

как при этом может возникнуть ощущение раздвоения источника звука. Наиболее подходящими частотами раздела могут быть частоты, лежащие в областях 400—800 Гц и 4—5 кГц. В простейшем двухполосном агрегате одну-две высокочастотные головки подключают через разделительный конденсатор к низкочастотному громкоговорителю.

Большинство головок прямого излучения мощностью 5—10 Вт (5ГД-ЗРРЗ, 6ГД-2, 6ГД-6, 8ГД-1РРЗ, 10ГД-30 и др.) хорошо работают в диапазоне низших и средних частот, т. е. воспроизводят довольно широкую полосу частот, имея частоту основного резонанса 30—60 Гц и сниженные отдачи на высших частотах, начиная с 5—6 кГц. Таким образом, полоса частот, в которой эффективно могут

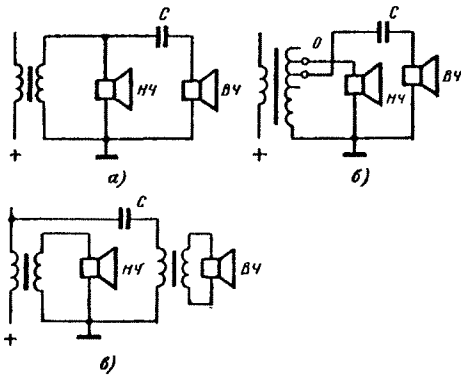


Рис. 76. Схемы подключения головок, воспроизводящих верхние частоты, к усилителям с выходными трансформаторами.

*a* — при приблизительно одинаковых значениях модуля полного сопротивления головок; *b* — при различных их значениях; *v* — то же с отдельным трансформатором для каждой головки.

работать эти головки, простирается от 30—60 Гц до 5 кГц. Для воспроизведения частот выше 5 кГц следует применять дополнительные небольшие головки, рассчитанные на воспроизведение полосы до частот 16—20 кГц, например 1ГД-ЗРРЗ, ЗГД-2, ЗГД-31.

На рис. 76 показаны возможные схемы подключения дополнительных высокочастотных головок к усилителям с выходными трансформаторами. Номинальные мощности головок при частоте раздела 5 кГц могут быть менее 0,1 номинальной мощности низкочастотного громкоговорителя. Присоединение дополнительных головок не нарушает согласования нагрузки с выходным каскадом и даже улучшает его, так как на высших частотах полное сопротивление основного громкоговорителя увеличивается, а нагрузка усилителя соответственно уменьшается.

Схему на рис. 76, *a* используют, когда модуль полного сопротивления высокочастотной головки приблизительно равен модулю полного сопротивления низкочастотной головки. В схемах на

рис. 76, *b*, *v* можно применять головки со значительно отличающимися модулями полного сопротивления. Согласование нагрузки в схеме на рис. 76, *b* достигается с помощью отводов во вторичной обмотке выходного трансформатора или применением отдельного трансформатора (рис. 76, *v*). Легче изготовить два хороших выгодных трансформатора, работающих каждый в узкой полосе частот, чем один высококачественный широкополосный. Это особенно важно в мощном усилителе, где выходной трансформатор имеет большие габариты. Дело в том, что трансформатор, работающий в полосе низших частот, должен иметь значительно большую индуктивность первичной обмотки, чем трансформатор, работающий в области верхних частот. Зато последний должен обладать очень малой индуктивностью рассеяния, которая увеличивается с ростом индуктивности первичной обмотки и габаритов трансформатора.

В схемах на рис. 76, *a*—*v* показано по одной головке в каждой полосе, в действительности можно подключить две головки и более. Конечно, все головки должны быть правильно сфазированы и необходимо учитывать при расчете модуль их общего полного сопротивления. Емкость разделительного конденсатора  $C$  определяется частотой раздела и модулем полного сопротивления высокочастотной головки  $|Z_T|$ . На частоте раздела  $f_{\text{раз}}$  емкостное сопротивление конденсатора должно быть равно модулю полного сопротивления головки, это обеспечивается, если его емкость в микрофарадах равна:

$$C = \frac{159 \cdot 10^9}{f_{\text{раз}} |Z_T|}$$

При этом на частоте раздела напряжение на высокочастотной головке будет в  $\sqrt{2}$  раз меньше, чем на низкочастотной.

