

C 345e 4

B-19

21/11-71

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2056/2-71

13 - 5806



Д.П. Василевская, Ю.Н. Денисов,
В.В. Калиниченко, В.А. Пережогин

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

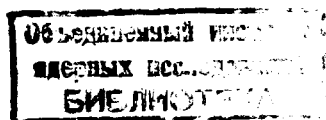
МАГНИТОМЕТР
С ТЕРМОСТАТИРОВАННЫМ ДАТЧИКОМ
ХОЛЛА

1971

13 - 5806

Д.П. Василевская, Ю.Н. Денисов,
В.В. Калиниченко, В.А. Пережогин

**МАГНИТОМЕТР
С ТЕРМОСТАТИРОВАННЫМ ДАТЧИКОМ
ХОЛЛА**



Магнитометры, основанные на эффекте Холла, широко применяются в практике магнитных измерений. Они могут быть использованы для измерения постоянных и переменных, однородных и неоднородных магнитных полей в очень широком диапазоне значений напряженности /1,2/. Почти единственным, но довольно существенным недостатком холловских датчиков магнитного поля является сильная зависимость их параметров от температуры.

Улучшение метрологических характеристик холловских магнитометров может быть достигнуто двумя путями: а) улучшением характеристик собственно датчиков э.д.с. Холла (на основе совершенствования технологии и использования новых материалов), б) термостатированием датчиков /3/ или коррекцией их температурной нестабильности с помощью ЭВМ (эти меры позволяют достичь точности $\pm 0,05\%$, но усложняют прибор и процесс работы с ним).

В Лаборатории ядерных проблем разработан ряд холловских магнитометров /4,5/, имеющих относительно высокую точность измерений, однако некоторые их эксплуатационные характеристики, такие, как виброустойчивость, транспортабельность, время подготовки к измерениям, не всегда удовлетворяют реальным условиям измерений из-за использования в этих приборах весьма чувствительных к вибрации фотоусилителей или водопrotочных термостатов.

В настоящей работе описывается созданный в лаборатории вариант холловского магнитометра, который не содержит указанных выше элементов.

Блок-схема магнитометра представлена на рис. 1.

Магнитометр состоит из выносного датчика и блока управления. Выносной датчик представляет собой перегревный термостат с электрическим подогревом, внутри которого помещается кристалл. Представление о конструкции выносного датчика дает рис. 2. Термостат датчика состоит из медного корпуса (5), подогревателя (2), теплоизолирующего корпуса (1). Медный корпус образован двумя медными брусками, в которых имеются углубления для терморезисторов (3) и кристалла (4). После установки кристалла и терморезисторов бруски стягиваются винтами. В термостате датчика использованы терморезисторы ММТ-1, которые перед установкой покрываются пленкой изолирующего клея (например, типа БФ).

Подогреватель выполнен из изолированного провода высокого сопротивления в виде плоской бифилярной спирали, охватывающей медный корпус с двух сторон. Между медным корпусом и спиралью проложены тонкие пластинки слюды, необходимые для надежной изоляции подогревателя от корпуса.

В блоке управления размещены все схемы, обслуживающие датчик, а именно: стабилизатор тока возбуждения датчика Холла, схемы терморегулирования, источник для компенсации э.д.с. неэквипотенциальности датчика. Некоторые элементы указанных схем помещены в перегревный термостат, имеющийся в блоке управления (все элементы, помещенные в термостате блока управления, выделены пунктирной рамкой на принципиальной схеме магнитометра, рис. 3).

Термостат блока управления состоит из двух стаканов прямоугольной формы, вставленных один в другой. Внутренний стакан изготовлен из листовой меди или латуни, внешний - из листовой стали, обеспечивающей механическую прочность корпуса термостата и магнитную экранировку схем, помещенных в термостат. Пространство между стаканами заполнено термоизолирующим материалом (пенопласт). По поверхности внутреннего стакана намотана бифилярная спираль подогревателя, выполненная из высокоомного изолированного провода марки ПЭШОК δ 0,4 (сопротивление обмотки подогревателя 20 ом).

