

тока коллектора J во времени; они одинаковы на всех фотоснимках. Нижние же кривые представляют собою осциллограммы выходного сигнала (напряжение $U_{\text{вых}}$), снятые для разных значений времени задержки τ при одинаковой амплитуде входных высокочастотных импульсов; эти осциллограммы характеризуют изменение K —коэффициента усиления ЛБВ.

На рис. 3 показаны несколько идеализированные кривые зависимости от времени величин U , J , K , dJ/dt , где U —напряжение видеоимпульсов, подаваемых на фокусирующее устройство лампы. При положительных прямоугольных импульсах U (см. рис. 3а) ток коллектора J изменялся, как показано на рис. 3б, так что высокочастотный импульсный сигнал в зависимости от задержки τ мог проходить через ЛБВ в режиме нарастающего (участок аб) или убывающего (участок бв) тока коллектора. Изменение K при этом показано на рис. 3в. Величина K_0 на этой кривой соответствует коэффициенту усиления лампы в стационарном режиме; существенно, что в некоторые интервалы времени K значительно больше K_0 .

Из сравнения кривых рис. 3б и рис. 3в легко заметить, что эффект изменения коэффициента усиления связан не с величиной тока коллектора, а со скоростью ее изменения во времени. Особенно наглядно эта связь видна при сравнении кривых рис. 3в и рис. 3г. Таким образом, коэффициент усиления ЛБВ в исследуемом режиме может значительно изменяться в зависимости от величины и знака dJ/dt . Если $dJ/dt > 0$, то K больше, чем в стационарном режиме с тем же значением тока, а при $dJ/dt < 0$ —меньше. Экспериментально можно было формировать разнообразные кривые $J(t)$, варьируя длительность, полярность, амплитуду и частоту повторения видеоимпульсов; указанная закономерность имела место во всех случаях.

Существенно отметить, что при изменении частоты сигнала в пределах полосы пропускания системы наблюдаемый эффект оставался неизменным. Было замечено также, что с увеличением амплитуды входного высокочастотного сигнала коэффициент усиления падает, что, впрочем, характерно и для обычного стационарного режима ЛБВ.

Таким образом, при положительных значениях производной dJ/dt можно осуществить большее усиление коротких импульсов по сравнению со стационарным режимом. В случае, когда при отсутствии модуляции электронного пучка лампа работала в оптимальном режиме ($K_0 \sim 100$), максимальное значение K/K_0 в нашем опыте достигало 6; при этом отношение $\Delta J/J$, где ΔJ —изменение тока по абсолютной величине, не превышало 20%. Дальнейшее увеличение величины K/K_0 , по-видимому, ограничивалось максимально достижимой крутизной изменения тока пучка.

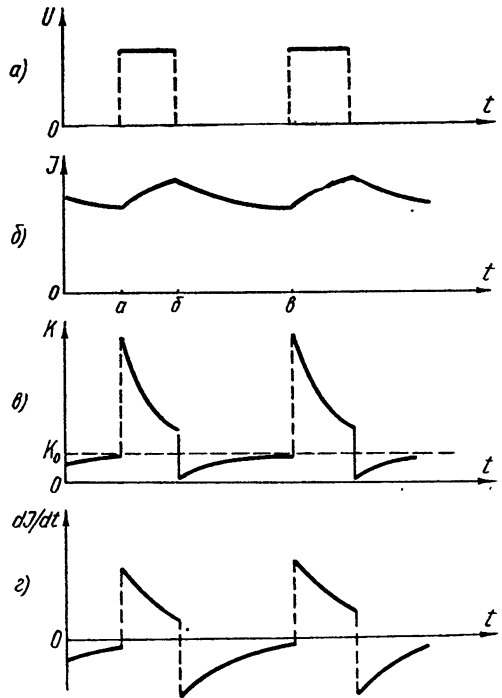


Рис. 3.

Исследовательский радиофизический институт
при Горьковском университете

Поступила в редакцию
20 сентября 1958 г.

ВЫСОКОИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ РАБОТЫ НА ИНФРАНИЗКИХ ЧАСТОТАХ

Э. М. Хазен

При исследованиях на моделях систем регулирования и в некоторых других задачах необходимо иметь высокоизбирательный перестраиваемый фильтр на частотах $\omega \gtrsim 10^{-3}$ гц. Как известно, RC-фильтры, обладающие относительно высокой добротностью на низких частотах, трудно перестраивать изменением одного пара-

метра (с сохранением добротности) [1]. Резонансный LC-контур на таких низких частотах имеет добротность порядка нескольких единиц. Компенсация потерь в контуре посредством параллельно включенного отрицательного сопротивления не дает достаточного увеличения добротности из-за неустойчивости работы схемы и перехода ее к режиму генерации. Напротив, включение резонансного контура в цепь обратной связи усилителя [2] позволяет добиться высокой избирательности схемы с сохранением устойчивости.

Рассмотрим схему рис. 1. Напряжение на выходе этой схемы $U_{\text{ВЫХ}}$ связано с входным напряжением $U_{\text{ВХ}}$ соотношением

$$U_{\text{ВЫХ}} = K \left[U_{\text{ВХ}} \frac{Z_k}{R_{\text{ВХ}} + Z_k} + U_{\text{ВЫХ}} (\beta_2 - \beta_1) \right], \quad (1)$$

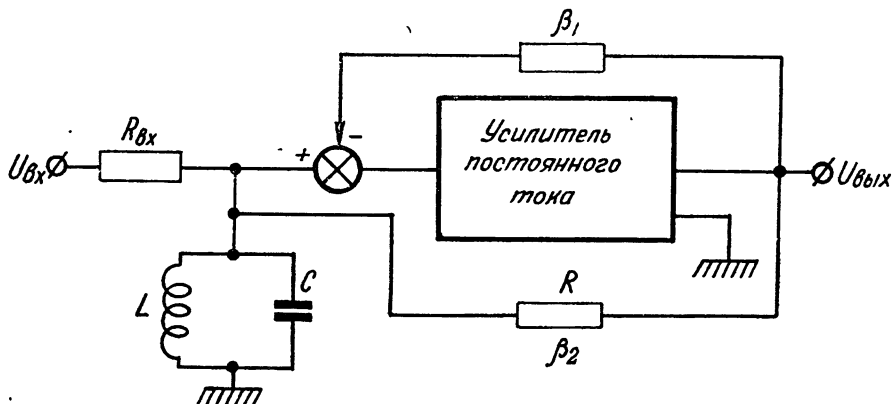


Рис. 1. Блок-схема фильтра.

где Z_k — сопротивление контура, K — коэффициент усиления усилителя постоянного тока, β_1 и β_2 — коэффициенты передачи отрицательной и положительной обратной связи ($\beta_1 = \text{const}$; $\beta_2 = Z_k (R + Z_k)^{-1}$). Коэффициент передачи β_2 зависит от частоты сигнала ω и максимален при $\omega = \omega_{\text{рез}}$ ($\omega_{\text{рез}}$ — резонансная частота LC-контура). Если $\beta_2(\omega_{\text{рез}}) \leq \beta_1$, то схема устойчива. Представив (1) в виде

$$\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{KZ_k}{(R_{\text{ВХ}} + Z_k) \{1 - K[\beta_2(\omega) - \beta_1]\}}, \quad (2)$$

можно видеть, что отношение $U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}$ максимально на резонансной частоте контура и убывает при удалении от нее тем быстрее, чем выше добротность контура LC и чем больше коэффициент усиления K . Однако избирательность усилителя возрастает непропорционально K . Поэтому для заданного контура LC целесообразные значения коэффициента усиления K ограничены.

Для исследования фильтра была собрана и испытана схема рис. 2. Коэффициент усиления в усилителе постоянного тока равен 2000; добротность контура на

