



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 035 049** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁶ **G 01 R 33/032, G 01 N 21/41**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93025947/25, 30.04.1993

(46) Дата публикации: 10.05.1995

(56) Ссылки: 1. Ленц Дж.Э. Обзор магнитных датчиков, ТИИЭР, 1990, т. 78, N 6, с. 87.2. Патент Швейцарии N 679527, кл. G 01R 15/02, 1992.3. Патент США N 4947107, кл. G 01R 33/032, 1990.

(71) Заявитель:

Варнавский Владимир Алексеевич,
Лебедев Сергей Викторович,
Толокнов Николай Александрович

(72) Изобретатель: Варнавский Владимир Алексеевич,

Лебедев Сергей Викторович, Толокнов Николай Александрович

(73) Патентообладатель:

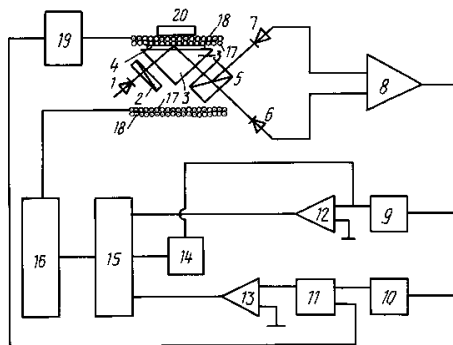
Варнавский Владимир Алексеевич,
Лебедев Сергей Викторович,
Толокнов Николай Александрович

(54) МАГНИТООПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ТОКОВ

(57) Реферат:

Использование: изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения магнитных полей постоянных и электромагнитов, а также для бесконтактного измерения постоянных токов в системах питания электроустановок. Сущность изобретения: работа измерителя основана на использовании эффекта Фарадея в магнитооптической пленке 4 с плоскостной анизотропией, намагниченность которой зависит от внешних магнитных полей. Пленка 4 расположена на оптическом контакте на гипотенузной грани призмы 3. Поляризованный свет от светодиода 1 модулируется в пленке в соответствии с ее намагниченностью. Лучи с ортогональными поляризациями разделяются анализатором 5 и детектируются фотодиодами 6 и 7, соединенными с дифференциальным усилителем 8. Сигнал с выхода усилителя 8 обрабатывается параллельно в двух каналах: первом, состоящем из фильтра 9 нижних частот и компаратора 12, вырабатывающим управляющий сигнал в соответствии со знаком постоянной составляющей дифференциального фотосигнала, и втором, состоящем из фильтра 10 верхних частот, синхронного детектора 11 и компаратора 13, вырабатывающим управляющий сигнал в

соответствии со знаком синхронно детектированной второй гармоники фотосигнала. Сигналы обоих каналов поступают на вход коммутатора 15, управляемого детектором 14 нуля. Выход коммутатора соединен с входом усилителя 16 тока, питающего катушку 17, служащую для компенсации внешних магнитных полей. Для устранения влияния коэрцитивности и обеспечения работы устройства на второй гармонике подмагничивающего тока используется вторая катушка 18, соединенная с генератором 19 высокочастотного сигнала. По величине тока через катушку 17 судят об измеряемых величинах. 1 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 035 049** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **G 01 R 33/032, G 01 N 21/41**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93025947/25, 30.04.1993

(46) Date of publication: 10.05.1995

(71) Applicant:
Varnavskij Vladimir Alekseevich,
Lebedev Sergej Viktorovich,
Toloknov Nikolaj Aleksandrovich

(72) Inventor: **Varnavskij Vladimir Alekseevich,**
Lebedev Sergej Viktorovich, Toloknov Nikolaj
Aleksandrovich

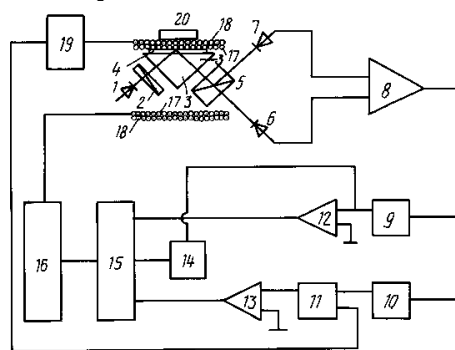
(73) Proprietor:
Varnavskij Vladimir Alekseevich,
Lebedev Sergej Viktorovich,
Toloknov Nikolaj Aleksandrovich

