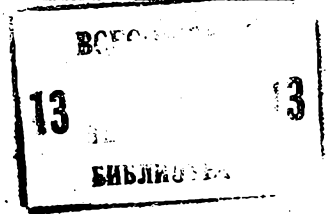




3 (5D) G 01 K 13/08

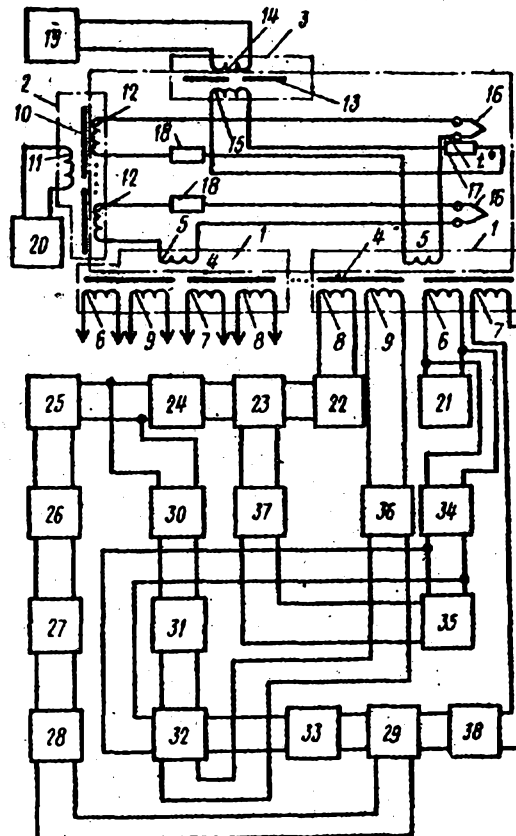
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ



# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) 972265  
(21) 3571030/18-10  
(22) 01.04.83  
(46) 15.07.84. Бюл. № 26  
(72) В.Б.Малешин, В.Г.Гусев,  
М.П.Иванов и А.П.Торгашев  
(71) Уфимский ордена Ленина авиацион-  
ный институт им.Орджоникидзе  
(53) 536.532(088.8)  
(56) 1. Авторское свидетельство СССР  
№ 972265, кл. G 01 K 13/08, 1981.

(54) (57) МНОГОКАНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВРАШАЮЩЕГОСЯ  
ОБЪЕКТА по авт.св. № 972265, отли-  
чающееся тем, что, с целью  
повышения точности измерения и упро-  
щения устройства, измерительная обмот-  
ка магнитомодуляционного токосъемника  
каждого канала измерения выполнена в  
виде двух секций, а вход согласующего  
блока и выход преобразователя напря-  
жение - ток подключены отдельно к  
соответствующим секциям этой обмотки.



Изобретение относится к области температурных измерений и предназначено для многоканального измерения температуры вращающегося объекта с помощью термопар.

По основному авт.св. № 972265 известно многоканальное устройство для измерения температуры вращающегося объекта, включающее индуктивный токосъемник с числом вращающихся обмоток равным числу каналов устройства, генератор сигнала подстройки, подключенный к неподвижной обмотке индуктивного токосъемника, и содержащее в каждом канале измерения термопару, расположенную на вращающемся объекте, магнитомодуляционный токосъемник, включающий магнитопровод и неподвижные измерительную, модуляционную обмотку и обмотку обратной связи, а также вращающуюся обмотку, подключенную через соответствующую вращающуюся обмотку индуктивного токосъемника к термопаре, генератор переменного тока, подключенный к модуляционной обмотке, последовательно соединенные согласующий блок, подключенный к измерительной обмотке, второй управляемый ключ и режекторный фильтр, последовательно соединенные фильтр верхних частот, подключенный к выходу режекторного фильтра, первый полосовой фильтр, демодулятор и первый интегратор, последовательно соединенные фильтр низких частот, подключенный к выходу режекторного фильтра, второй полосовой фильтр, первый управляемый ключ, второй интегратор и управляемый усилитель, нагруженный через регистратор на обмотку обратной связи магнитомодуляционного преобразователя, последовательно соединенные умножитель частоты, подключенный к выходу генератора переменного тока, делитель частоты и преобразователь напряжения-ток, выход которого подключен к измерительной обмотке магнитомодуляционного токосъемника, а также одновибратор, вход которого подключен к выходу делителя частоты, а выход соединен с управляющим входом второго управляемого ключа, причем выход первого интегратора подключен к управляющему входу управляемого усилителя, а выходы умножителя и делителя частоты подключены к управляющим входам первого управляемого ключа [1].

