

Lampowy korektor graficzny



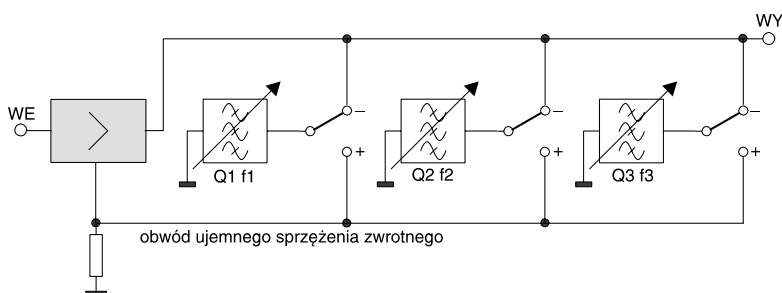
Opisy korektorów graficznych pojawiały się na łamach EP już nieraz. Były to korektory różnego rodzaju, ale można je określić jako „klasyczne“, bo oparte na półprzewodnikach. Dla odmiany proponujemy układ lampowy, w którym korekcja sygnałów audio odbywa się w sposób archaiczny, ale dlatego fascynujący.

Korektor graficzny budowany wedle tego opisu zawiera zespół filtrów środkowoprzepustowych o regulowanej dobroci, które albo zwierają do masy sygnały o swojej częstotliwości środkowej, albo bocznikują dla tych częstotliwości obwód ujemnego sprzężenia zwrotnego. W pierwszym przypadku następuje tłumienie sygnału, natomiast w drugim podbicie dla tych częstotliwości. Schemat blokowy ilustrujący zasadę działania korektora pokazano na **rys. 1**.

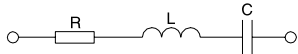
Ponieważ zależy nam na przenoszeniu sygnałów z pasma częstotliwości pomiędzy 16 Hz a 15000 Hz (a nawet więcej), to oczywiste jest, że filtry nie mogą mieć dużej dobroci. Gdyby filtry

miały zbyt dużą dobroć (czyli zbyt dużą selektywność), nie udało by się kształtować dowolnych charakterystyk korektora - regulacja byłaby skuteczna tylko dla wybranych częstotliwości. A chodzi przecież o to, aby możliwa była regulacja w całym paśmie częstotliwości przenoszonych sygnałów. Można to zrealizować następująco: pogorszyć selektywność poszczególnych filtrów, aby ich charakterystyki przenoszenia pokrywały się częściowo. Można wówczas uzyskać w miarę płaską charakterystykę przenoszenia.

Jest więc oczywiste, dlaczego korzystnie jest stosować dużo filtrów - im jest ich więcej, tym większe są możliwości kształtowania charakterystyki i w efekcie uzyskanie bardzo płaskiej charakterystyki przenoszenia. Jako filtr środkowoprzepustowy nadaje się dobrze szeregowy obwód RLC,



Rys. 1. Schemat blokowy ilustrujący działanie korektora



Rys. 2. Szeregowy obwód rezonansowy

zbudowany według schematu z **rys. 2**.

Rozpatrzmy pracę takiego obwodu. Impedancję (oporność zespoloną) obwodu opisuje wzór:

$$Z = [R^2 + (\omega L - 1/\omega C)]^{1/2}$$

jego częstotliwość rezonansową:

$$f = 1/2\pi(LC)^{1/2}$$

a dobroć obwodu:

$$Q = \omega L/R$$

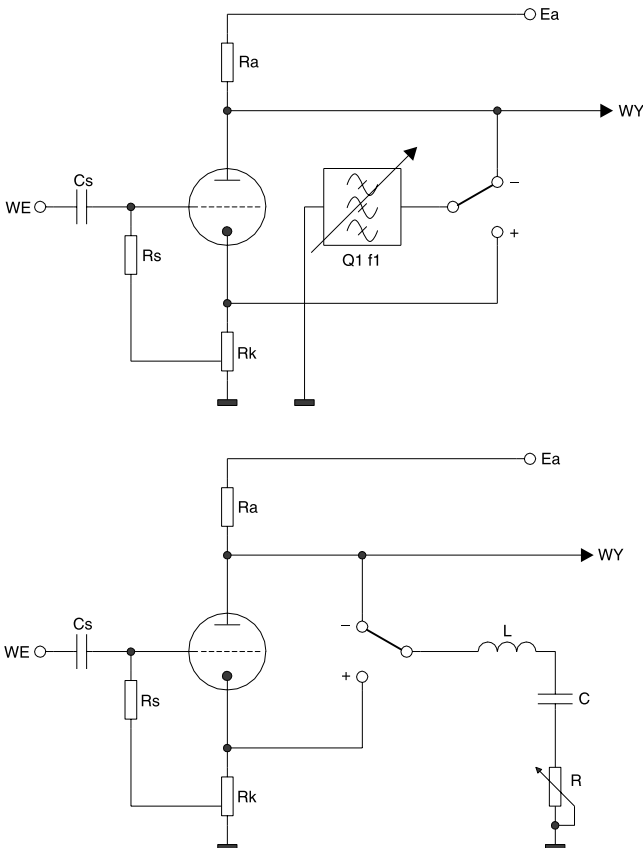
Wzór na W jest wzorem przybliżonym, gdyż zakłada się, że tangens kąta stratności kondensatora C ($\text{tg } \delta$) jest równy 0. W naszym przypadku można założyć, że straty w kondensatorze nie mają znaczenia dla wartości dobroci. Na wartość rezystancji R składa się zarówno rezystancja cewki, jak i rezystancja dołączonego opornika. Szerokość przenoszonego przez obwód rezonansowy pasma można wyznaczyć ze wzoru:

$$2\Delta f = f_{\text{rez}}/Q$$

W układzie wzmacniacza na triodzie, ujemne prądowe sprzężenie zwrotne jest realizowane

w obwodzie katody lampy przez włączenie rezystora R_k . Boczniując ten rezystor filtrem środkowo-przepustowym, np. szeregowym obwodem RLC, eliminujemy ujemne sprzężenie zwrotne dla sygnału o częstotliwości środkowej (rezonansowej) filtru. Wskutek tego następuje zwiększenie wzmocnienia układu dla tej częstotliwości. Jeżeli wartość oporności R w obwodzie RLC będzie regulowana, to można zmieniać dobroć obwodu, a tym samym zmieniać wartość wzmocnienia.

Jeśli filtr zostanie włączony między anodę a masę układu wzmacniającego (**rys. 3**), to będzie zwierniał do masy sygnały o częstotliwości równej i bliskiej częstotliwości rezonansowej. Spowoduje to zmniejszanie udziału składowych o tych częstotliwościach w sygnale wyjściowym. Tłumienie można regulować tak jak poprzednio - zmieniając wartość rezystancji w obwodzie RLC. Pewna wada układu jest związana z koniecznością zastosowania elementów indukcyjnych, których wykonanie może być nieco kłopotliwe.



Rys. 3. Możliwe konfiguracje włączenia filtra w obwodzie wyjściowym wzmacniacza

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- P1...P4: 10kΩ, potencjometry montażowe
- P5...P14: 2,2kΩ, potencjometry montażowe
- P15...P24 10kΩ, potencjometr logarytmiczny
- R2, R12: 100Ω/0,6W
- R3, R4, R13, R14: 5,6kΩ/0,6W
- R5, R6, R15, R16: 100kΩ/0,4W
- R7, R17: 100kΩ/0,6W
- R8, R18: 10kΩ/0,6W
- R9, R19: 1MΩ/0,6W
- R10, R20: 2,2kΩ/0,6W

Kondensatory

- C1, C12, C14, C15, C23, C25: 100nF/400V
- C2, C3, C6, C16, C17, C20: 1μF/250V
- C4, C18: 6,8μF/250V
- C5, C19: 2,2μF/250V
- C7, C21: 150nF/250V
- C8, C22: 100nF/250V
- C9, C27: 1,5nF/400V
- C10, C26: 100μF/350V
- C11: 100μF/400V

