



УКРАЇНА

(19) UA<sup>(11)</sup> 10516<sup>(13)</sup> A

(31) G 12 B 17/02; H 05 K 9/00

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті  
на підставі Постанови Верховної Ради України  
№ 3769-XII від 23 XII 1993 рПублікується  
в редакції заявника

(54) МАГНІТНИЙ ЕКРАН

1

(21) 93101040

(22) 03 03 93

(24) 25 12 96

(46) 25.12.96. Бюл. № 4

(56) 1 Афанасьев Ю.В. и др. Применение ферромагнитного экрана для испытаний высокочастотных магнитометров, сб. "Геофизическая аппаратура", вып.44, Л., Недра, 1970, с 138-140

2 Авторское свидетельство СССР  
№ 649045, кл G 12 B 17/02, 1979

(72) Цедик Вячеслав Иванович, Щекланов Олег Володимирович, Яремчук Анатолій Антонович

(73) Національний технічний університет України "Київський політехнічний Інститут" (UA)

(57) Магнитный экран, содержащий  $n$  размагничивающих обмоток, плоскости витков которых ортогональны,  $n$  датчиков пространственных составляющих магнитного поля и  $n$  усилителей мощности сигналов датчиков, отличающийся тем, что в него введены  $n+1$ -я,  $n+2$ -я, ...,  $2n$ -я размагничивающие обмотки с ортогональными плоскостями витков,  $n$  корректоров параметров сигналов,  $n$  преобразователей ток-напряжение, входы которых соединены с выходами

2

соответствующих датчиков пространственных составляющих магнитного поля, а выходы связаны со входами соответствующих корректоров параметров сигналов, выходы которых связаны со входами соответствующих усилителей мощности, первые выходы которых соединены с началами соответствующих, а также  $n+1$ -й,  $n+2$ -й, ...,  $2n$ -й размагничивающих обмоток, а вторые выходы соединены с концами соответствующих, а также  $n+1$ -й,  $n+2$ -й, ...,  $2n$ -й размагничивающих обмоток, плоскости витков которых параллельны плоскостям витков первой, второй, ...,  $n$ -й размагничивающих обмоток и расположены на расстоянии  $l$  от последних, при этом все размагничивающие обмотки расположены на открытом кубическом каркасе без граней, состоящем из реберных соединений, а расстояние  $l$  пропорционально длине ребра этого каркаса, кроме того, датчики пространственных составляющих магнитного поля размещены в плоскостях, параллельных плоскостям витков соответствующих размагничивающих обмоток, и в области между размагничивающими обмотками, плоскости витков которых параллельны.

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для защиты различных объектов от воздействия внешнего магнитного поля.

Известен магнитный экран, выполненный в виде полого корпуса, содержащего размагничивающие обмотки, плоскости витков которых ортогональны [1]. Применение такого экрана не обеспечивает эффектив-

(19) UA<sup>(11)</sup> 10516<sup>(13)</sup> A

ную защиту объектов от внешних магнитных полей в случае значительных колебаний величины напряженности помехонесущего поля

В качестве прототипа выбран магнитный экран, содержащий полый корпус с размещенными на его поверхности размагничивающими обмотками, плоскости витков которых ортогональны а также снабженный датчиками пространственных составляющих магнитного поля, расположенными в плоскостях, перпендикулярных осям соответствующих обмоток, и усилителями сигналов датчиков, соединенными с выводами размагничивающих обмоток [2] Однако такой экран обладает рядом недостатков, которые в конечном счете снижают эффективность экранирования.

