



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 109 373** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁶ **H 01 P 5/12**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93018641/09, 08.04.1993

(46) Дата публикации: 20.04.1998

(56) Ссылки: 1. SU, авторское свидетельство, 170091, кл. H 01 P 5/18, 1965. 2. IEEE Trans, on MTT, v. 38, N 7, July, 1990.

(71) Заявитель:
Российский научный центр "Курчатовский институт",
Акционерное общество открытого типа "Московский научно-исследовательский институт радиосвязи"

(72) Изобретатель: Голицын М.В., Добкин Г.В., Жильцов В.А., Зубков В.Л., Карцев Ю.А., Лисин А.В., Матвеев Ю.Н., Скворода А.А., Табаков А.В.

(73) Патентообладатель:
Российский научный центр "Курчатовский институт",
Акционерное общество открытого типа "Московский научно-исследовательский институт радиосвязи"

(54) ДЕЛИТЕЛЬ-СУММАТОР СВЧ-МОЩНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для деления или сложения СВЧ-мощностей. Изобретение позволяет существенно уменьшить размеры устройства. Для этого в делителе-сумматоре СВЧ мощности, содержащем N-циклически симметричных и один осевой коаксиальные входы, область связи коаксиалов выполнена в виде экранированной многопроводной линии передачи длиной $\lambda/4$, внутренние проводники которой служат продолжением внутренних проводников коаксиальных линий передачи. Кольцевая область связи многопроводной линии с осевым коаксиалом перекрывает проекции на ее плоскость кольцевых областей связи с другими коаксиалами при

выполнении соотношений

$$\left(\frac{D - D_b}{b} \right) / \lambda < 1$$
$$\pi \left(\frac{D + D_b}{b} \right) / 2\lambda < m,$$

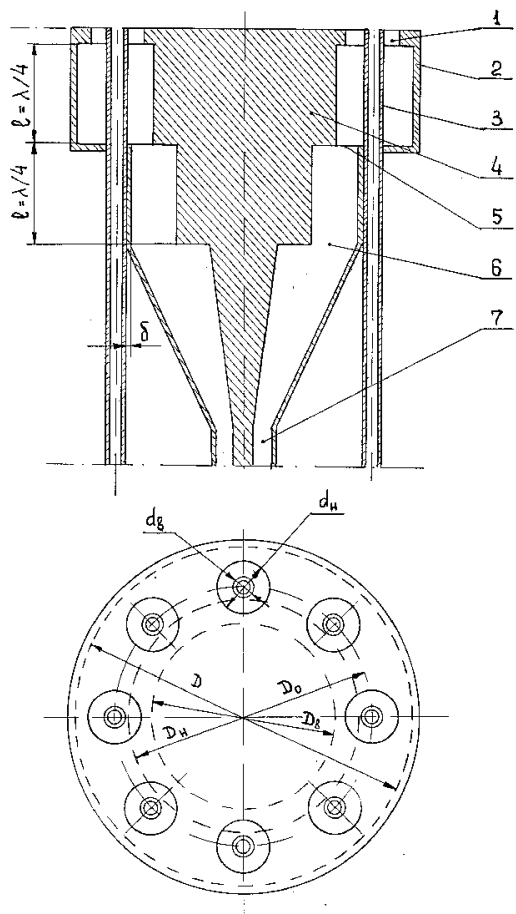
где $m = N$ при N нечетном и $m = N/2$ при N четном; D - диаметр экранирующего проводника отрезка экранированной многопроводной линии; D_b - диаметр осевого проводника отрезка экранированной многопроводной линии, λ длина волны. Условие запердельности всех высших типов волн (одномодовый режим работы устройства) записывается в виде

$$\pi \left(\frac{D + D_b}{b} \right) / 2\lambda < 1. \supset$$

RU 2 109 373 C1

RU 2 109 373 C1

RU 2109373 C1



RU 2109373 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 109 373** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁶ **H 01 P 5/12**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93018641/09, 08.04.1993

(46) Date of publication: 20.04.1998

(71) Applicant:
Rossiskij nauchnyj tsentr "Kurchatovskij institut",
Aksionernoe obshchestvo otkrytogo tipa
"Moskovskij nauchno-issledovatel'skij
institut radiosvjazi"

(72) Inventor: Golitsyn M.V.,
Dobkin G.V., Zhil'tsov V.A., Zubkov V.L., Kartsev
Ju.A., Lisin A.V., Matveev Ju.N., Skovoroda
A.A., Tabakov A.V.

