

ЧАСТОТНЫЕ ФИЛЬТРЫ ФИРМЫ K&L

Формирование и обработка радиосигналов невозможны без частотного преобразования их спектров. Одно из ведущих мест на мировом рынке частотных фильтров занимает компания K&L Microwave (или K&L). Компоненты и модули, произведенные K&L, используются во многих изделиях гражданского и военного назначения. Ассортимент и качество продукции компании постоянно совершенствуются в условиях жесткой конкуренции. Рассмотрим современный технический уровень и тенденции развития рынка аналоговых частотных фильтров на примере K&L.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФИРМЕ K&L

Компания K&L Microwave с 1970 года занимается разработкой и производством аналоговых частотных фильтров и многофункциональных частотно-зависимых узлов: дуплексоров, частотных мультиплексоров, сумматоров частотных полос, банков фильтров, перестраиваемых фильтров, управляемых линий задержки и др. [1]. В настоящее время она считается одним из мировых лидеров на рынке фильтров для частот от 300 кГц до 94 ГГц, а также функциональных узлов на их основе для систем навигации, радиолокации, базовых станций мобильной связи, измерительных систем гражданского, военного и космического назначения [2].

Фирма K&L входит в состав международного холдинга Dover Corporation с годовым оборотом свыше 6,5 млрд. долл., координирующего деятельность более 400 компаний различного профиля, среди которых – Dow-Key Microwave, Vectron International, Dielectric Laboratories, Novacap, Syfer Technology Limited, Voltronics Corporation и другие [3]. Совместно с корпорациями Pole/Zero (производитель ВЧ-фильтров с цифровой перестройкой) и Dow-Key Microwave (поставщик электромеханических, коаксиальных и волноводных переключателей, матричных переключателей, интегрированных модульных сборок и пассивных компонентов) K&L входит

Л.Белов

в состав группы Microwave Products. Основной офис компании расположен в Солсбери (штат Мэриленд, США), исследовательские и производственные центры находятся в Доминиканской республике, Великобритании и Китае.

Компания проводит агрессивную инновационную политику в области исследований, разработки и производства пассивных и активных изделий на основе частотных фильтров. Она располагает развитой исследовательской и производственной инфраструктурой, современным испытательным оборудованием и автоматизированными средствами создания изделий радиочастотного и микроволнового диапазонов, отвечающих повышенным требованиям к мощности и к способности работать в условиях широкого спектра дестабилизирующих внешних воздействий. При этом обеспечивается жесткий контроль качества частотно-зависимых устройств. Все изделия K&L сертифицированы в соответствии со стандартами ISO 14001, ISO 9001:2000 и соответствуют европейским экологическим нормам.

ПАРАМЕТРЫ ЧАСТОТНЫХ ФИЛЬТРОВ

Базовые аналоговые частотные фильтры различаются по расположению полосы прозрачности (фильтры нижних частот – ФНЧ, верхних частот – ФВЧ, полосно-пропускающие – ППФ, полосно-заграждающие – ПЗФ); по топологии (на сосредоточенных элементах, резонаторные, микрополосковые, коаксиальные, волноводные и т.п.); по типу частотных характеристик (Баттерворта – с наиболее плоской амплитудно-частотной характеристикой, Чебышева – с равноволновыми пульсациями в полосе прозрачности и/или в полосе заграждения, эллиптического типа – с наибольшей прямоугольностью частотной характеристики при заданном числе звеньев; Бесселя – с наиболее линейной фазочастотной характеристикой или с наименьшей неравномерностью группового времени запаздывания в полосе прозрачности), а также по числу звеньев фильтрации (по порядку n характеристического полинома).

Основные технические параметры частотных фильтров, кроме типа и порядка n , следующие:

- ослабление в полосе прозрачности (Insertion Loss – IL);

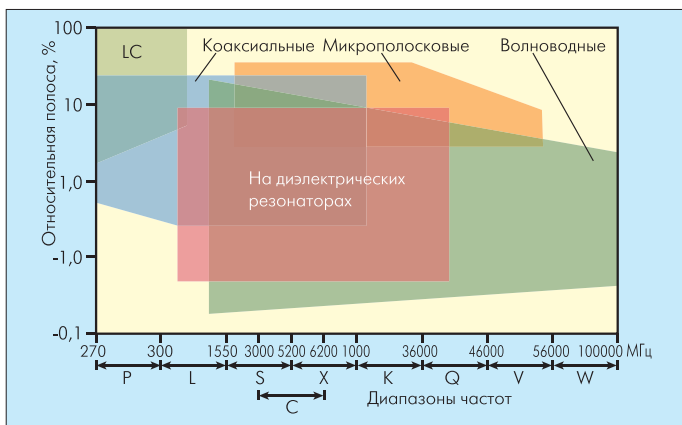


Рис. 1. Диапазоны частот и относительная широкополосность фильтров в зависимости от топологии

