

Использование проходных керамических конденсаторов в фильтрах электромагнитной совместимости

Керамические проходные конденсаторы обеспечивают надежную защиту от внутренних помех, а благодаря своей компактности и упрощенной конструкции монтажной платы очень удобны для использования в фильтрах электромагнитной совместимости (ЭМС).

Михаил Крюков

sales@dialelectrolux.ru

Электромагнитные помехи, возникающие при работе различного электрооборудования, бывают двух видов — внешние и внутренние.

- Внешние электромагнитные помехи — это помехи от различных внешних источников (например, радио, высоковольтного оборудования и других устройств). Специальные устройства обеспечивают защиту электрических систем от внешних помех, а в идеальном случае источник внешних помех тоже обеспечивается системой защиты от помех.
- Внутренние электромагнитные помехи исходят от электронных компонентов, находящихся в одной или в соседних электрических цепях. В процессе работы антенны, процессоры, программные платы и другие устройства излучают электромагнитные волны, которые распространяются по печатным проводникам и накладываются на информационные сигналы, искажая их. Однако часто бывает, что исключить из электрической цепи источник помех невозможно, так как система не будет работать.

Фильтры ЭМС позволяют осуществить электрическую развязку источников помех и оборудования, которое нужно от этих помех защитить, не нарушая работоспособности системы. Они устраняют помехи, разряжая их сигналы на «землю». Фильтры ЭМС позволяют защитить электрооборудование как от внутренних, так и от внешних помех и предотвращают распространение помех по печатным проводникам.

Защита от электромагнитных помех обычно осуществляется с помощью пассивных компонентов. По мере ужесточения требований к ЭМС появляется необходимость в улучшении свойств ЭМС пассивных компонентов.

Фильтры ЭМС создаются на базе конденсаторов, а также LC- или RC-цепей. Фильтры на основе LC- и RC-цепей не всегда позволяют получить необходимое понижение уровня помех, имеют сложную конструкцию и требуют много места для монтажа. Фильтры на основе стандартных керамических конденсаторов тоже занимают много места

и не дают достаточного снижения уровня помех в электрических цепях.

Проходные керамические конденсаторы позволяют создать надежную защиту от электромагнитных помех и идеально подходят для фильтров ЭМС. С их помощью можно осуществлять хорошую фильтрацию и понижение помех на радиочастотах, они имеют компактные размеры (0805 или 1206) и простую конструкцию.

Проходные конденсаторы изготавливаются из того же материала (COG, X7R), что и стандартные керамические конденсаторы, производятся по одинаковой технологии и имеют сходные технические преимущества: простоту работы, компактную конструкцию и широкий диапазон рабочих температур. В отличие от стандартных, проходные конденсаторы имеют 3 полюса (4 внешних вывода). Между 1-м и 2-м полюсами этого конденсатора емкости нет (проходной конденсатор), а между 1-м и 3-м или 2-м и 3-м полюсами — есть. Базовая конструкция проходного конденсатора показана на рис. 1, а его графическое изображение — на схеме (рис. 2).

Схема работы такого конденсатора довольно проста. Сигнал вместе с наложенными на него помехами поступает на полюс 1 (вход) конденсатора. Помехи отфильтровываются с помощью емкости и разряжаются на «землю» через полюс 3 («земля»). Сигнал, очищенный от помех, выходит из конденсатора через полюс 2 (выход).

