

АКАДЕМИЯ НАУК СССР СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

препринт 271

Б.А.Баклаков, М.М.Карлинер, Б.В.Левичев.

А.С.Медведко, И.Я.Протопопов

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ
ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
В ЭЛЕКТРОМАГНИТЕ НАКОПИТЕЛЯ

Ответственный за выпуск МЕДВЕДКО А.С.

Подписано к печати 30. 11. 1969 г.

Усл. 0,5 экз., тираж 100 экз.

Заказ № 271, Новосибирск.

Отпечатано на оборудовании ИЯФ СО АН СССР, г.н.

Новосибирск

1969

Б.А.Баклаков, М.М.Карлинер, Б.В.Левичев,

А.С.Медведко, И.Я.Протопопов

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОМАГНИТЕ НАКОПИТЕЛЯ

А Н Н О Т А Ц И Я

Для выполнения большого объема прецизионных магнитных измерений на накопителе ВЭПП-3 создана автоматическая измерительная система. В качестве измерительных элементов используются 15 датчиков Холла, равномерно (3 x 5) распределенных по сечению камеры накопителя. Датчики поочередно подключаются к измерительному усилителю с цифровым вольтметром на выходе. Результаты измерений автоматически наносятся на перфоленду, служащую для ввода в вычислительную машину "Минск-22".

Погрешность измерений не превышает $\pm (3-5) \cdot 10^{-4}$.

Входное сопротивление (ом) 20 - 150

Выходное сопротивление (ом) 20 - 150

Температурный коэффициент чувствительности (К/град.С) 0,05 ± 0,3

Несовместимость при токе 50 мА (не более) (мВ) ± 3

Изготовление и наладка электромагнита накопителя встречных электрон-позитронных пучков ВЭПП-3 [1] требует примерно $(1,5-2) \times 10^6$ измерений магнитного поля (в пределах 3 - 20 кгс). Погрешность этих измерений не должна превышать $\pm 10^{-3}$. Необходимость в применении автоматической измерительной системы с последующей обработкой результатов на ЭВМ для решения подобной задачи очевидна.

Ниже описывается разработанная в ИЯФ СО АН СССР измерительная система, использующая в качестве измерительных элементов датчики Холла. Последние удобны тем, что обеспечивают возможность непосредственных измерений с отсчетом по цифровому вольтметру; кроме того, они могут работать в сильно неоднородных магнитных полях. Применение цифрового вольтметра позволяет получать результаты измерений на перфоленке, что облегчает их ввод в ЭВМ для последующей обработки.

В системе использованы датчики Холла, разработанные в Институте полупроводников АН СССР (Ленинград). Их типовые параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип материала	Арсенид индия
Рабочая площадь датчика (мм ²)	1 x 1,5
Чувствительность (мкв/ма эрст)	0,4 - 0,8
Рабочий ток (ма)	до 50
Входное сопротивление (ом)	20 - 150
Выходное сопротивление (ом)	20 - 150
Температурный коэффициент чувствительности (%/град.С)	0,05 - 0,3
Неэквипотенциальность при токе 50 ма (не более) (мв)	± 3

Измерения производятся с помощью 15 датчиков, равномерно размещенных по сечению камеры магнита (см.рис.1).

Датчики измеряют вертикальную (H_z) компоненту магнитного поля. Шестнадцатый датчик измеряет радиальную компоненту поля в центре сечения камеры.

Датчики имеют нелинейную зависимость эдс от величины поля (нелинейность 2-3% при поле до 20 кгс) и требуют градуировки, которая производится в специально сконструированном магните с неоднородностью поля не менее $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ в области размещения блока датчиков. При этом поле контролируется с помощью ядерного магнитометра.

После сборки блока датчиков в специальных магнитах измерялись координаты магнитного центра каждого датчика и углы наклона датчиков относительно базовых плоскостей.

Данные градуировки и измерения координат и углов используются при обработке результатов измерений на ЭВМ [2].

При измерениях блок датчиков может быть перемещен в любое сечение магнита с необходимой точностью с помощью направляющих, закладываемых в магнит на время измерений.