- изоляция (ослабление) в полосе заграждения (Iso);
- центральная частота f_0 полосы прозрачности для ППФ или полосы заграждения для ПЗФ;
- ширина полосы (Passband, Stopband) по определенному уровню 3 дБ ($BW_{3дБ}$); относительная широкополосность ППФ и ПЗФ характеризуется параметром $BW_{3дБ}/f_0$;
- граничная частота среза для ФНЧ и ФВЧ;
- коэффициент прямоугольности АЧХ (Shape Factor). По умолчанию определяется как $k_n = BW_{30дБ}/BW_{3дБ}$;
- коэффициент стоячей волны напряжения, КСВН;
- входной импеданс;
- уровень входной мощности $P_{вх}$, при которой уровень комбинационных компонент двухчастотного сигнала превышает заданное значение;
- время установления отклика (Rise Time) τ_r ;
- неравномерность Δ (Ripple) коэффициента передачи в полосе прозрачности или в полосе заграждения. Нормируется для фильтров с АЧХ типа Чебышева: при идеальной настройке размах пульсаций в пределах полосы одинаков (Symmetrical Equiripple Lumped Filter, S.E.L.F.). Для фильтров с частотными характеристиками типа Баттерворта и Бесселя (Гаусса) пульсации отсутствуют;
- массогабаритные, установочные и присоединительные показатели, чувствительность по отношению к вариациям температуры и других внешних воздействий;
- диапазон и скорость перестройки границ полосы для перестраиваемых фильтров.

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕРИЙНЫХ ФИЛЬТРОВ КОМПАНИИ K&L

Компания K&L выпускает фильтры с различными топологиями: на основе сосредоточенных LC-элементов; с частичным использованием распределенных параметров; на микрополосковых линиях; на коаксиальных линиях (трубчатые); на системе диэлектрических резонаторов; на металлических или диэлектрических волноводах (см. таблицу). Рабочие частоты и полоса фильтров K&L зависят от топологии (рис.1).

Фильтры на сосредоточенных LC-компонентах серии LB, LH, LL перекрывают частоты f_0 от 500 кГц до 500 МГц,

отличаются широким диапазоном значений относительной широкополосности $BW_{3дБ}/f_0 = 1-200\%$, малыми потерями в полосе прозрачности IL . Число секций $n = 2-10$ (серия LH – до 12). У них равноволновые (S.E.L.F.) частотные характеристики типа Чебышева с неравномерностью $\Delta < 0,05$ дБ. Фильтры рассчитаны на непрерывную входную мощность до $P_{вх} = 20$ Вт (отдельные модели до 500 Вт). Ударопрочность достигает 20 г, вибростойкость – 10 г. Диапазон рабочих температур $-55...85^\circ\text{C}$, допустимая влажность окружающей среды – 0–95%. Конструктивное исполнение может предусматривать различные виды соединителей или печатного монтажа.

Для примера, ширина полосы ФНЧ-модели 11LB10-312 $BW_{3дБ} = 225-400$ МГц, $n = 11$, ослабление в полосе заграждения $Iso = 70$ дБ. Фильтр допускает входную непрерывную мощность до $P_{вх} = 500$ Вт. В модель фильтра типа 7LB10-00050 встроен малошумящий усилитель (рис.2). Его ширина полосы $BW_{3дБ} = 57-88$ МГц, $Iso = 55$ дБ, $n = 7$. Частотная характеристика S.E.L.F. типа Чебышева, усиление – 40 дБ; коэффициент шума – 4,5 дБ; $P_{вх} = 15$ дБ. Диапазон рабочих температур – от -45 до 85°C , интервал влажности – 0–95%; ударопрочность – 20 г.

В микроминиатюрном варианте (серии IB, IH, IL) рабочая частота f_0 фильтров на сосредоточенных LC-компонентах достигает 6 ГГц, а относительная широкополосность $BW_{3дБ}/f_0 = 70\%$. Ширина полосы узкополосных микроминиатюрных ФНЧ