Разделительный конденсатор, емкость которого рассчитана по этой формуле, дает затухание до частоты раздела 7 дБ на октаву.

Схемы простейших фильтров, при помощи которых к низкочастотной головке подводят напряжение только низших частот, а к высокочастотной головке только высших частот, приведены на рис. 77, *a*, *b*. Эти фильтры предназначены для головок с одинаковыми модулями полного сопротивления и имеют одинаковые входные сопротивления, равные модулю полного сопротивления одной головки, несмотря на то что в схеме на рис. 77, *a* головки соединены последовательно, а в схеме на рис. 77, *b* — параллельно. Емкость конденсатора и индуктивность катушки определяют из условия, что на частоте раздела их реактивные сопротивления должны быть равны полному сопротивлению головки, т. е.

$$2\pi f_{\text{раз}} L = 1/(2\pi f_{\text{раз}} C) = |Z_T|,$$

где  $L$  — в генри и  $C$  — в фарадах.

При этом каждая головка получит  $1/2$  выходной мощности усилителя. Из последней формулы легко получаются расчетные формулы

$$L = \frac{159 |Z_T|}{f_{\text{раз}}}; \quad C = \frac{159 \cdot 10^9}{f_{\text{раз}} |Z_T|}$$

Здесь  $L$ , мГ;  $C$ , мкФ.

Формула для расчета емкости конденсатора идентична формуле для расчета емкости разделительного конденсатора высокочастот-

точной головки, что совершенно закономерно, так как обе они отвечают одинаковым условиям.

На рис. 78 приведен график, позволяющий определить значения емкости и индуктивности фильтра по заданному значению модуля полного сопротивления головки для двух частот раздела.

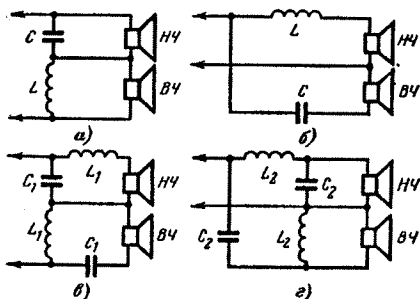


Рис. 77. Основные схемы разделительных фильтров.

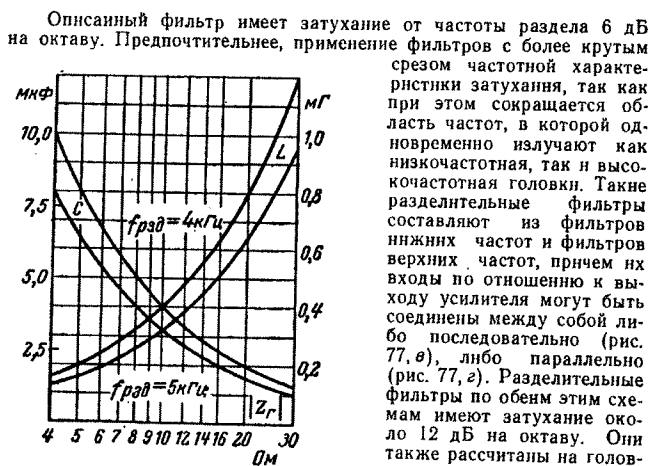


Рис. 78. График для расчета разделительной емкости  $C$  в схемах на рис. 76 и емкости  $C$  и индуктивности  $L$  в схемах на рис. 77, а, б.

Описанный фильтр имеет затухание от частоты раздела 6 дБ на октаву. Предпочтительнее, применение фильтров с более крутым срезом частотной характеристики затухания, так как при этом сокращается область частот, в которой одновременно излучают как низкочастотная, так и высокочастотная головки. Такие разделительные фильтры составляют из фильтров нижних частот и фильтров верхних частот, причем их входы по отношению к выходу усилителя могут быть соединены между собой либо последовательно (рис. 77, в), либо параллельно (рис. 77, г). Разделительные фильтры по обеим этим схемам имеют затухание около 12 дБ на октаву. Они также рассчитаны на головки с одинаковыми модулями полного сопротивления, а входное сопротивление фильтров равно модулю полного сопротивления одной головки; условие рас-