Блок датчиков Холла помещен в термостат, представляющий собой коробку, с внутренней стороны которой бифилярно уложены медная и константановая обмотки, служащие нагревательными элементами. Обе обмотки включены в схему моста в цепи положительной обратной связи автогенератора, в состав которого входит также избирательный усилитель мощности (см.схему рис,2).

В установившемся режиме мост близок к балансу, который имеет место при определенном сопротивлении медной обмотки (R , следовательно, при определенной её температуре). При изменении окружающей температуры изменяется мощность на выходе усилителя таким образом, что температура остаётся постоянной. В рабочем диапазоне окружающей температуры от $+10^\circ\text{C}$ до $+30^\circ\text{C}$ температура датчиков изменяется менее, чем на 1°C . Частота нагревающего тока около 800 гц, максимальная мощность на выходе усилителя - 8 вт.

Блок-схема измерительного устройства приведена на рис.3. Все датчики (1) по цепи питания соединены последовательно

и питаются от одного источника (3), обеспечивающего стабильность тока порядка $\pm (2 \div 3) \cdot 10^{-4}$ в течение длительного времени.

Выходы датчиков с помощью коммутатора (4) поочередно присоединяются к прецизионному усилителю постоянного тока (6). Входная схема с контактными коммутирующими реле и потенциометрами для компенсации эдс неэквипотенциальности электродов датчиков показана на рис.4.

Включение n -ого датчика осуществляется при замыкании двух контактов реле N_n . Для коммутации применены реле типа РМУГ, контакты которых обеспечивают величину термоэдс менее 5 мкв при температуре до $+40^\circ\text{C}$.

Компенсация эдс неэквипотенциальности осуществляется потенциометрами R_n для каждого датчика отдельно.

Усилитель постоянного тока выполнен по схеме с преобразованием постоянного тока в переменный с помощью электромеханического прерывателя. Дрейф усилителя, огнесенный ко входу, не превышает ± 5 мкв за 10 часов. Усилитель охвачен глубокой отрицательной связью. Коэффициент усиления изменяется с помощью переключателя и может принимать значения 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160, что позволяет полностью использовать точность цифрового вольтметра. Нестабильность коэффициента усиления не превышает $(2 \div 5) \cdot 10^{-4}$, нелинейность амплитудной характеристики составляет 10^{-4} при выходном напряжении до 12 в и токе до 5 ма. Время установления напряжения на выходе с точностью 10^{-3} от установившегося значения не превышает 0,2 сек.

Для измерения напряжения на выходе усилителя постоянного тока используется цифровой вольтметр (7) типа Щ1511. Результат измерения, получаемый в виде параллельного кода, передается через преобразователь кода на перфоратор (8); после завершения цикла измерений результаты могут быть с помощью перфоленты введены в используемую для обработки ЭВМ типа "Минск-22".

Автоматический цикл измерений при некотором положении блока датчиков включает запись нуля усилителя при закороченном входе, последовательный опрос всех датчиков, проверку коэффициента усиления усилителя и тока датчиков. Последняя заключа-

ется в том, что ко входу усилителя присоединяется эталонное сопротивление, включённое последовательно в цепь питания датчиков. Величина падения напряжения наносится на перфоленту и при обработке на ЭВМ позволяет исключить из результата измерения поля ток датчиков и коэффициент усиления усилителя [2]. Благодаря этому требования к стабильности тока датчиков и коэффициента усиления снижаются. Цикл измерения поля в одном сечении длится около 60 сек и определяется в основном быстрым действием цифрового вольтметра. При окончании цикла блок датчиков автоматически перемещается в следующее сечение.

