



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1721702 A1

(51)5 H 02 J 3/01

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4789388/09
(22) 08.02.90
(46) 23.03.92. Бюл. № 11
(72) В.А.Павловский
(53) 621.396(088.8)
(56) Патент США № 4563658,
кл. H 03 H 7/01, 1986.

(54) СЕТЕВОЙ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЙ
ФИЛЬТР

(57) Изобретение относится к электро- и радиотехнике, в частности к сетевым фильтрам. Цель изобретения – уменьшение массы и металлоемкости фильтра при обеспечении

2

затухания, вносимого фильтром на высоких и очень высоких частотах. Фильтр состоит из двух металлических лент и чередующихся с ними диэлектрических прокладок, наложенных одна на другую по всей длине и свернутых в рулон. Одна из лент снабжена электрическими выводами на обоих концах, они служат входом и выходом фильтра. Вторая лента имеет по меньшей мере один (корпусной) вывод на конце. Новым является выполнение второй металлической ленты с уменьшающейся шириной от центра рулона к его наружной поверхности. 2 з.п.ф-лы, 3 ил.

Изобретение относится к электро- и радиотехнике, в частности к фильтрам для подавления помех в цепях питания (сетевые помехоподавляющие фильтры).

Известны сетевые помехоподавляющие фильтры (СПФ) различных типов и модификаций. Их можно условно разделить на две группы – СПФ на дискретных элементах (например, типа ФИЕ-10-220, ФП-11 МРТУ 45 1110-67 и др.) и СПФ, в которых катушка и конденсатор конструктивно объединены.

СПФ первой группы представляют собой одну или две Г-образных или П-образных С-цепи. Так как СПФ обычно предназначены для подавления помех в цепях питания с напряжением до сотен вольт при токах до нескольких ампер, то конденсаторы и катушки таких СПФ и сами СПФ имеют большие габариты, массу и стоимость.

Так, СПФ типа ФИЕ-10-220 занимает объем около 4 дм³ и весит 3,4 кг, фильтр типа

ФП-11 занимает объем свыше 9 дм³ и весит около 8 кг.

Кроме того, в СПФ первой группы для обеспечения требуемого затухания применяют конденсаторы с номинальной емкостью (0,5–1,0) мкФ, что приводит к большим токам утечки таких СПФ и значительно увеличивает пусковой ток в момент подачи на фильтр напряжения питающей сети, а также увеличивает реактивную нагрузку на генератор.

Каждое из приведенных обстоятельств существенно ограничивает применимость таких СПФ при жестких требованиях к токам утечки, предъявляемых, например, для аппаратуры медицинской техники, и, кроме того, к массе и габаритам СПФ, используемых в автономных сетях электропитания (например, аппаратуре морской, авиационной и космической техники).

В СПФ второй группы катушка и конденсатор конструктивно и электрически

(19) SU (11) 1721702A1

объединены, так как катушка выполнена из металлической ленты и одновременно является одной из обкладок конденсатора.

Такое объединение элементов резко снижает емкость и ток утечки, а также массу и габариты фильтра при соизмеримых с фильтрами первой группы величинах силового тока, протекающего через катушку фильтра, и соизмеримых величинах затухания, вносимого СПФ на высоких и очень высоких частотах. Типичные характеристики СПФ этой группы: масса 20–50 г, объем 0,005–0,01 дм³, номинальная емкость 0,01 мкФ. Иными словами, СПФ второй группы позволяют получить выигрыш по основным параметрам в сотни раз.

Известен Т-образный фильтр, состоящий из внешней и внутренней катушек, представляющих собой свернутые в рулон вместе с изоляционной бумагой металлическую фольгу, и конденсатора, образованного из металлической фольги и диэлектрика, вложенных в середину внутренней катушки. Между внутренней и внешней катушками образован кольцеобразный магнитный экран из более широкой металлической фольги.

