

ПОМЕХОЗАЩИТНЫЕ ФИЛЬТРЫ TUSONIX



В январе 2008 года компания CTS Corporation объявила о приобретении известного изготовителя помехозащитных фильтров, керамических конденсаторов и других электронных компонентов для военных, промышленных, измерительных и телекоммуникационных приложений – компании Tusonix, располагающей производством в Тусоне (Аризона, США) и Ногалесе (Мексика). Сама CTS Corporation является ведущим разработчиком и производителем электронных компонентов и датчиков, а также поставщиком услуг для OEM-производителей в автомобильной, компьютерной, телекоммуникационной, аэрокосмической, промышленной и оборонной отраслях. Хотя CTS владеет рядом технологий изготовления однослойных и многослойных керамических структур, приобретение Tusonix позволило ей расширить номенклатуру предлагаемых продуктов и услуг, а также клиентской базы, обещав при этом существенный синергетический эффект от этого приобретения [1].

Компания CTS Corporation (г. Элхарт, штат Индиана, США) имеет долгую историю, начало которой положили отец и сын Бриггс (A. J. And George A. Briggs) совместно с С. А. Баффингтоном (S. A. Buffington), основавшими в 1896 году в Чикаго компанию по производству телефонных аппаратов и коммутаторов Chicago Telephone Supply Company. В 1902 году семья Бриггс нашла подходящее помещение для фабрики в небольшом городке Элхарт недалеко от Чикаго, где кроме телефонов выпускали телефонные коммутаторы вплоть до 1940 года. Во время бума радиовещания 20-х годов компания изготавливала различные детали для радиоприемников (гнезда, вилки, переменные резисторы и т. п.), а в период бурного развития телевидения – детали и узлы для телевизоров.

В начале 1960-х компания изменила название на современное, разместила свои акции на Нью-Йоркской фондовой бирже и вывела свою продукцию за рамки рынка бытовой электроники. В номенклатуру выпускаемых электронных компонентов вошли кварцевые фильтры и генераторы, селекторы ВЧ-каналов, динамические головки громкоговорителей, переменные и постоянные резисторы, в том числе запатентованные металлопленочные Cermet, а также гибридные микросхемы. В 70-е годы компания представила на автомобильный рынок множество датчиков самого различного типа и продолжает это направление до настоящего времени [2].

Рост компании осуществлялся как за счет создания новых предприятий и представительств за рубежом, так и за счет приобретения профильных компаний и активов. Например, в конце 1990-х произошло слияние с компанией Dynaptic Corporation of America (DCA), что значительно укрепило позиции CTS как ведущего производителя электронных компонентов, приобретение отделения Component Product

Division компании Motorola вывело CTS на быстрорастущий рынок сотовых телефонов и телекоммуникационного оборудования. Промышленные и бизнес-направления деятельности компании были расширены с приобретением SMTEK International, Ink и Orion Manufacturing, Inc [3].

Компанию Tusonix основал в 1981 году Пол Э. Снайдер (Paul E. Snyder, 1929–2009 гг., рис. 1), долгие годы являвшийся ее президентом и главным исполнительным директором. Компания признана мировым лидером в разработке и производстве (теперь в составе CTS) компонентов для подавления электромагнитных излучений и радиопомех (EMI/RFI). Компания выпускает миниатюрные керамические фильтры и конденсаторы для применения в областях телекоммуникаций, кабельного телевидения, телеметрии, радиолокационного оборудовании, высокочастотных переключателях, военной аппаратуре и промышленном оборудовании. В продуктовом портфеле Tusonix имеются также керамические конденсаторы переменной емкости, клеммные колодки со встроенными помехозащитными фильтрами, керамические резонаторы для использования в генераторах и другие продукты на основе керамики [4, 5].



