

15.4. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Сглаживающие фильтры предназначены для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения. Их основным параметром является коэффициент сглаживания $K_{\text{сг}}$, равный отношению коэффициента пульсаций на входе

фильтра $K_{п.вх}$ к коэффициенту пульсаций на его выходе $K_{п.вых}$, т. е.

$$K_{ст} = K_{п.вх} / K_{п.вых}$$

Фильтр не должен существенно влиять на работу выпрямительных элементов и иметь малое время переходных процессов.

Наиболее простыми являются индуктивный (рис. 15.7, а) и емкостный (рис. 15.7, б) фильтры.

В индуктивном фильтре

$$K_{ст} = \frac{K_{п.вх}}{K_{п.вых}} = \frac{U_{1мвх} / U_{ср}}{U_{1мвых} / U_{ср}} = \frac{U_{1мвх}}{U_{1мвых}} = \frac{I_{1мвх} z_{вх}}{I_{1мвых} z_{вых}} = \frac{z_{вх}}{z_{вых}}$$

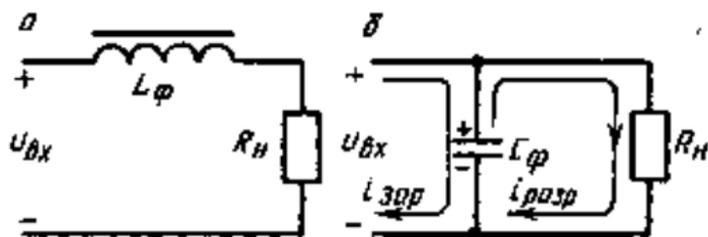


Рис. 15.7. Схемы индуктивного (а) и емкостного (б) сглаживающих фильтров

где $z_{вх}$ и $z_{вых}$ — модули комплексных сопротивлений соответственно на входе и выходе фильтра; $I_{1м}$ — амплитуда первой гармоники пульсирующего тока, протекающего через фильтр.

Пренебрегая сопротивлением индуктивности L_{ϕ} постоянному току, получаем:

$$z_{вх} = \sqrt{R_n^2 + (\rho\omega L_{\phi})^2}; \quad z_{вых} = R_n$$

и

$$K_{ст} = \frac{\sqrt{R_n^2 + (\rho\omega L_{\phi})^2}}{R_n} \quad (15.11)$$

Выражение (15.11) позволяет рассчитать индуктивность L_{ϕ} по заданному коэффициенту сглаживания:

$$L_{\phi} = \frac{R_n \sqrt{K_{ст}^2 - 1}}{\rho\omega} \approx \frac{R_n K_{ст}}{\rho\omega}$$

Достоинствами индуктивного сглаживающего фильтра являются простота конструкции, высокая надежность и большая проходная мощность. Его недостатки — большие габариты и масса, которые прямо пропорциональны сопротивлению нагрузки. При больших сопротивлениях и незначительных токах нагрузки применяют емкостный

фильтр (см. рис. 15.7, б). Работа емкостного фильтра основана на различных постоянных времени цепей зарядки и разрядки конденсатора.

Конденсатор C_ϕ заряжается через малое внутреннее сопротивление r_i выпрямителя почти до амплитудного значения выпрямленного напряжения (рис. 15.8) с постоянной времени $\tau_{зар} = r_i C_\phi$. При $u_{вх} < u_{C_\phi}$ конденсатор C_ϕ

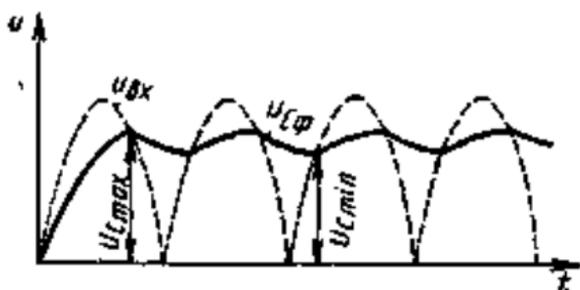


Рис. 15.8. Графики входного ($u_{вх}$) и выходного (u_{C_ϕ}) напряжений емкостного сглаживающего фильтра

разряжается через R_H с постоянной времени $\tau_{раз} = R_H C_\phi$. Так как $R_H \gg r_i$, то $\tau_{раз} \gg \tau_{зар}$, и разрядка конденсатора происходит более медленно, чем его зарядка. В результате амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения при наличии конденсатора C_ϕ оказывается значительно меньше, чем без такого конденсатора.