Однако этот СПФ имеет довольно сложную конструкцию и сравнительно небольшое затухание на высоких частотах в силу конструктивных особенностей, определяющих повышенную величину паразитной проходной емкости.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому положительному эффекту к предлагаемому является фильтр подавления помех, состоящий из двух металлических лент и чередующихся с ними диэлектрических прокладок, наложенных одна на другую и свернутых в рулон. Одна из металлических лент снабжена электрическими выводами на обоих концах и выполнена из металла высокой проводимости (например, меди, алюминия) или высокой магнитной проницаемости (например, тонколистовое железо, пермаллой). Другая лента снабжена по меньшей мере одним выводом на конце и выполнена из металла высокой магнитной проницаемости.

Лента с двумя выводами выполняет роль индуктивности и одновременно служит одной обкладкой конденсатора. Другой обкладкой является вторая лента: она одновременно служит ферромагнитным сердечником для ленты с двумя выводами, увеличивая индуктивность последней. При этом суммарные индуктивность и емкость фильтра оказываются распределенными по длине металлических лент, а сам фильтр представляет собой совокупность элемен-

тарных фильтров нижних частот, имеющих индуктивность L_1 и емкость C_1 на каждом участке металлических лент [1].

Однако спиральная намотка (корпусной металлической ленты, один или оба вывода которой соединяются с корпусом РЗА) в известном фильтре резко увеличивает индуктивность указанной ленты. Это приводит к тому, что на высоких и очень высоких частотах элементарные конденсаторы C_1 , образованные удаленными от выходного конца фильтра участками металлических лент с диэлектрической прокладкой между ними, оказываются изолированными от выхода фильтра индуктивным сопротивлением корпусной металлической ленты. При этом облегчается прямое проникновение помех с входа на выход фильтра по паразитной межвитковой емкости. Поэтому чем дальше от выходного конца фильтра расположен элементарный конденсатор C_1 , тем меньше его влияние на затухание, вносимое фильтром в диапазоне высоких и очень высоких частот.

В результате на корпусную металлическую ленту тратится неоправданно много металла, а сам фильтр имеет довольно большую массу.

Перечисленные недостатки затрудняют использование рассмотренного фильтра в автономных системах электропитания, т.е. как раз там, где незаменим легкий, простой по конструкции малогабаритный сетевой фильтр с высокой эффективностью подавления помех в диапазоне высоких и очень высоких частот.

Целью изобретения является уменьшение массы и металлоемкости малогабаритного сетевого помехоподавляющего фильтра при обеспечении затухания, вносимого фильтром на высоких и очень высоких частотах.

Поставленная цель достигается тем, что в малогабаритном сетевом помехоподавляющем фильтре, состоящем из двух металлических лент и чередующихся с ними диэлектрических прокладок, наложенных одна на другую по всей длине и свернутых в рулон, причем одна из металлических лент снабжена электрическими выводами на обоих концах, а другая снабжена по меньшей мере одним выводом на конце, расположенном внутри рулона, последняя выполнена с уменьшающейся шириной от центра рулона к его наружной поверхности. При этом вывод второй из упомянутых лент, расположенный внутри рулона, прикреплен к более широкому концу этой ленты.

При выполнении одной из двух металлических лент с уменьшающейся шириной

площадь этой ленты уменьшается вдвое (для ленты в виде треугольника), что влечет за собой такое же уменьшение массы и расхода металлической ленты. При этом установлено, что затухание, вносимое предлагаемым фильтром на высоких и очень высоких частотах, обеспечивается по меньшей мере не хуже, чем у известного фильтра.

Однако у предлагаемого фильтра уменьшение его массы и металлоемкости при обеспечении затухания, вносимого фильтром на высоких и очень высоких частотах, не будет иметь место при произвольном уменьшении размеров и площади одной из металлических лент.