Półprzewodniki

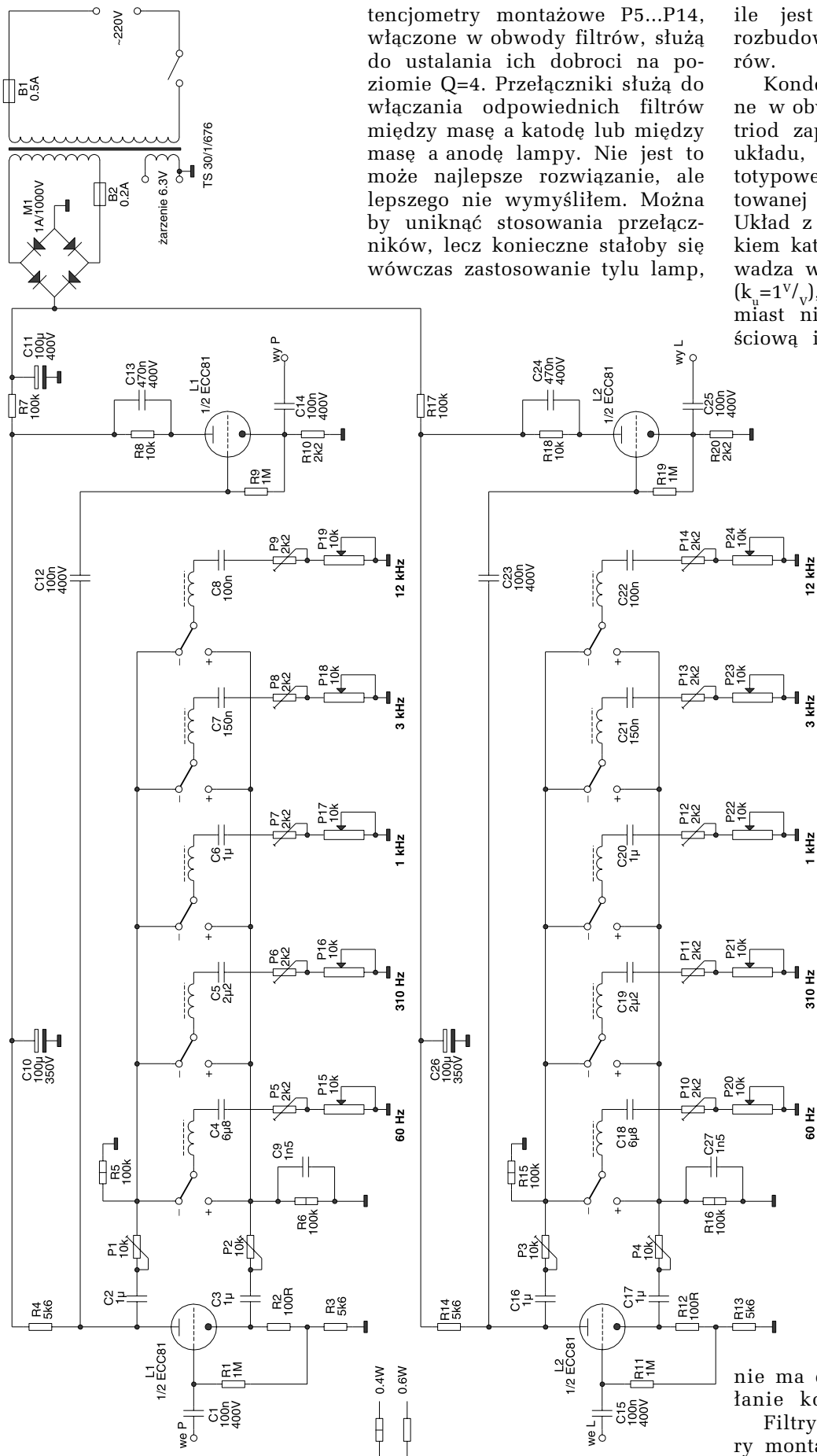
- M1: mostek prostowniczy 1A/800V

Różne

- L1, L2: lampy ECC 81 + podstawki
- 10 przełączników trzybiegunowych
- 1 włącznik dwupozycyjny
- B1: bezpiecznik 500mAT
- B2: bezpiecznik 200mAT
- transformatory i cewki wg opisu

Schemat elektryczny układu korektora przedstawiono na **rys. 4**. Potencjometry montażowe P1...P4 włączone w obwodach katod i anod umożliwiają wyrównanie asymetrii tłumienia tak, aby regulacja była skuteczna w granicach ±12 dB (poziom względny). Po-

Częstotliwość środkowa [Hz]	Indukcyjność [mH]	Pojemność [μF]	Liczba zwojów	Przenikalność rdzenia [A _r]
60	703	10	890	800
170	248	3,5	310	800
310	136	1,9	170	800
600	70,3	1	90	800
1000	42,1	0,6	53	800
3000	14,1	0,2	224	63
6000	7	0,1	115	63
12000	3,5	0,05	56	63
14000	3	0,042	39	63
16000	2,6	0,037	22	63



