

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



Б-827

10/x-75

13 - 8963

С.Борка, И.Н.Гончаров, Д.Фричевски

4003/2-75

ПОВЕДЕНИЕ МНОГОСЕКЦИОННЫХ  
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СОЛЕНОИДОВ

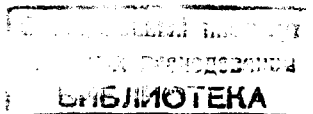
**1975**

13 - 8963

С.Борка, И.Н.Гончаров, Д.Фричевски

**ПОВЕДЕНИЕ МНОГОСЕКЦИОННЫХ  
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СОЛЕНОИДОВ**

Направлено в ПТЭ



Многосекционный сверхпроводящий соленоид является особым случаем взаимодействующих сверхпроводящих соленоидов, между которыми может существовать индуктивная связь из-за рассеянного магнитного поля и электрическая /гальваническая/ связь из-за использования общей сети питания. При рассмотрении поведения взаимодействующих соленоидов необходимо обратить внимание на то, что вследствие упомянутых связей полная энергия в системе больше алгебраической суммы энергий отдельных частей. В случае разделения соленоида на несколько секций особенно важным становится индуктивное взаимодействие между отдельными секциями.

В проведенных нами расчетах предполагалось, что, во-первых, соленоид питается от источников тока, имеющих большие внутренние сопротивления, во-вторых, скорость распространения нормальной фазы при переходе в одной секции бесконечна, и, следовательно, изменение сопротивления секции описывается ступенчатой функцией от времени, в-третьих, переход в нормальное состояние одной из секций из-за тепловых причин не передается на другие. С такими предположениями сравнительно легко получить решения системы связанных дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитное поведение многосекционного соленоида. На рис. 1 приведены зависимости токов от времени в предположении следующих условий: начальный ток в первой секции, в которой предполагается переход, 100 А, в другой - 150 А; самоиндуктивности  $L_1 = 5 \text{ Гн}$ ,  $L_2 = 1 \text{ Гн}$ ; взаимная индуктивность  $M = 1,5 \text{ Гн}$ , при переходе сопротивление секции изменяется от  $10^{-3} \text{ Ом}$  до  $10 \text{ Ом}$ ; параллельно перешедшей секции подключен наружный омический шунт с сопротивлением  $0,01 \text{ Ом}$ , а другой секции - разные шунты.