Если, например, форму указанной ленты оставить прямоугольной и сделать последнюю более узкой так, чтобы площадь этой ленты осталась равной площади ленты с уменьшающейся шириной, то при этом масса и металлоемкость фильтра уменьшаются, однако затухание фильтра на высоких и очень высоких частотах упадет. Это связано с тем, что с уменьшением ширины проводника прямоугольной формы увеличивается его индуктивность, поэтому в области высоких и очень высоких частот заметно возрастет нежелательный эффект изоляции элементарных конденсаторов, удаленных от выходного конца фильтра. Кроме того, вдвое упадет емкость тех элементарных конденсаторов, которые расположены близко к выходному концу фильтра и которые поэтому наиболее эффективно шунтируют токи помехи. Это приведет к уменьшению затухания, вносимого фильтром на высоких и очень высоких частотах, в результате чего цель изобретения в таком фильтре не будет достигнута.

Аналогичный эффект будет иметь место, если "земляную" ленту сделать, например, более короткой при одинаковой ширине с другой лентой так, чтобы площадь этой ленты, как и в предыдущем примере, осталась бы равной площади ленты с уменьшающейся шириной. Уменьшение затухания произойдет из-за того, что исчезнет вклад в подавление помех тех элементарных конденсаторов, которые были расположены близко к входному концу фильтра. В результате цель изобретения также не будет достигнута.

Если например, в предлагаемом фильтре обе ленты выполнить с уменьшающейся шириной, то уменьшится допустимая величина силового низкочастотного тока из-за уменьшения площади поперечного сечения проводника. Кроме того, на узком участке такой ленты резко увеличится токовая на-

грузка, что, по-видимому, будет вызывать местный перегрев в точке соединения металлической ленты и входного вывода фильтра и приведет к ненужным или недопустимым потерям из-за большого падения напряжения на этом участке ленты. Чтобы избежать этих нежелательных явлений придется включать несколько таких фильтров параллельно, что увеличит суммарную емкость фильтра и ток утечки, а также приведет не к экономии металла, а к повышению его расхода на установку дополнительных фильтров. В результате цель изобретения все равно не будет достигнута.

Поэтому положительный эффект в изобретении достигается только перечисленной совокупностью существенных признаков. Ни один из отдельно взятых признаков либо иная их совокупность, как было показано, не позволяет получить положительный эффект, т.е. уменьшение массы и металлоемкости малогабаритного сетевого помехоподавляющего фильтра при обеспечении затухания, вносимого фильтром на высоких и очень высоких частотах.

На фиг.1 представлены элементы конструкции предлагаемого фильтра; на фиг.2 – график затухания известного фильтра (кривая 1) и предлагаемого фильтра (кривая 2) для случая, когда одна из металлических лент каждого фильтра изготовлена из пермаллоя; на фиг.3 – график затухания известного фильтра (кривая 1), предлагаемого фильтра (кривая 2) и фильтра с укороченной корпусной металлической лентой (кривая 3) для случая, когда обе металлические ленты каждого фильтра изготовлены из меди.

Малогабаритный сетевой помехоподавляющий фильтр (фиг.1) состоит из двух металлических лент 1 и 2 и чередующихся с ними диэлектрических прокладок 3 и 4, наложенных одна на другую по всей длине.

Одна из металлических лент 1 имеет прямоугольную форму и снабжена электрическими выводами 5 и 6 на обоих концах. Вторая лента 2 выполнена с уменьшающейся шириной и снабжена по меньшей мере одним выводом 7 на более широком конце. Геометрически лента 2 представляет собой треугольник или трапецию.

Ленты 1 и 2 могут быть выполнены из металла высокой проводимости (например, меди, алюминия) или из металла с высокой магнитной проницаемостью (например, тонколистового железа, пермаллой и т.д.). При значительном (до нескольких ампер) силовом токе, протекающем через фильтр, ленту 1 предпочтительно выполнить из металла высокой проводимости.

Между внутренними поверхностями металлических лент 1 и 2 размещена диэлектрическая прокладка 3. На наружной поверхности ленты 1 находится диэлектрическая прокладка 4. Обе прокладки 3 и 4 могут быть выполнены из фторопласта, конденсаторной бумаги и т.д.

