

МИКРОПОЛОСКОВЫЕ ФИЛЬТРЫ И ДИПЛЕКСЕР ДЛЯ ПРИЕМНИКА ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ «ГЛОНАСС»/«GPS»/«GALILEO»

Владимиров В. М., Петров Д. В., Солдатенко С. Д., Шепов В. Н.
 Красноярский научный центр СО РАН
 г. Красноярск, 660036, Россия
 тел.: 391-2905494, e-mail: shepov@ksc.krasn.ru

Аннотация — Разработаны микрополосковые полосно-пропускающие фильтры и диплексер для приемника совмещенных частотных диапазонов глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС», «GPS» и «GALILEO».

I. Введение

Сравнительно большие габаритные размеры микрополосковых фильтров (МПФ) не позволяют им найти широкое применение в бытовых приемниках совмещенных частотных диапазонов глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС», «GPS» и «GALILEO». Однако в технике специального назначения, требующей высокой надежности работы аппаратуры при повышенных уровнях радиации, вибрации и широкого температурного диапазона, такие фильтры находят применение как при штучном, так и при массовом производстве.

Целью настоящей работы является разработка МПФ с малыми потерями в полосе пропускания для малошумящего усилителя (МШУ) и МПФ для диплексера частотных диапазонов **L1** и **L2 + L3** для приемника глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС»/«GPS»/«GALILEO». Конструктивные и электрические параметры МПФ должны быть воспроизводимы при серийном производстве, затраты на изготовления корпусов и фильтров минимальны.

II. Основная часть

Фильтры для МШУ и для диплексера проектировались на керамике ТБНС с диэлектрической проницаемостью (ϵ) = 80 в микрополосковом исполнении. Резонаторы на подвешенной подложке хотя и обладают большей собственной добротностью, однако изготовление фильтров на подвешенной подложке менее технологично.

Для уменьшения размеров МПФ применялись четвертьволновые нерегулярные микрополосковые резонаторы (МНР) с увеличением емкости и индуктивности резонаторов путем уширения полоскового проводника в емкостной части резонатора и сужения в индуктивной [1]. Однако, как известно, увеличение плотности СВЧ тока в МНР приводит к увеличению прямых потерь в полосе пропускания МПФ. Поэтому для разрабатываемых МПФ для МШУ уменьшение ширины полоскового проводника четвертьволновых резонаторов в пучности высокочастотного тока МНР ограничивалось допустимым уровнем прямых потерь в полосе пропускания -1 дБ при уровне обратных потерь -14дБ.

Требования к работоспособности МПФ в диапазоне рабочих температур от +70 до -50°C, а так же разброс значений диэлектрической проницаемости подложки из керамики ТБНС диктуют необходимость проектирования МПФ с запасом ширины полосы пропускания, более высоким коэффициентом прямоугольности АЧХ, меньшими потерями в полосе пропускания и меньшим КСВН относительно требуемых

значений. В этом случае элементарная подстройка полосы пропускания МПФ осуществляется высотой экрана (предусмотрено особенностями конструкций корпуса и крышки МПФ), что значительно уменьшает время настройки одного фильтра при их серийном производстве.

В таблице 1 приведены измеренные характеристики разработанных входных МПФ для МШУ диапазонов **L1** и **L2**. Оба фильтра выполнены на трех-направленных четвертьволновых МНР. Габаритные размеры МПФ вместе с корпусом и крышкой 9×7×4 мм, толщина подложки ТБНС 1 мм, вход и выход фильтров — полосковые. Корпуса МПФ выполнены в виде скобки, изготавливаемой из листа ковара.

Табл. 1. Измеренные характеристики входных МПФ

Наименование параметра	Диапазон L1	Диапазон L2
Полоса пропускания, МГц	1565 - 1610	1217 - 1257
Минимальные потери в полосе пропускания, дБ	-0,5	-0,6
Неравномерность АЧХ в полосе пропускания, дБ	0,2	0,1
КСВН входа и выхода в полосе рабочих частот	1,35	1,32
Неравномерность ГВЗ в полосе рабочих частот, нс	3	3
Затухание сигнала при отстройке от центральной частоты полосы пропускания на ± 150 МГц, дБ	-17	-18
	-25	-23

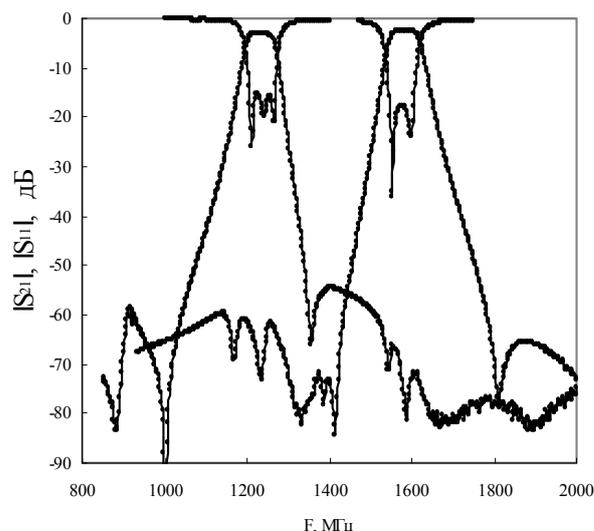


Рис. 1. АЧХ диплексера диапазонов **L1** и **L2**.

