



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01P 1/20345 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023127099, 23.10.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.10.2023

Дата регистрации:
11.01.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 23.10.2023

(45) Опубликовано: 11.01.2024 Бюл. № 2

Адрес для переписки:
141190, Московская обл., г. Фрязино, ул.
Вокзальная, 2а, корп. 1, комн. 65, этаж 2, АО
НПП "Исток", Савельев Кирилл Юрьевич

(72) Автор(ы):
Лисицын Александр Андреевич (RU),
Балько Александр Карпович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Акционерное общество
"Научно-производственное предприятие
"Исток" имени А.И. Шокина" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2438214 C1, 27.12.2011. RU
2372695 C1, 10.11.2009. RU 2259619 C2,
27.08.2005. RU 2780960 C1, 04.10.2022. US
9923540 B2, 20.03.2018. US 20150214594 A1,
30.07.2015.

(54) Фильтр СВЧ

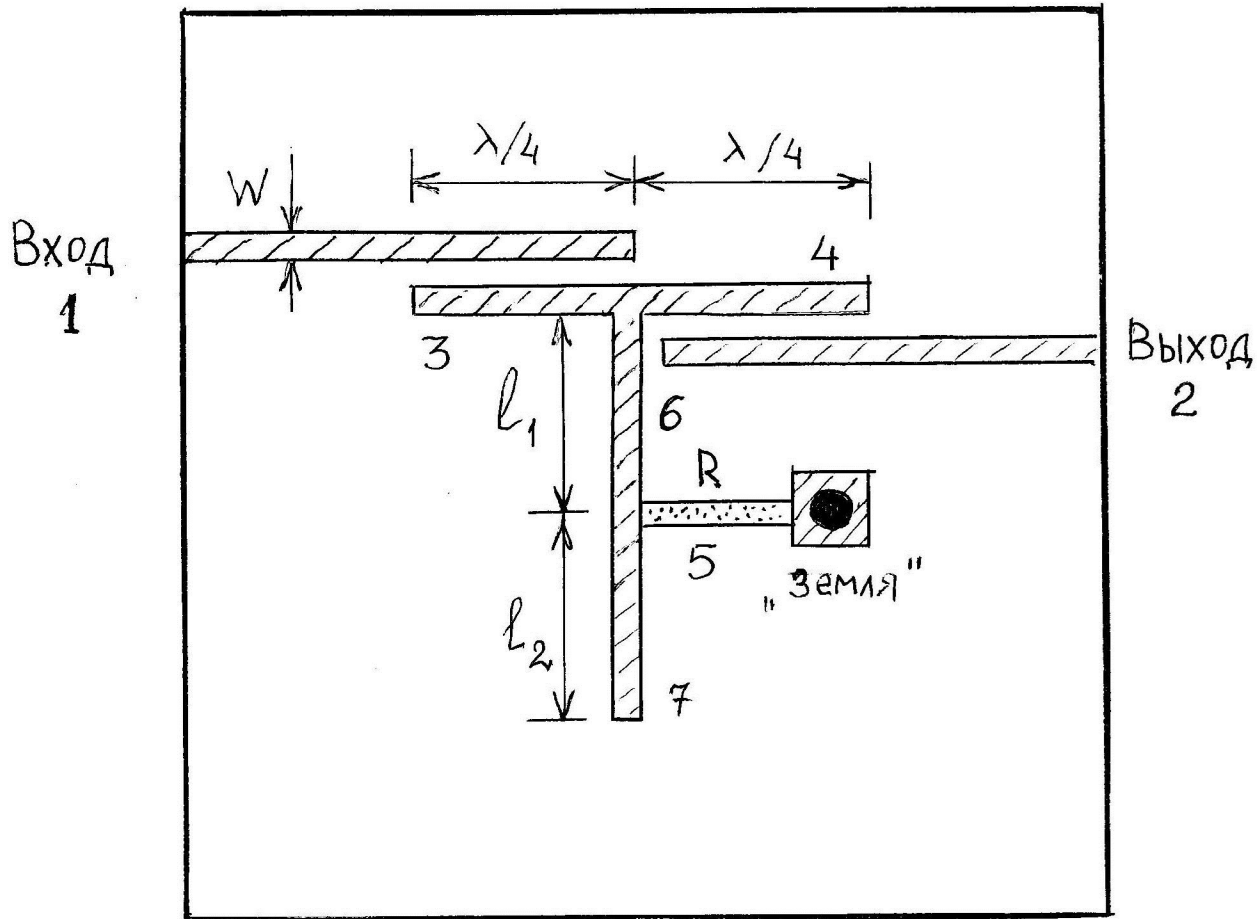
(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам СВЧ. Заявленный фильтр СВЧ содержит входную и выходную линии передачи, между которыми расположен связанный резонатор, выполненный из двух каскадно соединенных элементов, каждый из которых содержит два отрезка линии передачи одинаковой длины, связанных электромагнитно, при этом входная линия передачи соединена с первым концом первого отрезка первого элемента, первый конец второго отрезка первого элемента разомкнут, первый конец второго отрезка первого элемента разомкнут, второй конец второго отрезка первого элемента соединен с первым концом первого отрезка второго элемента, второй конец первого отрезка второго элемента разомкнут, второй конец второго

