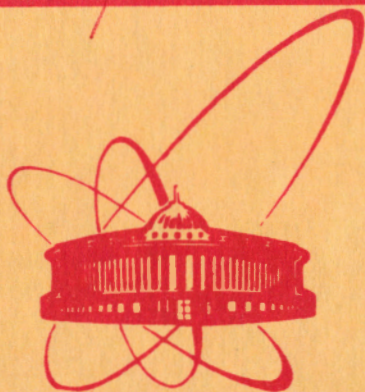


1475/82

23/11-82

+

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**



13-81-806

Л.Н.Ахманова, В.М.Лачинов, В.П.Саванеев,
А.М.Стариков, В.П.Филин

**МАГНИТНЫЙ КОМПАРАТОР
ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Направлено в ПТЭ

1981

В последнее время все более широко применяются бесконтактные измерительные преобразователи постоянного тока в качестве элементов прецизионных систем автоматического регулирования и стабилизации тока /1-5/. Измерительные преобразователи, построенные на основе магнитных компараторов, имеют ряд преимуществ, выгодно отличающих их от других преобразователей, - высокую стабильность, относительно небольшие габариты, сравнительно малую потребляемую мощность, высокую чувствительность и отсутствие гальванической связи с измеряемой цепью.

Однако эти измерительные устройства наряду с достоинствами имеют и недостатки - например, наличие сложной статической характеристики S-образного типа или выходной характеристики с "ложными" нулями /1-5/, что ограничивает их применение в замкнутых системах автоматического регулирования и требует принятия специальных мер, исключающих работу систем в ложных нулях выходной характеристики преобразователя. Практически это заставляет использовать двухконтурные системы стабилизации и пороговые устройства, вводящие систему регулирования в рабочую зону. В результате быстроедействие таких систем оказывается низким, что ограничивает их применение, например, для управления током на вершине импульса по заданной программе.

В настоящей работе представлена конструкция и экспериментальные параметры магнитного компаратора постоянного тока, имеющего пропорциональную выходную характеристику с двусторонним ограничением во всем рабочем диапазоне токов. По своим характеристикам устройство может найти широкое применение в системах авторегулирования в качестве бесконтактного датчика тока /6/.

Принципиальная схема магнитного компаратора приведена на рис. 1. Для определения отклонения от равновесия компаратора используется импульсная магнитная модуляция. На двух магнитных сердечниках, охватывающих шину с измеряемым током, намотаны обмотки возбуждения W_1 , W_2 , последовательно-встречно подсоединенные к источнику однополярных импульсов тока перемагничивания. В качестве такого источника использован звуковой генератор ГЗ-33 /1/ с промежуточным транзисторным каскадом на T_1 , КТ829Г, имеющим высокое усиление базового тока и обеспечивающим режим генератора тока I_B для питания обмоток W_1 и W_2 . Компенсирующие обмотки W_3 и W_4 соединены последовательно-огласно и подключены к источнику эталонного постоянного тока

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БИБЛИОТЕКА

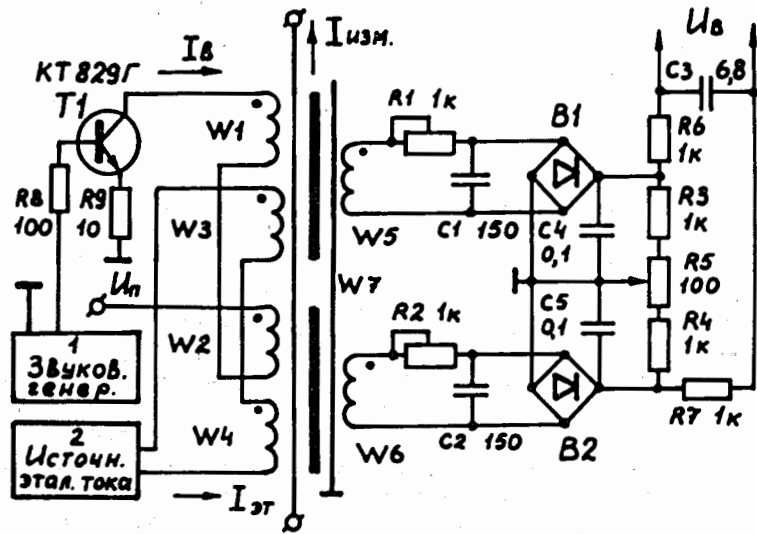


Рис.1. Принципиальная схема магнитного компаратора постоянного тока.

/2/. Выходные обмотки W5 и W6 обоих сердечников включены встречно через интегрирующие цепочки R1, C1 и R2, C2, выпрямительные мосты B1 и B2 на схему сложения выходных сигналов на R3, R4, R5. На выходе компаратора установлен низкочастотный фильтр R6, R7, C3.

