

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



Ц76  
К-172

31/III-75  
13-8373

845/2-75  
В.В.Калиниченко

РАЗНОВИДНОСТИ МАГНИТНЫХ КОМПАРАТОРОВ  
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ  
СТАБИЛИЗАЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

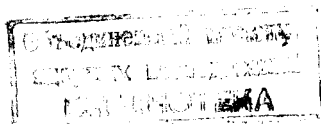
**1974**

**ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ**

13-8373

В.В.Калиниченко

РАЗНОВИДНОСТИ МАГНИТНЫХ КОМПАРАТОРОВ  
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ  
СТАБИЛИЗАЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА



Магнитные компараторы постоянного тока, разработанные в Лаборатории ядерных проблем /1/, используются в прецизионных стабилизаторах постоянного тока /2,3/ в качестве чувствительных элементов.

Нуль-органом в этих компараторах служит магнитный модулятор с удвоением частоты, позволяющий с очень высокой точностью регистрировать разбаланс сравниваемых ампервитков.

Недостатком магнитных компараторов этого типа является низкая частота среза амплитудно-частотной характеристики, обусловленная главным образом наличием фильтра на выходе фазового детектора. Этот фильтр устанавливается для подавления интенсивных переменных составляющих выходного напряжения.

На рис. 1 показана принципиальная схема магнитного компаратора, имеющего другую систему регистрации разбаланса сравниваемых ампервитков, отличающуюся от используемой в ранее разработанных устройствах. Разбаланс сравниваемых ампервитков регистрируется в предлагаемом компараторе по изменению тока  $I_2$  во вторичной цепи трансформатора постоянного тока /или по изменению падения напряжения на резисторе  $R_H$ , через который этот ток протекает/. Применяемая здесь схема трансформатора постоянного тока /ТПТ/ обсуждалась в работах /4,5/.

Можно показать, что для схемы рис. 1 справедливо соотношение:

$$I_2 = [ I_{ЭТ} (n_k + n_{CM}) - I_1 n_1 ] / n_T .$$

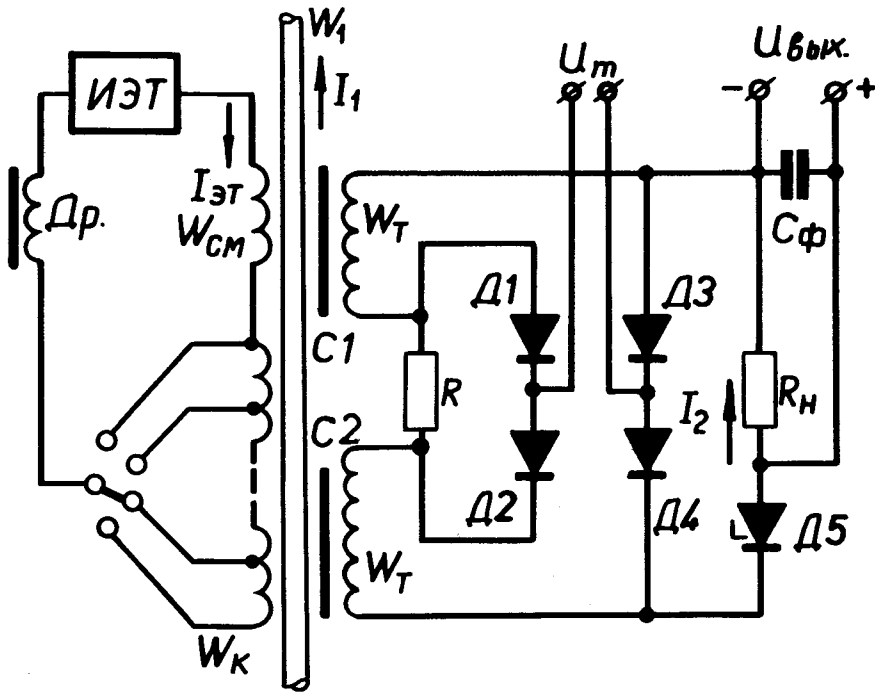


Рис. 1. Принципиальная схема магнитного компаратора постоянного тока. ИЭТ - источник эталонного тока; Д1-Д4 - диоды типа Д7Ж; Д5 - стабилитрон КС-133А. R - резистор проволочный, 100 Ом, R<sub>н</sub> - резистор манганиновый, 110 Ом.