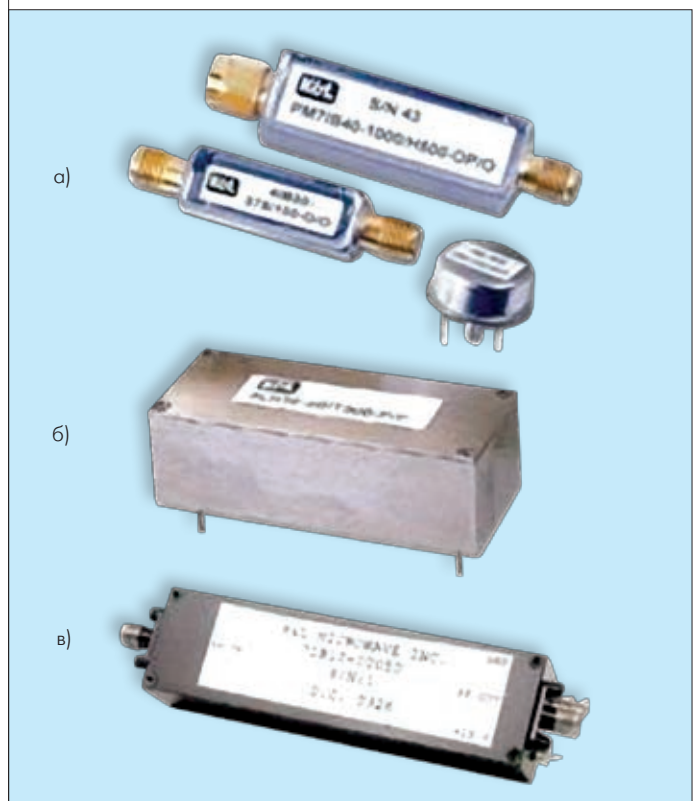


Рис.2. Фильтры на сосредоточенных LC-компонентах: а) ППФ серии IB ($f_0 = 30$ МГц–10 ГГц, $BW_{3дБ}/f_0 = 3-70\%$, $P_{вх} = 1$ Вт, диапазон рабочих температур от -55 до 85°C); б) ФВЧ серии LH ($BW_{3дБ} = 2-250$ МГц, $n = 2-10$, $P_{вх}$ до 20 Вт; импеданс 50/75 Ом; АЧХ Чебышева, $\Delta < 0,05$ дБ); в) ППФ с усилителем 7LB10-00050

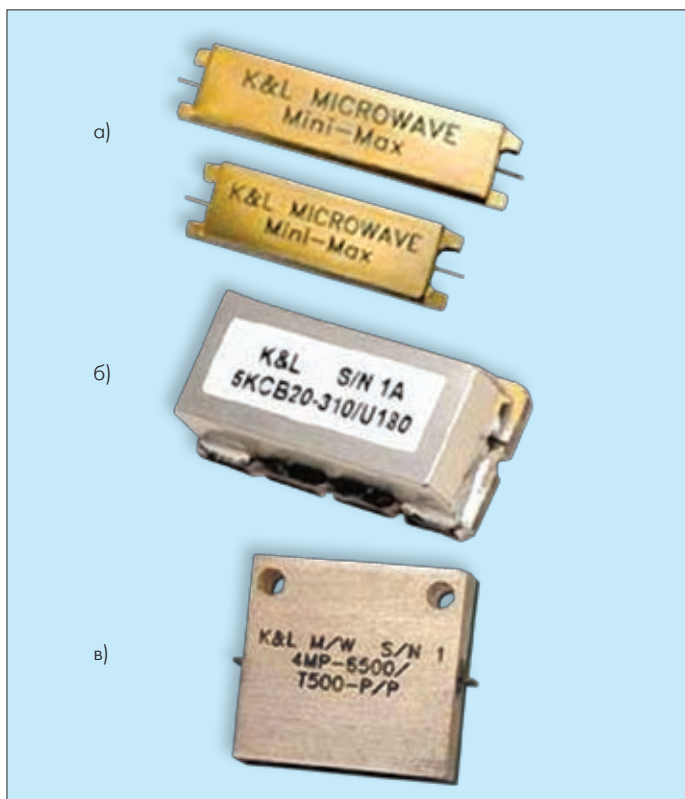


Рис.3. Фильтры с фирменным знаком: а) серия ММ (ППФ, $f_0 = 20\text{--}3000$ МГц, $BW_{3дБ}/f_0 = 3\text{--}20\%$, АЧХ Чебышева, $n = 2\text{--}6$, КСВН 1,5:1, $IL < -60$ дБ); б) серия МР (ППФ, $f_0 = 6\text{--}18$ ГГц, $BW_{3дБ}/f_0 = 3\text{--}18\%$, $n = 2\text{--}10$, $I_{50} > 70$ дБ, температурный диапазон $-55\text{...}85^\circ\text{C}$, размер $17 \times 15 \times 5$ мм; влажность $0\text{--}100\%$; ударопрочность 20 г); в) 5KCB20-310/U180 (ППФ, $f_0 = 310$ МГц, $BW_{1дБ} = 180$ МГц, $IL = 0,25$ дБ; размер $21 \times 10 \times 6$ мм)

$BW_{3дБ} = 160\text{--}3000$ МГц, $n = 2\text{--}8$, $P_{вх} = 2$ Вт. Они отличаются повышенной (до 30 г) ударопрочностью.