отрезка второго элемента соединен с выходной линией передачи. Резонатор содержит два одинаковых резистора, один из концов которых заземлен через отрезок линии передачи, второй конец первого резистора подключен ко второму концу первого отрезка первого элемента, а второй конец второго резистора к первому концу второго отрезка второго элемента. Длина каждого отрезка линии передачи кратна нечетному числу четверти длины волны, распространяющейся в этом отрезке линии передачи на центральной частоте. Технический результат заключается в подавлении отражений сигнала СВЧ вне рабочей полосы частот фильтра и увеличении крутизны фронтов коэффициента передачи фильтра СВЧ. 3 ил.

RU 2 8 1 1 3 7 3 C 1

RU 2 8 1 1 3 7 3 C 1



Фиг. 1

RU 2811373 C1

RU 2811373 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01P 1/20345 (2023.08)

(21)(22) Application: **2023127099, 23.10.2023**

(24) Effective date for property rights:
23.10.2023

Registration date:
11.01.2024

Priority:
(22) Date of filing: **23.10.2023**

(45) Date of publication: **11.01.2024** Bull. № 2

Mail address:
**141190, Moskovskaya obl., g. Fryazino, ul.
Vokzalnaya, 2a, korp. 1, komn. 65, etazh 2, AO
NPP "Istok", Savelev Kirill Yurevich**

(72) Inventor(s):
**Lisitsyn Aleksandr Andreevich (RU),
Balyko Aleksandr Karpovich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Aksionernoe obshchestvo
«Nauchno-proizvodstvennoe predpriatie «Istok»
imeni A.I. Shokina» (RU)**

(54) **MICROWAVE FILTER**

(57) Abstract:

FIELD: control devices.

SUBSTANCE: microwave filter contains input and output transmission lines, between which there is a coupled resonator made of two cascaded elements, each of which contains two transmission line segments of the same length, connected electromagnetically, with the input transmission line connected to the first end of the first segment of the first element, the first end of the second segment of the first element is open, the first end of the second segment of the first element is open, the second end of the second segment of the first element is connected to the first end of the first segment of the second element, the second end of the first segment of the second element is open, the second end of the second segment of the second element is connected to the output transmission line. The resonator

contains two identical resistors, one end of each resistor is grounded through a section of the transmission line, and the second end of the first resistor is connected to the second end of the first section of the first element, and the second end of the second resistor is connected to the first end of the second section of the second element. The length of each section transmission line is a multiple of an odd number of a quarter of the wavelength propagating in this section of the transmission line at the central frequency.

EFFECT: suppressing reflections of the microwave signal outside the operating frequency band of the filter and increasing the steepness of the edges of the transmission coefficient of the microwave filter.

