





## ZESPOŁY GŁOŚNIKOWE DUŻEJ MOCY

W poprzednich numerach Młodego Technika w dziale „Na warsztacie” zamieściliśmy opis budowy wzmacniacza akustycznego w różnych wariantach mocy wyjściowej, bez wprowadzania zasadniczej zmiany w układzie. Czytelnicy zainteresowani budową takiego wzmacniacza na pewno zechcą również samodzielnie wykonać odpowiednie zespoły głośnikowe. Mówimy tu o zespołach głośnikowych, bowiem przy dużej mocy wyjściowej i szerokim pasmie częstotliwości akustycznej trudno sprostać zadaniu przy użyciu pojedynczych głośników.

Budowa zestawów głośnikowych w warunkach amatorskich jest całkowicie uzasadniona, szczególnie ze względu na wysokie ceny gotowych zespołów głośnikowych (kolumn). Po spełnieniu kilku podstawowych warunków, podczas budowy zespołu głośnikowego można śmiało stwierdzić, że pod względem jakości odtwarzania dźwięków poprawnie wykonane amatorskie zespoły głośnikowe nie ustępują przemysłowym. Koszt budowy jednej kolumny głośnikowej wynosi około 50% ceny takiego samego produktu fabrycznego. Przedstawimy kilka wariantów zespołów głośnikowych możliwych do wykonania w warunkach przeciętnego amatorskiego warsztatu, wyposażonego w podstawowe narzędzia stolarskie, takie jak piła, strug, piła otwornica, dłuto, pilniki itp.

Materiały drzewne niezbędne do budowy kolumn można (z pewnymi trudnościami) kupić w odpowiednich sklepach. Najlepszym materiałem na konstrukcje skrzynek kolumn głośnikowych jest wielowarstwowa liściasta sklejka grubości od 10 do 20 mm, zależnie od wymiarów obudowy (patrz tabelka).

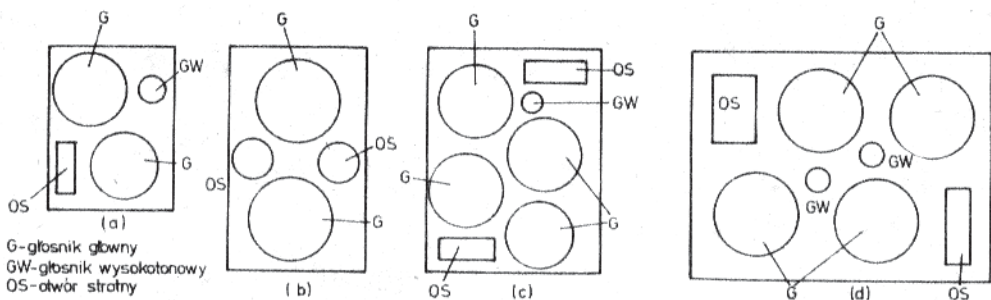
Obudowy fabrycznych zespołów głośnikowych wykonuje się wyłącznie z płyty wiórowej, stosując różnego rodzaju materiały wykończeniowe. W naszym przypadku za sklejką, mimo wyższej ceny, przemawia jej większa wytrzymałość mechaniczna

i mniejszy ciężar gotowej skrzynki. Płytę wiórową zastosujemy tylko w ostateczności, gdy zakup sklejki jest niemożliwy, przy czym jej grubość, dla podanych wymiarów skrzynki, ze względów wytrzymałościowych należy zwiększyć o połowę w stosunku do grubości sklejki.

