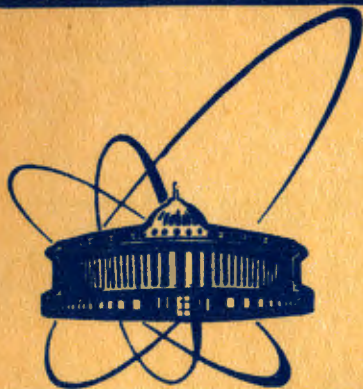


84-222

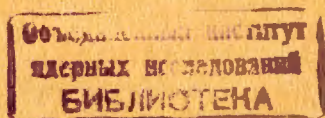


**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна**

13-84-222

В.В.Калиниченко, В.П.Саванеев

**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ  
ПОСТОЯННОГО ТОКА**



**1984**

Блок-схема измерительного преобразователя постоянного тока представлена на рис.1. Измерительный преобразователь содержит магнитный модулятор /ММ/, демодулятор /ДМ/, генератор однополярных импульсов /ГОИ/, усилитель постоянного тока /УПТ/, блок управления /БУ/, фильтр нижних частот /Ф/ и эталонный резистор ( $R_0$ ).

Магнитный модулятор включает в себя два магнитопровода /М1 и М2/, охватывающих шину /условно представлена в виде обмотки  $W_{и}$  / с измеряемым током  $I_{и}$ . На каждом из магнитопроводов М1 и М2 намотаны две обмотки: обмотка возбуждения и выходная обмотка /соответственно  $W_{В1}$  и  $W_1$ ,  $W_{В2}$  и  $W_2$  /. Обмотка компенсации  $W_K$  является общей для магнитопроводов М1 и М2.

Обмотки возбуждения  $W_{В1}$  и  $W_{В2}$  соединены последовательно-встречно и подключены к выходу генератора однополярных импульсов. При возбуждении магнитного модулятора однополярными импульсами /1/ узел ММ-ДМ имеет статическую характеристику, начальный участок которой характеризуется пропорциональной зависимостью между выходным напряжением демодулятора и величиной разбаланса постоянных магнитодвижущих сил /м.д.с./, действующих на магнитопроводы М1 и М2.

При больших значениях разбаланса указанных м.д.с. /более 10 ампер-витков/ выходное напряжение демодулятора имеет некоторое

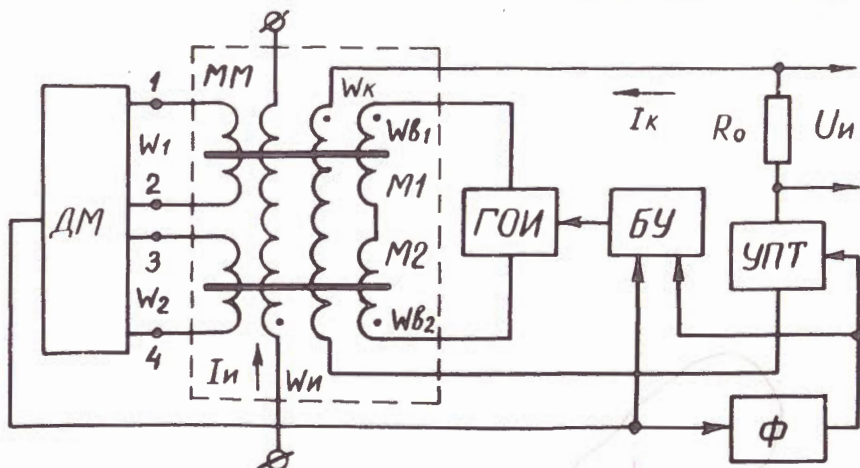


Рис.1. Блок-схема измерительного преобразователя постоянного тока.

максимальное значение, практически не зависящее от величины разбаланса м.д.с., если выполняется условие  $|I_B \cdot W_B| > |I_{и} \cdot W_{и} - I_K \cdot W_K|$ , где  $W_B = W_{B1} = W_{B2}$ ,  $I_B$  - амплитуда тока возбуждения.

Рассматриваемый измерительный преобразователь постоянного тока представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования следящего типа. При изменении измеряемого тока  $I_{и}$  на магнитопроводы M1 и M2 действует м.д.с. разбаланса  $I_{и} \cdot W_{и} - I_K \cdot W_K \neq 0$ , где  $I_K$  - ток компенсации, поступающий от усилителя постоянного тока в обмотку компенсации  $W_K$ . Соответственно на выходе демодулятора появляется пульсирующее напряжение, величина и полярность постоянной составляющей которого зависят от величины и знака м.д.с. разбаланса. Выделенное фильтром нижних частот постоянное напряжение подается на вход усилителя постоянного тока. Под действием этого напряжения ток компенсации  $I_K$  изменяется до тех пор, пока м.д.с. разбаланса  $I_{и} \cdot W_{и} - I_K \cdot W_K$  не уменьшится до пренебрежимо малого значения, равного в стационарном режиме величине статического рассогласования следящей системы.