Фирменные серии фильтров. Компания K&L выпускает несколько серий фильтров с особыми фирменными знаками: Mini-Max™ (серия ММ) – фильтры с минимальными размерами при максимальном качестве; Mini-Pack™ (серия МР) – фильтры в миниатюрном исполнении; KeL-fil™ (серия DR) – недорогие керамические фильтры для узлов беспроводной связи; KeL-com™ (серия КСВ) – высококачественные фильтры для сложных коммерческих и промышленных систем (рис.3). Они предназначены для частот 20–18000 МГц, отличаются весьма высокой температурной стабильностью. Фильтры выполнены на основе керамических или сосредоточенных компонентов с числом секций от 2 до 10. Большинство моделей пригодно для поверхностного монтажа.

Резонаторные фильтры с сосредоточенными параметрами (серии С, N, М) перекрывают интервал частот $f_0 = 30$ МГц–40 ГГц. В них используется до 17 секций, их относительная широкополосность $BW_{3дБ}/f_0 = 0,2\text{--}50\%$. Потери мощности на каждую секцию в полосе прозрачности IL не превышают 0,1 дБ. Изоляция в интервалах частот заграждения составляет не менее 60–70 дБ при допустимой входной мощности до 10 Вт. В заказных моделях рабочая частота достигает 40 ГГц.

Мощные резонаторные ППФ выпускаются на частоту от 160 МГц до 6 ГГц с относительной широкополосностью 0,1–50% и входной мощностью до 300 Вт в непрерывном режиме и до 15 кВт – в импульсном. В комбинированных фильтрах индуктивные элементы (серия FV – Comblinе™) или все реактивные элементы (серия ED – Interdigital™) выполнены с учетом их распределенных параметров, что позволяет повысить рабочие частоты, широкополосность и уменьшить габариты фильтров.

Керамические фильтры на диэлектрических резонаторах (серии DR, DL) выпускаются на частоты $f_0 = 500\text{--}3000$ МГц с числом секций $n = 2\text{--}6$ и относительной широкополосностью $BW_{3дБ}/f_0 = 1\text{--}10\%$. Для них характерны повышенная температурная стабильность (не более 2 ppm/°C в диапазоне $-40\text{...}85^\circ\text{C}$), низкие потери в полосе прозрачности ($IL < 1$ дБ). Например, ширина полосы заграждения ПЗФ (Notch) модели 7DL35-1960/NX60 (рис.4) при центральной частоте $f_0 = 1960$ МГц составляет 30 МГц по уровню -30 дБ, а на частотах 1–1,88 ГГц и 2–2,5 ГГц коэффициент передачи не менее -3 дБ. Этот полосно-заграждающий фильтр толщиной 6 мм предназначен для поверхностного монтажа.

Микрополосковые фильтры (серии SB, SH, SL) выполняются для частот $f_0 = 2\text{--}18$ ГГц с относительной широкополосностью $BW_{1дБ}/f_0 = 15\text{--}100\%$ и допустимой мощностью $P_{вх}$ не менее 15 Вт. Они отличаются возможностью реализации АЧХ с высокой прямоуглольностью ($k_{30дБ/3дБ}$ до 1,15:1 при числе звеньев n до 18). Ударопрочность фильтров этого типа достигает 20 г. Диапазон их рабочих температур $-55\text{...}85^\circ\text{C}$.

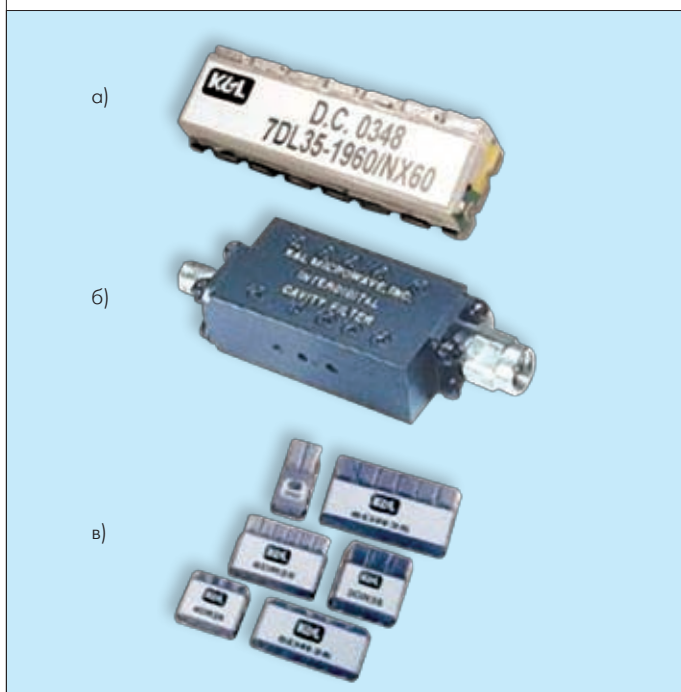


Рис.4. Резонаторные фильтры: а) 7DL35-1960/NX (ПЗФ, $BW_{30дБ} = 1930\text{--}1990$ МГц; толщина 6 мм; диапазон рабочих температур от -40 до 85°C); б) серия ED (ППФ, $f_0 = 1\text{--}18$ ГГц, $BW_{3дБ} = 5\text{--}50\%$, $n = 3\text{--}15$, $I_{50} > 70$ дБ в полосе до 26 ГГц); в) серия DR: ППФ, $f_0 = 500\text{--}3000$ МГц, $BW_{3дБ}/f_0 = 1\text{--}10\%$)

