

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДИСКОВЫХ ЭМФ НА ЧАСТОТУ 500 кГц

Константин ШУЛЬГИН (UZDA)

Электромеханические фильтры появились более сорок лет нвзвд, но до сих пор применяются в связной вппвртуре и, в частности, в рвдиолюбительских конструкциях. Об основных характеристиках наиболее распространенных фильтров на номинальную частоту 500 кГц на страницах журнала рвсказывает один из основных создателей отечественных ЭМФ Константин Александрович Шульгин (UZDA). Приоритет его работ в этой области закреплен десятком авторских свидетельств и патентами семи зврубежных стран (в том числе и США).

В статье приведены данные серийно выпускавшихся электромеханических фильтров (ЭМФ) с дисковыми резонаторами на номинальную частоту 500 кГц. В настоящее время они встречаются в трех модификациях корпуса: цилиндрический диаметром

14 мм, цилиндрический диаметром 11 мм, прямоугольный шириной 11 и высотой 12,5 мм (без учета выводов). Длина корпуса определяется числом дисковых резонаторов, входящих в механическую колебательную систему фильтра. Параметры этих

ЭМФ (они разделены на четыре группы по функциональному признаку) сведены в таблицу.

Приведенная в таблице полоса пропускания ЭМФ измеряется на уровне -6 дБ. Для всех фильтров затухание в полосе пропускания не превышает 15 дБ, а неравномерность затухания в полосе пропускания у первой группы ЭМФ не превышает 6 дБ, а у всех остальных — 3 дБ. Коэффициент прямоугольности К — это отношение полос пропускания фильтра по уровням -60 и -6 дБ.

Температурный коэффициент частоты ЭМФ не превышает $15 \cdot 10^{-6}$ в интервале температур от -60 до -30 °C и $10 \cdot 10^{-6}$ в интервале от -30 до +85 °C. Для второго интервала температур по абсолютной величине это будет не более 0,5 Гц на градус.

Входное и выходное сопротивления всех ЭМФ определяют при настройке их контуров на среднюю частоту фильтра. Средняя частота фильтров, предназначенных для выделения одной боковой полосы, не нормируется, и в таблице она приведена только для справки. Сопротивление нагрузки фильтра должно быть, по крайней мере, в 3...5 раз больше его выходного сопротивления.

Все фильтры герметизированы. Они могут использоваться при температуре окружающей среды от -60 до +85 °C и атмосферном давлении до 10 мм рт. ст.

В статье сохранены условные обозначения фильтров, которые им присвоили разработчики и которые они носят уже долгие годы. В этих обозначениях приняты следующие сокращения: ЭМФ — электромеханический фильтр; Д — дисковый; П — прямоугольный; Ц — цилиндрический; число с буквой Р — количество активных резонаторов в механической колебательной системе фильтра; 500 — номинальная частота (кГц); число с буквой Н, В или С — ширина полосы пропускания (кГц) и ее положение относительно номинальной частоты (соответственно ниже, выше или симметричное). Обозначения фильтров четвертой группы содержат дополнительно через дефис сочетание Т85, обозначающее температуру термостатирования (в таблице для краткости не указано). Число дисков N, содержащихся в фильтре, приведено в таблице для того, чтобы можно было оценить характер ЭМФ и определить его длину.

Например, рассмотрим четвертый фильтр третьей группы — ЭМФДП-5Р-500 0,5Н. Исходя из обозначения, о нем можно сказать следующее. Это электромеханический фильтр, дисковый, прямоугольной формы. Его колебательная система содержит 5 активных резонаторов, номинальная частота равна 500 кГц, ширина полосы пропускания составляет 500 Гц и расположена она ниже номинальной частоты.

