**Сглаживающие фильтры**

     Выпрямители в очень редких случаях работают только на чисто активную нагрузку. Это связано с тем, что большие пульсации выпрямленного напряжения на выходе выпрямителя не устраивают потребителя, поэтому между нагрузкой и выходом выпрямителя включают сглаживающий фильтр. Пульсирующее выпрямленное напряжение содержит постоянную и переменную составляющие.  
     Полезный эффект у потребителей постоянного тока создают только постоянные составляющие напряжения и тока. Переменные гармонические составляющие, образующие пульсации, приводят к бесполезной трате мощности и помехам. Например, при питании усилителей радиоприемников и передатчиков переменная составляющая создает фон на выходе усилителя, то есть дополнительные колебания на выходе низкой частоты. Для питания предварительных каскадов высококачественных усилителей требуется , предварительных каскадов УНЧ, УВЧ , оконченных каскадов УНЧ .  
     Отношение коэффициента пульсации на выходе выпрямителя к коэффициенту пульсации на нагрузке определяет степень сглаживания выпрямленного напряжения и называется коэффициентом сглаживания фильтра:  
  
q=Kпвх/Кпвых=[Um ог вх/Uо вх]:[Um ог вых/U0 вых]      (2.2.1)  
  
если не учитывать потери в фильтре, то есть считать , то      (2.2.2)

     Емкостный фильтр включается параллельно нагрузке и шунтирует нагрузку для переменой составляющей тока.   
  
     Важно, чтобы сопротивление конденсатора для основной гармоники пульсации была много меньше сопротивления нагрузки.   
  
     Из расчета выпрямителя на нагрузку известно, что .  
  
     Емкостный фильтр относится к простейшим фильтрам. Если обеспеченно превышение над на порядок, то определяется десятками, на два порядка — сотнями, но не более.  
  
  
  
     Для двухполупериодных схем:  
  
. (2.2.4)  
  
     При понижении уменьшается ( повышается).

Индуктивный фильтр вкл ючается последовательно с нагрузкой и представляет большое сопротивление для переменной составляющей тока.  
     Переменная составляющая уменьшается, и падение напряжения от этой составляющей становится незначительным.  
     Для хорошего сглаживания необходимо:  
  
     (2.2.5)  
  
     коэффициент сглаживания:  
  
  
  
      С учетом (2.2.5):  
  
       (2.2.6)  
  
     отсюда необходимая величина при заданном :  
  
     (2.2.7)  
  
     Из формулы видно, что один и тот же коэффициент сглаживания может быть обеспечен при меньших величинах индуктивности , если мало, то есть включение индуктивного фильтра выгодно при малых (в выпрямителях средней и большей мощности). Емкостный фильтр эффективен в цепях с большим (малыми нагрузочными токами, при не более десятков Вт), так как легче добиться неравенства .  
     Когда требуется особенно малое значение коэффициента пульсации , то или простейших фильтров могут получиться очень большими. В этом случае рациональнее иметь Г-образный или П-образный фильтры.

     Г-образный фильтр типа работает по тому же принципу, что и простейшие фильтры.   
     Необходимо условие:  
  
     (2.2.8)  
  
     коэффициент сглаживания с учетом (2.2.8):  
  
  
  
,      (2.2.9)  
  
     откуда   
  
     (2.2.10)   
  
     Раздельный выбор и производится по конструктивным соображениям (минимальный объем, вес, стоимость), а так же из условия избавления от резонанса. Для этого требуется, чтобы .  
     Обычно это условие легко выполняется при . Практически является достаточным выполнения условия  
  
,   
  
при этом обеспечивается индуктивная реакция фильтра и ток в дросселе будет непрерывным. Выбрав , можно рассчитать .  
     В выпрямителях небольшой мощности с целью уменьшения размеров и веса фильтра вместо дросселя часто применяют резисторы. КПД уменьшается, вследствие чего фильтр целесообразно применять в выпрямителях маломощных, на малые токи. Преимущества: небольшие размеры, вес и стоимость, а так же простота исполнения из-за отсутствиея сглаживающего дросселя. Недостаток: потери мощности в . При выводе нужно учитывать уменьшение .  
  
