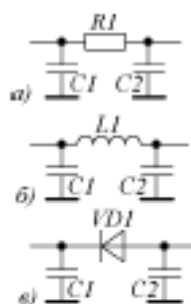


**Виктор Беседин (UA9LAQ)**  
г. Тюмень  
E-mail: ua9laq@mail.ru

# Применение диодов при фильтрации питающих напряжений

В цепях питания, для развязки одного питаемого устройства или каскада от другого, при одном источнике, устанавливают фильтры различных конфигураций и составов. Самый простой из фильтров – конденсатор, включенный параллельно полюсам постоянного напряжения (между плюсом и минусом) или между проводами подачи переменного.

Для увеличения фильтрующего действия и снижения частоты фильтруемого напряжения, до определенных пределов, определяемых допустимыми габаритами и устойчивостью аппаратуры, увеличивают ёмкость этого конденсатора, дальнейшие действия (при недостатке фильтрации) осуществляются уже в комбинации с другими элементами: резисторами, катушками индуктивности. Конфигураций фильтров много, но коснёмся лишь простейшего П-образного, состоящего, кстати, из двух Г-образных, включенных зеркально-последовательно. У каждого фильтра есть свои положительные стороны и недостатки, которые зависят, в основном, от элементов их составляющих



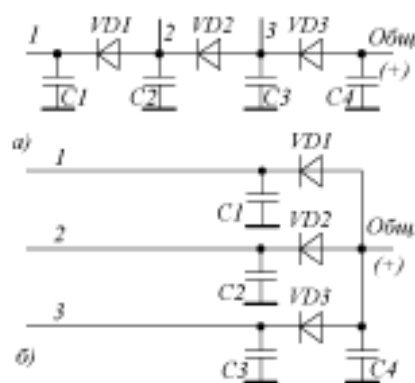
**Рис. 1.** П-образные фильтры в цепях питания:

а) – RC-фильтр; б) – LC-фильтр; в) – фильтр с диодом (VDC-фильтр).

RC- и LC-фильтры могут быть реверсированы без каких-либо ограничений. Реверсирование VDC-фильтра возможно только со сменой полярности напряжения источника питания

и электрических величин этих компонентов. Поскольку П-фильтр – наиболее универсален, на его примере построим дальнейшие выводы, причём, без формул. Классический пример: RC-фильтр (рис. 1а) представляет собой фильтр нижних частот (ФНЧ), который пропускает через себя только перепады напряжения, поступающие с некоторыми низкими частотами, не выше характеристической, для применённых элементов фильтра, частоты среза (перегиба, при заданном затухании) АЧХ. Чем больше ёмкость конденсаторов и сопротивление резистора, входящих в фильтр, тем ниже эта частота, все колебания выше этой частоты ослабляются, подавляются. Суть подавления паразитных колебаний, например, в цепи питания многокаскадного УЗЧ, состоит в нивелировании колебаний напряжения питания, вызванного мощными импульсами анодного, коллекторного тока или тока стока (соответственно: в УЗЧ на лампах, биполярных

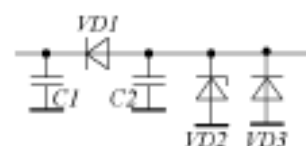
или полевых транзисторах). Без фильтра, питание предварительных каскадов УЗЧ будет производиться изменяющимся в такт с оконечным каскадом напряжением, эти колебания, будучи усиленными в усилителе, снова сказываются на изменении тока в оконечном каскаде, а он снова (ещё больше) изменяет напряжения питания предварительного усилителя, что приводит к лавинообразному процессу и усилитель самовозбуждается. А если УЗЧ ещё и многокаскадный... Фильтр сглаживает пульсации, позволяет питать предварительные каскады неизменяющимся напряжением, развязывает (отделяет) по питанию каскады друг от друга. Эффективность RC-фильтра довольно высока, но высоки и потери, из-за сопротивления резистора, которые тем выше, чем больше ток, протекающий через резистор, и больше сопротивление резистора. Эти потери можно снизить, применив LC-фильтр (рис. 1б), однако, чтобы получить низкую частоту среза АЧХ фильтра, придется применять катушки с очень большой индуктивностью, чтобы конструктивно эта катушка была соизмерима с окружающими деталями, для уменьшения габаритов, приходится применять сердечники. Другое дело – развязка каскадов на высоких частотах: сопротивление провода (медного, посеребрённого) катушки из нескольких витков становится очень малым, и потери питающего напряжения становятся пренебрежимо малы. Как увязать



**Рис. 2.** VDC-фильтры:

а) – последовательный; б) – параллельный.

Реверсирование последовательного фильтра возможно только со сменой полярности, реверсирование параллельного фильтра возможно только со сменой его функционального назначения (схема "И") и может быть осуществлено со сменой полярности приложенного напряжения



**Рис. 3.** VDC-фильтр с использованием параллельной ветви (VD2 и VD3). Этот фильтр нельзя реверсировать

между собой эти разнокомпонентные ФНЧ (RC-фильтр и LC-фильтр), уменьшить в них потери и уменьшить частоты среза ФНЧ с малыми габаритами фильтров? При работе над статьёй [1] у меня возникла ситуация, когда контурная катушка гетеродина приёмника оказалась индуктивно связана с дросселем, стоящим для развязки в цепи питания, что приводило к нестабильности работы схемы приёмного устройства из-за наводок от гетеродина. Увеличивать расстояние между элементами (и размеры платы) и ставить отдельные экраны было нежелательно, тогда, вместо дросселя, был установлен диод, и проблема была решена. Чем примечателен диод в схеме развязывающего фильтра?