Первая группа ЭМФ предназначена для однополосных систем связи и другой электронной аппаратуры. Корпус у них цилиндрический диаметром 14 мм. К торцевым сторонам

| Обозначение фильтра | N | Граничные частоты | | Средняя частота | Полоса пропускания | К |
|---|----|-------------------|-------------|-----------------|--------------------|-----|
| | | Нижняя | Верхняя | | | |
| ЭМФ для однополосных систем связи. | | | | | | |
| ЭМФ-Д-500-3В | 9 | 500,3±0,15 | | 501,85 | 3±0,15 | 1,6 |
| ЭМФ-Д-500-3Н | 9 | | 499,7±0,15 | 498,5 | 3±0,15 | 1,6 |
| ЭМФ-Д-500-3С | 9 | | | 500,0±0,15 | 3±0,15 | 1,6 |
| ЭМФ для специальной аппаратуры | | | | | | |
| ЭМФД-5Р-500-0,3С | 11 | | | 500,0±0,05 | 0,3±0,05 | 3,5 |
| ЭМФД-5Р-500-0,5С | 11 | | | 500,0±0,05 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФД-5Р-500-0,5В | 11 | 500,1±0,05 | | 500,35 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФД-5Р-500-0,5Н | 11 | | 499,9±0,05 | 499,65 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФД-5Р-500-0,75С | 11 | | | 500±0,05 | 0,75±0,075 | 3,5 |
| ЭМФДП-5Р-500-1,0С | 11 | | | 500±0,1 | 1,0±0,1 | 3 |
| ЭМФДП-5Р-500-1,5С | 11 | | | 500±0,1 | 1,5±0,1 | 3,5 |
| ЭМФД-11Р-500-3,0С | 11 | | | 500,0±0,15 | 3,0±0,3 | |
| ЭМФД-11Р-500-3,5В | 11 | 500,15±0,05 | | 501,9 | 3,5±0,15 | 1,5 |
| ЭМФД-11Р-500-3,5Н | 11 | | 499,85±0,05 | 498,1 | 3,5±0,15 | 1,5 |
| ЭМФД-11Р-500-7,8С | 11 | | | 500,0±0,15 | 7,8±0,3 | 1,5 |
| Унифицированный ряд ЭМФ для широкого применения | | | | | | |
| ЭМФДП-5Р-500-0,3С | 11 | | | 500,0±0,05 | 0,3±0,05 | 3,5 |
| ЭМФДП-5Р-500-0,5С | 11 | | | 500,0±0,05 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФДП-5Р-500-0,5В | 11 | 500,1±0,05 | | 500,35 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФДП-5Р-500-0,5Н | 11 | | 499,9±0,05 | 499,65 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФДП-5Р-500-0,75С | 11 | | | 500±0,1 | 0,75±0,075 | 3,5 |
| ЭМФДП-5Р-500-1,0С | 11 | | | 500±0,1 | 1,1±0,1 | 3,5 |
| ЭМФДП-5Р-500-1,5С | 11 | | | 500±0,1 | 1,5±0,15 | 3,5 |
| ЭМФДП-9Р-500-2,75В | 9 | 500,3±0,05 | | 501,67 | 2,75±0,15 | 1,6 |
| ЭМФДП-9Р-500-2,75Н | 9 | | 499,7±0,05 | 498,3 | 2,75±0,15 | 1,6 |
| ЭМФДП-9Р-500-3,1С | 9 | | | 500,0±0,15 | 3,1±0,15 | 1,6 |
| ЭМФДП-9Р-500-3,1В | 9 | 500,3±0,05 | | 501,85 | 3,1±0,2 | 1,6 |
| ЭМФДП-9Р-500-3,1Н | 9 | | 499,7±0,05 | 498,15 | 3,1±0,2 | 1,6 |
| ЭМФДП-9Р-500-6,0С | 9 | | | 500,0±0,2 | 6,0±0,3 | 1,6 |
| ЭМФДП-9Р-500-8,0С | 9 | | | 500,0±0,2 | 8,0±0,3 | 1,6 |
| ЭМФДП-5Р-500-9,0С | 5 | | | 500,0±0,3 | 9,0±0,3 | 3 |
| ЭМФДП-7Р-500-18,0С | 5 | | | 500,0±1,5 | 18,0±1,5 | 3 |
| ЭМФДП-7Р-500-35,0С | 7 | | | 500,0±2 | 35,0±2 | 2 |
| Термостатируемые ЭМФ для специальной аппаратуры | | | | | | |
| ЭМФДЦ-5Р-500-0,3С | 11 | | | 500,0±0,05 | 0,3±0,05 | 3,5 |
| ЭМФДЦ-5Р-500-0,65С | 11 | | | 500,0±0,05 | 0,65±0,075 | 3,5 |
| ЭМФДЦ-5Р-500-1,1С | 11 | | | 500±0,1 | 1,1±0,1 | 3,5 |
| ЭМФДЦ-5Р-500-0,5В5 | 11 | 500,1±0,05 | | 500,35 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФДЦ-5Р-500-0,5Н5 | 11 | | 499,9±0,05 | 499,65 | 0,5±0,05 | 3,5 |
| ЭМФДЦ-11Р-500-3,0С | 11 | | | 500,0±0,15 | 3,0±0,3 | 1,5 |
| ЭМФДЦ-11Р-500-3,5В | 11 | 500,15±0,05 | | 501,9 | 3,5±0,15 | 1,5 |
| ЭМФДЦ-11Р-500-3,5Н | 11 | | 499,85±0,05 | 498,1 | 3,5±0,15 | 1,5 |
| ЭМФДЦ-11Р-500-7,8С | 11 | | | 500,0±0,15 | 7,8±0,3 | 1,5 |