(54) **MAGNETIC OPTICAL METER OF PERMANENT MAGNETIC FIELDS AND DIRECT CURRENTS**

(57) Abstract:

FIELD: instruments. SUBSTANCE: device uses Faraday's effect in light-sensitive magnetic film 4 having surface anisotropy. Degree of magnetization of this magnetic film depends on external magnetic fields. Film 4 is positioned on optical contact surface of hypotenuse of prism 3. Polarized light from light-emitting diode 1 is modulated in the film according to its degree of magnetization. Beams with orthogonal polarization are separated by analyzer 5 and are detected by photo diodes 6 and 7 which are connected to differential amplifier 8. Signal from output of amplifier 8 is processed in two parallel channels. first channel has low-pass filter 9 and comparator 12 which generates control signal according to sign of constant constituent of differential detected signal. second channel has high-pass filter 10, synchronization detector 11, comparator 13 which generates control signal according to sign of second harmonic of signal detected in synchronism. signals from both channels are received at input of commutator 15 which is controlled by zero detector 14. output of commutator is

connected to current amplifier 16 which supplies coil 17 which serves for compensation of external magnetic fields. Effect of coercion is eliminated and possibility to operate using second harmonic of magnetizing current is provided by means of second coil 18 which is connected to high-frequency signal oscillator 19. Measured value is judged by level of current running through coil 17. EFFECT: measuring magnetic fields and currents of power supply units. 1 dwg



RU 2 0 3 5 0 4 9 C 1

RU 2 0 3 5 0 4 9 C 1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения магнитных полей постоянных и электромагнитов, а также для бесконтактного измерения постоянных токов в системах питания электроустановок.

Известно устройство для измерения постоянных магнитных полей и токов, основанное на использовании эффекта Холла в полупроводниках [1]

Однако, значительная температурная зависимость в устройствах прямого измерения без обратной связи и значительные шумы приводят к большим погрешностям измерений. Применение компенсационных методов в таких устройствах, когда чувствительный элемент управляет цепью отрицательной обратной связи, ведет к существенному снижению температурной нестабильности, но не устраняет влияние шумов.

Кроме того, шина, по которой протекает измеряемый ток, часто пропускается внутрь замкнутого магнитопровода, в котором создается компенсирующее магнитное поле, а это требует разрыва токоведущей цепи для монтажа датчика, что не позволяет сделать измерители тока переносными [2] При этом значительно увеличиваются габариты и масса таких устройств.

Наиболее близким является устройство, основанное на эффекте Фарадея и использующее влияние измеряемой величины на угол поворота плоскости поляризации света, прошедшего магнитооптическую пленку, расположенную вблизи источника магнитного поля, в том числе токоведущей шины. Устройство содержит в оптической части: светодиод и расположенные по ходу его луча входной поляризатор, стопу магнитооптических пленок, двулучепреломляющий анализатор с пространственным разведением лучей взаимно ортогональных поляризаций и два фотодиода, расположенных по ходу разведенных лучей. Каждая магнитооптическая пленка в стопе характеризуется одноосной перпендикулярной анизотропией, т.е. ее ось легкого намагничивания лежит перпендикулярно плоскости пленки. Стопа пленок, являющаяся чувствительным элементом, помещена в электромагнитную катушку, создающую перпендикулярное плоскости пленок магнитное поле и служащую для компенсации внешнего магнитного поля, индуцируемого шиной с измеряемым током. Электронная часть устройства содержит элементы для реализации заданного алгоритма обработки выходных сигналов фотодиодов, в том числе вычислительное устройство, содержащее дифференциальный усилитель, компаратор и усилитель тока, соединенный выходом с компенсационной катушкой. Вычислительное устройство определяет разность сигналов фотодиодов, нормированную на их сумму. Компаратор, сравнивая нормированную разность фотосигналов с нулем, выдает управляющий сигнал на усилитель тока, который изменяет величину тока в компенсирующей катушке, а, следовательно, и ее магнитное поле, до такого значения, при котором происходит полная компенсация магнитного поля шины с током. По величине тока через