При сборке фильтра стопку из ленты 2, прокладки 3, ленты 1 и прокладки 4 скручивают в плотную спираль подобно фотопленке до получения цилиндра с высотой, равной ширине ленты 1. При этом прокладка 4 оказывается расположенной и между наружными поверхностями лент 1 и 2.

Таким образом, предлагаемый фильтр состоит из катушки, образованной металлической лентой 1 с выводами 5 и 6 на концах ленты, и конденсатора, образованного внутренними поверхностями лент 1 и 2 с диэлектрической прокладкой 3 между ними. Емкость конденсатора распределена по длине лент 1 и 2. Индуктивность упомянутой катушки определяется геометрией ленты 1 (отношением длины к ширине), количеством витков свернутого в рулон фильтра и материалом ленты 2 (так как последняя служит, кроме всего прочего, и сердечником для ленты 1 в собранном фильтре).

Емкость фильтра зависит от площади ленты 2 (так как площадь ленты 1 заведомо больше) и от толщины и диэлектрической проницаемости прокладки 3.

Фильтр работает следующим образом.

После включения фильтра между питающей сетью и нагрузкой по ленте 1 между выводами 5 и 6 протекает силовой ток, потребляемый нагрузкой.

При возникновении на входе фильтра сетевой импульсной или радиопомехи ее энергия распространяется, в основном, между внутренними поверхностями лент 1 и 2, которые на каждом участке длины образуют элементарный LC-фильтр с индуктивностью L_i и емкостью C_i . Так как лента 2 имеет малую ширину на участках, расположенных близко от входного конца фильтра, то на этих участках величина L_i больше, а величина C_i меньше, чем у известного фильтра. По мере продвижения к выходному концу фильтра величина L_i монотонно уменьшается, а величина C_i возрастает, приближаясь, соответственно сверху и снизу к значениям L_i и C_i известного фильтра.

Частота среза элементарного фильтра определяется произведением $L C$, поэтому в предлагаемом фильтре эта частота остается примерно одинаковой по всей длине ленты 2 и равной частоте среза известного фильтра.

По этой причине затухание сетевой помехи в диапазоне высоких и очень высоких частот будет в предлагаемом фильтре примерно таким же, как у известного фильтра. В то же время вдвое уменьшается расход металла на корпусную ленту 2 фильтра, что заметно уменьшает массу фильтра и его стоимость.

На фиг.2 показано затухание известного фильтра (кривая 1) и затухание предлагаемого фильтра (кривая 2) в диапазоне высоких частот для первой модификации фильтра: корпусная лента 2 в обоих фильтрах изготовлена из пермаллоя марки 50Н толщиной 50 мкм. Лента 1 изготовлена из меди толщиной 45 мкм и шириной 15 мм. Длина ленты 1 и 2 равна 0,5 м. У известного фильтра лента 2 выполнена в виде прямоугольника шириной 15 мм, у предлагаемого фильтра — в виде треугольника с основанием 15 мм. Прокладки 3 и 4 выполнены из конденсаторной бумаги толщиной примерно 30 мкм. Ленты вместе с прокладками перед намоткой фильтра расположены так, как показано на фиг.1. Намотка фильтров производится с натяжением на оправке диаметром 8 мм.

Затухание измеряется в соответствии с методом отношения напряжения по несимметричной схеме измерения при активной нагрузке 50 Ом.

Из фиг.2 видно, что на частотах 10–15 МГц (в полосе $\Delta f_1 = 5$ МГц) у предлагаемого фильтра наблюдается выигрыш до 10 дБ во вносимом затухании по сравнению с известным фильтром. На частотах 15–50 МГц (в полосе $\Delta f_2 = 35$ МГц) наблюдается проигрыш до 10 дБ, на частотах 50–110 МГц (в полосе $\Delta f_3 = 60$ МГц) — выигрыш до 7 дБ. Поэтому в целом по диапазону высоких и очень высоких частот предлагаемый фильтр вносит даже несколько большее затухание по сравнению с известным фильтром, так как проигрыш по затуханию наблюдается в полосе $\Delta f_2 = 36$ МГц, а выигрыш — в более широкой полосе $\Delta f_1 + \Delta f_3 = 65$ МГц.