Температура холодных спаев вращающихся термопар контролируется с помо-

щью терморезистора, расположенного на холодном спае одной из термопар, второго индуктивного токосъемника, вращающаяся обмотка которого подключена к терморезистору, и блока измерения температуры холодного спая, подключенного к неподвижной обмотке второго индуктивного токосъемника.

Недостатками описанного устройства являются невысокая точность преобразования и сравнительно большая сложность вторичной аппаратуры.

Это объясняется тем, что при дополнительной модуляции магнитного сопротивления магнитомодуляционных токосъемников прямоугольным током, подаваемым в измерительную обмотку, на фильтры вторичной аппаратуры поступает сигнал, представляющий собой сумму прямоугольного напряжения и гармоники частоты тока модуляции. Амплитуда прямоугольного напряжения при этом соизмерима с амплитудой суммарного сигнала первой и высших гармоник частоты тока модуляции. В итоге на фильтры подается фактически ступенчатое напряжение. Это приводит к возникновению переходных процессов, параметры которых зависят от амплитуды тока дополнительной модуляции и добротности полосовых фильтров, и частичной потере информации. Поскольку частота основной модуляции обычно не превышает 100 Гц, то для четкого выделения информативной гармоники, например второй, необходимо использовать высокочастотные фильтры. Однако получить высокочастотный фильтр на одном активном элементе нельзя, поэтому приходится использовать последовательное включение нескольких низкочастотных полосовых фильтров, что существенно усложняет вторичную аппаратуру.

Кроме того, при увеличении коэффициента преобразования магнитомодуляционных токосъемников путем увеличения числа витков измерительных обмоток соответственно возрастают в  $\eta^2$  раз индуктивности этих обмоток, где  $\eta$  - число витков обмотки. Это приводит к увеличению длительности переходных процессов на обмотках при подаче в них прямоугольного тока дополнительной модуляции, вырезка которых с помощью второго управляемого ключа увеличивает разрывы между импульсами выходного сигнала последнего. Полосовые фильтры при увеличении этого раз-

рыва начинают возбуждаться, что ведет к появлению дополнительной погрешности преобразования тем большей, чем больше длительность вырезаемых вторым управляемым ключом переходных процессов.

Целью изобретения является повышение точности измерения и упрощения устройства.

Поставленная цель достигается тем, что измерительная обмотка магнитомодуляционного токосъемника каждого канала измерения выполнена в виде двух секций, а вход согласующего блока и выход преобразователя напряжение-ток подключены раздельно к соответствующим секциям этой обмотки.

Наличие второй секции измерительной обмотки в магнитомодуляционном токосъемнике и ее подключение к выходу преобразователя напряжение - ток позволяет исключить ступенчатое изменение выходного сигнала токосъемника, снимаемого с первой секции измерительной обмотки, так как в последнюю могут трансформироваться только фронты прямоугольного тока и, следовательно, его влияние проявляется только в коротких выбросах, наложенных на информационный сигнал.

