

Разработка ферритовых фильтров с уменьшенными габаритами

Описываются малогабаритные коаксиальные фильтры на ферритовых резонаторах. Фильтры имеют многооктавную электрическую перестройку центральной частоты Приведены параметры много звенных фильтров.

Ключевые слова: ферритовые резонаторы, перестраиваемые фильтры

Коаксиальные электрически перестраиваемые ферритовые фильтры выпускаются ОАО «Завод Магнетон» [1] и известными зарубежными фирмами в широком диапазоне частот от 0,5 ГГц до 40 (50) ГГц. Габариты фильтров без драйвера определяются габаритами электромагнита и увеличиваются при увеличении верхней частоты работы фильтра и практически мало зависят от количества (n) звеньев (миниатюрных резонаторов в виде сфер). Сопряжение фильтра с драйвером увеличивает в основном длину фильтра примерно в 2-3 раза.

Зарубежные фирмы рекламируют ферритовые полосно-пропускающие фильтры (n=3) с размерами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Диапазон перестройки частоты, ГГц	0,5-2	2-8	8-18	1-18	2-18	2-26	18-26,5
Габариты, мм	42×42×37	42×42×37	42×42×46	42×41×46	42×42×46	42×42×58	42×42×58

В современных радиотехнических системах появились требования уменьшения массогабаритных параметров фильтров. В этой связи выпускаются полосно-пропускающие фильтры (n=4) уменьшенных габаритов (см. таблицу 2).

Таблица 2

Диапазон перестройки частоты, ГГц	2-6	3-20	6-18
Габариты, мм	35,6×35,6×35,6	35,6×35,6×35,6	43,4×43,4×30,5

Ряд зарубежных фирм рекламируют компактные полосно-пропускающие и полосно-заграждающие фильтры с различным количеством звеньев в диапазоне 0,5 ГГц – 40 ГГц, имеющие одинаковые размеры при совпадении верхних рабочих частот.

Таблица 3

Верхние частоты диапазона перестройки, ГГц	Количество звеньев	≤18	≤26
Габариты, мм (размер ребра)	2	35,56	43,2
	4	35,56	43,2
	7	—	43,2
	7		50,8×50,8×43,2

Режекторные фильтры (от 7 до 16 звеньев) имеют размеры ребра куба магнитопровода 35,56 мм и 43,2 мм в диапазоне частот от 0,5 ГГц до 18 ГГц.

Отечественные четырехзвенные ферритовые фильтры, разработанные в СССР НИИ «Домен» [2], имеют габариты близкие к размерам обычных стандартных зарубежных фильтров (см. таблицу 4).

Таблица 4

Диапазон перестройки частоты, ГГц	0,5-2,5	4-12	8-18	18-26	26-37,5
Габариты, мм	25×25×25	35×35×44	35×35×44	50×50×60	50×50×60*

* Не учтены размеры КВП фильтра, выполненного в волноводном исполнении

В данной работе представлены первые результаты ОАО «Завод Магнетон» по уменьшению габаритов полосно-пропускающих фильтров.

Известно, что напряженность намагничивающего поля в зазоре электромагнита определяется выражением:

$$H \approx \frac{I \cdot N}{h},$$

где: I – ток в катушках электромагнита;

N – количество витков в катушках электромагнита;

h – рабочий (воздушный) зазор между полюсными наконечниками электромагнита.

Уменьшая зазор электромагнита, который определяется высотой рабочей части корпуса фильтра (в корпусе имеются резонансные полости с расположенными в них ферритовыми резонаторами и витками связи), можно повышать рабочую частоту фильтра $f \approx \gamma \cdot H$, а следовательно, разрабатывать фильтры уменьшенных габаритов.

Ранее в фильтре диапазона 4×12 ГГц использовались электромагниты с рабочим зазором $1,6^{+0.12}$ мм, а в диапазонах 8 – 18 ГГц и 2 – 26 ГГц с зазором $1,2^{+0.12}$ мм, в диапазоне 26×37,5 ГГц – $0,9^{+0.12}$ мм. Переноса пластмассовый корпус с высотой рабочей части 1,2 мм в диапазон 4 – 12 ГГц удалось уменьшить габариты электромагнита, а следовательно, фильтра до размеров 35×35×30 мм.

Доработав пластмассовый корпус фильтров диапазонов 8 – 18 ГГц и 18 – 26 ГГц до высоты рабочей части 1,0 мм, удалось уменьшить габариты фильтра в диапазоне 8 – 18 ГГц до 35×35×30 мм, а в диапазоне 18 – 26 ГГц до 40×40×45 мм. При этом уменьшение рабочих зазоров электромагнитов сопровождалось уменьшением диаметров ферритовых сферических резонаторов и витковых элементов связи.

Параметры разработанных фильтров приведены в таблице 5.

Таблица 5

Электромагнитные параметры	Диапазон перестройки частоты, ГГц				
	4 – 8	8 – 12	4 – 12	8 – 18	18 – 26
Минимальные потери, дБ, не более	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
Ширина полосы пропускания, МГц	20-40	25-50	20-50	25-50	30-80
Неравномерность потерь в полосе пропускания, дБ	2.0	1.5	2.0	2.0	2.0
Заграждение, дБ	80	80	80	80	70
Уровень паразитных резонансов вне полосы пропускания, дБ	50	50	50	50	45
Крутизна перестройки частоты, МГц/мА	30	30	30	32.7	47
Гистерезис, МГц	10	10	15	15	25
Максимальный ток, мА	0.27	0.4	0.4	0.55	0.55
Габариты, мм	35x35x30	35x35x30	35x35x30	35x35x30	40x40x45

У разработанных фильтров электромагниты не перегревались, температура не превышала 50°С без присоединения их к теплоотводящему стенду.

В ближайшем будущем предполагается создание компактных фильтров в диапазоне 10 – 12 ГГц с использованием постоянных опорных магнитов с катушками перестройки частоты $\pm 1-2$ ГГц.

Библиографический список

1. www.magneton.ru. Раздел «Перестраиваемые полосно-пропускающие фильтры».
2. Каталог НИИ «Домен», СССР, 1989 г.