

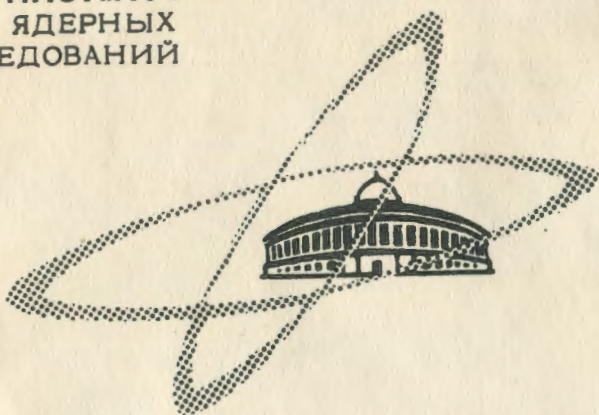
471  
B-192

ИЯЭ, 1966, №5, с. 203-206

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2405



Д.П. Василевская, Ю.Н. Денисов, Н.И. Дьяков

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ХОЛЛОВСКИЙ МАГНИТОМЕТР

АБСОЛЮТНОЕ ЯДЕРНОЕ ПРОФИЛИ

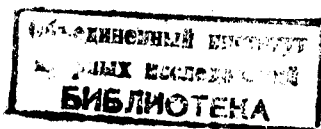
1965

2405

Д.П. Василевская, Ю.Н. Деяков, Н.И. Дьяков

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ХОЛЛОВСКИЙ МАГНИТОМЕТР

Направлено в ПТЭ



3727/2 нр

В настоящее время получили широкое распространение приборы для измерения постоянных магнитных полей, основанные на эффекте Холла<sup>1,2/</sup>. Холловскими магнитометрами могут измеряться практически любые магнитные поля: однородные и неоднородные, земные и сверхвысокие, однако точность измерений этими приборами обычно не превышает 0,5-1%.

В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ разработан холловский магнитометр, позволяющий измерять однородные и существенно неоднородные поля со значительно большей точностью. Блок-схема этого магнитометра показана на рис. 1.

Датчик прибора размерами  $1,8 \times 1,2 \times 0,3$  мм<sup>3</sup> изготовлен из  $\text{InPAs}$  и термостатирован. Стабилизация температуры обеспечивается водой, омывающей металлическую подложку датчика (см. рис. 2), которая представляет собой замкнутую камеру цилиндрической формы. Датчик приклеен к подложке клеем БФ-2. Вода подводится к камере из ультратермостата типа Е-149 (Венгрия) по толстостенным резиновым трубкам длиной 7-14 м, теплоизолированным несколькими слоями стеклотенты. С изменением внешней температуры на  $\pm 5^\circ\text{C}$  температура датчика поддерживается постоянной с точностью  $\pm 0,2^\circ\text{C}$  при длине шланга 7 м и  $\pm 0,3^\circ\text{C}$ , если длина шланга - 14 м. Для "рабочего" образца датчика Холла температурная ошибка составляет  $\pm 0,04\%/^\circ\text{C}$  и, следовательно, в интервале внешних температур  $\pm 5^\circ\text{C}$  максимальная температурная погрешность прибора не превышает 0,008-0,012%. Установившийся тепловой режим датчика достигается через 20-30 мин после включения прибора.

В процессе разработки прибора была сделана попытка термостатировать датчик путем прогрева воздушного объема, заключенного в герметизированный корпус, подогретой спиралью. Датчик, подогретая спираль, расположенная под медной пластиной, и термистор, служащий для контроля температуры внутри термостатированного объема, теплоизолировались фетром и мипорой, а затем помещались в герметизирующий текстолитовый корпус. Температура внутри термостатированного объема, составлявшего 8 см<sup>3</sup>, поддерживалась постоянной с точностью  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  при изменении внешней температуры на  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Однако в эксплуатации такая конструкция термостата оказалась неудобной, так как установившийся температурный режим датчика достигался только после 2-3 часового прогрева.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 3.