Здесь  $I_1$  - контролируемый ток;  $n_1$  - количество витков первичной обмотки компаратора, по которым протекает контролируемый ток;  $n_k$  - количество витков вторичной обмотки ( $W_k$ ) компаратора, подключенных к источнику эталонного тока;  $n_{CM}$  - количество включенных витков обмотки смещения ( $W_{CM}$ ),  $n_T$  - количество витков обмотки  $W_T$ . Из этого соотношения легко получить уравнение для выходной /амплитудной/ характеристики компаратора:

$$U_{\text{Вых}} = S \Delta I_1 + U_0,$$

где  $S$  - крутизна выходной характеристики компаратора,  $S = R_n n_1 / n_T$ ;  $\Delta I_1$  - отклонение величины контролируемого тока от его балансного значения,  $\Delta I_1 = I_{ЭТ} n_k / n_1 - I_1$ ;  $U_0$  - выходное напряжение компаратора в режиме баланса сравниваемых ампервитков /т.е. при  $\Delta I_1 = 0$  /,  $U_0 \approx R_n I_{ЭТ} n_{CM} / n_T$ .

Выходная характеристика компаратора приведена на рис. 2.

Ветвь 2 в силу особенностей используемой схемы ТПТ<sup>4,5/</sup> должна быть исключена из рабочей зоны компаратора. Рабочая точка задается на ветви 1 с помощью дополнительной обмотки  $W_{CM}$ , через которую пропускается ток  $I_{ЭТ}$ .

Трансформатор постоянного тока обладает достаточно широкой полосой пропускания<sup>5/</sup> при отсутствии фильтра на выходе. Но наличие значительной переменной составляющей на его нагрузке /величина переменной составляющей на нагрузке  $R_n$  практически не зависит от значения контролируемого тока и для изготовленного макета компаратора составляет примерно 0,5 В от пика до пика/ приводит к перегрузке усилительных элементов контура авторегулирования. Применение фильтра /например, включение конденсатора  $C_\phi$  / для подавления указанной составляющей до приемлемого уровня вызывает существенное сужение полосы пропускания компаратора.

Важнейшим параметром компаратора является дрейф нуля, который для обсуждаемого варианта проявляется в изменении уровня  $U_0$  /рис. 2/. Относительная величина дрейфа  $U_0$ , измеренная в лабораторных условиях на макете компаратора, составляет  $\pm 0,03\%$  за 8 час. Это соответствует дрейфу нуля компаратора в пределах  $\pm 3 \text{ мА} \times \text{виток}$ .

Компаратор, схема которого показана на рис. 3, отличается от предыдущего /схема рис. 1/ 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 по-

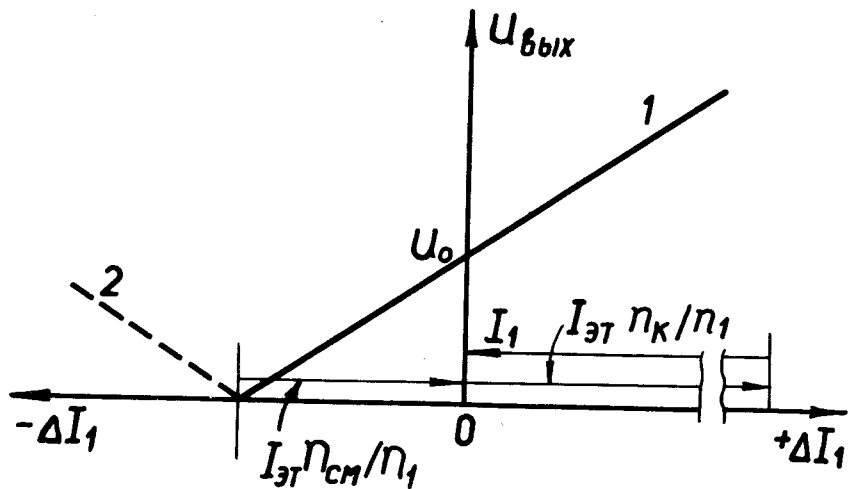


Рис. 2. Выходная характеристика компаратора.