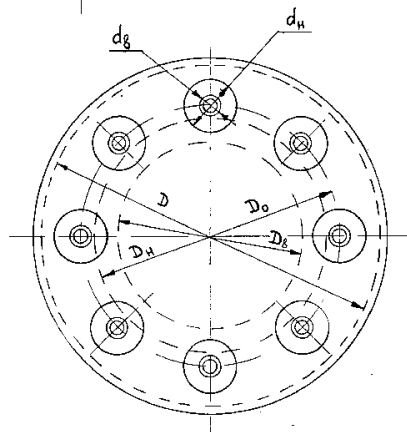
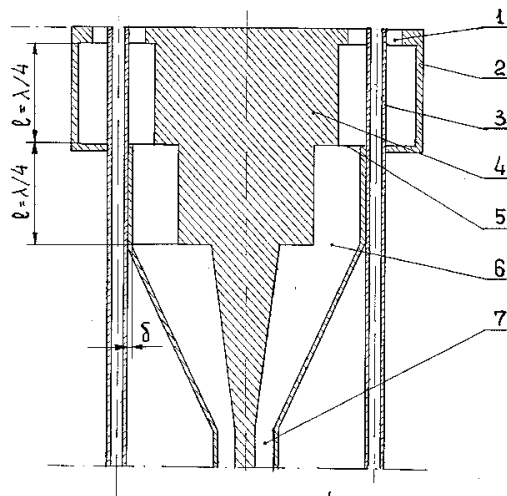
(73) Proprietor:
Rossiskij nauchnyj tsentr "Kurchatovskij institut",
Aksionernoe obshchestvo otkrytogo tipa
"Moskovskij nauchno-issledovatel'skij
institut radiosvjazi"

(54) SHF POWER DIVIDER-SUMMER

(57) Abstract:

FIELD: division or summation of SHF powers. SUBSTANCE: SHF divider-summer has N cyclically symmetric and one axial coaxial inputs. Coupling region of coaxials is manufactured in the form of screened multiwire transmission line having length \$\$\$ which internal conductors are used as continuation of internal conductors of coaxial transmission line. Ring coupling region of multiwire line with axial coaxial overlaps projection of ring coupling regions with other coaxials if following ratios are realized \$\$\$, \$\$\$, where $m = N$ if N is odd number and $m = N/2$ if N is even number; D is diameter of screening conductor of length of screened multiwire line; \$\$\$ is diameter of axial conductor of length of screened multiwire line; \$\$\$ is wave length. Condition of beyond cutoff of all types of higher waves (single-mode operation of device) is recorded in this form \$\$\$.

EFFECT: sufficiently diminished dimensions of device.



RU 2 109 373 C1

RU 2 109 373 C1

Изобретение относится к технике СВЧ, а точнее к устройствам для деления или сложения СВЧ мощностей. Оно может быть использовано в радиотехнических системах различного назначения: для связи, радиолокации, технологических целей и др.

Известен N-канальный сумматор мощности Куросавы и Магалхаиса (Kurosava K. and Magalhaes F. M. An X-band 10 W multiple diode oscillator, - Proc. IEEE, vol. 59, p. 102, Jan. 1971), осуществляющий прямое (за один шаг, без использования нескольких последовательных стадий) сложение мощностей твердотельных генераторов. Он представляет собой закороченный с одного конца отрезок прямоугольного волновода, плоскости узких стенок которого являются плоскостями симметрии коаксиалов. Коаксиалы расположены с интервалом $\lambda_B/2$, а расстояние от короткозамыкателя до оси ближайшего коаксиала равно $\lambda_B/4$ (λ_B - длина волны в волноводе). Твердотельный СВЧ-генератор с четвертьволновым трансформатором расположен с одного конца каждого коаксиала в разрыве внутреннего проводника, а у противоположного его конца находится согласованная нагрузка, стабилизирующая работу твердотельного генератора.

