



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012111828/07, 27.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.03.2012

(45) Опубликовано: 10.12.2013 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2431912 С1, 20.10.2011. RU 79355 U1,
27.12.2008. EP 1557682 A1, 27.07.2005.

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,
патентно-информационный отдел

(72) Автор(ы):

**Сычѳв Александр Николаевич (RU),
Шестаков Василий Александрович (RU),
Стручков Сергей Михайлович (RU),
Путилов Владимир Николаевич (RU),
Чекалин Михаил Андреевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования Томский
государственный университет систем
управления и радиоэлектроники (RU)****(54) ИМПУЛЬСНЫЙ РАСЩЕПИТЕЛЬ НА СВЯЗАННЫХ ЛИНИЯХ**

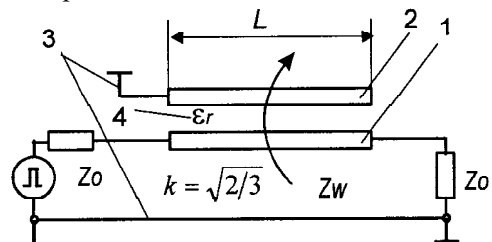
(57) Реферат:

Импульсный расщепитель на связанных линиях может быть использован в следующих областях: а) в электротехнике в качестве защитного устройства, разлагающего сверхкороткий импульс (менее 1 нс) высокого напряжения на серию низковольтных субимпульсов; б) в системах связи, радиолокации и измерительной импульсной технике нано- и пикосекундного диапазонов в качестве компонента для формирователя импульсной (кодовой) последовательности; в) в цифровой высокоскоростной электронике. Импульсный расщепитель на связанных линиях содержит отрезок связанных линий передачи в диэлектрическом заполнении, первая из которых работает на проход, у второй линии один конец соединен с экраном, а другой - свободный (т.е. обеспечиваются режимы короткого замыкания и холостого хода на противоположных концах), при этом диэлектрическое заполнение берется однородным для обеспечения равенства скоростей синфазной и противофазной волн, длина линий задается такой, что за время однократного прохода первый субимпульс

задерживается на время, равное или превышающее длительность входного импульса, а второй субимпульс, задержанный втрое, вместе с первым формируют пару субимпульсов равной амплитуды, равенство амплитуд обеспечивается величиной коэффициента связи линий

$$k = \sqrt{2/3} \approx 0,8165 (1,76 \text{ дБ})$$

Техническим результатом является значительное расщепление входного импульса на два субимпульса равной амплитуды в связанных линиях передачи даже в однородной диэлектрической среде при малых габаритах, при этом не требуется обеспечивать селективной неоднородности диэлектрического заполнения. 3 ил.



Фиг.1 а)



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012111828/07, 27.03.2012

(24) Effective date for property rights:
27.03.2012

Priority:

(22) Date of filing: 27.03.2012

(45) Date of publication: 10.12.2013 Bull. 34

Mail address:

634050, g.Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR,
patentno-informatsionnyj otdel

(72) Inventor(s):

Sychev Aleksandr Nikolaevich (RU),
Shestakov Vasilij Aleksandrovich (RU),
Struchkov Sergej Mikhajlovich (RU),
Putilov Vladimir Nikolaevich (RU),
Chekalin Mikhail Andreevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya Tomskij
gosudarstvennyj universitet sistem upravleniya i
radioelektroniki (RU)(54) **PULSE SPLITTER AT COUPLED LINES**

(57) Abstract:

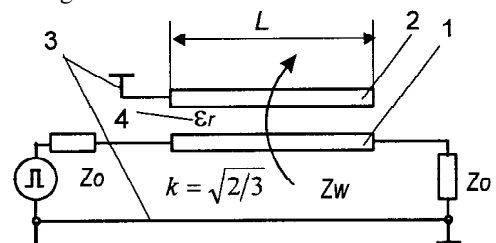
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: pulse splitter at coupled lines can be used in the following areas: a) in electric engineering as protecting device decomposing an ultrashort pulse (less than 1 ns) of high voltage into series of low-voltage subpulses; b) in communication systems, radar detection and ranging and measurement pulse engineering in nano- and picosecond ranges as a component for generation of pulse (code) sequence; c) in digital high-speed electronic equipment. Pulse splitter at coupled lines contains a section of coupled transmission lines filled with dielectric; the first line operates in transmission mode; end of the second line is connected to display while its other end is free (i.e. short-circuiting mode and idling mode are provided at the opposite ends). At that dielectric filling is taken uniform in order to ensure equal rates of in-phase and outphase waves; length of lines is set so that during time of single passage the

first subpulse is delayed for the time equal or exceeding input pulse length, the second subpulse is delayed three times and together with the first subpulse it forms a pair of subpulses with equal amplitude; equality of amplitudes is ensured by value of communication lines coefficient.

EFFECT: significant splitting of input pulse into two subpulses of equal amplitude in coupled transmission lines even in homogenous dielectric medium at small dimensions; at that it is not required to ensure selective inhomogeneity of dielectric filling.

1 dwg



Фиг.1 а)

Изобретение относится к импульсной технике. Оно может быть использовано в следующих областях: а) в электротехнике в качестве защитного устройства, разлагающего сверхкороткий импульс (менее 1 нс) высокого напряжения на серию низковольтных субимпульсов; б) в системах связи, радиолокации и измерительной импульсной технике нано- и пикосекундного диапазонов в качестве компонента для формирователя импульсной (кодовой) последовательности; в) в цифровой высокоскоростной электронике.

Известна схема устройства на связанных линиях передачи, первая из которых работает на проход, у второй линии один конец соединен с экраном, а другой - свободный (т.е. обеспечиваются режимы короткого замыкания и холстого хода на противоположных концах), которая используется в частотной области в качестве фильтра нижних частот [1]. Применение такого устройства в качестве импульсного расщепителя ранее не рассматривалось.

Известны также устройства на отрезках связанных линий передачи с неоднородным диэлектрическим заполнением, функционирующие с импульсными сигналами во временной области, которые исследовались и опубликованы в работах, например, [2, 3, 4] и др. В этих и других публикациях было показано, что если одна из линий работает на проход, а другая имеет нагрузки на ближнем и дальнем концах, то на выходе первой линии вследствие неравенства скоростей нормальных волн, (т.е. синфазной и противофазной, другими словами четной и нечетной мод). за счет неоднородного диэлектрического заполнения появляются, расщепленные импульсы. При этом в коротком отрезке линий и/или при небольшом различии скоростей, импульс просто искажается, но если время задержки одной нормальной волны превышает время задержки другой на время большее, чем длительность входного импульса, то на выходе он полностью расщепляется на два и более импульсов меньшей амплитуды. Это явление получило название модальных искажений (even/odd-mode distortion) и легло в основу работы прототипа.

Наиболее близкий аналог (прототип) описан в патенте России RU 2431912 [5], в котором предложено использовать вышеупомянутую схему нагруженного отрезка связанных линий с неоднородным диэлектриком, обуславливающим модальные искажения, в качестве устройства защиты от импульсных сигналов. Прототип решает задачу расщепления импульса на два импульса меньшей амплитуды. Результат достигается именно за счет неоднородности диэлектрического заполнения, порождающей неравенство скоростей синфазной (четной) и противофазной (нечетной) волн.