При отсутствии измеряемого тока $I_{ИЗМ}$ и эталонного тока $I_{ЭТ}$ источник возбуждения /1/ перемагничивает оба сердечника в противоположных направлениях по частным циклам петли гистерезиса. С помощью R1, R2 и R5 устраняется неидентичность магнитных характеристик обоих сердечников компаратора и выставляется нулевое напряжение на его выходе.

Во всех измерениях использовался один режим намагничивания сердечников модулятора однополярными колоколообразными импульсами тока. Оба сердечника глубоко насыщались, причем число ампер-витков возбуждения выбрано заведомо большим, чем число ампер-витков входной измерительной цепи. Выполнение условия

$$W_{1,2} \cdot I_{ЭТ} > 2(W_{ИЗМ} \cdot I_{ИЗМ}) \quad /1/$$

гарантирует получение выходной характеристики компаратора /рис.2/ с пропорциональной зависимостью в начальной части и двусторонним ограничением в остальном диапазоне входных токов /в конкретном случае до 100÷200 А/.

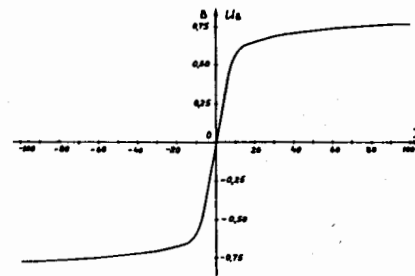


Рис.2. Выходная характеристика магнитного компаратора постоянного тока.

Частота возбуждения f выбрана равной 1 кГц с учетом условия получения повышенного быстродействия и влияния увеличения частоты на степень промагничивания сердечников, на уровень потребляемой мощности, на стабильность выходной характеристики, а также влияния паразитных параметров обмоток.

Наводимая на обмотках W5 и W6 при перемагничивании сердечников э.д.с. пропорциональна числу витков W в обмотках и скорости изменения магнитного потока ϕ в сердечниках во времени:

$$|e| = W \cdot \frac{d\phi}{dt} = WS \frac{dB}{dt}, \quad /2/$$

где B - магнитная индукция в сердечнике, S - площадь поперечного сечения сердечника. На выходах интегрирующих RC-цепей /C1 и C2/ возникает напряжение:

$$U_c = \frac{1}{C} \int \frac{e}{R} dt = \frac{1}{RC} \int WS \cdot \frac{dB}{dt} dt = \frac{W \cdot S}{RC} B_t, \quad /3/$$

которое пропорционально мгновенному значению магнитной индукции B_t в сердечнике. Сигналы с обеих обмоток модулятора после прохождения амплитудных детекторов B1 и B2 сравниваются на сопротивлениях нагрузки R3, R4 и R5, а их разность после прохождения фильтра на R6, R7, C3 используется как выходной сигнал компаратора - $U_В$. При отсутствии $I_{ЭТ}$ и $I_{ИЗМ}$ и равных коэффициентах передачи с помощью R5 выставляется $U_В = 0$. При наличии постоянного подмагничивания обоих сердечников магнитным полем измеряемого тока происходит сдвиг частных циклов перемагничивания обоих сердечников по основной петле гистерезиса. Напряжение с выходной обмотки одного сердечника увеличивается, а с другой - уменьшается, и на выходе магнитного компаратора появляется выходной сигнал. Величина $U_В$ пропорциональна разнице эталонных и измеряемых ампер-витков, а знак указывает направление изменения тока $I_{ИЗМ}$.

Выходная характеристика магнитного компаратора показана на рис.2. Характерной чертой устройств, использующих магнитные элементы, является существенная нелинейность их выходной характеристики, что затрудняет математическое описание связи входных и выходных параметров. Отсутствие аналитического вы-

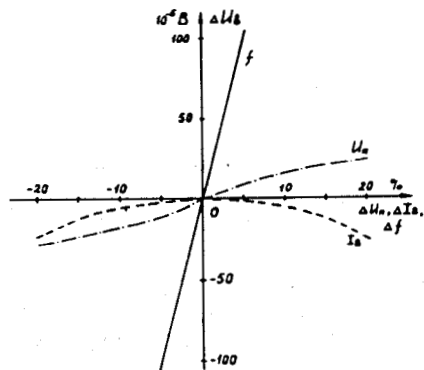


Рис.3. Изменения нулевого уровня выходного напряжения U_B компаратора постоянного тока при колебаниях напряжения питания U_{II} , тока возбуждения I_B и частоты перемagnичивания f .

