

УДК 621.3.029.6

С. А. Ходенков<sup>1</sup>, Б. А. Беляев<sup>1,2</sup>, С. В. Ефремова<sup>1</sup>, В. В. Храпунова<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Сибирский государственный аэрокосмический университет  
 имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск  
<sup>2</sup>Институт физики имени Л. В. Киренского СО РАН, Красноярск

**ФИЛЬТР ВЕРХНИХ ЧАСТОТ НА РЕЗОНАТОРЕ В ФОРМЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ РАМКИ\***

*Предложены конструкции микрополосковых фильтров верхних частот на многомодовом резонаторе в форме прямоугольной рамки. Высокие частотно-селективные свойства фильтров обусловлены протяженной высокочастотной полосой пропускания.*

Разработчиков частотно-селективных устройств сверхвысоких частот, в том числе и фильтров верхних частот, в последнее время привлекают многомодовые микрополосковые резонаторы [1–3]. Прежде всего, это связано с возможностью существенного уменьшения габаритов устройств за счет снижения количества резонаторов в них, без ухудшения их частотно-селективных свойств.

Полосно-пропускающие фильтры на основе резонатора в форме прямоугольной рамки хорошо известны [4]. Однако на основе такого резонатора можно реализовать не только такие конструкции, но и фильтры верхних частот. Для этого необходимо значительно вытянуть нерегулярную прямоугольную рамку (рис. 1, а). В этом случае высокочастотную полосу пропускания формируют как резонансы бегущей

волны, когда по длине всей рамки укладывается одна полная длина волны, и электромагнитная волна вынуждена циркулировать по замкнутой траектории по часовой и против часовой стрелке, так и нижние резонансы полосковых проводников, протяженных вдоль оси *x* и оси *y*.

На рис. 2 представлены АЧХ фильтров верхних частот, рассчитанные в квазистатическом приближении на подложках с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,2$  и толщиной  $h = 2$  мм. Фильтры настроены на частоту среза 3 ГГц и имеют одинаковые конструктивные размеры резонатора:  $l_1 = 28,55$  мм,  $l_2 = 12,62$  мм,  $w_1 = 0,40$  мм,  $w_2 = 4,56$  мм и  $w_3 = 0,15$  мм. Второй фильтр (рис. 1, б) подключен к тракту СВЧ через емкостные элементы  $C = 1,44$  пФ.

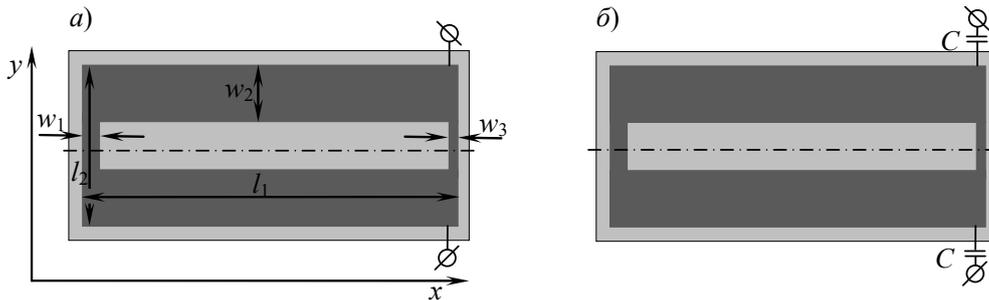


Рис. 1. Схематическое изображение топологий фильтров верхних частот. а – кондуктивное подключение к тракту СВЧ; б – емкостное

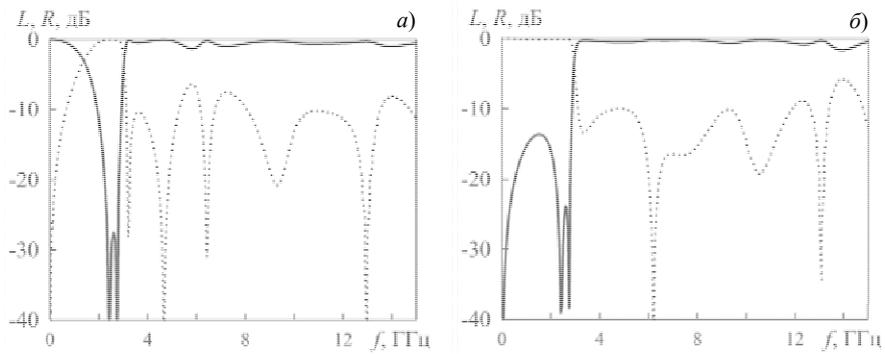


Рис. 2. АЧХ микрополосковых фильтров верхних частот. а – кондуктивное подключение к тракту СВЧ; б – емкостное

\* Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук, МК-5942.2014.8 «Исследование и проектирование современных микрополосковых и полосковых устройств частотной селекции, в том числе с использованием активных сред и на основе фотонных кристаллов».

Из рис. 2 видно, фильтры имеют протяженную высокочастотную полосу пропускания, при этом замена кондуктивной связи резонатора с трактом СВЧ на емкостную приводит к существенному подавлению мощности электромагнитных волн на частотах низко-частотной полосы заграждения.