1 cl, 3 dwg

**1 C 1
2 8 1 1 3 7 3
R U**

**R U
2 8 1 1 3 7 3
C 1**

Изобретение относится к устройствам СВЧ, а именно – к полосно - пропускающим фильтрам СВЧ.

Фильтры СВЧ предназначены для пропускания сигнала СВЧ с частотой, лежащей внутри рабочей полосы частот, и заграждения сигнала СВЧ с частотой, лежащей вне рабочей полосы частот.

Известен фильтр СВЧ, содержащий две линии передачи с одинаковыми волновыми сопротивлениями, одна предназначена для входа сигнала СВЧ, другая – для выхода, два отрезка линии передачи, при этом, один конец первого отрезка линии передачи первого звена соединен с линией передачи на входе, другой – с одним концом второго отрезка линии передачи, другой конец второго отрезка линии передачи соединен с линией передачи на выходе.

При этом длины первого и второго отрезков линии передачи кратны нечетному числу четвертей длин волн, распространяющихся в этих отрезках линии передачи на центральной частоте рабочей полосы пропускания фильтра СВЧ, и имеют волновые сопротивления, отличающиеся на порядок [Алмазов – Долженко К.И., Королев А.Н. Техническая электродинамика Рис.4.124].

В таком фильтре СВЧ отрезок линии передачи с большой величиной волнового сопротивления эквивалентен последовательной индуктивности, а отрезок линии передачи с малой величиной волнового сопротивления эквивалентен параллельной емкости, поэтому он имеет низкие потери СВЧ на низких частотах и высокие потери – на высоких частотах.

Такой фильтр позволяет осуществить фильтрацию сигнала только на низких частотах (от частоты $f = 0$ до частоты среза f_c) и не позволяет осуществить фильтрацию в рабочей полосе частот, ограниченной нижней f_1 и верхней f_2 частотами рабочей полосы.

Известен фильтр СВЧ, содержащий входную и выходную линии передачи, между которыми расположен связанный резонатор, который выполнен из двух каскадно - соединенных элементов, каждый из которых содержит два отрезка линии передачи одинаковой длины, связанных электромагнитно, при этом входная линия передачи соединена с концом первого отрезка первого элемента, первый конец второго отрезка первого элемента разомкнут, второй его конец соединен с первым концом первого отрезка второго элемента, второй конец этого отрезка разомкнут, второй конец второго отрезка второго элемента соединен с выходной линией передачи [Алмазов – Долженко К.И., Королев А.Н. Техническая электродинамика Рис.4.125] – прототип.

Наличие в таком фильтре СВЧ элементов из двух отрезков связанных линий передачи длиной кратной соответственно нечетному числу четверти длин волн обеспечивает малые потери СВЧ вблизи центральной частоты и большие вдали от этой частоты и тем самым позволяет осуществить фильтрацию сигнала СВЧ в рабочей полосе частот, ограниченной нижней f_1 и верхней f_2 частотами рабочей полосы.

Однако, как и в аналоге, в этом фильтре входной сигнал СВЧ с частотой, лежащей вне рабочей полосы частот, отражается от входа фильтра СВЧ. Поскольку в подавляющем большинстве случаев фильтр СВЧ используется не сам по себе, а в составе различных устройств СВЧ (усилителей, преобразователей частоты, генераторов и т.п.), то такое отражение сигнала СВЧ от входа фильтра с последующим многократным его переотражением приводит к нежелательным (паразитным) колебаниям в конечном счете - к возбуждению устройств, содержащих этот фильтр СВЧ.

Кроме того, связанный резонатор представляет собой резонансную систему, у которой зависимость от частоты коэффициента передачи имеет резонансный (колоколообразный) вид со сравнительно пологими фронтами. Для повышения крутизны

этих фронтов используют многозвенную конструкцию фильтра СВЧ, что приводит к увеличению его массы и размера.

Техническим результатом является подавление отражений сигнала СВЧ вне рабочей полосы частот фильтра СВЧ и увеличение крутизны фронтов коэффициента передачи фильтра СВЧ.

