

Перестраиваемые ферритовые фильтры на ЖИГ резонаторах с постоянными магнитами

Описываются малогабаритные коаксиальные фильтры на ферритовых резонаторах с постоянными магнитами. Фильтры имеют механическую и электрическую перестройку центральной частоты. Приведены параметры много звенных фильтров.

Ключевые слова: ферритовые резонаторы, перестраиваемые фильтры

В настоящее время широкое применение получили электрически перестраиваемые многорезонаторные ферритовые фильтры [1-3], в которых резонаторами являются миниатюрные сферические полированные монокристаллические образцы, окруженные витковыми элементами связи (ВЭС) и намагниченные электромагнитом, создающим резонансное поле на требуемой частоте рабочего диапазона ($H_{рез} \approx f/\gamma$).

Важными свойствами этих фильтров являются широкий диапазон перестройки частоты (октава и более) и линейность перестройки. Температурная стабилизация параметров достигается ориентацией ферритовых резонаторов (ФР) по «тепловой оси» (в изотропном направлении), а также использованием терморезисторов, нагревающих ФР на определенную температуру ($\approx 90^\circ\text{C}$).

Недостатками этих фильтров являются высокая потребляемая электроэнергия, особенно на высоких частотах, высокая крутизна перестройки частоты электрическим током, а также повышенные габариты и масса. Эти недостатки в некоторых случаях являются препятствием для их использования.

От указанных недостатков свободны перестраиваемые ферритовые фильтры, в которых в экранированный от внешних магнитных полей электромагнит «внедрен» постоянный магнит [2,4], создающий магнитное поле для работы ФР на требуемой частоте диапазона при нулевом токе в катушках управления.

В данной работе представлены результаты разработки четырех типов многорезонаторных ферритовых фильтров с постоянными магнитами в дециметровом и сантиметровом диапазонах длин волн.

Ферритовые фильтры содержали расположенные в зазоре экранированного электромагнита с постоянным магнитом шесть (дециметровый диапазон), либо четыре (сантиметровый) сферических монокристаллических ФР, закрепленных на керамических стержнях в резонансных камерах немагнитного металлизированного корпуса 1. Сферические ФР электромагнитно связаны последовательно друг с другом с помощью витковых элементов связи, которые попарно их охватывают под углом 90° .

Магнитная система состоит из верхней 2 и нижней 3 частей (рис.1). На полюсном наконечнике нижней части магнитной системы расположена катушка управления 4, а полюсный наконечник верхней части выполнен частично из постоянного магнита 5 в виде диска из материала Sm-Co, на конце которого размещается диск из магнитомягкого

материала 6. Снаружи верхней части магнитопровода напротив постоянного магнита было выполнено резьбовое отверстие, в котором размещался подвижный сердечник 7 для механической перестройки частоты (в фильтрах сантиметрового диапазона в верхней части магнитопровода также содержалась катушка управления 8).

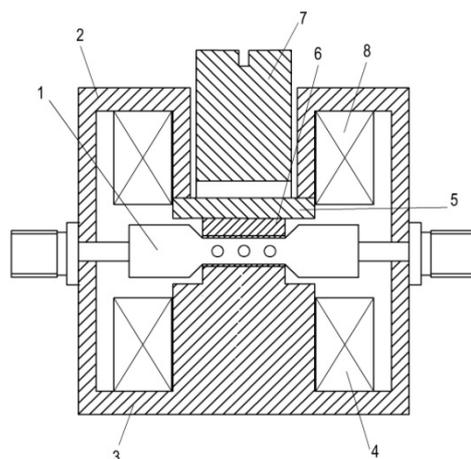


Рисунок 1

Габариты фильтров одинаковые 30x30x25 мм, несмотря на разное количество резонаторов и различный диапазон частот. Ниже в таблице 1 приведены параметры фильтров.

