

Lekcja 5

Temat: Equalizery

Korektor graficzny, equalizer – jeden z rodzaju korektorów, składający się z zestawu potencjometrów suwakowych pozwalających na podbijanie bądź tłumienie określonych pasm częstotliwości.



Korektor graficzny w popularnych zestawach hi-fi jest umieszczany pomiędzy źródłem sygnału (np. tunerem) a wzmacniaczem. W systemach hi-end nie stosuje się tego typu urządzeń ze względu na ogromne zmiany w torze sygnału, a co za tym idzie wprowadzenie bardzo dużej ilości zniekształceń (szczególnie przesunięć fazowych) wynikających z niedoskonałości budowy filtrów.

Popularny korektor graficzny jest wyposażony zwykle w 5-10 potencjometrów na kanał, posiada także regulację wzmocnienia sygnału w kanale. Profesjonalne korektory graficzne umożliwiają znacznie dokładniejszą korekcję dźwięku. Najczęściej w praktyce nagłośnienia scenicznego stosuje się tzw. korektor tercjowy, oferujący zazwyczaj 31 pasm korekcji na każdy kanał. Jest on na tyle precyzyjny, że pozwala precyzyjnie modelować brzmienie, a jednocześnie szerokość poszczególnych pasm pozwala na naturalne brzmienie bez zniekształceń nieliniowych.

Obecnie coraz częściej klasyczny korektor jest zastępowany przez mikroprocesorowy korektor częstotliwości. W praktyce studyjnej nadal stosuje się jednak klasyczne rozwiązania przede wszystkim ze względu na wygodę użytkownika, pozwalające jednym rzutem oka ocenić stopień korekcji. Nawet jeżeli sam proces korekcji odbywa się w układzie komputerowym, to dla wygody użytkownika często stosuje się graficzną formę wyświetlania zbliżoną do tradycyjnego korektora graficznego.

4.7. Korektory graficzne (ang. graphic equalizer)

Korektory graficzne są to wielokanałowe regulatory charakterystyki częstotliwościowej, łączące w sobie wszystkie cechy rozwiązań poprzednio omówionych. Przy zastosowaniu potencjometrów suwakowych do regulacji wzmocnienia w poszczególnych fragmentach pasma akustycznego, układ połączeń poszczególnych regulatorów odzwierciedla w zarysie przebieg charakterystyki częstotliwościowej urządzenia — stąd nazwa k o r e k t o r g r a f i c z n y.

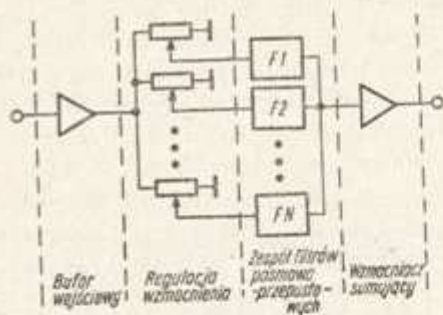
Za pomocą korektora graficznego możliwe jest uwydatnienie lub osłabienie wąskich fragmentów pasma akustycznego, co umożliwia nie tylko wyrównanie charakterystyki częstotliwościowej toru, ale także kompensację akustyki pomieszczenia.

W torze elektroakustycznym korektor graficzny umiejscowiony jest pomiędzy przedwzmacniaczem a wzmacniaczem mocy.

Urządzenia te dotychczas stosowane wyłącznie w technice studyjnej rozpowszechniają się coraz bardziej w sprzęcie powszechnego użytku, głównie w tzw. zestawach.

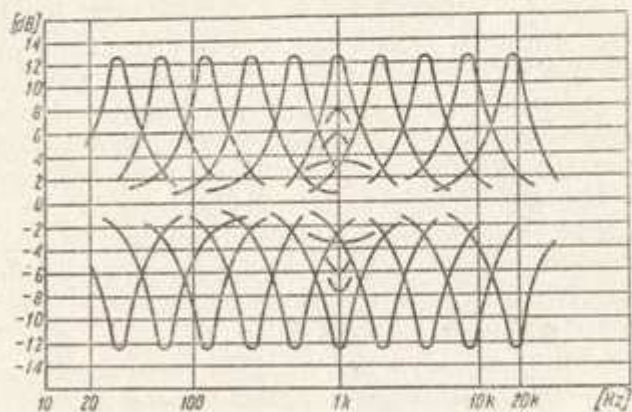
Rozwiązanie układowe korektora oparte jest na zespole filtrów pasmowo-przepustowych o regulowanym wzmocnieniu napięciowym, z których sygnały są następnie sumowane. Zastosowanie w każdym z filtrów niezależnej regulacji wzmocnienia pozwala na dowolne kształtowanie charakterystyki częstotliwościowej w obrębie działania danego filtru.