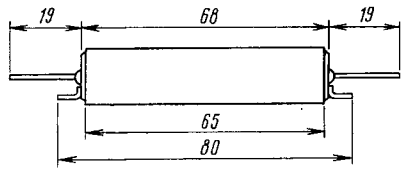


Рис. 1

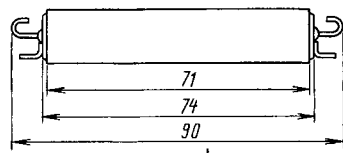


Рис. 2

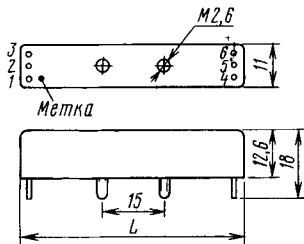


Рис. 3

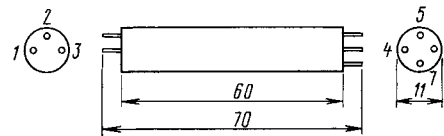


Рис. 4

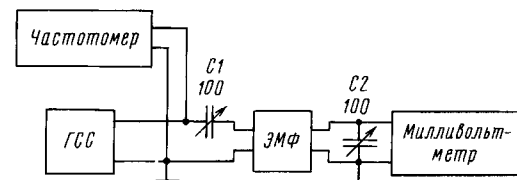


Рис. 5

корпуса приварены лепестки, служащие для его "заземления" (рис. 1). С корпусом вход и выход фильтра гальванически не связаны. Выводы от катушек выполнены в виде жестких проволочных отрезков диаметром 0,8 мм. При установке в аппаратуру их можно изгибать, но с предосторожностью, чтобы не повредить проходные изоляторы.

Все фильтры этой группы 9 резонаторные, симметричные, т. е. их вход и выход имеют одинаковые параметры. В качестве входа принято считать ту сторону ЭМФ, от которой начинается его условное обозначение. Активное сопротивление катушек составляет 105 ± 10 Ом, емкость подключаемых конденсаторов — 60...100 пФ. Входное и выходное сопротивления равны

20 ± 5 кОм, добротность контуров — около 10.