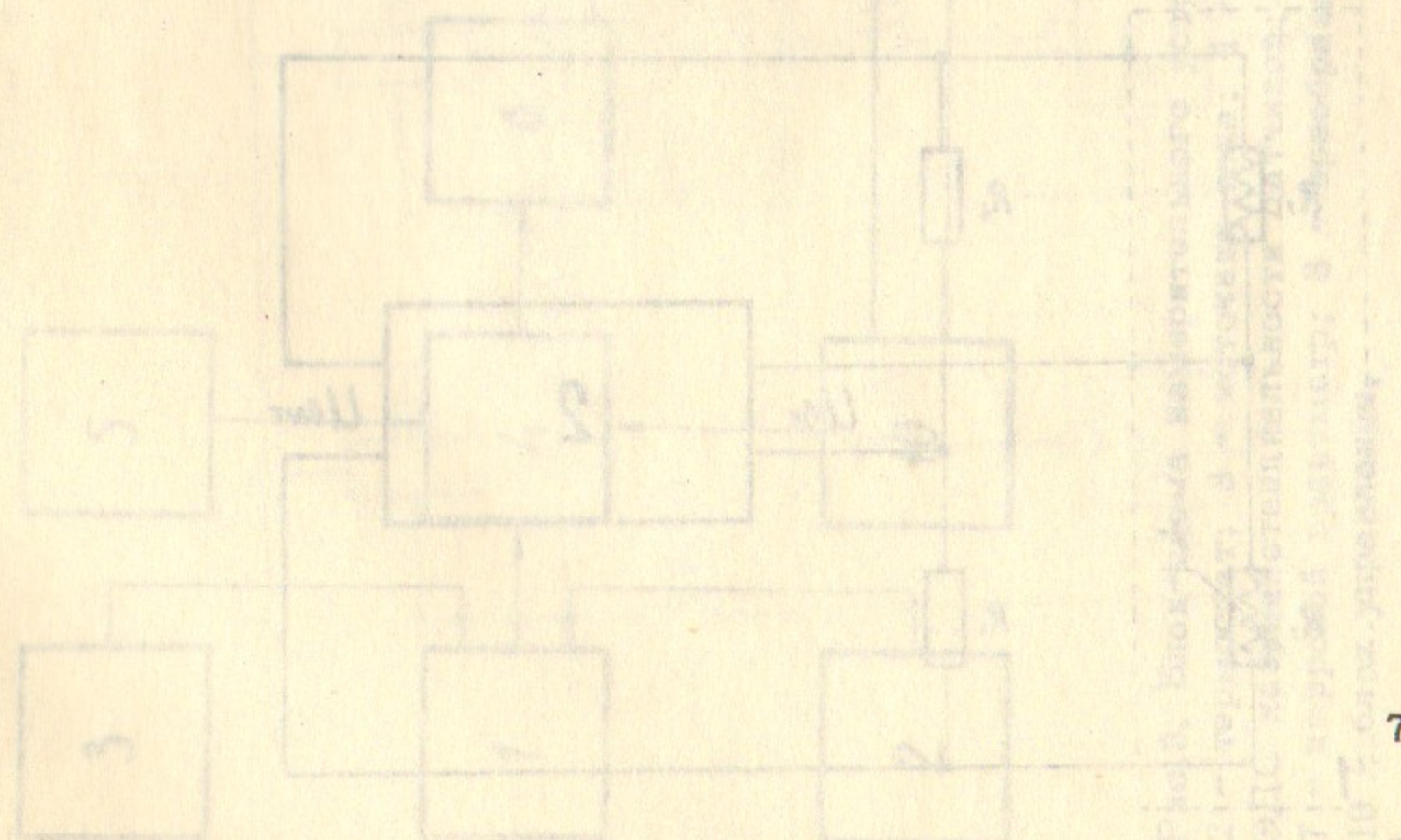
Порядок опроса датчиков и длительность рабочего цикла задаются блоком управления (10), который даёт команду переключения на коммутатор, сигнал запуска на цифровой вольтметр и сигнал на преобразователь кода для перфорации.

Описанная измерительная система обеспечивает точность измерения в каждой точке лучше 10^{-3} . Погрешность определяется, в основном, нестабильностью параметров датчиков Холла.

Благодаря избыточности информации, получаемой от 15 датчиков в каждом сечении, после обработки на ЭВМ общая точность значительно повышается [2]. Кроме того, повышается надёжность работы системы.