Датчик питается стабилизированным источником постоянного тока, имеющим два контура стабилизации. Первым контуром является полупроводниковый стабилизатор напряжения  $U_{3/}$ , а второй корректирует собственно ток в нагрузке. Стабилизатор напряжения последовательного типа выполнен на пяти триодах. В первом, балансном каскаде схемы сравнения триоды подбираются с возможно более близкими характеристиками. Равенство напряжений  $U_{эб}$  обоих триодов устанавливается потенциометром  $R_4$ . В качестве опорного напряжения используется падение напряжения на диоде Д808. Для компенсации температурных изменений опорного напряжения последовательно с ним включены в прямом направлении еще два диода Д808. Сигнал разбаланса с дифференциального каскада схемы сравнения усиливается двухкаскадным усилителем на триодах П16А и поступает на базу мощного регулирующего триода П201. Коэффициент стабилизации по напряжению (при отключенном втором контуре) равен - 2000.

Вторым контуром, как уже указывалось, стабилизируется собственно ток возбуждения  $I_B$  датчика ЭДС Холла (см. рис. 4). Величина тока  $I_B$  контролируется по падению напряжения на стабильном эталонном сопротивлении  $R_{эт}$ . Напряжение, снимаемое с эталонного сопротивления  $U_{эт} = I_B R_{эт}$ , сравнивается с напряжением нормального элемента и их разность  $\Delta U = U_{R_{эт}} - U_{нэ}$  поступает на нуль - элемент схемы сравнения. В качестве нуль - элемента в стабилизаторе используется фотокомпенсационный усилитель типа Ф 117/1<sup>4,5/</sup>. Этот усилительный блок содержит зеркальный гальванометр, два фотосопротивления, источник света (лампочку накаливания) и оптическую систему. Фотосопротивления  $\Phi C_1$  и  $\Phi C_2$  включены в мостовую схему. Напряжение разбаланса моста усиливается дифференциальным усилителем на кремниевых транзисторах П103 и подается на базу одного из триодов схемы сравнения стабилизатора напряжения. Таким образом, напряжение питания цепи возбуждения корректируется так, чтобы ток  $I_B$  оставался неизменным и при изменении продольного сопротивления датчика. Стабилизация по напряжению устраняет быстрые скачки тока из-за изменения напряжения сети, а стабилизатор тока ликвидирует медленный дрейф  $I_B$ , вызываемый разогревом датчика или изменением его сопротивления в измеряемом магнитном поле.

Стабильность заданного значения тока возбуждения  $I_B$  определяется стабильностью напряжения нормального элемента, эталонного сопротивления  $R_{эт}$ , сопротивлений делителя напряжения в схеме сравнения  $R_1$ ,  $R_2$  и фотосопротивлений  $\Phi C_1$ ,  $\Phi C_2$ . Для исключения влияния внешней температуры на характеристики элементов схемы сравнения нормальный элемент, сопротивление  $R_{эт}$  и делитель  $R_1$ ,  $R_2$  объединены в общий блок и помещены в ультратермостат типа Е-149. Ручки потенциометров  $R_1$  и  $R_2$ , предназначенные для "грубой" и "точной" установки тока возбуждения  $I_B$ ,

выведены на наружную панель блока. С помощью этих сопротивлений ток  $I_B$  может устанавливаться с точностью -  $10^{-3}\%$ .

Для стабилизации уровня освещенности фотосопротивлений  $\Phi C_1$  и  $\Phi C_2$ , относительно сильно влияющей на соотношение их сопротивлений, лампочка гальванометра  $L_2$  типа СЦ-75 (4в, 4вт) питается стабилизированным выпрямителем. Стабилизатор последовательного типа выполнен на транзисторах П16А, П201, П4А и имеет коэффициент стабилизации по напряжению - 50.

В приборе предусмотрена электрическая блокировка (реле  $P_1$  и контакты  $KP_1$ ), разрывающая цепь гальванометра и нормального элемента при исчезновении тока возбуждения. Эта блокировка необходима потому, что при отсутствии напряжения на эталонном сопротивлении к гальванометру будет полностью приложено напряжение нормального элемента и, следовательно, как гальванометр, так и нормальный элемент, могут выйти из строя. С этой же целью выключатель  $V_1$  заблокирован с выключателем сетевого напряжения прибора.  $R_C$  - цепочка, включенная последовательно с гальванометром Ф 117/1 (переменное сопротивление  $R_3$  и емкость 3 мкф), служит для подавления автоколебаний, возникающих в системе стабилизации при некотором уровне усиления. Параметры этой цепочки подбираются экспериментально в процессе наладки прибора.