Температура внутри корпусов термостатов поддерживается с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$ на уровне 38°C схемами терморегулирования ^{16/}, однотипными для обоих термостатов. Схемы терморегулирования состоят из

дифференциальных усилителей, в плечи которых включены термосопротивления, усилителей мощности и двух источников питания, общих для обеих схем терморегулирования. Для повышения стабильности температуры термостатов дифференциальные усилители и усилитель источника питания для них помещены в термостат блока управления.

Датчиками температуры внутри корпуса термостата блока управления служат термосопротивления R 31, R 44 типа ММТ-1, образующие совместно с сопротивлениями R 30, R 45 четырехплечный мост постоянного тока. Напряжение разбаланса моста усиливается дифференциальным усилителем на транзисторах T24+T27 и поступает на вход усилителя мощности, собранного на транзисторах T10+T13, нагрузкой которого является спираль подогревателя. Схема терморегулирования термостата датчика работает аналогичным образом. Напряжение питания дифференциальных усилителей регулируется подбором сопротивления R 28 на уровне 20 в. Напряжение питания усилителей мощности регулируется подбором сопротивления R 9 на уровне 12 в.

Стабилизатор тока возбуждения датчика Холла состоит из источника опорного напряжения, модулятора, усилителя низкой частоты, фазового детектора, транзисторного регулятора и вспомогательных устройств.

Источником опорного напряжения служит трехконтурный стабилизатор напряжения с общим коэффициентом стабилизации при изменении напряжения сети $\approx 10^4$. Первый контур стабилизации собран на транзисторах T18-T19 и диодах D25-D27 по схеме компенсационного стабилизатора напряжения. Его напряжение подбором сопротивления R 20 устанавливается равным 55 ± 1 в. Второй контур собран на диодах D30-D33 типа D818A по схеме параметрического стабилизатора. Заключительная ступень, являющаяся также параметрическим стабилизатором на диоде D34 типа D818E, позволяет получить напряжение приблизительно 9 в, поступающее на делитель R 32, R 38, R 39, R 41. Для регулировки части опорного напряжения, поступающего на схему сравнения, используется многооборотное переменное сопротивление R 41. Диод D34 совместно с делителем помещены в термостат блока управления.

Разность между регулируемой частью опорного напряжения и падением напряжения на эталонном сопротивлении R35 поступает на вход транзисторного модулятора, собранного на транзисторах Т32-Т33, где преобразуется в переменное напряжение прямоугольной формы - сигнал ошибки. Модулятор выполнен на транзисторах типа П16Б, подобранных с одинаковыми параметрами, по схеме параллельно-последовательного транзисторного ключа.

Модуляционный трансформатор выполнен на пермалловом сердечнике, набранном вперекрышку из пластин Ш12, толщина пакета 12 мм. Обмотка II наматывается первой, в два провода и содержит 2 x 150 витков провода ПЭВ-2 ϕ 0,14 мм. Обе половины обмотки соединяются последовательно. Затем наматывается слой лакоткани, накладывается электростатический экран из медной фольги, снова слой лакоткани, и наматывается обмотка I, содержащая 480 витков провода ПЭВ-2 ϕ 0,14 мм. Модулятор также помещен в термостат блока управления.

Сигнал ошибки усиливается усилителем низкой частоты на транзисторах Т36-Т43, выпрямляется фазовым детектором (Т47-Т50) и поступает на вход усилителя постоянного тока (Т34) через корректирующую цепочку. Транзистор Т34 (типа П21А или П26А) подбирается с малым значением тока I_{k0} и помещен в приборный термостат. Выходное напряжение УПТ управляет транзисторным регулятором Т51.

Коммутирующие напряжения на модулятор и фазовый детектор поступают через развязывающие эмиттерные повторители (Т35, Т44) с триггера (Т40-Т41). Частота коммутации равна 800 гц. Задающий мультивибратор работает на удвоенной частоте. Применение триггера для получения коммутирующих напряжений позволяет получить прямоугольные импульсы напряжения со стабильной скважностью.