Л и т е р а т у р а

1. Н.А.Кузнецов и др. Магнитная система накопителя ВЭПП-3. Доклад на Всесоюзном совещании по ускорителям заряженных частиц. Москва, 1968 г.
2. Б.В.Левичев и др. Магнитные измерения на накопителе ВЭПП-3. Доклад на Всесоюзном совещании по ускорителям заряженных частиц. Москва, 1968 г.



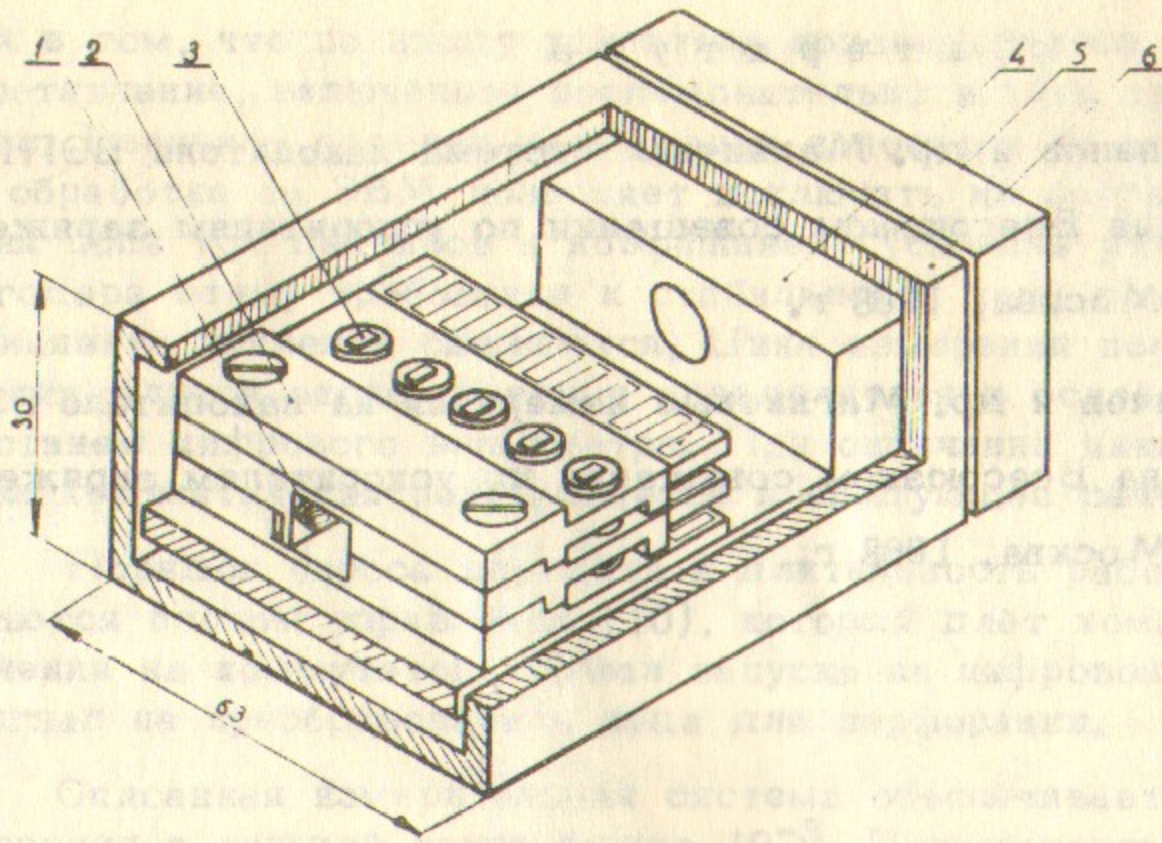


Рис.1. Общий вид блока датчиков Холла. 1 - датчик, измеряющий радиальную компоненту магнитного поля; 3 - датчик, измеряющий вертикальную компоненту магнитного поля; 4 - элемент несущей конструкции; 5 - лепестки для распайки датчиков; 6 - коробка термостата

