



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2011147434/28, 22.11.2011**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.11.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **22.11.2011**(45) Опубликовано: **10.05.2013** Бюл. № 13(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2246119 C2, 10.02.2005. SU 1405508**
A1, 20.06.1996. SU 1258194 A1, 20.04.1996. US
6815949 B2, 09.11.2004. US 6504374 B2,
07.01.2003.

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, Академгородок, 50,
стр.38, ИФ СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Великанов Дмитрий Анатольевич (RU)

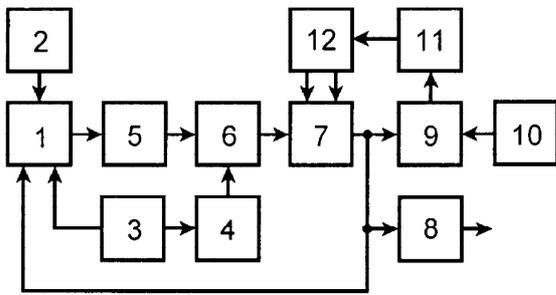
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт физики им. Л.В.
Киренского Сибирского отделения
Российской академии наук (ИФ СО РАН)
(RU)**(54) МАГНИТОМЕТР СО СВЕРХПРОВОДЯЩИМ КВАНТОВЫМ
ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМ ДАТЧИКОМ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для измерения переменных магнитных величин и может быть использовано при проведении магнитных измерений в следующих областях: физика магнитных явлений, геофизика, медицина, биомагнетизм. Сущность изобретения заключается в том, что магнитометр со сверхпроводящим квантовым интерферометрическим датчиком содержит сверхпроводящий квантовый интерферометрический датчик (СКВИД) с согласующими электрическими цепями, подключенный ко входу усилителя, выход которого соединен с первым входом синхронного детектора, выход синхронного детектора подключен ко входу интегратора с интегрирующим конденсатором, выходы генератора тока смещения, генератора низкой частоты и интегратора подключены к СКВИДу, между выходом генератора низкой частоты и вторым входом синхронного детектора включен фазовращатель, а

буферный каскад своим входом подключен к выходу интегратора, при этом в него введены двухпороговый регенераторный компаратор, источник постоянного напряжения, генератор одиночных импульсов и электронный ключ, причем двухпороговый регенераторный компаратор подключен первым входом к выходу интегратора, вторым входом к источнику постоянного напряжения, генератор одиночных импульсов подключен своим входом к выходу двухпорогового регенераторного компаратора, а выходом к управляющему входу электронного ключа, который своими первым и вторым выходами подключен к интегратору к обкладкам интегрирующего конденсатора. Технический результат - повышение эксплуатационных характеристик магнитометра со сверхпроводящим квантовым интерферометрическим датчиком, автоматизация операции обнуления интегратора. 3 ил.



Фиг. 1

RU 2 4 8 1 5 9 1 C 1

RU 2 4 8 1 5 9 1 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01R 33/035 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011147434/28, 22.11.2011

(24) Effective date for property rights:
22.11.2011

Priority:

(22) Date of filing: 22.11.2011

(45) Date of publication: 10.05.2013 Bull. 13

Mail address:

660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok, 50, str.38,
IF SO RAN, patentnyj otdel

(72) Inventor(s):

Velikanov Dmitrij Anatol'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut fiziki im. L.V. Kirenskogo Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk (IF SO RAN) (RU)

(54) **MAGNETOMETER WITH SUPERCONDUCTING QUANTUM INTERFEROMETRIC SENSOR**

(57) Abstract:

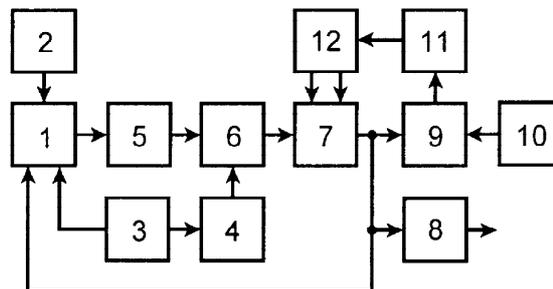
FIELD: physics.

