

8157

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



8157

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

13-8157

В.В.Калиниченко

МАГНИТНЫЙ КОМПАРАТОР С БЕСКОНТАКТНОЙ
КОММУТАЦИЕЙ ОБМОТОК

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

13-8157

В. В. Калиниченко

**МАГНИТНЫЙ КОМПАРАТОР С БЕСКОНТАКТНОЙ
КОММУТАЦИЕЙ ОБМОТОК**

Магнитные компараторы, применяемые в источниках питания обмоток электромагнита ускорителя У-120М, снабжены релейно-транзисторными коммутаторами для коммутации вторичных обмоток /1/. Исполнительными элементами релейно-транзисторного коммутатора являются электромагнитные реле и, следовательно, этому устройству присущи все недостатки механических коммутаторов. Желательно применение бесконтактных коммутационных элементов, так как оно обеспечивает высокую надежность коммутатора даже в режиме повышенных скоростей переключения.

Однако бесконтактные ключевые элементы имеют относительно невысокое сопротивление в разомкнутом состоянии и относительно большое сопротивление в замкнутом /по сравнению с контактными ключами/. Указанные недостатки бесконтактных ключей при использовании их в компараторах могут привести к ухудшению таких параметров компаратора, как точность и стабильность.

Схема коммутации вторичных обмоток компаратора показана на *рис. 1*. Здесь $K'_1, K''_1, \dots, K'_n, K''_n$ - ключи, $I'_{y1}, I''_{y1}, \dots, I'_{yn}, I''_{yn}$ - токи утечки соответствующих ключей в разомкнутом состоянии.

Для схемы *рис. 1* условие равенства ампервитков первичной и вторичной обмоток компаратора с учетом токов утечки ключей имеет вид:

$$W_1 I = \sum W_i (I_{ЭГ} - I'_{yi}) + \sum W_j I_{yj}$$

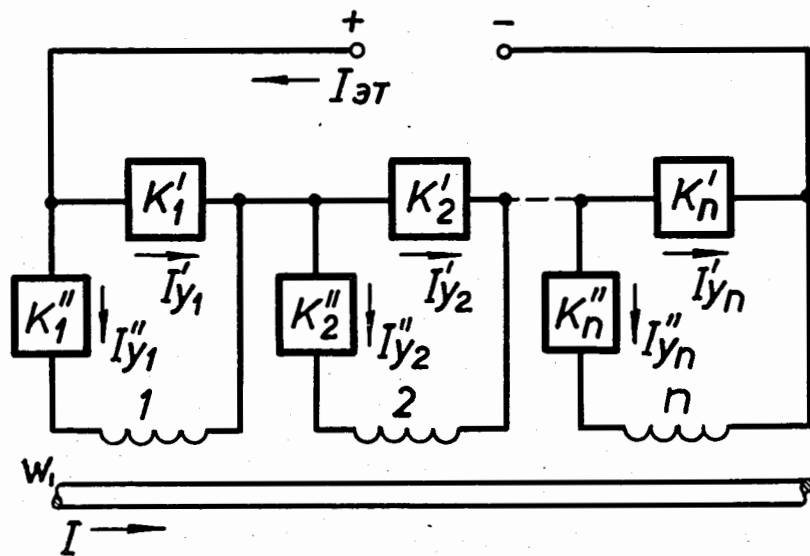


Рис. 1. Схема коммутаций вторичных обмоток компаратора. $I_{Эт}$ - эталонный ток, I - измеряемый ток, $1, 2, \dots, n$ - вторичные обмотки компаратора.

Здесь: $W_1 I$ - ампервитки первичной обмотки, $\sum W_i (I_{Эт} - I_{y_i})$ - сумма ампервитков подключенных секций вторичной обмотки, $\sum W_j I_{y_j}''$ - вклад отключенных обмоток.

Относительная погрешность сравнения, обусловленная токами утечки ключей, равна

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\sum W_j I_{y_j}'' - \sum W_i I_{y_i}'}{W_1 \sum W_i I_{Эт}}$$

Выражение упрощается, если принять $I_{y_j}'' = I_{y_i}' = I_{усп}$, где $I_{усп}$ - среднее значение тока утечки применяемых ключей.