Указанный технический результат достигается тем, что фильтр СВЧ содержит входную и выходную линии передачи, между которыми расположен связанный резонатор, который выполнен из двух каскадно - соединенных элементов, каждый из которых содержит два отрезка линии передачи одинаковой длины, связанных электромагнитно, при этом входная линия передачи соединена с концом первого отрезка первого элемента, первый конец второго отрезка первого элемента разомкнут, второй его конец соединен с первым концом первого отрезка второго элемента, второй конец этого отрезка разомкнут, второй конец второго отрезка второго элемента соединен с выходной линией передачи. Резонатор дополнительно содержит резистор, один из концов которого заземлен, а другой соединен с одним концом первого отрезка линии передачи, другой конец которого разомкнут, и через второй отрезок линии передачи со вторым концом второго отрезка первого элемента, при этом длина каждого отрезка линии передачи кратна нечетному числу четверти длины волны, распространяющейся в этом отрезке линии передачи на центральной частоте рабочей полосы пропускания фильтра СВЧ.

Подавление отражений вне рабочей полосы частот фильтра СВЧ основано на физических законах поглощения сигнала СВЧ резистором и преобразование его в тепловую энергию.

Предлагаемый фильтр СВЧ, его существенные признаки, а именно введение дополнительно резистора и двух отрезков линии передачи, каждый и в их совокупности, а так же в совокупности с известными признаками, а также в совокупности с предложенным соединением элементов фильтра СВЧ обеспечит, а именно:

- наличие дополнительного резистора, как элемента поглощения сигнала СВЧ и преобразования его в тепловую энергию, обеспечивает подавление отражений сигнала СВЧ от фильтра,

- предложенное включение резистора, один из концов которого заземлен, а другой соединен с одним концом первого отрезка линии передачи, другой конец которого разомкнут, и через второй отрезок линии передачи со вторым концом второго отрезка первого элемента, с отрезками линии передачи связанного резонатора, при этом длины всех отрезков кратны соответственно нечетному числу четверти длин волн обеспечивает активное включение резистора, как элемента поглощения сигнала СВЧ, только на частотах, лежащих вне рабочей полосы частот фильтра СВЧ, и как следствие подавление отражений сигнала СВЧ вне рабочей полосы частот фильтра СВЧ,

- отключение резистора в пределах рабочей полосы частот приводит к тому, что к резонатору, состоящему из разомкнутых одними концами и соединенных между собой другими концами второго отрезка связанных линий первого элемента и первого отрезка связанных линий второго элемента, подключается резонатор из соединенных между собой первого и второго отрезков линий передачи, что приводит к увеличению общего числа резонаторов, и как следствие - к увеличению крутизны фронтов коэффициента передачи фильтра СВЧ,

- включение резистора с помощью двух дополнительных отрезков линии передачи в середину резонатора, состоящего из разомкнутых одними концами и соединенных между собой другими концами второго отрезка связанных линий первого элемента и

первого отрезка связанных линий второго элемента, обеспечивает симметрию зависимости от частоты коэффициента передачи фильтра СВЧ относительно центральной частоты, и следовательно симметрию фронтов, а то обстоятельство, что это место соединения является местом пучности электромагнитного поля - реализацию наиболее эффективных условий на распространение сигнала с частотой, лежащей внутри полосы частот и как следствие – симметричное увеличение крутизны фронтов коэффициента передачи фильтра СВЧ.

Итак, заявленная совокупность существенных признаков реализует указанный технический результат, а именно подавление отражений сигнала СВЧ вне рабочей полосы частот фильтра СВЧ и увеличение крутизны фронтов коэффициента передачи фильтра СВЧ.

Изобретение поясняется чертежами.

На Фиг 1. представлена топология предлагаемого фильтра СВЧ, где

- линии передачи на входе и выходе – 1, 2 соответственно,
- первый и второй отрезки связанных линий передачи – 3 и 4 соответственно,
- третий отрезок линии передачи 5,
- первый и второй отрезки линии передачи – 6 и 7 соответственно.

На Фиг. 2 представлена электрическая схема предлагаемого фильтра СВЧ, где

- дополнительный резистор R,
- линия передачи l_1 ,
- линия передачи l_2 .

