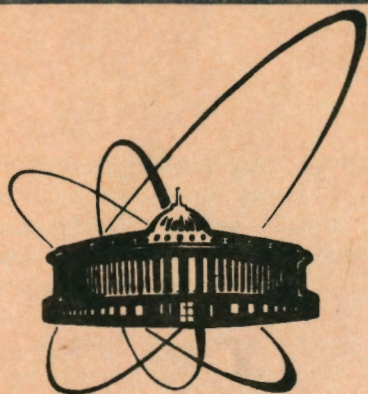


91-283



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-91-283

С. А. Ивашкевич, Г. Г. Казакова

ХОЛЛОВСКИЙ МАГНИТОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ

1991

Холловский магнитометр для измерений
с повышенной точностью

Описаны два варианта схемы холловского магнитометра для измерений магнитных полей в диапазоне от сотых долей до единиц тесла с погрешностью около 0,01%, приводятся характеристики частей схемы, от которых зависит точность измерений.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1991

Перевод авторов

Ivashkevich S.A., Kazakova G.G.

P13-91-283

Hall-Effect Device of High Accuracy

Two types of the Hall-effect device circuit for the magnetic field measurements in the range from several hundredth up to units of tesla with the error of 0.01% are described. The characteristics of the parts of the circuit responsible for the measurement accuracy are given.

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

Данная публикация является продолжением^{1/1}, в которой описаны конструкция и схема термостатирования датчика магнитометра с преобразователем Холла (ПХ). Она завершает разработку магнитометра, и поэтому авторы сочли целесообразным привести здесь полную схему прибора, т.е. включая и схему, описанную в^{1/1}. Последняя изображена в нижней части рисунка.

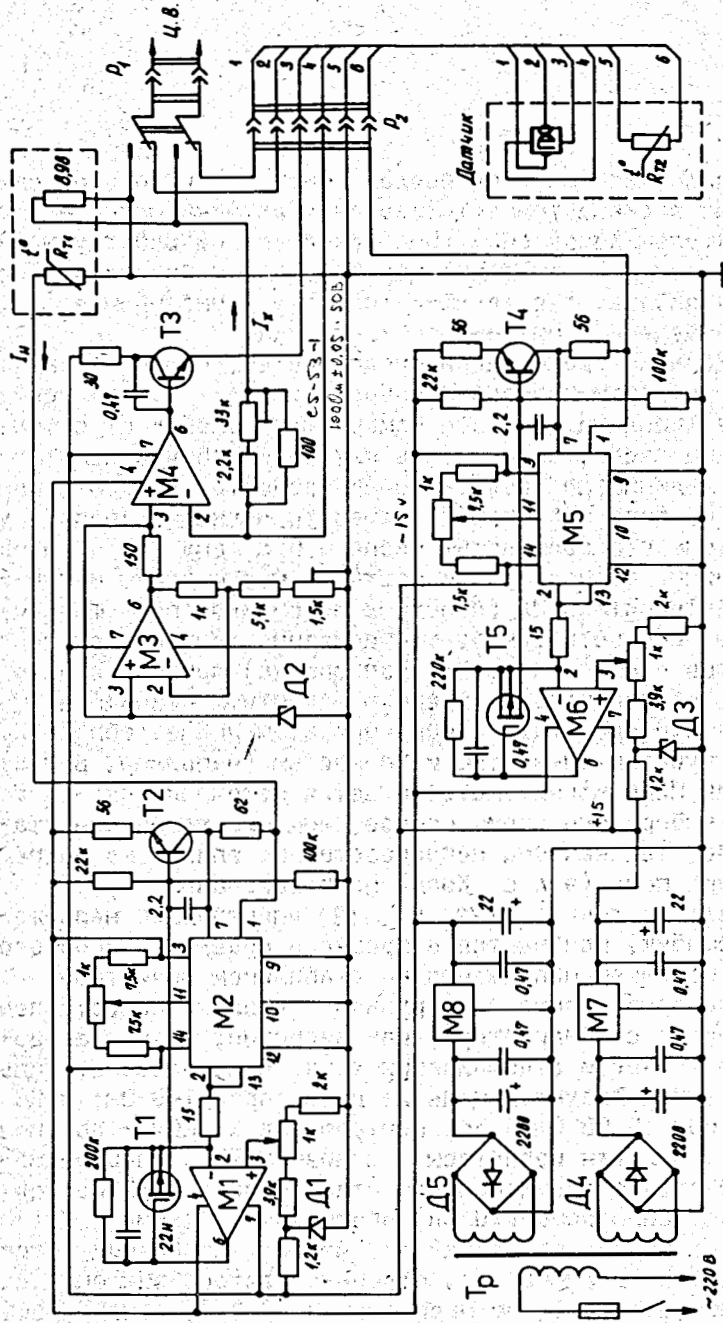
Прибор, схема которого здесь предлагается, относится к холловским магнитометрам прямого преобразования^{2,3/1}. Для таких магнитометров типичный диапазон измеряемых полей - от сотых долей до единиц тесла; погрешность измерения обычно лежит в пределах от единиц до десятых долей процента. Авторы стремились сделать прибор, позволяющий измерять магнитные поля в указанном диапазоне с погрешностью около 0,01%. Для этого, чтобы уменьшить влияние температурной нестабильности схемы и нелинейности характеристики ПХ (основных источников погрешности), предусмотрены, соответственно, стабилизация температуры некоторых элементов схемы и поверка (калибровка) прибора с помощью магнитометра, основанного на ядерном магнитном резонансе. очевидно, что измеритель э.д.с. Холла при этом должен обладать достаточными чувствительностью и точностью (например, В7-39).