Рассмотренные фильтры интересны тем, что были первыми отечественными ЭМФ, внедренными в серийное производство как изделия широкого применения. Первым их производство освоил завод им. Н. Г. Козицкого (г. Ленинград) в 1961 г. Летом 1962 г. был с соответствующими почестями выпущен юбилейный, 5-тысячный "ЭМФ-Д-500-3В", который заводчане вручили автору этой статьи.

Во вторую группу ЭМФ включены фильтры, создававшиеся для специальной аппаратуры. Все они 11-дисковые, симметричные. Среди них следует отметить комплект узкополосных ЭМФ на полосы пропускания от 0,3 до 1,5 кГц (разработка 1962 г.). От остальных фильтров они отличаются тем, что с целью повышения механической прочности колебательной системы связь между их активными резонаторами выполнена по сложной схеме, в которой используются расстроенные ("пассивные") дисковые резонаторы. Габаритные размеры фильтров показаны на рис. 2. Входные и выходные параметры у них такие же, как и у фильтров первой группы.

Третья группа ЭМФ представляет собой унифицированный ряд фильтров широкого применения на полосы пропускания от 0,3 до 35 кГц. Входные в нее фильтры разработаны для печатного монтажа, поэтому их корпус имеет прямоугольную форму (рис. 3). Корпус ЭМФ с 11-ю дисками имеет длину 62 мм, с 9-ю и 7-ю дисками — 54 мм, с 5-ю — 47 мм.

Активное сопротивление катушек этой группы ЭМФ составляет 50 ± 5 Ом, емкость конденсаторов — 60...150 пФ. Для удобства согласования с транзисторными схемами от части витков катушек сделан отвод. В результате вход и выход данных ЭМФ имеют по три вывода. Вход обозначен точкой. Конденсаторы подключают к выводам 1—3 и 4—6. Между этими же выводами измеряется полное входное и выходное сопротивление ЭМФ. Оно равно 16 ± 5 кОм. Входное сопротивление между выводами 1 и 2 составляет 20,6 кОм, выходное между выводами 4 и 5 — $0,5 \pm 0,15$ кОм. Следует иметь в виду, что такое решение является частным. Поэтому не следует исключать возможность полного включения фильтров в схему посредством выводов 1—3 и 4—6.

Фильтры четвертой группы ЭМФ (рис. 4) были разработаны для аппаратуры, эксплуатирующейся в широком диапазоне температур. Они предназначены для использования в термостабирированной аппаратуре ($t=85^\circ\text{C}$). В таблице их параметры соответствуют именно такой температуре.

Все фильтры содержат по 11 дисков, имеют одинаковую длину и диаметр. Полосы пропускания узкополосных ЭМФ, входящих в эту группу, лежат в пределах от 0,3 до 1,1 кГц. Остальные фильтры имеют полосы пропускания от 3 до 7,8 кГц и отличаются повышенной избирательностью. Как и в третьей группе, их катушки выполнены с отводом. Вход фильтра имеет 3 вывода, выход — 4. Последний вывод сделан от корпуса и не имеет проходного изолятора. По входным и выходным параметрам эти фильтры идентичны прямоугольным.

Реально большинство фильтров всех групп имеют лучшие параметры, чем те, что указаны в таблице.

Различные фирмы, в том числе и разработчики, выпускали дисковые ЭМФ, несколько отличающиеся от рассмотренных по полосе пропускания, числу резонаторов, номинальной частоте, входному и выходному сопротивлению, внешнему оформлению и т. д. Если эти фирмы соблюдали предложенную разработчиками технологию и применяли рекомендованные ими специально разработанные для ЭМФ материалы, селективные свойства (при равном числе активных резонаторов), а также температурный коэффициент частоты для таких ЭМФ должны быть аналогичны приведенным в статье.

С течением времени некоторые ведомства и предприятия изменяли наименования выпускаемых ими ЭМФ. В результате до настоящего времени встречаются в обиходе одинаковые фильтры с разными наименованиями, что может вызывать определенные трудности. Остановимся кратко на этом вопросе.