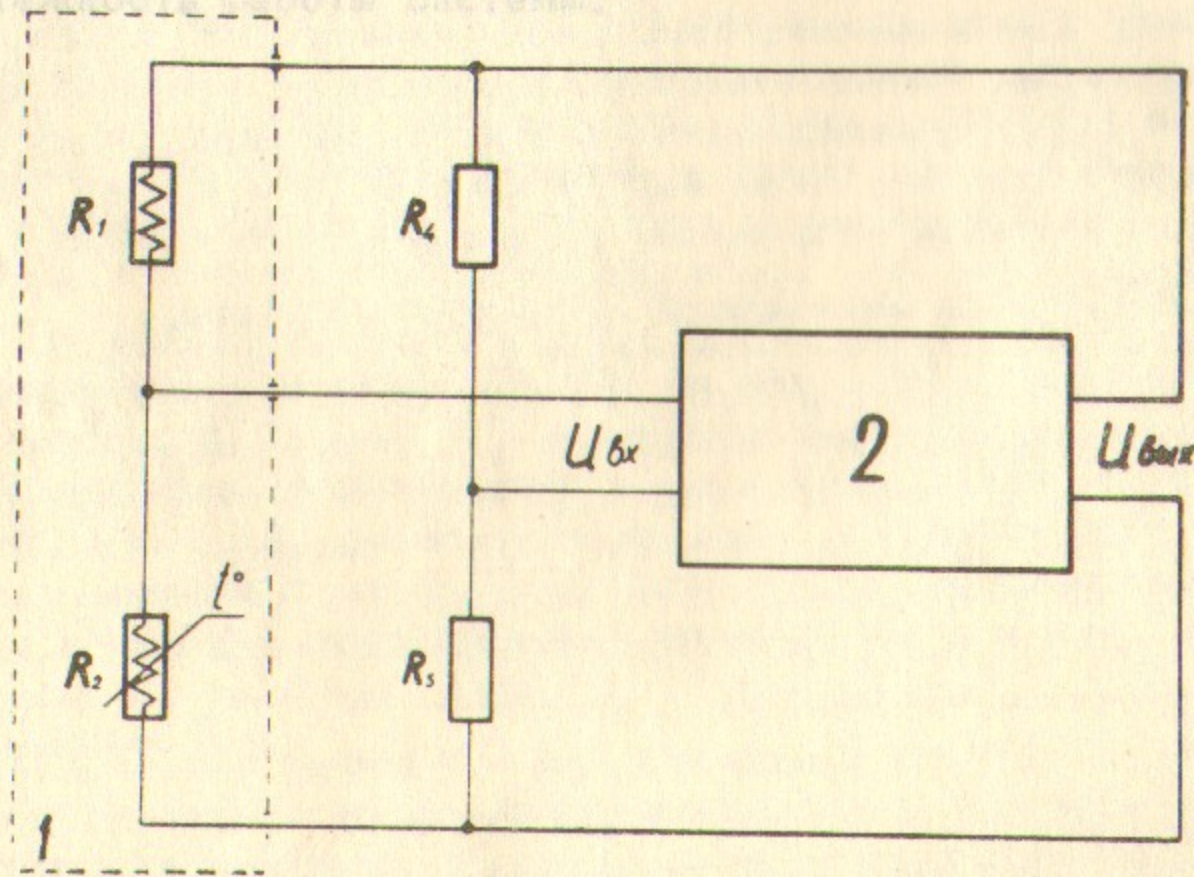


Рис.2. Блок-схема термостата. 1 - рабочий объем термостата; 2 - избирательный усилитель.