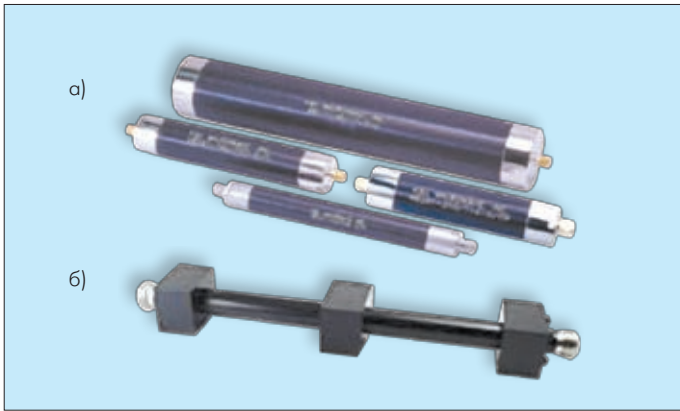


Рис.5. Трубчатые (коаксиальные) фильтры: а) серия В (ППФ): $f_{cp} = 55-600$ МГц, $BW_{3дБ}/f_0 = 4-40\%$, КСВН 1,5:1, $P_{вх} = 2-200$ Вт, влажность 0–95%; АЧХ Чебышева, $\Delta = 0,05$ дБ; б) гармоничный ППФ ($IL = 0,2$ дБ при 0–1,6 ГГц, $I_{so} > 60$ дБ при 2–6 ГГц, допустимая мощность 1,5 кВт в непрерывном режиме и 30 кВт в импульсном)

Трубчатые (коаксиальные) фильтры серии В (ППФ) и L (ФНЧ) (рис.5) предназначены для частот $f_0 = 100$ МГц–6 ГГц (серия L – до 20 ГГц) с относительной широкополосностью $BW_{3дБ}/f_0 = 4-40\%$ и числом секций $n = 2-8$. Они отличаются компактностью конструкции, высокой вибростойкостью (до 20 g), малой неравномерностью коэффициента передачи в полосе прозрачности (до 0,05 дБ), расширенным диапазоном рабочих температур (-55...85 °С), возможностью работы с повышенным уровнем входной мощности $P_{вх}$ (до 200 Вт).

Волноводные фильтры (серия WP, рис.6) выполняются для частот 2,5–94 ГГц в прямоугольных волноводах с числом секций 2–20 и относительной широкополосностью 0,1–10% или в волноводах круглого сечения с числом секций 2–6 и широкополосностью 0,1–1,8%. Они характеризуются высокой входной мощностью и способны работать в миллиметровом диапазоне длин волн. Кроме того, возможна механическая пере-

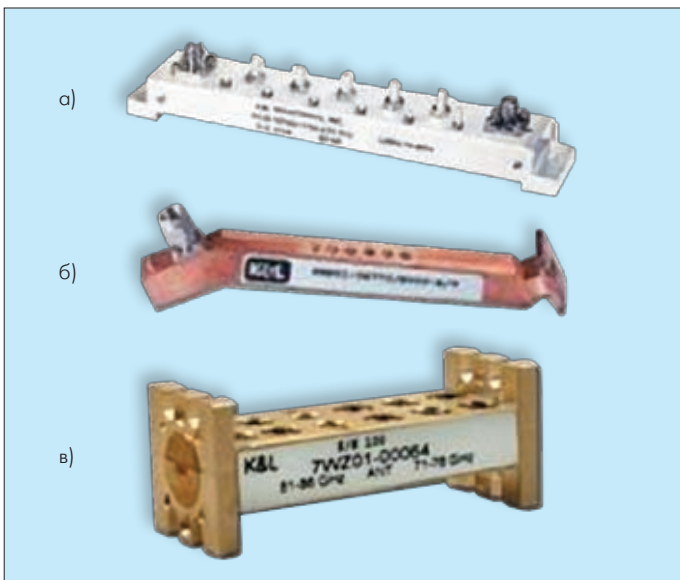


Рис.6. Волноводные фильтры: а) IT5C50-10700/11700-E24 (перестраиваемый ППФ, $f_0 = 10,7-11,7$ ГГц, $BW_{3дБ} = 24$ МГц, $IL < 0,7$ дБ); б) 6WP01-38775-E350 (ППФ, $f_0 = 38$ ГГц, $n = 6$, волновод WR-28); в) диплексор ($f_0 = 71-86$ ГГц, волновод WR-12, $IL = 0,5$ дБ; $I_{so} T_x/R_x > 60$ дБ)

стройка. На фильтрах этого типа, в частности, строятся дуплексоры с изоляцией каналов приема и передачи до 85 дБ. Выпускаются перестраиваемые модели на диэлектрических волноводах.