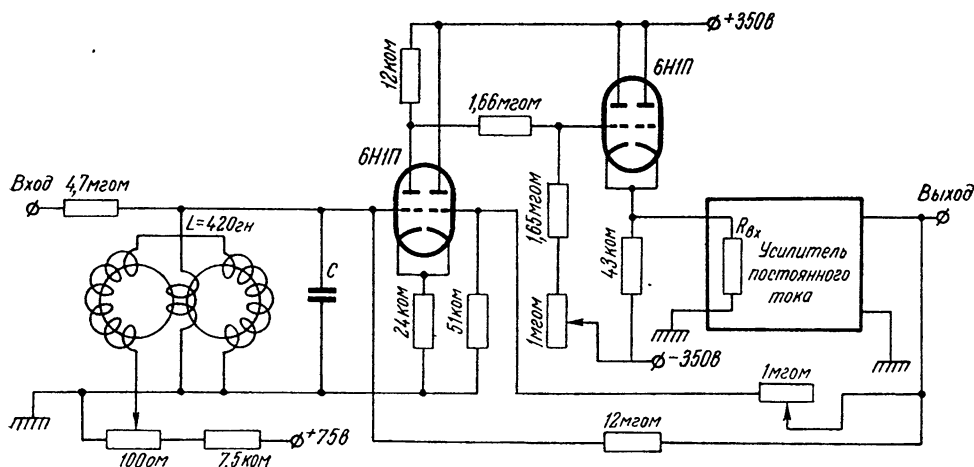


Рис. 2. Принципиальная схема фильтра.

частотах $1 \div 10$ гц порядка 3 (амплитуда входного сигнала — 0,01в). При значениях параметров, указанных на рис. 2, были получены значения добротности фильтра порядка 50 на частоте 0,1 гц, 200 на частоте 1 гц и 2000 на частоте 31 гц (см. рис. 3).

Управление резонансной частотой контура осуществляется при помощи изменения индуктивности L . Последнее достигается изменением магнитной проницаемости сердечника катушки индуктивности при подмагничивании его постоянным током.

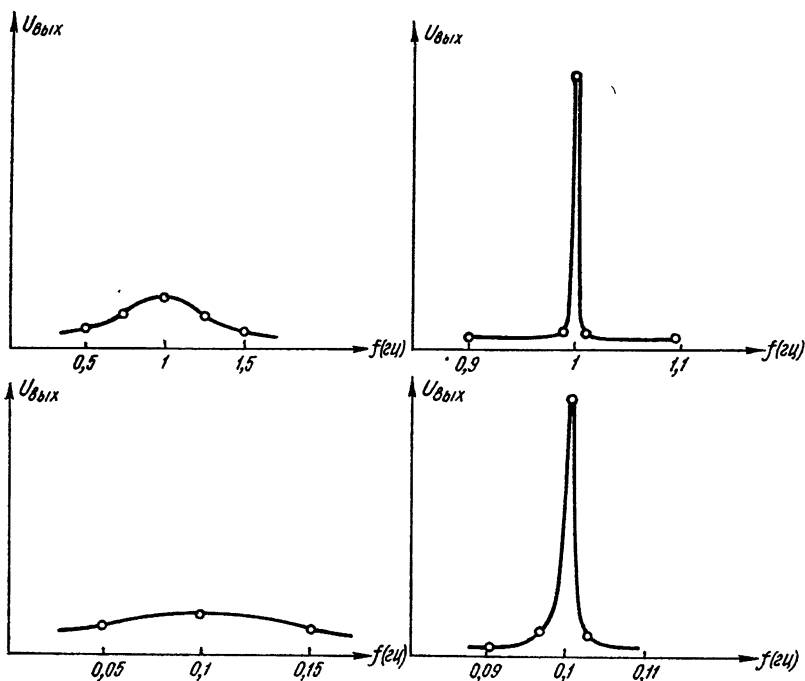


Рис. 3. Резонансные кривые LC-контура (слева) и частотные характеристики фильтра (справа).

Для уменьшения наводок в цепь фильтра от тока подмагничивания сердечник разбит на два, и обмотки встречные, как это делается обычно в магнитных усилителях. Таким образом удается сдвигать резонансную частоту на 40–60% (при изменении добротности контура на 5–8%). С применением переключаемых емкостей и сопротивлений обратных связей перекрывается более широкий диапазон — от 0,01 до 200 гц.

Работа выполнена в лаборатории кафедры общей физики для механико-математического факультета МГУ под руководством Ю. М. Романовского, которому автор благодарен за неизменное содействие и помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. П. Прудковский, О. В. Прудковская, Труды СНТО Моск. энерг. ин-та, 4, 29 (1950).
2. Ф. Термен, Дж. Петтит, Измерительная техника в электронике, ИЛ, М., 1955.

Московский государственный университет

Поступила в редакцию
24 мая 1958 г.