Во-первых, данный экран слабо защищает объекты, находящиеся внутри него от переменных магнитных полей. Это происходит вследствие того, что с повышением частоты колебаний помехонесущего поля из-за возрастания фазовых сдвигов, вносимых усилителями сигналов датчиков магнитного поля и размагничивающими обмотками нарушаются условия компенсации помехонесущего поля При воздействии на экран импульсного поля вышеупомянутые электрические узлы искажают форму импульса, что также резко снижает эффективность экранирования. Во-вторых, вследствие использования по одной размагничивающей обмотке произвольной формы для компенсации каждой пространственной составляющей магнитного поля компенсирующее поле не является однородным, что ощутимо снижает объем области экранирования, уменьшая его до объема зоны расположения датчиков пространственных составляющих магнитного поля. В-третьих, данный экран крайне неудобен в эксплуатации в связи с отсутствием оперативного доступа в область экранирования.

Заявляемый магнитный экран решает задачу повышения эффективности экранирования переменных, в том числе импульсных магнитных полей, позволяет увеличить объем области экранирования без изменения габаритов экрана и имеет более высокие эксплуатационные характеристики (оперативный доступ в область экранирования, повышенная устойчивость работы) по сравнению с прототипом.

Сущность предполагаемого изобретения заключается в том, что в известное устройство, содержащее  $n$  размагничивающих обмоток, плоскости витков которых ортогональны,  $n$  датчиков пространственных составляющих магнитного поля и  $n$  усилителей мощности сигналов датчиков, введены  $n+1$ -

я,  $n+2$ -я, ...,  $2n$ -я размагничивающие обмотки с ортогональными плоскостями витков,  $n$  корректоров параметров сигналов,  $n$  преобразователей ток-напряжение, входы которых соединены с выходами соответствующих датчиков пространственных составляющих магнитного поля, а выходы связаны со входами соответствующих корректоров параметров сигналов, выходы которых связаны со входами соответствующих усилителей мощности, первые выходы которых соединены с началами соответствующих, а также  $n+1$ -й,  $n+2$ -й, ...,  $2n$ -й размагничивающих обмоток, а вторые выходы соединены с концами соответствующих, а также  $n+1$ -й,  $n+2$ -й, ...,  $2n$ -й размагничивающих обмоток, плоскости витков которых параллельны плоскостям первой, второй, ...,  $n$ -й размагничивающих обмоток и расположены на расстоянии  $l$  от последних, при этом все размагничивающие обмотки расположены на открытом кубическом каркасе без граней, состоящем из реберных соединений, а расстояние  $l$  пропорционально длине ребра этого каркаса, кроме того датчики пространственных составляющих магнитного поля размещены в плоскостях витков соответствующих размагничивающих обмоток, и в области между размагничивающими обмотками, плоскости витков которых параллельны.

В данном изобретении введение дополнительных размагничивающих обмоток позволило увеличить объем области экранирования без изменения габаритов экрана, а также применение оригинальной открытой конструкции каркаса позволило получить оперативный доступ в область экранирования во время функционирования устройства, путем введения регулируемых корректоров параметров сигналов повысить устойчивость работы экрана, а также эффективность экранирования объектов при воздействии переменных полей повышенной частоты и импульсных полей.

На чертеже приведены схемы заявляемого устройства: на фиг.1 – функциональная схема магнитного экрана, на фиг.2 – эскиз каркаса магнитного экрана. Схема на фиг.1 содержит  $n$  датчиков пространственных составляющих магнитного поля 1.1, 1.2, ..., 1. $n$ ,  $n$  преобразователей ток-напряжение 2.1, 2.2, ..., 2. $n$ ,  $n$  корректоров сигналов 3.1, 3.2, ..., 3. $n$ ,  $n$  усилителей мощности 4.1, 4.2, ..., 4. $n$ ,  $2n$  размагничивающих обмоток 5.1, 5.2, ..., 5. $n$ , 5. $n+1$ , ..., 5.2. $n$ . Датчики пространственных составляющих 1.1, ..., 1. $n$  подключены соответственно ко входам корректоров параметров сигналов 3.1, ..., 3. $n$ , выходы которых соединены соответственно со входами усилителей мощности 4.1, ..., 4. $n$ , а первые выходы последних, в свою очередь,

