

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



10146
486

Д-332

УУУ / 1-77

Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко

ЭБЗ ЧИТ. ЗАЛА

13 - 10146

МАГНИТНЫЕ КОМПАРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

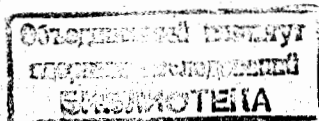
1976

13 - 10146

Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко

**МАГНИТНЫЕ КОМПАРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

Направлено на XV Всесоюзное совещание
по магнитным элементам автоматики
и вычислительной техники, Москва, 1976 г.



Денисов Ю.Н., Калинин В.В.

13-10146

Магнитные компараторы постоянного тока и их применение

Описываются компараторы постоянного тока, предназначенные для использования в измерительных элементах систем стабилизации, автоматического регулирования, измерения и контроля постоянного тока. Приводятся конструктивные данные опытных образцов компараторов, а также их основные электрические характеристики.

Описанные устройства разработаны и изготовлены в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Разработка высокочувствительных и высокостабильных измерительных элементов для систем стабилизации, автоматического регулирования и измерения постоянного тока большой силы является одной из важнейших задач при создании целого ряда физических установок. В таких системах традиционно величина тока контролируется по падению напряжения на эталонном сопротивлении (шунте). Однако при больших токах (сотни и тысячи ампер) применение шунтов сопряжено с определенными трудностями, вызванными значительной мощностью, рассеиваемой в них.

Использование в таких системах метода сравнения постоянных токов по их магнитному эффекту является весьма перспективным. Лабораторные образцы измерительных устройств, реализующих эту методику ^{1, 2/}, обеспечивают высокую точность сравнения, недостижимую другими способами, имеют относительно небольшие габариты, не требуют специальных устройств для охлаждения, так как потери мощности в них практически отсутствуют. Однако устройства этого типа хоть и пригодны для массового применения, но недостаточно освещены в литературе.

Магнитные компараторы постоянного тока реализуют описанную выше методику в измерительных элементах систем стабилизации, автоматического регулирования, измерения и контроля постоянного тока. Ниже рассматриваются компараторы, различающиеся между собой способом выделения сигнала разбаланса.

На рис.1 показана упрощенная схема магнитного компаратора, основными элементами которого являются:

а) магнитный модулятор на двух сердечниках, действующих по принципу удвоения частоты, соединенный соответствующим образом с модуляционным генератором и фазовым детектором;

б) обмотки W_1 и W_2 , общие для обоих сердечников модулятора; через эти обмотки протекают постоянные токи I_1 и $I_{ЭТ}$, подлежащие сравнению.

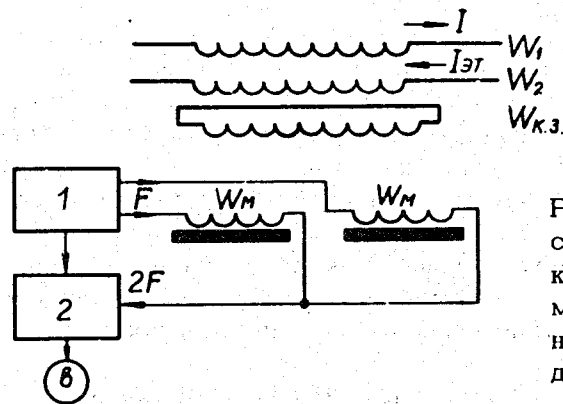


Рис.1. Упрощенная схема магнитного компаратора. 1 - модуляционный генератор, 2 - фазовый детектор.

Направления токов I_1 и $I_{ЭТ}$ выбираются таким образом, чтобы создаваемые ими м.д.с. в сердечниках модулятора были направлены навстречу друг другу. Равенство ампервитков обмоток

$$I_1 W_1 = I_{ЭТ} W_2 \quad (1)$$

регистрируется с помощью магнитного модулятора, отличающегося повышенной точностью и чувствительностью.

Магнитные компараторы с магнитным модулятором в качестве нуля-органа имеют относительно низкую частоту среза амплитудно-частотной характеристики и,

кроме того, обладают нелинейной выходной характеристикой с "ложными нулями" (рис.2). Отмеченные особенности затрудняют применение таких компараторов в качестве датчиков автоматических систем.