SUBSTANCE: magnetometer with a superconducting quantum interferometric sensor has a superconducting quantum interferometric sensor (SQIS) with matching electric circuits, which is connected to the input of an amplifier, the output of which is connected to the first input of a synchronous detector; the output of the synchronous detector is connected to the input of an integrator with an integrating capacitor; outputs of the bias current generator, low frequency generator and the integrator are connected to the SQIS; between the output of the low frequency generator and the second input of the synchronous detector there is a phase changer; and a buffer stage is connected by its input to the output of the integrator, wherein said buffer stage includes a double-threshold generator comparator, a direct voltage source, a single pulse generator and an electronic switch, wherein the double-threshold generator comparator is connected by the first input to the output of the integrator,

by the second input to the direct voltage source; the single pulse generator is connected by its input to the output of the double-threshold generator comparator, and by the output to the control input of the electronic switch which is connected by its first and second outputs to the integrator to the plates of the integrating capacitor.

EFFECT: improved operating characteristics of a magnetometer with a superconducting quantum interferometric sensor, automation of the operation of nulling the integrator.

3 dwg



Фиг. 1

RU 2 481 591 C1

RU 2 481 591 C1

Изобретение относится к устройствам для измерения переменных магнитных величин и может быть использовано при проведении магнитных измерений в следующих областях: физика магнитных явлений, геофизика, медицина, биомагнетизм.

Магнитометр со сверхпроводящим квантовым интерферометрическим датчиком (СКВИД) представляет собой прибор для измерения магнитных полей и их градиентов. Его действие основано на эффекте Джозефсона [Кларк Дж. Принципы действия и применение СКВИДов. - ТИИЭР, 1989, т.77, №8, с.118-137].

Известна конструкция магнитометра со СКВИДом, в которой обнуление интегратора, входящего в состав электрической схемы прибора, осуществляется путем замыкания тумблера, включенного параллельно интегрирующему конденсатору. [Уэллстуд, Хейден, Кларк. Быстродействующий интегральный магнитометр на основе СКИП постоянного тока. - Приборы для научных исследований, 1984, №6, с.132-138].

Недостатком данной конструкции является то, что по достижении выходным сигналом магнитометра насыщения процесс измерений прекращается. Для возобновления измерений оператор всякий раз должен вручную производить обнуление интегратора, замыкая кратковременно тумблер. При этом оператору необходимо постоянно контролировать уровень выходного сигнала магнитометра. Такие действия требуют от оператора постоянного внимания и существенных затрат времени.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому устройству является конструкция магнитометра со СКВИДом, имеющего электрическую схему, состоящую из следующих основных узлов: СКВИДа, генератора тока смещения, генератора низкой частоты, фазовращателя, усилителя, синхронного детектора, интегратора, буферного каскада [Дробин В.М., Лоботка П., Трофимов В.Н. Блок регистрации сверхпроводящего квантового магнитометра. - ПТЭ, 1987, №3, с.158-161 (прототип)]. Прибор имеет несколько режимов по динамическому диапазону потока, приведенного к СКВИДу. Обнуление интегратора осуществляется замыканием кнопки, подключенной параллельно интегрирующему конденсатору.

Данная конструкция имеет следующие недостатки. Магнитометр имеет наивысшую чувствительность по входному потоку только при работе в режиме с минимальным динамическим диапазоном. При переключении в режим с большим динамическим диапазоном чувствительность прибора снижается пропорционально величине динамического диапазона. По достижении выходным сигналом магнитометра насыщения процесс измерений прекращается. Для возобновления измерений оператор всякий раз должен производить обнуление интегратора, вручную замыкая кнопку. При этом оператору необходимо постоянно контролировать уровень выходного сигнала магнитометра. Такие действия требуют от оператора постоянного внимания и существенных затрат времени, что приводит к частичной потере полезной информации и неоптимальному расходованию криогенных ресурсов.

Техническим результатом изобретения является улучшение технических и повышение эксплуатационных характеристик магнитометра со сверхпроводящим квантовым интерферометрическим датчиком за счет увеличения динамического диапазона магнитометра без снижения чувствительности, автоматизации операции обнуления интегратора, исключения мануальных действий.