Тогда:

$$\frac{\Delta I}{I} \approx \frac{I_{усп}}{I_{Эт}} \cdot \frac{\sum W_j - \sum W_i}{W_1 \sum W_i}$$

В компараторах, применяемых в комплексе источников У-120М, первичная обмотка имеет один виток $W_1 = 1 \text{ вит.}$. Вторичная обмотка состоит из двух секций /1 и 2/, каждая из которых содержит по 10 изолированных подсекций. Общее число витков в каждой секции $\sum W = 2^{10} - 1 = 1023$. Через витки секции 1 протекает ток $I_{Эт1} = 1,024 \text{ А}$, а через витки секции 2 - $I_{Эт2} = 1 \text{ мА}$ от высокостабильных источников тока. Можно показать, что для компараторов с указанными параметрами обмоток допустимо не учитывать погрешность, обусловленную токами утечки ключей секции 2, если значение контролируемого тока больше 10 А / $I > 10 \text{ А}$.

В настоящее время в качестве бесконтактных ключей в автоматике широко применяются транзисторные ключи /2/. Для макета коммутатора были выбраны транзисторы КТ803А. Измерения начального тока ($I_{кн}$) партии транзисторов этого типа /100 шт/ показали, что 40% транзисторов имеют начальный ток менее 1 мкА, 20% транзисторов - от 1 до 10 мкА и остальные 40% - свыше 10 мкА. Режим измерения был выбран близким к рабочему режиму транзисторов в коммутаторе: $U_k = 6 \text{ В}$, $R_б = 100 \text{ Ом}$, температура корпуса /20 ÷ 50/ °С. В макете коммутатора использованы транзисторы с $I_{кн} \leq 1 \text{ мкА}$.

Упрощенная принципиальная схема коммутатора показана на рис. 2.

Транзисторно-трансформаторные элементы /ТТЭ/ предназначены для преобразования команд управляющего устройства в отпирающие напряжения, которые поступают на базы соответствующих транзисторных ключей.

Принципиальная схема ТТЭ показана на рис. 3. При нулевом потенциале на базе Т1 заперт и на выходе ТТЭ напряжение равно нулю. При подаче на базу отрицательного уровня Т1 открываются и на выходе ТТЭ появляется напряжение, открывающее соответствующий транзисторный ключ.

Для автоматизированной системы управления компаратором необходимо иметь надежную систему контроля исполнения команд. Датчики тока /ДТ1 ÷ ДТn/, включенные последовательно с вторичными обмотками, обеспечивают возможность контроля за правильностью вы-