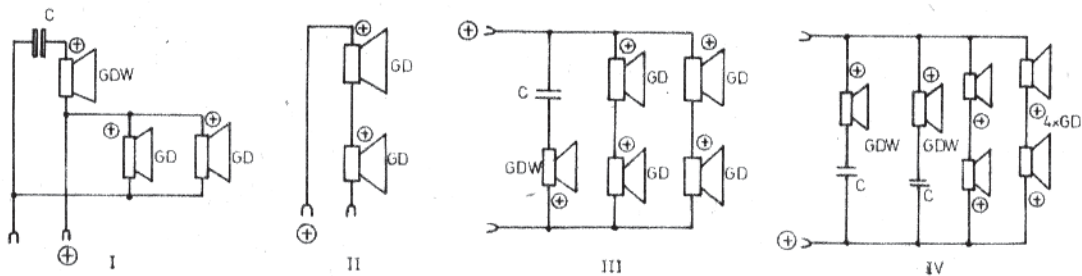
Przed rozpoczęciem pracy należy określić moc przyszłego zespołu głośnikowego. Moc tę dobieramy do mocy wyjściowej wzmacniacza według następującej zasady. Moc elektryczna zespołu głośnikowego nie może być mniejsza od mocy wyjściowej wzmacniacza. Za optymalne warunki pracy wzmacniacza z zespołem głośnikowym można przyjąć taki stan, gdy moc elektryczna głośników (wyrażona w watach) jest o około 50% większa od mocy wyjściowej wzmacniacza (moc dla sygnału sinusoidalnego 1000 Hz). Przy zespołach głośnikowych (głośnik niskotonowy, średniotonowy i wysokotonowy) o mocy zestawu decyduje moc głośnika (głośników) niskotonowego. Często wiele kłopotu przysparza młodym majsterkowiczom określenie wypadkowej impedancji (oporności) kilku głośników połączonych razem. Przy szeregowymłączeniu impedancji ich wypadkowa jest równa sumie algebraicznej poszczególnych impedancji. Inaczej sprawa wygląda przyłączeniu równoległym. W takim przypadku impedancja wypadkowa maleje zgodnie z następującym wzorem:

$$\frac{1}{R_w} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

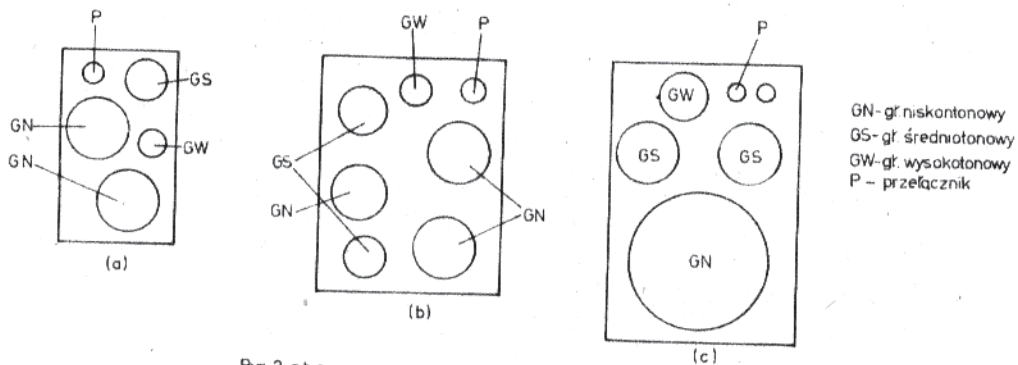
W połączeniach głośnikowych można również stosować połączenia kombinowane – szeregowo-równoległe. Obliczenie impedancji wypadkowej dla takiego połączenia na podstawie podanych informacji nie powinno stanowić problemu. O impedancji zespołu głośników różnotonowych, podobnie jak o mocy, decyduje głośnik (głośniki) niskotonowy, ponieważ pozostałe głośniki włącza się przez odpowiednie filtry.



