

COSÌ si calcolano i TRASFORMATORI

Qualche tempo fa, quando ancora non esistevano i transistor, reperire in commercio dei trasformatori di alimentazione adatti alle valvole termoioniche non era difficile. Ogni trasformatore risultava costruito sempre con un secondario ad alta tensione e con due secondari a bassa tensione dei quali uno serviva per alimentare i filamenti delle valvole e l'altro per la valvola raddrizzatrice. Il lettore doveva soltanto sapere quale potenza desiderava dal trasformatore, cioè se 40-60 o 100 watt.

Oggi, con i transistor, si presenta spesso e irrisolvibile il problema di rintracciare dei trasformatori con caratteristiche idonee al circuito, in quanto ogni progetto richiede un proprio e ben determinato trasformatore. Si prenda ad esempio qualche schema di alimentatore stabilizzato: troveremo che lo schema «X» richiede un trasformatore da 100 watt con un solo secondario da 30 volt-3 amper, mentre lo schema «Y» abbisogna di un trasformatore con più secondari, ad esempio un primo in grado di erogare 40 volt 2 amper, un secondo per 25 volt — 0,5 amper ecc. Un terzo alimentatore richiede invece la presenza di un solo secondario da 30+30 volt 2,5 amper. In sostanza occorre chiedersi: come può il lettore risolvere il problema del trasformatore quando non riesce a reperirlo in commercio provvisto delle caratteristiche necessarie?

Potreste risponderci: rivolgendosi ad un'officina attrezzata a tale tipo di montaggio, e questa potrebbe essere una soluzione attuabile però soltanto da coloro che abitano in grossi centri nei quali esistono ditte attrezzate per la costruzione di trasformatori.

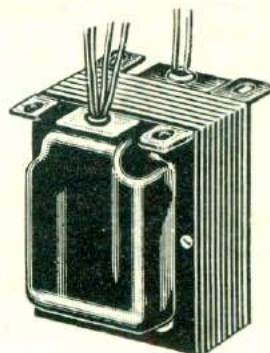
Non tutti però sono tanto fortunati per cui riteniamo utile presentare ai nostri lettori questo articolo dal quale potranno apprendere le varie formule necessarie per il calcolo delle spire, per la determinazione del diametro del filo, delle dimensioni del nucleo ecc., mettendoli così in condizione di potersi costruire di volta in volta i trasformatori necessari, utilizzando vecchi lamierini oppure riavvolgendo vecchi trasformatori bruciati, tenuti ora nello scatolone del materiale inutilizzabile. In questo articolo su come avvolgere i trasformatori non forniremo soltanto le formule richieste, del resto non sempre facilmente ricavabili, ma vi presenteremo le tabelle già calcolate in modo da consentirvi di ricavare immediatamente il numero delle spire, il diametro del filo richiesto e le dimensioni del nucleo.

In questo modo eviterete perdite di tempo e possibili errori, anche se la maggior parte di voi è in grado di svolgere queste semplici operazioni con estrema disinvoltura. Cercheremo come sempre di essere estremamente chiari e comprensibili, come del resto è nostra abitudine e siamo sicuri che questa semplice ma completa esposizione riscuoterà il vostro consenso.

LA POTENZA DEL TRASFORMATORE

Volendo costruire un trasformatore è necessario, come prima cosa, stabilire quanti watt si devono prelevare dallo stesso, ovvero bisognerà conoscere quale tensione desideriamo e questa corrente dovremo prelevare da tale tensione.

Dopo aver letto questo articolo ogni lettore sarà in grado di dimensionarsi ed autocostruirsi qualsiasi tipo di trasformatore con le caratteristiche richieste dai vari circuiti in cui sarà impiegato. Disponendo di vecchi trasformatori bruciati avrete la possibilità di riutilizzarli superando così le eventuali difficoltà che potreste incontrare nel tentativo di reperirli in commercio.



di ALIMENTAZIONE a 50 Hz

Ad esempio, se abbiamo bisogno di un trasformatore adatto per un alimentatore stabilizzato in grado di fornirci 30 volt, con un carico massimo di 3 amper (fig. 1) la potenza del nucleo dovrà risultare pari a:

$$30 \times 3 = 90 \text{ watt (} W = V \times A \text{) (fig. 1)}$$

Se, sullo stesso trasformatore vogliamo avvolgere più secondari, dovremo fare la somma dei watt che vogliamo prelevare da ogni singolo secondario: la somma ottenuta ci darà il valore della potenza necessaria al nucleo del trasformatore da realizzare.

Ad esempio, supponiamo che ci necessiti un trasformatore in grado di erogarci, da uno dei secondari, 25 volt 2 amper, e dall'altro secondario 6 volt 1 amper. La potenza del trasformatore dovrà risultare pari a:

$$25 \times 2 = 50 \text{ watt (potenza richiesta dal primo secondario)}$$

$$6 \times 1 = 6 \text{ watt (potenza richiesta dal secondo secondario)}$$

$$50 + 6 = 56 \text{ watt (potenza totale del trasformatore). (Fig. 2).}$$

Per stabilire la potenza in watt del trasformatore che dovremo avvolgere, e di conseguenza fissare le dimensioni del pacco lamellare, occorrerà, come abbiamo visto dagli esempi precedenti, moltiplicare la tensione da prelevare sul secondario per la corrente massima in amper.

