

KONSTRUKCJA I URUCHAMIANIE WZMACNIACZY M.CZ.

6.1. Konstrukcja

Konstrukcja wzmacniaczy m. cz. powinna zapewnić prawidłowe warunki pracy dla poszczególnych bloków funkcjonalnych urządzenia, a także spełniać odpowiednie wymagania mechaniczne.

Konstrukcja mechaniczna

Konstrukcja mechaniczna wzmacniacza składa się z dwóch zasadniczych części:

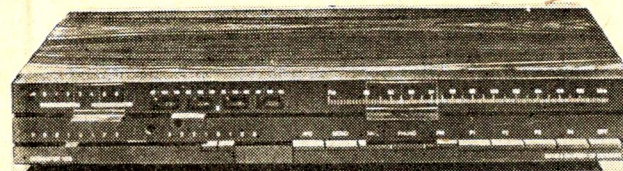
- podstawy montażowej, do której przymocowane są głównie zespoły wzmacniacza,
- obudowy osłaniającej całość konstrukcji wzmacniacza.

Podstawa montażowa (chassis) do niedawna wykonywana była wyłącznie z metalu, obecnie wielu producentów z powodzeniem stosuje wytłoczki plastikowe.

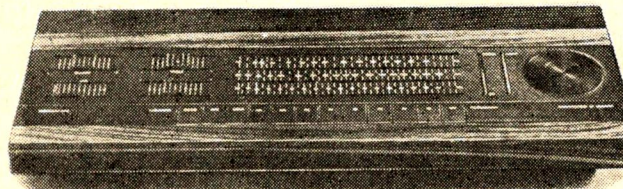
Obudowy natomiast wykonywane są z reguły z blachy, dzięki czemu całe wnętrze wzmacniacza ekranowane jest od wpływu zmiennych pól elektromagnetycznych.

W przypadku obudowy drewnianej zaleca się wyścielić jej wnętrze metalową folią połączoną elektrycznie z masą wzmacniacza.

Kształty współczesnych obudów najczęściej przypominają płaskie pudełka (rys. 6.1), z czym związane jest ograniczenie powierzchni płyty czołowej. W związku z tym spotyka się przeniesienie elementów regulacyjnych na wierzchnią stronę obudowy. Tego typu rozwiązanie zastosowano w odbiorniku Beomaster 2000 (rys. 6.2).



Rys. 6.1. Przykład płaskiej obudowy skrzynkowej (na przykładzie odbiornika Beomaster 1100)



Rys. 6.2. Przykład płaskiej obudowy z płytą czołową przeniesioną na jej stronę wierzchnią (na przykładzie odbiornika Beomaster 2000)

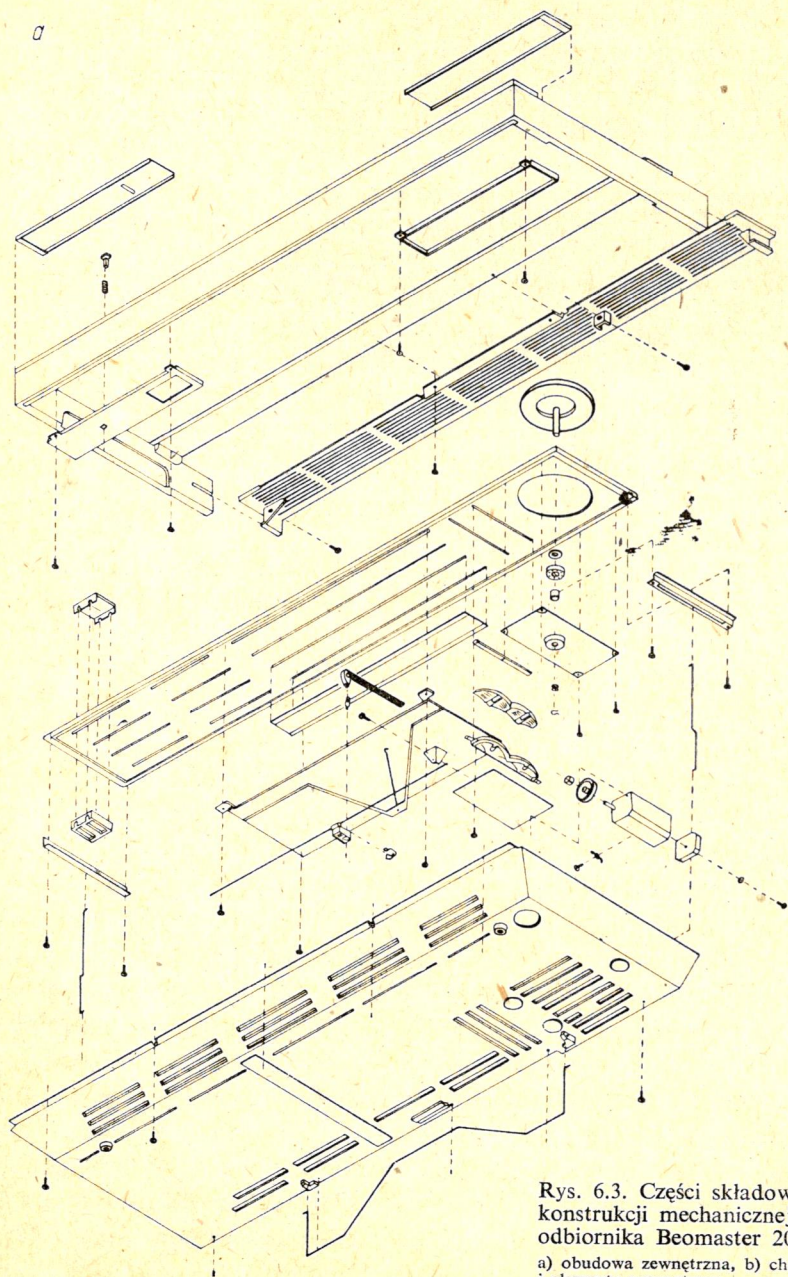
Aby umożliwić zapoznanie się z konstrukcją tego nowoczesnego odbiornika klasy Hi-Fi (dane techniczne oraz schemat ideowy podane zostały w rozdz. 7) na rys. 6.3a i b przedstawiono zestaw elementów stanowiących konstrukcję mechaniczną urządzenia.

Istniejącym obecnie kierunkiem rozwojowym sprzętu klasy Hi-Fi są zestawy urządzeń dopasowane do siebie zarówno pod względem elektrycznym, jak również mechanicznym, co umożliwia grupowanie urządzeń w zestawie, z których najpopularniejsze są tzw. „wieże”.

