

# ОСОБЕННОСТИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХЗВЕННЫХ ФИЛЬТРОВ НА НЕРЕГУЛЯРНЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ РЕЗОНАТОРАХ

Лалетин Н.В.

Институт Физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Академгородок, Красноярск, 660036, Россия  
тел.: 3912-494591, e-mail: belyaev@iph.krasn.ru

**Аннотация** – Исследованы закономерности поведения полюсов затухания, наблюдаемых на амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) двухзвенной микрополосковой секции на нерегулярных резонаторах, от параметров конструкции. Рассмотрены фильтры со смежным и диагональным подключением к линиям передачи, имеющих фиксированную ширину полосы пропускания и отличающиеся типом преобладающей связи резонаторов на частотах полосы пропускания.

## I. Введение

При исследовании зависимости коэффициента связи от величины зазора  $S$  между проводниками нерегулярных микрополосковых резонаторов (МПР), изолированных от внешних линий передачи, было обнаружено [1], что одна и та же величина коэффициента связи в рассматриваемой микрополосковой структуре (рис. 1) может получаться при трех существенно различных значениях  $S$ . Это означает, что на нерегулярных резонаторах с полной длиной области связи проводников возможна реализация трех фильтров с одинаковой полосой пропускания, конструктивно отличающихся только зазором между проводниками МПР. В отмеченной работе впервые было показано, что наименьшему зазору  $S_1$  отвечающему заданной величине коэффициента связи  $k_0$ , соответствует преимущественно емкостная связь резонаторов, на фоне индуктивной того же порядка. Среднему зазору  $S_2$  соответствует преимущественно индуктивная связь на фоне емкостной того же порядка. И, наконец, максимальному зазору  $S_3$  соответствует также преимущественно индуктивная связь на фоне исчезающе малой емкостной.

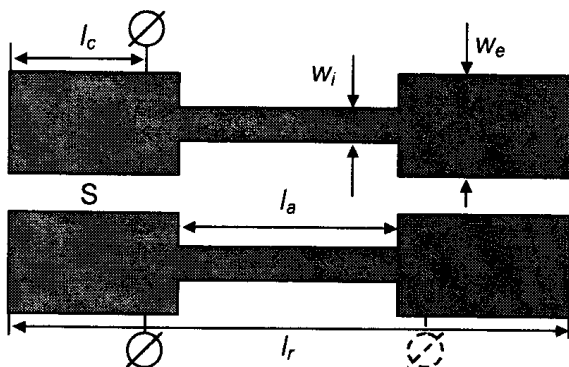


Рис. 1. Микрополосковая конструкция

Fig. 1. Microstrip structure.

Исследование данной конструкции имеющей кондуктивную связь с внешними линиями передачи показали [2], что изменение типа связи между МПР приводит к существенному изменению формы АЧХ вне полосы пропускания, а изменением длины среднего участка МПР можно формировать несколько полюсов затухания справа и слева от полосы пропускания. При этом значительно повышаются частотно-селективные свойства микрополосковой структуры.

## II. Основная часть

В настоящей работе исследована зависимость расположения полюсов затухания на АЧХ рассматриваемой микрополосковой структуры от диэлектрической проницаемости подложки при различных значениях скачка ширины проводника (СШП) и типа преобладающей связи МПР.

