

# Calcolo dei trasformatori di Bassa Frequenza

ELABORAZIONE DI RADIUS

A varie riprese i Lettori ebbero a pregarci di prendere in considerazione, sulle pagine della nostra Rivista, il calcolo relativo ai trasformatori di Bassa Frequenza. Promettemmo e promettemmo ancora, ma in quanto a mantenere... furono promesse, come suol dirsi, da marinaio. Chiediamo venia del continuo rimandare a domani e concediamo la parola a Radius, nostro valido collaboratore, che tratterà diffusamente dell'argomento.

## TRASFORMATORI D' USCITA

Compito del trasformatore d'uscita è il trasferire la potenza dell'amplificatore di Bassa Frequenza all'altoparlante. Il trasformatore d'uscita (fig. 1) si rende necessario considerata la diversità tra le impedenze proprie dell'amplificatore di BF e l'altoparlante (figg. 2 e 3). Infatti, mentre l'impedenza di carico anodico di una valvola (Zg) assomma

a diverse migliaia di ohm (da 1500 a 18.000), l'impedenza della bobina mobile dell'altoparlante (Za), per ragioni di carattere costruttivo, risulta essere di pochi ohm (20 ohm). Se la bobina mobile di un altoparlante venisse inserita direttamente sul circuito anodico dello stadio finale di Bassa Frequenza, la medesima si comporterebbe al pari di una resistenza del valore di pochi ohm posta in serie ad altra del valore di parecchie migliaia di ohm: le due resistenze formerebbero un divisore di tensione e il valore di quest'ultima, presente ai capi della bobina mobile, risulterebbe praticamente eguale a zero.

Da ciò la necessità di realizzare un trasformatore costituito da un avvolgimento primario con impedenza pari a quella *ottima* richiesta dalla valvola finale dell'amplificatore e da un secondario di impedenza pari a quella della bobina mo-

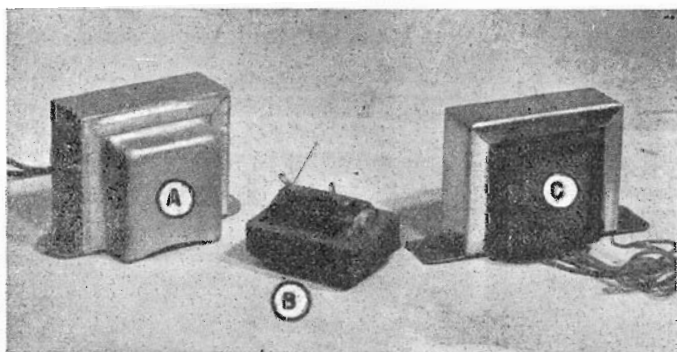


Fig. 1

- A) Trasformatore medio di ottima rifinitura per altoparlante fino a 15 cm. di diametro - potenza 2,5 watt.
- B) Trasformatore piccolo per altoparlante con cono diametro da 10 a 12 centimetri - potenza 1,5 watt - induttanza primaria 15 H. - f min. 160 Hz.
- C) Trasformatore medio-grande per altoparlante fino a 22 centimetri di diametro - potenza trasferibile 4,5 watt - induttanza primaria 30 H. - f min. 70 Hz.

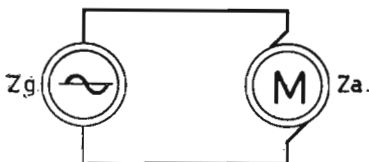


Fig. 2. — La valvola può paragonarsi ad un generatore di c. a.; l'altoparlante ad un motore (M). Se la  $Z_g$  - impedenza del generatore - e la  $Z_a$  - impedenza del motore - risultano eguali, si potrebbe conseguire il massimo rendimento a mezzo di collegamento diretto.

bile dell'altoparlante messo in opera.

### 1. - RAPPORTO DI TRASFORMAZIONE

Il primo elemento necessario al calcolo di un trasformatore d'uscita è il rapporto (R) esistente fra numero di spire dell'avvolgimento primario e avvolgimento secondario in relazione alle impedenze richieste dalla valvola finale e dalla bobina mobile dell'altoparlante.

La semplice relazione più sotto riportata ci dice come R venga determinato dal rapporto delle radici quadrate dei valori d'impedenza; infatti:

$$R = \frac{\sqrt{Z_g}}{\sqrt{Z_a}} \quad (1) \text{ (vedi Tab. N. 1)}$$

dove  $Z_g$  rappresenta l'impedenza tipica della valvola finale e  $Z_a$  l'impedenza dell'altoparlante.

Disponendo così di una valvola finale tipo 3Q4, della quale conosceremo la  $R_c$  tipica usando la Tabella N. 3 (10.000 ohm), e di un altoparlante con  $Z_a$  eguale a 4 ohm, avremo che:

$$R = \frac{\sqrt{10.000}}{\sqrt{4}} = \frac{100}{2} = \frac{50}{1} = 50$$

dove 50 sta ad indicare come ad ogni 50 spire dell'avvolgimento primario debba corrispondere 1 spira del secondario.