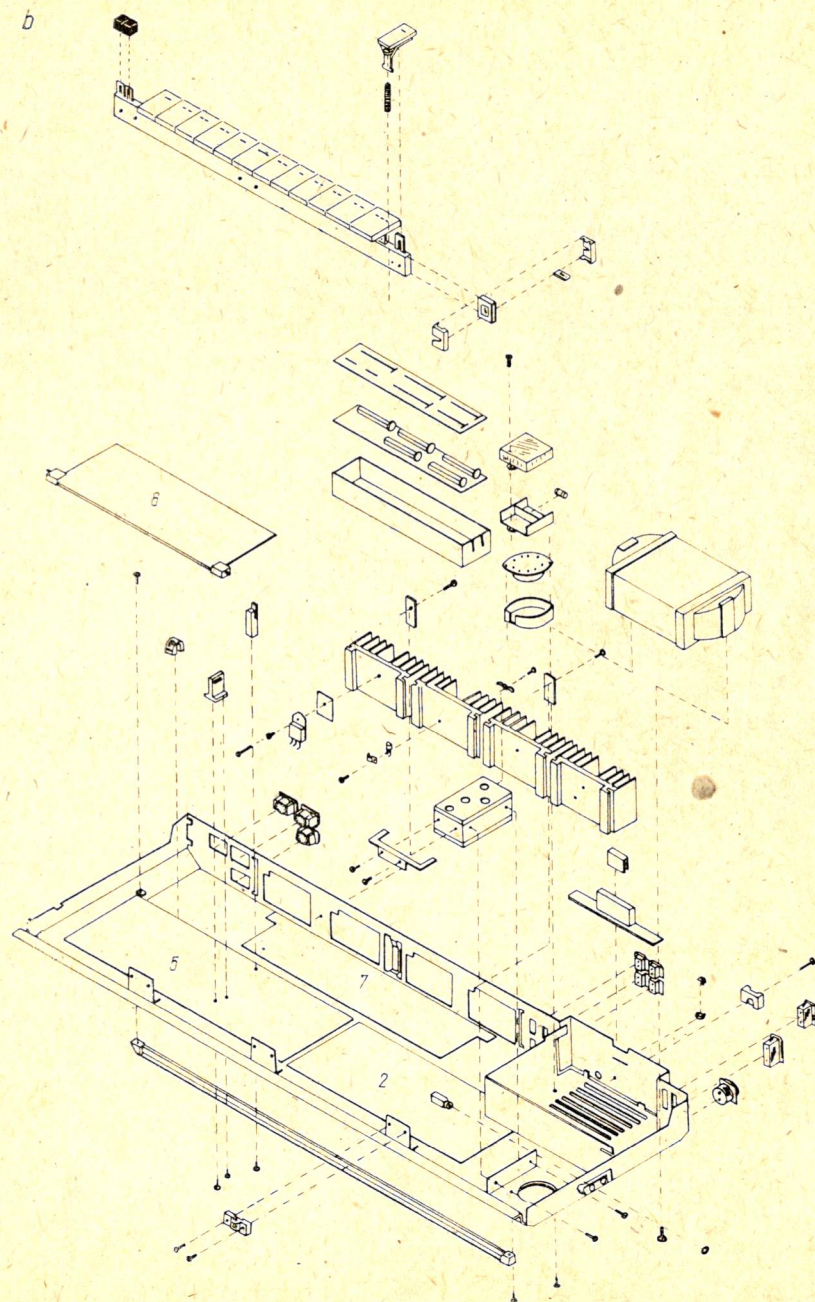
W zestawach rozbudowanych wzmacniacz uległ rozbiciu co najmniej na trzy części: wzmacniacz liniowy z przedwzmacniaczem wejściowym, korektor graficzny oraz wzmacniacz mocy. Przy tego rodzaju konstrukcji można uniknąć niektórych problemów wynikających z istnienia we wspólnej obudowie układów silnopiędowych (stopnie mocy, zasilacze) i czułych układów wejściowych, a także można znacznie rozbudować urządzenia.

Konstrukcja „wieży” składa się ze stojaka-ramy, do którego następnie wsuwane są poszczególne zespoły w formie szuflad (paneli). Szerokość paneli zwykle jest standardowa — wywodząca się z systemu 19” — i wynosi około 440 mm, a wysokość nie przekracza 90 mm. Takie rozwiązanie upodabnia zestaw do typowych urządzeń profesjonalnych, co było również jednym z założeń twórców nowego kierunku rozwojowego.

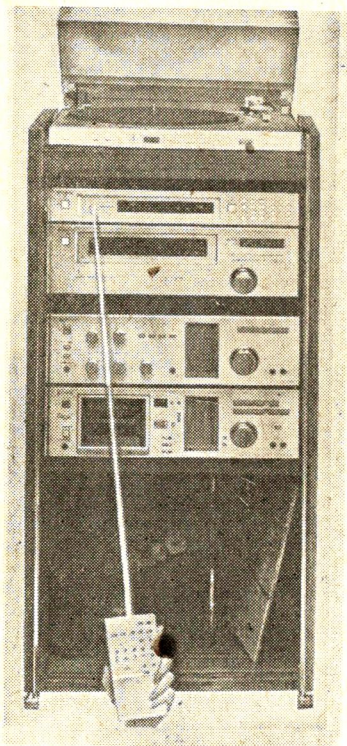
Połączenia między poszczególnymi panelami wykonywane są za pomocą kabli łączących odpowiednie gniazda, umieszczone na płytach tylnych paneli. Każdy z paneli ma zwykle własny zasilacz, co umożliwia jego pracę poza zestawem. Sam stojak ma dodatkowe wnęki, przeznaczone na gromadzenie płyt gramofonowych oraz kaset magnetofonowych.



Rys. 6.3. Części składowe
konstrukcji mechanicznej
odbiornika Beomaster 2000
a) obudowa zewnętrzna, b) chassis
i elementy wewnętrzne



Przykład zestawu typu „wieża” firmy Sony przedstawiono na rys. 6.4. W skład zestawu wchodzi: gramofon, programowany zegar kwarcowy, tuner, wzmacniacz oraz magnetofon kasetowy. Urządzenie jest wyposażone w układ zdalnego sterowania.