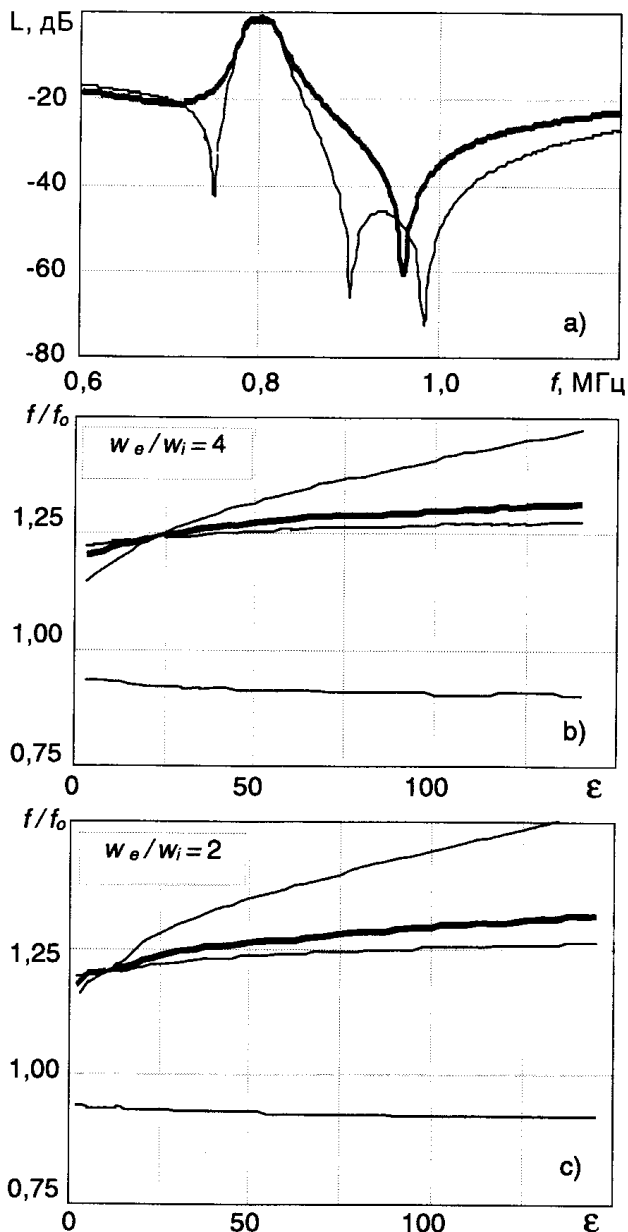


Рис. 2. Характеристики фильтров с преобладающей емкостной связью МПР на фоне индуктивной того же порядка в случае смежного (—) и диагонального (---) подключения.

Fig. 2. The characteristics of filters with prevailing capacitor connection MSR on a background inductive one of the same order in case of adjacent (—) and diagonal (---) connection.