Si tratta ora di stabilire il numero delle spire dell'avvolgimento primario, che nella pratica, logicamente, risulterà multiplo di 50 (1000 - 1500 - 5000).

Prima di proseguire permet-

temi di indicarvi come si possa mettere in opera un qualsiasi trasformatore d'uscita di ricupero con la semplice utilizzazione della formuletta (1).

A) - Misurate con l'ohmetro la resistenza fra i terminali per l'individuazione del primario e del secondario: al primario corrispondono resistenze ohmiche dell'ordine delle centinaia; mentre il secondario apparirà quasi cortocircuitato, tenuto conto della bassissima resistenza rilevabile;

B) - Collegate il primario alla rete luce, interponendo un autotrasformatore ai terminali, si dà alimentare il medesimo con 100 volt (i 100 volt vennero scelti per semplificare il calcolo);

C) - Leggete la tensione secondaria a vuoto;

D) - Collegate ai terminali del secondario una lampada a 6 volt, prendendo nota del valore al quale discende la tensione secondaria;

E) - Eseguite la media fra le letture C e D; il rapporto risultante fra la tensione primaria e la tensione media rilevabile al secondario sta ad indicarci il rapporto di trasformazione.

### Esempio

Tensione primaria volt 100;  
Tensione secondaria a vuoto volt 3,2;

Tensione secondaria a carico volt 2,8;

Tensione media al secondario volt 3.

$$R = \frac{100}{3} = 33 \text{ circa;}$$

eseguendo il quadrato di 100 ( $100^2 = 10.000$  ohm) e di 3 ( $3^2 = 9$  ohm) saremo in possesso dei valori orientativi che ci indicheranno la possibilità

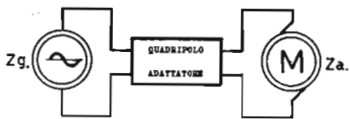


Fig. 3. — Praticamente però  $Z_g$  risulta assai maggiore di  $Z_a$ , per cui necessita un adattatore d'impedenza, rappresentato dal trasformatore d'uscita.

d'impiego di tale trasformatore

Considerando che altoparlanti con bobine da 9 ohm non esistono, ammettiamo si tratti

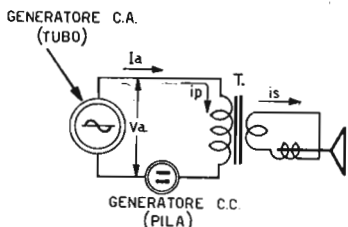


Fig. 4. — Circuito equivalente di uno stadio di potenza.

$I_a$  = corrente continua anodica

$i_p$  = corrente alternata primaria prodotta dai suoni

$i_s$  = corrente alternata secondaria, che fa vibrare il cono dell'altoparlante percorrendo la bobina mobile.

di secondario a 4 o 4,5 ohm, per cui:

$$10.000 : 2 = 5.000 \text{ ohm.}$$

$$9 : 2 = 4,5 \text{ ohm;}$$

Avremo così che il trasformatore in esame e del quale non eravamo a conoscenza delle caratteristiche, potrà adattare l'altoparlante da 4 o 4,5 ohm con valvole finali tipo 6V6 o 6AQ5, le quali richiedono una impedenza di carico ottimo ( $Z_g$ ) pari a circa 5000 ohm.

### 2. - NUCLEO E NUMERO DI SPIRE

Il trasformatore d'uscita presenta la particolarità di risultare soggetto (fig. 4), ad un tempo, sia alla corrente continua che alimenta la placca della valvola finale, che a correnti alternate di frequenze diverse, corrispondenti ai suoni che l'altoparlante riproduce (Bassa Frequenza).

La corrente continua anodica genera un'induzione costante  $B_0$ ; mentre la corrente alternata genera una seconda induzione  $B$ , variabile per senso e intensità.

Prendiamo in considerazione un comune nucleo di ferro lamellato di caratteristiche normali, con perdite di 1,6 watt per Kg.

Tale ferro lamellato, facilmente reperibile sul mercato nazionale, viene largamente usato nella costruzione dei trasformatori d'uscita, in quanto,

con la messa in opera del medesimo, è possibile raggiungere buona permeabilità dinamica alla Bassa Frequenza qualora però l'induzione  $B_0$ , prodotta

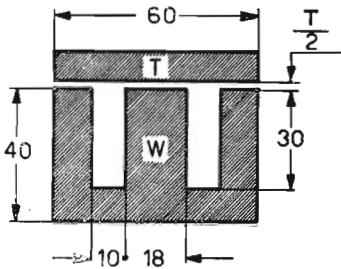


Fig. 5. — Forma e dimensionamento del nucleo per il tipo di trasformatore di cui ad esempio riportato a paragrafo 4.

dalla componente continua, non superi i 5000 gauss.

In tal modo infatti si potrà disporre ancora di 5.000 gauss di riserva per la  $B$  a corrente alternata (Bassa Frequenza).

Dobbiamo precisare a questo punto non essere compito del presente articolo prendere in esame i termini meno noti dell'elettronica, per cui certe definizioni dovranno essere accettate quali sono.