Эти выбросы практически не вызывают переходных процессов на полосовых фильтрах, даже если не осуществляется их вырезка вторым управляемым ключом. Тем самым уменьшается погрешность преобразования информационного сигнала, так как переходные процессы на фильтрах на работу вторичной аппаратуры уже не влияют. Кроме того, появляется возможность уменьшить число последовательно включенных фильтров с низкой добротностью, заменив их одним с высокой добротностью, что позволяет резко уменьшить аппаратные затраты. В ряде случаев при определенных соотношениях параметров магнитомодуляционного токосъемника и параметров прямоугольного тока дополнительной модуляции возможно исключение из состава вторичной аппаратуры второго управляемого ключа и одновибратора, что также существенно упрощает вторичную аппаратуру.

На чертеже приведена блок-схема предложенного многоканального устройства для измерения температуры вращающегося объекта (вторичная аппаратура

показана для одного канала преобразования).

Устройство содержит магнитомодуляционные токосъемники 1, число которых равно числу каналов измерения температуры вращающегося объекта, индуктивный токосъемник 2 для передачи сигнала подстройки, индуктивный токосъемник 3 для контроля температуры холодного спая термопар и вторичную аппаратуру, одинаковую для каждого канала измерения.

Каждый магнитомодуляционный токосъемник 1 включает магнитопровод 4, вращающуюся обмотку 5, неподвижные обмотки: модуляционную 6 и обратной связи 7 и две секции 8 и 9 измерительной обмотки.

Индуктивный токосъемник 2 включает магнитопровод 10, неподвижную обмотку 11 и ряд вращающихся идентичных обмоток 12 (например, выполненных скрученными из нескольких изолированных жил проводов), число которых равно числу каналов устройства.

Индуктивный токосъемник 3 включает магнитопровод 13, неподвижную обмотку 14 и вращающуюся 15.

Все токосъемники 1-3 могут выполняться на одном валу в виде единого блока, стыкуемого с валом вращающегося объекта или расположенного на проходной части вала вращающегося объекта, или в виде отдельных секций, валы которых механически соединяются между собой и вращающимся объектом муфтами.

На вращающемся объекте расположены термопары 16, число которых равно числу каналов измерения, терморезистор 17 и дополнительные резисторы 18. Резисторы 18 обеспечивают требуемый режим работы термопар 16, например режим заданного тока, в случае, если активное сопротивление вращающихся обмоток 5 и 12 токосъемников 1 и 2 соответственно и соединенных проводов мало.

Терморезистор 17 располагается непосредственно на холодном спае одной из термопар 16, и его сопротивление однозначно соответствует температуре спае. Терморезистор 17 может выполняться в виде медной или платиновой проволоки, намотанной непосредственно на холодный спай термопары 16. При небольших температурах окружающей среды и холодного спае термопары 16 возможно использование полупроводниковых

терморезисторов. Холодные спай терморпар 16 целесообразно располагать в непосредственной близости друг от друга, чтобы они могли иметь более близкие значения температур. Терморрезистор 17 подключен к вращающейся обмотке 15 индуктивного токосъемника 3.

Терморпары 16 включены последовательно с вращающимися обмотками 12 индуктивного токосъемника 2 и резисторами 17 соответственно и соединены с вращающимися обмотками 5 соответствующих магнитомодуляционных токосъемников 1.

Неподвижная обмотка 14 индуктивного токосъемника 3 подключена к блоку 19 измерения температуры холодного спая терморпары 16.

Неподвижная обмотка 11 индуктивного токосъемника 2 подключена к выходу генератора сигнала подстройки 20, представляющего собой генератор переменного напряжения стабильной частоты (2-3 кГц) и стабильной амплитуды, ток которого не влияет существенно на положение рабочей точки магнитопроводов магнитомодуляционных токосъемников 1 (единицы - десятки милливольт).