компенсационную катушку судят о величине тока в шине [3]

Недостатками описанного устройства являются невысокая точность измерения токов и полей и, как следствие, ограниченный снизу диапазон измеряемых величин. Указанные недостатки являются следствием того, что в устройстве применены магнитооптические пленки с одноосной перпендикулярной анизотропией, которые характеризуются достаточно высоким полем насыщения и, следовательно, небольшой крутизной передаточной характеристики "угол вращения плоскости поляризации измеряемое поле". С другой стороны, в описанном устройстве отсутствуют элементы, снижающие влияние коэрцитивности, присущей ферромагнитным материалам, на разброс результатов измерения, что особенно важно в области малых сигналов. Кроме этого, известным дополнительным источником погрешности при использовании сигналов нулевой частоты (постоянный ток) в качестве управляющих являются дрейф нуля входного усилителя и фликкер-шумы.

Целью изобретения является увеличение точности и расширение диапазона измеряемых постоянных полей и токов.

Указанная цель достигается тем, что в известной измеритель, включающий светодиод и расположенные по ходу его луча входной поляризатор, магнитооптическую пленку, анализатор с разведением лучей взаимно ортогональных поляризаций, два фотодиода, расположенные по ходу разведенных лучей, а также электромагнитную катушку, дифференциальный усилитель, компаратор и усилитель тока, соединенный выходом с катушкой, дополнительно введены прямая оптическая призма с основанием в виде равнобедренного прямоугольного треугольника, дополнительная электромагнитная катушка, фильтр нижних частот, фильтр верхних частот, синхронный детектор, второй компаратор, детектор нуля, коммутатор и генератор, при этом магнитооптическая пленка выбрана с плоскостной анизотропией и расположена на оптическом контакте на гипотенузной грани призмы, оптические оси светодиода и анализатора перпендикулярны второй и третьей боковым граням призмы соответственно, фотодиоды соединены с входами дифференциального усилителя, выход которого соединен с входами фильтров верхних и нижних частот, генератор основным выходом соединен с дополнительной катушкой, а вторым выходом, генерирующим удвоенную частоту основного сигнала, соединен с входом опорного сигнала синхронного детектора, основной вход которого соединен с выходом фильтра верхних частот, выход фильтра нижних частот соединен с первым входом первого компаратора и входом детектора нуля, выход синхронного детектора соединен с первым входом второго компаратора, при этом вторые входы обоих компараторов заземлены, а их выходы соединены с первым и вторым входами коммутатора, управляющий вход которого соединен с выходом детектора нуля, выход коммутатора соединен с входом усилителя тока, обе катушки выполнены на одном полюс каркаса,

имеющем форму прямоугольного параллелепипеда, призма расположена внутри каркаса гипотенузной гранью в непосредственной близости к внутренней поверхности одной из его граней и параллельно ей, оси катушек ориентированы вдоль линии пересечения плоскости пленки и плоскости распространения света, при этом усилитель тока выполнен с выходным индикатором.

На чертеже представлена принципиальная схема предлагаемого измерителя.

Измеритель содержит светодиод 1, свет от которого через поляризатор 2 попадает в оптическую призму 3, на гипотенузной грани которой на оптическом контакте расположена магнитооптическая пленка 4. Отразившись от внешней поверхности пленки 4, свет после выхода из призмы 3 попадает в двулучепреломляющий анализатор 5, в котором происходит разделение лучей взаимно ортогональных поляризаций.

