

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ЗАГРАЖДАЮЩИЙ ФИЛЬТР

Стрельчук А.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Козел В.М. – канд. технических наук

Аннотация. Разработка многоканального заграждающего фильтра на коаксиальных четвертьволновых резонаторах для селективного подавления сигналов управления БПЛА на частотах 145, 157 и 160 МГц. Обеспечивающее затухание ≥ 40 дБ в полосе 200 кГц при потерях в полосе пропускания $\leq 0,5$ дБ и пропускаемой мощностью до 100 Вт. Конструкция решает задачу электромагнитной совместимости приёмных трактов в условиях работы мощных средств радиоэлектронного подавления.

Введение. Массовое внедрение средств подавления БПЛА создаёт критические помехи в двухметровом диапазоне (частоты 144–174 МГц), нарушая работу легитимных каналов связи экстренных, промышленных и транспортных служб. Существующие фильтрующие решения на обычных катушках и конденсаторах, фильтрах на поверхностных акустических волнах и печатных платах не способны одновременно обеспечить узкую полосу подавления, высокую добротность и работу с мощностью до 100 Вт из-за ограничений элементной базы, нежелательных связей между элементами и перегрева материалов. Цель работы – разработка фильтра, обеспечивающего селективное подавление трёх фиксированных частот управления БПЛА без ухудшения полезных сигналов в соседних каналах. Научная новизна заключается в применении коаксиальных четвертьволновых резонаторов с независимой настройкой каналов и последовательным соединением секций, что позволяет достичь параметров, недостижимых для традиционных решений.

Основная часть. Выбор коаксиальной конструкции обусловлен её высокой собственной добротностью ($Q_0 \geq 3000$), низким уровнем потерь и способностью рассеивать значительную тепловую нагрузку без изменения рабочих характеристик. Синтез фильтра выполнен методом преобразования фильтра-прототипа нижних частот в полосно-заграждающий с использованием распределённых элементов. Параллельные колебательные контуры прототипа заменены закороченными четвертьволновыми отрезками линии, последовательные – разомкнутыми. Волновые сопротивления отрезков определены из условия равенства сопротивлений на резонансной частоте, где индуктивность и ёмкость обычного контура переводятся в параметры линии передачи. Такая замена обеспечивает сохранение формы частотной характеристики вблизи резонанса при переходе к метровому диапазону волн.

Трёхканальная структура реализована с последовательным включением секций, что обеспечивает электрическую развязку и независимую настройку каждого канала на частоты 145, 157 и 160 МГц без взаимного влияния контуров. Настройка осуществляется регулировкой глубины ввода внутреннего проводника и ёмкостных элементов в области максимального электрического поля. Каждая секция обеспечивает затухание ≥ 40 дБ в полосе 200 кГц, что гарантирует надёжное подавление сигналов управления БПЛА. Потери в полосе пропускания не превышают 0,5 дБ, КСВН – 1,2, что сохраняет качество полезных сигналов связи и исключает отражения в линии передачи. Конструкция выполнена в экранированном корпусе из алюминиевого сплава, согласована с 50-омным трактом, исполнение УХЛЗ ($-60 \dots +40$ °С). Частотная стабильность в заданном температурном диапазоне обеспечивается применением материалов с низким температурным расширением и жёсткой фиксацией внутренних проводников.

Технические характеристики: центральные частоты 145; 157; 160 МГц; полоса подавления 200 кГц на канал; пропускаемая мощность 100 Вт; потери в полосе пропускания $\leq 0,5$ дБ; КСВН $\leq 1,2$; затухание в полосе заграждения ≥ 40 дБ.

Заключение. Предложенная конструкция эффективно решает задачу защиты приёмных трактов от узкополосных помех передатчиков подавления БПЛА. Сочетание высокой избирательности, мощности и температурной стабильности делает разработку применимой в системах связи специального назначения, на подвижных объектах и в стационарных узлах критической инфраструктуры. Фильтр технологичен, масштабируем на большее число каналов и готов к внедрению в серийное производство.

Список использованных источников:

- Ханзел, Г. Справочник по расчету фильтров / Г. Ханзел. – М. : Советское радио, 1974. – 288 с.
Зааль, В. Справочник по расчету фильтров / В. Зааль. – М. : Сов. радио, 1983. – 784 с.
Мэттей, Д.Л. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи / Д.Л. Мэттей, Л. Янг, Э.М.Т. Джонс. – М. : Связь, 1971. – Т. 1. – 480 с.
Лебедев, И.В. Техника и приборы СВЧ: учеб. пособие / И.В. Лебедев. – М. : Высш. шк., 1970. – Т. 1. – 392 с.