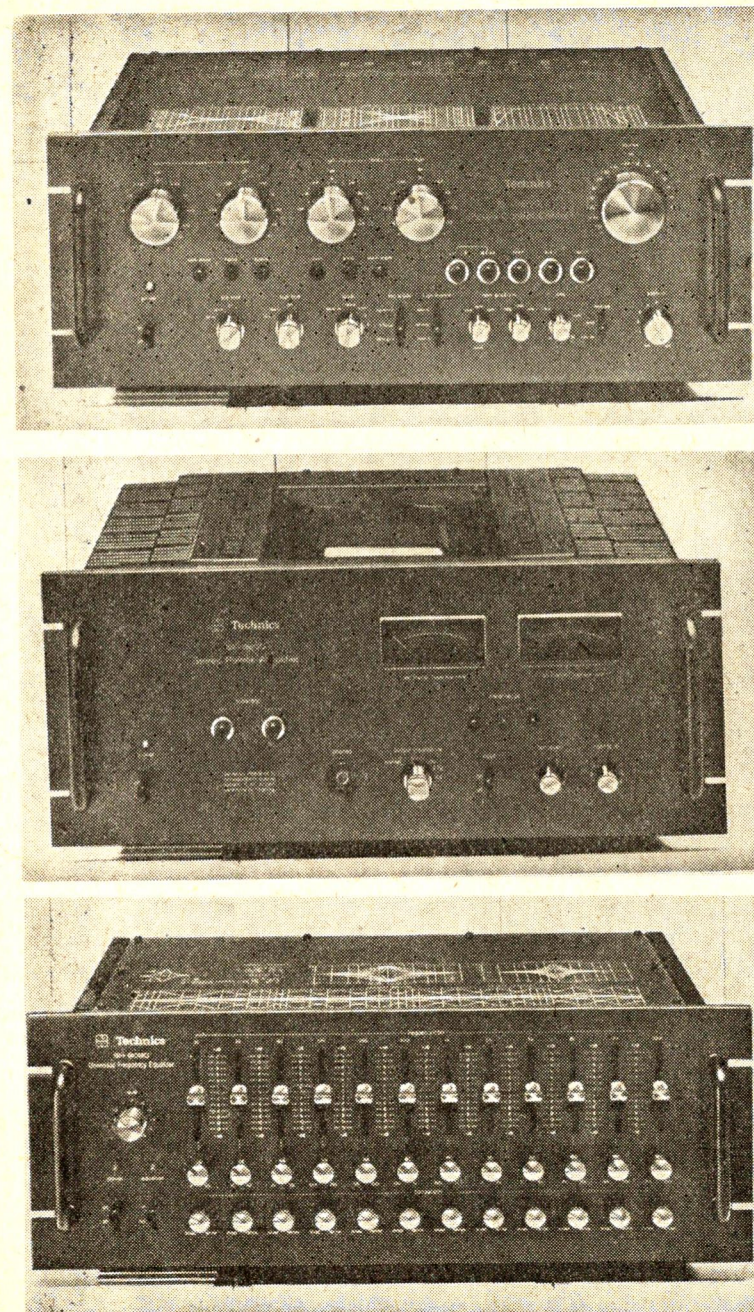


Rys. 6.4. Przykład zestawu typu „wieża” firmy Sony

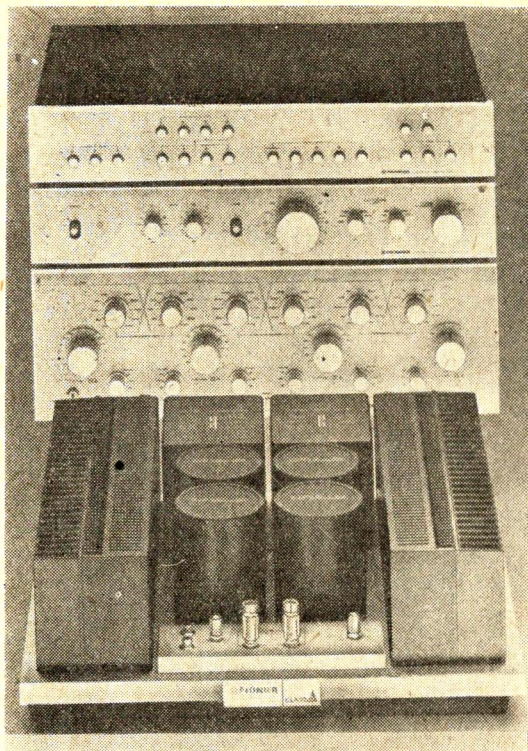
Przykład realizacji poszczególnych paneli wchodzących w skład zestawów firmy Technics przedstawiono na rys. 6.5. Kolejno przedstawione są: wzmacniacz liniowy SU-9600, wzmacniacz mocy SE-9600 (opisy i schematy ideowe zamieszczone są w rozdziale 7) oraz korektor graficzny SH-9090.

Przykład realizacji segmentów zestawu firmy Pioneer przedstawiono na rys. 6.6. Na uwagę zasługuje wzmacniacz mocy pracujący w klasie A wyposażony w potężne radiatory.

Ze względu na stosunkowo znaczną przestrzeń zajmowaną przez wieżę o standardowych wymiarach, wprowadzane są również konstrukcje tzw. „mini”, których szerokość nie przekracza zwykle 30 cm, a wysokość — w zależności od rodzaju urządzenia — zawiera się w granicach od 45 ÷ 130 mm.



Rys. 6.5. Przykład segmentów zestawu firmy Technics



Rys. 6.6. Przykład segmentów zestawu firmy Pioneer

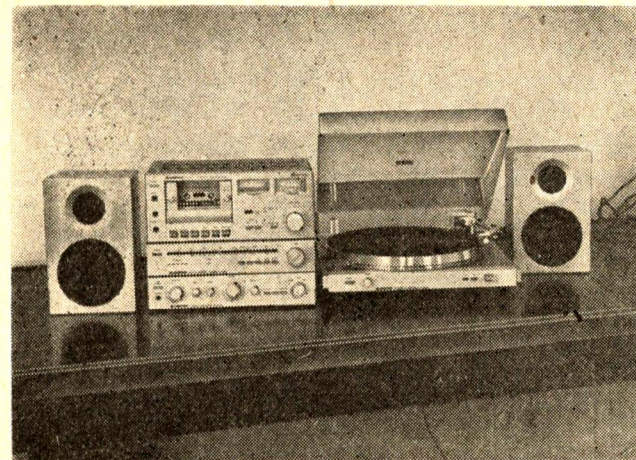


Rys. 6.7. Przykład zestawu „mini” firmy Toshiba

Zestawy „mini” zbudowane są z segmentów obudowanych, samodzielnych pod względem mechanicznym, które mogą być zestawiane w układzie zarówno pionowym, jak i poziomym.