Таким образом, стационарный режим работы измерительного преобразователя описывается соотношением  $I_{и} \cdot W_{и} - I_K \cdot W_K \approx 0$ , откуда  $I_K = I_{и} \cdot W_{и} / W_K$ . Напряжение на эталонном резисторе, равное  $U_{и} = R_0 \cdot I_{и} \cdot W_{и} / W_K$  и представляющее собой выходную величину измерительного преобразователя, является высокоточной мерой тока  $I_{и}$ .

Если допустить, что измеряемый ток может за весьма короткое время изменять свое значение в пределах  $\pm I_{и,ном}$ , то значение максимальной м.д.с. разбаланса следует принять равным  $|2I_{и,ном} \cdot W_{и}|$ , где  $I_{и,ном}$  - номинальное значение измеряемого тока. Для отработки такой величины м.д.с. разбаланса необходимо, чтобы  $|I_B \cdot W_B| > |2I_{и,ном} \cdot W_{и}|$ , т.е. в переходном режиме работы измерительного преобразователя необходимо обеспечить высокий уровень м.д.с. возбуждения магнитного модулятора.

Совершенно очевидно, что в стационарном режиме работы нет необходимости поддерживать такой высокий уровень м.д.с. возбуждения магнитного модулятора. Целесообразно обеспечить двухуровневое возбуждение магнитного модулятора путем изменения величины тока возбуждения  $I_B$ . В стационарном режиме амплитуда тока возбуждения поддерживается равной  $I_{B1}$ , в переходном -  $I_{B2}$ , причем  $I_{B2} > I_{B1}$ . Значение  $I_{B2}$  должно удовлетворять условию:  $|I_B \cdot W_B| > |2I_{и,ном} \cdot W_{и}|$ . Значение  $I_{B1}$  выбирается из условий оптимального режима работы магнитного модулятора  $I_B$ .

При стационарном режиме работы измерительного преобразователя генератор однополярных импульсов работает в основном режиме, когда величина тока возбуждения имеет стабильное значение  $I_{B1}$ . Блок управления, имеющий два канала, в этом случае работает в режиме контроля.

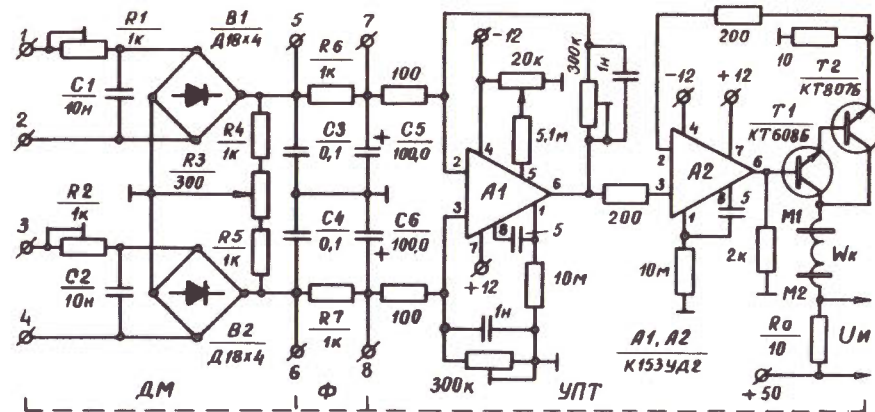


Рис.2. Принципиальная схема демодулятора, фильтра и усилителя постоянного тока.

Выходное напряжение демодулятора поступает на входы первого и второго каналов блока управления, при этом на входы первого канала непосредственно, а на входы второго - через фильтр нижних частот.

Первый и второй каналы блока управления вступают в действие, соответственно, в переходном режиме и при нарушении режима слежения. В результате их действия генератор однополярных импульсов переводится в режим, при котором ток возбуждения увеличивается до значения  $I_{B2}$ . После восстановления стационарного режима слежения блок управления переходит в режим контроля, а генератор однополярных импульсов переводится в основной режим.

Ниже представлены принципиальные электрические схемы основных узлов измерительного преобразователя и приведено их краткое описание.