  
  
      с учетом неравенства   
  
     (2.2.11)  
  
     Чтобы уменьшение было не очень большим, выбирают из условия  
  
.      (2.2.12)

     При питании от одного источника устройства с несколькими каскадами между каскадами может возникнуть нежелательная обратная связь через внутреннее сопротивление источника, которая может привести к самовозбуждению каскадов. Для ликвидации её в цепь питания последовательно с нагрузкой каскада ставится развязывающая цепь — Г-образный фильтр.

      П-образный **фильтр и многозвенные фильтры** применяются, если коэффициент сглаживания нужен очень высокий. П-образный фильтр представляет собой последовательное включение емкостного и Г-образного   
  
  
  
     Обычно выбирают . Но можно и в Г-образном фильтре применить . Какой же фильтр лучше использовать в каждом конкретном случае? При использовании Г-образного фильтра выпрямитель работает на индуктивную нагрузку, при использовании П-образного фильтра выпрямитель работает на емкостную нагрузку. При работе на индуктивную нагрузку явными являются следующие преимущества: меньшая (на )  
  
меньшее , .  
  
     Однако в выпрямителе, начинающемся с индуктивности, сильнее проявляются переходные процессы при включении источника. Чем меньше затухание контура , тем эти процессы интенсивнее (). В результате токи, протекающие через вентили, могут быть в несколько раз больше расчетных. Другим показателем, по которому производится сравнение, является .  
  
  
  
если мало и велико, то , выгоднее использовать Г-образный фильтр. При высокоомной нагрузке - П-образный фильтр.  
     Кроме пассивных фильтров применяют **активные сглаживающие фильтры** на транзисторах. Эти фильтры имеют меньшие габариты и вес, больший коэффициент сглаживания. Использование транзисторов основано на том, что сопротивление перехода эмиттер-коллертор постоянному току () на 2-3 порядка меньше сопротивления перехода переменному току (), то есть .

     Другими словами, его достоинства аналогично достоинствам индуктивного фильтра и его включают в схему сглаживающего Г-образного фильтра или П-образного фильтра вместо дросселя. Но для этого нужно поддерживать постоянным, то есть исключить его пульсации.  
     **Г-образный фильтр** <B*RC* служит для сглаживания пульсаций на базе транзистора (обеспечивает ). Для хорошей фильтрации должно выполняться условие:  
  
  
  
     Тогда переменная составляющая выделится на . почти не содержит переменной составляющей, а, следовательно, и почти не изменяется во времени. Вся переменная составляющая напряжения почти полностью выделяется на транзисторе. Это эмиттерный повторитель, которого очень мало, поэтому такой фильтр почти не чувствителен к изменению .  
     Вывод формулы для такого фильтра производится путем анализа эквивалентной схемы транзистора, что дает:   
  
;  
  
     Полагая к , , ,      получаем:  
  
     (2.2.13)  
  
     При увеличении нужно уменьшить, что приводит к необходимости увеличения С. В этом случае лучше применить транзисторный фильтр с двузвенным фильтром или П-образный.

(a) П-образный фильтр RC в цепи базы  
  
  
(б) двухзвенный фильтр в цепи базы

     В схеме (б) для создания смещения на базе применен делитель , , . Ток делителя , тогда изменение из-за изменения температуры мало влияет на положение рабочей точки, а смещение создается  
  
  
  
для двух последних схем коэффициент сглаживания:

     Для еще большего увеличения коэффициента сглаживания применяют составные транзисторы.  
  
, ,   
  
     Такое включение значительно увеличивает коэффициент передачи регулирующего транзистора и уменьшает выходную проводимость . Применяется при больших . Резисторы предназначены для создания цепи протекания теплового тока .  
  
     Транзисторные фильтры могут быть выполнены на базе микросхем 140УТ2, 140УТ5 и т.п. коэффициент сглаживания транзисторных фильтров достигает нескольких тысяч.