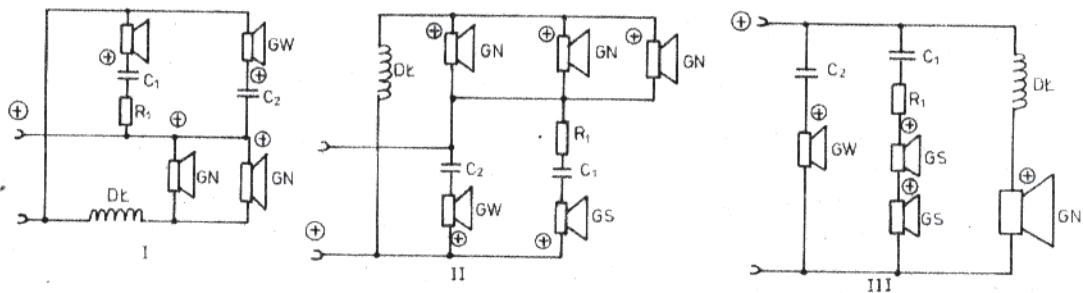
Rys.1 a,b,c,d



Rys.2 I,II,III,IV



Rys.3 a,b,c



Rys.4 I,II,III

Tabela 1

## Obudowy głośnikowe do celów estradowych i do nagłośnienia

| Moc elektr. | Imped. wypadk. | Użyteczne pasmo częstotliwości | Zastosowane głośniki                            | Wymiary skrzynek mm                              | Układ elektryczny       |
|-------------|----------------|--------------------------------|---|--|-------------------------|
| 20 W        | 4 Ω            | 80–18000 Hz                    | GD20/10/8 Ω<br>2 szt.<br>GDWK9/15/4 Ω<br>1 szt. | a–350<br>b–500<br>c–230<br>d–15 mm<br>(Rys. 1a)  | rys. 2/I<br>C – 15 μF   |
| 30 W        | 8 Ω            | 60–12000 Hz                    | GD30/15/4 Ω<br>2 szt.                           | a–420<br>b–720<br>c–350<br>d–15 mm<br>(Rys. 1b)  | rys. 2/II               |
| 40 W        | 8 Ω            | 80–18000 Hz                    | GD20/10/8 Ω<br>4 szt.<br>GDWK9/40/4 Ω<br>1 szt. | a–540<br>b–600<br>c–230<br>d–20 mm<br>(Rys. 1c)  | rys. 2/III<br>C – 10 μF |
| 60 W        | 4 Ω            | 60–18000 Hz                    | GD30/15/4 Ω<br>4 szt.<br>GDWK9/40/4 Ω<br>2 szt. | a–1000<br>b–720<br>c–380<br>d–20 mm<br>(Rys. 1d) | rys. 2/IV<br>C – 10 μF  |
| 60 W        | 8 Ω            | 80–12000 Hz                    | GDS30/30/8 Ω<br>2 szt.                          | a–500<br>b–800<br>c–400<br>d–20 mm<br>(Rys. 1b)  | rys. 2/III              |

Uwaga: Położenie otworów na przedniej ścianie należy określić po jej wycięciu i po kupieniu głośników. Na rysunkach zostały pokazane jedynie możliwe miejsca rozmieszczenia otworów.

Wymiary w tabelce:

- a – podstawa
- b – wysokość
- c – głębokość
- d – grubość sklejki

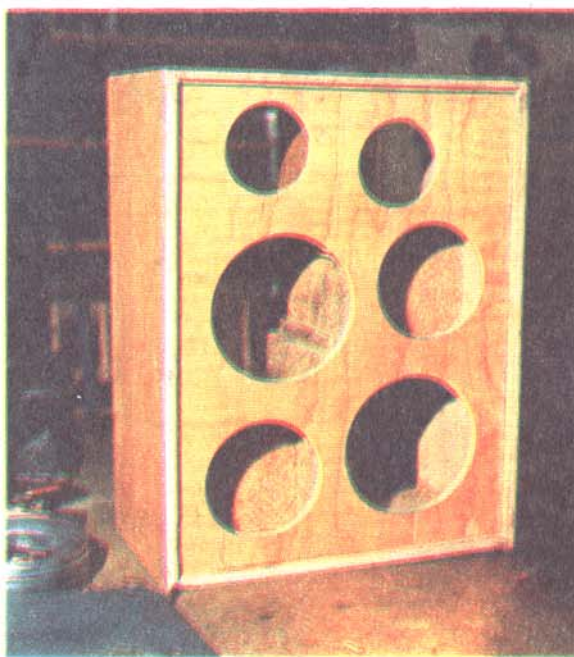
Przy łączeniu ze sobą głośników przeznaczonych do pracy w tym samym zakresie częstotliwości, np. niskotonowych, należy stosować głośniki o tej samej mocy i impedancji. Na przykład trzy głośniki o mocy po 15 W i impedancji 15 Ω dadzą, przy połączeniu równoległym, zespół o mocy wypadkowej 45 W i impedancji wypadkowej 5 Ω. Od tej zasady można odstąpić przy łączeniu zespołu głośnikowego z głośnikami przeznaczonych dla różnych częstotliwości akustycznych. Zazwyczaj głośniki średnio- i wysokotonowe mają mniejszą moc od współpracującego z nimi głośnika niskotonowego. I tak np. można wykonać następujące połączenie: dwa głośniki GDN 16/15 W 8 Ω połączyć równolegle, do nich przyłączyć równolegle, przez rezystor 6 Ω i kondensator 50 μF–100 μF (bezbiegunowy) dwa połączone szeregowo głośniki GD 12/8 W 4 Ω oraz jeden głośnik wysokotonowy GDWK 9,5/40 W