стоянную времени фильтра и, следовательно, повысить быстродействие компаратора. Ослабляется также действие ряда факторов, вызывающих дрейф нуля.

Можно показать, что

$$U_{\text{вых}} = S \Delta I_1 + R_H I_{\text{ЭТ}} n_{\text{СМ}} / n_T - R'_H I_{\text{ЭТ}} n'_{\text{СМ}} / n'_T .$$

При соответствующем выборе параметров схемы можно выполнить условие  $R_H I_{\text{ЭТ}} n_{\text{СМ}} / n_T = R'_H I_{\text{ЭТ}} n'_{\text{СМ}} / n'_T$ , тогда

$$U_{\text{вых}} = S \Delta I_1 .$$

Здесь:  $n'_{\text{СМ}}$  и  $n'_T$  - количество включенных витков обмоток  $W'_{\text{СМ}}$  и  $W'_T$  вспомогательного ТПТ; остальные обозначения объяснены выше.

Выходная характеристика компаратора показана на рис. 4. В качестве рабочей, как и в предыдущей схеме, может быть использована только ветвь 1.

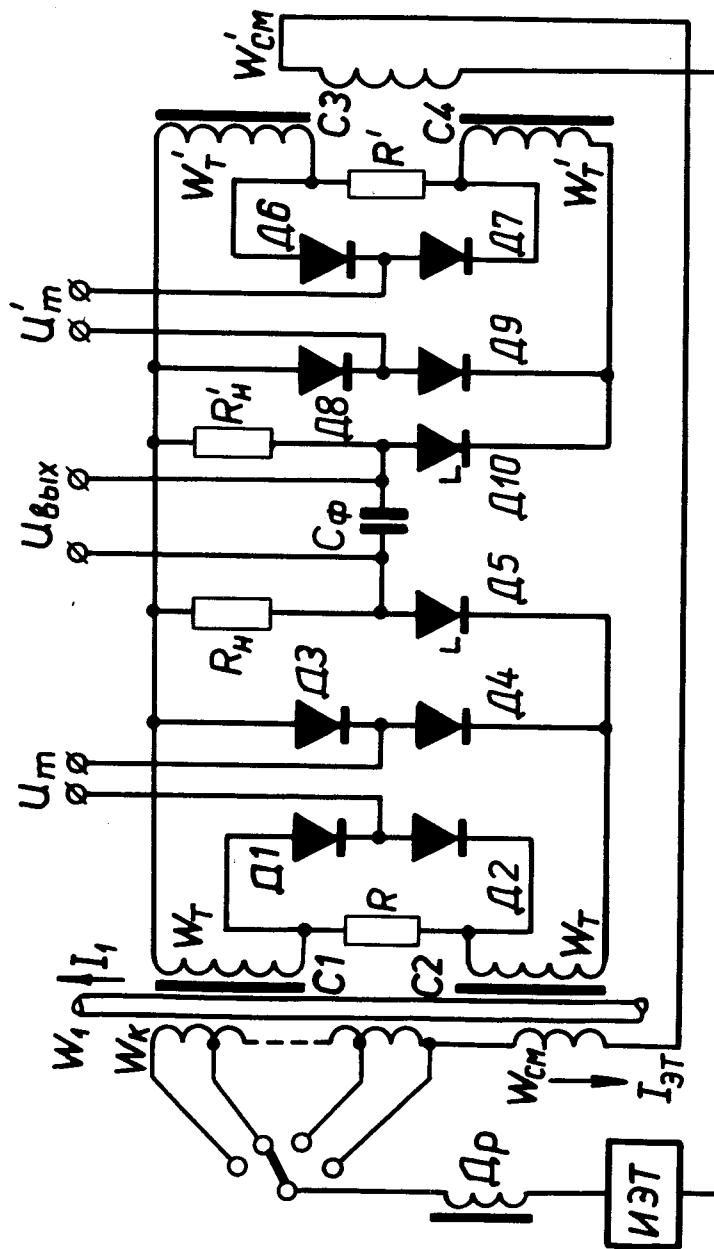


Рис. 3. Принципиальная схема магнитного компаратора постоянного тока с вспомогательными ТПТ. Д1-Д4; Д6-Д9-Д10Ж,  $R = R' = 100 \text{ Ом}$ ;  $R_H = R'_H = 110 \text{ Ом}$ .

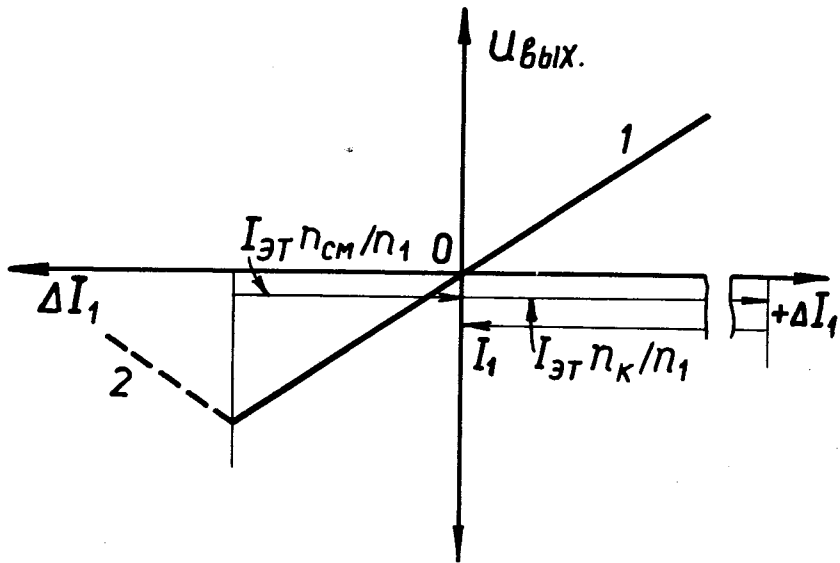


Рис. 4. Выходная характеристика компаратора с вспомогательным ТПТ.

Временные испытания макета компаратора показали, что дрейф нуля не превышает  $\pm 1 \text{ мА} \times \text{виток}$  за 8 час. Величина переменной составляющей выходного напряжения примерно равна  $50 \text{ мВ}$  /от пика до пика при отсутствии фильтра/.