Первый недостаток этого устройства состоит в том, что в случае слабо неоднородной диэлектрической среды разность задержек синфазной и противофазной волн будет близка к нулю, следовательно, для того, чтобы импульсный сигнал в конце устройства полностью разлагался на два субимпульса с меньшей амплитудой, выбор длины проводников будет зачастую приводить к неприемлемо большой величине z , которая на практике может составлять несколько метров. Или, наоборот, при заданной длине проводников z будет получаться малая величина интервала (разноса) между субимпульсами $\Delta t = \frac{z}{c} \left| \sqrt{\epsilon_{\text{effe}}} - \sqrt{\epsilon_{\text{effo}}} \right|$, в силу того, что будет малой разность

скоростей синфазной и противофазной волн из-за близости величин эффективных диэлектрических проницаемостей ϵ_{effe} , ϵ_{effo} , для синфазной и противофазной волн, соответственно; здесь c - скорость волны в воздухе. Все это, помимо больших габаритов (длины), является причиной еще одного недостатка прототипа -

необходимо обеспечивать в поперечном сечении селективную неоднородность диэлектрического заполнения и стремиться к повышению отношения эффективных диэлектрических проницаемостей для синфазной и противофазной волн, что осуществить практически бывает весьма непросто.

5 Технической задачей, решаемой данным изобретением, является создание малогабаритного устройства для расщепления входного импульса.

Поставленная задача решается с использованием того же, что и в прототипе базового компонента - отрезка связанных линий, состоящего из трех проводников в 10 диэлектрической среде. Однако в отличие от известного, в предлагаемом расщепителе используется однородное, либо слабо неоднородное диэлектрическое заполнение.

15 Достигаемый технический результат: 1) не требуется наличия сильно неоднородного диэлектрического заполнения; 2) малые габаритные размеры длина меньше примерно в 10 раз, чем у прототипа при сопоставимых временных интервалах между субимпульсами; 3) значительное расщепление входного импульса на два 15 субимпульса равной амплитуды при сопоставимых с прототипом размерах.

Указанный технический результат достигается тем, что заявляемый импульсный расщепитель на связанных линиях содержит отрезок связанных линий передачи в 20 диэлектрическом заполнении, первая из которых работает на проход, у второй линии один конец соединен с экраном, а другой - свободный (т.е. обеспечиваются режимы короткого замыкания и холостого хода на противоположных концах), при этом диэлектрическое заполнение берется однородным для обеспечения равенства 25 скоростей синфазной и противофазной волн. Длина линий задается такой, что за время однократного прохода первый субимпульс задерживается на время, равное или превышающее длительность входного импульса, а второй субимпульс, задержанный 30 втрое, вместе с первым формируют пару субимпульсов равной амплитуды, равенство амплитуд обеспечивается величиной коэффициента связи линий

$$30 \quad k = \sqrt{2/3} \approx 0,8165 (1,76 \text{ дБ}) \cdot$$

Заявляемое устройство поясняется следующими чертежами.

На Фиг.1 раскрывается электрическая схема импульсного расщепителя на 35 связанных линиях с внешними соединениями (а), которая поясняется диаграммой переотражений (б).

На Фиг.2 показано возможное поперечное сечение конструкции импульсного расщепителя на связанных линиях.

На Фиг.3 приводятся экспериментально измеренные временные диаграммы 40 отклика на гауссов импульс макета заявляемого устройства.

Импульсный расщепитель на связанных линиях (Фиг.1, а) состоит из отрезка 45 связанных линий передачи в диэлектрическом заполнении 4, первая из которых 1 работает на проход, у второй линии 2 один конец соединен с экраном 3, а другой свободный (т.е. обеспечиваются режимы короткого замыкания и холостого хода на 50 противоположных концах), при этом диэлектрическое заполнение 4 берется однородным для обеспечения равенства скоростей синфазной и противофазной волн. длина линий 1 и 2 задается такой, что за время однократного прохода первый субимпульс задерживается на время равное или превышающее длительность входного импульса, а второй субимпульс, задержанный втрое, вместе с первым формируют пару субимпульсов равной амплитуды, равенство амплитуд обеспечивается величиной коэффициента связи линий $k = \sqrt{2/3} \approx 0,8165 (1,76 \text{ дБ})$.

Для обеспечения столь сильной связи, конструкция

импульсного расщепителя может выполняться как экранированная витая пара с поперечным сечением, показанным на Фиг.2, или как связанные полосковые линии с лицевой связью на подвешенной подложке.