Przykład zestawu „mini” firmy Toshiba przedstawiono na rys. 6.7. W skład zestawu wchodzi: wzmacniacz mocy ($P_{wy} = 2 \times 50 \text{ W}$), przedwzmacniacz, tuner oraz magnetofon kasetowy.

Na rysunku 6.8 przedstawiono zestaw „mini” produkcji krajowej opracowany przez OBRESPU.



Rys. 6.8. Przykład zestawu „mini” opracowany przez OBRESPU

Przy rozmieszczeniu poszczególnych fragmentów układu na podstawie montażowej należy kierować się ogólnie znanymi zasadami konstrukcji tego typu urządzeń, zwracając uwagę na możliwość powstawania zakłóceń oraz pasożytniczych sprzężeń przy nieprawidłowym montażu. Szczególnie istotne jest aby zasilacz i wyjścia wzmacniacza mocy maksymalnie oddalić od gniazd wejściowych oraz wejść przedwzmacniacza. Zaleca się również stosowanie przegrody ekranującej zasilacz od układów wzmacniacza oraz ekranowanie samego transformatora sieciowego. Bardzo istotny jest sposób prowadzenia przewodów mas, przewodów ekranowanych oraz ekranowanie czułych fragmentów układów. Ze względu na znaczną liczbę czynników wpływających na ostateczne działanie całej konstrukcji nie jest możliwe podanie sztywnych reguł, zapewniających powodzenie w każdych warunkach, dlatego w każdym indywidualnym przypadku niezbędna jest wnikliwa analiza tych zagadnień.

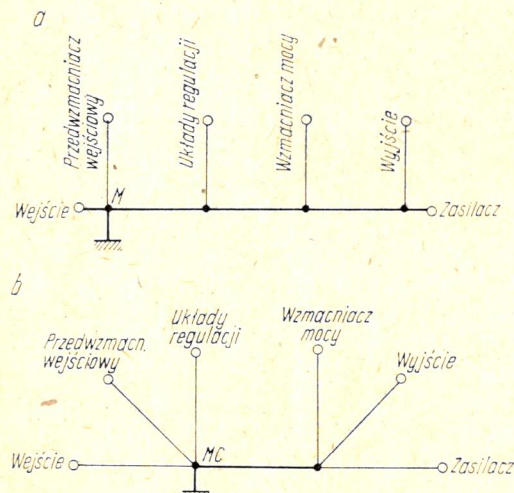
Przedstawione w dalszej części zalecenia konstrukcyjne oparte są w znacznej mierze o wytyczne firmy Sinclair oraz o konstrukcje fabryczne wzmacniaczy m.cz.

Gniazda wejściowe i wyjściowe

Należy stosować specjalne gniazda. Nie należy używać identycznych gniazd wejściowych i wyjściowych, gdyż w razie pomyłki grozi to zniszczeniem kosztownych przetworników gramofonowych.

Prowadzenie przewodów mas

W praktyce stosowane są dwa warianty wzajemnych połączeń przewodów mas. Jedno z rozwiązań przedstawione zostało na rys. 6.9a i sprowadza się do dołączenia głównej szyny masy jednym końcem do chassis w pobliżu gniazda wejściowego; do szyny tej sukcesywnie dołączane są poszczególne stopnie wzmacniacza oraz zasilacz.

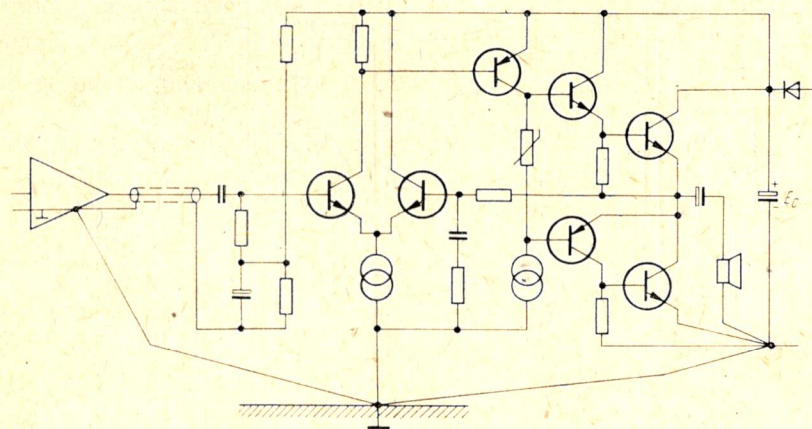


Rys. 6.9. Łączenie mas wzmacniacza
a) do głównej szyny masy, b) do punktu wspólnego

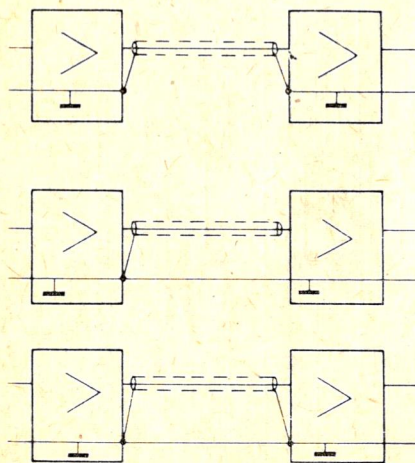
Drugi sposób nawiązuje do koncepcji punktu wspólnego, do którego prowadzone są oddzielnymi przewodami doprowadzenia mas z poszczególnych bloków wzmacniacza. Punkt wspólny, czyli masa centralna, powinien być umieszczony mniej więcej w środku wzmacniacza, w jednakowej odległości od wzmacniacza mocy i przedwzmacniacza. Powinien być fizycznie i elektrycznie dołączony do chassis.

Tego typu rozwiązanie przedstawiono na rys. 6.9b.

