

ПТЭ, 1969, №3, с. 156-159

0-572

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3838



Б. Д. Омельченко

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ
БОЛЬШИХ ПОСТОЯННЫХ ТОКОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1968

13 - 3838

Б.Д.Омельченко

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ
БОЛЬШИХ ПОСТОЯННЫХ ТОКОВ

7313/3
нр.

В технике физического эксперимента для стабилизации напряженности магнитного поля в зазорах электромагнитов транспортировки заряженных частиц широко используются системы, ведущие стабилизацию "по току". Требование по точности стабилизации тока возбуждения электромагнитов в таких системах составляет $\pm 0,01 + 0,05\%$.

Важнейшей составной частью системы высокоточной стабилизации тока является измерительное устройство (элемент). Именно этим устройством в значительной степени определяются достижимая точность стабилизации тока и выбор усилительных и регулирующих звеньев системы автоматического регулирования.

Измерение стабилизируемого тока по падению напряжения на эталонном сопротивлении является наиболее распространенным способом, нашедшим применение и в разработках последних лет ^{/1/}. Необходимость использования высокочувствительных усилителей сигнала рассогласования в измерительных устройствах с эталонными сопротивлениями (шунтами) добавляет к известному недостатку таких систем (большой расход электроэнергии, необходимость водоохлаждения) еще один отрицательный момент — требование заземления входной цепи, что затрудняет контроль изоляции силовых цепей. Контроль изоляции силовых цепей имеет определенное значение, т.к. наличие токов утечек может существенно (с учетом требования высокой стабильности) изменить величину магнитного поля в зазоре питаемого электромагнита.

В данной статье рассматривается разработанная в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ система стабилизации большого постоянного тока, которая при условии высокой точности обладает значительной простотой,

надежностью и обеспечивает возможность эффективного контроля изоляции силовых цепей, что в известной степени гарантирует высокую стабильность магнитного поля в зазоре питаемого электромагнита.

Известны случаи использования для измерения больших постоянных токов так называемых "дроссельных делителей", описанных в /2,3/. В указанных устройствах, являющихся дифференциальными магнитными усилителями, измерение большого постоянного тока осуществляется компенсационным методом путем сравнения измеряемых ампер-витков с ампер-витками компенсирующими. Измерение большого постоянного тока сводится к высокоточному измерению значительно меньшего по величине компенсирующего тока в момент баланса ампер-витков управления, т.е. при нулевом сигнале на выходе усилителя. Указанное устройство в сочетании с высокостабильным источником компенсирующего (опорного) тока может быть использовано в качестве высокочувствительного измерительного элемента системы автоматического регулирования.

На рис.1 изображена принципиальная схема системы стабильного тока с дифференциальным магнитным усилителем на входе. Система состоит из следующих основных элементов: ГП - генератор постоянного тока (типа П104), ЭМ - питаемый электромагнит, МДТ - магнитный датчик тока, ДТ - токовый делитель, БОТ - блок опорного тока, ВТ - тиратронный выпрямитель возбуждения генератора (типа ВТ-4), БСУ - блок сетевого управления.

Магнитный датчик тока

В качестве датчика тока используется дифференциальный магнитный усилитель, выполненный на стандартных усилителях типа ТУМ-А2-11. Такой усилитель обеспечивает измерение ампер-витков величиной до 200 + + 250 ав. Эта величина определяется по нагреву обмоток управления, через которые пропускается компенсирующий опорный ток. При указанных ампер-витках усилитель работает вне зоны "ложных нулей". Обмотки управления через переключатель уставки тока (ПУТ) запитываются компенсирующим током от блока опорного тока (БОТ), а измеряемый ток про-

текает через шпильку, охваченную тороидами усилителей. Выход МДТ воздействует на блок сеточного управления тиратронным выпрямителем возбуждения в случае отклонения ампер-витков измеряемых от ампер-витков опорных.

Делитель тока

Для расширения диапазона измеряемых и стабилизируемых токов применен токовый делитель. Делитель изготовлен на базе 2-х измерительных шунтов 1500а, 75 мв (см. фото 1). Конструктивно делитель выполнен следующим образом. На каждом шунте с одной стороны отделен с помощью фрезерования вместе с частью медной колодки один ряд марганциновых пластин (всего их 7) и отогнут под углом 90°. Шунты со стороны упомянутого выше реза отторцовываются и соединяются последовательно с помощью пайки серебром. Медная шпилька ($d = 16$ мм), охваченная тороидами усилителей, припаивается к соединительным планкам (отрезанные части медных колодок) отогнутых марганциновых пластин. Шпилька с усилителями оказывается включенной последовательно с одним из семи рядов марганциновых пластин составного шунта. Делитель тока в сочетании с описанным выше МДТ позволяет расширить диапазон стабилизируемого тока до 1500 а.