Rys. 4. Schemat elektryczny korektora

tencjometry montażowe P5...P14, włączone w obwody filtrów, służą do ustalania ich dobroci na poziomie $Q=4$. Przełączniki służą do włączania odpowiednich filtrów między masę a katodę lub między masę a anodę lampy. Nie jest to może najlepsze rozwiązanie, ale lepszego nie wymyśliłem. Można by uniknąć stosowania przełączników, lecz konieczne stałoby się wówczas zastosowanie tyłu lamp,

ile jest filtrów. Układ można rozbudować, stosując więcej filtrów.

Kondensatory C9 i C27, włączone w obwody katod „pierwszych“ triod zapobiegają wzbudzeniu się układu, co miało miejsce w prototypowej wersji urządzenia (zmontowanej próbnie „w powietrzu“). Układ z drugą lampą jest wtórnikiem katodowym, który nie wprowadza wzmocnienia napięciowego ($k_E=1^V/V$), charakteryzuje się natomiast niewielką impedancją wyjściową i bardzo dużą wejściową.

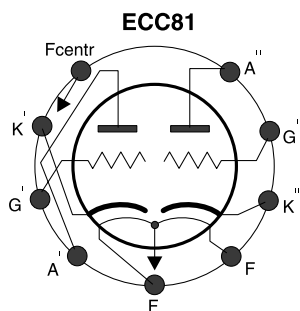
Zadaniem tego wtórnika jest odseparowanie zespołu filtrów od wyjścia układu. W korektorze zastosowałem lampę ECC81, której rozkład wyprowadzeń przedstawiono na rys. 5.

Montaż i uruchomienie

Podczas montażu korektora, oprócz typowych kłopotów związanych z montażem mechanicznym podzespołów i wykonaniem obudowy, największe problemy może sprawić wykonanie elementów indukcyjnych. Cewki nawijałem na rdzeniach kubkowych o przenikalności $A_L=800$. W tab. 1 zamieszczono najważniejsze wytyczne dotyczące liczby zwojów poszczególnych cewek.

Wartości pojemności kondensatorów zastosowanych w układzie różnią się od podanych w tab. 1. Wynika to z faktu doboru tych wartości „na słuch“ przy braku możliwości wyznaczenia dokładnej wartości indukcyjności nawiniętych cewek. Z tego względu nieco inne niż obliczone są także częstotliwości środkowe filtrów, co jednak nie ma dużego wpływu na działanie korektora.

Filtry i wszystkie potencjometry montażowe zostały zamocowane na oddzielnej płytce drukowa-



Rys. 5. Rozkład wyprowadzeń lampy ECC81

nej, co było związane z trudnością zamocowania cewek bezpośrednio na metalowej podstawie korektora.

Transformator zasilający powinien mieć napięcie wyjściowe około 200 VAC (dla zasilania obwodu anodowego) przy prądzie 50 mA i napięcie 6,3 V (dla zasilania obwodu żarzenia) przy prądzie 1A (ze sporym zapasem). W egzemplarzu modelowym zastosowałem transformator sieciowy TS30/1/676, zdemontowany ze starego odbiornika lampowego. Transformator z mostkiem pros-

towniczym i filtrem zasilacza umieszczony jest na płytce drukowanej. Zasilacz warto zaekranować pudełkiem z blachy z miękkiego żelaza (ekran magnetyczny) - użyłem w tym celu obudowy od starego zasilacza PC.

Korektor został zamontowany na podstawie z blachy żelaznej o grubości 1,5 mm, długości 550 mm, szerokości 200 mm i wysokości 60 mm (rys. 6). Płytkę drukowaną (o wymiarach 200 x 135 mm) z filtrami jest zamocowana na czterech śrubach od spodu podstawy. Nie podaję mozaiki ścieżek płytek (wykonanych zresztą ręcznie), gdyż nie są one skomplikowane, przy tym zależne od posiadanych rdzeni ferrytowych i transformatora.

Należy pamiętać o dobrym ekranowaniu połączeń filtrów z pozostałymi fragmentami układu i połączenia z masą jednego z przewodów żarzenia - zapobieganie to przydźwiękowi sieci i pasożytniczemu sprzężeniu.

Aleksander Zawada
aleksander_zawada@poczta.onet.pl