Se gli avvolgimenti sul secondario dovessero essere più di uno, dovremo calcolare la potenza in

In questo articolo troverete le tabelle anche per i trasformatori in ferrite.

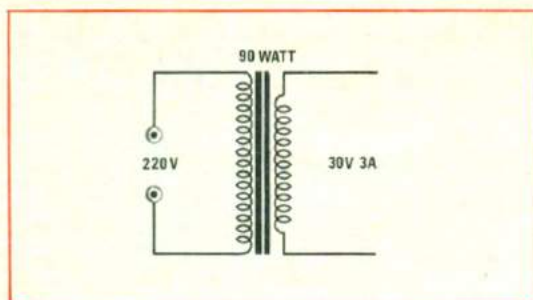


Fig. 1 Conoscendo quanti volt e amper dovrà erogare il secondario del trasformatore che intendiamo costruire ne ricaveremo i watt, con questo dato, potremo determinare la sezione del nucleo avvalendoci della tabella n. 1 (pag. 219).

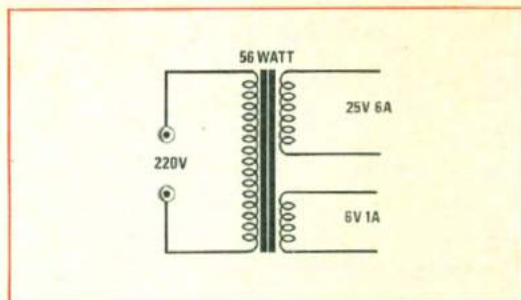


Fig. 2 Se gli avvolgimenti secondari sono più di uno per conoscere la potenza in watt del trasformatore da costruire dovremo semplicemente aggiungere i watt erogati da ogni avvolgimento.

watt necessaria ad ogni avvolgimento, quindi addizionare i watt dei singoli avvolgimenti.

Nel calcolo della potenza in watt del trasformatore, in cui la tensione debba essere raddrizzata per mezzo di diodi, in modo da essere trasformata in tensione continua, occorre ricordarsi che, se il secondario dispone di una « presa centrale », la potenza richiesta dal trasformatore non deve essere calcolata tenendo conto della massima tensione, ma solo per la metà di essa.

Occorre ricordarsi questo particolare per non incorrere nell'errore di ritenere un trasformatore così realizzato, di potenza superiore alla realtà e per evitare di utilizzare un pacco di lamierini superiore al richiesto.

Infatti, come vedesi in fig. 3, se dobbiamo

realizzare un trasformatore munito di un secondario di 20 volt — 3 amper sul quale andrà applicato un ponte raddrizzatore, la potenza in watt sarà contenuta moltiplicando i volt per gli amper, cioè, nell'esempio:

$$20 \times 3 = 60 \text{ watt}$$

mentre se, in sostituzione del ponte, lo schema prevede l'impiego di una presa centrale realizzata, come sappiamo, con due soli diodi (fig. 4), e perciò un secondario da 40 volt 3 amper, con presa centrale, la potenza del trasformatore risulterà:

$$(40 \times 3) : 2 = 60 \text{ watt}$$

e non:

$$40 \times 3 = 120 \text{ watt}$$

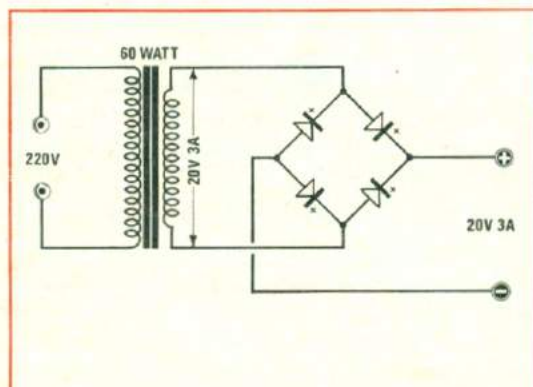


Fig. 3 Se la tensione alternata verrà raddrizzata da un ponte come vedesi in figura, la potenza in watt verrà determinata dalla tensione moltiplicata per gli amper massimi richiesti. Nell'esempio riportato 20 volt 3 amper uguale a 60 watt.

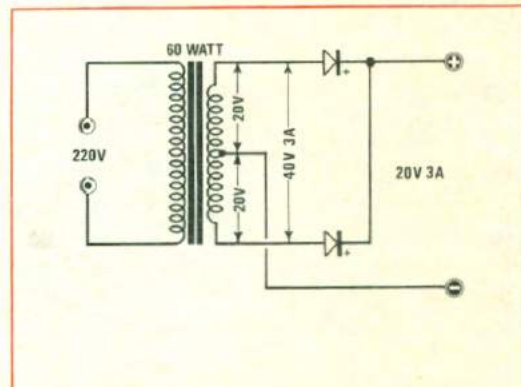


Fig. 4 Se la tensione alternata verrà raddrizzata da due soli diodi, l'avvolgimento secondario dovrà risultare a tensione doppia con presa al centro. La potenza però la si ricava moltiplicando mezza tensione per gli amper.