Schemat blokowy korektora graficznego przedstawiony jest na rys. 4.49, a przykładowa charakterystyka regulacji na rys. 4.50.



Rys. 4.49. Schemat blokowy korektora graficznego

W układach prostych stosowanych jest kilka filtrów, w bardziej rozbudowanych — kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt.

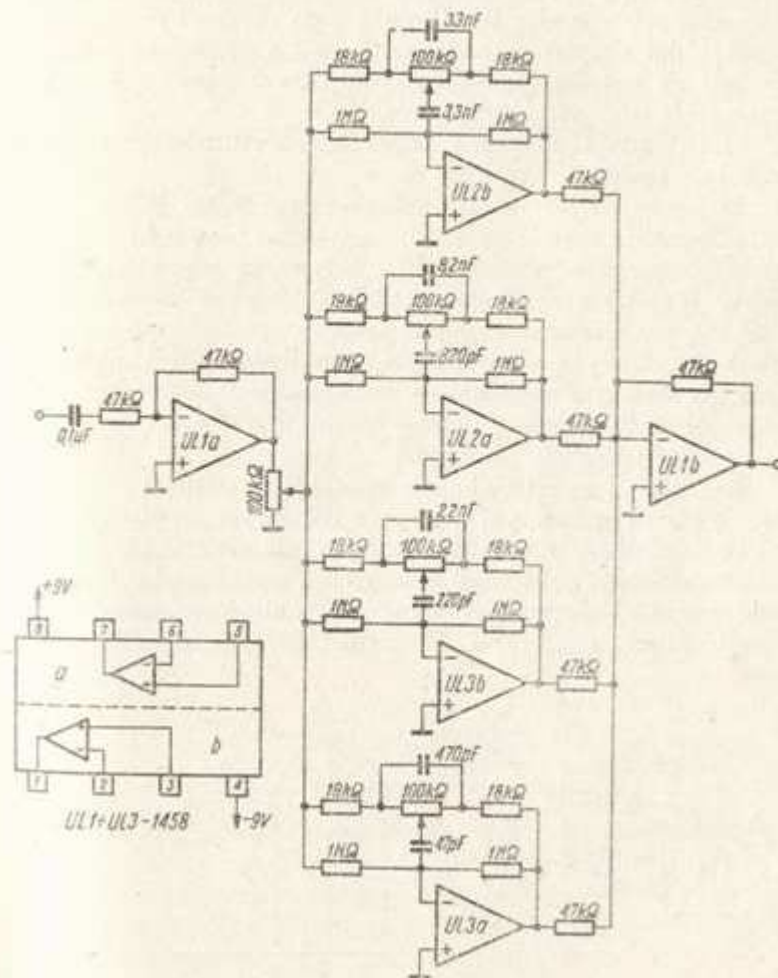


Rys. 4.50. Przykładowa charakterystyka regulacji korektora graficznego

Przykładowe częstotliwości środkowe poszczególnych filtrów dla korektorów 5-, 10- i 20-kanalowych są następujące:
 korektor 5-kanalowy — 50, 200, 800 Hz; 3,2, 12,8 kHz,
 korektor 10-kanalowy — 31,2, 62,5, 125, 250, 500 Hz; 1, 2, 4, 8, 16 kHz,
 korektor 20-kanalowy — 23, 41, 56, 79, 112, 160, 225, 320, 456, 640, 900 Hz; 1,28, 1,8, 2,25, 3,6, 5,1, 7,2, 10,2, 14,4, 20,5 kHz.