Рис. 1. Пол Э. Снайдер (Paul E. Snyder)

В каталоге CTS 2014 года представлены следующие категории продуктов Tusonix:

- фильтры электромагнитных и радиопомех (EMI-RFI) водные;
- П-фильтры (EMI-RFI) в SMD-исполнении;
- подстроечные конденсаторы;
- EMI-RFI фильтр-сборки;
- клеммные колодки;
- дисковые керамические конденсаторы;
- керамические резонаторы.

Борьба с излучаемыми радиоэлектронной аппаратурой электромагнитными помехами (ЭМП) и ее защита от внешних электромагнитных излучений являются важнейшими задачами при проектировании различной радиоэлектронной ап-

паратуры, в том числе СВЧ и в особенности изделий микроэлектроники СВЧ. В настоящее время проблема ЭМП стала еще более актуальной вследствие возрастания функциональных возможностей, миниатюризации, увеличения плотности компоновки а также сложности аппаратуры и роста взаимного влияния ее элементов. Наиболее опасными являются кондуктивные помехи, распространяющиеся по цепям питания, управления и коммутации, а также в цепях полезных относительно низкочастотных сигналов.

Основным средством защиты от ЭМП, распространяющихся по цепям питания, управления и коммутации, являются помехоподавляющие фильтры нижних частот, защищающие аппаратуру от внешних и внутренних помех, а сети питания – от генерируемых аппаратурой излучений. Помехозащитные фильтры, используемые в СВЧ-блоках, модулях и микросборках, отвечают следующим основным требованиям:

- достаточно высокий уровень затухания, вносимого фильтрами в широком диапазоне частот (до 18 ГГц и выше);
- герметичность, определяемая скоростью натекания на уровне 10^{-9} – 10^{-11} м³•Па/с;
- возможность пайки фильтров при температуре не ниже +260 °С без нарушения конструкции и ухудшения их параметров;
- вибростойкость и ударопрочность;
- широкий диапазон рабочих температур и влажностей;
- миниатюрность (для СВЧ-микросборок и модулей – диаметр не более 4 мм, длина не более 10 мм).

Tusonix выпускает керамические помехозащитные фильтры, предназначенные для применения в радиоэлектронной аппаратуре самого различного назначения, в том числе СВЧ-модулях и сборках. Фильтры представляют собой сочетание емкостных и индуктивных элементов, соединенных по С-, L- и Pi-схемам (рис. 2). Конденсаторы, включенные параллельно проходящему сигналу, обеспечивают низкое сопротивление для ВЧ-помех, закорачивая их на корпус, а индуктивности, включенные последовательно, имеют для этих помех высокое сопротивление. Тщательный выбор значений емкостей и индуктивностей фильтров позволяет эффективно фильтровать помехи и шумы в диапазоне от низких частот (единицы мегагерц) до СВЧ. С-фильтры часто называют проходными конденсаторами.

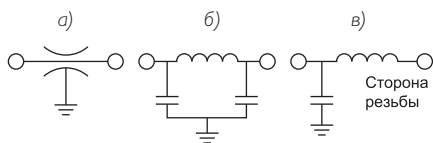


Рис. 2. Схемы фильтров: а) С-типа; б) Pi-типа; в) L-типа

Основными показателями эффективности фильтра являются частота среза, на которой вносимое затухание равно 3 дБ, и величина вносимого затухания в заданном диапазоне частот. Регламентированную величину вносимого затухания обычно определяют в 50-омной измерительной схеме, при включении фильтров в реальные устройства величина затухания, естественно будет отличаться от регламентированной.

Фильтры (и другие изделия), приводимые в общих каталогах Tusonix, охватывают только часть из нескольких тысяч различных типов и исполнений продуктов, выпускаемых компаниями. Более подробные перечни и технические характеристики компонентов предоставляются покупателям по прямым запросам. Качество продуктов Tusonix со-

ответствует жестким мировым стандартам, в том числе MIL-PRF-15733, MIL-PRF-81, MIL-C-11015, и контролируется лабораторией качества компании.