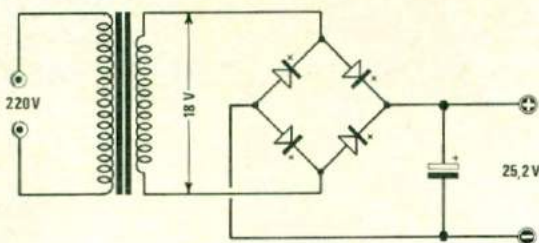


Fig. 6 Se vi necessita quindi una ben precisa tensione CC, l'avvolgimento in alternata del trasformatore dovrà risultare inferiore al valore richiesto (leggere articolo).

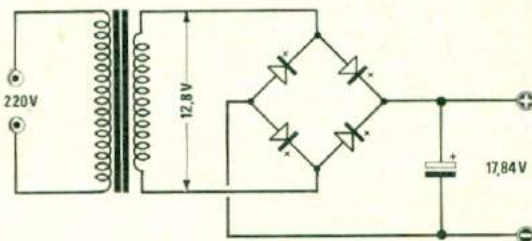


Fig. 5 Ricordatevi che la tensione alternata se raddrizzata e filtrata da un condensatore elettrolitico aumenta in uscita X 1,4 perciò con 18 volt AC, in CC otterremo ben 25,2 volt.

Questo perché i due diodi lavorano alternativamente, cioè mentre uno raddrizza l'altro è a riposo e viceversa, perciò occorre considerare, per la determinazione della potenza, una sola sezione, come è del resto intuibile considerando che, in uscita dai due diodi raddrizzatori, otteniamo 20 volt e non 40 volt.

Se la tensione alternata fornita dal secondario del trasformatore dovrà essere raddrizzata e poi livellata da un condensatore, in modo da ottenere una tensione continua, è importante tener presente che il valore reale in corrente continua risulterà maggiorato di 1,4 volt rispetto alla corrente alternata.

Perciò, se noi abbiamo realizzato un secondario in grado di erogarci in corrente alternata una tensione di 18 volt, se questa verrà raddrizzata e livellata (vedi fig. 5) la tensione disponibile che otterremo risulterà essere di:

$$18 \times 1,4 = 25,2 \text{ volt}$$

Se quindi ci interessa ottenere esattamente una tensione continua raddrizzata di 18 volt, non dovremo avvolgere un secondario in grado di erogare i 18 volt in corrente alternata, ma un avvolgimento per una tensione inferiore; in pratica si dovrà moltiplicare la tensione che desideriamo ottenere in corrente continua per il numero fisso 0,71, ed ottenere così la tensione alternata che dovrà erogarci il secondario del trasformatore. Avremo così:

$$18 \times 0,71 = 12,78 \text{ volt c.a.}$$

Ed infatti, se moltiplichiamo questa tensione per 1,4, otterremo il valore della corrente continua che risulterà:

$$12,78 \times 1,4 = 17,89 \text{ volt c.c.}$$

Non commettete quindi l'errore di avvolgere il secondario di un trasformatore in funzione alla tensione continua richiesta in quanto vi ritroverete, alla fine della vostra fatica, con una tensione notevolmente più elevata, che potrebbe pregiudicare il funzionamento di tutto il circuito. Per farvi conoscere quale variazione di tensione è possibile ottenere da una c.a. raddrizzata in c.c., facciamo l'ipotesi di volere una tensione c.c. di 50 volt.

Se non terremo presente quanto sopra detto, e avvolgeremo un secondario in grado di erogare 50 volt in corrente alternata, ci ritroveremo, dopo che questa verrà raddrizzata, con una tensione di:

$$50 \times 1,4 = 70 \text{ volt}$$

cioè con una tensione di 20 volt superiore al valore richiesto. Volendo perciò una tensione reale di 50 volt c.c., noi dovremo avvolgere invece un secondario in grado di erogarci in c.a. solamente:

$$50 \times 0,71 = 35,5 \text{ volt}$$

quindi notevolmente inferiore al valore reale.

A questo punto sarà bene precisare ai principianti che, indicando la potenza di un trasformatore, si intende la potenza massima che possiamo

prelevare dai loro secondari senza che il trasformatore si surriscaldi eccessivamente. Ciò vuol dire che da un trasformatore da 100 watt noi potremo prelevare, senza correre il rischio di bruciarlo, una potenza massima di 100 watt. Se questo trasformatore disponesse di un secondario a 25 volt, potremo per esempio prelevare un massimo di 4 amper

$$(25 \times 4 = 100 \text{ watt})$$

È ovvio che tale trasformatore potrà erogare anche correnti minori, ad esempio 2 o 0,5 amper; se comunque la corrente massima non dovesse superare un certo amperaggio, è sempre consigliabile progettare un trasformatore di potenza minore sia per il suo ingombro sia per il suo costo. Nell'esempio riportato per una corrente di 2 amper massimi risulterebbe sufficiente un trasformatore da 50 watt ($25 \times 2 = 50 \text{ watt}$) che potremo eventualmente maggiorare a 55-60 watt; per una corrente massima di 0,5 amper sarebbe sufficiente un nucleo da 12,5 watt ($25 \times 0,5 = 12,5 \text{ watt}$) maggiorabile, al massimo, fino a 15 watt.