Согласно преysкуранту Министерства электронной промышленности, были переименованы ЭМФ третьей группы. В новых обозначениях не показано число активных резонаторов и перенесена буква, указывающая местоположение полосы пропускания относительно номинальной частоты. Она поставлена сразу после нее. Так, например, фильтр ЭМФДП-9Р-500-2,75В переименован в ЭМФДП-500В-2,75. Подобные фильтры достаточно широко распространены среди радиолюбителей.

Обозначения ЭМФ, входящих в первую группу, не изменились. Фильтры второй и четвертой групп в преysкуранте отсутствуют.

Примерно 12—13 лет назад была введена новая ведомственная система условных обозначений, единая для ЭМФ четырех групп (ОСТ 11 206 801-87). Условные обозначения фильтров в этой системе состоят из следующих элементов: первый элемент — буквы ФЭМ (фильтр электромехани-

ческий); второй — цифра, характеризующая фильтр по типу примененных резонаторов; третий — регистрационный номер; четвертый — число, равное номинальной частоте фильтра в кГц; пятый — число, равное ширине полосы пропускания в кГц; шестой — буквы Н, В или С, показывающей положение полосы пропускания относительно номинальной частоты; седьмой — цифра, обозначающая вид преобразователя, и восьмой — буква В, обозначающая всеклиматическое исполнение фильтра. Между 2-м и 3-м, 3-м и 4-м, 4-м и 5-м, а также 6-м и 7-м элементами проставлен дефис.

Цифра 1 второго элемента показывает, что резонаторы гантельные, 2 — дисковые, 3 — камертонные, 4 — пластинчатые, 5 — цилиндрические. В седьмом элементе цифра 1 соответствует электромагнитным преобразователям, 2 — пьезокерамическим, 3 — магнитострикционным, 4 — комбинированным.

Рассмотренная система позволяет однозначно оценить имеющийся дискретный ЭМФ и, учитывая его габаритные размеры, с помощью настоящей статьи определить все данные фильтра. Например, фильтр ФЭМ2-045-500-2,75В-3 эквивалентен фильтру ЭМФДП-500-2,75В и относится к ЭМФ третьей группы.

Ряд ЭМФ с последней маркировкой приведен в справочнике А. И. Ладика и А. И. Сташкевича "Изделия электронной техники. Пьезоэлектрические и электромеханические приборы", выпущенном в 1993 г. издательством "Радио и связь". К сожалению, информации о дискретных ЭМФ в нем недостаточно для того, чтобы получить полное представление о конкретных фильтрах.

И в заключение — совет читателям журнала. Если в ваши руки попадет ЭМФ, на котором написано что-то непонятное или без маркировки, то попробуйте оценить его характеристики сами. Для решения задачи требуются ГСС с малым выходным сопротивлением (50...75 Ом), высокочастотный милливольтметр (МВЛ) с большим входным сопротивлением и два конденсатора переменной емкости по 100 пФ. Желательно иметь также и частотомер.

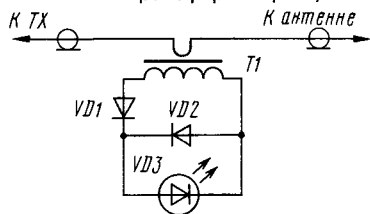
Соедините все так, как показано на рис. 5. Модуляцию у генератора выключите, уровень несущей установите около 1 В. Исходную емкость конденсаторов С1 и С2 установите равной 60...70 пФ. Далее, изменяя частоту настройки генератора в районе предполагаемой номинальной частоты, найдите отклик фильтра и с помощью конденсаторов настройте контуры ЭМФ по максимальному показанию МВЛ. Затем, насколько подробно позволяет вам используемые приборы, снимите по точкам частотную характеристику фильтра. Она позволит вам оценить фильтр с учетом формы и размеров его корпуса, выяснить, к какой группе ЭМФ, описанных в статье, он относится и определить его параметры.