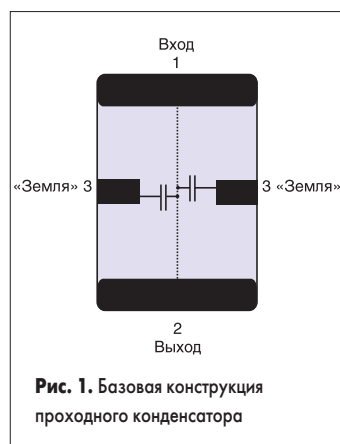


Рис. 1. Базовая конструкция проходного конденсатора

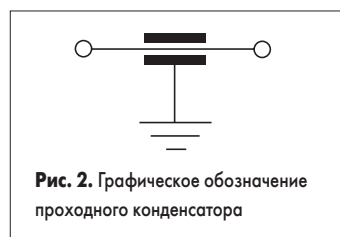


Рис. 2. Графическое обозначение проходного конденсатора

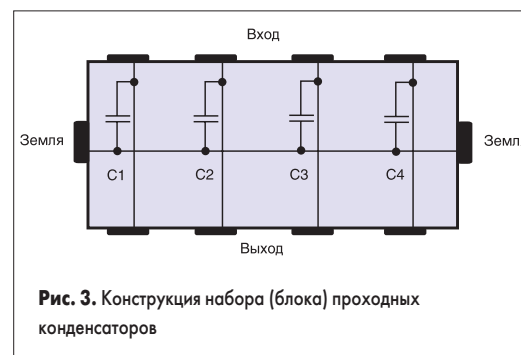


Рис. 3. Конструкция набора (блока) проходных конденсаторов

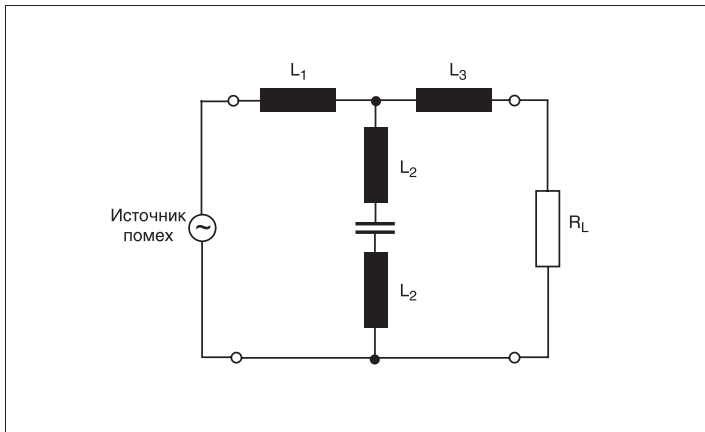


Рис. 4. Эквивалентная электрическая цепь стандартного керамического конденсатора, подключенного между источником помех и нагрузкой R_L

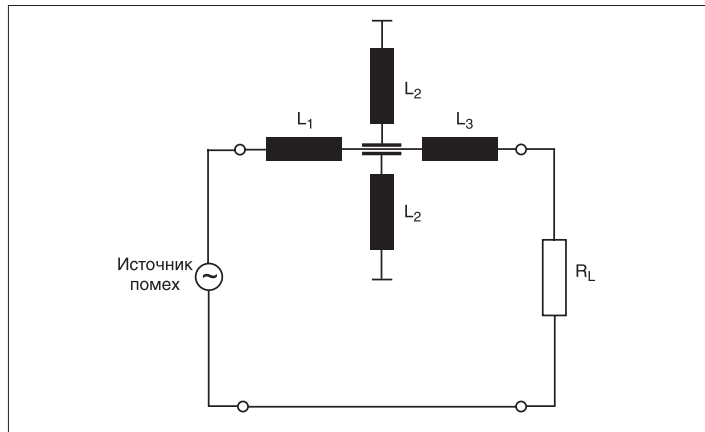


Рис. 5. Эквивалентная электрическая цепь проходного конденсатора, подключенного между источником помех и нагрузкой R_L

Набор помехоподавляющих проходных конденсаторов показан на рис. 3. Наборы конденсаторов необходимо применять в случаях, когда к защищаемому фильтром ЭМС оборудованию подключается несколько линий связи. Использование наборов проходных конденсаторов позволяет снизить время на монтаж фильтра ЭМС и сэкономить место на печатной плате.