Determinata la potenza stabiliremo il nucleo

Una volta stabilita la potenza necessaria in watt del trasformatore che dobbiamo realizzare, risulterà necessario determinare le dimensioni del pacco lamellare idoneo ad erogare tale potenza.

A tale scopo bisogna tener presente che l'unico dato a noi necessario per il calcolo della potenza è determinato dalla sezione del nucleo: tale misura la si ottiene moltiplicando la larghezza della colonna centrale per l'altezza, nel caso che il pacco risulti come vedesi in fig. 7 oppure dalla colonna laterale moltiplicata per l'altezza, nel caso che il lamierino sia sprovvisto della colonna centrale e l'avvolgimento venga posto lateralmente, come vedesi in fig. 8. Le altre dimensioni, come ad esempio la lunghezza del lamierino centrale, le dimensioni dei vani delle finestre laterali e la superficie dei lamierini, non servono in alcun modo a rilevare la potenza: esse incidono unicamente sulla sola quantità di filo che è possibile avvolgere per cui, dovendo costruire dei trasformatori con molte spire e con filo di diametro elevato, sarà opportuno scegliere dei lamierini in cui la lunghezza del lamierino centrale risulti abbastanza grande, oppure aventi finestre laterali molto ampie.

La formula necessaria per trovare la sezione del nucleo, conoscendo la potenza in watt che

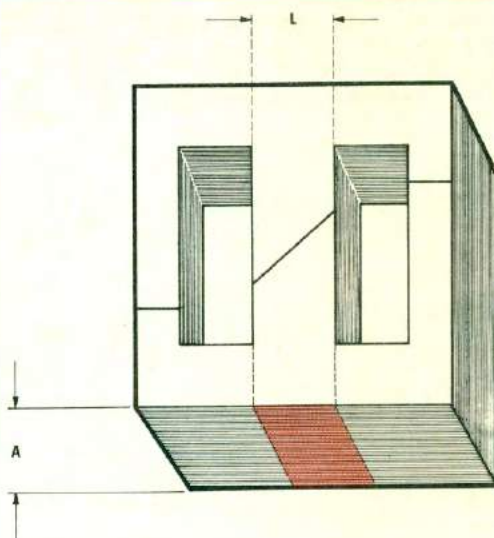


Fig. 7 La potenza in watt del trasformatore la si determina, moltiplicando la sezione del nucleo, cioè la larghezza della colonna sulla quale viene avvolto l'avvolgimento per lo spessore del pacco (cioè $L \times A$). Vedere le tabelle n. 1 e 5.

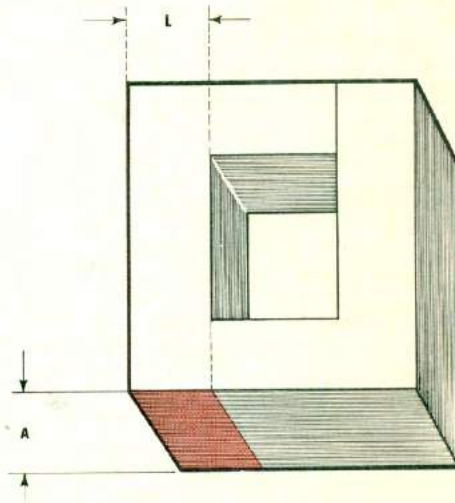


Fig. 8 Se il trasformatore non ha la colonna centrale, si dovrà sempre moltiplicare la larghezza della colonna sul quale viene avvolto l'avvolgimento per lo spessore del pacco.

TABELLA N. 1		
Potenza utile in Watt	Sezione lorda del nucleo in cm ²	Sezione netta del nucleo in cm ²
5	3,34	3,01
10	4,75	4,26
15	5,82	5,25
20	6,70	6,04
25	7,0	6,75
30	8,21	7,4
35	8,85	7,9
40	9,48	8,51
45	10	9,05
50	10,6	9,55
55	11,2	10
60	11,6	10,45
65	12,1	10,8
70	12,5	10,85
75	12,9	11,7
80	13,4	12,1
85	13,8	12,45
90	14,2	12,8
100	15	13,5
120	16,4	14,8
150	18,38	16,5
170	19,58	17,6
200	21,2	19,1
250	23,6	21,4
300	25,9	23,4
350	28,05	25,2
400	30	27
500	33,6	30,02

TABELLA N. 1

Con questa tabella conoscendo i cm² della sezione del nucleo potremo ricavare la potenza massima in watt che il trasformatore sarà in grado di erogare.

il trasformatore dovrà fornire, risulta la seguente:

$$S = 1,35 \times \sqrt{\text{watt}}$$

dove, con « S » si è indicata la sezione in centimetri quadri.

Naturalmente, avendo a disposizione un nucleo di cui conosciamo la sezione in cmq., è possibile conoscere la potenza utilizzando la formula seguente:

$$\text{watt} = (S : 1,35)^2$$

Se ad esempio noi abbiamo a disposizione un nucleo di 15 cmq. e vogliamo conoscere la potenza ricavabile da questo nucleo, utilizzando la formula sopra esposta rileveremo che essa è di 123 watt.

