

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО РАДИОТЕХНИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ И ЦЕПЯМ

Активные фильтры.

Автор:

Глеб Уваркин

615 группа



20 ноября 2017 г.

Задание №1.

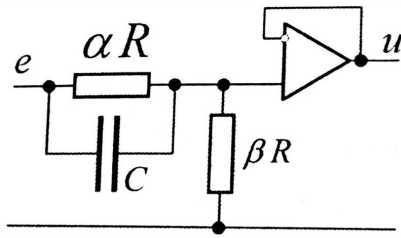


Рис. 1: Пропорционально дифференцирующее звено.

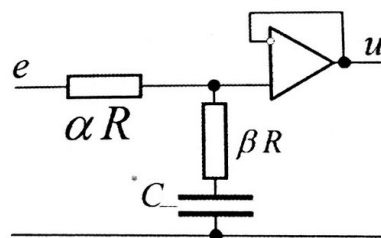


Рис. 2: Пропорционально интегрирующее звено.

1. Измерим уровни подавления на частоте f_0 и в полосах задержания для пропорционально интегрирующей и дифференцирующей цепей с полюсом в точке $s = \frac{p}{\omega_0} = -1$, $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 10k$ и нулями в точках $s = -2$, $s = -\frac{1}{2}$. Измерим уровни подавления на частоте f_0 и в полосах задержания.

$$\delta = \frac{\beta}{\alpha + \beta} = \frac{1}{2} - \text{уровень подавления в полосе задержания}$$

Подавление на частоте $f_0 = 10k$:

$$\frac{4}{5} - \text{интегрирующее звено, } \frac{1}{5} - \text{дифференцирующее звено}$$

2. Изменим номиналы резисторов в схемах так, чтобы сохранив положения полюсов, переместить нули в точки $s = -4$, $s = -\frac{1}{4}$

$\delta = \frac{1}{4}$ - уровень подавления в полосе задержания. Уровень подавления на частоте f_0 : $\frac{1}{2}$ - интегрирующая, $\frac{3}{20}$ - дифференцирующая.

3. Откроем модель **integrator.cir** реального интегратора с частотой единичного усиления $f_1 = \frac{1}{2\pi RC} = 10k$ и усилением $K = \frac{R_K}{R}$.

f_1 , Гц	10k	10k	10k	10k	10k	10k
K	2	4	8	16	32	64
f_0 , Гц	5k	2.5k	1.25k	0.62k	0.31k	0.16k

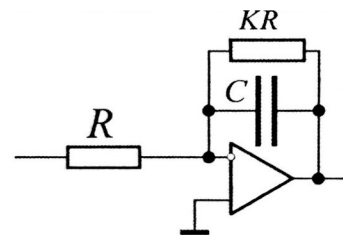


Рис. 3: Реальный интегратор.

$$\Rightarrow f_1 = f_0 K - \text{соотношение выполняется.}$$

Задание №2.