5 Принцип работы импульсного расщепителя на связанных линиях основан на явлении частичных переотражений сигнала от плоскостей межсоединения отрезка
 10 линий передачи с нагрузками на ближнем и дальнем концах (Фиг.1, а). Процесс протекает в три такта (Фиг.1, б). В начальный момент времени t_0 на вход первой линии 1 поступает одиночный импульс высокой амплитуды, при этом в зависимости
 15 от условий согласования он частично может отразиться от входа (т.е. часть энергии вернется в источник). На первом такте t_{01} входной импульс достигает дальнего выходного плеча, но с меньшей амплитудой. При этом часть энергии проходит в нагрузку, но большая часть энергии импульса отражается обратно на вход. Далее, в
 20 момент окончания второго такта $2t_{01}$, энергия, достигшего входного плеча импульса, частично проходит в источник, частично после отражения от входа вновь возвращается на выход. Наконец, в третьем такте $3t_{01}$ практически вся энергия достигшего выходного плеча импульса уходит в нагрузку. При идеальном
 согласовании импеданса связанных линий Z_w с нагрузкой, энергия троекратно
 прошедшего импульса иссякает, т.е. на дальнейшие переотражения ее не остается, и процесс завершается.

Таким образом, за счет переотражений от концов линии передачи на выходе
 25 появляется два нечетно-тактовых субимпульса равной амплитуды в моменты времени t_{01} и $3t_{01}$. Эти субимпульсы возникают даже в уравновешенной структуре с выровненными скоростями волн. И главным условием их равенства является достаточно сильная связь, более сильная, чем в линиях с разноскоростными
 нормальными волнами. Величина коэффициента связи, равная
 $k = \sqrt{2/3} \approx 0,8165$ (1,76 дБ), позволяет добиться дозированного отражения на
 30 концах и достичь равенства амплитуд выходных нечетно-тактовых субимпульсов. возникающих в результате переотражений. Интервал между последними Δt равен удвоенному времени прохода импульса в структуре $2|t_{01}-t_0|$, что позволяет создавать
 малогабаритные устройства. При этом длина линий выбирается такой, что за время
 35 однократного прохода первый субимпульс задерживается на время равное или превышающее длительность входного импульса.

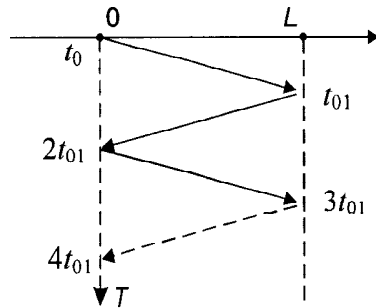
Для экспериментальной проверки работоспособности предлагаемого импульсного
 40 расщепителя был изготовлен его макет со следующими параметрами конструкции (Фиг.2); относительная диэлектрическая проницаемость заполняющего диэлектрика $\epsilon_r \approx 1,1$; диаметр каждой из связанных линий 1 и 2 $d=1$ мм; расстояние между ними $s=0,1$ мм; диаметр общего экранирующего проводника 3 составлял $D=14$ мм; в целом конструкция представляла собой экранированную витую пару длиной $L=125$ мм. Измеренный отклик изготовленного устройства на гауссов импульс
 45 длительностью 400 пс на уровне половины амплитуды показан на Фиг.3, где входной импульс обозначен точками, а выходной отклик - сплошной линией. Из временной диаграммы видно полное расщепление входного импульса на два субимпульса равной амплитуды, при этом относительный момент появления первого субимпульса составил $|t_{01}-t_0|=0,5$ нс, а интервал между субимпульсами равнялся удвоенной задержке
 50 первого субимпульса $\Delta t=2|t_{01}-t_0|=1$ нс. Таким образом, эксперимент подтвердил, что предлагаемый импульсный расщепитель на связанных линиях реализуем, работоспособен и весьма эффективен.