Принципиальная схема демодулятора, фильтра и усилителя постоянного тока приведена на рис.2. Выходные обмотки магнитного модулятора  $W_1$  и  $W_2$  подключены, соответственно, к зажимам 1, 2 и 3, 4. Демодулятор содержит интегрирующие цепочки  $R1, C1, R2, C2$ , мостовые выпрямители B1 и B2, резисторы  $R3 \div R5$ . Потенциометром R3 выставляется нуль выходного напряжения демодулятора при разомкнутой цепи обратной связи ( $I_K \cdot W_K = 0, I_{и} \cdot W_{и} = 0$ ). На выходе демодулятора установлен фильтр нижних частот  $C3 \div C6, R6 \div R7$ , с выхода которого сигнал поступает на усилитель постоянного тока, выполненный на микросхемах A1 и A2 и транзисторах T1, T2. В коллекторную цепь транзисторов включена обмотка компенсации  $W_K / I_K = 0 \div 200$  мА/ и эталонный резистор  $R_0$ . С зажимов 5  $\div$  8 напряжение поступает на блок управления возбуждением.

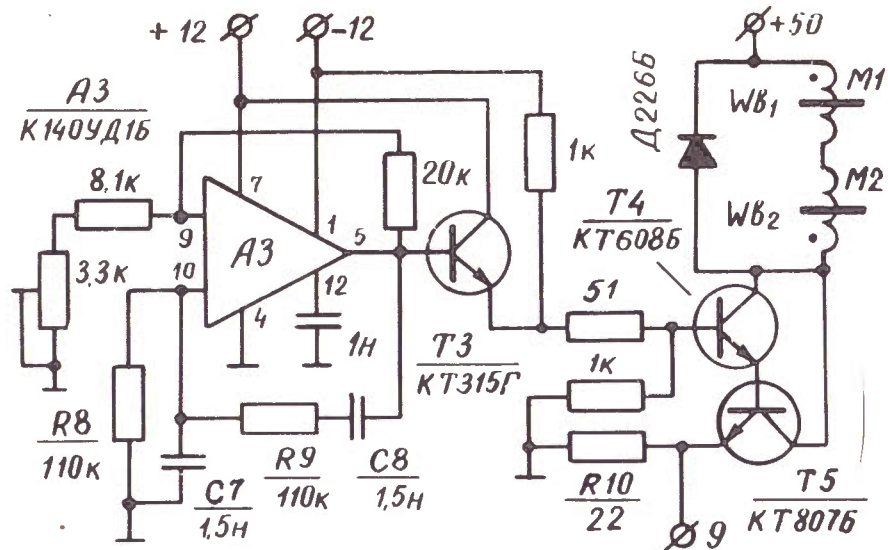


Рис.3. Принципиальная схема генератора однополярных импульсов возбуждения магнитного модулятора.

На рис.3 изображена принципиальная схема генератора однополярных импульсов возбуждения магнитного модулятора. На дифференциальном усилителе А3 выполнен генератор синусоидальных колебаний <sup>3/</sup>. Частота колебаний определяется параметрами моста Вина R8 – R9, C7 ÷ C8. Синусоидальный сигнал с выхода генератора поступает через эмиттерный повторитель Т3 на составной транзистор Т4, Т5. Составной транзистор открывается только положительной полуволной синусоидального сигнала. В коллекторную цепь транзисторов включены обмотки возбуждения W<sub>B1</sub> и W<sub>B2</sub>. Амплитуда тока возбуждения I<sub>B1</sub> ≈ 0,4 А определяется напряжением, поступающим на базу транзистора Т4, и резистором в цепи эмиттера транзистора Т5, I<sub>B1</sub> ≈ U<sub>T5</sub>/R<sub>10</sub>.

Принципиальная схема блока управления возбуждением магнитного модулятора приведена на рис.4.

Первый канал блока управления содержит: последовательные ограничители R11, Д1, R12, Д2, дифференциальный усилитель А4, амплитудный детектор <sup>3/</sup> на дифференциальном усилителе А5, эмиттерный повторитель на транзисторе Т6, пороговый элемент на однопереходном транзисторе Т7. Напряжение с выхода демодулятора поступает на входы последовательных ограничителей /зажимы 5 и 6/ блока управления.

При увеличении напряжения с выхода амплитудного детектора до величины порога включения транзистора Т7 транзисторный ключ