Коэффициент стабилизации по току второго контура составляет - 350. Таким образом, общий коэффициент стабилизации по напряжению всей схемы должен быть равен -  $7 \cdot 10^5$ . Экспериментально он не был измерен, поскольку при изменении напряжения сети на  $\pm 10\%$  не замечалось изменения величины тока возбуждения при точности измерений, достижимой потенциометром типа Р-307. Изменение стабилизируемой величины тока в течение 1 часа не превышает  $\pm 1 \cdot 10^{-3}\%$ .

Номинальная величина тока возбуждения для "рабочего" датчика 50 ма. Контролируется  $I_B$  по падению напряжения на специальном измерительном сопротивлении  $R_{изм}$ , включенном в цепь возбуждения последовательно с датчиком. Напряжение  $U_{изм} = R_{изм} \cdot I_B$  измеряется потенциометром. Этим же потенциометром измеряется и ЭДС Холла. Выбор режима "контроля" или "измерения" производится двухпозиционным переключателем П. Для повышения относительной точности измерения потенциометром его опорный нормальный элемент также помещен в ультратермостат Е-149.

Напряжение, возникающее в холловской цепи из-за неэквипотенциальности подпая электродов Холла, компенсируется при помощи дополнительного источника питания, в качестве которого используется стабилизированный выпрямитель, питающий лампочку  $L_2$  и делителя, составленного из переменного сопротивления  $R_6$  и двух постоянных сопротивлений 27 ком и 1 ом. Регулировка величины компенсирующего напряжения - "установка нуля" прибора производится сопротивлением  $R_6$ .

Среднеквадратичная ошибка измерения абсолютной величины напряженности магнитного поля описываемым прибором, учитывающим температурную ошибку, неточность установки датчика в поле и погрешность градуировки, составляет - 0,05%. Градуируется прибор по ядерному магнитометру.

Прибор эксплуатируется в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ с 1962 года и используется для измерения как относительно однородных, так и весьма неоднородных магнитных полей с градиентом до ~ 30 тл/м. При выбранных размерах датчика Холла и названной точности измерений даже в таких неоднородных полях незаметна ошибка измерений из-за усреднения величины поля по площади датчика. Проверка производилась ядерным магнитометром для измерения сильно неоднородных магнитных полей<sup>1/8</sup> и вращением датчика вокруг оси, направленной вдоль силовых линий измеряемого магнитного поля.

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность В.И. Прилипко и М.С. Крыловой за помощь при разработке и исследовании характеристик прибора.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.Н. Богомолов. Устройства с датчиками Холла и датчиками магнитосопротивления. М-Л. 1961 г.
2. Материалы конференции в Лос-Анжелесе, 1962 г., апрель 17-20.
3. С.Д. Додик. Полупроводниковые стабилизаторы постоянного напряжения и тока. Изд-во Советское радио, 1962 г.
4. А.Н. Ветчинкин. ПТЭ, № 3, 1960 г.
5. Изделия завода "Вибратор". Краткие технические характеристики. Приложение к 4 тому каталога электрооборудования. М., 1960.
6. Д.П. Василевская, Л.В. Васильев, Ю.Н. Денисов. ПТЭ, № 1, 1965 г.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 октября 1965 г.