In primo luogo necessiterà stabilire il dimensionamento del nucleo.

La sezione netta  $S$  della colonna centrale in  $\text{cm}^2$  la otterremo applicando la seguente formula:

$$S = 10 \sqrt{\frac{P}{f \text{ min.}}} \quad (2)$$

dove  $P$  è la potenza in watt da

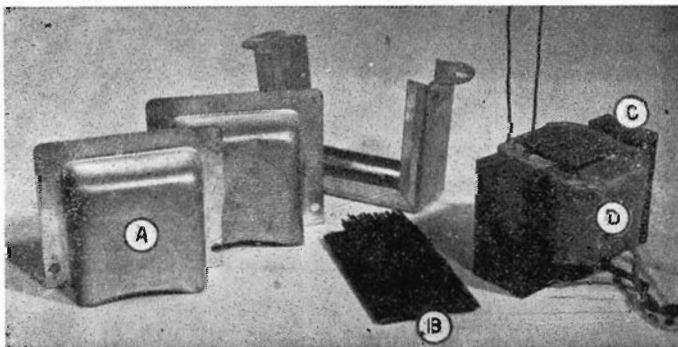


Fig. 6. — A) Calotte - B) Blocco lamierini di chiusura - C) Nucleo a W - D) Bobina con primario e secondario sovrapposti.

trasferire ed  $f$  min. la frequenza più bassa che si desidera riprodurre. Il valore di  $S$  risulta essere al netto; il lordo si otterrà moltiplicando il netto per un fattore variabile da 1,1 a 1,2.

La relazione di cui sopra è valida qualora  $B$  risulti pari o superiore a 5.000.

Il comportamento del trasformatore alle più basse frequenze udibili è in dipendenza dell'induttanza del primario, induttanza che risulta strettamente legata alla corrente continua che lo percorre, al traferro, ecc.

$$L = \frac{Z_p}{6,28 \cdot f \text{ min.}} \quad (3)$$

dove  $Z_p = \frac{V_a}{I_a}$ ;  $L$  = indut-

tanza in henry del primario.

Siamo a conoscenza ora di  $L$ ,  $B$ ,  $S$ ,  $I$  (corrente continua anodica  $I_a$  espressa in amper) e potremo, a mezzo di tali elementi, conoscere il numero delle spire primarie  $N$ . Infatti:

$$N = \frac{L \cdot I \cdot 100.000.000}{B \cdot S} \quad (4)$$

Al fine  $B_0$ , prodotto dalla corrente continua, non risulti maggiore di 5.000, il circuito magnetico del nucleo dovrà essere interrotto da un traferro  $t$ :

$$t = \frac{1,25 \cdot N \cdot I}{B_0} \quad (5)$$

Il traferro  $t$  risulta in centimetri e in conseguenza il nucleo di figura 5 dovrà avere le parti  $W$  montate in unico bloc-

co e le barrette  $T$  applicate dal lato aperto (vedi fig. 6).

#### Esempio

Si debba costruire un trasformatore d'uscita per una

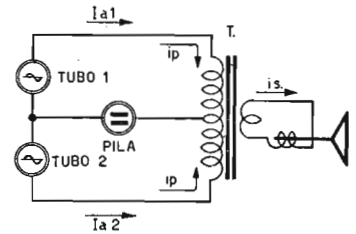


Fig. 7. — Circuito equivalente di uno stadio push-pull.

$I_{a1} = I_{a2} =$  correnti continue anodiche

$i_p =$  correnti alternate primarie impresses al circuito dalle due valvole

$i_s =$  corrente alternata secondaria.

6AQ5 ( $V_a = 250$ ;  $I_a = 40$  mA;  $W_{usc.} = 3$ ). Stabilita una  $f$  min. = 30 Hz, mediante l'applicazione della formula (2), calcoleremo la sezione netta  $S$ .

$$S = 10 \sqrt{\frac{3}{30}} =$$

$$10 \times \frac{1}{3,16} = 3,16 \text{ cm}^2$$

Moltiplicando ora il risultato per 1,1 o per 1,2, avremo che la sezione lorda sarà compresa fra 3,5 e 3,8  $\text{cm}^2$ . Così, ad esempio, il pacchetto con colonna centrale di 18 mm. risulterà di 20 mm. di spessore (superficie eguale  $1,8 \times 2 = 3,6 \text{ cm}^2$ ).

L'impedenza del primario risulterà:

$$Z_p = \frac{V_a}{I_a} = \frac{250}{0,040} = 6250 \text{ ohm}$$

Quindi, mediante l'applicazione della formula (3), calcoleremo  $L$ .

$$L = \frac{6250}{6,28 \times 30} = \frac{1000}{30} = 33 \text{ henry}$$

circa.

L'arrotondamento per eccesso, in calcoli del genere, non risulterà in alcun caso dannoso.