W przypadku pierwszym nastąpił podział pasma akustycznego na kanały dwuoktawowe, tzn. jeden filtr przypada na dwie oktawy. W drugim przypadku jeden filtr przypada na jedną oktawę, w trzecim na jedną oktawę przypadają dwa filtry.

Przykład realizacji prostego czterokanalowego korektora graficznego przedstawiono na rys. 4.51. Częstotliwości środkowe filtrów



Rys. 4.51. Przykład rozwiązania czterokanalowego korektora graficznego

ustalono następująco: 125 Hz, 500 Hz, 2 kHz i 8 kHz. Zakres regulacji wzmocnienia wynosi ± 8 dB w każdym kanale.

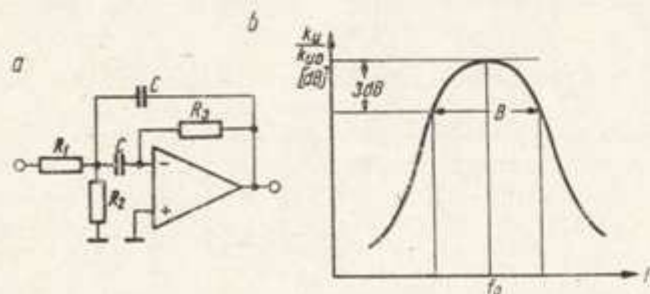
Opis układu

W stopniu wejściowym pracuje wzmacniacz o wzmocnieniu napięciowym równym jedności. Bezpośrednio za wzmacniaczem umieszczony został potencjometr $10\text{ k}\Omega$ służący do regulacji poziomu wysterowania dla wszystkich kanałów. Sygnał ze ślizgacza potencjometru podany jest następnie do zespołu filtrów pasmowych, stanowiących część selektywną urządzenia.

W układzie zastosowano zespół czterech filtrów pasmowych w wersji aktywnej.

Elementem selektywnym jest układ mostkowy RC włączony w pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego. Układ tego typu jest zbliżony do opisanego w rozdziale 4.2.2 aktywnego regulatora barwy dźwięku. W lewym skrajnym położeniu ślizgacza potencjometru $100\text{ k}\Omega$ następuje maksymalne wzmocnienie przebiegów o częstotliwościach znajdujących się w pasmie przenoszenia filtru, natomiast w prawym skrajnym położeniu — maksymalne tłumienie. W położeniu środkowym ślizgacza potencjometru charakterystyka częstotliwościowa jest zbliżona do płaskiej.

Po rozdzieleniu na cztery kanały sygnał jest następnie sumowany we wzmacniaczu pracującym w stopniu końcowym urządzenia. Duża liczba oddzielnych wzmacniaczy, niezbędna do realizacji korektora, skłania do stosowania układów scalonych. Szczególnie korzystne są w tym przypadku elementy, które w jednej obudowie zawierają po dwa wzmacniacze operacyjne. W przedstawionym układzie można



Rys. 4.52. Zasada realizacji aktywnego filtra pasmowego z podwójną pętlą sprzężenia zwrotnego wraz z charakterystyką tego filtru

zastosować wzmacniacze będące odpowiednikami μA741 (krajowy odpowiednik ULY7741) lub w wersji podwójnej μA747 .

Do realizacji filtrów pasmowych stosowane są najczęściej układy aktywne z tzw. podwójnym sprzężeniem zwrotnym. Przykład filtru tego typu przedstawiony został na rys. 4.52. Wzmocnienie układu dla częstotliwości środkowej wynosi w przybliżeniu R_2/R_1 i w małym stopniu zależy od wartości rezystancji R_2 . Zmiana wartości tej rezystancji ma natomiast wpływ na częstotliwość środkową filtru.

Elementy filtru można wyznaczyć z następujących zależności:

$$R_1 = \frac{1}{2\pi B k_u C} \quad (4.39)$$

$$R_2 = \frac{1}{2\pi C \left(\frac{2f_0}{B} - B k_u \right)} \quad (4.40)$$

$$R_3 = \frac{1}{B\pi C} \quad (4.41)$$

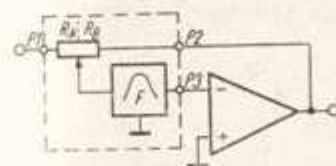
gdzie:

f_0 — częstotliwość środkowa filtru,

B — 3-decybelowa szerokość pasma,

k_u — wzmocnienie napięciowe dla częstotliwości środkowej.