Infatti avremo:

$$(15 \times 1,35)^2 = 123 \text{ watt}$$

In questi calcoli occorre però tener presente che le formule indicate si riferiscono a sezioni nette: poiché il nucleo è composto da tanti lamierini, difficilmente le lamelle risultano tanto serrate da annullare quei piccolissimi spazi esistenti tra l'una e l'altra di esse, per cui è sempre consigliabile considerare la sezione leggermente inferiore. Normalmente la sezione ricavata viene moltiplicata per il numero fisso 0,9, per cui, nell'esempio di prima, se consideriamo i 15 cmq. come sezione lorda, la sezione netta risulterà uguale a 13,5 cmq. (15 × 0,9), e di conseguenza la potenza erogabile dal trasformatore, senza surriscaldamento, risulterà la seguente:

$$(13,5 \times 1,35)^2 = 100 \text{ watt}$$

Stabilito che la dimensione del nucleo determina la potenza utile in watt, potremo facilmente intuire che, sovrapponendo ad un pacco di lamierini altri lamierini di ugual forma e dimensioni, è possibile aumentare la potenza massima. Ricordatevi comunque che, sovrapponendo i pacchi di due trasformatori entrambi da 50 watt, non otterremo un pacco lamellare da 100 watt, ma da 200 watt.

Infatti, ammesso che si disponga di un pacco di lamierini delle dimensioni di 4 × 2,65 cm (corrispondenti ad un nucleo da 10,6 cmq: (dalla tabella n. 1 potremo rilevare che un tale nucleo corrisponde ad una potenza di 50 watt), sovrapponendo due di questi nuclei otterremo:

$$10,6 + 10,6 = 21,2 \text{ cmq.}$$

e sempre dalla stessa tabella potremo rilevare che una tale sezione corrisponde ad una potenza massima di 200 watt.

Se al contrario dimezzeremo un nucleo di un trasformatore da 50 watt per realizzare due trasformatori, non otterremo due trasformatori da 25 watt ma da 12 watt circa.

Prendendo infatti ad esempio sempre un pacco di lamierini da 10,6 cmq. e dividendolo per metà otterremo due nuclei di 5,25 cmq. che corrispondono ad un nucleo compreso tra i 10 e i 15 watt (tabella n. 1).

Per evitare ai nostri lettori la seccatura di dover effettuare questi calcoli tutte le volte che si trovano in possesso di un pacco di lamierini e per far loro conoscere immediatamente, in base alla potenza che gli necessita, la dimensione esatta del nucleo che deve assumere il pacco necessario, abbiamo riportato in *tabella n. 1* tutte le sezioni dei nuclei, per lamierini normali (cioè non per quelli al silicio e a grani orientati per i quali occorre fare riferimento alla TABELLA n. 5) per ottenere trasformatori partendo da una potenza minima di 5 watt, fino a raggiungere potenze dell'ordine dei 500 watt.

COME SI CALCOLANO LE SPIRE DEL PRIMARIO

Scelte le dimensioni del nucleo in funzione alla potenza richiesta, è ovvio che dovremo, su questo, avvolgere, con filo di rame smaltato, un PRIMARIO da collegare alla rete luce ed uno o più SECONDARI dai quali preleveremo le tensioni richieste.

L'avvolgimento del secondario potrà essere avvolto in modo da fornire una tensione maggiore rispetto a quella applicata sul primario (ed in questo caso avremo un trasformatore ELEVATORE), oppure una tensione inferiore (ed in questo caso avremo un trasformatore RIDUTTORE).

L'avvolgimento primario, come è facilmente comprensibile, dovrà essere idoneo a ricevere la tensione di alimentazione: dovrà quindi possedere un numero di spire proporzionali alla tensione di rete disponibile.

Se la tensione di alimentazione fosse di 110 volt, noi dovremo avvolgere un certo numero di spire, se invece avessimo a disposizione una tensione di 220 volt, il numero di spire del primario del nostro trasformatore dovrebbe risultare doppio rispetto a quello richiesto per i 110 volt.

Esiste una formula per calcolare il numero delle spire del primario; ed è la seguente:

$$nS/P = (10.000 \times V) : (4,44 \times F \times \text{Sez.} \times B)$$

ove:

$$nS/P = \text{numero delle spire richieste per l'avvolgimento primario}$$

TABELLA N. 2

Per B = 1 Weber/m ² (Lamierini comuni)		
Potenza utile in Watt	Spire per Volt primario	Spire per Volt secondario
5	14,7	15,3
10	10,35	10,75
15	8,4	8,75
20	7,30	7,61
25	6,45	6,70
30	5,95	6,2
35	5,58	5,82
40	5,17	5,39
45	4,87	5,12
50	4,62	4,8
55	4,41	4,59
60	4,22	4,4
65	4,08	4,25
70	4,05	4,22
75	3,77	3,92
80	3,64	3,80
85	3,55	3,69
90	3,44	3,59
100	3,26	3,4
120	2,98	3,1
150	2,67	2,78
170	2,51	2,61
200	2,3	2,41
250	2,06	2,14
300	1,89	1,96
350	1,75	1,83
400	1,64	1,7
500	1,47	1,53

TABELLA N. 2

Conoscendo la potenza in watt del nucleo potremo da questa tabella conoscere quante spire \times volt sono necessarie per l'avvolgimento primario e quante invece ne sono richieste \times volt per l'avvolgimento secondario. Questa tabella è valida per LAMIERINI COMUNI.