На Фиг. 3 представлены графики зависимости квадратов модулей коэффициентов передачи $K_{пер}$, отражения $K_{отр}$ и поглощения $K_{погл}$ от частоты.

Пример конкретного выполнения предлагаемого фильтра СВЧ с выходными параметрами:

- центральная частота фильтра 3 ГГц,
- рабочая полоса частот 0,3 ГГц,

Фильтр СВЧ выполнен в гибридном интегральном исполнении на подложке из диэлектрика - поликора - с относительной диэлектрической проницаемостью равной 9,6 и толщиной равной 0,5 мм с использованием тонкопленочной технологии с толщиной пленки меди равной 5 мкм.

Линии передачи на входе 1 и выходе 2, первый 3, второй 4 и третий 5 отрезки линии передачи в каждом звене выполнены с волновым сопротивлением, равным 50 Ом, что соответствует ширине проводников 0,48 мм.

Резистор имеет сопротивление равное 50 Ом и выполнен из пленки тантала толщиной 5 мкм, шириной 0,48 мм и длиной 0,48 мм.

Заземление одинаковых отрезков линии передачи осуществляется через металлизированные отверстия в диэлектрической подложке диаметром 1 мм.

Длина волны, распространяющейся в отрезках линии передачи на центральной частоте рабочей полосы фильтра СВЧ, равна 40 мм.

Длины одинаковых отрезков линии передачи равны 10 мм.

Предлагаемый фильтр СВЧ работает следующим образом.

На вход фильтра подают сигнал с частотой, лежащей внутри рабочей полосы частот, такой сигнал в фильтре не поглощается и не отражается, поэтому на выход фильтра этот сигнал проходит практически без изменения.

На вход фильтра подают сигнал с частотой, лежащей вне рабочей полосы частот, такой сигнал в фильтре не отражается, как это имело место в прототипе, а поглощается

и поэтому на выход фильтра этот сигнал практически не проходит.

Из графиков зависимостей квадратов модулей коэффициентов передачи $K_{пер}$, поглощения $K_{погл}$ и отражения $K_{отр}$ от частоты (см. Фиг. 3) следует, что:

5 - в рабочей полосе частот (2,85 – 3,15 ГГц) квадрат модуля коэффициента передачи приметно равен 0,75, а вне полосы он резко снижается практически до нуля, то есть со входа на выход фильтра передается 75 % мощности сигнала СВЧ, а 25 % мощности сигнала СВЧ теряется,

10 - в рабочей полосе частот квадрат модуля коэффициента поглощения не превышает 0,15, а вне полосы он повышается до 1, то есть в рабочей полосе частот сигнал СВЧ практически не поглощается, а за пределами полосы практически весь сигнал СВЧ поглощается,

- квадрат модуля коэффициента отражения как в рабочей полосе частот, так и за ее пределами не превышает 0,1, то есть отраженный сигнал СВЧ практически отсутствует.

15 Таким образом, предлагаемая конструкция фильтра СВЧ по сравнению с прототипом позволит: подавить отраженный сигнала СВЧ вне рабочей полосы частот фильтра СВЧ и увеличить крутизну фронтов в 1,5 раз.