Блок опорного тока

В качестве блока опорного тока использован транзисторный стабилизатор тока /4/, смонтированный на кожухе потенциометра-датчика типа Р317 (см. фото 2). В схеме стабилизатора источником опорного напряжения служат два стабилитрона типа Д818Е, а в качестве эталонного сопротивления - декады переделанного потенциометра-датчика типа Р317, сопротивление которого уменьшено до 999,9 ома. Для температурной компенсации применены диоды Д7Г (2 шт.), включенные в цепь эталонного сопротивления. Степень термокомпенсации регулируется шунтирующим сопротивлением R_{20} . Конструктивно указанные выше диоды размещены на одном

медном радиаторе с транзисторами T_2 и T_3 . Применение радиатора для маломощных транзисторов T_2 и T_3 (МП13 и МП26Б) позволило значительно (в 4-5 раз) сократить время и величину теплового "выбега" схемы после включения. Описанный блок опорного тока обеспечивает изменение компенсирующего тока в пределах 20 ± 60 ма при стабильности не хуже $\pm 0,005\%$ (контрольные измерения в течение 48 часов). При этом коэффициент стабилизации по напряжению питания составляют величину порядка 3000, а температурный дрейф при нагреве на 20°C - не более 0,01%.

Блок сеточного управления

Применение в качестве измерительного элемента магнитных усилителей с положительной обратной связью обеспечивает высокую чувствительность, но вызывает определенные трудности в связи с их большой постоянной времени. Для обеспечения устойчивой работы системы стабилизации в рассматриваемом случае использована 2-контурная схема регулирования (см. рис.2) ^{/5/}. При такой схеме осуществляется быстрое регулирование по напряжению генератора питания и медленное по току электромагнита. Система устойчива, если инерционность контура стабилизации по току значительно превышает инерционность контура стабилизации по напряжению. Это положение достигается в описываемой системе путем закорачивания обмоток (2) усилителей МДТ (см. рис.1).

В качестве измерительного элемента контура регулирования по напряжению использована схема сравнения на транзисторе T_1 . Падение напряжения на нагрузочном сопротивлении транзистора T_1 является управляющим сигналом для тириatronного выпрямителя возбуждения. Величина напряжения генератора питания определяется положением движков потенциометров R_7 (грубо) и R_8 (точно). Контур регулирования по напряжению учитывает воздействие МДТ путем включения выхода последнего в цепь базы транзистора T_1 . В качестве корректирующего звена использована емкость C_5 , подключаемая параллельно нагрузочному сопротивлению R_5 . Схема может работать в циклическом режиме, получая управляющий сигнал от реле сеточного управления (PCY).

Практические результаты

Система стабильного тока испытывалась неоднократно при работе на различные по параметрам нагрузки: магнит типа СП40 ($R = 0,134$ ома, $L = 1,71$ гн) и линзу типа МЛ15 ($R = 0,4$ ома, $L = 0,126$ гн). Длительные контрольные измерения (от 24 до 48 часов), проводимые после 15 + 20-минутного прогрева схемы, показали, что точность поддержания постоянства тока питания составляет от $\pm 0,01 + 0,02\%$ в диапазоне 1200 + 300 а (верхняя рабочая точка "1500а" превышает номинальный ток генератора питания и достижима только в циклическом режиме) до $\pm 0,05\%$ при токе в 120 а. Повторяемость значений токов при неоднократном включении-отключении лежит в пределах указанной выше точности стабилизации.

Автор пользуется возможностью выразить благодарность В.Д.Казакову, выполнившему большой объем работ по изготовлению опытных образцов измерительных и стабилизирующих устройств.

Л и т е р а т у р а

1. Brentford Electric Ltd "High stability regulated rectifiers" (проспект фирмы).
2. Е.К.Михайлова. Дроссельный делитель для измерения больших постоянных токов и малых сопротивлений. *Электричество*, 1951, №8, стр.69.
3. Е.К.Михайлова. Установка для измерения больших постоянных токов. *Вестник электропромышленности*, 1954, №4, стр.14.
4. С.Д.Додик. Полупроводниковые стабилизаторы напряжения и тока. *Советское радио*, 1963.
5. ВЭИ им. В.И.Ленина. Проект кремниевого стабилизированного выпрямителя на 320-560 квт (серия КВТМС-Т) М, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел

23 апреля 1968 года.