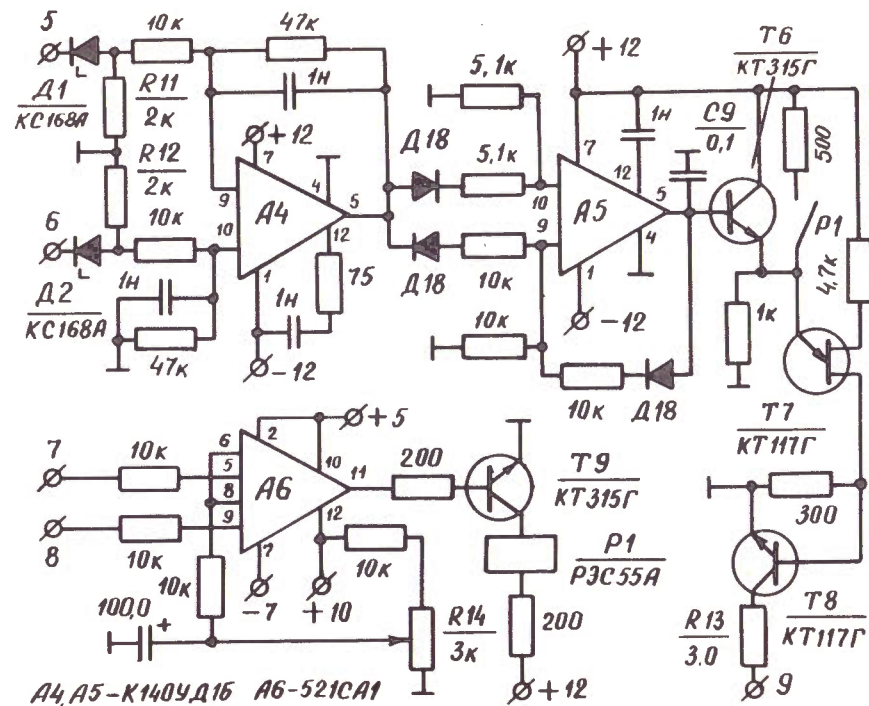


Рис.4. Принципиальная схема блока управления возбуждением магнитного модулятора.

Т8 подключает резистор R13 параллельно резистору R10 /рис.3/ генератора однополярных импульсов возбуждения. Амплитуда тока возбуждения увеличивается до значения I<sub>B2</sub> ≈ 1,5 А.

Задержка отключения транзисторного ключа Т8 на время длительности переходного процесса восстановления стационарного режима измерения обеспечивается конденсатором С9, установленным на выходе микросхемы А5.

Второй канал блока управления возбуждением выполнен на сдвоенном компараторе А6 и транзисторе Т9. На входные зажимы 7 и 8 компаратора напряжение подается с выхода фильтра нижних частот. Исполнительным элементом второго канала служит реле Р1, включенное в коллекторную цепь транзистора Т9. При замыкании контактов реле Р1 подается управляющее напряжение на ключ Т8. Порог сравнения устанавливается потенциометром R14.

Магнитный модулятор помещен в коаксиальный токоввод, закрытый многослойным магнитным экраном с коэффициентом экранирования ≈ 500. Магнитные сердечники изготовлены из ленточного пермаллоя 79НМ. Наружный диаметр сердечников – 40 мм, внутренний –

30 мм, высота - 5 мм. Число витков  $W_1 = W_2 = 500$ ,  $W_{B1} = W_{B2} = 300$ ,  $W_K = 1000$  /провод ПЭВ-2  $\varnothing$  0,31/. Эталонный резистор выполнен из манганина и помещен в термостат.

Опытный образец измерительного преобразователя постоянного тока имеет следующие параметры: - диапазон измеряемых токов -  $0 \div 200$  А, долговременная нестабильность, приведенная к первичному витку - +3 мА за 8 ч работы, частота возбуждения модулятора  $\approx 1$  кГц. Устройство обеспечивает гальваническое разделение с цепью измеряемого тока.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахманова Л.Н. и др. ОИЯИ, 13-81-806, Дубна, 1981.
2. Саванеев В.П. и др. Авторское свидетельство СССР №859936, от 30.08.81. Бюлл., ОИПОТЗ, 1981, №32, с. 202.
3. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы. "Советское радио", М., 1979.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 апреля 1984 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Калиниченко В.В., Саванеев В.П.

13-84-222

Измерительный преобразователь постоянного тока

Рассмотрен вариант измерительного преобразователя постоянного тока, представляющего собой замкнутую систему автоматического регулирования следящего типа. Преобразователь содержит магнитный модулятор, демодулятор, фильтр нижних частот, генератор однополярных импульсов возбуждения, усилитель постоянного тока и блок управления возбуждением. Диапазон измеряемых токов -  $0 \div 200$  А. Долговременная нестабильность, приведенная к первичному витку,  $\pm 3$  мА за 8 ч работы. Преобразователь обеспечивает гальваническое разделение с цепью измеряемого тока.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Kalinichenko V.V., Savaneev V.P.  
Direct Current Measuring Converter

13-84-222

A variant of direct current measuring converter is considered. It is a closed system of automatic control of a slave type. The converter consists of a magnetic modulator, demodulator, low frequency filter, unipolar excitation pulse generator, direct current amplifier and excitation control block. The range of measured currents is 0-200 A. Permanent instability reduced to a primary turn is  $\pm$  mA for 8 hours of operation. The converter provides the galvanic isolation from measured current circuit.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984