Многофункциональные сборки включают фильтры с цифровым управлением полосой прозрачности (рис.7), маломощные усилители для систем GPS с ограниченной полосой частот (серия LB10), преобразователи частоты вверх и вниз с ППФ, многоканальные банки фильтров для диапазонов 1–10 ГГц и 10–18 ГГц; направленные ответвители; диплексоры, триплексоры, квадриплексоры и сумматоры частотных полос (серия IZ); коммутируемые линии задержки (серия PCS, рис.8) с высокой равномерностью ГВЗ в полосе прозрачности и др.

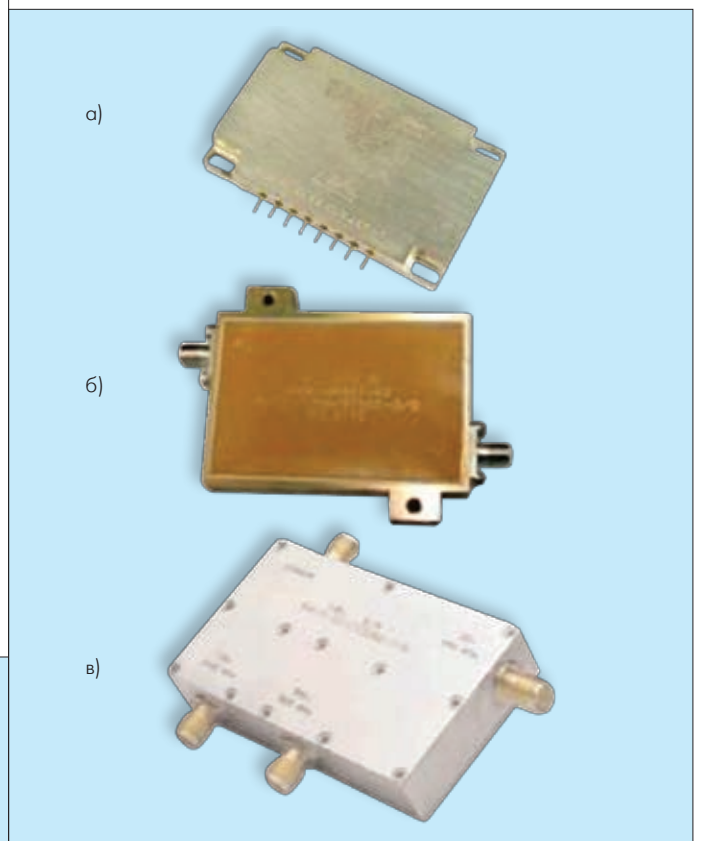


Рис.7. Многофункциональные фильтровые модули: а) 5SFB-3500/X5500 (пятиканальный банк фильтров $f_0 = 3,5-5,5$ ГГц с шагом 0,5 ГГц и $\tau_{пер} = 20$ нс, $P_{вх} = 15$ дБмВт, $I_{so} > 65$ дБ); б) 9IZ10; в) 5IM10-20/CX3000 (триплексор – порты 20–450 МГц, 550–925 МГц и 1,1–3 ГГц, $IL/I_{so} = 1/50$ дБ, неравномерность ГВЗ 6 нс)

Например, диплексор 7IZ-30/QX156-T/T разделяет сигнал мощностью до 80 Вт и частотой до 200 МГц на две полосы: 30–88 МГц и 108–156 МГц с параметрами $IL = 1$ дБ и $I_{so} = 40$ дБ. Триплексор модели 5IM10-20/CX3000-0/0 разделяет или суммирует сигналы с полосами 20–450 МГц, 550–925 МГц и 1,1–3 ГГц. Дуплексор для стандарта AMPS (824–849 МГц на прием и 869–894 МГц на передачу) обеспечивает исключительно высокую изоляцию до 110 дБ и большую допустимую мощность передатчика до 500 Вт в непрерывном режиме или до 10 кВт – в импульсном. Разработаны и выпус-