соответственно соединены с началами размагничивающих обмоток 5.1...5.n, концы которых подключены соответственно к выходным усилителей мощности 4.1...4.n. Штриховыми линиями со стрелками обозначены магнитные связи, которые показывают, что оси размагничивающих обмоток в каждой паре, например 5.1 и 5.n+1, совпадают между собой и с направлением пространственной составляющей магнитного поля, действующей перпендикулярно плоскости, в которой находится в данном случае датчик 1.1. То же касается и обмоток 5.n, 5.2n с датчиком 1.n. Число n соответствует числу компенсируемых пространственных составляющих помехонесущего магнитного поля.

На фиг.2 представлен эскиз каркаса экрана с расположенными на его поверхностях размагничивающими обмотками для случая  $n=2$ . Открытый кубический каркас 6 не содержит граней и состоит лишь из реберных соединений. На каркасе намотаны пары размагничивающих обмоток, воспроизводящие первую пространственную составляющую компенсирующего магнитного поля — 5.1, 5.n+1 и вторую составляющую — 5.n, 5.2n. Плоскости витков пар обмоток, воспроизводящих разные составляющие магнитного поля, ортогональны. Плоскости витков обмоток каждой пары, воспроизводящие одну и ту же составляющую магнитного поля, параллельны и находятся на расстоянии  $l = 0.5445a$  и друг от друга, где  $a$  — длина ребра кубического каркаса, что требуется для создания однородного магнитного поля. Область экранирования 7, в которой располагаются защищаемые от магнитного поля объекты и датчики пространственных составляющих, создается между плоскостями витков размагничивающих обмоток. Защищаемые объекты помещаются в область экранирования через окна между обмотками.

Работает магнитный экран следующим образом. При возникновении помехонесущего магнитного поля устройство создает в области экранирования компенсирующее магнитное поле, вектор напряженности которого направлен встречно вектору напряженности помехонесущего поля, а амплитуда напряженности этого поля практически равна по значению амплитуде напряженности помехонесущего. При увеличении помехонесущего поля соответственно увеличивается встречное компенсирующее поле. Таким образом, исключается возможность проникновения внешнего магнитного поля в область экранирования.

Остаточное поле выделяется датчиками 1.1...1.n, которые осуществляют функциональное преобразование напряженности

поля в электрические сигналы, пригодные для электронной обработки. В качестве датчиков пространственных составляющих помехонесущего магнитного поля целесообразно применить индукционные преобразователи вследствие высокого значения модуля коэффициента преобразования, простого регулирования значения этого модуля путем изменения числа витков, а также из-за дешевизны, простоты изготовления и использования. Кроме этого, такие преобразователи являются пассивными, то есть не требуют питания.

Известно, что напряженность воздействующего на индукционный преобразователь магнитного поля пропорциональна электрическому току через него. Таким образом, через индукционные преобразователи, включенные в качестве датчиков 1.1...1.n будут течь токи пространственных составляющих этого поля, которые для дальнейшей обработки необходимо преобразовать в напряжения, так как собственные напряжения на индукционных преобразователях пропорциональны производным напряженностей пространственных составляющих магнитного поля. Эту функцию выполняют преобразователи ток-напряжение 2.1...2.n, хорошо описанные в популярной литературе. Необходимо отметить, что в случае применения в качестве датчиков 1.1...1.n других преобразователей магнитного поля, например активных преобразователей Холла или феррозондов, устройство с преобразователями ток-напряжение также будет работоспособно. Сигналы с выходов преобразователей ток-напряжение поступают на входы корректоров параметров сигналов 3.1...3.n, которые представляют собой пропорционально-дифференцирующие звенья с регулируемыми переходными характеристиками. Далее сигналы пространственных составляющих помехонесущего магнитного поля усиливаются усилителями мощности 4.1...4.n и поступают в размагничивающие обмотки 5.1...5.2n, которые осуществляют обратное преобразование электрических сигналов в компенсирующее магнитное поле, воздействующее, в свою очередь, на датчики 1.1...1.n.