Миниатюрные цилиндрические С-фильтры серии 4300 в корпусах для пайки выпускаются в трех вариантах (Style 1, 2, 3), отличающихся материалом диэлектрика в торцах корпуса – стекло или эпоксид, размеры корпуса 2,79×Ø3,96 мм, диапазон рабочих температур –55... +125 °С.

Фильтры этой серии отлично подходят для приложений, критичных к размерам и качественным характеристикам, в том числе для СВЧ-генераторов, аттенюаторов, маломощных усилителей и фильтров. Золотое покрытие корпуса и выводов фильтров способствует обеспечению высокой долговременной стабильности проводящего слоя и надежности.

Фильтры серии 4300 рассчитаны на максимальный проходной ток 5 А и рабочие напряжения 50–300 В (в зависимости от типа). Номинальные емкости фильтров находятся в диапазоне 5 пФ – 0,05 мкФ, при этом с увеличением емкости допустимое рабочее напряжение уменьшается. Исполнения с окончанием LF в наименовании фильтров удовлетворяют требованиям директивы RoHS; основные параметры фильтров приведены в таблице. На рис. 3 показан внешний вид приборов варианта 1 (Style 1) с эпоксидной изоляцией верха корпуса (низ со стеклянной изоляцией). В вариантах 2 (Style 2) использована эпоксидная изоляция низа корпуса, в вариантах 3 (Style 3) – оба торца с эпоксидной изоляцией.



Рис. 3. Фильтр серии 4300 Style 1

Для производств, требовательных к скорости монтажа, Tusonix выпускает фильтры в корпусах, предназначенных для запрессовки в конструкции узлов с помощью специальных приспособлений, поставляемых компаниями. Метод запрессовки исключает весьма трудоемкую пайку корпусов фильтров в конструкции СВЧ-модулей.

Миниатюрные цилиндрические фильтры С-типа в исполнениях для запрессовки изготавливаются в корпусах размера 2,79×Ø3,96 мм (серия 4303, рис. 4а) и 2,79×Ø3,71 мм (серия 4306, рис. 4б). Электрические и эксплуатационные параметры фильтров этой серии в основном сходны с параметрами приборов серии 4300 для соответствующих номиналов емкостей.

Значительно более широкую номенклатуру продуктов в корпусах для пайки компания выпускает в категории Pi-фильтров: 20 конструктивных вариантов (Style 1–Style 20), отличающихся большими величинами вносимого затухания. В эту категорию входят приборы серий 4100, 4101, 4102, 4106, 4151. Варианты отличаются конфигурациями выводов и размерами корпусов и могут устанавливаться как в блоки и переборки конструкций, так и в СВЧ-модули. Внешний вид фильтров типа 4100-003LF (Style 1) показан на рис. 5а, 4106-000LF (Style 11) – на рис. 5б. Максимальный ток для большинства фильтров ограничивается 10 А, некоторые