Список использованных источников

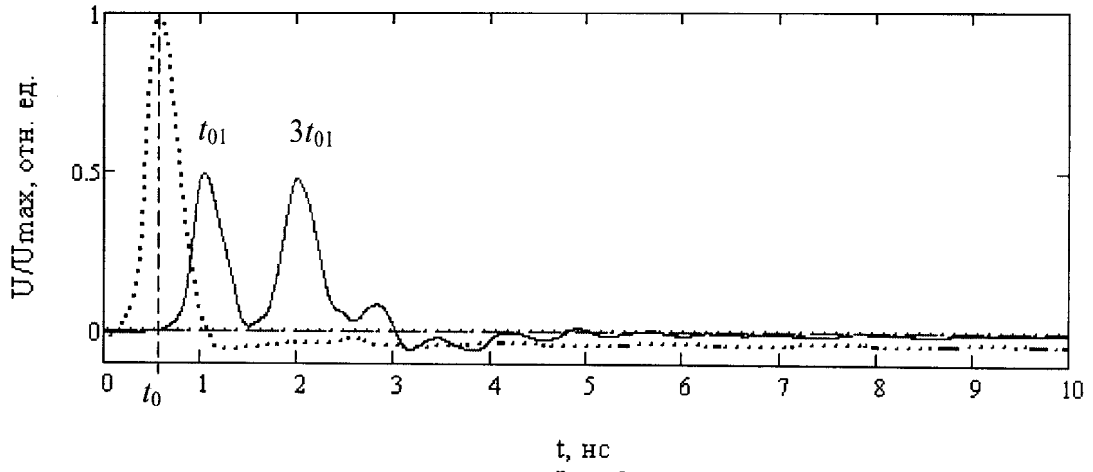
1. Маттей Г.Л. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. - Том 1 / Г.Л. Маттей, Л. Янг, Е.М.Т. Джонс / Пер. с англ. - М.: Связь, 1971. - 440 с.
2. Красноперкин В.М. Импульсные сигналы в связанных линиях передачи / В.М. Красноперкин, Г.С. Самохин, Р.А. Силин // Электронная техника. - Сер. Электроника СВЧ. - Вып.7 (355). - 1983. - С.3-8.
3. Gilb J.P. Pulse distortion on multilayer coupled microstrip lines / J.P. Gilb, C.A. Balanis // IEEE Trans. - 1989. - V.MTT-37. - N 10. - P.1620-1628.
4. Сычев А.И. Искажения импульсных сигналов в высокоскоростных многопроводных межсоединениях цифровых микроэлектронных устройств / А.И. Сычев. С.М. Стручков // Доклады ТУ СУР. - 2011. - №2 (24), часть 3. - С.76-83.
5. Пат. 2431912 РФ. Устройство защиты от импульсных сигналов / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, И.Г. Бевзенко, И.Е. Сомотин, П.Е.Орлов, А.О. Мелкозеров, Т.Т. Газизов, С.П. Куксенко, И.С. Костарев; ООО "Твердь". - 2010108518/07; заявл. 09.03.10; опубл. 20.10.11, Бюл. №29 - 8 с.

Формула изобретения

Импульсный расщепитель на связанных линиях, содержащий отрезок связанных линий передачи с диэлектрическим заполнением, первая из которых работает на проход, у второй линии один конец гальванически соединен с экраном, другой - свободный, отличающийся тем, что диэлектрическое заполнение берется однородным для обеспечения равенства скоростей синфазной и противофазной волн, длина линий задается такой, что за время однократного прохода первый субимпульс задерживается на время равное или превышающее длительность входного импульса, а второй субимпульс, задержанный втрое, вместе с первым формируют пару субимпульсов равной амплитуды, при этом равенство амплитуд обеспечивается величиной коэффициента связи линий $k = \sqrt{2/3} \approx 0,8165 (1,76 \text{ дБ})$.



Фиг.1 б)



Фиг.3