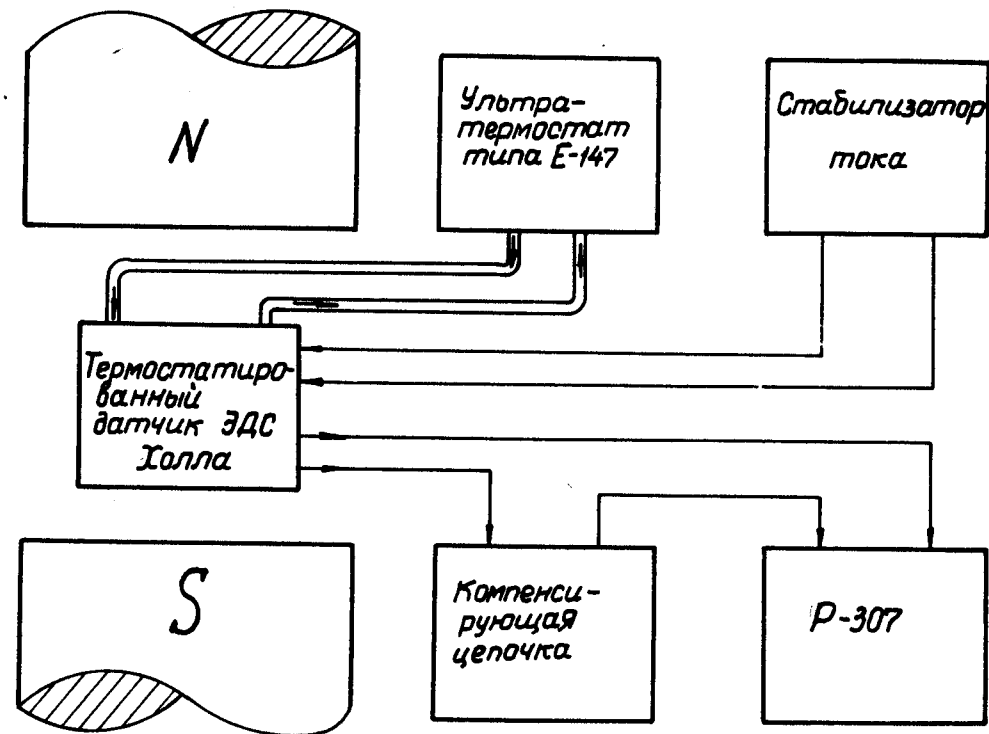


Рис. 1.

Рис. 2.