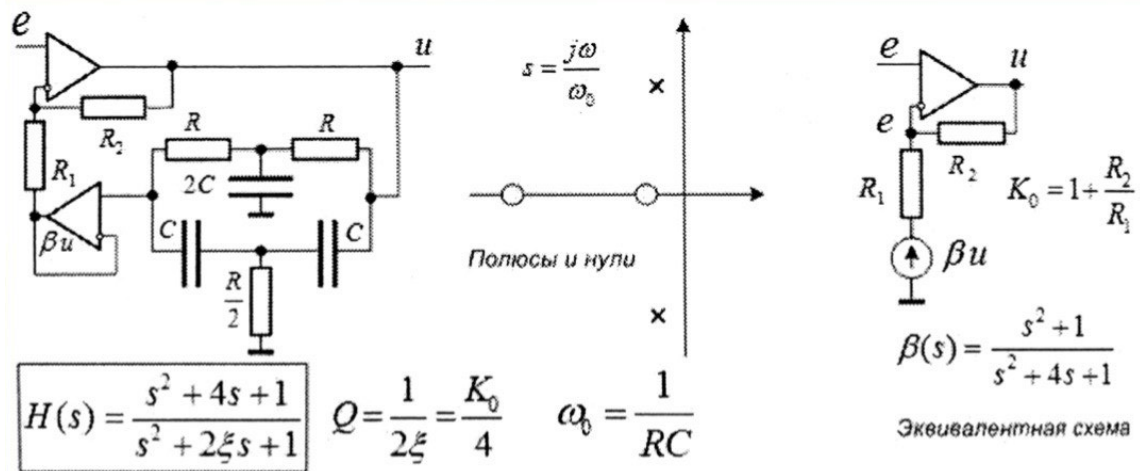


Рис. 4: Полосовой фильтр с двойным Т - мостом.

1. Откроем модель полосового фильтра `pass2T.cir` с $f_0 = 10k$, $K_0 = 20$. Измерим усиление на частоте f_0 и полосу Δf по уровню -3dB. Получаем $K_0 = 20.92$, $\Delta f = 1.93$ ($R_2 = 20k$).

Таблица 1: Зависимость пикового усиления и ширины полосы от R_2 .

R_2 , Ом	40k	60k	80k	100k
K_0	41.02	61.12	81.11	101.24
Δf , Гц	979	643	495	397

2. Изучим поведение фильтра при разбалансировании моста варьированием R_5 . Снимем зависимость от R_5 пикового усиления.

Таблица 2: Зависимость пикового усиления от R_5 .

R_5 , Ом	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
K_0	32.45	43.76	79.67	956.78	90.57	42.88	28.11	20.97	16.88

3. Измерим уровни скачка в нуле и первого выброса: уровень скачка - 1В при $R_5 = 5k$ Ом.

Оценим значение R_5 , при котором фильтр теряет устойчивость.

Таблица 3: Оценка R_5 .

R_5 , Ом	5k	4.5k	4k	3.5k	3k	2.5k
выброс	4.29	4.49	4.72	5.0	5.36	5.82

Потеря устойчивости происходит при $R_5 = 3k$ Ом.

4. Откроем модель режекторного фильтра `stop2T.cir` с $f_0 = 10k$, $\gamma = 0.1$.

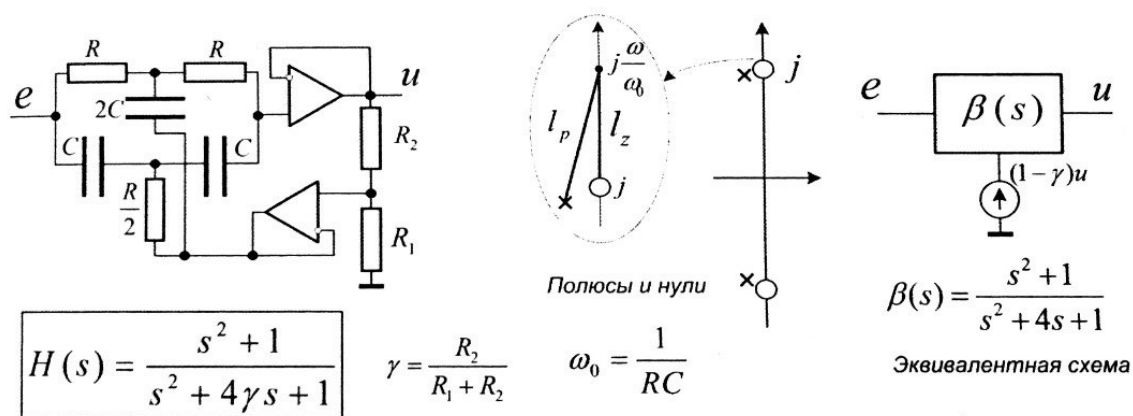


Рис. 5: Режекторный фильтр с двойным Т - мостом.