Более широко используется сумматор мощности твердотельных СВЧ-генераторов Харпа и Стоверв (Harp R.S. and Stover H.L. Power combining of X-band IMPATT circuit modules. - IEEE Int. Solid-State Circuit Conf., 1973). В этом устройстве коаксиалы, подобные описанные выше, размещают циклически симметрично по периферии цилиндрического резонатора, работающего на волне TM_{0N0} , где N - число вариаций поля по радиусу резонатора. Связь цилиндрического резонатора с коаксиалами осуществляется по магнитному полю, которое максимально на цилиндрической стенке резонатора. Электрическое поле максимально на оси резонатора, что позволяет, поместив здесь зонд, возбуждать осевую коаксиальную линию передачи, образующую выход сумматора.

Другая разновидность этого сумматора может иметь выход в виде прямоугольного волновода, связанного с цилиндрическим резонатором через окно в его цилиндрической стенке, расположенной между двумя входными коаксиалами в плоскости поперечного сечения выходного волновода. Такое окно может быть предпочтительным для подавления нежелательных мод резонатора.

Рассмотренные выше аналоги объединяет то, что область сложения мощностей в них является резонатором. Сумматор СВЧ Харпа и Стовера более компактен. Это связано с азимутальной симметрией полей используемых мод цилиндрического резонатора, в результате чего коаксиалы могут быть размещены как угодно близко друг к другу (а не на расстоянии $\lambda/2$, как в сумматоре Куросавы и Магалхаиса). Однако поперечный размер сумматора Харпа и Стовера ограничен снизу условием возбуждения TM -мод: $D > \lambda/1,3$, где D - диаметр резонатора. При большем числе входных каналов увеличивается диаметр

резонатора и индекс N рабочей моды. Поэтому требуется применять специальные меры для подавления паразитных мод, имеющих изменяющуюся компоненту тока (азимутальных мод). Для этого могут использоваться, например, радиальные щели, заполненные поглотителем, что усложняет конструкцию сумматора. Отметим, что оба рассмотренных выше сумматора мощностей не могут быть использованы в качестве делителей из-за наличия в коаксиалах согласованных нагрузок.

Поэтому в качестве прототипа возьмем делитель-сумматор СВЧ-мощности Мацумуры, примененный для усиления микроволновой мощности (Matsumura H. Analysis of a Microwave Amplifier Using a Combiner/Divider with Circular Cavities. - IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, vol. 38, no. 7, July 1990). Он включает цилиндрический резонатор, работающий на TM_{0N0} волне, связанный зондами с (N+1)-ой коаксиальными линиями передачи, N из которых расположены циклически симметрично по окружности, а одна - по оси цилиндрического резонатора. Достоинством этого устройства является возможность его использования как в качестве сумматора, так и делителя СВЧ-мощности, а также простота конструкции и малые потери. Недостатками являются относительно большие поперечные размеры, связанные, как и в случае предыдущего аналога, с условием возбуждения TM -мод в цилиндрическом резонаторе, а также необходимость применять специальные меры для подавления паразитных азимутальных мод.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является уменьшение размеров устройства.

Технический результат достигается тем, что делитель - сумматор СВЧ-мощности, имеющий (N+1)-ю входную коаксиальную линию передачи, содержит область связи этих линий передачи, выполненную в виде экранированной многопроводной линии передачи длиной $\lambda/4$, внутренние проводники которой служат продолжением внутренних проводников коаксиальных линий передачи, причем кольцевая область связи многопроводной линии с осевым коаксиалом перекрывает проекции на ее плоскость кольцевых областей связи с другими коаксиалами при выполнении соотношений

$$(D-D_B)/\lambda < 1$$

$$\pi(D+D_B)/2\lambda < m,$$

где $m=N$ при N нечетном и $m=N/2$ при N четном;

D - диаметр экранирующего проводника отрезка экранированной многопроводной линии;

D_B - диаметр осевого проводника отрезка экранированной многопроводной линии;

λ - длина волны.