В процессе измерения дрейфа нуля описанных компараторов величина эталонного тока и амплитуда напряжения питания ТПТ поддерживались постоянными с точностью  $\pm 0,002\%$  и  $\pm 0,1\%$  соответственно.

Ниже приведены основные конструктивные данные макетов компараторов, предназначенных для работы в диапазоне  $0 \div 1000 \text{ А}$ . Оба макета /схемы рис. 1 и рис. 3/ выполнены на одинаковых сердечниках.

В компараторах использованы тороидальные ленточные сердечники из пермаллоя, имеющие следующие размеры: наружный диаметр  $D_{\text{н}} = 70 \text{ мм}$ ; внутренний диаметр  $D_{\text{вн}} = 50 \text{ мм}$ ; высота  $b = 10 \text{ мм}$ . Каждый сердечник

заклучен в защитный каркас из пластмассы. Обмотки  $W_{\text{T}}$  ( $W'_{\text{T}}$ ) содержат по 450 витков каждая и выполнены проводом ПЭВ-2  $\varnothing 0,32 \text{ мм}$  /распределены равномерно по длине сердечников/. Обмотка  $W_{\text{к}}$  содержит 999 витков провода ПЭВ-2  $0,83 \text{ мм}$  и имеет отводы, разбивающие ее на подсекции с декадным отношением витков. Обмотка  $W_{\text{см}}$  ( $W'_{\text{см}}$ ) имеет 10 витков провода ПЭВ-2  $\varnothing 0,83$ . Первичная обмотка  $W_1$  выполнена в виде одного проходного витка из медной шины круглого сечения.