Вторичная аппаратура обработки измерительного сигнала магнитомодуляционного токосъемника 1 одинакова для каждого канала измерения (на чертеже показана аппаратура только одного канала), включает в себя генератор переменного тока модуляции 21 стабильной частоты и амплитуды тока, согласующий блок 22, второй управляемый ключ 23, режекторный фильтр 24, фильтр верхних частот 25, первый полосовой фильтр 26, демодулятор 27, первый интегратор 28, выход которого соединен с управляющим входом управляемого усилителя 29, фильтр низких частот 30, второй полосовой фильтр 31, первый управляемый ключ 32, второй интегратор 33, выход которого соединен с входом управляемого усилителя 29, умножитель (удвоитель) частоты 34, делитель частоты 35, преобразователь напряжение-ток 36, одновибратор 37 и регистратор 38, например стрелочный или цифровой прибор.

Режекторный фильтр 24 настроен на частоту тока модуляции генератора 21. Фильтр верхних частот 25 настроен так, что полоса его пропускания начинается с частоты, превышающей в несколько раз (в 3-4 раза) частоту тока модуля-

ции генератора 20. Первый полосовой фильтр 26 настроен на частоту сигнала подстройки. Фильтр низких частот 30 настроен так, что не пропускает гармоники с частотой, превышающей удвоенную частоту тока модуляции генератора 20 в 2,2-2,5 раза. Второй полосовой фильтр 31 настроен на удвоенную частоту тока модуляции генератора 20.

Первый управляемый ключ 32 имеет два управляющих входа, подключенных к выходам умножителя частоты 34 и делителя частоты 35.

В случае, если выходной сигнал магнитомодуляционного токосъемника 1 снимается не по второй гармонике тока модуляции генератора 21, а по другой, например четвертой, то умножитель частоты 24 должен производить умножение частоты входного сигнала в 4 раза, а фильтры 30 и 31 должны быть перестроены соответствующим образом.

Устройство работает следующим образом (рассматривается работа одного канала).

Генератор переменного тока 21 создает в обмотке модуляции 6 магнитомодуляционного токосъемника 1 ток, амплитуда которого достаточна для введения магнитопровода 4 или части его в насыщение. Одновременно через секцию 9 измерительной обмотки пропускается прямоугольный ток дополнительной модуляции со скважностью 2 и частотой в 15-20 раз меньшей, чем частота тока генератора 21. Указанный ток дополнительной модуляции формируется с помощью цепи, включающей блоки 21, 34, 35 и 36.

Кроме того, сигнал подстройки генератора 20 передается с помощью индуктивного токосъемника 2 во вращающуюся цепь терморпары 16 (терморпара 16, вращающиеся обмотки 5 и 12 и резистор 18).

При отсутствии разницы температур между рабочим и холодным спаями терморпары 16 развиваемая ею ЭДС равна нулю и постоянный ток во вращающейся цепи не протекает. При этом с первой секции 8 неподвижной измерительной обмотки магнитомодуляционного токосъемника 1 наводится ЭДС, состоящая из гармоники частоты подстройки, гармоник ЭДС частоты тока модуляции и выбросов, наводимых в секции 8 фронтами прямоугольного тока дополнитель-

ной модуляции, протекающего в секции 9.

Указанный сигнал проходит согласующий блок 22 и поступает на вход второго управляемого ключа 23, который управляется одновибратором 37, синхронизированным от делителя частоты 35. Ключ 23 оказывается запертым на часть периода прямоугольного тока дополнительной модуляции, формируемого блоком 36. Поэтому выбросы, наводимые в секции 8 фронтами прямоугольного тока дополнительной модуляции, вырезаются. Длительность вырезаемой части периода регулируется с помощью подстройки одновибратора 37.

При определенных режимах работы (невысокая крутизна фронтов прямоугольно модуляции в секции 9, определенное соотношение чисел витков секций 8 и 9) амплитуда и длительность выбросов, вызываемых фронтами тока дополнительной модуляции, оказываются небольшими. Поэтому они не оказывают заметного влияния на работу остальной части вторичной аппаратуры, и необходимость в их вырезке отпадает. В этом случае блоки 37 и 23 не нужны и их можно исключить из состава вторичной аппаратуры, осуществлено ее упрощение.