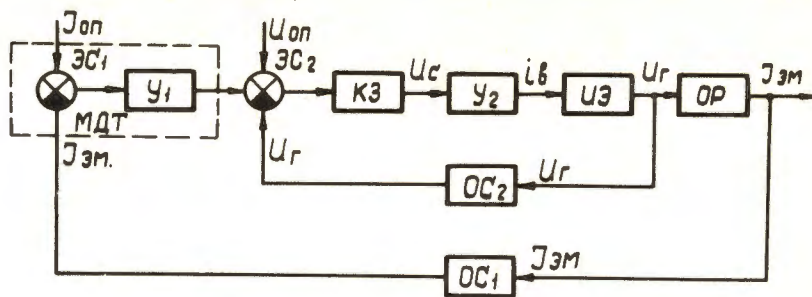


Рис.2

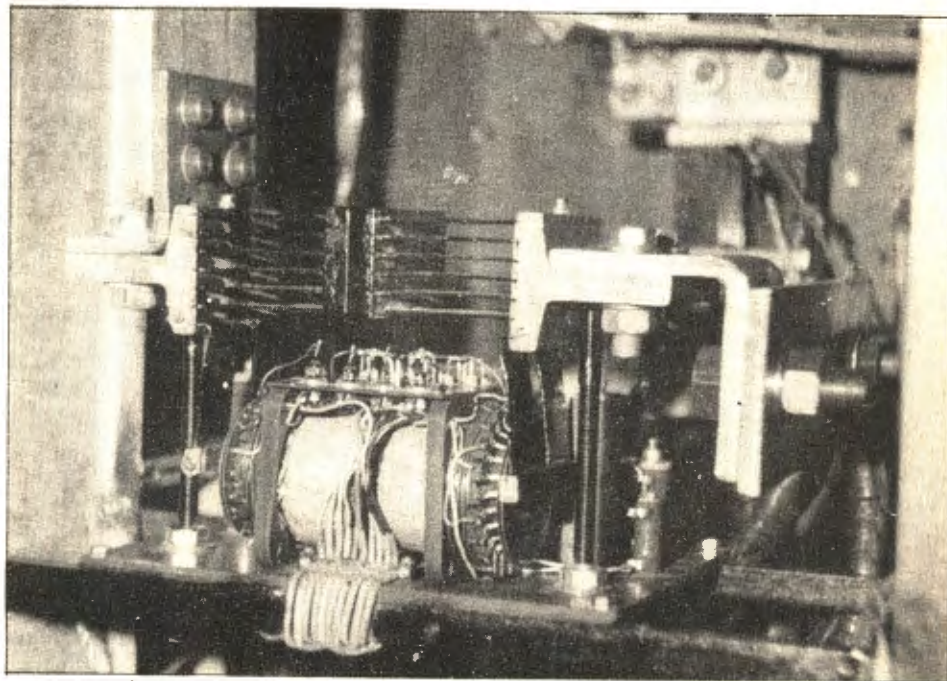


Рис.3

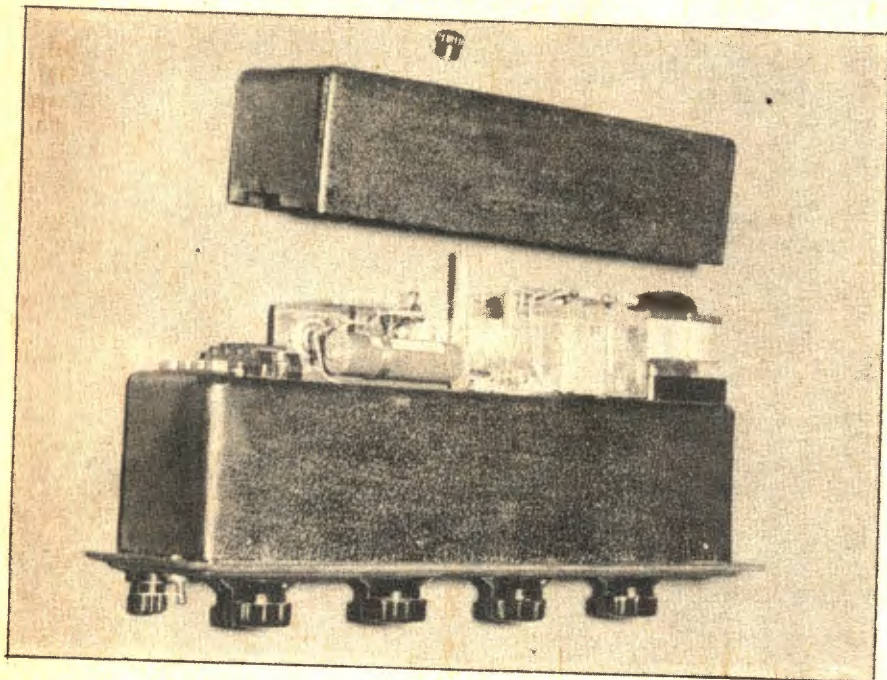


Рис.4.