Giunti a questo punto, con l'applicazione della formula (4) rintracceremo il numero delle spire dell'avvolgimento primario:

$$N = \frac{33 \times 0,04 \times 100.000.000}{5000 \times 3,16} =$$

$$= \frac{1,32 \times 100.000.000}{15.800} =$$

$$= \frac{1.320.000}{158} = 8400 \text{ spire}$$

Il diametro del filo lo si dedurrà consultando la Tabella N. 2, in base alla Ia e considerando una densità di 4 amper per mm<sup>2</sup>.

Converrà ora verificare, compulsando la Tabella N. 3, se la finestra del pacco lamellare consente l'avvolgimento di 8400 spire in filo smaltato del diametro di mm. 0,11. Accertatici di ciò, volgeremo la nostra attenzione al traferro (5).

$$t = \frac{1,25 \times 8400 \times 0,04}{5000} =$$

$$= \frac{10,5 \times 0,04}{5} = 0,08 \text{ cm.} = 0,8 \text{ mm.}$$

Un traferro di 0,8 mm. si realizza interponendo tra i lamierini a W e quelli a T (fig. 5) uno spessore di carta di millimetri 0,4.

A conoscenza di tutti i dati concernenti il nucleo ed il primario, necessita ricercare il numero di spire dell'avvolgimento secondario.

Ricaveremo il rapporto R applicando la formula (1); in sede d'esempio ci rifaremo ai dati ricavati al paragrafo 1 e cioè prenderemo R = 33.

Il numero di spire dell'avvolgimento secondario risulterà:

$$\frac{8400}{33} = 255$$

Per la scelta del filo, considerando la potenza dell'ordine di 3 o 4 watt, metteremo in opera filo smaltato del diametro di mm. 0,30 - 0,35. Adopreremo in ogni caso il filo di maggior diametro si da riempire completamente la finestra, non dimenticando l'isolamento.

### 3. - TRASFORMATORI PER VALVOLE IN OPPOSIZIONE

L'uso degli amplificatori in push-pull permette l'eliminazione della componente continua primaria Ia e conseguentemente del traferro t. Come notasi a

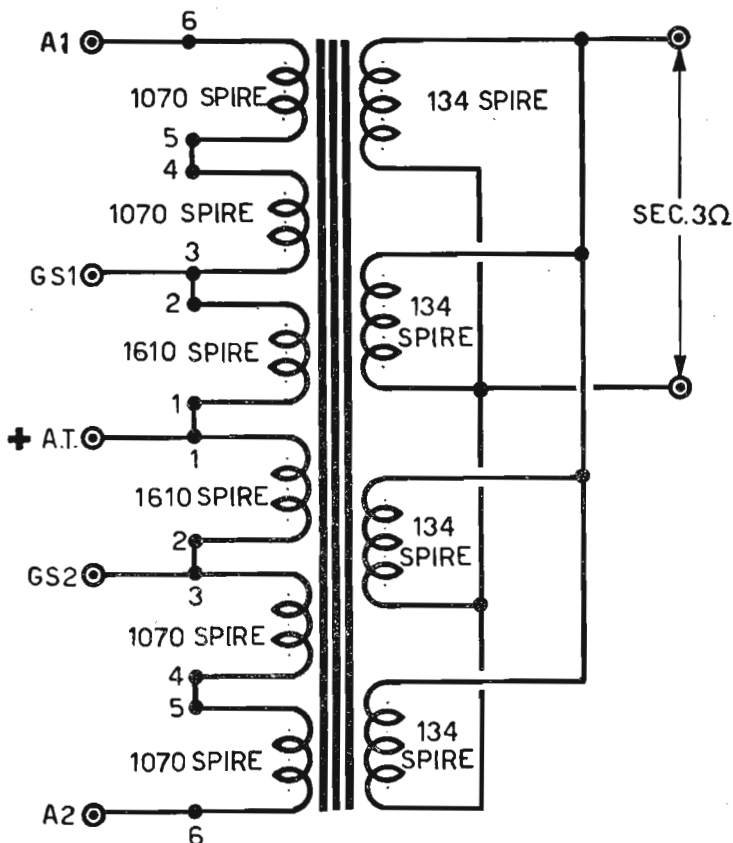


Fig. 8. — Trasformatore Hi-Fi.

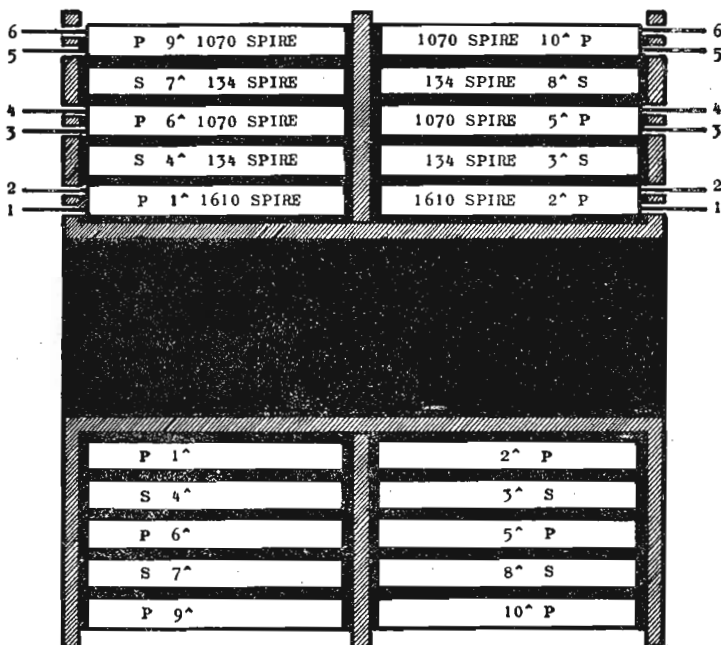


Fig. 9. — Le varie sezioni degli avvolgimenti del trasformatore Hi-Fi.