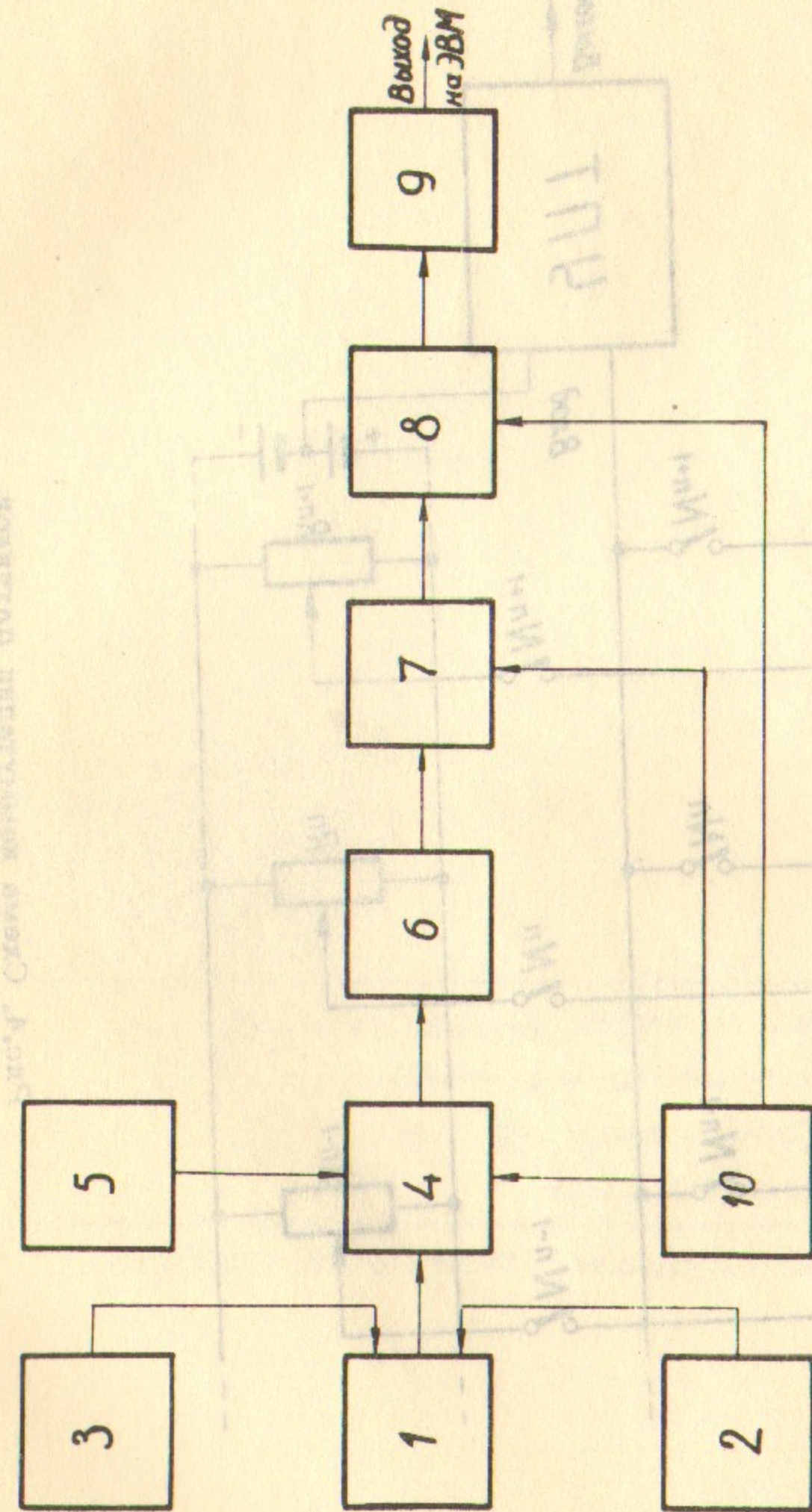


Рис.3. Блок-схема измерительного устройства. 1 - блок датчиков Холла; 2 - термостат; 3 - источник тока; 4 - коммутатор; 5 - схема компенсации ЭДС неэквивалентности датчиков; 6 - усилитель постоянного тока; 7 - цифровой вольтметр; 8 - преобразователь кода; 9 - перфоратор; 10 - блок управления.