Рассмотренный стабилизатор тока возбуждения датчика Холла имеет величину дрейфа тока $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}\%$ в час после прогрева его в течение часа. При изменении напряжения питающей сети на $\pm 10\%$ изменения тока не превышают $\pm 1 \cdot 10^{-3}\%$. Номинальная величина тока 10 ма.

Источник для компенсации э.д.с. неэквипотенциальности в измерительной цепи датчика Холла собран по двухконтурной схеме параметрического стабилизатора. В конечном контуре стабилизатора используется

диод Д19 типа Д818Д, с которого стабилизированное напряжение поступает на делитель R 14- R 16. Переменное сопротивление R15 позволяет в достаточных пределах изменять напряжение компенсации.

В магнитометре применяется датчик Холла из германия размерами 2,6 x 1,6 x 0,16 мм, имеющий чувствительность $y \approx 8$ мкв/э (при $H = 10000$ э) и э.д.с. неэквипотенциальности 50 мкв при токе возбуждения 10 ма.

При изменении внешней температуры в месте расположения датчика на $\pm 10^\circ\text{C}$ ($+12^\circ\text{C} \div +32^\circ\text{C}$) температура в датчике поддерживается с точностью не хуже чем $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

Датчик прибора градуировался в стабильном магнитном поле ядерным магнитометром. Сигнал регистрировался цифровым вольтметром марки ДМ-2010 с чувствительностью 10 мкв и точностью $1,5 \cdot 10^{-3}\%$. С учетом ошибок измерения ядерным прибором, цифровым вольтметром, температурной ошибки датчика, ошибки за счет ухода тока возбуждения в течение рабочего дня - среднеквадратичная ошибка измерения магнитного поля равна $\pm 0,01\%$.

Прибор укомплектован двумя датчиками. Блок управления и выносной датчик соединяются многожильным кабелем, имеющим длину 14 м. Габариты выносного датчика 25 x 18 x 10 мм, габариты блока управления 340 x 340 x 130 мм.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Чечерников. Магнитные измерения. Изд-во Московского Университета, 1963.
2. Устройства с датчиками Холла и датчиками магнитосопротивления. Госэнергоиздат, М-Л, 1961.
3. В.У. Кизилов, В.А. Скубко, А.Е. Толстой. ПТЭ, №1, 177 (1968).
4. Д.П. Василевская, Ю.Н. Денисов, Н.И. Дьяков. Препринт ОИЯИ, 2405, Дубна, 1965.

5. Д.П. Василевская, Ю.Н. Денисов, М.С. Крылова. Холловский магнито-метр с перегревным термостатированием датчика. Материалы рабочего совещания по циклотрону У-120М. Препринт ОИЯИ, Р-9-5498, Дубна, 1971.
6. В.Е. Ляпухов, Г.В. Осташов, О.П. Ревокатов. ПТЭ, №5, 124 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел

5 мая 1971 года.

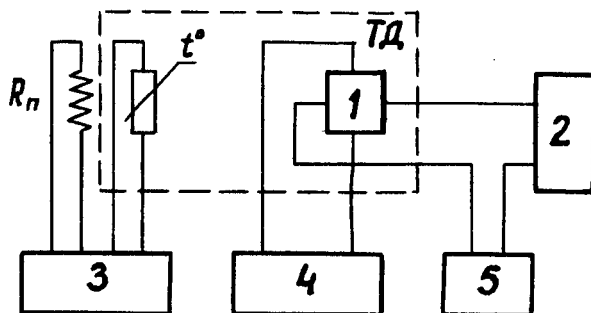


Рис. 1. Блок-схема холловского магнитометра с перегревным термостатируемым датчиком. 1 - датчик Холла, 2 - цифровой вольтметр, 3 - термостатирующее устройство, 4 - стабилизатор тока возбуждения, 5 - источник напряжения для компенсации э.д.с. неэквипотенциальности датчика Холла, R_n - сопротивление подогревателя, ТД - термостат датчика.