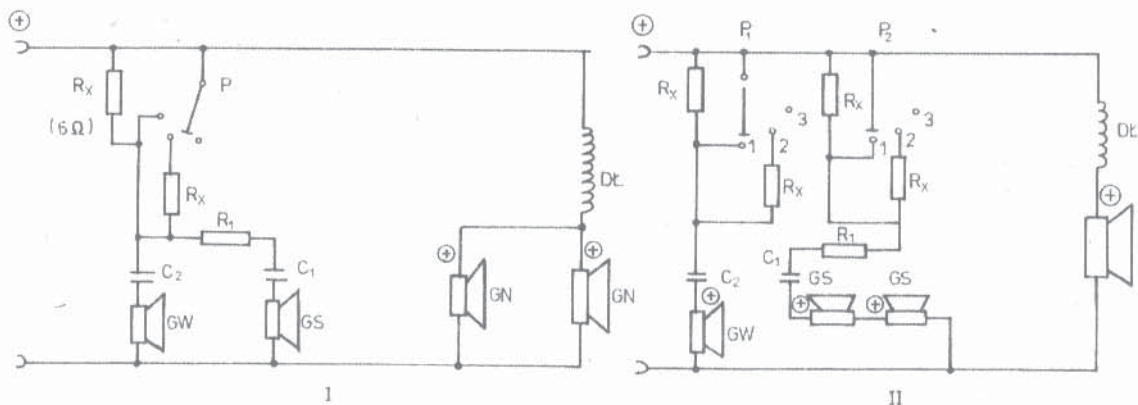
4 Ω włączony w obwód przez kondensator rozdzielający 8–10 μF (bezbiegunowy). Otrzymamy w ten sposób trójdrożny zespół głośnikowy o mocy 30 W i impedancji wypadkowej 4 Ω.

Jak już wspominaliśmy, istotny jest cel, do jakiego mają być przeznaczone zestawy głośnikowe. W domowych warunkach, do słuchania muzyki, i to zazwyczaj w układzie stereofonicznym, najodpowiedniejsze będzie zastosowanie zestawu dwóch zespołów głośnikowych, najlepiej trójdrożnych, typu COMPACT. Mimo gorszej sprawności tego typu głośników, umożliwiają one uzyskanie dobrych efektów dźwiękowych przy stosowaniu małych obudów zamkniętych, szczególnie praktycznych w pomieszczeniach mieszkalnych. Inne zadanie stoi przed zespołami głośnikowymi, które mają służyć do nagłośniania np. dużej szkolnej sali czy boiska. Trzeba obiektywnie stwierdzić, że w naszym handlu jest stosunkowo duży wybór głośników umożliwiający łatwy dobór właściwych głośników do wybranego zespołu głośnikowego. W tabelce I i II zostały zestawione różne typy głośników przeznaczone dla zespołów głośnikowych różnej mocy, umieszczonych w obudowach typu COMPACT i kolumnach do celów estradowych.