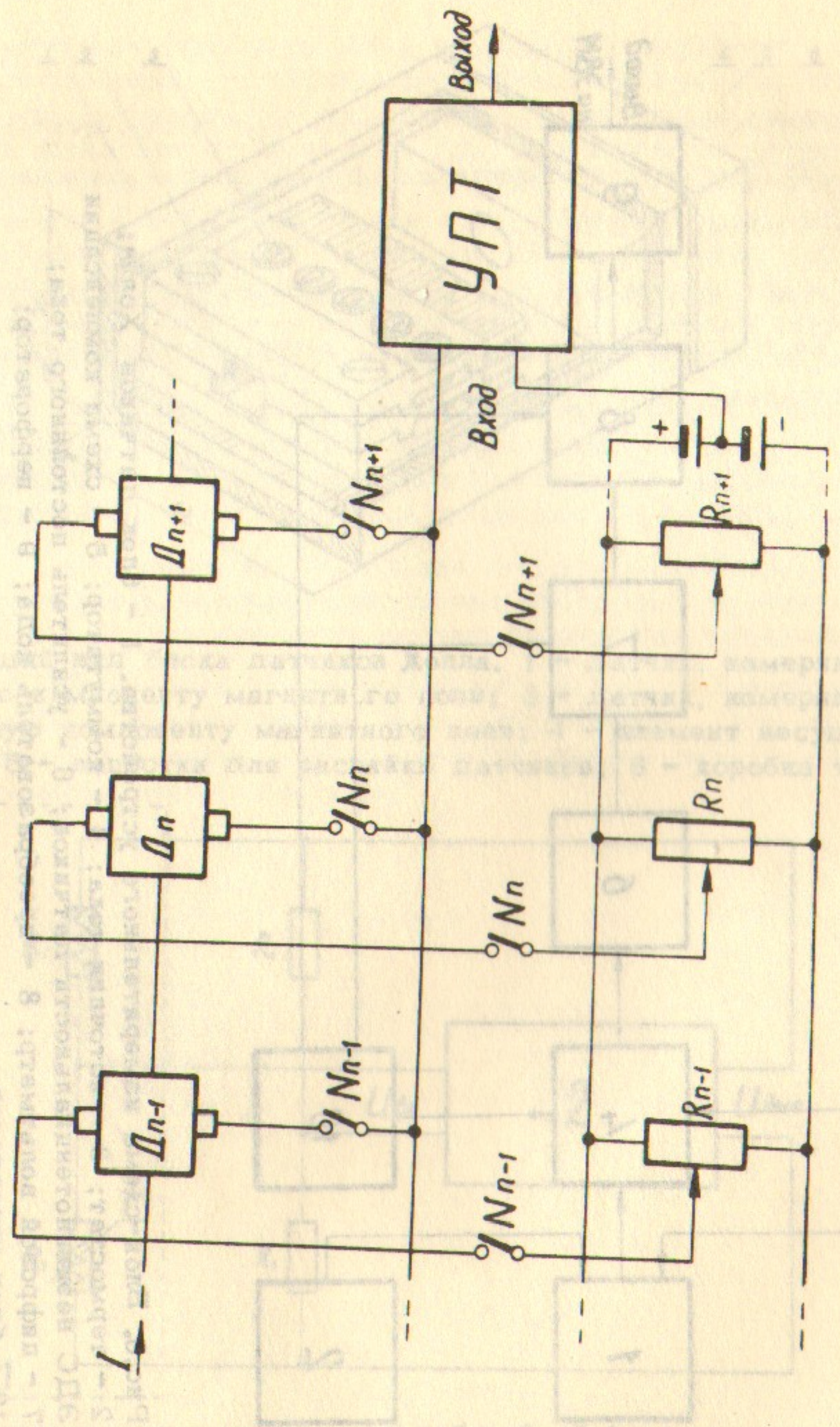
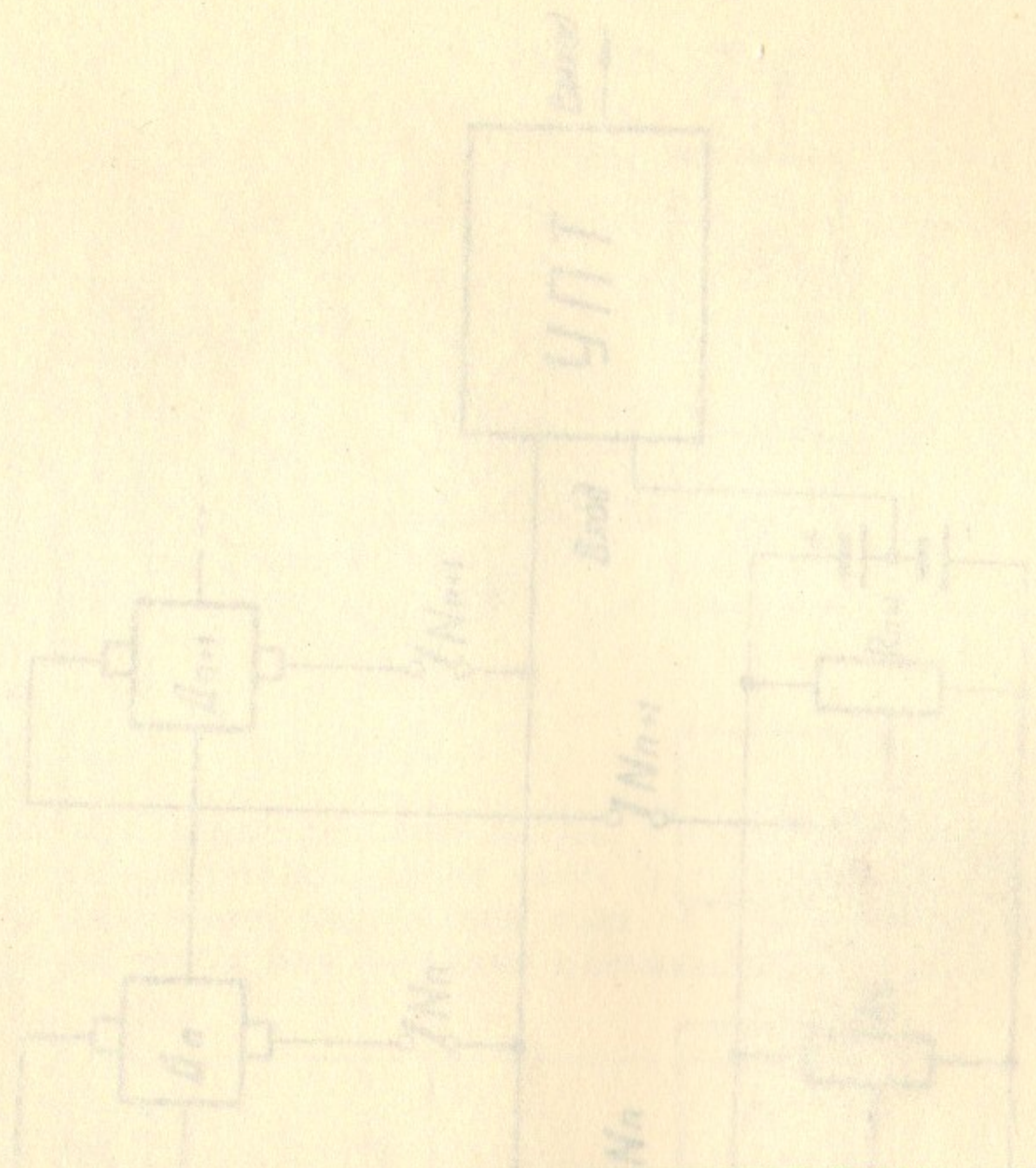


Рис.4. Схема коммутации датчиков.

Рис.2. Блок-схема термостата. 1 - рабочий орган термостата; 2 - обратительный усилитель.

Отделение по развитию в НРФ СО АН СССР, м.п.
 Запас 19.271, 20.000.000
 Усл. 0,5 коп.л., тираж 100 экз.
 Подготовлено в марте 30 - 1 - 1989 г.
 Ответственный за выпуск МЕЛЬНИКОВ А.С.



Ответственный за выпуск МЕДВЕДКО А.С.

Подписано к печати 30. - 1 - 1969 г.

Усл. 0,5 печ.л., тираж 150 экз.

Заказ № 271 , бесплатно.

Отпечатано на ротапринте в ИЯФ СО АН СССР. нв.