Разрывы выходного сигнала второго управляемого ключа 23, как правило, невелики и на работе фильтров 24, 25, 26, 30 и 31 практически не сказываются, а наличие интеграторов 28 и 33 полностью исключает влияние этих разрывов на работу устройства в целом.

Сигнал с выхода блока 23 поступает на вход режекторного фильтра 24, который подавляет первую гармонику тока модуляции генератора 21. Далее сигнал поступает на входы фильтра верхних частот 25 и фильтра низких частот 30.

Фильтр верхних частот 25, первый полосовой фильтр 26, демодулятор 27 и интегратор 28 выделяют модулированный по амплитуде сигнал частоты подстройки, выделяют и сглаживают его огибающую, которая затем подается на управляющий вход управляемого усилителя 29. Значение коэффициента усиления усилителя 29 определяется средним значением амплитуды огибающей сигнала подстройки.

Одновременно фильтр низких частот 30 и второй полосовой фильтр 31 выделяют вторую гармонику тока модуляции генератора 21, промодулированную низкочастотным прямоугольным напряжением тока дополнительной модуляции, формируемым блоком 36. Модуляция осуществляется посредством взаимодействия магнитных полей основной и дополнительной модуляции в магнитопроводе 4 магнитомодуляционного токосъемника 1.

Выделенное напряжение второй гармоники тока модуляции генератора 21 поступает на вход первого управляемого ключа 32. На управляющие входы его подаются низкочастотное прямоугольное напряжение с выхода делителя частоты 35 и прямоугольное напряжение удвоенной частоты модуляции с выхода умножителя частоты 34. Поэтому ключ 31 в течение одного полупериода низкочастотного напряжения работает как инвертирующий детектор, а в течение другого полупериода — как неинвертирующий. Форма напряжения на входе первого управляемого ключа 32 при отсутствии разности температур между спаями термпары 16 и отсутствии остаточной намагниченности материала магнитопровода магнитомодуляционного токосъемника 1 представляет собой отрицательные и положительные прямоугольники низкочастотного напряжения дополнительной модуляции, заполненные полуволнами синусоид напряжений второй гармоники частоты тока модуляции генератора 20. При указанных условиях площади положительной и отрицательной полуволны должны быть одинаковы, поэтому на выходе второго интегратора 33 присутствует нулевой сигнал. Соответственно через регистратор 38 ток по обмотке обратной связи 8 магнитомодуляционного токосъемника 1 не протекает.

В случае, если остаточная намагниченность материала магнитопровода магнитомодуляционного токосъемника 1 отлична от нуля, то остаточный магнитный поток либо суммируется в один из полупериодов низкочастотного магнитного потока, создаваемого прямоугольным током в секции 9, либо вычитается из него в другой полупериод. Это приводит к появлению разности площадей положительного и отрицательного прямоугольников низкочастотного напряжения после первого управляемого ключа

ча 32. Пропорциональное разности этих площадей напряжение с выхода интегратора 33 усиливается усилителем 29, и ток, протекающий через регистратор 38 по обмотке обратной связи 7 магнитомодуляционного токосъемника 1, компенсирует этот ложный сигнал.

Поэтому после прогрева аппаратуры перед началом измерений должен выставляться ноль у регистратора 38.