W tych samych tabelkach oznaczone zostały wymiary skrzynek i szczegóły dotyczące głośników

Drewniana konstrukcja dużej kolumny głośnikowej typu otwartego przygotowana do wmontowania w nią głośników

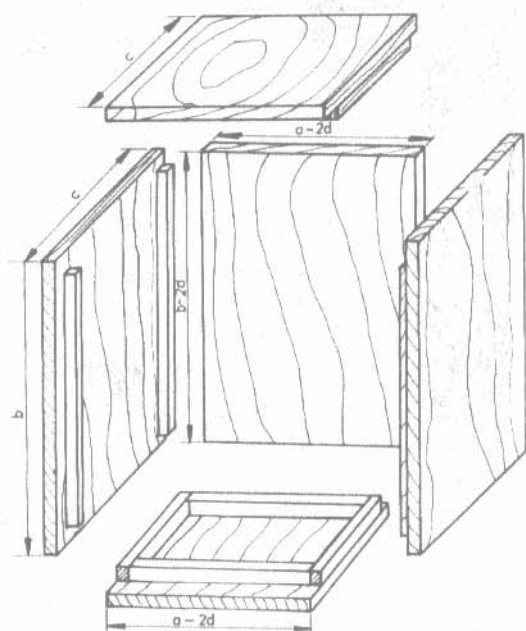




Rys.5

do zespołów wielodrożnych. Najpierw zajmiemy się konstrukcją kolumn głośnikowych do celów estradowych i nagłośnieniowych. Obudowy tego typu mogą być otwarte (bez tylnej ścianki) lub zamknięte, z otworem stratnym, tak zwane basrefleks. Pierwsze rozwiązanie, mimo gorszych własności, ale dość proste, umożliwia zaoszczędzenie pewnej ilości drewna, co jest szczególnie istotne przy kolumnach o mocy np. 60 W. Uproszczona konstrukcja skrzynki, która nie ma tylnej ścianki, ułatwia dostęp do głośników, ale z kolei stwarza możliwość ich uszkodzenia, np. w czasie transportu. Przemysłowo

produkowane kolumny do celów estradowych wykonuje się wyłącznie jako kolumny typu basrefleks. Obudowy tego rodzaju mają wszystkie ścianki, a w przedniej ściance wycięty jest dodatkowy otwór o powierzchni równej około 50% powierzchni membran zamontowanych głośników. Obudowy basrefleks mają lepszą sprawność niż obudowy otwarte oraz charakteryzują się lepszym odtwarzaniem niskich częstotliwości akustycznych (stąd nazwa basrefleks). Na rysunkach 1a, b, c, d i 2 przedstawiamy wzory skrzynek przeznaczonych na obudowy głośników do celów estradowych o mocy 20–60 W. Po przeniesieniu wymiarów na arkusze sklejki wycinamy odpowiednie części obudowy i łączymy je razem za pomocą kleju, sosnowych listew i gwoździ najprostszym sposobem, tj. na zakładkę. W przedniej ściance, przed zamocowaniem jej do skrzynki, należy wyciąć odpowiednie otwory do zamocowania głośników. Zmontowaną skrzynkę, po ścięciu krawędzi, oklejamy czarnym płótnem introligatorskim lub dermą, a na rogach obudowy przykręcamy wkrętami metalowe narożniki od wyrobów kaletnicznych.



Rys.5

Obudowy basrefleks, przed zamocowaniem przedniej ścianki, dobrze jest wykleić wewnątrz miękką płytą pilśniową lub wypełnić pianką poliuretanową (może być w ścinkach). Żeby ścinki pianki nie wydostawały się przez otwór stratny basrefleksu, należy go przysłonić nylonową lub inną siatką o drobnym splocie. Również głośniki należy zabezpieczyć przed ścinkami pianki przez zakrycie ich tkaniną o rzadkim splocie.

Przednia ścianka (z głośnikami) powinna być przykręcona do skrzynki wkrętami tak, by można było dostać się do środka w razie awarii. Głośniki