Таблица. Основные параметры фильтров Tusonix

Тип	Style	Схема	Напряжение питания, В		Емкость, пФ	Затухание без нагрузки по MIL-Std-220, дБ					MIL-PRF-15733
			+85 °С	+125 °С		1 МГц	10 МГц	100 МГц	1 ГГц	10 ГГц	
4300-005	1	C	70	50	10000	4	21	35	50	60	
4300-055	1	C	70	50	10000	4	21	35	50	60	
4300-006	1	C	70	50	15000	7	20	35	55	60	
4300-013	1	C	70	50	27000	10	28	42	65	65	
4300-014	1	C	50	50	50000	15	35	45	70		
4300-003	1	C	150	100	2700		10	25	40	50	
4300-053	1	C	150	100	2700		10	25	40	50	
4300-004	1	C	150	100	5000		15	30	45	55	
4300-054	1	C	150	100	5000		15	30	45	55	
4300-680	1	C	300	200	5						
4300-008	1	C	300	200	10				5	20	
4300-009	1	C	300	200	25				10	25	
4300-000	1	C	300	200	100			3	20	28	
4300-050	1	C	300	200	100			3	20	28	
4300-001	1	C	300	200	500			15	35	40	
4300-051	1	C	300	200	500			15	35	40	
4300-007	1	C	300	200	1000		5	20	35	45	
4300-002	1	C	300	200	1200		5	20	35	45	
4300-052	1	C	300	200	1200		5	20	35	45	
4100-003	1	Pi	125	50	3000		7	50	65	60	
4101-505	13	Pi		70	1500			50	65	65	/62-0003
4151-000	3	Pi	100	70	12000		25	70	65	65	
4151-500	14	Pi		70	12000		22	70		65	/62-0004
4151-001	5	Pi	100	70	22000		35	70	70	70	
4151-501	15	Pi		70	22000		25	70	70	70	/51-0002
4151-003	12	Pi	100	70	60000		60	75	75	70	
4100-000	7	Pi	250	125	1500		6	45	60	60	
4101-000	20	Pi	250	125	1750		5	35	50	50	
4101-002	2	Pi	250	125	1750		5	50	60	60	
4101-003	4	Pi	250	125	1750		5	50	60	60	
4101-004	6	Pi	250	125	1750		5	50	60	60	
4101-502	16	Pi		125/90 AC	1750			50	60	60	/33-0001
4101-503	16	Pi		125/90 AC	1750			50	60	60	/33-0002
4101-500	8	Pi		125	1750		5	35	50	50	/66-0001
4100-056	9	Pi	250 AC	200	1000		3	20	55		
4100-002	1	Pi	350	200	1500		5	25	60	60	
4101-001	17	Pi	350	200	1500		3	45	70	70	
4101-501	17	Pi		200/140 AC	1500		3	45	70	70	/62-0001
4100-500	18	Pi		200	1500		5	45	70		/62-0002
4100-057	9	Pi	250 AC	200	1500		5	45	70		
4102-000	10	Pi	350	200	3000		8	55	65	65	
4100-053	9	Pi	250 AC	200	5000		18	60	70		
4101-504	19	Pi		200	5500		15	55	70	70	/51-0001
4106-000	11	Pi	500/350 AC	500/350 AC	3000			50	70	50	
4106-001	11	Pi	1000	500	4500		8	50	70	70	
4700-006	квадратный	Pi	100	100	100			3	16		
4700-009	квадратный	Pi	100	100	470		1	16	40		
4700-005	квадратный	Pi	100	100	1000		7	40	65		
4700-003	квадратный	Pi	100	100	2000		10	45	70		
4700-008	квадратный	Pi	100		4000		13	52	70		
4701-002	квадратный	Pi	100		6800		16	60	70		
4701-001	квадратный	Pi	100		8200		20	65	70		
4702-000	квадратный	C	100	100	100			1	19		
4702-001	квадратный	C	100	100	470			12	27		
4702-002	квадратный	C	100	100	1000		3	20	35		
4702-003	квадратный	C	100	100	1500		5	22	37		
4702-004	квадратный	C	100	100	2500		10	25	40		
4702-005	квадратный	C	100		4000		15	30	45		
4700-059	круглый	Pi	100	100	100			3	16		
4700-058	круглый	Pi	100	100	1000		7	40	65		
4700-053	круглый	Pi	100	100	2000		10	45	70		
4700-056	круглый	Pi	100		5000		15	55	70		

типы допускают ток 15 А (4100-003, 4100-002) и 25 А (4106-006, 4106-001). Многие фильтры соответствуют жестким требованиям по уровню защиты от внешних воздействий стандартов семейства MIL-PRF-15733, основные параметры ряда фильтров этой категории также приведены в таблице.