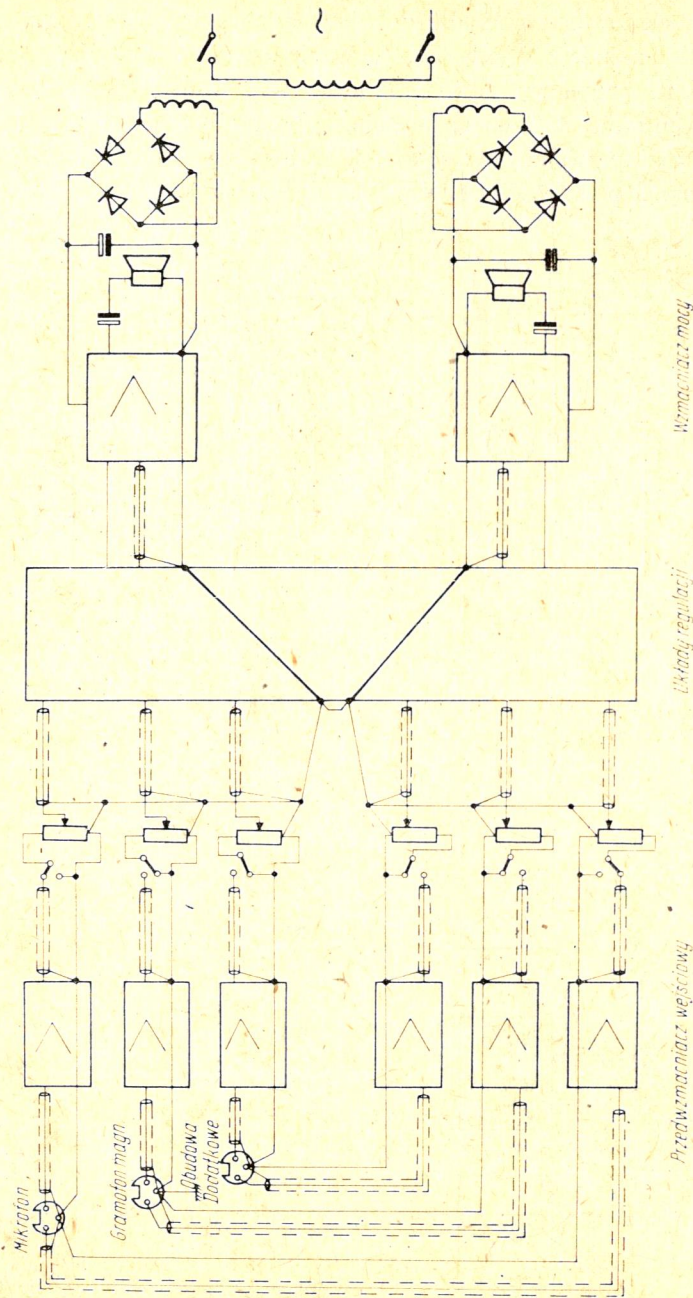
W istocie zastosowano tam dwa ekwipotencjalne punkty, z których jeden łączy się na stałe z chassis. Zastosowanie drugiego punktu ma na celu wyeliminowanie przepływu silnych prądów wyjściowych przez pierwszy punkt masy centralnej MC, gdzie zbiegają się przewody mas z czułych miejsc układu. Oba punkty powinny być połączone grubym przewodem lub odcinkiem taśmy miedzianej o długości $1 \div 5$ cm.



Rys. 6.10. Przykład prowadzenia przewodów mas oraz zasilania we wzmacniaczu mocy



Rys. 6.11. Sposoby łączenia bloków wzmacniacza przewodami ekranowanymi



Rys. 6.12. Przykładowe połączenie bloków wzmacniacza przewodami ekranowanymi

Bez względu jednak na to, jaki sposób zostanie przyjęty, należy eliminować możliwość mieszania się sygnałów silnoprądowych z sygnałami czułych obwodów wejściowych..

Szczególnie istotne jest to w układach wzmacniaczy mocy, gdzie prądy obwodów wejściowych są o kilka rzędów mniejsze od prądów obwodów wyjściowych.

Przykład prowadzenia przewodów mas oraz zasilania dla wzmacniacza mocy przedstawiono na rys. 6.10.

Przewody ekranowane

Przewody ekranowane powinny być stosowane wszędzie tam, gdzie sygnały są mniejsze od 0,2 V oraz gdzie istnieją duże rezystancje wejściowe układów. Połączenia poszczególnych bloków wzmacniacza przewodami ekranowanymi realizowane są na kilka sposobów, przy czym ekran może być przewodem roboczym i równocześnie osłoną lub tylko osłoną (rys. 6.11). Wyboru najwłaściwszego połączenia należy dokonać eksperymentalnie.

Przykładowe połączenia bloków wzmacniacza m.cz. przewodami ekranowanymi przedstawione zostały na rys. 6.12 (Radio Elektronik-Schau – 9/1976 r.).

Na rysunku 6.13a przedstawiono szkic rozmieszczenia podzespołów oraz łączenia przewodów mas i przewodów ekranowanych w odbiorniku Beomaster 2000 firmy Bang & Olufsen.

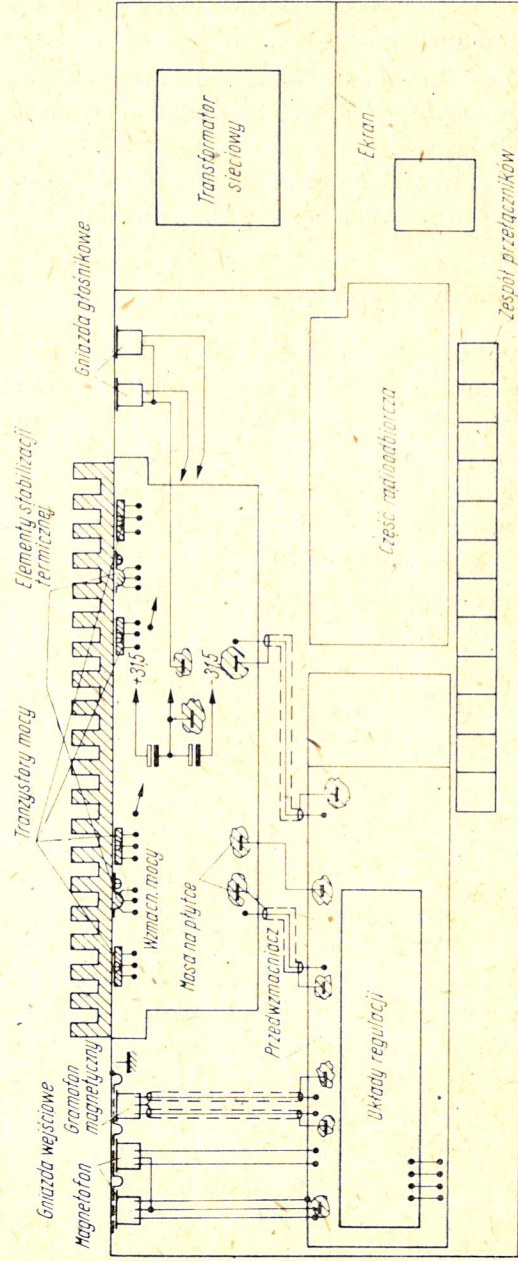
Na rysunku 6.13b przedstawiono natomiast szkic rozmieszczenia podzespołów w odbiorniku Hi-Fi Receiver 30 firmy Grundig.