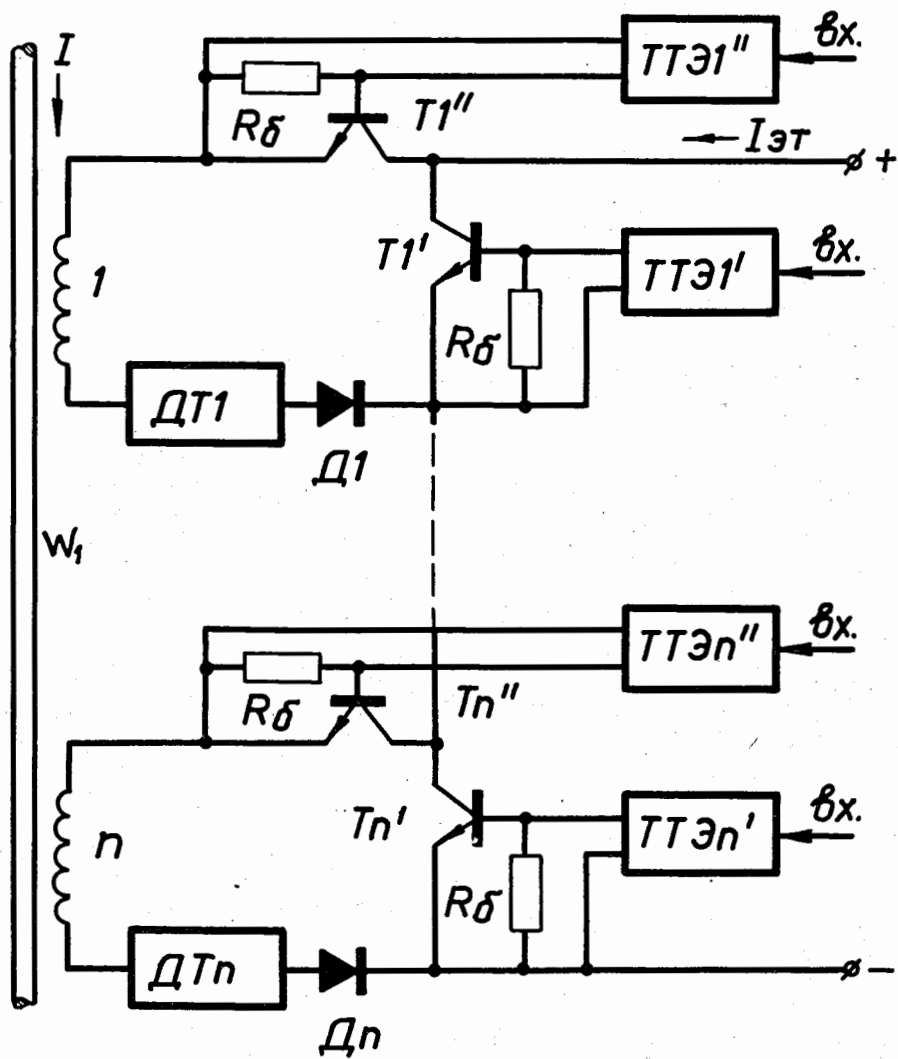


Рис. 2. Принципиальная схема транзисторного коммутатора. ДТ1 ÷ ДТn - вентили КД 202, Rδ - 100 Ом, Т1', Т1'', ... Тn', Тn'' - транзисторы КТ 803А.

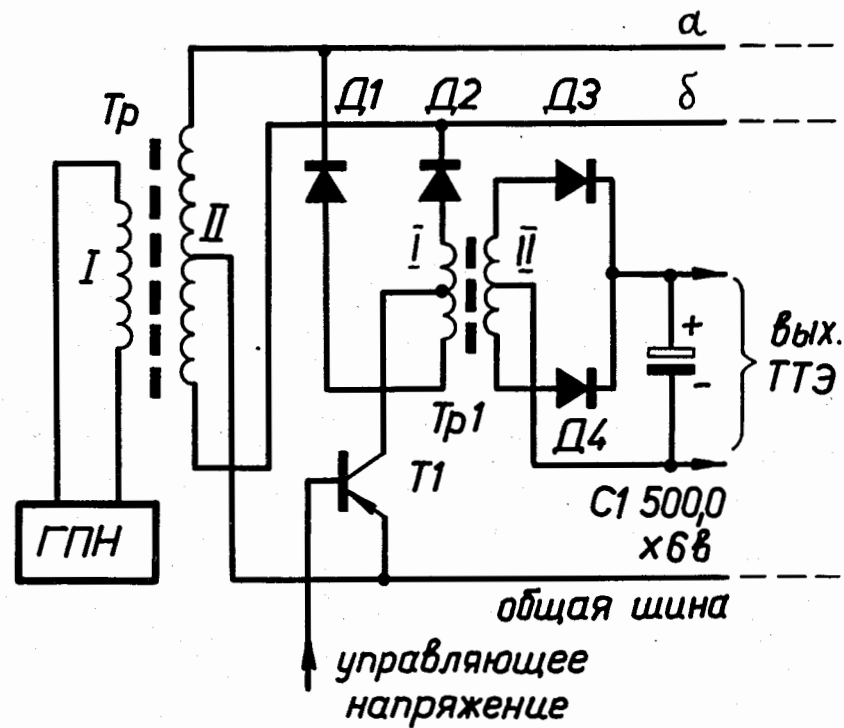


Рис. 3. Принципиальная схема транзисторно-трансформаторного элемента. ГПН-генератор прямоугольного напряжения, $f = 1 \div 2$ кГц, $P \approx 5$ Вт; трансформатор Tr1 - а/ магнитопровод: ферритовое кольцо М3000, $20 \times 12 \times 6$ мм; б/ обмотки: I-2x300 витков, ПЭВ-2 ϕ 0,15 мм, II-2x130 витков, ПЭВ-2 ϕ 0,25; Д1-Д4 - диоды Д9К; Т1 - транзистор П16; амплитуда напряжения на шинах "а" и "б" примерно 10 В по отношению к общей шине.