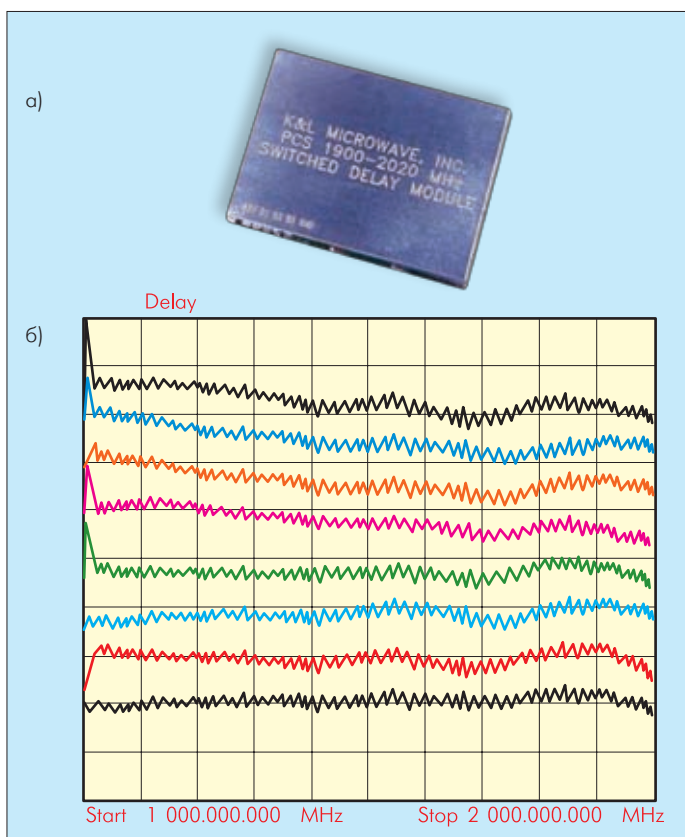


Рис.8. Коммутируемая линия задержки PCS ($f_0 = 1,9-2,02$ ГГц, нелинейность ФЧХ менее $0,5^\circ$, $\tau_{ГВЗ} = 1-2,4$ нс, шаг задержки $0,2$ нс, $P_{вх} = 30$ дБмВт) (а) и ее частотная характеристика (б).

каются одно- и двухполосные фильтры ППФ и ПЗФ для разных стандартов средств мобильной связи.

Выпускаются миниатюрные линии задержки с малой неравномерностью ГВЗ на базе частотных фильтров. Например, модель TMD-2140-80/TD10.0 обеспечивает задержку 10 нс на частотах 2110–2170 МГц с нелинейностью ФЧХ менее 1 углового градуса при входной мощности до 1 Вт.

Перестраиваемые и коммутируемые фильтры ППФ (серия ВТ) и ПЗФ (серия TNF) производятся для диапазонов частот 30 МГц–2,6 ГГц с тремя–пятью механически перестраиваемыми секциями (рис.9). Коэффициент прямоугольности фильтров этого типа $k_{30дБ/3дБ} = 2,2:1$ с прямым отсчетом центральной частоты f_0 . Относительная широкополосность $BW_{3дБ}/f_0 = 5\%$, перестройка – в пределах не менее октавы при входной мощности $P_{вх}$ до 50 Вт, а проходящая мощность достигает 50 Вт. Модель DTFN-500/2000/N/GSV для измерительной аппаратуры позволяет за 12 с перестроить кодом по шине GPIB среднюю частоту двух ППФ в пределах 500 МГц–2 ГГц с шагом 1 МГц при сохранении относительной широкополосности $\pm 2,5\%$. Модель D3NVTM-225/400-0.3-N/N (ППФ с цифровым управлением) имеет функцию автонастройки на сигнал в полосе 225–400 МГц с относительно узкой полосой (0,3%) и перестройкой по всему диапазону за 7 с.

Фильтры и многофункциональные сборки военно-го и космического назначения отличаются расширенным диапазоном частот, повышенной устойчивостью к факторам

внешних воздействий (ударопрочность до 30 g, влажность до 100%, диапазон рабочих температур от -55 до 85°C , вибрации до 20 g и т.п.). В качестве примеров можно назвать 7WP01-00029 – волноводный ППФ с $f_0 = 20-40$ ГГц; $BW_{3дБ}/f_0 = 0,1-10\%$; $P_{вх} = 300$ Вт в непрерывном режиме и 1 кВт – в импульсном, $\Delta = 0,5$ дБ. Керамический квадриплексор выделяет в сигнале с частотой 800–3000 МГц четыре полосы с относительной широкополосностью каждой 1–10%. Температурный диапазон, ударопрочность, вибро- и влагостойкость соответствуют нормам для военной аппаратуры. Размер $52 \times 43 \times 19$ мм.

Фазостабильные ППФ серии LB40, выполненные на основе керамических резонаторов, работают в полосе 60 МГц–2 ГГц.