6.2. Uruchamianie wzmacniaczy mocy

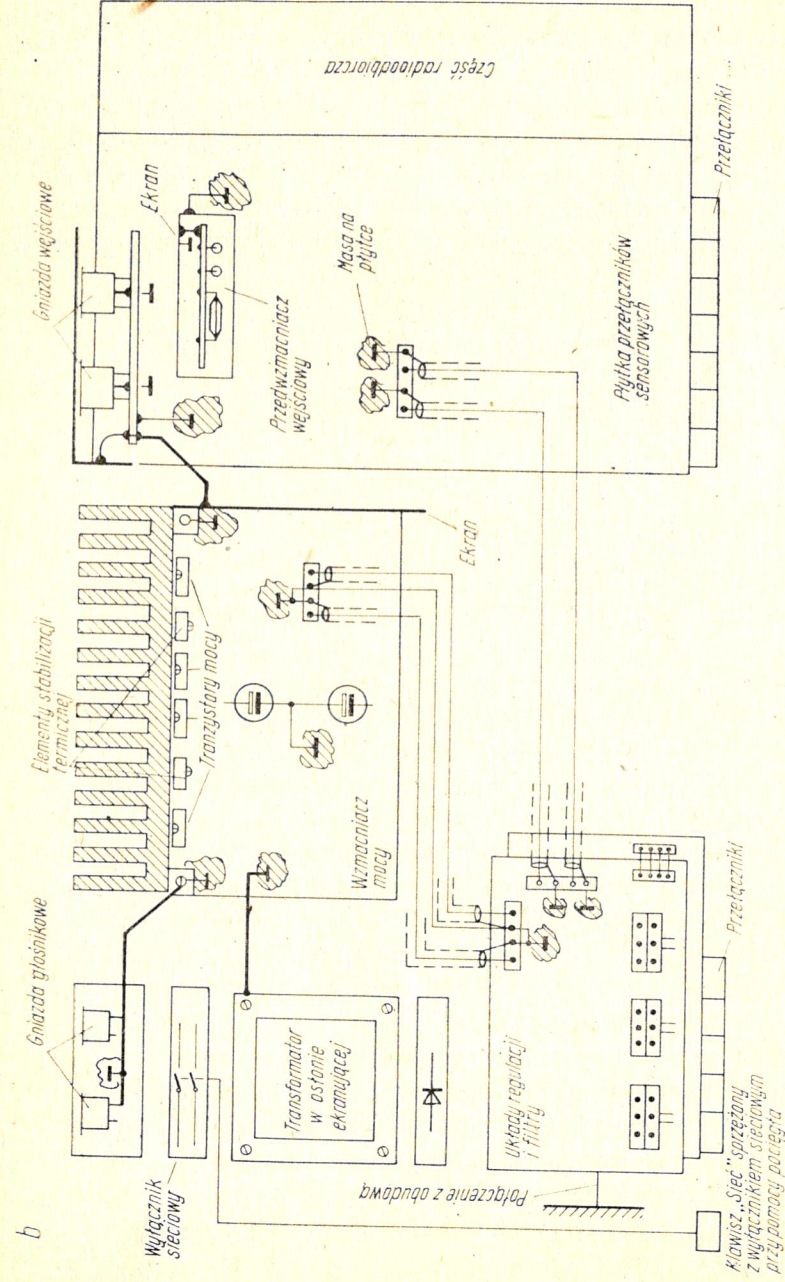
W przypadku gdy elementy zostały uprzednio dokładnie sprawdzone, uruchamianie nie powinno nastręczać większych trudności. Niezbędne jest jednak posiadanie minimalnego zestawu przyrządów, do którego należy generator akustyczny i oscyloskop. Kolejność postępowania przy wstępnym uruchamianiu:

1. Ustawić potencjometr regulujący prąd spoczynkowy tranzystorów końcowych w położenie środkowe.
2. Dołączyć wzmacniacz do źródła zasilania przez rezystor o wartości $20 \div 100 \Omega$ oraz przez amperomierz (rys. 6.14).

a



13 Wzmacniacze

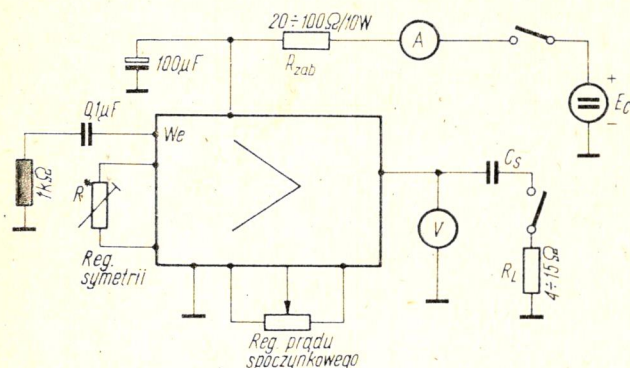


Rys. 6.13. Szkic rozmieszczenia podzespołów oraz połączeń przewodów mas i przewodów ekranowanych w odbiorniku stereofonicznym

a) Beomaster 2000, b) Hi-Fi Receiver 30

3. Ustawić prąd spoczynkowy tranzystorów końcowych na minimum.
4. Zmierzyć napięcie stałe na wyjściu wzmacniacza.

W przypadku zasilania z jednego źródła napięcia, napięcie to powinno wynosić około połowy napięcia zasilania, natomiast w przypadku zasilania z dwóch źródeł i galwanicznego sprzężenia z obciążeniem napięcie na wyjściu powinno być bliskie zeru (dokładnie $0 \pm 50 \text{ mV}$). Przy wystąpieniu dużych różnic należy regulować rezystorami zaznaczonymi na schematach (rys. 3.51 i 3.53) gwiazdką. Dokładną regulację napięcia wyjściowego należy przeprowadzić na końcu pomiarów przy odłączonym rezystorze zabezpieczającym ($20 \div 100 \Omega / 10 \text{ W}$).