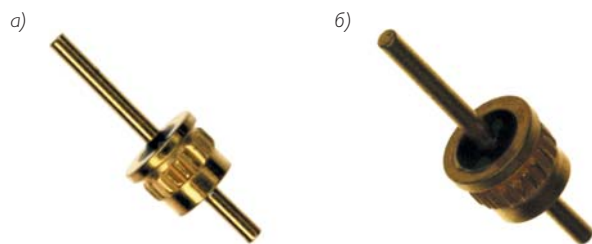


Рис. 4. Миниатюрные цилиндрические фильтры С-типа в исполнении для запрессовки: а) серия 4303; б) серия 4306

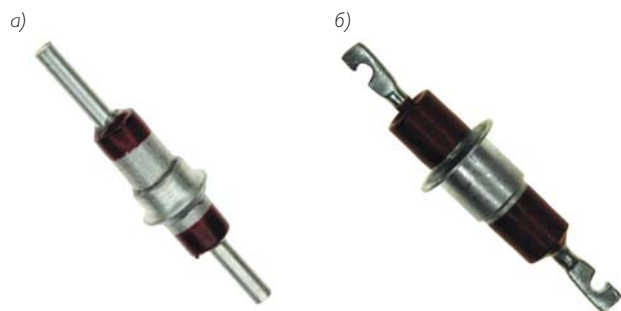


Рис. 5. Pi-фильтры в корпусах для пайки: а) серия 4100-003LF Style 1; б) серия 4106-000LF Style 11

Компания выпускает обширную номенклатуру фильтров типов С-, Pi-, L- с резьбовым креплением.

Используемая резьба:

- #4-40 UNC-2A, #6-32 UNC-2A, #8-32 UNC-2A – крупные дюймовые;
- #6-40 UNF-2A, #8-36 UNF-2A, #12-28 UNF-2A, #12-32 UNEF-2A, 1/2-28 UNF-2A, 5/16-24 UNF-2A, 5/16-32 UNEF-2A – мелкие дюймовые;
- М3, М5 – метрические.

В каталогах компании к данной категории отнесены следующие серии продуктов:

- 4400 (типы С, L), 4403 (С), 4261, 4200 (Pi) – более 60 фильтров в двух вариантах (Style 1, 2), выполненных в корпусах с дюймовой резьбой 4-40 UNC-2A (гайки прилагаются к каждому поставляемому фильтру). Размеры корпусов: 8,64×3,96 мм (Style 1), 5,47×3,18 мм (Style 2). Фильтры С- и L-типов рассчитаны на ток до 10 А, Pi-типа – до 3 А, рабочие напряжения 50–300 В, номиналы емкостей от 5 пФ до 0,05 мкФ, параметры затухания примерно соответствуют параметрам описанных выше фильтров в корпусах для пайки при одинаковых значениях емкостей. На рис. 6а показан внешний вид фильтра 4400-038 (С-тип, Style 1), на рис. 6б – 4400-057LF (L-тип, Style 1), на рис. 6в – 4403-039LF (С-тип, Style 2).
- 4200 (Pi-тип) – три типа фильтров, выполненных в корпусах с мелкой дюймовой резьбой #6-40 UNF-2A, рабочее напряжение 300 В (+85 °С), ток 10 А, емкости 1500 пФ и 3000 пФ.
- 4260 (Pi-тип), 4402 (С, L) – более 10 типов фильтров в пяти конструктивных вариантах (Style 1-Style 5), выполненных в корпусах с дюймовой резьбой #6-32 UNC-

2А. Рабочие напряжения фильтров: от 50 до 400 В, ток: 3 А (Pi-тип) и 10 А (С, L типы), емкости: от 5 пФ (проходной изолятор) до 0,1 мкФ. На рис. 7 показан внешний вид фильтра 4402-018 (0,1 мкФ, С-тип, затухание более 40 дБ на частотах выше 10 МГц).