- V = tensione da applicare sull'avvolgimento primario
 F = frequenza di rete (in Italia risulta standardizzata a 50 Hz)
 Sez. = sezione effettiva del nucleo espressa in cmq.
 B = induzione magnetica caratteristica del lamierino in Weber/mq.

Per i trasformatori di alimentazione da collegare a frequenze di rete a 50 Hz, la formula precedente può essere semplificata in questo modo:

$$nS/P = (45 \times V) : (Sez. \times B)$$

Per evitarvi calcoli abbastanza lunghi, abbiamo preparato delle tabelle in grado di fornirci immediatamente il numero di spire da avvolgere per ogni volt di tensione primaria applicata. Come è possibile constatare, tale numero è in funzione della potenza del trasformatore e quindi è anche in rapporto alle dimensioni del nucleo: infatti, più grosso è il trasformatore, minore risulterà il numero delle *spire per volt*.

Volendo perciò preparare due trasformatori, uno dei quali con potenza di 10 watt, e l'altro con potenza di 150 watt, potremo constatare che le spire per volt necessarie al trasformatore da 10 watt dovranno essere esattamente 10,35, mentre per il trasformatore da 150 watt occorreranno 2,67 spire per volt (vedi tab. n. 2).

Nel primo caso allora, per una tensione di 220 volt, dovremo avvolgere

$$(220 \times 10,35) = 2266 \text{ spire}$$

nel secondo caso invece, per la stessa tensione, le spire da avvolgere saranno:

$$(220 \times 2,67) = 594$$

L'esempio sopra riportato è stato fatto prendendo come riferimento la tabella n. 2, cioè quella che dovremo impiegare se utilizzeremo lamierini COMUNI. Se invece utilizzeremo lamierini AL SILICIO, a bassa perdita, come M7 - M6 - M5 (sigla standardizzata per la classificazione dei vari tipi di lamierino), dovremo utilizzare la tabella n. 3, dalla quale è possibile rilevare il numero delle spire \times volt che risultano notevolmente inferiori.

Se invece useremo dei NUCLEI IN FERRITE, essendo l'induzione magnetica più bassa (0,34 weber) il numero di spire per volt risulta superiore, come potremo rilevare dalla tabella n. 4.

A questo punto vi saranno lettori che chiederanno come sia possibile individuare un lamierino normale da uno al silicio o da uno al silicio a grani orientati.

TABELLA N. 3

**Per B = 1,2 Weber/m²
 (Lamierini a ferro silicio a granuli orientati)**

Potenza utile in Watt	Spire per Volt primario	Spire per Volt secondario
5	12	12,7
10	8,4	8,9
15	6,8	7,2
20	6	6,3
25	5,44	5,7
30	4,9	5,1
35	4,6	4,8
40	4,3	4,5
45	4	4,2
50	3,8	4
55	3,6	3,8
60	3,5	3,7
65	3,4	3,45
70	3,38	3,4
75	3,1	3,22
80	2,9	3,14
85	2,85	3,06
90	2,8	2,96
100	2,7	2,81
120	2,44	2,56
150	2,19	2,3
170	2,10	2,16
200	1,88	1,98
250	1,71	1,8
300	1,54	1,63
350	1,43	1,51
400	1,33	1,41
500	1,2	1,27

TABELLA N. 3

Per lamierini al silicio o a grani orientati, il numero di spire \times volt come potremo constatare confrontandole con la tabella n. 1 risultano inferiori. In caso di dubbi circa la qualità del lamierino si consiglia sempre di utilizzare la tabella n. 1.

Se i lamierini saranno acquistati presso una ditta fornitrice, sarà lei stessa a precisarci le caratteristiche del lamierino, indicandoci la sigla M7 se si tratta di lamierini al silicio, o la sigla M6 - o M5 se si tratta di lamierini al silicio a grani orientati.

Se il lettore fosse invece in possesso di un vecchio trasformatore e perciò impossibilitato a stabilire il tipo di lamierino, potrà, conoscendo il numero di volt erogati dal secondario, risalire al numero di spire \times volt. Conoscendo poi la sezione del filo di rame impiegato ricaverà la corrente massima erogabile e risalirà alla potenza in watt del trasformatore.

In possesso di questi dati (spire \times volt e potenza in watt), controllando la sezione del nucleo, con l'aiuto delle varie tabelle potrà stabilire, in linea di massima, se si tratta di lamierini comuni o di lamierini al silicio.

Comunque, quando si tratta di riavvolgere un vecchio trasformatore, lo si fa perché il secondario del vecchio avvolgimento non dispone della tensione da noi desiderata, perciò si parte dal presupposto che l'avvolgimento primario, quello cioè da collegare direttamente alla rete luce, risulti integro ed efficiente.