ражения для выходной характеристики магнитного компаратора затрудняет определение его дополнительных погрешностей, поэтому авторами проведено эксперимен-

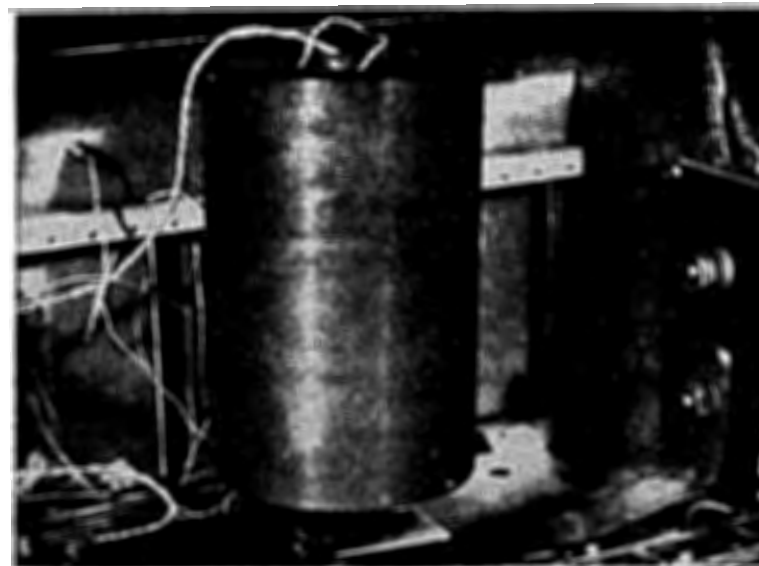
тальное исследование изменения U_B магнитного компаратора при колебаниях внешних параметров - частоты перемagnичивания f , напряжения питания источника тока перемagnичивания U_{II} , тока возбуждения магнитного компаратора I_B . Соответствующие зависимости изменения нулевого уровня ΔU_B приведены на рис.3. Из этого рисунка следует, что вблизи $U_B \approx 0$ имеем:

при $\Delta f/f \approx 0,01$	$\Delta U_B \approx 20 \cdot 10^{-5} \text{ В,}$
при $\Delta I_B/I_B \approx 0,01$	$\Delta U_B \approx 1 \cdot 10^{-5} \text{ В,}$
при $\Delta U_{II}/U_{II} \approx 0,01$	$\Delta U_B \approx 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ В,}$

где $f = 1 \text{ кГц, } I_B = 0,5 \text{ А, } U_{II} = 50 \text{ В.}$

Внешний вид и конструкция магнитного компаратора постоянного тока показаны на рис.4а,б. Компаратор помещен в коаксиальный токоввод, где расположены все элементы, показанные на рис.1. Снаружи токоввод закрыт двухслойным магнитным экраном с коэффициентом экранирования ~ 500 . Магнитные сердечники изготовлены из ленточного пермаллоя 79НМ и помещены в незамкнутый металлический каркас из дюралюминия. Наружный диаметр сердечников - 42 мм, внутренний - 30 мм, высота - 5 мм. Число витков - $W1 = W2 = 1000, W3 = W4 = 1000, W5 = W6 = 500$ /провод ПЭВ-2, $\phi 0,35/$. Для устранения электрической связи между входными и выходными обмотками введена экранирующая обмотка $W7$ из отожженной медной фольги толщиной $\sim 0,05 \text{ мм.}$

Опытный образец магнитного компаратора имеет следующие рабочие характеристики. Рабочий диапазон входных токов $0 \div 200 \text{ А.}$ Выходное напряжение до $\sim 0,8 \text{ В}$ в режиме разбаланса сравнимых ампер-витков. Крутизна преобразования в рабочей области $\sim 60 \text{ мВ/А.}$ Полоса пропускания компаратора определяется в основном выходным фильтром и соответствует 100 Гц. При работе U_{II} и I_B поддерживаются в пределах 0,5%, а f - в пределах 0,1%, что обеспечило максимальную погрешность компаратора $< +5 \cdot 10^{-5} \text{ В}$



а



б

Рис.4. Внешний вид /а/ и конструкция /б/ магнитного компаратора постоянного тока.

за 8 ч работы в диапазоне комнатных температур. Компаратор предполагается использовать в стабилизаторе тока для питания сверхпроводящего соленоида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов Ю.Н., Калиниченко В.В. ОИЯИ, 13-6531, Дубна, 1972.
2. Калиниченко В.В. ОИЯИ, 13-6373, Дубна, 1974.
3. Калиниченко В.В. ОИЯИ, 13-9577, Дубна, 1976.
4. Спектор С.А. Измерение больших постоянных токов. "Энергия", Л., 1978, с.37-52.
5. Разин Г.И., Щелкин А.П. Бесконтактное измерение электрических токов. Атомиздат, М., 1974.
6. Саванеев В.П., Шпади А.Л. Авт. свид. СССР №731431 от 30.04.80 г. Бюлл. ОИПОТЗ, 1980, №16, с.243.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 декабря 1981 года.