Разделенные световые потоки детектируются фотодиодами 6 и 7, выходы которых соединены с входами дифференциального усилителя 8, сигнал с которого параллельно поступает на входы фильтра 9 нижних и фильтра 10 верхних частот. Выходные сигналы с фильтра нижних частот непосредственно, а с фильтра верхних частот, пройдя предварительно синхронный детектор 11, поступают на первые входы первого 12 и второго 13 компараторов соответственно, вторые входы которых заземлены. Параллельно выходной сигнал с фильтра нижних частот поступает на вход детектора 14 нуля, выход которого соединен с управляющим входом коммутатора 15, первый и второй входы которого соединены с выходами компараторов 12 и 13 соответственно. Выход коммутатора через усилитель 16 тока с индикатором соединен с электромагнитной компенсационной катушкой 7, намотанной на прямоугольном каркасе. На этом же каркасе намотана дополнительная катушка 18, соединенная с генератором 19, служащим для высокочастотного подмагничивания. Второй выход генератора 19, генерирующий удвоенную частоту основного сигнала, соединен с входом опорного сигнала синхронного детектора 11. Чувствительным элементом устройства является магнитооптическая пленка 4 с плоскостной анизотропией, расположенная так, что измеряемое магнитное поле или поле измеряемого тока, текущего в шине 20, ориентировано по линии пересечения плоскости падения света и плоскости пленки.

Измеритель работает следующим образом.

Под воздействием измеряемого магнитного поля или магнитного поля измеряемого постоянного тока происходит изменение намагниченности чувствительного элемента магнитооптической пленки 4 с плоскостной анизотропией. Плоскополяризованное поляризатором 2 излучение светодиода 1, проходя дважды магнитооптическую пленку и полностью отражаясь на ее внешней границе, взаимодействует с пленкой, что приводит к фарадеевскому повороту плоскости поляризации света. При этом для более эффективного ввода вывода наклонно падающего излучения в магнитооптическую

пленку применена оптическая призма 3. Плоскость падения света перпендикулярна плоскости пленки, а измеряемое магнитное поле или поле измеряемого тока должно быть ориентировано вдоль линии пересечения этих плоскостей. В качестве чувствительного элемента выбрана магнитооптическая пленка с плоскостной анизотропией, что приводит к существенному увеличению тангенса угла наклона передаточной характеристики "угол вращения плоскости поляризации измеряемое поле" по сравнению с пленками с одноосной перпендикулярной анизотропией. Так как последние характеризуются значительно большими полями насыщения при практически одинаковых фарадеевских константах взаимодействия. Это позволяет значительно уменьшить порог срабатывания по магнитному полю и, следовательно, расширить диапазон и увеличить точность измерений.

Кроме этого, измеритель снабжен генератором 19 для высокочастотного подмагничивания, соединенным с электромагнитной катушкой 18, что, эффективно снижая коэрцитивность чувствительного элемента на постоянном токе, также способствует достижению цели изобретения.

Из призмы 3 световое излучение попадает в двулучепреломляющий анализатор 5 с пространственным разведением лучей взаимно ортогональных поляризаций. Поляризатор 2 и анализатор 5 должны быть ориентированы своими главными осями под 45° друг относительно друга. Применение дифференциальной фотоприемной схемы, состоящей из фотодиодов 6 и 7 и дифференциального усилителя 8 их сигналов, обеспечивает полное подавление фотосигналов от фоновых световых потоков (не зависящих от внешних магнитных полей) и удвоение сигнала перемагничивания, измеряемого каждым каналом, при этом изменение направления намагничивания магнитооптической пленки приводит к смене знака постоянной составляющей выходного сигнала дифференциального усилителя. Выходной сигнал с последнего поступает в два параллельных канала обработки. В первом канале сигнал фильтруется от высокочастотных составляющих фильтром 9 нижних частот и подается на вход компаратора 12, где сравнивается с нулем. Во втором канале сигнал с дифференциального усилителя поступает на вход фильтра 10 верхних частот с целью подавления первой и выделения второй гармоники сигнала перемагничивания и далее на основной вход синхронного детектора 11, на опорный вход которого подается сигнал удвоенной частоты с вспомогательного выхода генератора 19 высокочастотного подмагничивания. Выходной сигнал синхронного детектора поступает на вход второго компаратора 13, где сравнивается с нулем. Выходы компараторов 12 и 13 через коммутатор 15 и усилитель 16 тока соединены с компенсационной катушкой 17. Коммутатор осуществляет переключение выходного сигнала орт канала постоянного тока к каналу второй гармоники. В последнем случае для управления компенсационной схемой используется эффект прохождения синхронного детектированного сигнала