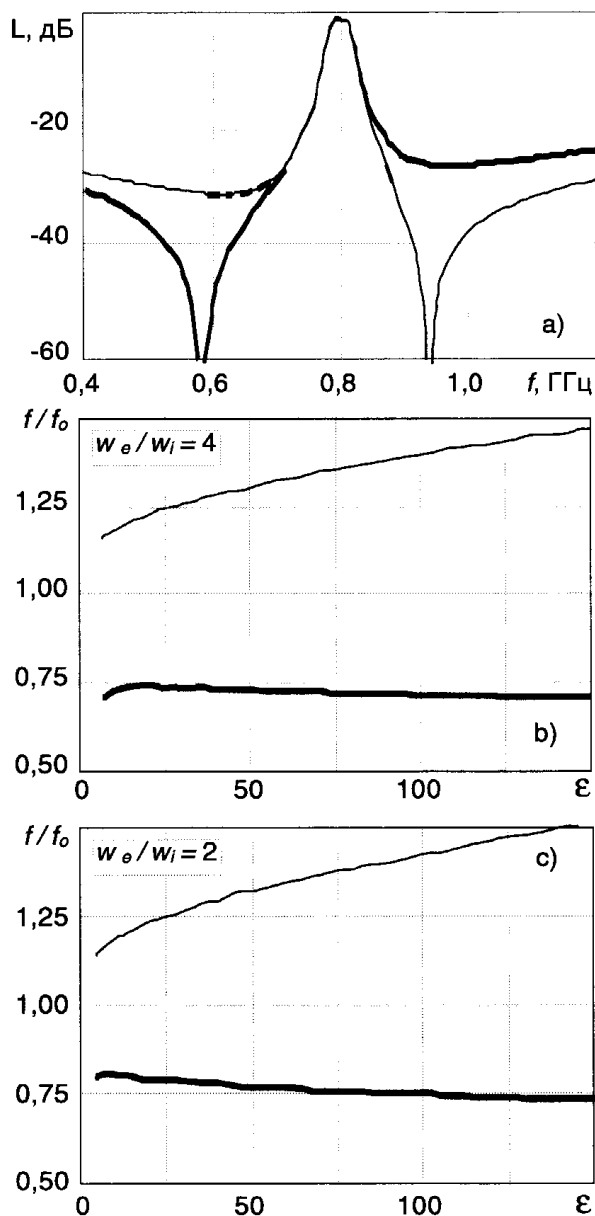


Рис. 3. Характеристики фильтров с преобладающей индуктивной связью МПР на фоне емкостной того же порядка в случае смежного (—) и диагонального (---) подключения.

Fig. 3. The characteristics of filters with prevailing MSR inductive connection on a background capacitor that of the order in case of adjacent (—) and diagonal (---) connection.

Были исследованы шесть фильтров с центральной частотой полосы пропускания  $f_0=800$  МГц и ее относительной шириной по уровню  $-3$  дБ от уровня минимальных потерь  $\Delta f_3/f_0=5\%$ , выполненных на подложке с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon=80$  толщиной 1 мм. Величина добротности резонаторов  $Q_0=400$ . Геометрические параметры связанных МПР при этом имели следующие значения:  $w_e=1,97$  мм,  $w_f=0,49$  мм ( $w_f=0,98$  мм при  $w_e/w_f=2$ ),  $l_f=19,85$  мм,  $l_a=6,45$  мм. Отличались фильтры только зазорами между полосковыми проводниками:  $S_1=0,12$  мм,  $S_2=0,70$  мм и  $S_3=2,58$  мм, которые обеспечивали три, рассмотренных выше, типа связи резонаторов. Точки кондуктивного подключения внешних линий передачи  $l_c$  подбирались так, чтобы обеспечить минимум обратных потерь в первой полосе пропускания на уровне  $-14$  дБ.