figura 7 la Ia e la Ia2, percorrendo il primario in senso inverso, vengono ad annullarsi. Pertanto, se il ferro ammette 10.000 gauss, B per la corrente alternata potrà arrivare a 10.000.

Le formule (1) e (2) risultano tutt'ora valide; nella (3)  $Z_p$  verrà sostituita con  $Z_g$  fra anodo e anodo delle due valvole in opposizione.

Nella (4) si considera una  $I'$ , in luogo di  $I$ , equivalente a 0,4 la Ia di una sola valvola.

La (5) non si impiega; i lamierini vengono montati a giunti sfalsati parimenti ai trasformatori per corrente alternata per rete luce.

#### 4. - TRASFORMATORI PER PUSH-PULL HI-FI

A) Valgono i medesimi criteri teorici; però si dovrà te-

nere  $f$  min. bassissima (5 - 10 Hz); naturalmente S ed N raggiungeranno valori di maggior entità di quelli normali per trasformatori economici, per i quali si arriva a considerare  $f$  min. = 100 o 150 Hz.

Nella HI-FI è richiesta pure la presenza di note molto più alte di quelle normalmente considerate; si ha allora che  $f$  max., solitamente sui 4000 - 5000 Hz, sale a 20 KHz. Ciò comporta uno speciale montaggio degli avvolgimenti, al fine di minimizzare la capacità parassita, causa prima dell'attenuazione delle frequenze alte. E' richiesta infine una rigorosa disposizione simmetrica degli avvolgimenti, al fine le ip, fornite da ciascuna valvola, risultino il più possibile eguali e la distorsione della 2ª armonica

venga ridotta al minimo.

Tutte le considerazioni di carattere teorico esposte risultano tradotte in pratica nell'e-

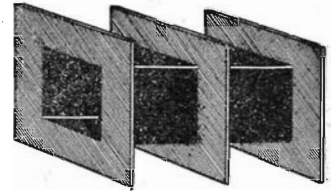


Fig. 11. — Doppia carcassa in pressspan nero.

sempio delle figure 8-9-10 e 11: il nucleo presenta una sezione di  $cm^2$ , ossia  $cm. 3 \times 4$ ; le lamine di ferro-silicio 4 % presentano uno spessore di millimetri 0,5.

Il metodo d'avvolgimento risulta il seguente (fig. 9):

- a) Avvolgere la prima sezione;
  - b) capovolgere il cartoccio ed avvolgere le sezioni 2ª, 3ª, 4ª e 5ª;
  - c) capovolgere ancora ed avvolgere le sezioni 6ª, 7ª, 8ª e 9ª;
  - d) capovolgere nuovamente ed avvolgere la sezione 10ª;
- carta paraffinata fra strato e strato, presspan nero tra sezione e sezione; uscite indipendenti per ogni sezione; bagno finale in paraffina.

Tale trasformatore, elaborazione di un Lettore di *Sistema Pratico* - Ing. B. TREVISANI di Bologna - e da noi sperimentato con successo, può stare alla pari coi migliori HI-FI da commercio.

Concludiamo l'argomento HI-FI con una appendice che

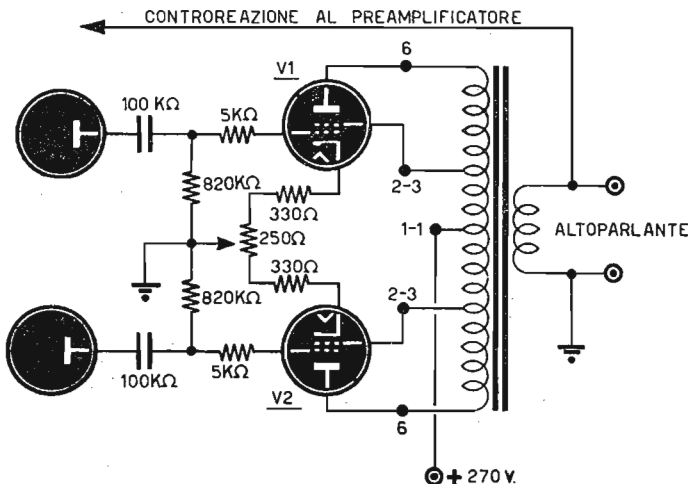


Fig. 10. — Finale per il trasformatore Hi-Fi di cui a figure 8 e 9. Le due valvole V1 e V2 risultano del tipo 6AQ5.