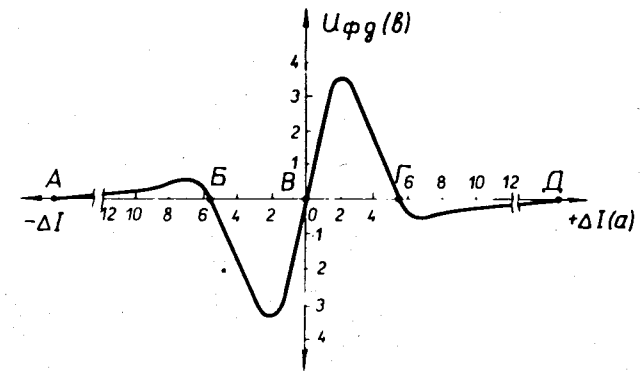


Рис. 2. Выходная характеристика магнитного компаратора.

На рис.3 показана принципиальная схема магнитного компаратора, имеющего другую систему регистрации разбаланса сравниваемых ампервитков, отличающуюся от ранее рассмотренной. Разбаланс сравниваемых ампервитков регистрируется в этом компараторе по изменению тока I_2 во вторичной цепи трансформатора постоянного тока (или по изменению падения напряжения на резисторе R_H , через который протекает этот ток).

Уравнение выходной (амплитудной) характеристики этого компаратора

$$U_{\text{ВЫХ}} = S \Delta I_1 + U_0, \quad (2)$$

где S - крутизна выходной характеристики компаратора, равная $R_H W_1 / W_T$; ΔI_1 - отклонение величины контролируемого тока от его балансного значения, равное $I_{ЭТ} W_K / W_1 - I_1$; U_0 - выходное напряжение компара-

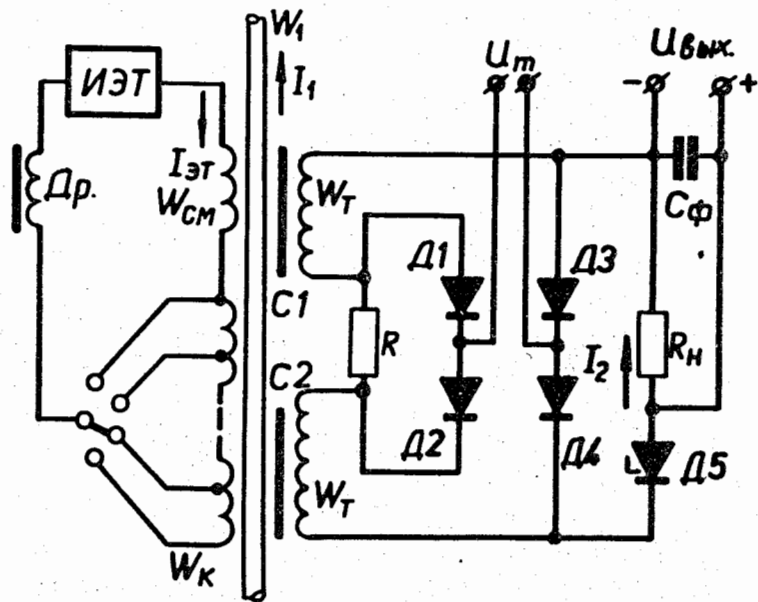


Рис. 3. Принципиальная схема магнитного компаратора. ИЭТ - источник эталонного тока.

тора в режиме баланса сравниваемых ампервитков (т.е. при $\Delta I_1 = 0$), $U_0 = R_N I_{ЭТ} W_{CM} / W_T$.

Компаратор, схема которого показана на рис. 4, отличается от предыдущего (схема рис. 3) наличием вспомогательного трансформатора постоянного тока. Введение вспомогательного ТПТ усложняет устройство, но при этом существенно улучшаются основные показатели компаратора. Вследствие компенсации в значительной мере ослабляется переменная составляющая напряжения на выходе компаратора. Это позволяет уменьшить постоянную времени фильтра и, следовательно, повысить быстродействие компаратора. Ослабляется также действие ряда факторов, вызывающих дрейф нуля. При соответствующем выборе параметров схемы ($R_N I_{ЭТ} W_{CM} / W_T = R'_N I_{ЭТ} W'_{CM} / W'_T$) уравнение выходной характеристики имеет вид:

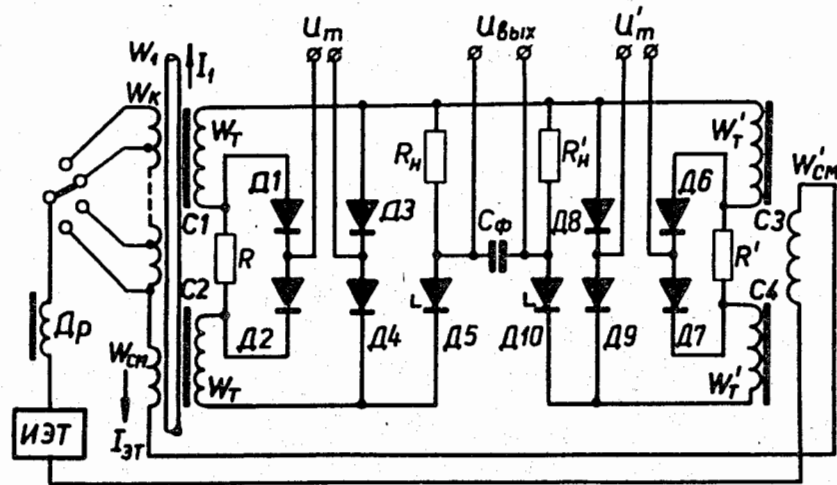


Рис. 4. Принципиальная схема магнитного компаратора постоянного тока с вспомогательным ТПТ.

$$U_{\text{ВЫХ}} = S \Delta I_1 \quad (3)$$

На рис. 5 приведены выходные характеристики компараторов, выполненных по схемам рис. 3 и рис. 4, (прямые А и Б, соответственно). В качестве рабочих участков характеристик могут быть использованы только ветви 1.

Условие баланса (1) для обсуждаемых компараторов обеспечивается изменением количества подключенных витков обмотки $W_2 (W_K)$ при постоянном значении тока $I_{ЭТ}$ ^{3,4}. Для получения требуемой дискретности и диапазона сравнения обмотку $W_2 (W_K)$ целесообразно разбить на несколько секций, каждую из которых питать от отдельного эталонного источника тока. В изготовленных образцах компараторов секции обмотки $W_2 (W_K)$ имеют либо декадное разбиение, либо число витков в подсекциях пропорционально последовательным степеням

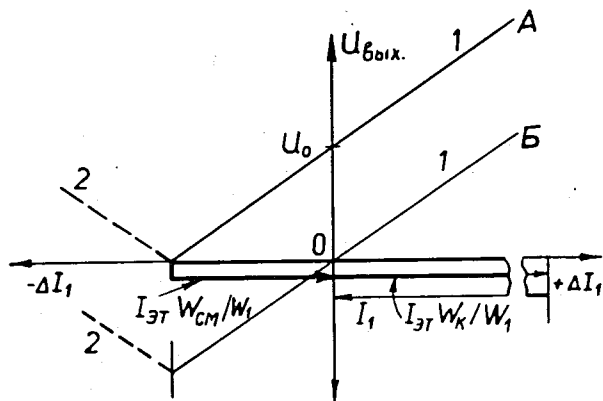


Рис.5.Выходные характеристики компараторов.

числа 2. Компараторы в этих случаях обеспечивают отсчёт величины тока в десятичной или двоичной системе. Второй вариант исполнения вторичной обмотки удобен для работы в сочетании с цифровыми автоматическими устройствами.

Ниже приведены основные конструктивные данные образцов компараторов, изготовленных по описанным схемам (компараторы предназначены для работы в диапазоне $0 \div 1000$ А).

В компараторах использованы тороидальные сердечники из ленточного пермаллоя, имеющие следующие размеры: наружный диаметр - 70 мм, внутренний диаметр - 50 мм, высота - 10 мм. Каждый сердечник заключен в защитный каркас из пластмассы. Обмотки W_M , W_T , W'_T содержат по 450 витков каждая и выполнены проводом ПЭВ-2 ϕ 0,32 мм (распределены равномерно по периметру сердечника). Обмотка $W_{К.Э}$ имеет 3 витка провода ПЭВ-2 ϕ 0,32 мм. Обмотки смещения W_{CM} , W'_{CM} содержат по 10 витков каждая, провод ПЭВ-2 ϕ 0,83; этим же проводом намотаны обмотки $W_2(W_K)$. Первичная обмотка W_1 выполнена в виде одного проходного витка из медной шины круглого сечения.