**Tabela II**  
**Obudowy głośnikowe z głośnikami typu COMPACT**

| Moc elektr. | Imped. wy-pad. | Użyteczne pasmo częstotliwości | Zastosowane głośniki produkcji ZWG Tonsil  | Wymiary skrzynek mm                           | Układ elektr.                  | Elementy filtrów   |
|-------------|----------------|--------------------------------|--|---|--------------------------------|--|
| 25 W        | 4 Ω            | 60-18000 Hz                    | GDN16/12,5/8 Ω<br>2 szt.<br>GDS6/4/4 Ω<br>1 szt.<br>lub GD12/8/4 Ω<br>GDWK9/15/4 Ω<br>1 szt.       | a-250<br>b-450<br>c-230<br>d-10<br>Rys. 3a    | Rys. 4/I<br>lub<br>Rys. 5/I    | R <sub>1</sub> - 10 Ω<br>R <sub>2</sub> - x<br>C <sub>1</sub> - 20 μF<br>C <sub>2</sub> - 10 μF      |
| 25 W        | 8 Ω            | 60-18000 Hz                    | GDN16/12,5/15 Ω<br>2 szt.<br>GDS6/4/8 Ω<br>1 szt.<br>lub GD12/8/8 Ω<br>GDWK9/15/8 Ω<br>1 szt.      | a-250<br>b-450<br>c-230<br>d-10<br>Rys. 3a    | Rys. 4/I<br>lub<br>Rys. 5/I    | R <sub>1</sub> - 8 Ω<br>R <sub>2</sub> - x<br>C <sub>1</sub> - 20 μF<br>C <sub>2</sub> - 8 μF        |
| 30 W        | 4 Ω            | 60-18000 Hz                    | GDN16/15/8 Ω<br>2 szt.<br>GDS6/4/4 Ω<br>lub GD12/8/4 Ω<br>lub GD12/8/4 Ω<br>GDWK9/40/4 Ω<br>1 szt. | a-250<br>b-450<br>c-250<br>d-15<br>Rys. 3a    | Rys. 4/I<br>lub<br>Rys. 5/I    | R <sub>1</sub> - 8 Ω<br>R <sub>2</sub> - x<br>C <sub>1</sub> - 30 μF<br>C <sub>2</sub> - 10 μF       |
| 30 W        | 8 Ω            | 60-18000 Hz                    | GDN16/15/15 Ω<br>2 szt.<br>GDS6/4/8 Ω<br>lub GD12/8/8 Ω<br>1 szt.<br>GDWK9/40/8 Ω<br>1 szt.        | a-250<br>b-450<br>c-250<br>d-15<br>Rys. 3a    | Rys. 4/I<br>lub<br>Rys. 5/I    | R <sub>1</sub> - 8 Ω<br>R <sub>2</sub> - x<br>C <sub>1</sub> - 20 μF<br>C <sub>2</sub> - 10 μF       |
| 45 W        | 5 Ω            | 60-18000 Hz                    | GDN16/15/15 Ω<br>3 szt.<br>GD12/8/8 Ω<br>2 szt.<br>GDWK9/40/4 Ω<br>1 szt.                          | a-350<br>b-550<br>c-250<br>d-15 mm<br>Rys. 3b | Rys. 4/II<br>lub<br>Rys. 5/I   | R <sub>1</sub> - 10 Ω<br>R <sub>2</sub> - x<br>C <sub>1</sub> - 50 μF<br>C <sub>2</sub> - 10 μF      |
| 40 W        | 5 Ω            | 50-18000 Hz                    | GDN25/40/4 Ω<br>1 szt.<br>GD12/8/4 Ω<br>2 szt.<br>GDWK9/49/4 Ω<br>1 szt.                           | a-290<br>b-500<br>c-220<br>d-15 mm<br>Rys. 3c | Rys. 4/III<br>lub<br>Rys. 5/I  | R <sub>1</sub> - 6 Ω<br>R <sub>2</sub> - x<br>C <sub>1</sub> - 50 μF<br>C <sub>2</sub> - 10 μF       |
| 40 W        | 8 Ω            | 50-18000 Hz                    | GDN25/40/8 Ω<br>1 szt.<br>GD12/8/4 Ω<br>2 szt.<br>GDWK9/40/8 Ω                                     | a-290<br>b-500<br>c-220<br>d-15 mm<br>Rys. 3c | Rys. 4/III<br>lub<br>Rys. 5/I  | R <sub>1</sub> - 4 Ω<br>lub R <sub>1</sub> - 10 Ω<br>C <sub>1</sub> - 50 μF<br>C <sub>2</sub> - 8 μF |
| 60 W        | 8 Ω            | 40-18000 Hz                    | GDN30/60/8 Ω<br>1 szt.<br>GD12/8/4 Ω<br>2 szt.<br>GDWK9/40/8 Ω                                     | a-410<br>b-630<br>c-240<br>d-20 mm<br>Rys. 3c | Rys. 4/III<br>lub<br>Rys. 5/II | R <sub>1</sub> - 6 Ω<br>R <sub>2</sub> - x<br>C <sub>1</sub> - 50 μF<br>C <sub>2</sub> - 8 μF        |