(57) Формула изобретения

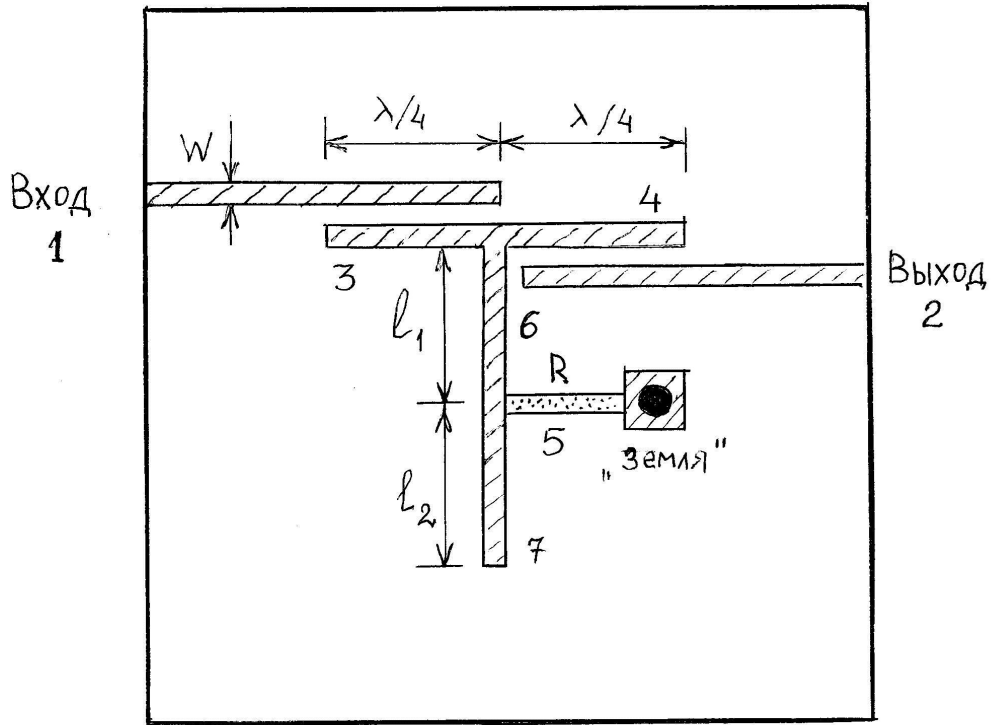
20 Фильтр СВЧ, содержащий входную и выходную линии передачи, между которыми расположен связанный резонатор, который выполнен из двух каскадно - соединенных элементов, каждый из которых содержит два отрезка линии передачи одинаковой длины, связанных электромагнитно, при этом входная линия передачи соединена с концом первого отрезка первого элемента, первый конец второго отрезка первого элемента разомкнут, второй его конец соединен с первым концом первого отрезка
25 второго элемента, второй конец этого отрезка разомкнут, второй конец второго отрезка второго элемента соединен с выходной линией передачи, отличающийся тем, что резонатор дополнительно содержит резистор, один из концов которого заземлен, а другой соединен с одним концом первого отрезка линии передачи, другой конец которого разомкнут, и через второй отрезок линии передачи со вторым концом второго отрезка
30 отрезка первого элемента, при этом длина каждого отрезка линии передачи кратна нечетному числу четверти длины волны, распространяющейся в этом отрезке линии передачи на центральной частоте рабочей полосы пропускания фильтра СВЧ.