При появлении разности температур между спаями термопары 16 во вращающейся цепи протекает постоянный ток, пропорциональный этой разности. В соответствии с принципом работы магнитомодуляционного токосъемника 1 это вызывает изменение уровня второй гармоники тока модуляции генератора 21 в спектре его выходного сигнала на секции 8 неподвижной измерительной обмотки. Изменение амплитуды второй гармоники приводит к соответствующему изменению глубины модуляции ее низкочастотным прямоугольным током в секции 9. Соответственно соотношение площадей отрицательного и положительного прямоугольников низкочастотного напряжения на входе второго управляемого ключа изменяется, на выходе второго интегратора 33 появляется постоянное напряжение, значение которого пропорционально разности площадей прямоугольников на выходе второго управляемого ключа 32 (или разности температур между спаями термопары 16), а знак зависит от направления постоянного тока термопары 16 во вращающейся обмотке 5. Это напряжение преобразуется управляемым усилителем 29 в ток, который через регистратор 38 заводится в обмотку обратной связи 7 магнитомодуляционного токосъемника 1, компенсируя магнитный поток, развиваемый током термопары 16 во вращающейся обмотке 5.

Значение постоянного тока, протекающего через регистратор 38 в обмотке обратной связи 7, однозначно соответствует разности температур между спаями термопары 16.

Окончательное определение температуры вращающегося объекта в месте закладки термопары 16 производится с учетом значения температуры холодного токосъемника 3 и блока измерения 19.

Блок измерения 19 температуры холодного спая термопары 16 может быть выполнен по известной схеме с транс-

формацией сопротивления или с емкостными токосъемниками.

Изменения коэффициентов преобразования индуктивного токосъемника 2 или магнитомодуляционного токосъемника 1 при изменениях температуры окружающей среды, приводящих к изменению активных сопротивлений обмоток, изменению магнитных свойств материала магнитопровода, воздушных зазоров и т.п., компенсируются с помощью цепи преобразования сигнала подстройки, включающего блоки 22-29. При этом изменения уровня огибающей сигнала подстройки на входе первого интегратора 28 с обратным знаком подаются на управляющий вход управляемого усилителя 29, изменяя его коэффициент усиления таким образом, чтобы коэффициент передачи тракта, включающего магнитомодуляционный токосъемник 1, линию связи, блоки 22, 23, 24, 30, 31, 32, 33 и 29, оставался постоянным. Тем самым в получающейся компенсационной схеме исключается влияние мультипликативных составляющих погрешности преобразования.

Аддитивная составляющая погрешности преобразования магнитомодуляционного токосъемника 1 устраняется с помощью дополнительной модуляции, осуществляемой с помощью цепи, состоящей из блоков 21, 34, 35, 36 и секции 9 измерительной обмотки. При этом используется симметрия кривой намагничивания магнитопровода магнитомодуляционного токосъемника 1, что обеспечивает одинаковое изменение площадей отрицательного и положительного прямоугольников после первого управляемого ключа 32 (одинаковое уменьшение или одинаковое увеличение) при изменении магнитных свойств при колебаниях температуры, так что разность их остается постоянной.

Таким образом, предложенное устройство имеет повышенную точность преобразования по сравнению с прототипом и более простую структуру вторичной аппаратуры благодаря исключению переходных процессов на полосовых фильтрах и возможности их упрощения, а в ряде случаев и исключения одновибратора и второго управляемого ключа.

Предлагаемое устройство по сравнению с прототипом позволяет повысить точность и достоверность определения запасов прочности у разрабатываемых

объектов новой техники специального назначения, газотурбинных двигателей, вращающихся печей, ультрацентрифуг и т.п. при проведении их экспериментальных исследований и доводке. Использование устройства в различных отраслях промышленности, где требуется осуществлять непрерывный контроль температуры вращающихся объектов (энергетика, промышленность строительных материалов, нефтехимия, химия,

двигателестроение и т.п.), позволяет оптимизировать производственные процессы, и получить значительное количество дополнительной продукции без капитальных вложений.

Погрешность измерения температуры вращающегося объекта с помощью предлагаемого устройства меньше погрешности прототипа на 0,5-0,6% в типичных режимах работы.

Составитель В.Журавлев

Редактор Н.Швыдкая Техред А. Бабинец

Корректор А.Ференц

Заказ 4943/30

Тираж 823

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5

Филиал ИПИ "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная, 4