- 4201, 4205, 4251 (Pi-тип), 2425, 4404 (С-, L-типы) – более 35 типов фильтров в 15 конструктивных вариантах (Style 1 – Style 15), выполненных в корпусах с дюймовой резьбой #8-32 UNC-2A. Рабочие напряжения: 50–250 В, ток: 10/15/20 А, емкости: от 65 пФ до 0,1 мкФ.
- 4401, 2499 (С-тип), 4202, 4204 (Pi-тип) – более 25 типов фильтров в пяти конструктивных вариантах, выполненных в корпусах с мелкой дюймовой резьбой #8-36 UNF-2A. Рабочие напряжения: от 50 до 500 В (серия 2499), ток: 10 А и 20 А (серия 2499), емкости: от 5 пФ до 0,05 мкФ.
- 4202, 4203, 4207, 4253 (Pi-тип), 2452 (С-тип) – более 20 типов фильтров в пяти конструктивных вариантах, выполненных в корпусах с мелкой дюймовой резьбой #12-32 UNEF-2A. Рабочие напряжения: 70–500 В, ток: 10/15/20 А, емкости: от 100 пФ до 0,05 мкФ.
- 4400 (С-тип), 4209 (Pi-тип) – более 10 типов фильтров в трех конструктивных вариантах, выполненных в корпусах с метрической резьбой М3, М5. Рабочие напряжения: 50–500 В, ток: 10 А, емкости: от 5 пФ (проходной изолятор) до 0,05 мкФ.

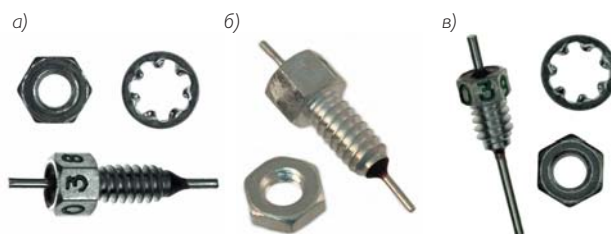


Рис. 6. Внешний вид фильтра серии: а) 4400-038 Style 1; б) 4400-057LF Style 1; в) 4403-039LF Style 2



Рис. 7. Внешний вид фильтра серии 4402-018

Отличные характеристики имеют бескорпусные помехоподавляющие фильтры Tusonix, предназначенные для установки на печатные платы. Компания выпускает фильтры этой категории с квадратным сечением (Pi-тип, серия 4700; С-тип, серия 4702) и круглым сечением (серия 4701, Pi-тип). Эффективность подавления помех SMD-фильтров существенно выше, чем обеспечивают фильтрующие конденсаторы с одинаковыми емкостями. На рис. 8 приведены зависимости затухания SMD-фильтров и фильтрующих конденсаторов от частоты. Как видно из рисунков, затухание фильтров на 10–30 дБ больше, чем обеспечивают конденсаторы сопоставимой емкости. Размеры фильтров с квадратным сечением (рис. 9): 8×2,29×2,29 мм, с круглым сечением: 10×∅2,2 мм (серии 4700, 4702) и 10×2,29×2,29 мм (серия 4701). Индуктивность Pi-фильтров не менее 100 нГн, допустимый ток 10 А, допустимое рабочее напряжение 100 В, (основные параметры SMD-фильтров также приведены в таблице).

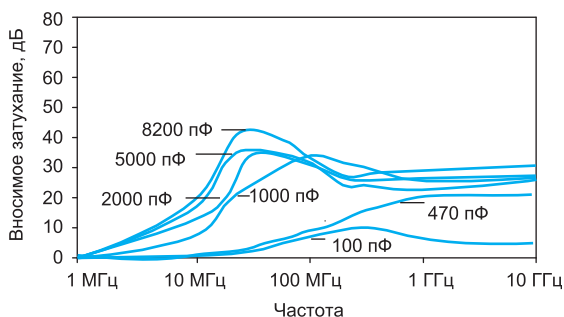
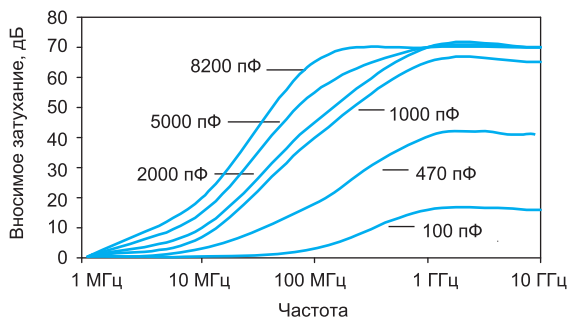