Функции усилителей мощности 4.1...4.n сводятся к усилению амплитуды не только напряжения, но и тока, так как размагничивающие обмотки имеют довольно низкое электрическое сопротивление.

Размагничивающие обмотки 5.1...5.2n, представляющие собой индуктивности для электрического тока, искажают поступающие на них сигналы, что резко снижает эффективность компенсации помехонесущего

поля при повышении частоты колебаний или уменьшения длительности импульсов этого поля. Для устранения этого явления и служат корректоры параметров сигналов 3 1. 3п, выполняющие функции предсказания сигналов и установки опережающих фазовых сдвигов с целью получения компенсирующего поля, совпадающего по форме и времени действия с помехонесущим. В качестве таких корректоров могут быть использованы широко известные и описанные в популярной литературе регулируемые фильтры на операционных усилителях.

Пары размагничивающих обмоток, воспроизводящих одну и ту же составляющую магнитного поля (например 5.1 и 5.п+1), по конструкции напоминают кольца Гельмгольца квадратной формы, и также как и последние создают высокооднородное магнитное поле, что принципиально необходимо для эффективной защиты от помехонесущих полей во всем объеме области экранирования. На основании этого и определяется расстояние между обмотками, компенсирующими одну и ту же пространственную составляющую магнитного поля. Однако в отличие от колец Гельмгольца размагничивающие обмотки в каждой паре включены параллельно, что позволяет снизить требуемое усиление напряжения сигнала, а также уменьшить значение напряжения источника питания усилителей мощности. Кроме этого, при таком включении обмоток их общая индуктивность гораздо меньше, чем при последовательном включении, что улучшает компенсацию переменных, в том числе импульсных полей. Необходимые условия равенства значений тока в размагничивающих обмотках каждой пары выполняются автоматически при равенстве размеров, числа витков и диаметров проводов обмоток.

Инверсия фазы напряженности компенсирующего поля по отношению к помехонесущему для получения встречной направленности достигается соответствующим включением концов размагничивающих обмоток и датчиков пространственных составляющих магнитного поля.

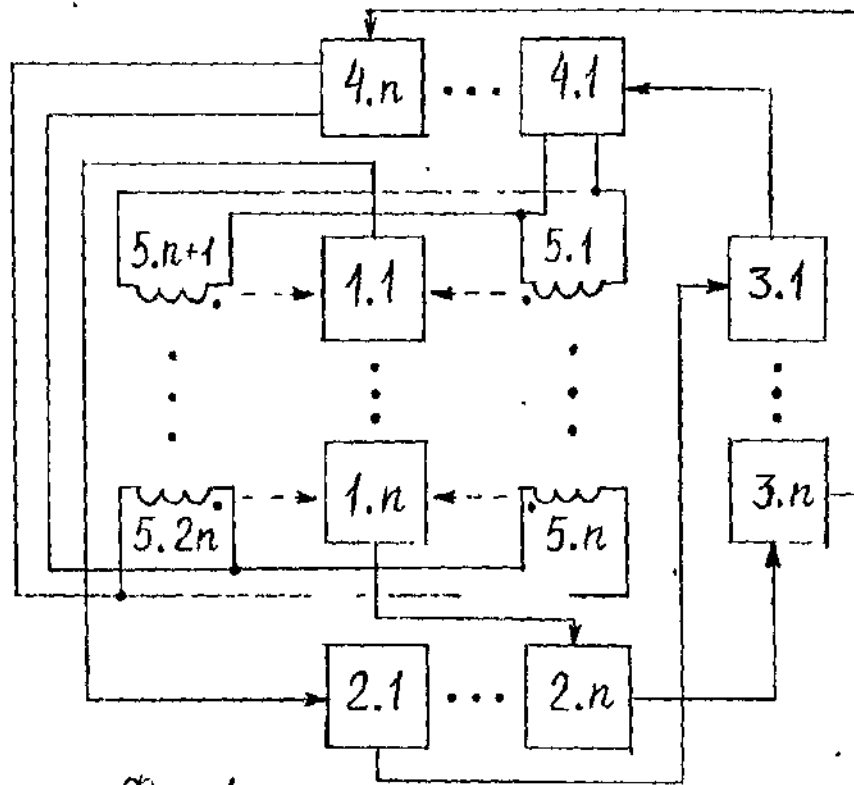
При использовании, например, трех пар размагничивающих обмоток в трех взаимно