35

40

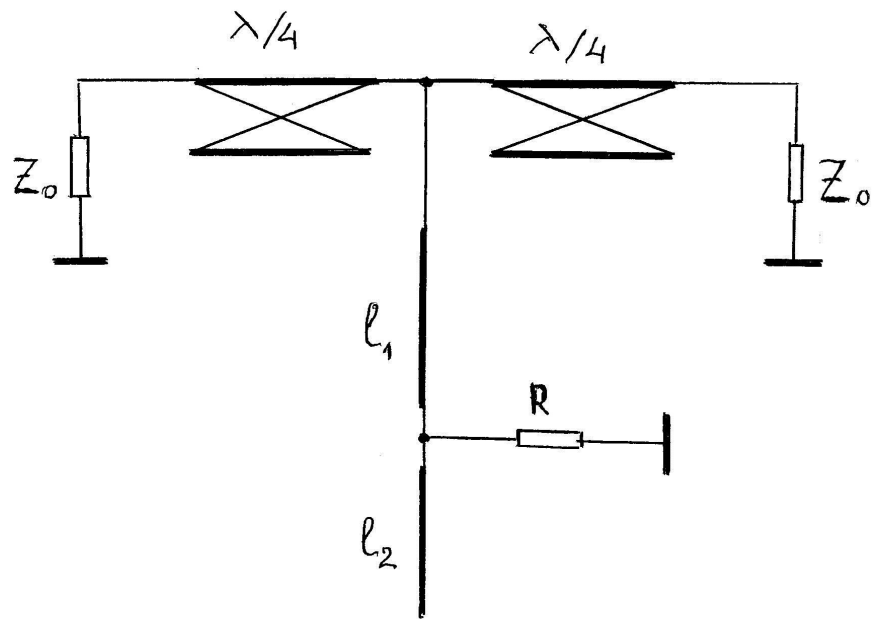
45

1

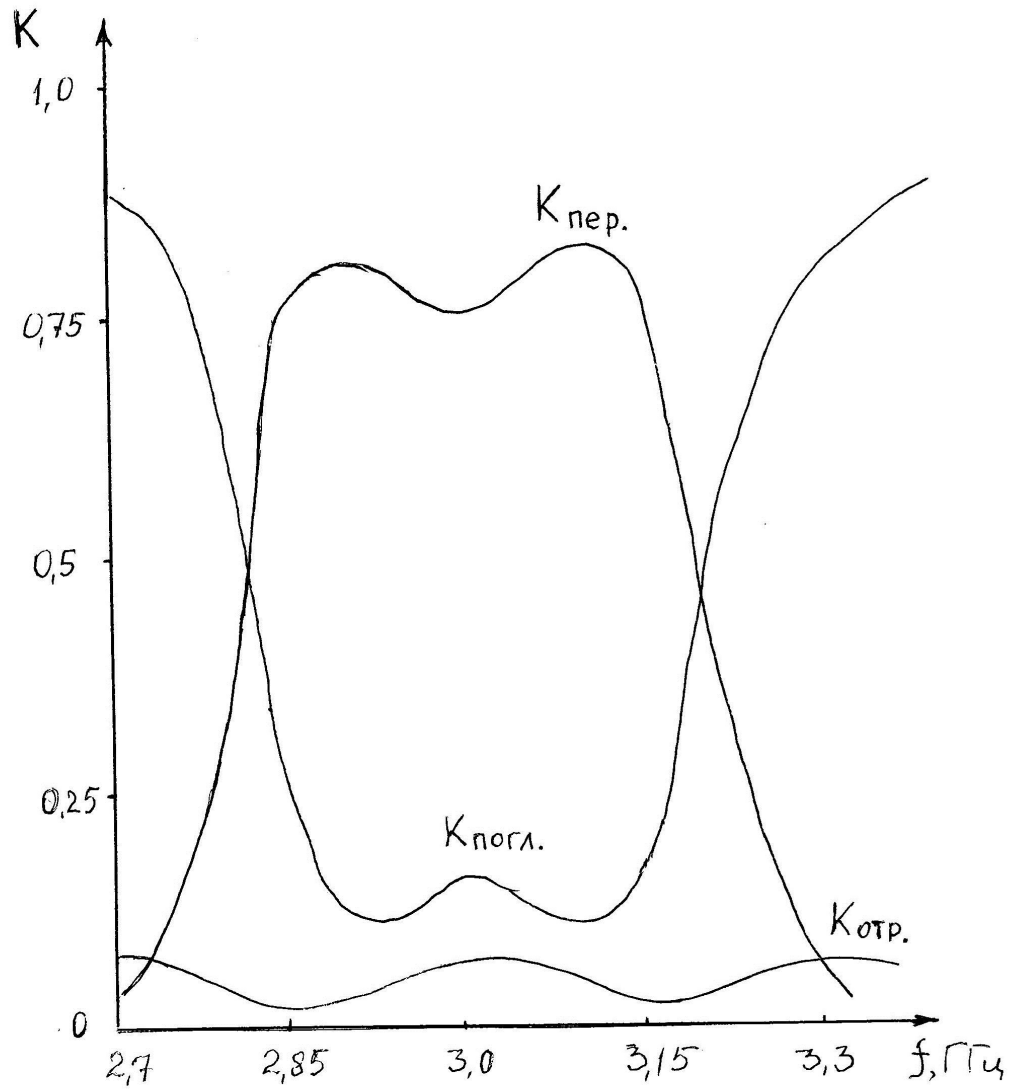


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3