Facciamo ora un esempio:

Ammettiamo di avere un trasformatore, recuperato da una vecchia radio a valvole, che disponga di un nucleo di 80 watt, e supponiamo di voler realizzare un trasformatore con un secondario da 30 volt 2,5 amper in c.a. Dobbiamo conoscere quante spire occorra avvolgere sul secondario per ricavare tale tensione.

Ammesso che tale trasformatore disponga di più secondari (uno a 300 + 300 volt, uno a 5 volt e uno a 6,3 volt) ed abbia un primario universale a 110-125-160-220 volt, in condizioni perfette e quindi in grado di esplicare in modo egregio la sua funzione, dovremo avvolgere solo il secondario, ma per far questo non potremo avvalerci delle tabelle da noi indicate in quanto non possiamo conoscere né il tipo di lamierini, né il numero di spire per volt necessarie.

In questo caso occorre svolgere i vari secondari del trasformatore, contando quante spire sono state avvolte per avere i 5 e i 6,3 volt. Per le spire dei 300 + 300 volt non procederemo al conteggio in quanto esse sono in numero proporzionale a quello dei due avvolgimenti a bassa tensione.

Ammettendo di trovare,

per i 6,3 volt : 19 spire

per i 5 volt : 15 spire

TABELLA N. 4

Per $B = 0,34$ Weber/m² (Ferriti)

Potenza utile in Watt	Spire per Volt primario	Spire per Volt secondario
5	43,2	45
10	30,4	31,8
15	24,75	25,75
20	21,4	22,36
25	19,2	20
30	17,5	18,35
35	16,4	17,1
40	15,22	15,9
45	14,31	14,9
50	13,58	14,12
55	12,97	13,5
60	12,4	12,9
65	12	12,5
70	11,95	12,43
75	11,1	11,51
80	10,7	11,15
85	10,41	10,85
90	10,15	10,55
100	9,62	10

TABELLA N. 4

Per i trasformatori in ferroxcube, se questi vengono impiegati per frequenze di 50 Hz, il numero di spire per volt è molto superiore risultando più bassa l'induzione magnetica: 0,34 w. contro 1 w. e 1,2 w. (vedi tabelle 2 e 3).

è ovvio che le spire per volt del secondario risulteranno essere le seguenti:

$$19 : 6,3 = 3,01$$

$$15 : 5 = 3$$

in pratica quindi 3 spire \times volt.

Volendo perciò un secondario in grado di erogare 30 volt - 2,5 amper dovremo avvolgere sul nucleo del trasformatore:

$$30 \times 3 = 90 \text{ spire}$$

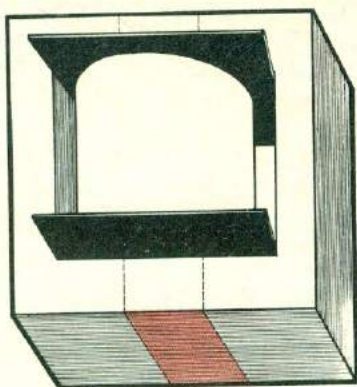


Fig. 9 Se impiegate lamierini a grani orientati la tabella n. 1 non risulta più valida. Infatti confrontando la tabella n. 1 con la n. 5, qui di lato riportata, potremo constatare che un pacco più ridotto è in grado di erogare maggior potenza.

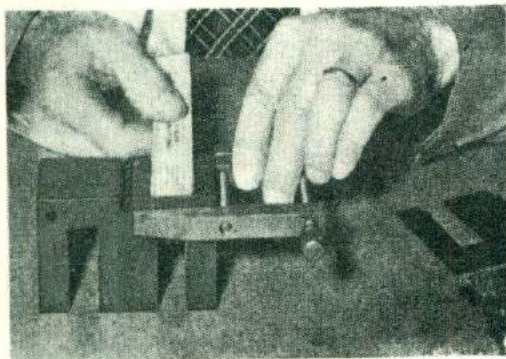


Fig. 10 Per ricavare in un trasformatore la sezione in cm^2 del nucleo è necessario serrare perfettamente il pacco dei lamierini per non incorrere nell'errore di determinare una potenza superiore a quella effettiva e reale.

Potenza utile in watt	Sezione del nucleo in cm^2 per lamierini al silicio tipo M7		Sezione del nucleo in cm^2 per lamierini al silicio a grani orientati tipo M6-M5	
	sez. lorda	sez. netta	sez. lorda	sez. netta
5	3	2,71	2,51	2,26
10	4,28	3,84	3,57	3,20
15	5,25	4,73	4,38	3,95
25	6	5,44	5,03	4,54
25	6,3	6,08	5,26	5,07
30	7,40	6,67	6,17	5,56
35	7,80	7,12	6,65	5,94
40	8,55	7,67	7,13	6,40
45	9	8,15	7,5	6,80
50	9,55	8,60	7,97	7,18
55	10	9	8,42	7,51
60	10,45	9,41	8,72	7,86
65	10,9	9,72	9,09	8,12
70	11,26	9,77	9,40	8,16
75	11,60	10,54	9,70	8,80
80	12	10,9	10,07	9,09
85	12,43	11,22	10,38	9,40
90	12,80	11,54	10,68	9,62
100	13,5	12,16	11,28	10,15
120	14,80	13,34	12,33	11,12
150	16,55	14,86	13,82	12,40
170	17,63	15,86	14,72	13,23
200	19	17,20	15,94	14,36
250	21,26	19,28	17,75	16,09
300	23,33	21,08	19,47	17,60
350	25,27	22,70	21,09	19,18
400	27	24,32	22,56	20,30
500	30,27	27,50	25,26	22,58

TABELLA N. 5

Questa tabella la potrete impiegare per ricavare la potenza in watt per nucleo con lamierini di silicio tipo M7-M6-M5. Nel dubbio circa la qualità del lamierino si può sempre calcolare un trasformatore come se questo fosse del tipo comune.