На фиг.3 показано затухание известного фильтра (кривая 1), предлагаемого фильтра (кривая 2) и затухание фильтра с укороченной лентой 2 (кривая 3) в диапазоне высоких и очень высоких частот для второй модификации фильтра, когда во всех трех фильтрах обе металлические ленты выполнены из меди. Толщина лент 45 мкм, длина 0,5 м (для первых двух фильтров), ширина 15 мм. Длина ленты 2 в третьем фильтре равна 0,25 м. Во втором фильтре лента 2 выполнена в виде треугольника с основанием 15 мм и высотой 0,5 м. Прокладки 3 и 4 во всех трех

фильтрах выполнены из конденсаторной бумаги толщиной примерно 30 мкм.

Из фиг.3 видно, что затухание предлагаемого фильтра (кривая 2) в диапазоне высоких и очень высоких частот практически такое же, как у известного фильтра (кривая 1). Видно также, что затухание фильтра с укороченной лентой 2 (кривая 3) в низкочастотной области диапазона высоких частот значительно меньше, чем у предлагаемого и у известного фильтров.

Таким образом, выполнение ленты 2 с уменьшающейся шириной обеспечивает сверхсуммарный эффект, который заключается в уменьшении массы фильтра, а также расхода металлической ленты на его изготовление при обеспечении затухания, вносимого фильтром в диапазоне высоких и очень высоких частот.

При этом становится меньше и ток утечки фильтра, так как уменьшается емкость фильтра из-за уменьшения площади одной из обкладок конденсатора.