Измерим ширину полосы режекции Δf по уровню $0.7 = -3dB$. Получим: $\Delta f = 4.07$ кГц.

5. Измерим уровни скачка в нуле и первого выброса. Получим: уровень скачка - 1В, первый выброс - 697.5 мВ.

Задание №3

2. $n = 7$, $\varepsilon = 1$, $\eta = 2 \rightarrow \eta_1 = 5042$ — уровень затухания фильтра Чебышева, тот же уровень затухания достигается фильтром Баттерворта порядка $n = 7$ при $\eta = 3.38$

3. $n = 7$, $\varepsilon = 1$, $\eta = 1.5 \rightarrow \eta_1 = 321.5$, порядок фильтра Баттерворта с тем же затуханием при $\eta = 1.5 \rightarrow \eta = 15$

4. Уровень затухания эллиптического фильтра при $n = 7$, $\varepsilon = 1$, $\eta = 1.1 \rightarrow \eta_1 = 608.46$. При селективности $\eta = 1.56$ достигается тот же уровень затухания фильтром Чебышева $n = 7$, $\varepsilon = 1$

7. Полосовой фильтр с частотой $f_0 = 465\text{к}$, двусторонней полосой $\Delta f = 24\text{к}$ ($Q = \frac{f_0}{\Delta f} \simeq 20$), неравномерностью $3\text{дБ}(\varepsilon = 1)$ и затуханием $\eta_1 = 10^4 = 80\text{дБ}$. Селективность $\eta = 1.36$ обеспечивает затухание η_1 эллиптическим фильтром порядка $n = 7$. При $n = 2$ фильтр Чебышева обеспечивает сопоставимое значение селективности при том же затухании. Преобразовав эти фильтры в полосовые с $Q = 20$ получаем максимальные добротности полюсов: $Q_{\max} = 1049.39$ для эллиптического и $Q_{\max} = 2084.96$ для фильтра Чебышева.

Задание №4.

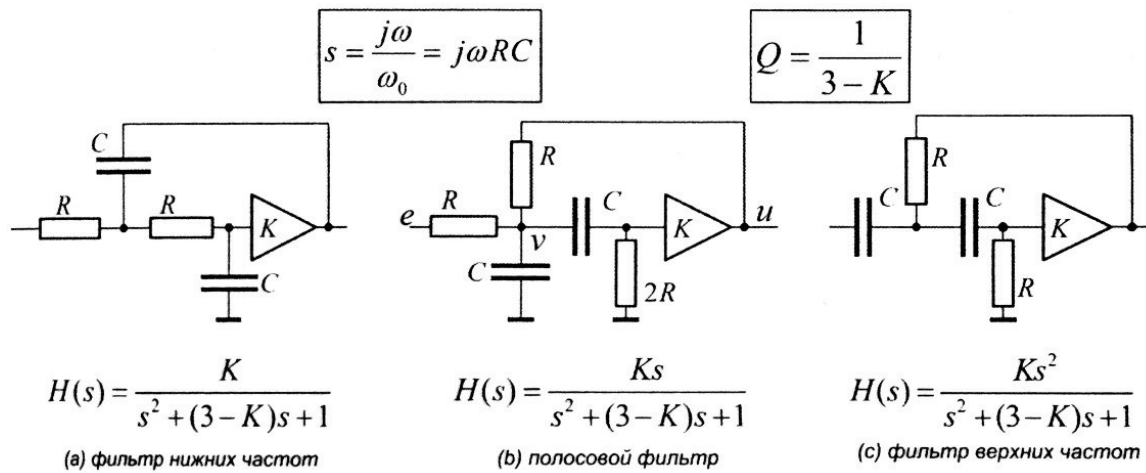


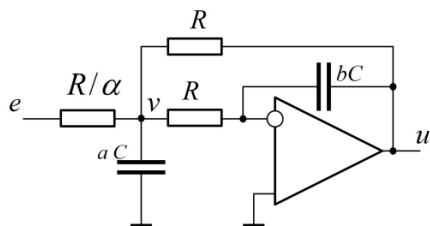
Рис. 6: Звенья Саллена-Ки.