tego samego typu pracujące w jednej obudowie, jak również zespoły głośników do odsłuchu stereofonicznego, muszą być połączone z uwzględnieniem zgodności fazy. W głośnikach połączonych fazowo w danej chwili membrany wychylają się w tę samą stronę. Zgodność faz łatwo sprawdzić za pomocą płaskiej baterii podłączając ją na krótko do wyprowadzeń cewki głośników. Gdy membrany wychylają się jednocześnie w tę samą stronę, połączenie jest prawidłowe, gdy wychylenia są przeciwne, w jednym z głośników trzeba zamienić kolejność połączeń. Dla ułatwienia wykonania zgodnych fazowo połączeń producenci głośników jeden z końców cewki oznaczają czerwoną kropką lub znakiem plus. Dla uniknięcia połączeń przeciwfazowych wytki i gniazda głośnikowe są tak skonstruowane, że można je łączyć tylko w jednym układzie. Jeśli nie stosujemy takich wytków i gniazd, należy oznaczać jeden z końców wyprowadzeń tak, aby nie było wątpliwości, jak połączyć kolumny głośnikowe z wyjściem wzmacniacza.

Dla zabezpieczenia membran głośników przed uszkodzeniem, na przednią ściankę obudowy zakładamy specjalną tkaninę brokatową lub inną tkaninę o rzadkim, ale mocnym splocie. Duże kolumny głośnikowe można wyposażyć w uchwyty ułatwiające ich przenoszenie.

Kolumny łączymy ze wzmacniaczem za pomocą przewodu sieciowego (linka o przekroju  $2 \times 0,75^2$ ), którego długość dobieramy według potrzeb od 5 do 20 m.

Oddzielne zagadnienie stanowią problemy związane z budową kolumn głośnikowych typu COMPACT. W dziale „Na warsztacie” były już kilkakrotnie opisywane konstrukcje niewielkich obudów głośnikowych tego typu. Miały one moc zaledwie kilkunastu watów z rozdziałem częstotliwości na dwa pasma (głośnik nisko-średniotonowy i wysokotonowy) lub z jednym głośnikiem szerokopasmowym.

Obudowy typu COMPACT zdobyły ostatnio dużą popularność, gdyż mają dużą moc elektryczną przy niewielkich wymiarach skrzynek. Wiele firm zachodnich lansuje, np. kolumny głośnikowe o wymiarach  $200 \times 300 \times 260$  mm, których moc wynosi około 50-60 W (przemysł krajowy w skrzynkach o takich wymiarach umieszcza głośniki 15-20 W). Budowa dobrych kolumn głośnikowych typu COMPACT w warunkach amatorskich zależy przede wszystkim od starannego wykonania skrzynek, które muszą być dokładnie dopasowane i sklejone tak, by nie było szczelin (rys. 6). Przednią ściankę, po wycięciu otworów przeznaczonych do zamocowania głośników, mocujemy na stałe lub przykręca-

my do bocznych listew wkrętami do drewna. Jeśli wybierzemy rozwiązanie z przednią ścianką przykręcaną, między listwy a ściankę z głośnikami należy podłożyć taśmę uszczelniającą w postaci pianki poliuretanowej używanej do uszczelniania okien. Również w czasie mocowania głośników pod



Łącząc głośniki należy pamiętać, by poszczególne przewody elektryczne były starannie przylutowane do odpowiednich wyprowadzeń głośników

ich kosze podkładamy paski tej samej pianki, zalewając ewentualne nieszczelności klejem POW (do nabycia w CSH).

Od wewnętrznej strony przedniej ścianki, przed jej przykręceniem, mocujemy elementy filtrów rozdzielających sygnał akustyczny i łączymy z głośnikami według wskazanego w tabelce schematu. I tu również należy zwrócić uwagę na fazowe łączenie głośników.