Таким образом, в квазистатическом приближении рассчитаны конструкции микрополосковых фильтров верхних частот на многомодовом резонаторе в форме прямоугольной рамки. Высокие частотно-селективные свойства фильтра с емкостной связью резонатора с трактом СВЧ, обусловлены протяженной высокочастотной полосой пропускания с частотой среза 3 ГГц.

**Библиографические ссылки**

1. Бальва Я. Ф., Беляев Б. А., Ходенков С. А. Исследование микрополосковых многомодовых резонаторов и конструирование полосно-пропускающих

фильтров на их основе // Изв. вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 8/3. С. 153–156.

2. Александровский А. А., Беляев Б. А., Лексиков А. А. Синтез и селективные свойства микрополосковых фильтров на шпильковых резонаторах со шлейфными элементами // Радиотехника и электроника. 2003. Т. 48. № 4. С. 398–405.

3. Беляев Б. А., Довбыш И. А., Лексиков А. А., Тюрнев В. В. Частотно-селективные свойства микрополоскового фильтра на нерегулярных двухмодовых резонаторах // Радиотехника и электроника. 2010. Т. 55. № 6. С. 664–669.

4. Пат. 2475900 Российская Федерация. Микрополосковый полосно-пропускающий фильтр / Б. А. Беляев, С. А. Ходенков ; опубл. 20.02.2013.

© Ходенков С. А., Беляев Б. А., Ефремова С. В., Храпунова В. В., 2014

УДК 62-791.2

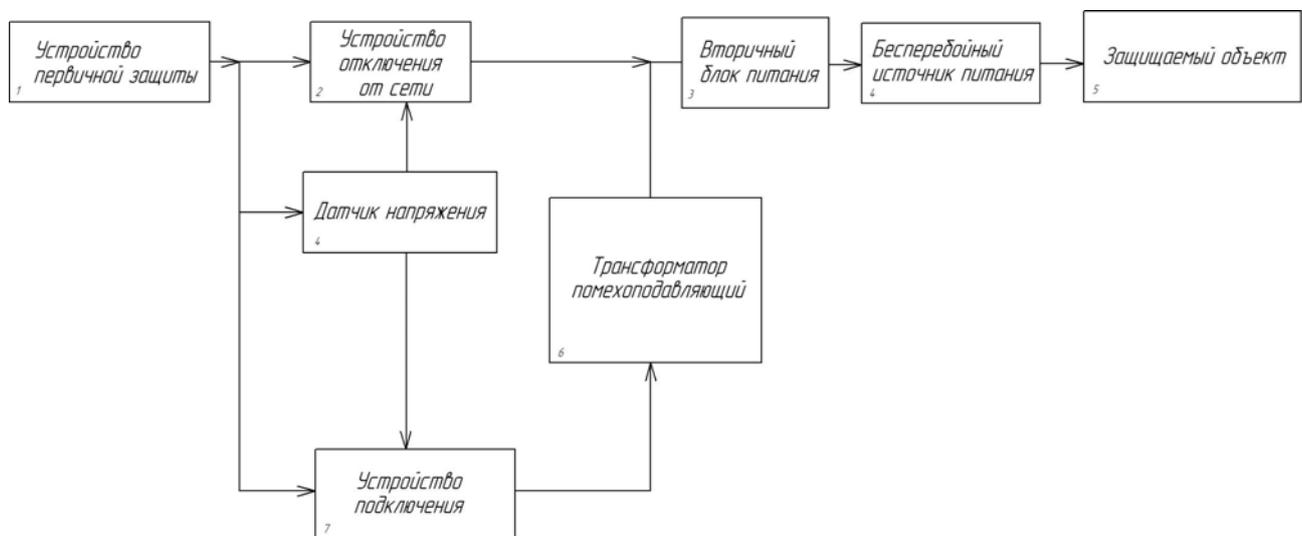
*Т. Р. Шаймарданов*  
 Научный руководитель – *Ф. Р. Исмагилов*  
 Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа

**СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ В СЕТИ**

*Исследован вопрос защиты от разных средств электромагнитного оружия и разработана схема по контролю и уменьшению таких воздействий с целью обеспечения времени для срабатывания защитных систем и сохранения работоспособности защищаемых устройств.*

В современном мире интеграция электротехнических устройств в жизнь людей неоспорима. Поэтому остро стоит вопрос о защите электротехнических устройств от перепадов в сети. Необходимо разделять естественные скачки напряжения в сети и преднамеренные вызванные силовые деструктивные воздействия. Такие воздействия могут применяться для вывода из строя различного оборудования. Актуален вопрос исследования и разработки методов защиты и противодействия этой угрозе. Необходимо смодели-

ровать устройство, которое могло бы защитить от кратковременного импульса с напряжением, превышающего в несколько раз номинальное в 220 В. Основными каналами силового деструктивного воздействия на электронную аппаратуру являются: сети электропитания всех классов напряжения, контрольные кабели и проводные линии связи, компьютерные сети, эфир. Для обеспечения должной защиты необходимо экранирование объектов.



Структурная схема устройства защиты от электромагнитных импульсов в сети