чета этих фильтров такое же, как и у предыдущих: на частоте раздела подводимая мощность делится между головками поровну. Для схемы на рис. 77, в емкость и индуктивность определяют по формулам

$$C_1 = \frac{225 \cdot 10^3}{f_{\text{разд}} |Z_r|}; \quad L_1 = \frac{113 |Z_r|}{f_{\text{разд}}},$$

а для схемы на рис. 77, г — по формулам

$$C_2 = \frac{113 \cdot 10^3}{f_{\text{разд}} |Z_r|}; \quad L_2 = \frac{225 |Z_r|}{f_{\text{разд}}}.$$

Здесь также  $C_1$  и  $C_2$ , мкФ;  $L_1, L_2$ , мГ.

До сих пор говорилось о фильтрах, рассчитанных на головки с одинаковым модулем полного сопротивления (в своих полосах частот).

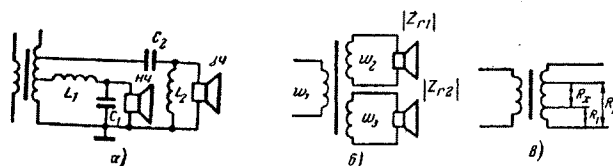


Рис. 79. Схема соединения головок с различными значениями модуля полного сопротивления через фильтры нижних и верхних частот (а) и схемы для расчета коэффициентов трансформации (б, в).

Если модули полного сопротивления головок различны, то их следует уравнивать с помощью согласующего трансформатора (или автотрансформатора). Его лучше применить для высокочастотной группы и в зависимости от соотношения модулей сопротивления звуковых катушек использовать либо на повышение (если модуль сопротивления низкочастотной группы меньше), либо на понижение. Коэффициент трансформации

$$n = \sqrt{|Z_{\text{в}}|/|Z_{\text{н}}|},$$

где  $|Z_{\text{н}}|$  и  $|Z_{\text{в}}|$  — модули полных сопротивлений низкочастотной и высокочастотной головок на частоте раздела.

Если модули полных сопротивлений головок различны, причем  $|Z_{\text{н}}| < |Z_{\text{в}}|$ , то можно подключить головки к разным отводам вторичной обмотки выходного трансформатора так, как это показано на рис. 79, а.

При этом параметры фильтров нижних и верхних частот вычисляются по формулам:

$$L_1 = \frac{318 |Z_{\text{н}}|}{f_{\text{разд}}}; \quad C_1 = \frac{318 \cdot 10^3}{f_{\text{разд}} |Z_{\text{н}}|};$$

$$L_2 = \frac{79 |Z_{\text{в}}|}{f_{\text{разд}}}; \quad C_2 = \frac{79 \cdot 10^3}{f_{\text{разд}} |Z_{\text{в}}|}.$$

Коэффициент трансформации связан с модулями полного сопротивления головок и их номинальными мощностями соотношением

$$n = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{P_{\text{г}} |Z_{\text{г}}|}{P_{\text{вых}} z_{\text{н}}}},$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  — числа витков первичной и вторичной обмоток;  $P_{\text{вых}}$  — номинальная выходная мощность усилителя;  $z_{\text{н}}$  — оптимальное сопротивление нагрузки усилителя;  $P_{\text{г}}$  — номинальная мощность громкоговорителя;  $|Z_{\text{г}}|$  — модуль полного сопротивления громкоговорителя (среднее значение).

Правильность расчета коэффициентов трансформации можно проверить по формуле

$$\frac{1}{\frac{n_1^2}{|Z_{\text{г1}}|} + \frac{n_2^2}{|Z_{\text{г2}}|} + \frac{n_3^2}{|Z_{\text{г3}}|}} = z_{\text{н}}.$$

Некоторые выходные трансформаторы заводского изготовления имеют отводы для включения нагрузок (громкоговорителей) с различными значениями сопротивлений (рис. 79, в). Определить значение сопротивления нагрузки, подключаемой к верхней секции и подобным же образом к остальным, можно по формуле

$$R_x = (\sqrt{R_1} - \sqrt{R_2})^2.$$