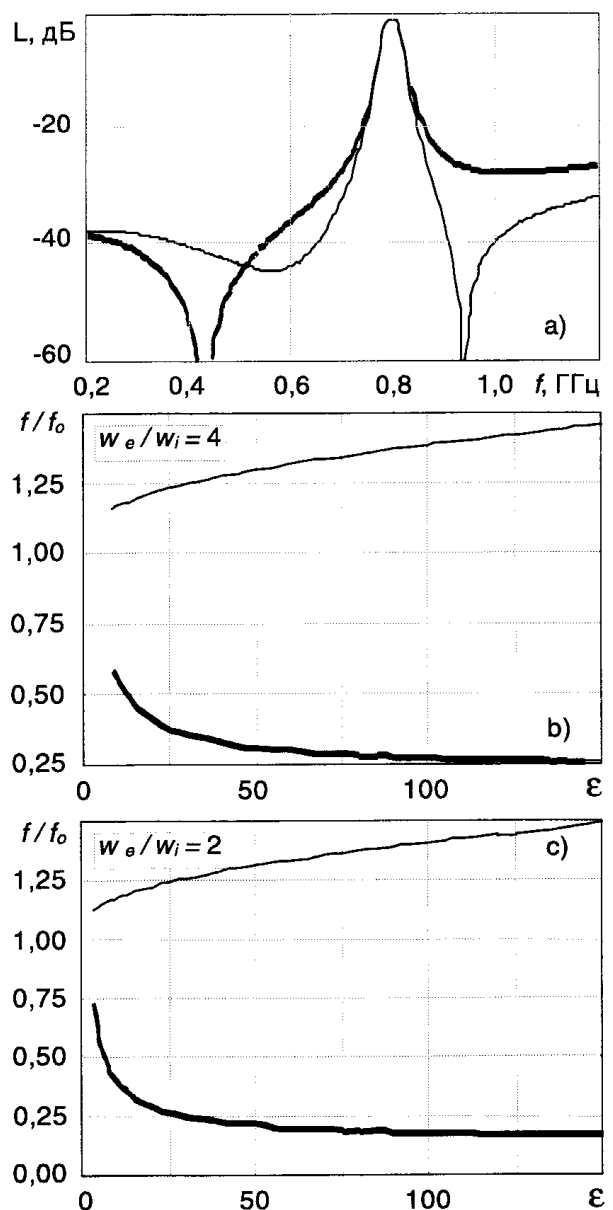


Рис. 4. Характеристики фильтров с преобладающей индуктивной связью МПР в случае смежного (—) и диагонального (---) подключения.

Fig. 4. The characteristics of filters with prevailing MSR inductive connection in case of adjacent (—) and diagonal (---) connection.

Из рис. 2, соответствующего зазору  $S_1$ , видно, что для АЧХ фильтров со смежным подключением к внешним линиям передачи характерно наличие одного полюса затухания вблизи высокочастотного склона первой полосы пропускания. Для фильтров с диагональным подключением, на АЧХ наблюдается три полюса. Один полюс располагается вблизи низкочастотного склона первой полосы пропускания фильтра, два других полюса находятся между первой и второй полосой пропускания. Для рассматриваемой секции на рис. 2(б, в) показано поведение нормированных частот полюсов затухания от диэлектрической проницаемости подложки для разных значений СШП. Видно, что для обоих случаев при смежном подключении частота полюса затухания слабо возрастает, изменяя свое значение приблизительно в 1,1 раза, при изменении  $\epsilon$  от 3 до 150. При диагональном подключении, поведение частот первых двух полюсов затухания для разных значений СШП качественно совпадают. Видно, что при увеличении СШП частота расположения третьего

# FEATURES IN FREQUENCY RESPONSES OF TWO-POLE FILTERS BASED ON IRREGULAR MICROSTRIP RESONATORS

N.V. Laletin

L.V. Kirensky Institute of Physics, SB RAS  
Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia  
E-mail: belyaev@iph.krasn.ru

**Abstract** - The regularities in behaviour of damping poles observed on a frequency response (FR) of two-pole microstrip structure consisting of irregular resonators, concerning to design parameters, are investigated. The filters with adjacent and diagonal connection to transmitting lines with equal bandwidths and distinguishing by a type of prevailing coupling between resonators at frequencies of passband, are considered.

## I. Introduction

On researching the dependence of coupling factor on size of gap  $S$  between conductors of irregular microstrip resonators (MSR) isolated from external transmitting lines, it was revealed [1] that identical values of coupling factor in considered microstrip structure (Fig. 1) can be obtained at three essentially various  $S$ . In the referenced work it was shown for the first time that to the least value of gap  $S_1$  the mainly capacitive coupling between the resonators corresponds on a background of inductive one being of the same order of magnitude. To an intermediate value of gap  $S_2$  the mainly inductive coupling corresponds on a background of capacitive one being of the same order of magnitude. To the maximal gap size  $S_3$  the mainly inductive coupling corresponds on a background of small capacitive one.

In work [2] authors have shown, that the change of type of the coupling between MSR's in the structure results in essential change of FR form beyond a passband.

## II. Main part

In the present work the influence of substrate dielectric constant and of prevailing type of coupling between MSR's on an arrangement of attenuation poles in frequency response of considered microstrip structure is investigated at various values of conductor width step (CWS).

Six filters with the center frequency  $f_0 = 800$  MHz and fractional bandwidth  $\Delta f_0 / f_0 = 5\%$  measured at the level  $-3$  dB from the level of minimal loss, made on substrates of dielectric constant  $\epsilon = 80$  and of 1 mm thickness, were investigated. Q-factor of resonators is  $Q_0 = 400$ . The coupled MSR's had the following sizes:  $w_0 = 1,97$  mm,  $w_1 = 0,49$  mm ( $w_1 = 0,98$  mm when step is  $w_0/w_1 = 2$  mm),  $l_r = 19,85$  mm,  $l_a = 6,45$  mm. The filters differed only by the size of gap between strip conductors:  $S_1 = 0,12$  mm,  $S_2 = 0,70$  mm and  $S_3 = 2,58$  mm, which provided three, above mentioned, types of coupling between the resonators.