W skład filtrów rozdzielających wchodzi kondensatory bezbiegunowe o pojemności od kilku do kilkudziesięciu mikrofaradów i dławik. Kondensatory można kupić w sklepach BOMIS-u lub w sklepach z częściami radiotelewizyjnymi, natomiast dławiki musimy sami wykonać. Potrzebny będzie do tego drut nawojowy w emalii o średnicy 1,2–1,5 mm oraz szpule od anodowych cewek starych, uszkodzonych transformatorów wysokiego napięcia od krajowych odbiorników telewizyjnych. Po usunięciu starego uzwojenia ze szpuli nawijamy nowe uzwojenie, starannie wypełniając szpulę drutem.

Niektóre zespoły głośnikowe fabrycznej produkcji mają wbudowane przełączniki regulujące pracę głośnika wysokotonowego lub wysokotonowego i średniotonowego (2 przełączniki). Na rys. 7a, b pokazany jest układ regulacji dla dwóch rodzajów głośników. Z powodu braku w handlu odpowiednich do tego celu przełączników, można je zastąpić przełącznikami od głośników radiowęzłowych lub zastosować własne jeszcze inne rozwiązanie. Głośnik średniotonowy trzeba oddzielić od wpływu głośnika niskotonowego przez zakrycie go od we-

wnątrz odpowiednim szczelnym pojemnikiem. Do tego celu można użyć plastikowego pudełka o odpowiednich wymiarach i dostatecznie grubych i sztywnych ściankach. Zamiast plastikowych pudełek można wykonać z kawałków sklejki odpowiednią osłonę spełniającą to samo zadanie. Wnętrze obudowy, po wyprowadzeniu przez tylną ściankę przewodu połączeniowego lub po zamocowaniu i podłączeniu gniazda głośnikowego, wypełniamy pianką poliuretanową, na koniec zaś zamykamy skrzynkę.

Przed podłączeniem zespołu głośnikowego do wzmacniacza musimy sprawdzić szczelność skrzynki. Badanie szczelności będzie polegało na delikatnym wciskaniu membrany głośnika niskotonowego i obserwacji występujących potem zjawisk. Po zwolnieniu nacisku na membranę, powinna ona powrócić do poprzedniego stanu z pewnym opóźnieniem. Jeżeli w czasie prób nie zaobserwujemy tego zjawiska, to musimy odszukać nieszczelność. Wciskanie membrany głośnika niskotonowego nie może również wpływać na ruch membrany głośnika średniotonowego, zamkniętego w oddzielnej obudowie.

Przy działaniach zmierzających do zlokalizowania nieszczelności, można posłużyć się technicznym talkiem posypując nim miejsca, gdzie przypuszczalnie znajdują się szczeliny. Wydychanie talku w czasie wciskania membrany głośnika niskotonowego sygnalizuje nieszczelność, którą zalewamy klejem POW. Tym samym klejem zalewamy wewnątrz skrzynki wyprowadzenie przewodu połączeniowego lub miejsce zamocowania gniazda głośnikowego.

Gotowe skrzynki oklejamy drewnopodobną folią samoprzylepną, dermą lub, po zaszpachlowaniu nierówności – lakierujemy. Na przednią ściankę, podobnie jak przy obudowach basrefleks, zakładamy ramkę, ale tym razem obciążoną cienką tkaniną o rzadkim splocie. Ramka musi być dobrze przymocowana do skrzynki, aby nie pojawiły się nieprzewidziane efekty akustyczne wywołane jej drganiem w czasie pracy głośników.

Według danych zawartych w tym opisie uczniowie jednego z warszawskich liceów wykonali samodzielnie kilka zespołów głośnikowych, uzyskując bardzo dobre efekty. Szczególnie ważnym argumentem dla młodych ludzi, decydującym o samodzielnym wykonaniu kolumn głośnikowych, były stosunkowo niskie koszty związane z zakupem głośników i materiałów często nie przekraczające 30–40% wartości gotowej kolumny produkcji przemysłowej.

Roman Kozak