1. Откроем модель **skey.cir** звеньев Саллена-Ки с частотой $f_0 = 10k$ и добротностью $Q = 1$. Измерим значения коэффициентов передачи при $f = f_0$. Получим:

$$K_0 = 2, \quad K_{lp} = 29.44, \quad K_{hp} = 28.485, \quad K_{bp} = 28.898$$

Задание №5

3. Полосовое звено с $f_0 = 5k$, $K_0 = 5$, $Q = 15$

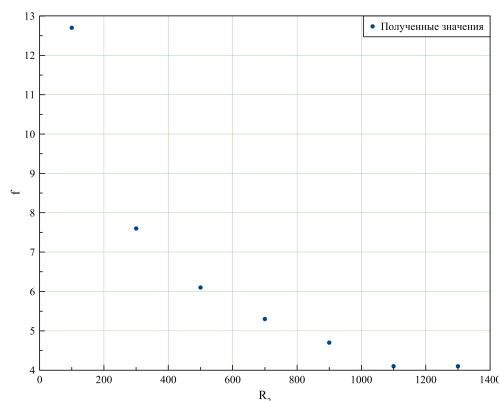


$$f_{max} = 4.980k, \Delta f = 338 \text{ — ширина полосы по уровню 0.7.}$$

$$Q = \frac{f_{max}}{\Delta f} = 14.7, QK_0 = 73.5 \text{ — пиковое усиление.}$$

Построим график зависимости частоты пика от R_2

R_2	100	300	500	700	900	1100	1300
f	12.7k	7.6k	6.1k	5.3k	4.7k	4.4k	4.1k



3. $C^* = \nu_1 = 11.63 \text{ нФ}$, $R^* = R/\nu_2 = 8.61 \text{ кОм}$. Затухания:

f	0.5k	2k	10k
затухание	-7.88	1.28m	-26.3

Задание №6

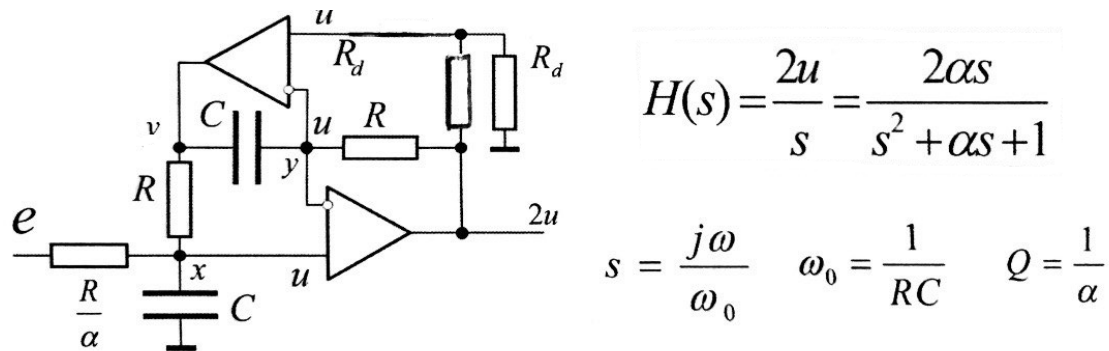


Рис. 7: Полосовой фильтр на двойном операционном усилителе.

1. Откроем модель **amp2bp.cir**. По частотной характеристике звена оценим его параметры: $f_0 = 10k$, $Q = 9.7$. Измерим значение добротности при $R_2 = 6400k$.

2. Измерим частоту и уровень пика при $R_5 = 1.11k$ ($\gamma = \frac{R_5}{R_4 + R_5} = 0.1$): $f = 31.415k$, уровень пика - 24.079.