Analyzing results of the researches submitted in Fig. 2-4, one can see that the essential change in frequencies of damping poles takes place when connection of filters to transmission lines is adjacent. As it is seen from Fig. 4 c, on changing  $\epsilon$  from 50 down to 2, the values of normalized frequency of the damping poles increase more than three times, coming nearer to low-frequency edge of the passband.

## III. Conclusion

The possibilities, shown in the given work, of controlling attenuation poles in FR of two-pole filters based on irregular resonators with a dumb-bell shape are important for developing frequency-selective devices with extremely high characteristics.

полюса затухания замедляет свое изменение при высоких значениях  $\epsilon$ . При приближении  $\epsilon$  к 3, наоборот, третий полюс затухания быстрее приближается к первой полосе пропускания АЧХ фильтров с большим значением СШП, улучшая селективность фильтра. Из рис. 2 видно, что при определенных значениях диэлектрической проницаемости подложки, зависящих от величины СШП, частоты второго и третьего полюса затухания, для секций с диагональным подключением, и частота полюса этой же секции при смежном подключении совпадают.

Рис. 3, и рис. 4 относятся к характеристикам фильтров с величиной зазора между резонаторами  $S_2$  и  $S_3$ , соответственно. Видно, что для фильтров, с преимущественно индуктивной связью на частотах первой полосы пропускания, характерно расположение полюса затухания на частотах до первой полосы пропускания, в случае смежного подключения, и после первой полосы пропускания в случае диагонального.

Анализируя рис. 3(b, c) и рис. 4(b, c) можно сделать вывод, что при использовании подложек с большим значением диэлектрической проницаемости ( $\epsilon \sim 10^2$ ) предпочтительнее использование резонаторов со СШП т.к. в этом случае полюса затухания располагаются ближе к первой полосе пропускания в отличие от регулярных резонаторов. При малых значениях диэлектрической проницаемости подложки ( $\epsilon \sim 10$  и менее) у исследуемых конструкций фильтров на регулярных резонаторах и резонаторах с небольшим значением СШП полюса затухания более приближены к первой полосе пропускания, что позволяет реализовывать фильтры с высокими параметрами крутизны либо низкочастотного, либо высокочастотного склона АЧХ. Особенно существенное изменение частоты полюса затухания наблюдается при смежном подключении фильтров. Как видно из рис. 4 c, при изменении  $\epsilon$  от 50 до 2 значение нормированной частоты полюса затухания увеличивается более чем в три раза, приближаясь в процессе своего увеличения к низкочастотной границе первой полосы пропускания.

## III. Заключение

Показанные в настоящей работе возможности управления положением полюсов затухания на АЧХ двухзвенных фильтров на нерегулярных резонаторах типа гантели важны при разработке частотно-селективных устройств с предельно высокими характеристиками. В частности, при конструировании полосовых фильтров можно получить симметричную форму АЧХ, или с максимальной крутизной того или иного склона. Каскадное соединение двухзвенных секций с различным типом связи между резонаторами позволяет не только повысить крутизну обеих склонов АЧХ, но и одновременно увеличить затухание в полосах заграждения.

## IV. Список литературы

- [1] Беляев Б.А., Титов М.М., Тюрнев В.В. Коэффициенты связи нерегулярных микрополосковых резонаторов. // Известие ВУЗов, Радиофизика. – 2000. №8. с. 68.
- [2] Лалетин Н.В., Беляев Б.А. Селективные свойства двухзвенных микрополосковых фильтров на нерегулярных резонаторах. // Труды X Международной Крымской конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" Севастополь, 2000, с. 376-377.