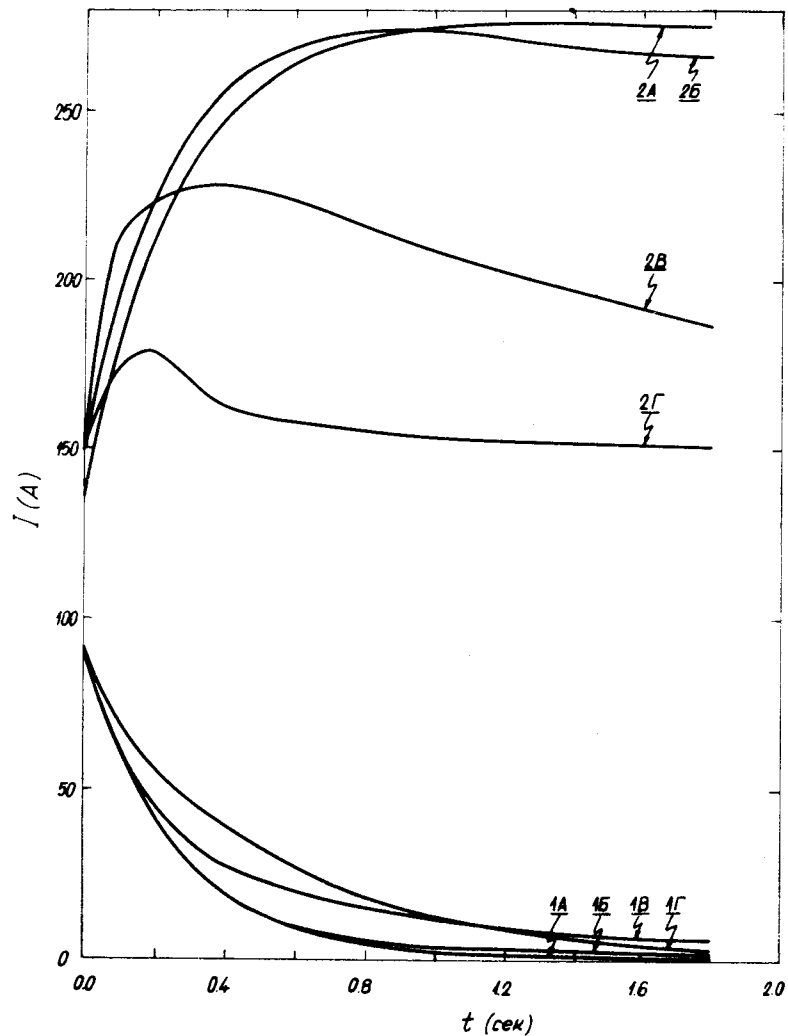


Рис. 1. Временные зависимости токов в перешедшей /1/ и неперешедшей /2/ секциях при значениях наружных шунтов:  $R_{ш2} = 0,01 \text{ Ом}$  /А/;  $0,1 \text{ Ом}$  /Б/;  $10 \text{ Ом}$  /Г/; во всех случаях  $R_{ш1} = 0,01 \text{ Ом}$ .

Из этих результатов следует, что при переходе одной секции желательно, чтобы ее наружный шунт имел сравнительно маленькое сопротивление, а у неперешедшей секции - большое. При такой конфигурации ток в неперешедшей секции не поднимается сильно и поэтому, если он не был очень близко к критическому, можно избежать перехода секции. С другой стороны, ток в перешедшей секции достаточно быстро убывает. Особенно интересный случай получается, если соленоид, разделенный на несколько секций, питается от одного источника. При вышеуказанных условиях /тепловая связь между секциями не очень велика/ можно вывести из соленоида только часть магнитной энергии, используя неперешедшую секцию и гася энергию обеих с помощью наружных шунтов.

Требуемые условия для наружных шунтов можно осуществить с помощью системы, изображенной на рис. 2, учитывая, что напряжение на секции, которая перешла, всегда положительно, а на другой секции отрицательно,

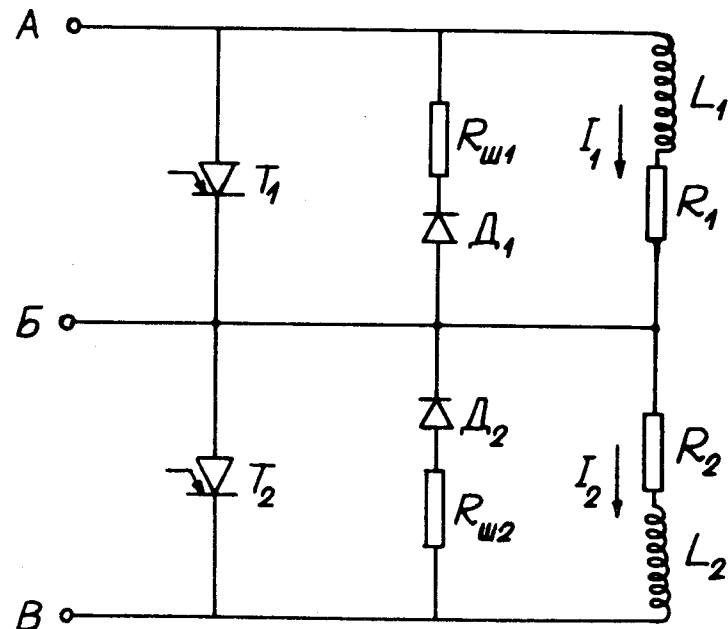


Рис. 2. Схема защиты.

пока ток в ней больше равновесного. При переходе секция шунтируется открытым тиристором и одновременно, переброшенная в другую секцию часть магнитной энергии гасится через диод, с подключенным последовательно сопротивлением. Если при нормальном режиме работы не требуется очень большой скорости ввода и вывода тока, порог отпирания тиристоров можно настроить выбором сопротивлений в управляющей цепи.

Построенная нами система защиты многосекционного сверхпроводящего соленоида оказалась надежной, что особенно важно при его проверке и наладке.

*Рукопись поступила в издательский отдел  
10 июня 1975 года.*