По сравнению с резистором RC-фильтра, он имеет меньшее падение напряжения в прямом к прохождению тока направлении, в обратном направлении сопротивление оказывается значительным и фильтрующая способность ФНЧ увеличивается (разница в подавлении колебаний питающего напряжения отрицательной и положительной полярности), не чувствителен к внешним наводкам, мал по размеру. Но не всё так радужно: если такой диод встроен в протяжённые линии питания, он начинает детектировать РЧ наводки от

местных мощных радиостанций и, в результате, – модулировать питаемые каскады. Против этого есть средство: нужно не дать диодам детектировать наводки: непосредственно возле диода с обеих его сторон включить на общий провод развязывающие конденсаторы, например, SMD ёмкостью 0,1...0,47 мкФ, а на входе питания аппаратуры установить токовый трансформатор, имеющий две одинаковые обмотки, которые подавляют наводки с линии методом компенсации. Ещё снизить потери можно, установив в развязывающие по питанию цепи диоды с барьером Шоттки, прямое сопротивление которые ниже, чем у обычных кремниевых диодов (германиевые диоды ныне редки и термонеустойчивы). Обычно в схемах развязки можно применять диоды этого типа 1N5817...1N5822, в зависимости от требований по току, ассортимент кремниевых диодов шире, на обычных платах маломощных радиолюбительских устройств применяются диоды 1N4148 (КД522), мощных – КД202...КД210 и т.п. Есть и ещё одна модификация фильтра на диодах с включением диодов параллельно гнездам питания, но в обратной прохождению тока полярности, которая позволяет защитить устройство от импульсов противоположной полярности (антенные усилители, чувствительная цифровая аппаратура), установка параллельно одному из диодов стабилитрона на напряжение питания плюс 1...2 В, способствует и защите от импульсов “прямой” полярности, приходящих по цепям питания. Можно оставить и один стабилитрон, да ещё и двусторонний, если импульсы помех маломощны (рис. 3). В настоящее время имеется большой ассортимент различных подавляющих элементов (супрессоров, разрядников, варисторов), которые тоже, при правильном выборе по параметрам, позволяют повысить надёжность радиоаппаратуры и улучшить её параметры, развязав от “шумного” окружения. Поскольку ряд включённых последовательно ячеек П-фильтра и на диодах приводит к

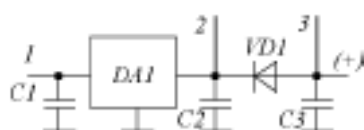
понижению напряжения питания каскадов (места их подключения обозначены цифрами 1, 2, 3 на рис. 2), вместо последовательной схемы можно применить параллельную, когда каждый каскад питается через собственный диод от одной общей точки (рис. 2б).

Применение диодов в цепях развязки питания позволяет миниатюризировать аппаратуру, снизить количество моточных изделий, не в ущерб, например, избирательности радиоприёмников, снизить потери, увеличив КПД и улучшить эксплуатационные характеристики за счёт питания предварительных каскадов большим напряжением. Кроме прочего, фильтры с использованием диодов нечувствительны к переплюсовкам напряжения питания, реверсирование фильтров с диодами связано со сменой полярности напряжения питания, исключение составляют фильтры с параллельно включёнными диодами: их “переплюсовывать” и реверсировать нельзя.

В [2] можно заменить дроссель L1 на диод 1N4148. В [3] для дальнейшей развязки между каскадами высокочувствительного УЗЧ (УЗЧ с большим коэффициентом усиления) включен интегральный стабилизатор напряжения (рис. 4), его работа возможна, при относительно низком напряжении питания, как раз из-за малого падения напряжения на диодах развязывающего фильтра. Если применить стабилизатор с малой разницей между входом и выходом, а в диодных фильтрах – диоды с барьером Шоттки (параллельная схема рис. 2б), получим УЗЧ с большим КПД (с очень малыми потерями).

#### Литература

1. В. Беседин. От схемы до конструкции. - Радиомир. КВ и УКВ, 2005, №12, стр. 18...20.
2. В. Васильев. Ключ на двух микросхемах. - Радио, 1987, №9, стр. 22...23.
3. В. Беседин. Усилитель ЗЧ для приёмника прямого преобразования. - Радиолюбитель, 2015, №10, стр. 45...47; 2015, №11, стр. 46...48.



**Рис. 4.** Комбинированная развязка между каскадами УЗЧ с помощью VDC-фильтра и интегрального стабилизатора.

1 – питание предварительного каскада, 2 или 3 – питание окончательного каскада УЗЧ.

Питание окончательного каскада в точке 3 меньше влияет на входное напряжение DA1 – не падает напряжение на прямом сопротивлении диода VD1, но этот каскад не защищён, в этом случае, от переплюсовки напряжения питания. C1, C2 и C3 состоят из неполярных конденсаторов ёмкостью 0,1 мкФ и полярных – 100 мкФ x 16 В. DA1 – 78L05 (78L06)