Rys. 6.14. Układ do wstępnego uruchamiania wzmacniaczy mocy

Jeżeli zarówno prąd spoczynkowy, jak i napięcie na wyjściu dają się płynnie regulować, to znaczy że wzmacniacz jest statycznie sprawny.

W przeciwnym razie należy zmierzyć napięcia wewnątrz układu i dokonać analizy nieprawidłowości. W czasie wstępnego uruchamiania należy pilnie zwracać uwagę na to, czy wzmacniacz się nie wzbudza, gdyż wzbudzenie się układu jest jedną z najczęstszych przyczyn uszkodzenia stopnia końcowego. Jeżeli mamy do dyspozycji oscyloskop — sprawa jest prosta.

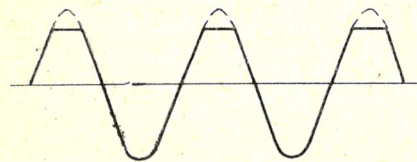
W każdym jednak przypadku należy kontrolować temperaturę tranzystorów mocy i tranzystorów sterujących — mogą one być co najwyżej lekko ciepłe — a także pobór prądu przez układ, gdyż często wzbudzenie się wzmacniacza wiąże się ze wzrostem poboru prądu (rys. 3.15).

Uwaga — kontrolę temperatury przez dotyk ręką można przeprowadzać tylko wtedy, gdy wzmacniacz jest zasilany z napięcia nie przekraczającego 40 V.

W przypadku stwierdzenia wyraźnego grzania się tranzystorów należy zastosować odpowiednie przeciwdziałanie.

Metody zabezpieczenia przed wzbudzeniami opisane zostały w części poprzedniej.

Wiarygodna kontrola jest możliwa jedynie przez obserwację sygnałów na wyjściu wzmacniacza na oscyloskopie, gdyż często amplituda wzbudzeń nie przekracza 0,5 V i nie daje wyraźnie wyczuwalnych efektów termicznych.



Rys. 6.15. Zniekształcenia przebiegu wyjściowego na skutek ograniczenia amplitudy jednej z połówek sinusoidy

Żadnych objawów wzbudzeń nie należy lekceważyć, gdyż w pewnych warunkach mogą one ulec zwiększeniu, niszcząc stopień końcowy wzmacniacza.

5. Po statycznym sprawdzeniu wzmacniacza należy odłączyć rezystor R_{zab} , podłączając wzmacniacz przez amperomierz bezpośrednio do źródła zasilania.

Należy ustawić wymaganą wartość prądu spoczynkowego oraz napięcia na wyjściu wzmacniacza. Dołączyć obciążenie R_L w postaci rezystora o obciążalności co najmniej 20 W i rezystancji $4 \div 15 \Omega$.

Gdy uruchamiany wzmacniacz zasilany jest z jednego źródła napięcia, potencjał stały na wyjściu wzmacniacza należy wyregulować tak, aby uzyskać równomierne obcinanie obu połówek przebiegu wyjściowego.

6. Testować wzmacniacz w zakresie częstotliwości od 20 Hz do 20 kHz (w przypadku gdy zastosowane tranzystory końcowe mają odpowiednio dużą częstotliwość graniczną, górny zakres częstotliwości można rozszerzyć do 40 kHz).

Uwaga 1 — przy sterowaniu wzmacniacza częstotliwościami powyżej 10 kHz należy kontrolować temperaturę tranzystorów końcowych, aby nie dopuścić do wydzielania się nadmiernej mocy.

Uwaga 2 — jeżeli do testowania wzmacniacza będzie stosowany sygnał muzyczny, a obciążeniem będzie zestaw głośnikowy, należy przy pierwszych próbach odłączyć głośniki wysokotonowe, gdyż mogą one ulec zniszczeniu przy wzbudzaniu się wzmacniacza na częstotliwościach ponadakustycznych.

Zniekształcenia przebiegu wyjściowego widoczne na oscyloskopie są większe niż 6% i można je na ogół łatwo usunąć.

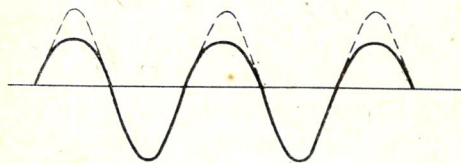
Kilka typowych przykładów przedstawiono poniżej:

- a) Przy dużej amplitudzie przebiegu wyjściowego na jednej części sinusoidy obserwowane jest wyraźne cięcie (rys. 6.15).

Przyczyna — źle dobrany punkt pracy tranzystorów wyjściowych.

Przeciwdziałanie – regulować potencjał na wyjściu wzmacniacza w przypadku zasilania z jednego źródła napięcia i pojemnościowego sprzężenia z obciążeniem. W przypadku zasilania wzmacniacza z dwóch źródeł napięcia skontrolować ustawienie potencjału zerowego na wyjściu wzmacniacza oraz sprawdzić symetrię napięć zasilających.

- b) Przy dużej amplitudzie przebiegu wyjściowego wyraźne zniekształcenie jednej połówki sinusoidy (rys. 6.16).

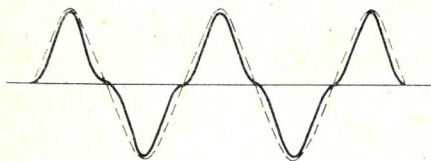


Rys. 6.16. Zniekształcenia przebiegu wyjściowego na skutek deformacji jednej z połówek sinusoidy

Przyczyna – wadliwa praca układu typu *bootstrap* lub za mały prąd źródła prądowego.

Przeciwdziałanie – sprawdzić elementy w układzie typu *bootstrap*, szczególnie zwrócić uwagę na kondensator elektrolityczny lub zwiększyć prąd źródła prądowego.

- c) Przy małej amplitudzie przebiegu wyjściowego widoczne wyraźnie zniekształcenia skrośne (rys. 6.17).

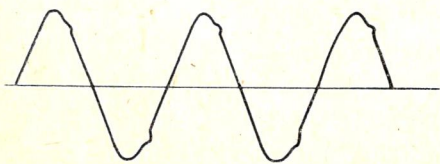


Rys. 6.17. Zniekształcenie przebiegu wyjściowego na skutek wystąpienia zniekształceń skrośnych

Przyczyna – za mały prąd spoczynkowy tranzystorów końcowych lub za małe wzmocnienie napięciowe wzmacniacza w otwartej pętli.