#### RAPPORTI DI TRASFORMAZIONE INDICATIVI PER $Z_g$ E $Z_a$ CARATTERISTICI

TABELLA 1

Resistenza di carico	Impedenze bobine mobili in ohm						
	2	3	5	8	10	15	20
4000 ohm	44,7	36,5	28,3	22,4	20	16,4	14,1
5000 »	50	40,8	31,6	25	22,4	18,3	15,8
6000 »	54,8	44,7	34,6	27,4	24,5	20	17,3
8000 »	63,3	51,6	40	31,6	28,3	23	20
10000 »	70,7	57,7	44,7	35,3	31,6	25,8	22,4
12000 »	77,5	63,3	49	38,7	34,6	28,3	24,5
14000 »	83,7	68,3	53	41,8	37,4	30,6	26,5

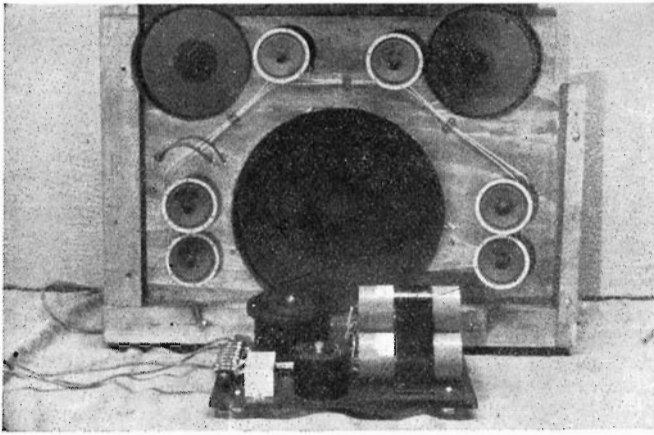


Fig. 12. — Supporto altoparlanti e filtro.

non mancherà di interessare i Lettori.

B) Per il completamento di un amplificatore HI-FI, adatto a un sistema a più altoparlanti, modificammo il filtro trifonico, di cui al numero 7-57 di *Sistema Pratico*, semplificandolo.

La combinazione degli altoparlanti messi in opera è visibile nella foto di cui a figura 12; il circuito elettrico relativo appare a figura 13.

Si noti a figura 12 come i 6 altoparlanti tipo M63 MICRODYN risultino inclinati sotto angoli diversi per una migliore distribuzione delle note alte nel locale (solitamente le note alte si raccolgono ottimamente frontalmente alla finestra del mobile, in modo pessimo o addirittura per nulla, da altre posizioni). Per la medesima ragione vennero messi in opera 6 altoparlanti, risultando impossibile l'audizione delle note alte con uno o due altoparlanti.

## 5. - PER GLI OM: TRASFORMATORE DI MODULAZIONE

La realizzazione dei costosi trasformatori di modulazione per XMTR dilettantistici interesserà senza meno un certo numero di Lettori.

Le formule di cui a paragrafi 1 e 2 risultano applicabili con qualche variante: Scelta del rapporto di trasformazione R (formula (1)): per Zg si prenderà l'impedenza di carico fra anodo e anodo, rappresen-

tata dall'amplificatore Bf a valvole in opposizione; Za viene sostituita col rapporto Va : Ia delle tensioni e correnti continue della valvola modulata.

## Esempio (fig. 14)

Un push-pull di 6F6 in classe AB : Zg = 10.000 ohm deve fornire il segnale Bassa Frequenza per la modulazione di una 807 in classe C (AF), che assorbe 80 mA con 400 volt aodici.

$$Z_a = \frac{400}{0,080} = 5000 \text{ ohm}$$

$$R = \sqrt{\frac{Z_g}{Z_a}} = \sqrt{\frac{10000}{5000}} = \sqrt{2} = 1,41$$

Ovvero per ogni 100 spire secondarie faranno riscontro 141 spire al primario.

Questo ci dice che il volume occupato dai due avvolgimenti risulterà quasi eguale, perciò, non intendendo usare nuclei grandi con finestre larghe, si