Для питания ПХ в магнитометре имеется источник тока $I_X \approx 90$ мА. При выборе его схемы особое внимание уделялось стабильности тока, так как она непосредственно влияет на погрешность измерения поля (э.д.с. Холла пропорциональна I_X).

В стабилизаторе тока I_X (М3, М4, Т3) управляющее напряжение (сигнал ошибки) получается в процессе сравнения опорного напряжения с падением напряжения на стабильном резисторе, включенном последовательно с нагрузкой - входным сопротивлением ПХ. Такой вариант стабилизатора, как известно, позволяет достичь высокой точности стабилизации тока. В качестве стабильного резистора используется цепь из резисторов 100 Ом; 8,98 Ом; 2,2 кОм и 33 кОм (8,98 Ом - для контроля, а 33 кОм - для подстройки тока). Все эти резисторы - с низким ТКС. Опорное напряжение снимается с прецизионного стабилитрона КС191Ф. Ток стабилизации стабилитрона (10 мА) обеспечивает схема с МЗ^{4/1}.

Испытания стабилизатора показали, что при изменении температуры окружающей среды каждого отдельно взятого элемента схемы нестабильность тока I_X не превышает $3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Знаки нестабильности, т.е. увеличение или уменьшение I_X , скажем, с ростом

Физический институт
высших исследований
СНБ ЛОТЕНА



M1, M3, M4, M6 - КР1НОУА608; M2, M5 - 525ПС26; M7-7815С (+15В); M8-7915С (-15В); T1, T5 - КП30АА;
 T2, T4 - КТ815В; T3-КТ829В; Д1, Д2, Д3 - КС1919; Д4, Д5 - КД405А.

температуры - неодинаковые. Температурная нестабильность I_x для стабилизатора в целом - около $5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Испытания велись в диапазоне температур от $+15$ до $+40^{\circ}\text{C}$.

Приведенные результаты показывают, что магнитометр можно эксплуатировать при отклонениях температуры окружающей среды от исходной, при которой осуществлялась калибровка, до $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Но, несмотря на это, в магнитометре предусмотрены контроль тока I_x и подстройка его к исходной величине указанными выше резисторами. Это может оказаться необходимым при больших отклонениях внешней температуры и неблагоприятном сочетании знаков температурных коэффициентов элементов, составляющих схему стабилизатора.

Для контроля тока используется прецизионный резистор типа С2-29В-0,125, помещенный, к тому же, в камеру термостата, где он находится в тепловом контакте с R_{T1} -терморезистором ММТ-9, 150 Ом. В термостате R_{T1} выполняет сразу две функции: и измерителя температуры, и нагревателя. Падения напряжений на R_{T1} и на R_{T1} с последовательно включенным с ним резистором (62 Ом) являются входными напряжениями аналогового делителя напряжений на базе микросхемы 525ПС2^{5/1}. Так как через эти резисторы течет один и тот же ток I_H , то выходное напряжение делителя не зависит от I_H . Оно пропорционально сопротивлению R_{T1} или, иначе говоря, его температуре. Выходное напряжение в сочетании с опорным преобразуется в управляющий ток I_H сигнал и таким образом осуществляется стабилизация температуры внутри термостата, так как от I_H зависит нагрев R_{T1} . Короче говоря, принцип термостатирования здесь такой же, как подробно описанный в^{1/1}.

Резистор для контроля тока I_x располагается внутри цилиндра из медной фольги, которая для лучшего теплового контакта припаяна к поверхности R_{T1} . Все это помещено в коробку из пенопласта с габаритными размерами 28x28x38 мм. С такой простой конструкцией термостата, как показали измерения, коэффициент стабилизации температуры в объеме, где располагается резистор, - около 20. При температуре статирования 50°C ток I_H изменяется приблизительно от 35 до 60 мА при изменении внешней температуры соответственно от $+35$ до $+15^{\circ}\text{C}$. Измерения также показали, что магнитометр готов к работе через 15 минут после его включения.

При разработке магнитометра авторы стремились не только создать прибор для измерений магнитного поля с повышенной точностью, но и сделать его простым и легко повторяемым. Исходя из этого на базе описанной схемы был изготовлен магнитометр без контроля тока I_x . В этом варианте в стабилизаторе тока вместо цепи из четырех резисторов, включенных последовательно с ПХ, используется один высокостабильный резистор С5-60-2, 100 Ом, с $\text{ТКС} \leq 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. Измеренная нестабильность тока в этом приборе - около $8 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Авторы надеются, что дальнейшая

эксплуатация этих и других приборов, собранных по предложенным здесь вариантам схем, покажет, насколько необходимо контролировать ток I_x .

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивашкевич С.А., Казакова Г.Г., Чинь Тхи Тху Ми - ОИЯИ, 13-88-604, Дубна, 1988.
2. Афанасьев Ю.В. и др. - Средства измерений параметров магнитного поля. Л.: Энергия, 1979.
3. Брайко В.В. и др. - Гальваномагнитные преобразователи в измерительной технике. М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. Хоровиц П., Хилл У. - Искусство схемотехники. М.: Мир, 1984, т.1.
5. Тимонтеев В.Н., Величко Л.М., Ткаченко В.А. - Аналоговые перемножители сигналов в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Радио и связь, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июня 1991 года.