Przeciwdziałanie – zwiększyć prąd spoczynkowy tranzystorów końcowych lub zastosować w stopniu napięciowym i sterującym tranzystory o większym współczynniku h_{21E} .

- d) Przy większych częstotliwościach akustycznych na przebiegu wyjściowym pojawia się „ząbek” (rys. 6.18).



Rys. 6.18. Zniekształcenie przebiegu wyjściowego na skutek pojawienia się „ząbka”

Przyczyna – zbyt mała częstotliwość graniczna tranzystorów końcowych w stosunku do częstotliwości pobudzenia lub zbyt duża wartość rezystancji R_B w bazie tych tranzystorów.

Przeciwdziałanie – wymienić tranzystory końcowe lub skorygować wartość rezystancji R_B .

Dokładne pomiary zniekształceń nieliniowych wzmacniacza możliwe są jedynie przy użyciu wysokiej klasy miernika zniekształceń nieliniowych lub analizatora harmonicznego.

7. Gdy przeprowadzone próby wskazują, że wzmacniacz jest sprawny, można wykonać próby przeciążeniowe, o ile zastosowano odpowiedni układ zabezpieczający. W tym celu należy posłużyć się rezystorem regulowanym, stopniowo zmniejszając jego wartość i pilnie obserwując pobór prądu na amperomierzu. Jeżeli zaczyna on niepokojąco wzrastać, należy układ wyłączyć i sprawdzić połączenia oraz elementy bezpiecznika.

W przypadku gdy zastosowany układ zabezpieczenia jest prostym ogranicznikiem, amplituda prądu przy zwarcu wyjścia powinna przekraczać o 10 ÷ 20% maksymalną amplitudę prądu wyjściowego podczas normalnej pracy. Dlatego przy zastosowaniu tego typu zabezpieczenia należy dodatkowo wyposażyć układ w dobrze dobrany bezpiecznik topikowy.

6.3. Uruchamianie stopni wzmacniacza napięciowego

Podczas uruchamiania stopni wzmacniacza napięciowego obowiązują podobne reguły jak dla wzmacniaczy mocy. Ze względu jednak na znacznie mniejsze moce oraz pracę elementów czynnych w klasie A na ogół wystarcza dokładne sprawdzenie podzespołów przed ich wlutowaniem oraz kontrola statycznych punktów pracy.

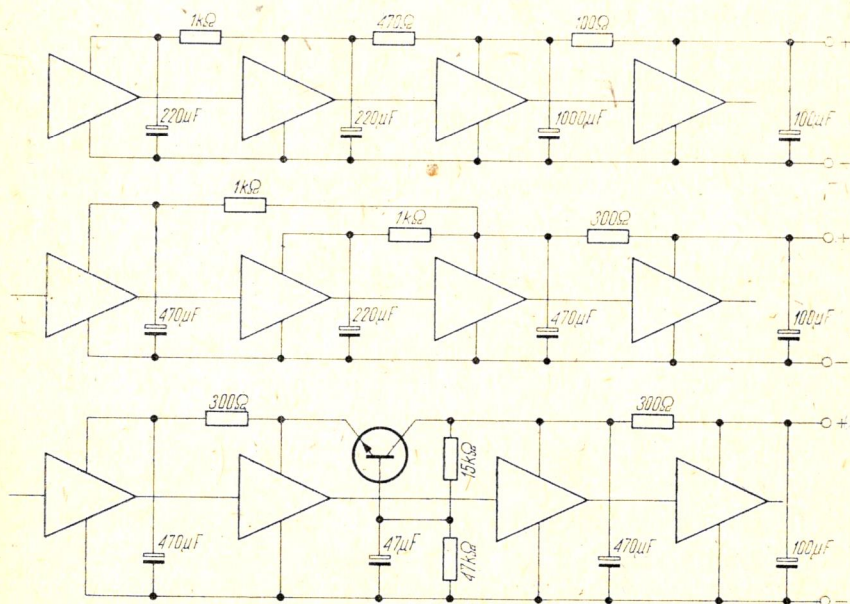
Obserwacja oscyloskopowa przebiegu wyjściowego pożądana jest jednak w każdym przypadku.

W stopniach wejściowych najbardziej istotne znaczenie będą miały sprawy szumów i zakłóceń sieciowych. Zdarzają się także wzbudzenia na bardzo małych częstotliwościach.

Szумы wzmacniacza mogą być powodowane różnymi przyczynami. Aby maksymalnie wyeliminować możliwość ich powstawania, należy przestrzegać kilku podstawowych reguł:

- ekranować przewody doprowadzające sygnał do czułych wejść przedwzmacniacza,

- stosować w pierwszych stopniach tranzystory o możliwie małym współczynniku szumów (BC109, BC149, BC159, BC179, BC239, BC413, BC415) pamiętając, że tranzystory *p-n-p* charakteryzują się mniejszymi szumami niż ich odpowiedniki *n-p-n*,
 - w stopniach wejściowych stosować rezystory niskoszumne typu MŁT lub AT.
- Najczęściej spotykane przyczyny zakłóceń sieciowych to:
- niewłaściwe ekranowanie przewodów sygnałowych,
 - niewłaściwe połączone doprowadzenia mas poszczególnych fragmentów wzmacniacza,
 - zbyt słaba filtracja napięcia zasilającego stopnie wejściowe,
 - zbyt bliskie sąsiedztwo transformatora sieciowego lub przewodów doprowadzających sieć.



Rys. 6.19. Przykłady zastosowania filtrów odsprężających we wzmacniaczu wielostopniowym

Wzbudzenie wielostopniowego układu na bardzo małych częstotliwościach następuje zwykle przez obwody zasilające. Należy wówczas zmniejszyć wartość rezystancji w filtrach, zwiększając równocześnie wartości pojem-

ności odsprężających. W przypadkach szczególnie trudnych może się stać konieczne rozdzielenie poszczególnych zespołów wzmacniacza układem filtru aktywnego, zbudowanego z wykorzystaniem wtórnika emiterowego. Tego typu układ przedstawiono na rys. 6.19.

W każdym jednak przypadku lepiej jest zastosować dobry stabilizator do zasilania wzmacniacza napięciowego i jedno lub dwa ogniwa filtrów odsprężających, niż stosować rozbudowane łańcuchy filtrów, które powodując znaczne przesunięcia fazy zwiększają groźbę samowzbudzenia się układu.