Второе из этих соотношений означает, что отношение длины "средней окружности" отрезка многопроводной линии к длине волны должно быть меньше "индекса симметрии" m устройства. Оно приводит к тому, что тип волны H_{m1} с одной вариацией по радиусу равным m или большим его оказываются нераспространяющимися. Первое же из приведенных выше соотношений означает

условие нераспространения всех остальных типов E- и H-волн. Условие запердельности всех высших типов волн может быть получено из второго условия при $m=1$. Оно включает в себя и первое из приведенных выше условий. Поэтому условие запердельности всех высших типов волн, отражающий одномодовый режим работы устройства, записывается в виде

$$\pi(D+D_B)/2\lambda < 1.$$

На чертеже изображена практическая реализация делителя-сумматора СВЧ-мощности с обозначением геометрических параметров, где приняты следующие обозначения: 1 - входные коаксиальные линии передачи, 2 - экранирующий цилиндр многопроводной линии, 3 - цилиндрически симметричные внутренние проводники многопроводной линии, 4 - осевой проводник многопроводной линии, 5 - осевой коаксиал (на чертеже его длина равна нулю), 6 - трансформатор волновых сопротивлений, 7 - вход делителя СВЧ-мощности. Предусмотрено водяное охлаждение проводников многопроводной линии делителя, рассчитанного на большую входную СВЧ-мощность (5-10 кВт стационарной мощности). Трансформатор 6 служит для перехода ко входному коаксиалу заданного размера.

Согласование входа делителя упрощается при максимальном перекрытии проекций на основание экранирующего цилиндра кольцевых областей связи осевого и периферийных коаксиалов с многопроводной линией, которое достигается при $\delta = 0$.

При значениях геометрических параметров $D=50$ мм, $D_0=38$ мм, $B_B=27$ мм, $D_H=32$ мм, $d_B=4$ мм, $d_H=10$ мм, $l = \lambda/4 = 30,6$ мм, коэффициент стоячей волны на входе делителя $k < 1.1$. При этом волновое сопротивление осевого коаксиала ≈ 10 Ом, а периферийных 50 Ом. Особенностью конструкции делителя является то, что диаметр осевого проводника многопроводной линии в несколько раз превышает диаметр периферийного.

При подаче на вход 7 делителя СВЧ-мощности возбуждается TEM-волна многопроводной линии, трансформирующаяся в основную волну выходных коаксиальных линий передачи 1. При этом образуется N синфазных выходных СВЧ-сигналов. Подбором размеров входного коаксиала 5 и осевого проводника 4 многопроводной линии можно добиться

полного согласования по входу устройства. В случае, если области связи входного и выходного коаксиалов многопроводной линии не перекрываются, достижимый уровень согласования резко ухудшается, и в этом случае требуется использование дополнительных согласующих устройств, что приводит к уменьшению рабочей полосы частот устройства.

При работе в качестве сумматора входами являются периферийные коаксиалы, а выходом - осевой коаксиал заявляемого устройства.

Ввиду того, что предложенное устройство работает на TEM-волне, не имеющей критической длины, снимается прежнее ограничение снизу на размеры устройства. Эти размеры могут теперь определяться лишь допустимыми размерами коаксиальных линий передачи, которые, в свою очередь, зависят от передаваемой мощности и конструктивных соображений.

Формула изобретения:

1. Делитель-сумматор СВЧ-мощности, содержащий N циклически симметрично расположенных и одну осевую входные коаксиальные линии и элемент связи между ними, отличающийся тем, что элемент связи выполнен в виде отрезка экранированной многопроводной линии передачи длиной $\lambda/4$, внутренние проводники которого являются продолжением внутренних проводников N циклически симметрично расположенных входных коаксиальных линий и осевой входной коаксиальной линии соответственно, при этом проекции внешних проводников N циклически симметрично расположенных входных коаксиальных линий пересекаются с проекцией внешнего проводника осевой входной коаксиальной линии на плоскость ее поперечного сечения при выполнении соотношений

$$(D-D_B)/\lambda < 1;$$

$$\pi(D+D_B)/2\lambda < m,$$

где $m = N$ при N нечетном и $m = N/2$ при N четном;

D - диаметр экранирующего проводника отрезка экранированной многопроводной линии;

D_B - диаметр осевого проводника отрезка экранированной многопроводной линии;

λ - длина волны.

2. Делитель-сумматор по п.1, отличающееся тем, что относительные размеры удовлетворяют соотношению

$$\pi(D+D_B)/2\lambda < 1.0$$