Значительным преимуществом проходных конденсаторов по сравнению со стандартными керамическими конденсаторами является их низкая паразитная индуктивность. Специальная внутренняя конструкция проходных фильтров позволяет не только снизить паразитную индуктивность, но и подавлять помехи на более высоких частотах.

В обычных керамических конденсаторах паразитные индуктивности соединены последовательно (рис. 4), а в проходных — параллельно (рис. 5). В стандартных керамических конденсаторах суммарная паразитная индуктивность вычисляется следующим образом:

$$L_{\text{сумм.}} = L_2 + L_2 = 2L_2.$$

Суммарная паразитная индуктивность в проходных конденсаторах вычисляется так:

$$L_{\text{сумм.}} = (L_2 \times L_2) / (L_2 + L_2) = L_2 / 2.$$

Меньшая паразитная индуктивность приводит к уменьшению индуктивности L' цепи в целом и, соответственно, к понижению ин-

дуктивного сопротивления $\omega L'$. Ток проходит по меньшему количеству электродов. В результате снижения паразитной индуктивности проходные конденсаторы позволяют подавлять помехи на более высоких частотах и имеют более высокую резонансную частоту. Это наглядно показано на рис. 6 (2,2 нФ) и рис. 7 (4,7 нФ).

Стандартный конденсатор из материала X7R с типоразмером корпуса 1206 и номинальной емкостью 2,2 нФ дает максимальное вносимое затухание 36 дБ и имеет резонансную частоту около 120 МГц (рис. 6), в то время как проходной конденсатор из того же материала, с тем же типоразмером корпуса и емкостью вносит максимальное затухание 45 дБ, а его резонансная частота составляет примерно 280 МГц.

Аналогичная ситуация наблюдается и при большем значении номинальной емкости (рис. 7): вносимое затухание выше, однако резонансная частота снижается вследствие увеличения емкости.

Паразитная индуктивность (и внутренние электрические потери) в электрической цепи может быть дополнительно снижена за счет уменьшения числа печатных проводников на плате.

С точки зрения компоновки электрической цепи также выгоднее использовать в фильтрах ЭМС проходные конденсаторы. При использовании в фильтре стандартных керамических конденсаторов каждая линия связи соединяется с «землей» через конденсатор и гашение.

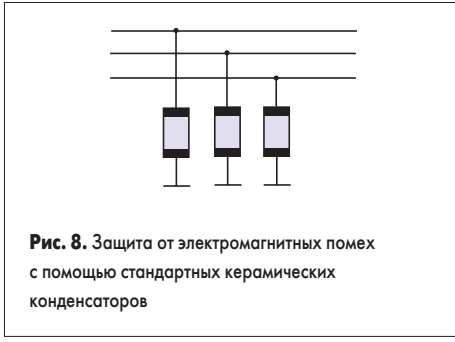


Рис. 8. Защита от электромагнитных помех с помощью стандартных керамических конденсаторов

С помощью проходных конденсаторов гашение этих помех может производиться непосредственно в линии. Проходной конденсатор можно установить прямо на линию связи. Все конденсаторы можно совместно подключить к «земле» (то есть «земля» у них будет общая), тогда для их установки на печатной плате потребуется меньше места. Пример подключения проходных конденса-