Fig. 1. Frequency response of a diplexer with **L1** and **L2** bandwidth

МПФ для диплексера рассчитывались в виде нерегулярной встречно-стержневой структуры на четы-

рех четвертьволновых МПР. Для уменьшения габаритных размеров МПФ диапазона $L2$ топология полосковых проводников резонаторов проектировалась таким образом, чтобы уменьшить коэффициент связи между МПР. В результате габаритные размеры фильтров обоих диапазонов $L1$ и $L2$ одинаковы и составляют (вместе с корпусом и крышкой) $14 \times 7 \times 3$ мм. Вход и выход МПФ – полосковые.

На рис. 1 приведена измеренная АЧХ диплексера частотных диапазонов $L1$ и $L2$. Из рис. 1 видно, что фильтры в обоих каналах диплексера спроектированы таким образом, что слева и справа от полосы пропускания фильтров сформированы полюса затухания. Подавление сигнала в соседнем канале диплексера составило свыше -55 дБ.

При необходимости МПФ диапазона $L2$ может быть заменен в диплексере на МПФ совмещенного диапазона $L2 + L3$ с идентичными габаритными размерами. На рис. 2 приведена измеренная АЧХ МПФ совмещенного частотного диапазона $L2 + L3$.

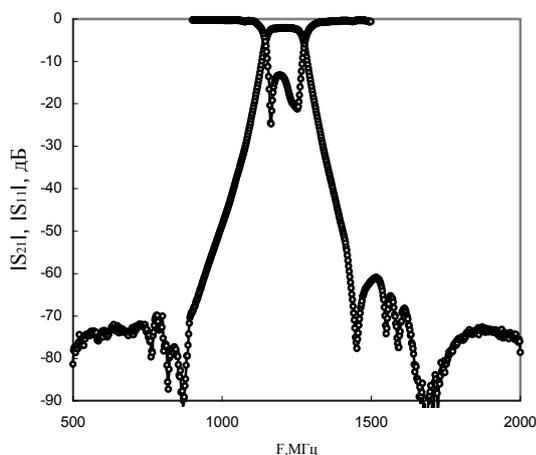


Рис. 2. АЧХ фильтра диапазона $L2 + L3$.

Fig. 2. Frequency response of the filter with the bandwidth $L2 + L3$

Для повышения избирательности АЧХ каналов диплексера была разработана микросборка с каскадным соединением двух МПФ в каждом канале диплексера кондуктивно-индуктивной связью.

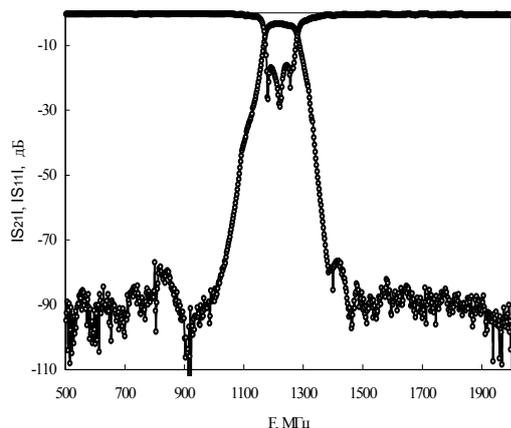


Рис. 3. АЧХ микросборки.

Fig. 3. Frequency response of the microassembly

На рис. 3 приведена измеренная АЧХ канала диплексера, состоящего из каскадного соединения двух МПФ частотного диапазона $L2 + L3$. Из рис. 3 видно, что измеренное подавление сигнала в полосе заграждения каскадного соединения МПФ составило свыше -70 дБ. Следует отметить, что при каскадном соединении четвертьволновых МПР, в отличие от полуволновых, отсутствует низкочастотная мода, обусловленная проявлением совместного резонанса соединяемых резонаторов [2].

III. Заключение

Разработанные фильтры с низкими прямыми потерями для подключения на входе МШУ и диплексер для приемника частотных диапазонов $L1$, $L2 + L3$ глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС»/«GPS»/«GALILEO» прошли температурные испытания ($+70 - 50^\circ\text{C}$) и испытания на вибростенде. Начато их серийное производство.

Так же разработаны МПФ частотного диапазона $L5$ и $L2 + L3 + L5$ с идентичными габаритными размерами.

IV. Список литературы

- [1] Makimoto M., Yamashita S. Bandpass filters using parallel coupled stripline stepped impedance resonators // IEEE Trans. 1980. V. MTT-28. № 12. P. 1413—1417.
- [2] Шепов В. Н., Дрокин Н. А. Каскадное соединение микрополосковых фильтров кондуктивно-индуктивной связью // Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника. 2002. Вып. 1 (479). С. 32—36.

MICROSTRIP FILTERS AND DIPLEXER FOR THE RECEIVER OF THE GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS «GLONASS», «GPS» AND «GALILEO»

Vladimirov V. M., Petrov D. V., Soldatenko S. D., Shepov V. N.

Krasnoyarsk Scientific Center of Russian Academy Sciences, Siberian Branch

Krasnoyarsk, 660036, Russia

Ph.: 391-2905494, e-mail: shepov@ksc.krasn.ru

Abstract — Microstrip passband filters with low losses in the passband for the low-noise amplifier and microstrip passband filters for the diplexer of the combined bandwidth receiver of the space navigation systems «GLONASS» and «GPS» have been developed. Microstrip passband filters of the combined bandwidth $L2 + L3$ for the systems «GPS» and «GALILEO» have also been designed. The filters are fabricated using quarter-wave microstrip resonators. The filters have been subjected to thermal tests at temperatures from plus 70 to minus 50 °C. The serial production of the filters has been started.