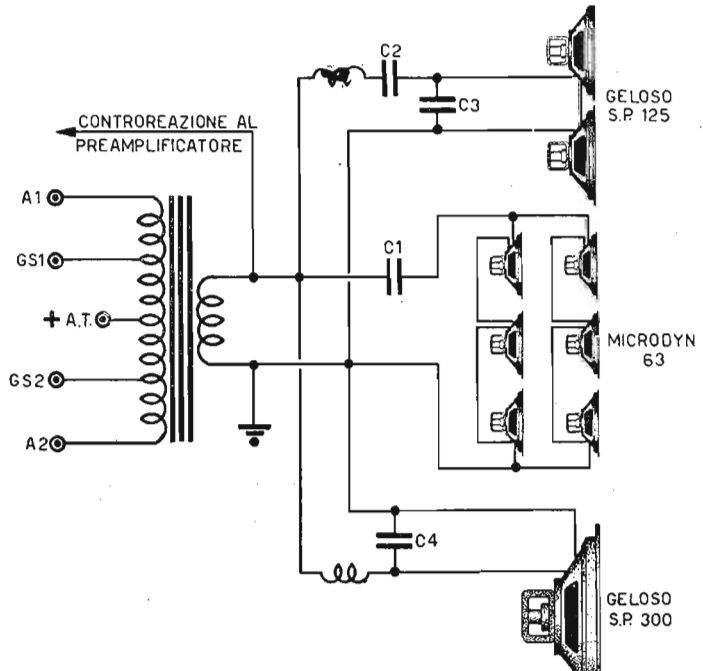


Fig. 13. — L'impedenza presentata dagli altoparlanti oscilla dai 5 ai 6 ohm; infatti ogni bobina mobile degli SP 125 GELOSO presenta Z = 3 ohm, in serie (e in fase) 6 ohm. Ogni M 63 MICRODYN presenta Z = 4 ohm (3 x 4 = 12 ohm), 2 serie di 12 ohm in parallelo = 6 ohm. L'SP presenta Z = 5 ohm, però risulta leggermente frenato dalla cassa di risonanza, per cui alle note basse, presenta una Z dinamica un poco più alta di 5 ohm. Z1 = 140 spire di filo in rame smaltato diametro mm. 1,5. Z2 = 440 spire di filo in rame smaltato diametro mm. 1,5. C1 = 4 mF a carta; C2 = 24 mF - C3 = 20 mF - C4 = 20 mF - elettrolitici per c.a. per avviamento motori.

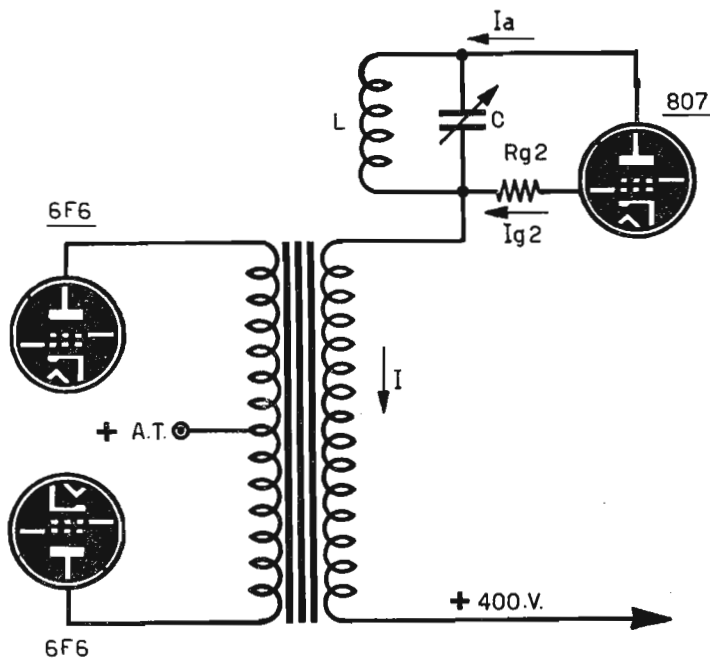


Fig. 14. — Modulatore e stadio AF modulato di anodo e griglia schermo. Rg2 = resistenza di griglia schermo = 25 Kohm/3 watt.

dovrà ridurre il numero delle spire al minimo indispensabile.

Dalle formule (2) e (3) ricaviamo che il nucleo ed il primario possono presentarsi di dimensioni modeste, nel caso si tenga la  $f$  min. piuttosto alta. Questo, nel caso dei trasformatori di modulazione, risulta possibile, in quanto il parlato difficilmente origina suoni di frequenza inferiore ai 200 Hz.

Calcoliamo quindi S per  $P = 20$  watt ed  $f_{min} = 180$  Hz.

$$S = 10 \sqrt{\frac{20}{180}} = 10 \sqrt{\frac{1}{9}}$$

$$= 10 \times \frac{1}{3} = 3,3 \text{ cm}^2$$

S lordo potrà risultare 4,4 cm<sup>2</sup>, ossia colonna di cm. 2,2x2.

Il secondario è percorso dalla I pari alla somma  $I_a + I_{g2}$  della 807; a motivo di tale I (fig. 14) abbiamo induzione permanente prodotta dal seconda-