Koncepcja układu korektora graficznego z pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego, zaprojektowanego przy wykorzystaniu omówionego filtru pasmowego, przedstawiona została na rys. 4.53. Dla częstotli-



Rys. 4.53. Zasada realizacji korektora graficznego z pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego

wości środkowej układ można traktować jak dwa kaskadowo połączone wzmacniacze objęte pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego. Wzmocnienie napięciowe dla tego przypadku może więc być opisane zależnością (2.6). Będzie ono wprost proporcjonalne do stosunku podziału potencjometru:

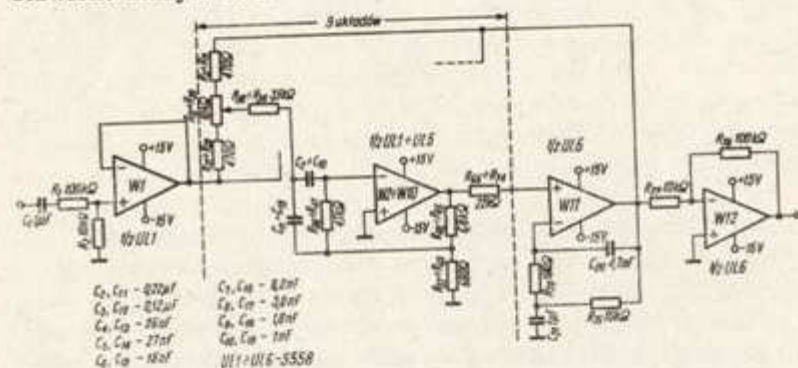
$$k_u = \frac{R_B}{R_A} \quad (4.42)$$

Takie rozwiązanie umożliwia zarówno wzmacnianie, jak i osłabianie sygnałów w pasmie przenoszenia filtru.

Ponieważ wzmacniacz główny może pracować również jako sumator sygnałów, możliwe jest dołączenie większej liczby niezależnych członów selektywnych do punktów $P1 \div P3$, co w rezultacie pozwoli na pokrycie pełnego pasma akustycznego.

Przy realizacji praktycznej korektora należy uwzględnić odwracanie fazy sygnału przez filtr pokazany na rys. 4.52. Wzmacniacz główny musi więc być układem nieodwracającym fazę sygnału, gdyż w przeciwnym przypadku powstałaby pętla dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Przykład rozwiązania 9-kanalowego układu korektora przedstawiono na rys. 4.54.



Rys. 4.54. Przykład rozwiązania 9-kanalowego korektora graficznego

Podstawowe parametry korektora są następujące:

— znamionowe napięcie zasilania	$\pm 15 \text{ V}$
— częstotliwości środkowe filtrów	50, 100, 200 400, 800 Hz, 1,6; 3,2; 6,4; 12,8 kHz
— współczynnik zniekształceń nieliniowych	0,05%
— zakres regulacji wzmacnienia	$\pm 12 \text{ dB}$
— pasmo przenoszenia	20 Hz \div 20 kHz ($\pm 3 \text{ dB}$)
— odstęp sygnału od zakłóceń	65 dB

Opis układu

Sygnał wejściowy podany jest poprzez dzielnik rezystancyjny na

wejście wzmacniacza operacyjnego W1 pracującego w układzie wtórnika. Zastosowanie wtórnika umożliwia prawidłowe wysteroowanie części selektywnej układu o niewielkiej impedancji wejściowej. Część selektywna układu zawiera 9 aktywnych filtrów pasmowych zbudowanych przy wykorzystaniu wzmacniaczy operacyjnych (W2 \div W10). Zastosowanie zespołu potencjometrów umożliwia regulację wzmacnienia w każdym kanale zgodnie z koncepcją przedstawioną na rys. 4.53. Sygnały z filtrów aktywnych doprowadzane są następnie do wzmacniacza sumującego W11. Stopniem końcowym jest wzmacniacz W12 o wzmacnieniu 10 V/V.

Podobnie jak w układzie poprzednim, w układzie z rys. 4.54 zastosowano podwójne wzmacniacze operacyjne.