Технический результат достигается тем, что в магнитометре со сверхпроводящим квантовым интерферометрическим датчиком, содержащем сверхпроводящий квантовый интерферометрический датчик (СКВИД) с согласующими электрическими цепями, подключенный ко входу усилителя, выход которого соединен с первым

входом синхронного детектора, выход синхронного детектора подключен ко входу интегратора с интегрирующим конденсатором, выходы генератора тока смещения, генератора низкой частоты и интегратора подключены к СКВИДу, между выходом генератора низкой частоты и вторым входом синхронного детектора включен фазовращатель, а буферный каскад своим входом подключен к выходу интегратора, новым является то, что в него введены двухпороговый регенераторный компаратор, источник постоянного напряжения, генератор одиночных импульсов и электронный ключ, причем двухпороговый регенераторный компаратор подключен первым входом к выходу интегратора, вторым входом к источнику постоянного напряжения, генератор одиночных импульсов подключен своим входом к выходу двухпорогового регенераторного компаратора, а выходом к управляющему входу электронного ключа, который своими первым и вторым выходами подключен к интегратору к обкладкам интегрирующего конденсатора.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием новых блоков: двухпорогового регенераторного компаратора, источника постоянного напряжения, генератора одиночных импульсов, электронного ключа и их связью с остальными элементами схемы.

Эти признаки позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна».

При изучении других известных технических решений в данной области техники признаки, отличающие заявляемое изобретение от прототипа, не выявлены, и поэтому они обеспечивают заявляемому техническому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

Сущность изобретения поясняется с помощью графических материалов.

На фиг.1 представлена функциональная схема магнитометра со СКВИДом. На фиг.2 даны эпюры напряжений на выходах элементов устройства. На фиг.3 представлен пример выполнения новых узлов заявленного устройства.

Магнитометр со СКВИДом (фиг.1) содержит сверхпроводящий квантовый интерферометрический датчик (СКВИД) 1 с согласующими электрическими цепями, генератор 2 тока смещения, генератор 3 низкой частоты, фазовращатель 4, усилитель 5, синхронный детектор 6, интегратор 7 с интегрирующим конденсатором, буферный каскад 8. СКВИД 1 подключен ко входу усилителя 5, выход которого соединен с первым входом синхронного детектора 6. Выход синхронного детектора 6 подключен ко входу интегратора 7. Выходы генератора 2 тока смещения, генератора 3 низкой частоты и интегратора 7 подключены к СКВИДу 1. Между выходом генератора 3 низкой частоты и вторым входом синхронного детектора 6 включен фазовращатель 4. Буферный каскад 8 своим входом подключен к выходу интегратора 7.

Кроме вышеперечисленных, магнитометр со СКВИДом содержит ряд новых узлов, а именно: двухпороговый регенераторный компаратор 9, источник 10 постоянного напряжения, генератор 11 одиночных импульсов и электронный ключ 12.

Компаратор 9 первым (сигнальным) входом подключен к выходу интегратора 7, а вторым входом (опорного напряжения) - к источнику 10. Генератор 11 подключен своим входом к выходу компаратора 9, а выходом к управляющему входу электронного ключа 12, который, в свою очередь, своими первым и вторым выходами подключен к интегратору 7 к обкладкам интегрирующего конденсатора.

Магнитометр со СКВИДом работает следующим образом.

Магниточувствительным датчиком магнитометра является СКВИД 1, к нему от

генератора 2 тока смещения подводится ток смещения, определяющий рабочую точку СКВИДа 1. Генератор 3 низкой частоты служит для модуляции магнитного потока в СКВИДе 1. Сигнал СКВИДа 1 усиливается усилителем 5 и детектируется синхронным детектором 6, который управляется опорным сигналом от генератора 3. Для подстройки фазы опорного сигнала служит фазовращатель 4. Сигнал с выхода синхронного детектора 6 фильтруется интегратором 7 и подводится к СКВИДу 1, индуцируя магнитный поток от цепи обратной связи. Напряжение U_7 с выхода интегратора 7 также поступает на вход буферного каскада 8, с выхода которого снимается выходной сигнал магнитометра. Приращение выходного напряжения интегратора 7 прямо пропорционально изменению входного (измеряемого) магнитного потока Φ , приложенного к СКВИДу 1 (фиг.2). Полный же квазистатический поток, приложенный к СКВИДу, складывается из суммы входного потока Φ и потока от цепи обратной связи и остается неизменным.

