

## 4.6. ОПИСАНИЕ УЧЕБНО-ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ARCF

Учебно-программный продукт ARCF обеспечивает:

1. Непосредственное моделирование схемы и ввод предварительно рассчитанных параметров ( $R_i$  и  $C_i$ ) трёхзвенного  $ARC$ -фильтра на базе операционного усилителя с бесконечным усилением и многопетлевой отрицательной обратной связью (ОУ с МОС);
2. Расчет и построение АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ как отдельных звеньев, так и фильтра в целом;

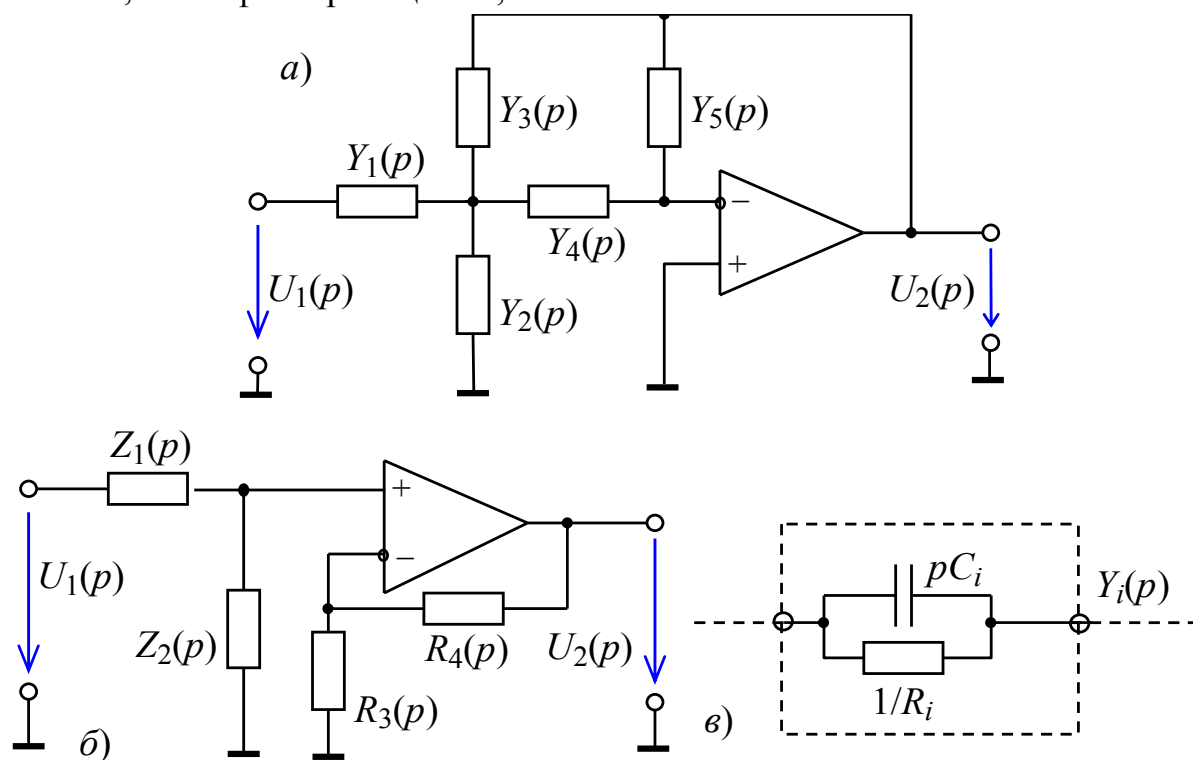


Рис. 18

Для моделирования  $ARC$ -фильтров различных типов была выбрана обобщенная трёхкаскадная электрическая схема, состоящая из звеньев первого (б) и второго порядков (а) (рис. 18). При этом каждая обобщённая пассивная ветвь содержит параллельно включенные резистивный и ёмкостный элементы (рис. 18, в). Такой выбор позволяет быстро изменять характер ветвей схемы, щелчком мыши убирая резистивный или ёмкостной элемент из  $RC$ -звена, моделируя тот или иной тип фильтра.

Для звеньев второго и первого порядков (рис. 18, а и б) обобщенной схемы  $ARC$ -фильтра, используя метод узловых напряжений, были определены передаточные функции по напряжению:

$$H_u(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = - \frac{Y_1(p) \cdot Y_2(p)}{Y_2(p) \cdot Y_4(p) + Y_5(p)[Y_1(p) + Y_2(p) + Y_3(p) + Y_4(p)]},$$

$$H_u(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = H_0 \frac{Z_2(p)}{Z_2(p) + Z_1(p)}, \quad n = 1,$$

где  $H_0 = 1 + R_3 / R_4$ ;  $n$  - порядок фильтра.

После подстановки  $Y_i(p) = g_i(p) + b_i(p) = 1/R_i + pC_i$  (рис. 3.1, в), где  $g_i(p) = 1/R_i$ ,  $b_i(p) = pC_i$ , имеем

$$H(p) = - \frac{g_1 g_4 + (g_1 C_4 + g_4 C_1)p + C_1 C_4 p^2}{(g_2 g_4 + g_5 g_{1-4}) + (g_2 C_4 + g_4 C_2 + g_5 C_{1-4} + g_{1-4} C_5)p + (C_2 C_4 + C_5 C_{1-4})p^2},$$

где  $g_{1-4} = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$  и  $C_{1-4} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$ .

Заменив  $p = j\omega$ , получим комплексную передаточную функцию (комплексный коэффициент передачи) звена

$$H(j\omega) = - \frac{(g_1 g_4 - C_1 C_4 \omega^2) + j(g_1 C_4 + g_4 C_1)\omega}{[(g_2 g_4 + g_5 g_{1-4}) - (C_2 C_4 + C_5 C_{1-4})\omega^2] + j(g_2 C_4 + g_4 C_2 + g_5 C_{1-4} + g_{1-4} C_5)\omega}.$$

Выделив вещественную и мнимую части и преобразовав в показательную форму, получим амплитудно-частотную характеристику (АЧХ)

$$H(\omega) = \sqrt{\frac{(g_1 g_4 - C_1 C_4 \omega^2)^2 + (g_1 C_4 + g_4 C_1)^2 \omega^2}{[(g_2 g_4 + g_5 g_{1-4}) - (C_2 C_4 + C_5 C_{1-4})\omega^2]^2 + (g_2 C_4 + g_4 C_2 + g_5 C_{1-4} + g_{1-4} C_5)^2 \omega^2}}$$

и фазо-частотную характеристику (ФЧХ) звена:

$$\begin{aligned} \Psi(\omega) = \Psi_1(\omega) - \Psi_2(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{(g_1 C_4 + g_4 C_1)\omega}{g_1 g_4 - C_1 C_4 \omega^2} - \\ - \operatorname{arctg} \frac{(g_2 C_4 + g_4 C_2 + g_5 C_{1-4} + g_{1-4} C_5)\omega}{(g_2 g_4 + g_5 g_{1-4}) - (C_2 C_4 + C_5 C_{1-4})\omega^2}, \end{aligned}$$

а взяв  $20 \log_{10}$  от АЧХ и  $\lg \omega$  - логарифмические частотные характеристики (ЛАЧХ и ЛФЧХ) звена. График ЛАЧХ строят на двойной логарифмической сетке, а график ФЧХ - при логарифмическом масштабе по оси абсцисс, а по оси ординат откладывают углы в градусах или радианах.

Полученные выражения использованы при разработке программ расчета и построения частотных характеристик звеньев и фильтра.