полнения команд. В качестве датчиков используются дроссели насыщения /ДН/. Упрощенная схема включения таких датчиков показана на рис. 4. При отсутствии тока $I_{эт}$ через управляющую обмотку (W_y), например, дроссели ДН1 /что соответствует отключению вторичной обмотки № 1 компаратора от источника эталонного тока/, напряжение на выходе 1 незначительно, так как индуктивность обмотки W_k велика.

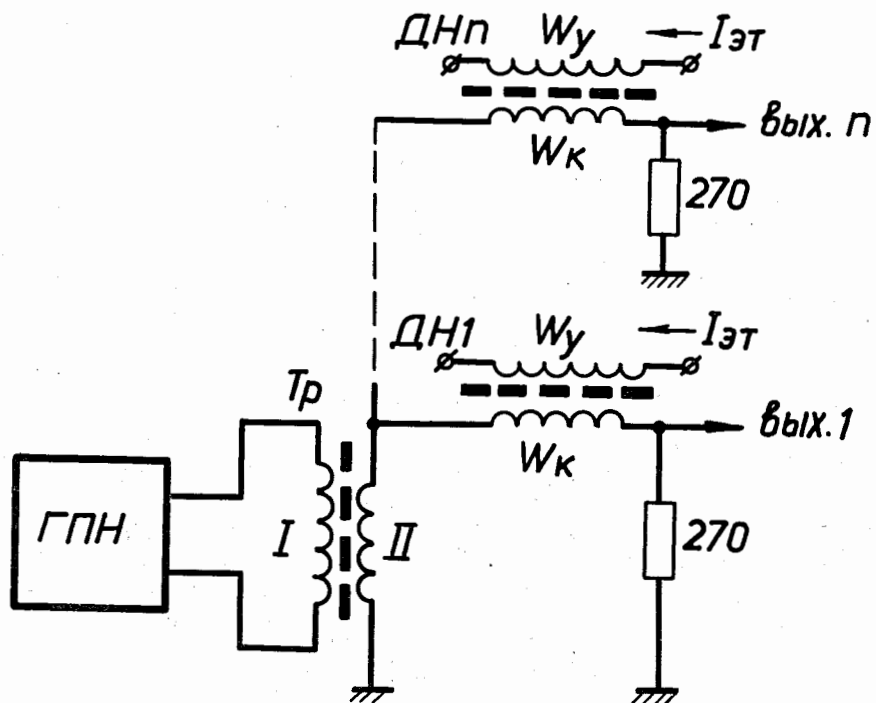


Рис. 4. Схема включения датчиков тока. ГПН - генератор прямоугольного напряжения, $f = 5$ кГц, $P \approx 2$ Вт; ДН1 ÷ ДН_n - дроссели насыщения, ферритовое кольцо м3000, $20 \times 12 \times 6$ мм³, $W_k = 300$ витков, ПЭЛШО $\phi 0,2$ мм, $W_y = 20$ витков, ПЭВ-2 $\phi 0,83$ мм; амплитуда напряжения на обмотке II трансформатора Tr примерно 5 В.

При протекании через W_y тока $I_{эт}$ /что соответствует включению в цепь эталонного тока вторичной обмотки N1/ происходит насыщение сердечника дросселя и на выходе 1 появляется напряжение с амплитудой ≈ 4 В.

Последовательно с каждой вторичной обмоткой компаратора /схема рис. 2/ включены диоды /Д1 ÷ Д_n /, предотвращающие замыкание вторичных обмоток по переменному току через открытый параллельный ключ и промежуток база-коллектор запертого последовательного ключа /здесь имеются в виду вторичные обмотки компаратора,

отключенные от источника эталонного тока/. Чувствительность компаратора резко падает при протекании переменных токов в цепях его вторичных обмоток, поэтому включение указанных диодов необходимо.

Обсуждаемый макет транзисторного коммутатора был испытан в комплекте с компаратором. Погрешность отсчета на нижнем пределе /10 А/ не превышает $1 \cdot 10^{-4}$. Дрейф нуля компаратора, приведенный к первичной обмотке, составляет ± 1 мА×виток, т.е. не превышает значения, присущего компаратору с механической коммутацией.

Литература

1. Л.К.Богомолова, Ю.Н.Денисов, В.В.Калиниченко, В.А.Пережогин. Препринт ОИЯИ, Р9-7339, Дубна, 1973.
2. Э.И.Гитис. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. Госэнергоиздат, 1961.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 июля 1974 года.