

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКАСКАДНОГО УСИЛИТЕЛЯ  
 ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ  
 УСИЛЕНИЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО СТЕНДА**

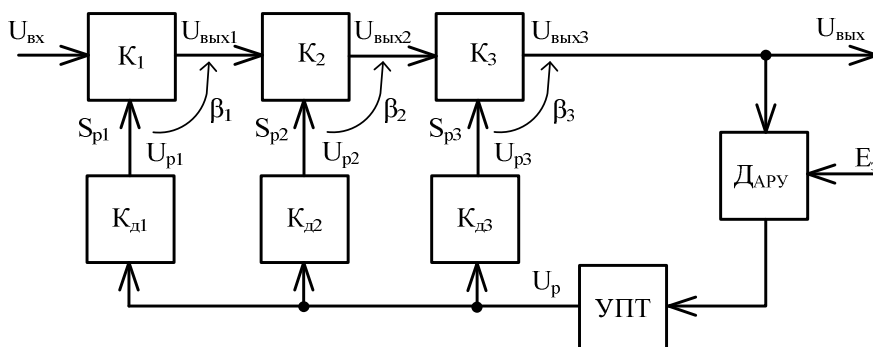


Рис.1 Структурная схема трёхкаскадного усилителя промежуточной частоты

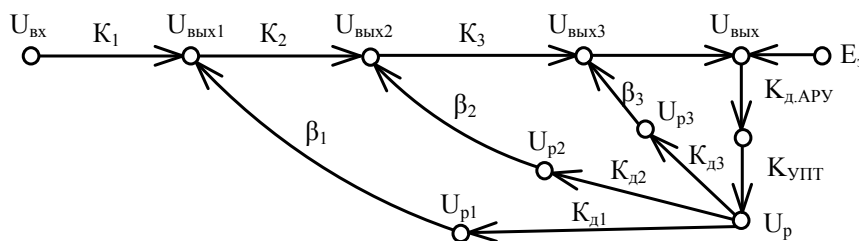


Рис.2 Граф сигналов трёхкаскадного усилителя промежуточной частоты

Для виртуального лабораторного практикума по дисциплине “Радиоприёмные устройства (РПРУ)” разработан виртуальный лабораторный стенд, позволяющий изучать процессы в каскадах РПРУ, охваченных системой автоматической регулировки усиления (АРУ).

Структура схема усилителя промежуточной частоты (УПЧ) с АРУ представлена на рис. 1 следующими блоками: регулируемые усилительные каскады (УК)  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ , блоки с коэффициентами передачи  $K_{д1}$ ,  $K_{д2}$  и  $K_{д3}$  для связи выхода усилителя постоянного тока (УПТ) и входов УК, цепи обратной связи  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  и  $\beta_3$ , детектор задержанной АРУ с коэффициентом передачи  $K_{д.АРУ}$ . Выходные напряжения УК определяются в соответствии с выражениями:

$$U_{\text{вых.1}} = U_{\text{вх}} (K_1 - S_{p1} U_{p1}),$$

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \left( \frac{K_1 K_2 K_3 + E_3 K_{д.АРУ} K_{УПТ} (\beta_3 K_{д3} + \beta_2 K_{д2} K_3 + \beta_1 K_{д1} K_2 K_3)}{1 + K_{д.АРУ} K_{УПТ} (\beta_3 K_{д3} + \beta_2 K_{д2} K_3 + \beta_1 K_{д1} K_2 K_3)} \right) \quad (1)$$

$$U_{\text{вых.2}} = U_{\text{вых.1}} (K_2 - S_{p2} U_{p2}),$$

$$U_{\text{вых.3}} = U_{\text{вых.2}} (K_3 - S_{p3} U_{p3}).$$

Параметры  $S_{p1}$ ,  $S_{p2}$  и  $S_{p3}$  определяют крутизну характеристики регулирования соответствующего УК.

Коэффициенты передачи цепей обратных связей равны  $\beta_i = \partial U_{\text{вых.i}} / \partial U_{p.i}$ :

$$\beta_1 = -S_{p1} U_{\text{вх}}, \quad \beta_2 = -S_{p2} U_{\text{вх}} (K_1 - S_{p1} U_{p1}),$$

$$\beta_3 = -S_{p3} U_{\text{вх}} (K_1 - S_{p1} U_{p1}) (K_2 - S_{p2} U_{p2}),$$

Здесь напряжения регулирования равны  $U_{p1} = U_p K_{д1}$ ,  $U_{p2} = U_p K_{д2}$ ,  $U_{p3} = U_p K_{д3}$ , где  $U_p = (U_{\text{вых}} - E_3) K_{д.АРУ} K_{УПТ}$ ,  $E_3$  – напряжение задержки АРУ. Исходя из графа сигналов (рис. 2), математическая модель виртуального стенда получена в виде выражения для выходного напряжения (1).