

УДК 621.372.852.1

## МИКРОПОЛОСКОВЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ФИЛЬТР С ЭЛЕКТРОННО-УПРАВЛЯЕМОЙ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТОЙ

К. т. н. Э. Н. Глушеченко

Научно-производственное предприятие «Сатурн»

Украина, г. Киев

gen-nto @ ukr.net

На основании структурной схемы микрополоскового направленного фильтра была продемонстрирована реализация управления его рабочей частотой.

Ключевые слова: фильтр, микрополосковая линия передачи, ответвитель, резонатор, диод.

Для создателей прямо-передающей СВЧ-аппаратуры всегда была желательной и предпочтительной возможность применения фильтров, вне зависимости от технологии исполнения, с перестройкой рабочей частоты, особенно с электронным управлением. Но если для СВЧ-фильтров в объемном (волноводном или коаксиальном) исполнении имеются конкретные технические решения, например [1], то о фильтрах на основе микрополосковых (МПЛ) линий передачи подобная информация практически отсутствует. Поэтому цель данной работы — обоснование возможности и способ реализации частотно-перестраиваемого микрополоскового направленного фильтра бегущей волны (МНФБВ) — представляется перспективной и заслуживающей внимания.

Большинство известных СВЧ-фильтров на основе МПЛ (шлейфных или на связанных линиях) [2] имеют не менее трех резонаторов, длина которых (геометрическая или электрическая) определяет рабочую (резонансную) частоту фильтров. Следует отметить, что при этом для шлейфных фильтров вполне реально механически изменять длину одиночных резонансных шлейфов, но невозможно одновременно и синхронно изменять электрическую длину трех и более МПЛ-шлейфов. А для фильтров на связанных МПЛ это даже теоретически исключено.

Единственным микрополосковым СВЧ-фильтром с одним резонатором и, следовательно, теоретически с изменяемой рабочей частотой может быть МНФБВ [3]. Такое качество МНФБВ является

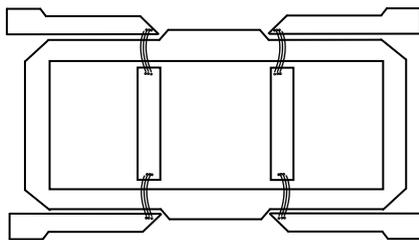


Рис. 1. Базовая топология микрополоскового направленного фильтра бегущей волны

следствием его принципиальных отличительных особенностей. Базовая топология однорезонаторного МНФБВ приведена на рис. 1. Как очевидно из рис. 1, МНФБВ имеет только один резонансный элемент — это резонатор в виде замкнутого кольца, по которому распространяется СВЧ-сигнал в режиме бегущей волны. Поэтому если изменить электрическую длину  $l_k$  резонансного кольца, то изменится и резонансная частота  $F_p$  МНФБВ — при увеличении длины  $l_k$  частота  $F_p$  понижается, а при уменьшении длины  $l_k$  частота  $F_p$  повышается.

Следовательно, резонансная частота МНФБВ зависит от параметров его микрополоскового кольцевого резонатора — ширины МПЛ (импеданса), а также от его реальной длины, которая обуславливается коэффициентом укорочения для конкретной ширины МПЛ [2].

Изменить реальную геометрическую длину микрополоскового кольцевого резонатора в существующих габаритах невозможно. Однако длина четвертьволнового отрезка регулярной МПЛ определяется [2] выражением  $L = \lambda_0 / 4K_y$ , где  $\lambda_0$  — длина волны на заданной (фиксированной) частоте,  $K_y$  — коэффициент укорочения для ширины  $W_i$  регулярной МПЛ. А  $W_i$  однозначно [2] определяется  $Z_i$  — волновым сопротивлением регулярной МПЛ. Следовательно, при фиксированной длине МПЛ изменением значения  $K_y = f(Z_i) \equiv f(W_i)$  можно изменить ее электрическую длину.

МНФБВ образован двумя модифицированными ответвителями типа «тандем», вторичные каналы которых объединены в резонансное кольцо с помощью двух четвертьволновых отрезков регулярной МПЛ [3], имеющих волновое сопротивление  $Z_0 = 50$  Ом. Если в разрыв такого отрезка МПЛ встроить элемент, у которого сопротивление  $Z_i \neq Z_0$ , то электрическая длина отрезка изменится [4]. При этом соответственно изменится электрическая длина кольцевого резонатора, что приведет к изменению резонансной частоты МНФБВ.

Следует отметить, что если  $Z_i > Z_0$ , то встраиваемый элемент эквивалентен СВЧ-индуктивности. А в случае, когда  $Z_i < Z_0$ , это эквивалентно СВЧ-емкости. Преимуществом такого технического решения является реализация перестройки резонансной частоты МНФБВ без какого-либо изменения габаритов фильтра и существенного изменения его физической структуры. Однако встраиваемый элемент допустимо размещать только вне физической структуры ответвителей типа «тандем» и вне области связи ответвителей на двух параллельных МПЛ.

В качестве элемента с изменяемой емкостью могут быть применены как серийный варикап, так и параэлектрик или что-либо иное. А в конкретной реализации был применен варикап 3А618. Он легко монтируется методом пайки в разрыв отрезка регулярной МПЛ с волновым сопротивлением 50 Ом и имеет следующие характеристики: добротность — 200, собственная емкость — 2,2 пф, коэффициент перекрытия по емкости — 6,8. Значение величины емкости варикапа регулируется электрически управляющим сигналом. На рис. 2 представлена структурная схема МНФБВ с перестройкой частоты.

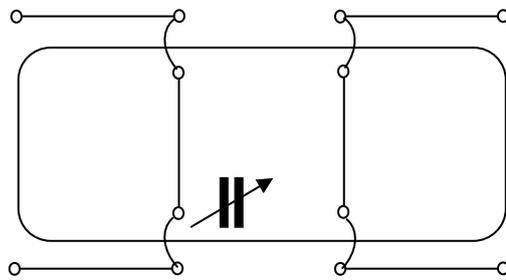


Рис. 2. Структурная схема МНФБВ с изменяемой частотой

Следует отметить, что техническое решение МНФБВ, структурная схема которого представлена на рис. 2, защищено авторскими правами на интеллектуальную собственность [5].

Таким образом, проведенное рассмотрение позволило сформировать методику изменения рабочей частоты направленного фильтра. Очевидно, что для подстройки частоты реального МНФБВ в разрыв отрезка МПЛ можно встраивать СВЧ-емкость, ширина которой совпадает с ее шириной при  $Z_0 = 50$  Ом.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Перфилов А. А. Методы формирования алгоритмов для расчета перестраиваемых коаксиальных полосовых фильтров СВЧ // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2012.— № 6.— С. 21—24.
2. Малорацкий Л. Г. Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ.— Москва: Сов. радио, 1976.
3. Глушеченко Э. Н. Особенности реализации микрополосковых устройств с кольцевыми резонаторами бегущей волны // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2012.— № 6.— С. 11—15.
4. Глушеченко Э. Н. Принципы управления резонансной частотой микрополоскового направленного фильтра // Труды МНПК «СИЭТ-2015».— Украина, г. Одесса.— 2015, с.166—167.
5. Патент України на корисну модель 104498. Мікросмуговий напрямлений фільтр бігучої хвилі / Е. М. Глушеченко.— 2016.— Бюл. № 1.

E. N. Glushechenko

#### Microstrip directional filter with the electronically controlled resonance frequency

The paper presents the realization of the control of the operating frequency of a microstrip directional filter on the basis of a block diagram of the filter.

Keywords: *filter, microstrip, coupler, resonator, diod.*