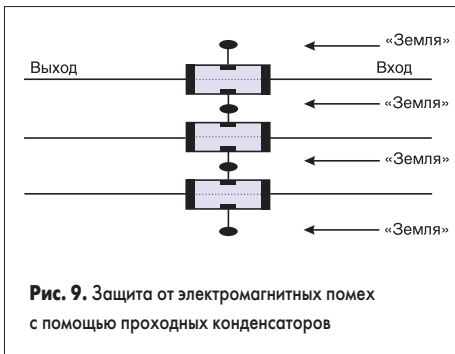


Рис. 9. Защита от электромагнитных помех с помощью проходных конденсаторов

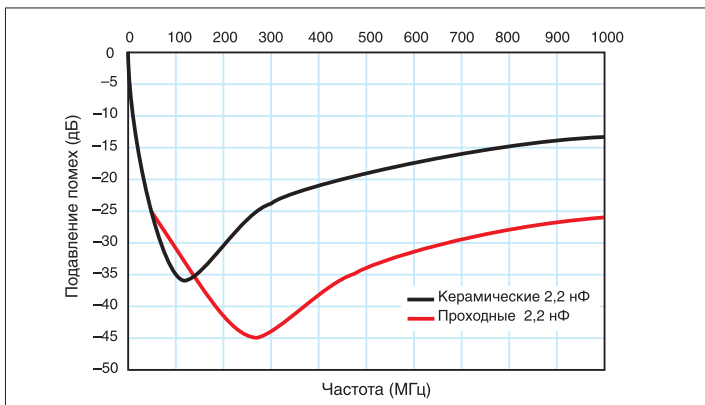


Рис. 6. Сравнительная диаграмма подавления помех стандартными керамическими и проходными конденсаторами

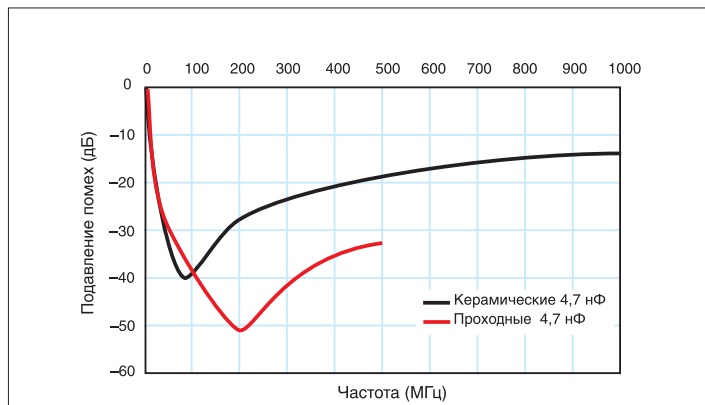
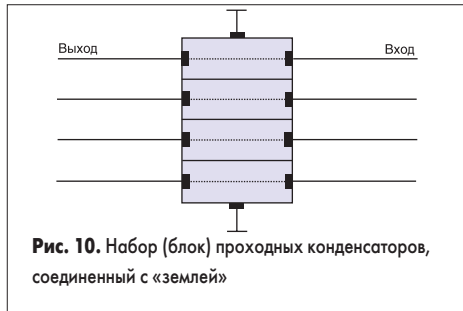
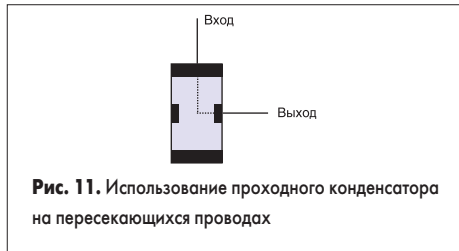


Рис. 7. Диаграмма подавления помех конденсаторами большей емкости



торов к «земле» и линиям связи показан на рис. 9. Еще более выгодно и эффективно применять наборы проходных конденсаторов (рис. 10). Проходные конденсаторы мож-



но использовать и на пересекающихся проводниках (рис. 11).

Итак, проходные конденсаторы прекрасно подходят для использования в фильтрах ЭМС. Основные свойства этих конденсаторов:

- низкие электрические потери;

- значительное подавление помех;
- работа на радиочастотах;
- компактность;
- широкий диапазон рабочих температур $-40 \dots +125 \text{ C}$;
- низкая стоимость по сравнению со сложными помехоподавляющими фильтрами на основе фильтрующих цепей.

Благодаря своим свойствам проходные керамические конденсаторы находят широкое применение в различных областях: автомобильной электронике, телекоммуникациях, персональных компьютерах, портативных компьютерах, промышленной электронике, мобильных телефонах и многих других.