перпендикулярных плоскостях и соответственно трех датчиков (п=3) компенсируются три ортогональные пространственные составляющие магнитного поля и функционирование устройства не зависит от его ориентации в пространстве или от направления помехонесущего магнитного поля.

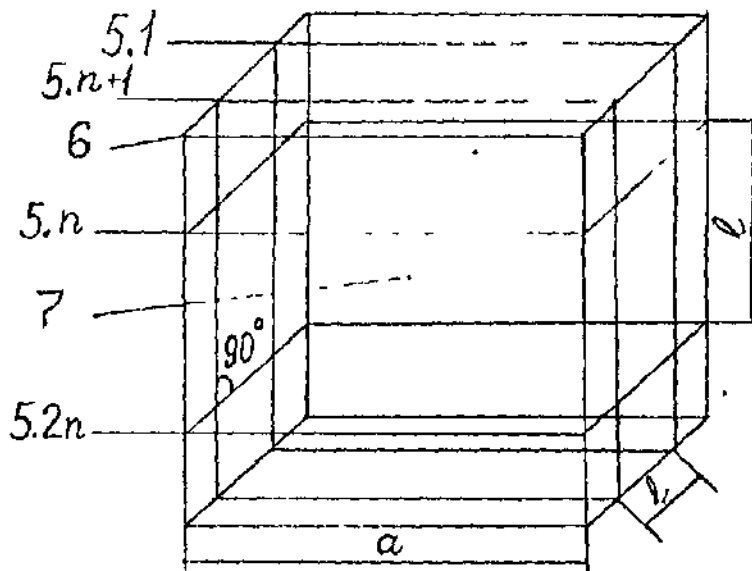
Применяемые в устройстве электронные узлы разработаны посредством использования схемотехнических решений, не нуждающихся в описании. Преобразователи ток-напряжение и корректоры параметров сигналов построены с применением операционных усилителей, в усилителях мощности используются мощные транзисторы.

Эффективность экранирования различных объектов с помощью заявляемого устройства значительно выше эффективности известных до настоящего времени магнитных экранов. Она пропорциональна коэффициентам преобразования размагничивающих обмоток и датчиков пространственных составляющих магнитного поля, а также коэффициентам передачи преобразователей ток-напряжение, корректоров параметров сигналов и усилителей мощности. Эффективность экранирования в общем случае ограничивается устойчивостью системы, однако в заявляемом устройстве ее можно максимизировать путем регулировки переходных характеристик корректоров параметров сигналов.

Изготовлен опытный образец устройства. Исследование его характеристик в процессе функционирования подтвердило ожидаемые результаты, что делает возможным серийное производство заявляемого устройства. Такие технико-экономические характеристики предлагаемого изобретения как технологичность при изготовлении, малое количество и стоимость требуемых материалов и деталей, высокий уровень унификации, а также большая потребность народного хозяйства в устройствах эффективной защиты различных объектов от помехонесущих магнитных полей делает его соответствующим критерию "промышленная применимость".



Фиг. 1



Фиг. 2

Упорядник В.Цедик

Техред М.Моргентал

Коректор М.Самборська

Замовлення 4018

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