Рис. 8. Зависимость вносимого затухания: а) фильтров от частоты; б) конденсаторов от частоты

Для подавления электромагнитных излучений сразу в нескольких подводящих цепях удобно осуществлять их подключение через терминальные (или барьерные) фильтрующие блоки (рис. 10), устанавливаемые на конструктивных частях и панелях аппаратуры различного назначения. Фильтрующие блоки (или клеммные колодки) Tusonix, в том числе соответствующие требованиям UL (UL Recognized), предназначены



Рис. 9. Внешний вид SMD-фильтра

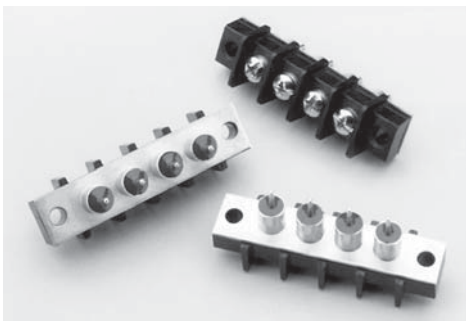


Рис. 10. Клеммные колодки



Рис. 11. Клеммная колодка 7602-604NLF

для широкого круга приложений: для промышленной автоматики, телекоммуникационной аппаратуры, компьютеров и периферии, источников питания, офисного и лабораторного оборудования, военной аппаратуры и других приложений.

Терминальные фильтрующие блоки компании представлены в сериях 7602-7610 тремя семействами из девяти типов каждое, отличающимися числом контактов.

- UL Recognized с фильтрами Pi-типа серий 7602/7610-501(LF, NLF) соответствуют UL Standard 1283, 1059. Блоки содержат от 2 (7602) до 10 (7610) одинаковых фильтров, обеспечивающих затухание 50–65 дБ на частотах 100 МГц – 10 ГГц (5 дБ на частоте 10 МГц). Диапазон рабочих температур: $-40...+105^{\circ}\text{C}$, рабочее напряжение: до 250 В АС, ток: до 20 А, емкость фильтров: 2000 пФ.
- Блоки с фильтрами Pi-типа серий 7602/7610-551 (LF, NLF) отличаются от предыдущей серии меньшим рабочим напряжением (100 В DC) и емкостями фильтров (2500/5000 пФ), другие параметры совпадают.
- UL Recognized с фильтрами C-типа на ток 30 А серий 7602/7610-602 (LF, NLF), на рис. 11 показан внешний вид блока 7602-604NLF. Блоки также содержат от 2 до 10 фильтров, обеспечивающих затухание 45–70 дБ в диапазоне 100 МГц – 10 ГГц (28 дБ на частоте 10 МГц). Эксплуатационные характеристики такие же, как у описанных выше блоков, основные параметры: рабочее напряжение 150 В, емкость 15 000 пФ, проходное сопротивление менее 10 мОм.



Литература

1. http://www.ctscorp.com/publications/press_releases/nr080124.htm
2. <http://www.ctscorp.com/about/beginnings.htm>
3. <http://www.fundinguniverse.com/company-histories/cts-corporation-history/>
4. <http://www.legacy.com/obituaries/tucson/obituary.aspx?pid=135114733>
5. http://www.smtnet.com/company/index.cfm?fuseaction=view_company&company_id=43172
6. <http://www.ctscorp.com/default.htm>
7. <http://ptelectronics.ru/brand/tusonix/>