ИНДИКАТОР ВЧ ТОКА НА ОПЛЕТКЕ КАБЕЛЯ

Александр ПРОКУДИН (RN9APE)

Паразитные токи на оплетке коаксиального кабеля, идущего от радиостанции к антенне, возникают при несимметричном питании последней, при любой аварии, например, при обрыве противовеса или самой оплетки в точке соединения с антенной, при контакте антенны или противовеса с другими предметами и во многих иных случаях. Среди последствий, к которым приводят паразитные токи на оплетке кабеля, надо упомянуть появление ВЧ напряжения на корпусе радиостанции, помехи на экранах телевизоров соседей, снижение КПД антенно-фидерного тракта. Обычно используемый измеритель КСВ далеко не всегда может определить несимметричный режим работы кабеля, да к тому же и не обеспечивает оперативный контроль ситуации.

Вниманию радиолюбителей предлагается простой и очень удобный индикатор тока на оплетке кабеля. Его схема приведена на рисунке. Основой прибора является токовый трансформатор Т1, выпол-



ненный на кольцевом магнитопроводе из феррита с магнитной проницаемостью 50...1000. Размеры кольца выбираются такими, чтобы оно (с намотанной вторич-

ной обмоткой) плотно сидело на кабеле, пропущенном через его отверстие. Кабель и является одновитковой первичной обмоткой. Поскольку индицируется ток именно на внешней поверхности оплетки, целостность кабеля не нарушается, даже изоляцию снимать не нужно.

Вторичная обмотка трансформатора Т1 содержит 15 витков провода ПЭВ или ПЭЛШО диаметром 0,3...0,5 мм. ВЧ напряжение со вторичной обмотки выпрямляется диодом VD1 и подводится к светодиоду VD3. Диод VD2 защищает светодиод от случайных импульсов обратного напряжения. Диоды VD1 и VD2 могут быть любыми высокочастотными, например, КД503А, светодиод годится любого типа.

В налаживании устройство не нуждается. Для его проверки к контролируемому кабелю подключают согласованный эквивалент нагрузки и включают передатчик при выходной мощности 15...20 Вт — светодиод не должен светиться. Если же подключить какую-либо антенну только к центральному проводнику кабеля — светодиод загорится.

Данный прибор хорошо реагирует и на "антенных варваров", разумеется, при включенном передатчике.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ ЖУРНАЛА "РАДИО"!

В прошлом году на страницах журнала "Радио" было рассказано о программе компьютерного моделирования антенн MMANA. Программа заинтересовала многих читателей — как радиолюбителей, так и тех, кто связан с разработкой и изготовлением антенн в профессиональном плане. Чтобы облегчить пользование этой программой, автор статей в журнале "Радио" Игорь Гончаренко (DL2KQ — EU1TT), русифицировавший эту программу (исходная версия была на японском языке), написал книгу "Компьютерное моделирование антенн (все о программе MMANA)". Эта книга выпущена редакцией журнала "Радио" совместно с издательством "РадиоСофт".

Книгу можно приобрести в редакции журнала "Радио" и в книжных магазинах. Ее также можно заказать и по почте в фирме "Пост-Пресс" (111578, Москва, аб. ящ. 1, "Пост-Пресс"; контактные телефоны — (095) 307-0661, 307-0621; e-mail <postpres@dol.ru>; цена с учетом почтовых расходов по России — 84 руб.).

Программа бесплатная, и ее (а также библиотеку к ней, содержащую информацию почти о двухстах антеннах) можно скачать с сайта журнала "Радио" по адресу <www.pro-radio.ru/mmna>. Те, у кого нет доступа в Интернет, могут заказать дискету



с программой и библиотекой в издательстве "РадиоСофт" (109125, Москва, Саратовская ул., 6/2, "РадиоСофт", контактный телефон — (095) 177-47-20, e-mail <real@radiosoft.ru>).