второй гармоники через нуль при переходе через нуль внешнего магнитного поля. Детектор 14 нуля с управляемым порогом, сигнал с которого поступает на управляющий вход коммутатора, обеспечивает переключение управления от "грубой" цепи постоянного тока к "чувствительной" цепи второй гармоники. Порог срабатывания детектора 14 выбирается более высоким, чем уровень шумов канала постоянного тока, в том числе фликкер-шума, а также заведомо превосходящим возможный дрейф нуля в этом канале. При выходном сигнале фильтра нижних частот, превосходящем этот порог, управление передается каналу постоянного тока усилитель 16 тока соединяется с компаратором 12, а при сигнале с фильтра нижних частот, меньшем порога, управление передается каналу второй гармоники усилитель 16 тока соединяется с компаратором 13. Таким образом, достигается цель изобретения, связанная с ликвидацией погрешностей измерителя от фликкер-шума и дрейфа нуля входного усилителя постоянного тока, каким по сути является дифференциальный усилитель 8. Выход усилителя 16 соединен с компенсационной катушкой 17 таким образом, что ее магнитное поле полностью компенсирует измеряемое постоянное магнитное поле или поле тока, протекающего в шине 20, т. е. реализуется принцип общей отрицательной обратной связи, а магнитооптическая пленка по сути является "нуль-детектором" в схеме измерителя. Току в компенсационной катушке, измеряемому по встроенному в усилитель 16 индикатору, может быть расчетным методом или методом калибровки поставлено в соответствие измеряемое магнитное поле или измеряемый ток, текущий в шине 20.

Магнитооптический измеритель постоянных магнитных полей и токов может найти широкое применение в силовых подстанциях электротранспорта, в цепях управления и автоматического регулирования различного электропровода, в гальванике, робототехнике и т.п.

Формула изобретения:

МАГНИТООПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ТОКОВ включающий светодиод и расположенные по ходу его луча входной

поляризатор, магнитооптическую пленку, анализатор с разведением лучей взаимно ортогональных поляризаций, два фотодиода, расположенных по ходу разведенных лучей, а также электромагнитную катушку, дифференциальный усилитель, компаратор и усилитель тока, соединенный выходом с катушкой, отличающийся тем, что в него дополнительно введены прямая оптическая призма с основанием в виде равнобедренного прямоугольного треугольника, дополнительная электромагнитная катушка, фильтр нижних частот, фильтр верхних частот, синхронный детектор, второй компаратор, детектор нуля, коммутатор и генератор, при этом магнитооптическая пленка выбрана с плоскостной анизотропией и расположена на оптическом контакте на гипотенузной грани призмы, оптические оси светодиода и анализатора перпендикулярны к второй и третьей боковым граням призмы соответственно, фотодиоды соединены с входами дифференциального усилителя, выход которого соединен с входами фильтров верхних и нижних частот, генератор основным выходом соединен с дополнительной катушкой, а вторым выходом, генерирующим удвоенную частоту основного сигнала, соединен с входом опорного сигнала синхронного детектора, основной вход которого соединен с выходом фильтра верхних частот, выход фильтра нижних частот соединен с первым входом первого компаратора и входом детектора нуля, выход синхронного детектора соединен с первым входом второго компаратора, при этом вторые входы обоих компараторов заземлены, а их выходы соединены с первым и вторым входами коммутатора, управляющий вход которого соединен с выходом детектора нуля, выход коммутатора соединен с входом усилителя тока, обе катушки выполнены на одном полем каркасе, имеющем форму прямоугольного параллелепипеда, призма расположена внутри каркаса гипотенузной гранью в непосредственной близости к внутренней поверхности одной из его граней и параллельно ей, оси катушек ориентированы вдоль линии пересечения плоскости пленки и плоскости распространения света, при этом усилитель тока выполнен с выходным индикатором.

50

55

60