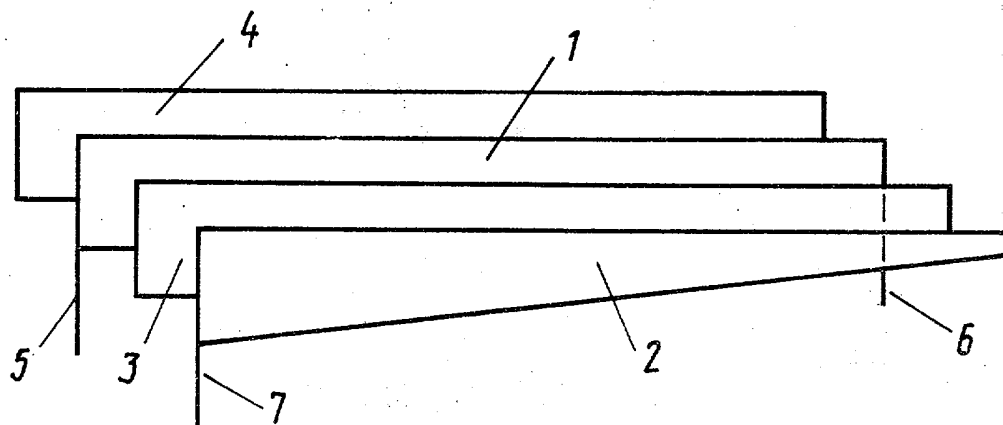
Формула изобретения

1. Сетевой помехоподавляющий фильтр, состоящий из двух металлических

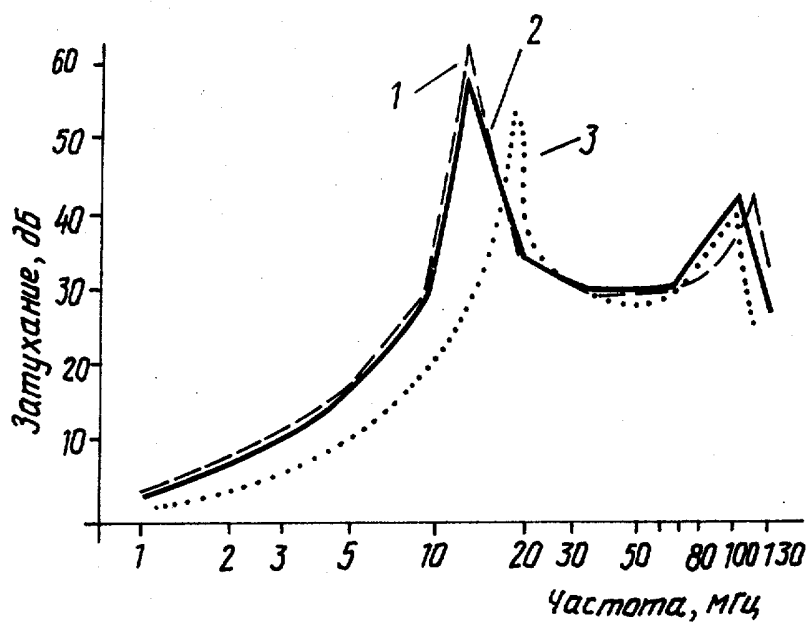
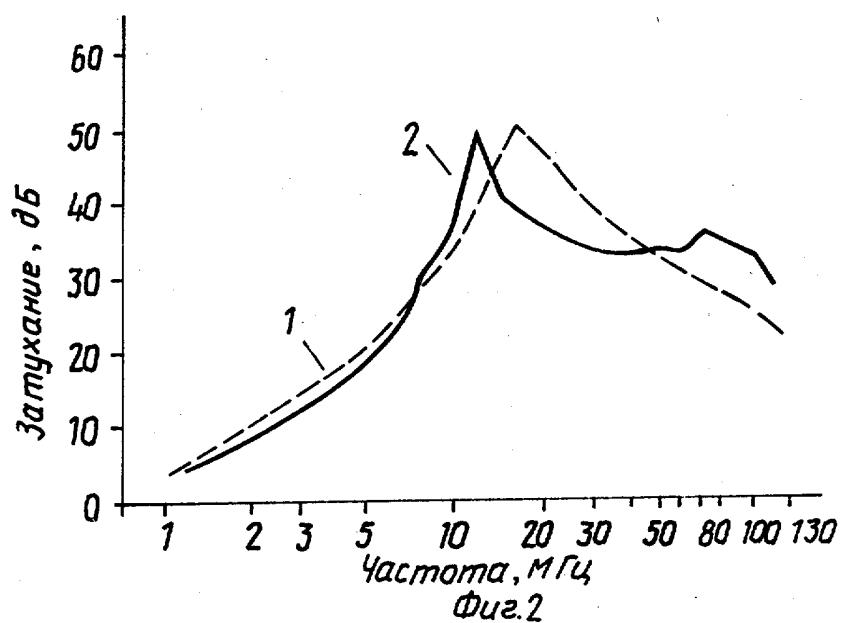
лент и чередующихся с ними диэлектрических прокладок, наложенных одна на другую по всей длине и свернутых в рулон, причем одна из металлических лент снабжена электрическими выводами на обоих концах, а другая снабжена по меньшей мере одним выводом на конце, расположенном внутри рулона, отличающийся тем, что, с целью уменьшения массы и металлоемкости фильтра при обеспечении затухания, вносимого фильтром на высоких и очень высоких частотах, металлическая лента, снабженная по меньшей мере одним выводом, выполнена с уменьшающейся шириной от центра рулона к его наружной поверхности.

2. Фильтр по п.1, отличающийся тем, что металлическая лента, снабженная по меньшей мере одним выводом, выполнена в виде трапеции.

3. Фильтр по п.1, отличающийся тем, что металлическая лента, снабженная по меньшей мере одним выводом, выполнена в виде прямоугольного треугольника.



Фиг. 1



Фиг. 3

Редактор С. Пекарь Составитель В. Павловский Техред М. Моргентал Корректор Н. Ревская

Заказ 958 Тираж Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101