Таблица 1

Наименование параметра, единица измерения	ФКИН3-10-ПМ-1.5	ФКИН3-11-ПМ-3	ФКИН2-60-ПМ-10	ФКИН2-60-ПМ-18
Количество резонаторов, п	6	6	4	4
Диапазон механической перестройки центральной частоты, ГГц	1.4-1.6	2.8-3.2	9.5-10.5	17.5-18.5
Диапазон электрической перестройки центральной частоты, ГГц	±0.3	±0.5	±1.2	±1.2
Минимальные потери, дБ	≤ 6	≤ 6	≤ 3.5	≤ 3.5
Неравномерность потерь в полосе пропускания, дБ	≤1.5	≤1.5	≤1.5	≤1.5
Полоса пропускания по уровню – 3 дБ, МГц	18-24	21-26	30-50	35-60
Заграждение, дБ	≥ 90	≥ 90	≥ 80	≥ 80

В фильтре ФКИН3-10-ПМ-1.5 применены ферритовые резонаторы из монокристалла марки 35 КГ, намагниченность насыщения $4\pi M_s \approx 420$ Гс. Рабочий зазор магнитной системы 1.6 мм.

В фильтре ФКИН3-11-ПМ-3 ферритовые резонаторы изготовлены из монокристалла марки 50 КГ, намагниченность насыщения $4\pi M_s \approx 650$ Гс. Рабочий зазор магнитной системы 1.6 мм. Резонансная характеристика фильтра приведена на рис.2.

В фильтрах ФКИН2-60-ПМ-10 и ФКИН2-60-ПМ-18 ферритовые резонаторы изготовлены из монокристалла марки 140 КГ, намагниченность насыщения $4\pi M_s \approx 1750$ Гс. Рабочий зазор магнитной системы 1.6 мм у ФКИН2-60-ПМ-10 и 1.2 мм у ФКИН2-60-ПМ-18. Резонансные характеристики фильтров приведены на рис.3,4.

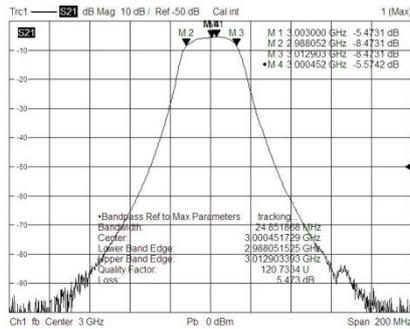


Рисунок 2

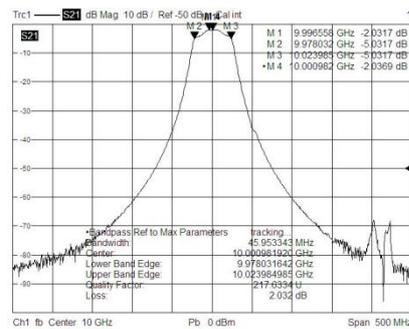


Рисунок 3

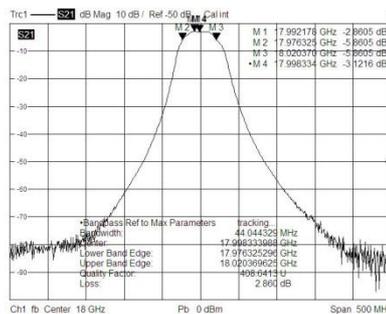


Рисунок 4

При изменении температуры окружающей среды от 0 °С до + 60 °С центральная частота фильтров уменьшалась на 13 – 16 МГц, что не превышает половины ширины полосы пропускания, температурный коэффициент ухода частоты составил $K_{t,fc} \approx 0.21 - 0.27$ МГц/°С.

В заключении отметим, что решение вопроса повышения термостабильности центральной частоты разработанных фильтров на постоянных магнитах будет выполнено в дальнейшем за счет использования термошунтов [2,4].

Библиографический список

1. Лебедь Б.М., Хохлышев И.О., Лаврович В.А. Ферритовые фильтры и их применение. Обзоры по электронной технике. Сер.1, Электроника СВЧ, ЦНИИ «Электроника», вып.10, М.,1982 – 87с.
2. Рогозин В.В., Чуркин В.И. Ферритовые фильтры и ограничители мощности, «Радио и Связь», М, 1985г.
3. www.magneton.ru. Раздел перестраиваемые полосно-пропускающие фильтры. Опытные образцы фильтров на ферритовых резонаторах ЖИГ.
4. Патент США №4651116, автор E.F.R.A. Schloemann, заявитель Rayteon Co. 17.03.1987г.