TABELLA 2

DATI DI IMPIEGO DEI FILI IN RAME SMALTATO

Diametro del filo nudo in mm.	Spire avvolgibili per cm <sup>2</sup> (1)	Corrente ammissibile in mA per densità di corrente di			Resistenza in ohm per metro a 20° C
		2 Amp. mm <sup>2</sup>	3 Amp. mm <sup>2</sup>	4 Amp. mm <sup>2</sup>	
0,07	13950	7,5	11,5	15,5	4,55
0,08	11070	10	15	20	3,48
0,09	9000	12,7	19	25,5	2,75
0,10	6812	15,5	23,5	31,5	2,23
0,11	5760	19	29	38	1,84
0,12	4929	22	34	45	1,55
0,15	3172	35	53	71	0,99
0,18	2250	51	77	102	0,688
0,20	1823	62	95	126	0,558
0,22	1548	76	115	150	0,461
0,25	1440	98	148	200	0,357
0,28	1026	122	190	250	0,284
0,30	865	141	210	280	0,248
0,32	756	160	240	320	0,218
0,35	639	190	290	340	0,182
0,38	549	220	340	420	0,160
0,40	476	250	380	500	0,139
0,45	396	320	480	640	0,110
0,50	325	390	590	780	0,089
0,55	273	470	720	950	0,0737
0,60	228	560	850	1130	0,0619
0,65	194	660	1000	1330	0,0528
0,70	169	760	1160	1540	0,0855
0,75	148	880	1330	1760	0,0396
0,80	130	1000	1500	2000	0,0348
0,85	115	1130	1700	2300	0,0309
0,90	103	1270	1900	2500	0,0275
0,95	96	1410	2100	2800	0,0247
1,00	83	1560	2400	3100	0,0223

(1) Spire avvolgibili con bobinatrice; per avvolgimenti a mano calcolare il 5% in meno.

rio, per cui necessiterà prevedere il traferro e riprendere in considerazione  $B_0 = 5000$ ; B risulterà quindi  $10000 : 2 = 5000$  gauss; infine converrà impostare tutti i calcoli sul secondario, tenuto conto che I scorre in detto. Avremo così:

$$L_s = \frac{Z_a}{6,28 \cdot f \cdot \text{min.}} = \frac{5000}{6,28 \times 180} = 5 \text{ henry}$$

$$N \text{ sec} = \frac{L_s \cdot I \cdot 100.000.000}{B \cdot S}$$

e poichè

$$I = I_a + I_g = 80 + 9 \text{ mA} = 89 \div 90 \text{ mA}$$

avremo

$$N \text{ sec} = \frac{5 \times 0,09 \times 100.000.000}{5000 \times 3,3} =$$

$$= \frac{9000}{3,3} = 2720 \text{ spire}$$

Necessita ora conoscere il traferro necessario ad assicurare un  $B_0$  di 5000 gauss qualora l'avvolgimento secondario di 2720 spire risulti percorso da

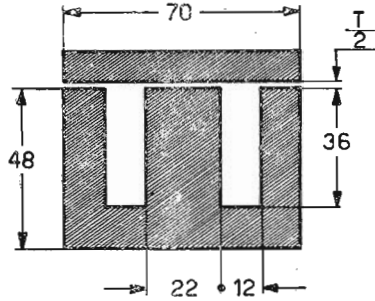


Fig. 15. — Nucleo trasformatore di modulazione di cui ad esempio riportato a paragrafo 4.

una corrente continua di 90 mA:

$$t = \frac{1,25 \times 2720 \times 0,09}{5000} = \text{cm. } 0,061 = \text{mm. } 0,61$$

Il traferro, come nell'esempio di cui a paragrafo 2, si realizzerà interponendo fra le due parti del nucleo un cartoncino avente uno spessore di 0,3 mm.; vale ricordare infatti come con nuclei a W, i percorsi magnetici risultino due, per cui ogni punto di interruzione risulterà  $t/2$  (fig. 15).

Le spire primarie risultano  $2720 \times 1,41 = 3836$ , con presa centrale, cioè alla 1918ª spira.

E' possibile ricavare il diametro dei fili dalla Tabella N. 2. Per l'esempio suriportato potrebbe prestarsi il diametro 0,18, sia nel caso del primario, che per il secondario.

TABELLA 3

DATI CARATTERISTICI DELLE VALVOLE FINALI

TIPO	Tubo singolo		2 tubi in opposizione					
	Classe A		Classe AB <sub>1</sub>		Classe AB <sub>2</sub>		Classe B	
	P. U.	Rc	P. U.	Rc	P. U.	Rc	P. U.	Rc
3A4	0,6 W	8 K						
DL93	0,7 W	8 K						
3C4	0,2 W	13 K						
DL96								
3Q4	0,27 W	10 K						
3S4	0,27 W	8 K						
DL92								
5AQ5	4,5 W	5 K	10 W	10 K				
6AQ5								
EL42	2,8 W	9 K	7 W	15 K				
6BQ5	4,3 W	7 K	11 W	8 K	17 W	8 K	17 W	8 K
EL84								
6CL6	2,8 W	7,5 K						
6F6	5 W	7 K	19 W	10 K				
EL41	4,8 W	7 K	9,4 W	7 K				
6L6	6,5 W	2,5 K	18 W	3,8 K	31 W	6 K		
	10,8 W	4,2 K	24,5 W	9 K	47 W	3,8 K		
6M7							10 W	8 K
6V6	4,5 W	5 K	14 W	8 K				
35D5	4,8 W	2,5 K						
50B5	1,9 W	2,5 K						
50L6	2,1 W	2 K						
EL34	12 W	2,5 K	37 W	4 K	58 W	4,4 K	108 W	11 K
807			15 W	3 K	55 W	3,7 K	120 W	7,3 K