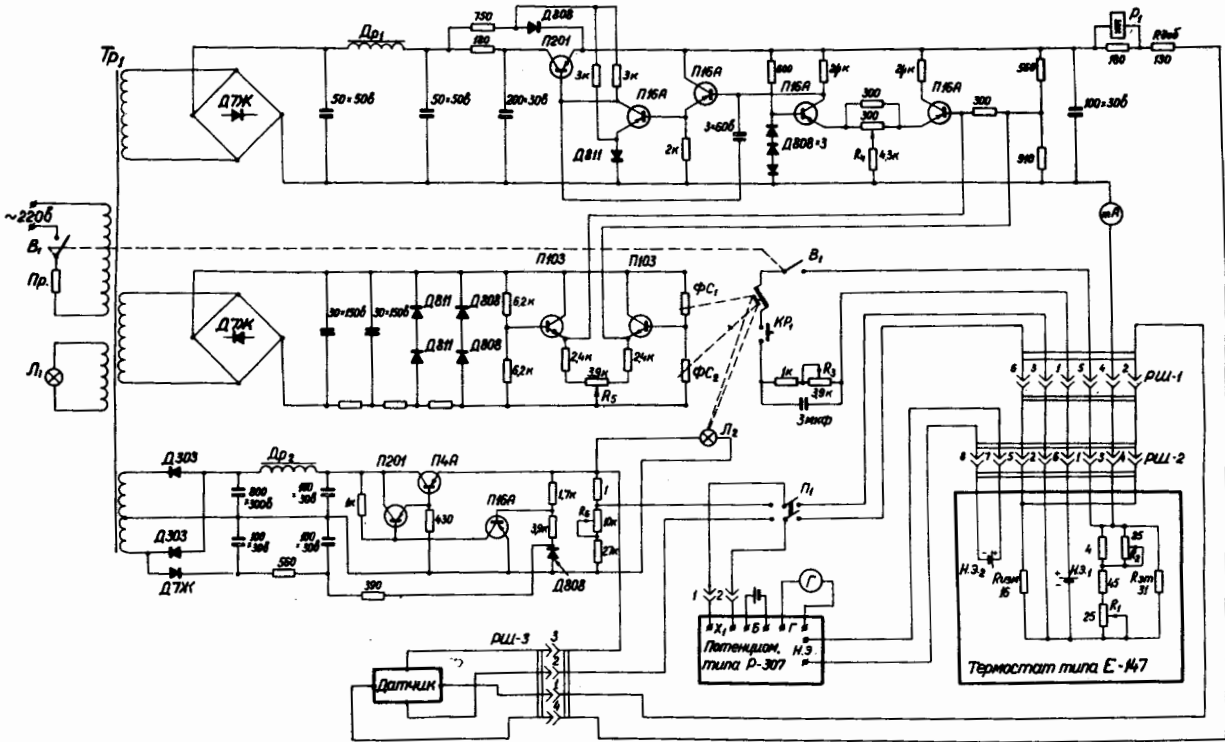
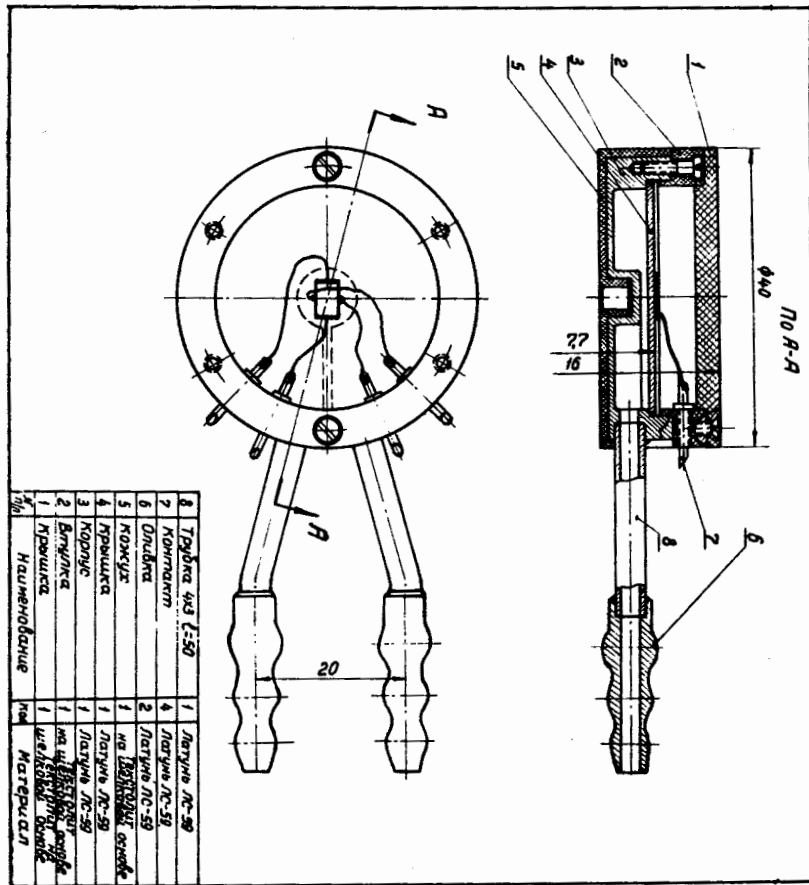


Рис. 3.

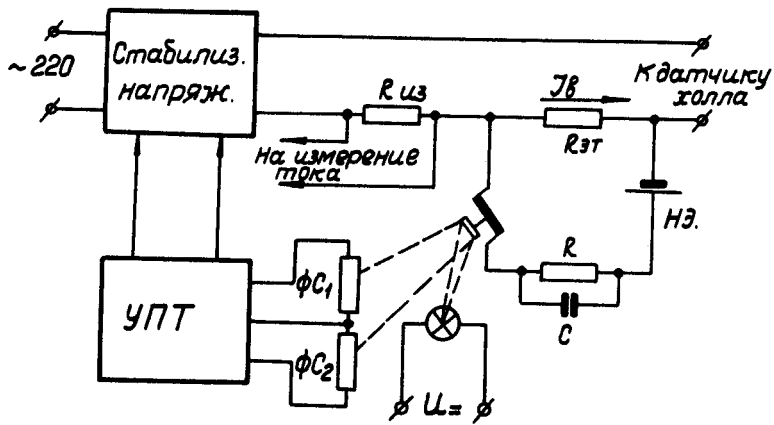


Рис. 4.