Это достигается насыщением магнитопровода датчика током подмагничивания. Намагничивающие силы от тока обмотки w_c и от тока подмагничивания складываются, и магнитопровод датчика при несрабатывании вентиля работает в области насыщения. Индуктивное сопротивление датчика при этом небольшое, и на нем выделяется незначительное напряжение.

Параметры элементов схемы индикации несрабатываний: $w_c = 1700$ витков, $w_o = 280$ витков, ток подмагничивания $0,42$ а, диоды Д7Ж, реле РСМ-2.

Схема индикации показала достаточно надежную работу и существенно улучшила эксплуатацию схемы питания ускорителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Кузнецов. Возбуждение электромагнита синхротрона с энергией ускоренных электронов 1500 Мэв. Томск, НИИ ЯФ, кандидатская диссертация, 1963.
2. Г. Б. Черников. Контроль погасаний вентилях ионного преобразователя по анодному току. Электротехника, № 1, 1965.
3. Ю. А. Шмайн, С. Х. Харламов. Контроль пропусков зажигания вентилях ионного преобразователя. Вестник электропромышленности, № 12, 1962.
4. Е. Г. Бобров. Устройство защиты выпрямителя от неполнофазного режима работы. Авторское свидетельство № 160217, Бюллетень № 3, 1964.