Двухпороговый регенераторный компаратор 9 сравнивает выходное напряжение U_7 интегратора 7 с напряжением U_{10} источника 10 постоянного напряжения. Если напряжение U_7 лежит в диапазоне между двумя заданными пороговыми напряжениями $-U_{10}$ и U_{10} , на выходе компаратора присутствует низкое выходное напряжение, соответствующее напряжению «0» логического нуля. При этом первый и второй выходы электронного ключа 12 разомкнуты, и электронный ключ 12 не оказывает влияния на работу интегратора 7. Как только напряжение U_7 выходит за пределы указанного диапазона, компаратор 9 переключается в состояние с высоким выходным напряжением, соответствующим напряжению «1» логической единицы. Более детально принцип действия и преимущества двухпорогового регенераторного компаратора были изложены автором ранее [RU 2426222 C1, Н03К 3/22, 5/24, 10.08.2011].

Положительный перепад выходного напряжения U_9 компаратора 9 запускает генератор 11, на выходе которого формируется импульс напряжения U_{11} заданной длительности. На время действия этого импульса выходы электронного ключа 12 замыкаются между собой, разряжая интегрирующий конденсатор, напряжение U_7 на выходе интегратора 7 становится равным нулю. При этом приложенный к СКВИДу 1 магнитный поток от цепи обратной связи скачком изменяется на целое число квантов магнитного потока, а компаратор 9 переключается в состояние с низким выходным напряжением, соответствующим напряжению «0».

Таким образом предотвращается насыщение напряжения U_7 на выходе интегратора 7, и процесс измерений продолжается. Фактически, это эквивалентно увеличению динамического диапазона магнитометра. Примечательно, что чувствительность магнитометра остается неизменной, поскольку, по сравнению с прототипом, не производится переключение режимов по динамическому диапазону потока, приведенного к СКВИДу.

Благодаря тому что компаратор является регенераторным, фронты его выходного сигнала формируются всегда резкими, даже при очень медленных изменениях сигнала на входе. Это важно при использовании логических схем в последующих каскадах, поскольку зачастую длительность фронта входных сигналов, требуемая для правильной работы цифровых схем, регламентирована сверху.

Пример (фиг.3)

Двухпороговый регенераторный компаратор 9 выполнен на операционных усилителях (ОУ) 13-15, резисторах 16-26, двухсторонних стабилитронах 27, 28 и диодах 29, 30. Данный узел, по сути, состоит из двух схемотехнически одинаковых

регенераторных компараторов (первого - на ОУ 13, резисторах 16-19, стабилитроне 27 и второго - на ОУ 14, резисторах 20-23, стабилитроне 28), инвертора напряжения на ОУ 15, резисторах 24, 25 и логического элемента 2ИЛИ на диодах 29, 30, резисторе 26. Резисторы 16, 17, 20, 21, 24, 25 подбираются с одинаковыми значениями сопротивлений. В качестве ОУ 13-15 использованы микросхемы типа КР140УД608А; в качестве стабилитронов 27, 28 использованы двухсторонние стабилитроны типа КС210Б; в качестве диодов 29, 30 использованы диоды типа КД522Б; в устройстве использованы резисторы типа С2-10-0,25. На выходе компаратора формируются напряжения, соответствующие высокому и низкому логическим уровням КМОП-микросхем.