Рис.9. Блоки управляемых фильтров: а) серия TNF (ПЗФ с ручным управлением: $f_0 = 30-2000$ МГц, $n = 3-5$, $BW_{3дБ} = 1-3$ МГц, $k_{40дБ/3дБ} = 16-100$, $IL = 0,5$ дБ, $I_{iso} > 50$ дБ, $P_{вх} = 50$ Вт); б) перестраиваемый ППФ на диэлектрических волноводах ($f_0 = 850-970$ МГц и $1700-2000$ МГц, $BW_{3дБ} = 0,1\%$, $I_{iso} > 60$ дБ; $BW_{3дБ}/f_0 = 20\%$); в) серия D3TNF (ПЗФ с цифровым управлением: $f_0 = 800-2200$ МГц, $n = 3-5$, $BW_{3дБ} = 1,6-11$ МГц; $IL = 0,5$ дБ; $I_{iso} > 50$ дБ; $P_{вх} = 50$ Вт); г) коммутируемый банк фильтров



Параметры серийных фильтров K&L

Тип	Топология	Серия	f_0 , ГГц	$BW_{3дБ}/f_0$, %	n	
Полосно-пропускающие ППФ	Трубчатые (коаксиальные)	B	0,06–2,5	4–40	2–8	
	Резонаторные	узкополосные	C	0,03–22	0,2–3,5	2–7
		со средней полосой комбинированные Combine™	FV	0,5–18	0,3–20	2–17
		широкополосные Interdigital™	ED	0,5–18	5–50	3–15
		микроминиатюрные Mini-Pack™	IB	0,01–6	3–70	2–10
	На сосредоточенных элементах	LB	0,005–0,2	1–200	2–10	
	Миниатюрные	MC	0,1–6	1–70	2–10	
	Керамические, на диэлектрических резонаторах, KeL-fil™	DR	0,27–3	1–30	2–6	
	Волноводные	WP	5–94	1–20	2–6	
	Микрополосковые	SB	2–18	50–100	2–18	
	Перестраиваемые	BT	0,03–2,6	5	2–5	
		LC				
	коммерческие	KCB	0,01–3	5–7	2–10	
	военные	MMB	0,2–3	1–10	2–10	
Полосно-заграждающие ПЗФ	На сосредоточенных элементах	LN	0,001–0,1	10–40	2–6	
	Резонаторные	N	0,03–10	0,5–5	2–7	
	Микроминиатюрные	IN	0,1–2	10–40	2–9	
	Перестраиваемые	TNF	0,03–2	4–8	2–5	
Нижних частот ФНЧ	Микроминиатюрные	IL	0,01–6	–	2–9	
	Трубчатые	L	0,06–20	–	2–8	
	На сосредоточенных элементах	LL	0,0001–2,5	–	2–10	
	Микрополосковые	SL	2–18	–	2–15	
	LC					
		коммерческие	KCL	0,01–2	–	2–10
	военные	MML	0,02–3	–	2–10	
Верхних частот ФВЧ	Микроминиатюрные	IH	0,01–2	–	2–10	
	На сосредоточенных элементах	LH	0,002–0,25	–	2–12	
	Микрополосковые	SH	2–18	–	2–18	
	LC					
		коммерческие	KCH	0,01–2	–	2–15
	военные	MMH	0,02–3	–	2–15	

Выпускаются с частотными характеристиками типа Чебышева, Баттерворта или Бесселя, а нелинейность фазочастотной характеристики в полосе прозрачности не превышает двух угловых градусов.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА КЛИЕНТОВ

Для ускорения процедуры выбора параметров и реквизитов частотных фильтров компания K&L Microwave предоставляет программное средство Filter Wizard™ [4], с помощью которого по основным техническим параметрам необходимого фильтра уточняются его детальные характеристики, реквизиты доступной модели, дополнительные требования заказчика. Развернута служба создания моделей по требованиям заказчика. Многие вопросы, связанные с приобретением изделий фирмы, могут быть решены с помощью ее официально представителя в России [5].

Серийные модели аналоговых частотных фильтров компании K&L по своим характеристикам соответствуют лучшим мировым образцам. Многообразие технических требований привело к созданию разветвленной структуры таких узлов. Совершенствование частотных фильтров направлено на их микроминиатюризацию и увеличение рабочей частоты, повышение коэффициента прямоугольности частотных характеристик, улучшение ударопрочности, вибро- и влагостойкости,

повышение допустимой входной мощности, на создание многофункциональных частотно-зависимых узлов. Научно-технические и технологические усилия разработчиков сопровождаются расширением сервисных возможностей для потребителей продукции компании.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.klmicrowave.com.
2. Белов Л. Частотные фильтры. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, №5, с.62–67.
3. www.dovercorporation.com.
4. www.klfilterwizard.com.
5. РАДИОКОМП – радиокомпоненты мировых производителей. – <http://www.radiocomp.ru>.