В качестве источников эталонного тока используются высокостабильные источники тока 1 А и 1 мА, описанные в работе /5/.

Испытания изготовленных образцов компараторов показали, что дрейф нуля за 8 часов работы не превышает ± 1 мА·виток для схем, показанных на рис.1, 4, и ± 3 мА·виток для схемы на рис.3 (за то же время).

На рис.6 показаны блок-схемы стабилизаторов тока, в которых применены обсуждаемые компараторы.

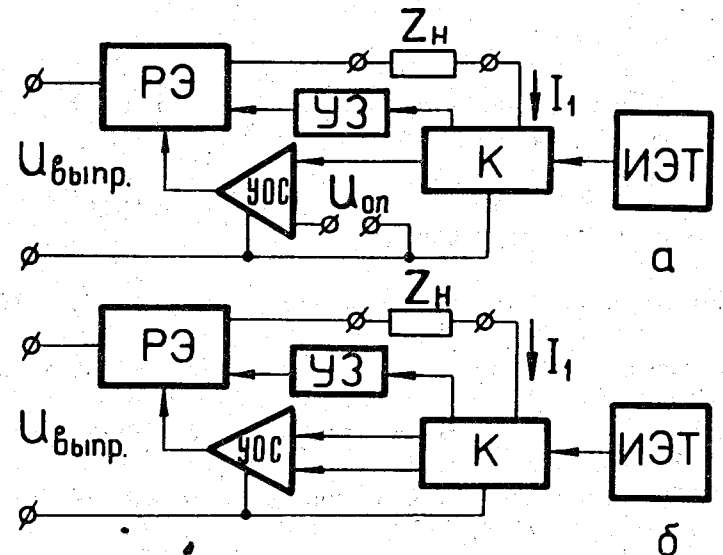


Рис. 6. Блок-схемы стабилизаторов тока. К - магнитный компаратор, УОС - усилитель обратной связи, РЭ - регулирующий элемент, УЗ - устройство защиты, $U_{оп}$ - опорное напряжение.

В стабилизаторе, блок-схема которого показана на рис.6а, используется компаратор, выполненный по схеме рис.3. Величина опорного напряжения выбирается из условия $U_{оп} = U_0$. В стабилизаторе, блок-схема которого представлена на рис.6б, используются компараторы, выполненные по схемам рис.1,4.

Устройство защиты (УЗ) выполняет ряд стандартных функций и, кроме того, обеспечивает ввод стабилизаторов в нормальный режим после случайного "заброса" стабилизируемого тока в нерабочую зону компаратора.

Схемы стабилизаторов тока с магнитными компараторами в качестве датчиков тока, а также схемы узлов таких стабилизаторов обсуждаются в работах /6-11/. В работах /12,13/ обсуждается применение магнитных компараторов для измерения величины и нестабильности постоянного тока.

Литература

1. N.L.Kusters, W.J.M.Moore, P.N.Miljanic. IEEE Trans. on Communications on Electronics, 82, 22-27 (1964).
2. M.P.MacMartin, N.L.Kusters. IEEE Trans. on Magnetics, MAG-1, 336-402 (1965).
3. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-5960, Дубна, 1971.
4. В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-8373, Дубна, 1974.
5. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-7488, Дубна, 1973.
6. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-6531, Дубна, 1972.
7. Л.К.Богомолова, Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, В.А.Пережогин. Препринт ОИЯИ, Р9-7339, Дубна, 1973.
8. В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-8157, Дубна, 1974.
9. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, А.Г.Комиссаров. Сообщение ОИЯИ, 13-8420, Дубна, 1974.
10. И.Б.Енчевич, А.Б.Йорданов, В.В.Калиниченко, А.П.Минкова. Сообщение ОИЯИ, 13-9414, Дубна, 1975.
11. В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-9577, Дубна, 1976.
12. В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-8573, Дубна, 1973.
13. В.В.Калиниченко. Сообщение ОИЯИ, 13-10096, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 октября 1976 года.