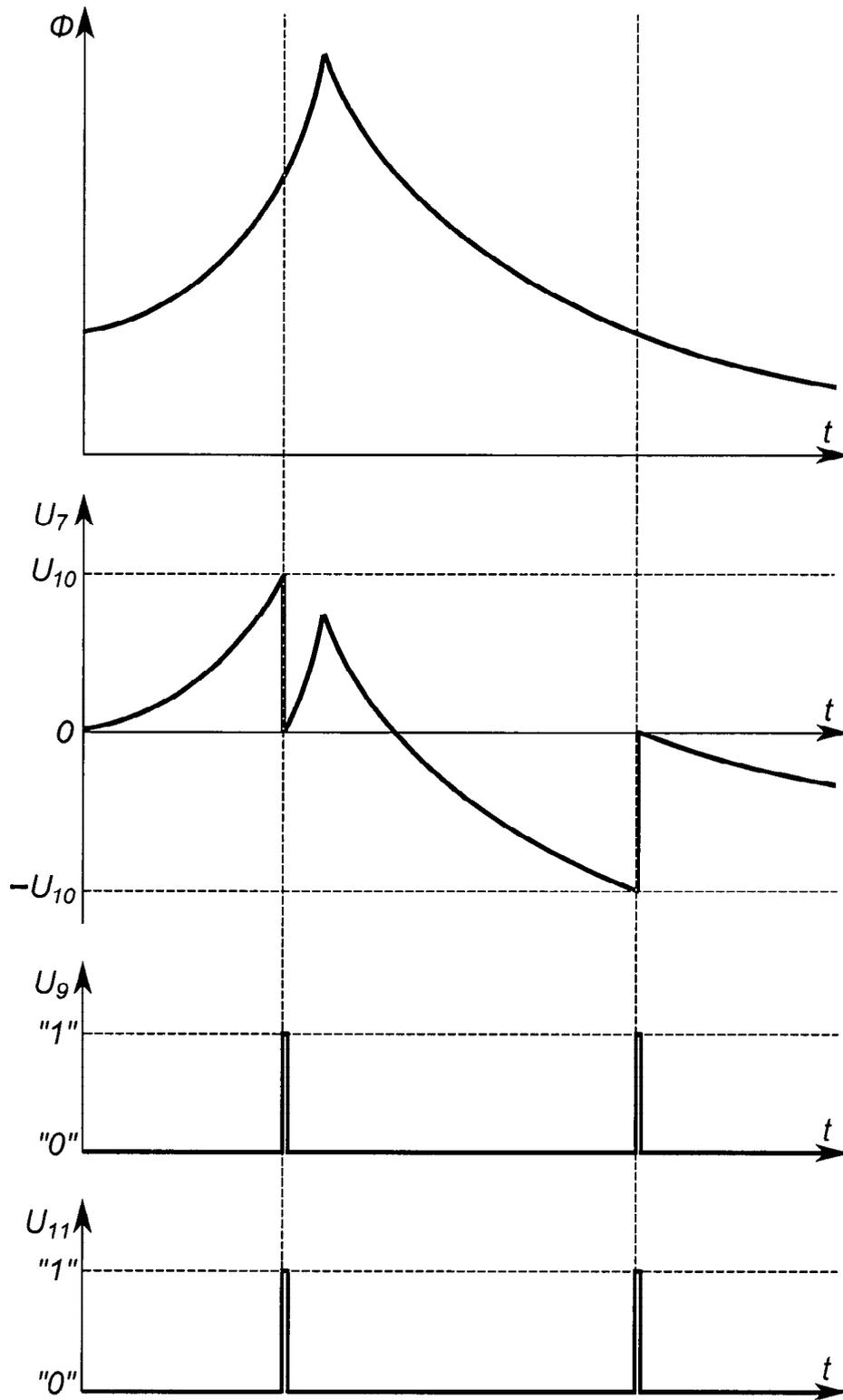
Источник 10 постоянного напряжения собран на основе прецизионного стабилитрона типа Д818Е и ОУ типа КР140УД608А, включенного по схеме повторителя напряжения. Регулировка выходного напряжения U_{10} осуществляется с помощью подстроечного резистора. Генератор 11 одиночных импульсов собран на D-триггере, входящем в состав КМОП-микросхемы К561ТМ1. Длительность импульсов задается параметрами элементов RC-цепи. В качестве электронного ключа 12 задействован один из каналов КМОП-микросхемы КР590КН7.

Итак, по сравнению с устройством аналогичного назначения (прототип) заявляемое устройство обладает рядом достоинств. В нем:

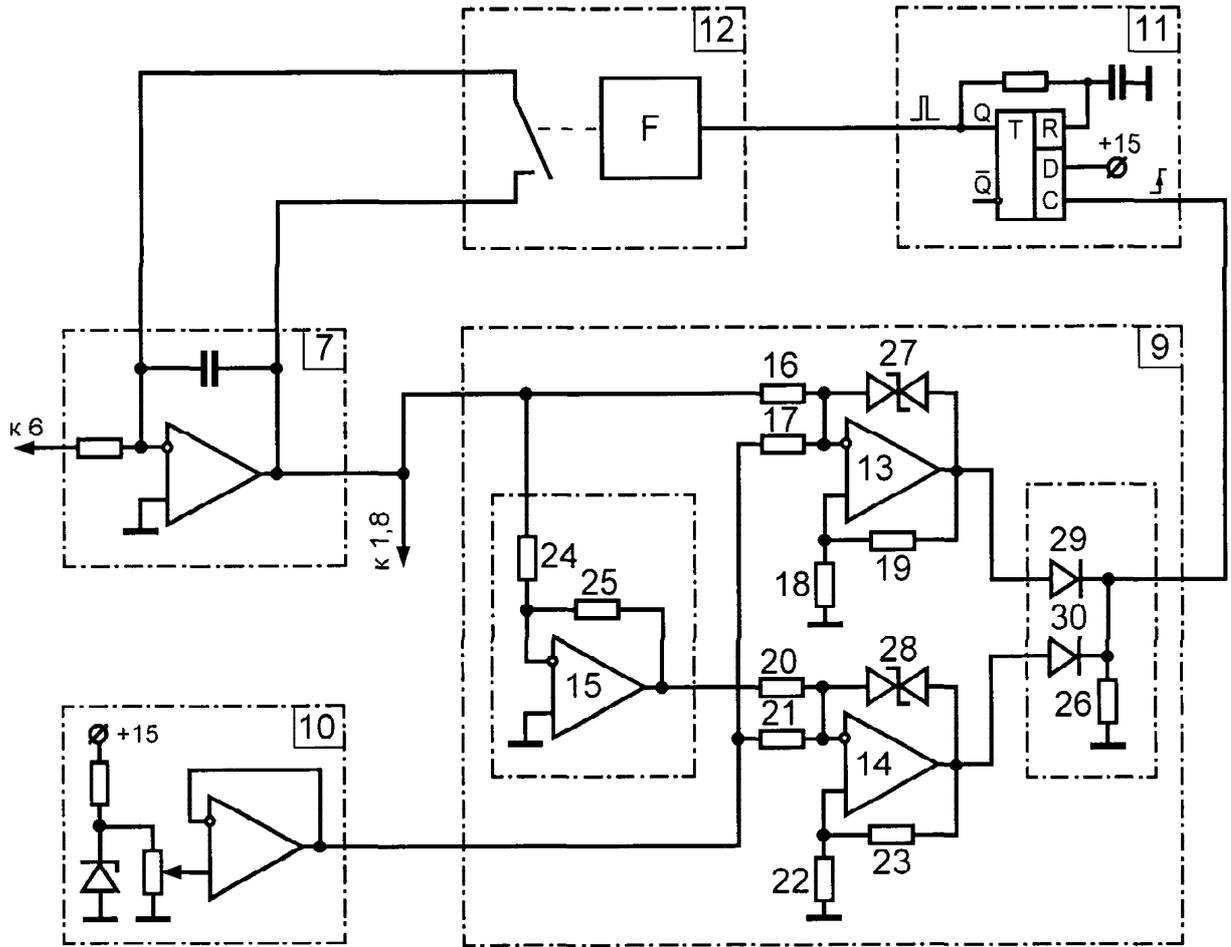
- автоматизирована операция обнуления интегратора;
- увеличен динамический диапазон магнитометра без снижения чувствительности;
- исключен ряд мануальных действий оператора;
- исключена потеря полезной информации;
- оптимизирован расход криогенных ресурсов.

Формула изобретения

Магнитометр со сверхпроводящим квантовым интерферометрическим датчиком, содержащий сверхпроводящий квантовый интерферометрический датчик (СКВИД) с согласующими электрическими цепями, подключенный ко входу усилителя, выход которого соединен с первым входом синхронного детектора, выход синхронного детектора подключен ко входу интегратора с интегрирующим конденсатором, выходы генератора тока смещения, генератора низкой частоты и интегратора подключены к СКВИДу, между выходом генератора низкой частоты и вторым входом синхронного детектора включен фазовращатель, а буферный каскад своим входом подключен к выходу интегратора, отличающийся тем, что в него введены двухпороговый регенераторный компаратор, источник постоянного напряжения, генератор одиночных импульсов и электронный ключ, причем двухпороговый регенераторный компаратор подключен первым входом к выходу интегратора, вторым входом к источнику постоянного напряжения, генератор одиночных импульсов подключен своим входом к выходу двухпорогового регенераторного компаратора, а выходом к управляющему входу электронного ключа, который своими первым и вторым выходами подключен к интегратору к обкладкам интегрирующего конденсатора.



Фиг. 2



ФИГ. 3