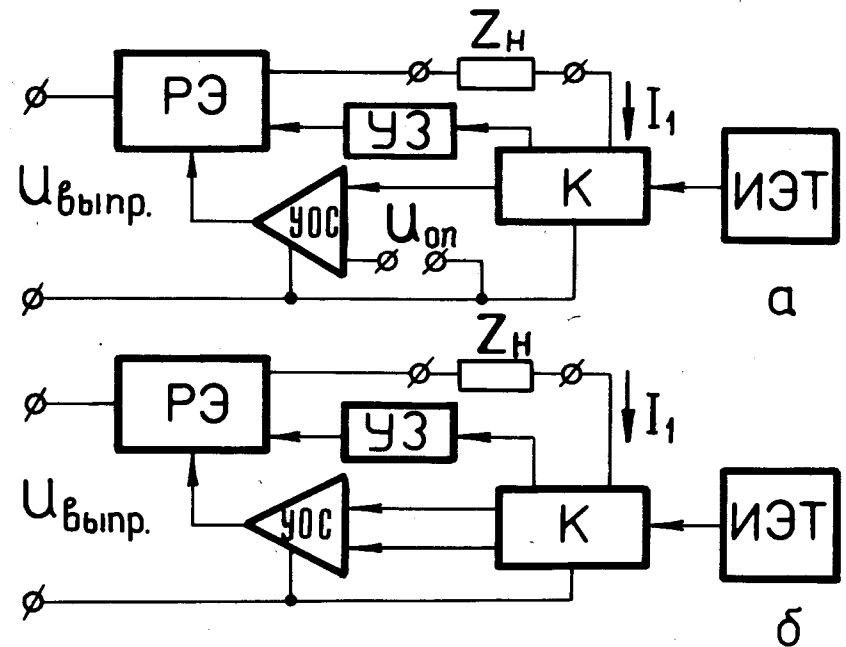


Рис. 5. Блок-схемы стабилизаторов постоянного тока с магнитными компараторами в качестве чувствительных элементов. К - магнитный компаратор, ИЭТ - источник эталонного тока, УОС - усилитель обратной связи, РЭ - регулирующий элемент, УЗ - устройство защиты,  $U_{\text{оп}}$  - опорное напряжение,  $Z_{\text{н}}$  - нагрузка стабилизатора.

В качестве источника эталонного тока используется источник, описанный в работе<sup>/6/</sup>. Величина эталонного тока - 1 А.

Амплитуда напряжения питания ТПТ  $U_{\text{п}} = U'_{\text{п}} = 40 \text{ В}$ , частота - 850 Гц.

Разработанные компараторы предназначены для использования в качестве чувствительных элементов систем стабилизации постоянного тока.

В стабилизаторе, блок-схема которого показана на рис. 5а, используется компаратор, выполненный по схеме рис. 1. Величина опорного напряжения выбирается из условия:  $U_{\text{оп}} = U_0$ .

В стабилизаторе по блок-схеме рис. 5б используется компаратор с вспомогательным ТПТ /схема рис. 3/.

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

Автор выражает благодарность В.Н.Барашкову и А.С.Говядинкину за большую помощь в изготовлении описанных компараторов.

#### Литература

1. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. Сообщения ОИЯИ, 13-5960, Дубна, 1971.
2. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. Сообщения ОИЯИ, 13-6531, Дубна, 1972.
3. Л.К.Богомолова, Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, В.А.Пережогин. Препринт ОИЯИ, Р9-7339, 62, Дубна, 1973.
4. C.Adamson, N.G.Hingorani. Proceedings IEE, 110, 739-750 (1963).
5. M.G.J.Fry. IEEE Trans. on Nucl. Science, 18, 865-868 (1971).
6. Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко. Сообщения ОИЯИ, 13-7488, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 ноября 1974 года.