Для увеличения коэффициента сглаживания применяют более сложные фильтры, состоящие из последовательного и параллельного звеньев (рис. 15.9, а). Для пере-

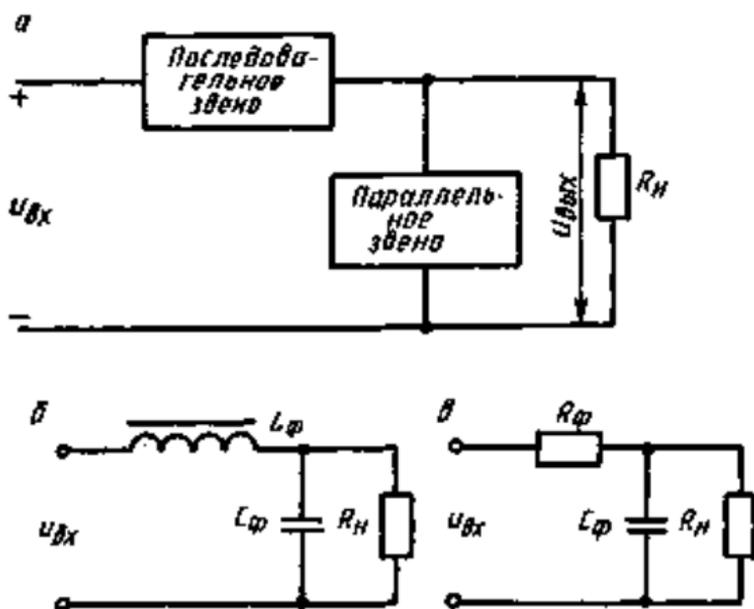


Рис. 15.9. Функциональная (а) и принципиальные (б, в) схемы сглаживающих Г-образных фильтров

менной составляющей выпрямленного тока сопротивление последовательного звена должно быть значительно больше, чем параллельного. Примерами этих фильтров являются индуктивно-емкостный (рис. 15.9, б) и резисторно-емкостный (рис. 15.9, в), а также более сложные фильтры, состоящие из двух или более последовательно включенных LC - или RC -фильтров.

Более высоким коэффициентом сглаживания обладают фильтры, содержащие активные элементы, в качестве которых чаще всего используются транзисторы. Схема одного из таких фильтров приведена на рис. 15.10, а.

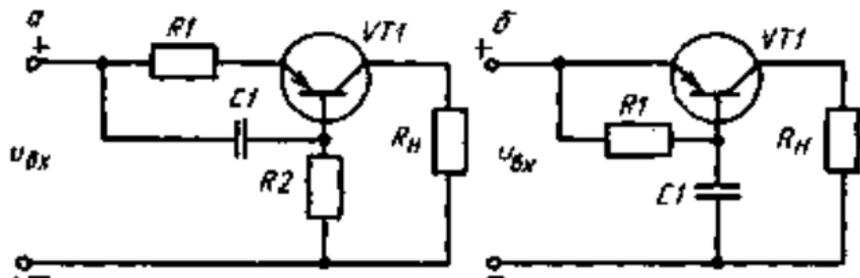


Рис. 15.10. Схемы транзисторных сглаживающих фильтров

При наличии пульсаций во входном напряжении на резисторе $R1$ создается также пульсирующее напряжение. Переменная составляющая этого напряжения через конденсатор $C1$ прикладывается к эмиттерному переходу транзистора $VT1$. Фазы напряжений, действующих на входе и между базой и эмиттером транзистора $VT1$, совпадают, поэтому при увеличении напряжения $u_{вх}$ транзистор $VT1$ подзапирается, его сопротивление $r_{кэ}$ увеличивается, что приводит к уменьшению изменения тока $i_{н}$, протекающего через нагрузку. При уменьшении $u_{вх}$, наоборот, сопротивление транзистора уменьшается, и изменения тока $i_{н}$ также оказываются меньше. Таким образом, данный фильтр как бы следит за всеми быстрыми изменениями напряжения на входе и регулирует сопротивление транзистора проходящему через него току нагрузки таким образом, что выходное напряжение фильтра изменяется значительно слабее, чем напряжение на его входе. Коэффициент сглаживания такого фильтра можно рассчитать по формуле

$$K_{ср} = K_{н.ф} \frac{h_{21э} R_{н}}{R1 + (1 - h_{21э}) R2},$$

где $K_{н.ф}$ — коэффициент пульсаций фильтра.

Недостатком рассмотренного фильтра является уменьшение напряжения на нагрузке за счет падения напряжения на резисторе $R1$. Поэтому часто применяют транзисторный фильтр, схема которого показана на рис. 15.10, б. Сглаживание пульсаций в таком фильтре происходит вследствие различия сопротивлений транзистора постоянному и переменному (пульсирующему) токам, поэтому постоянная составляющая напряжения $U_{вх}$ передается на выход фильтра со значительно меньшим (в 50...200 раз) ослаблением, чем переменная.