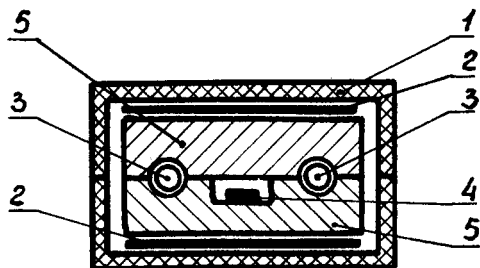


Рис. 2. Конструкция выносного пробника. 1 - теплоизолирующий корпус, 2 - подогреватель, 3 - терморезистор, 4 - датчик Холла, 5 - медный корпус.

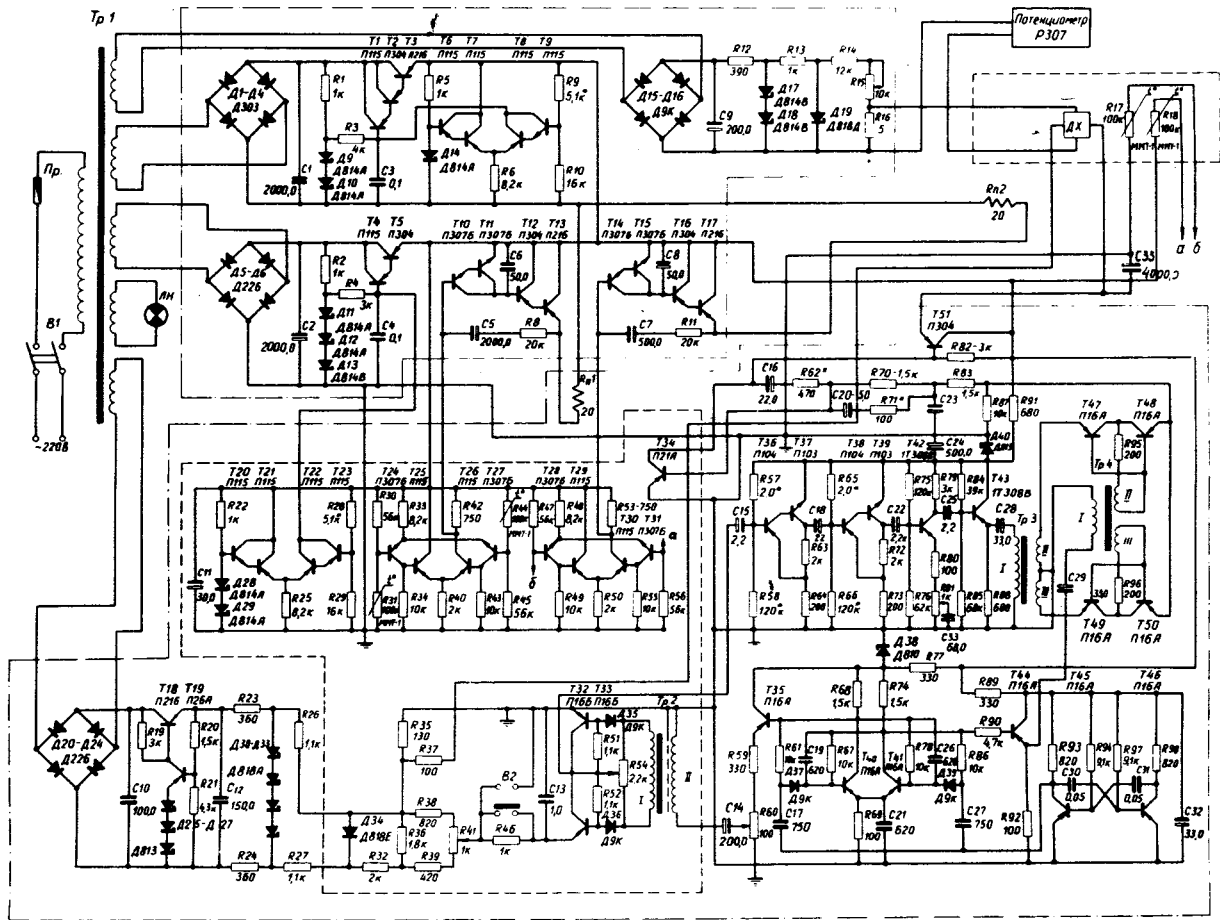


Рис. 3. Принципиальная схема магнитометра.