Impiegando filo di rame smaltato da 1,15 mm. come indicato nella tabella n. 7 avremo un trasformatore in grado di erogare 2,6 amper.

Per i nuclei in ferrite invece si dovrà impiegare la tabella n. 4.

Per facilitare il lettore nel calcolo dell'avvolgimento primario di qualsiasi trasformatore, abbiamo ritenuto opportuno inserire le tabelle n. 5 e 6 nelle quali abbiamo indicato le spire necessarie per le varie tensioni di rete esistenti ancora in Italia e i diversi diametri del filo da usare. Volendo pertanto costruire un trasformatore da 50 watt con un primario adatto ad una tensione di 125 volt, rileviamo dalla tabella che sono necessarie 577,5 spire (tabella n. 2).

Nel caso in cui qualche lettore volesse costruire un trasformatore con primario universale, cioè con numerose prese intermedie, onde poterlo collegare a piacere alle diverse tensioni di rete, potrà ancora fare riferimento alla tabella n. 6.

Esemplifichiamo quanto ora esposto con un semplice esempio: supponiamo di dover avvolgere il primario di un trasformatore da 50 watt per tutte le tensioni di rete da 110 a 280 volt.

Dalla tabella n. 6 possiamo ricavare i dati seguenti:

tensione per il primario	spire totali	diametro filo
110 volt	508	0,48 mm
125 volt	575	0,45 mm
140 volt	647	0,42 mm
160 volt	739	0,40 mm
220 volt	1017	0,35 mm
280 volt	1294	0,30 mm

Praticamente, per realizzare un trasformatore con un primario universale, occorrerà, come abbiamo visto dalla tabella precedente, avvolgere 508 spire utilizzando filo di rame del diametro da 0,48-0,50, poi passeremo ad un filo da 0,45 e avvolgeremo le spire richieste per la presa dei 125 volt che saranno $575 - 508 = 67$ spire e sempre sostituendo il filo con quello del diametro richiesto per ogni tensione continueremo ad avvolgere le spire richieste. Per i 140 volt sostituiremo il filo da 0,45 con quello da 0,42 e avvolgeremo $(647 - 575) 72$ spire, poi sostituiremo il filo con quello da 0,40, ed avvolgeremo altre 92 spire $(739 - 647)$ per i 160 volt. Per la presa dei 220 volt ridurremo ancora il diametro del filo por-

tandolo da 0,40 a 0,35 mm. e con esso avvolgeremo 278 spire $(1017 - 739)$.

Infine, con un filo da 0,30 volt avvolgeremo le ultime spire in numero di 277 $(1294 - 1017)$ ed avremo l'ultima presa dei 280 volt, fig. 11.

È ovvio che, se il trasformatore venisse avvolto per una sola tensione, il filo da impiegare sarebbe tutto dello stesso diametro e precisamente dal diametro richiesto per avere la tensione voluta.

Se infatti il trasformatore richiedesse un solo primario da 160 volt, noi dovremmo avvolgere tutte le 739 spire utilizzando filo da 0,40 mm., mentre se il primario fosse avvolto per una tensione di rete a 280 volt, dovremmo impiegare tutte le 1294 spire che andrebbero avvolte con filo di rame da 0,30 mm. Fig. 12.

Qualche lettore, a questo punto, si sarà posta la domanda: perché bisogna cambiare il diametro del filo per il primario quando viene inserito in tensioni di rete diverse e, in particolare, perché una tensione di 110 volt richiede, per l'avvolgimento, filo di diametro maggiore di quello richiesto per una tensione superiore, per esempio di 220 volt?

A questa domanda rispondiamo rammentando al lettore che la corrente che il primario deve assorbire per poter fornire una data potenza (nel nostro caso 50 watt), risulta diversa per ogni diversa tensione. Infatti, se applichiamo la formula vista precedentemente, e cioè:

$$\text{Amper} = \text{watt} : \text{volt}$$

otteniamo, per le varie tensioni di rete:

$$50 \text{ watt} : 110 \text{ volt} = 0,45 \text{ amper}$$

$$50 \text{ watt} : 125 \text{ volt} = 0,41 \text{ amper}$$

$$50 \text{ watt} : 140 \text{ volt} = 0,35 \text{ amper}$$

$$50 \text{ watt} : 220 \text{ volt} = 0,23 \text{ amper}$$

$$50 \text{ watt} : 280 \text{ volt} = 0,17 \text{ amper}$$

Riferendoci adesso alla tabella n. 7 possiamo rilevare come, ad ogni determinato valore di corrente corrisponde un adeguato diametro di filo da impiegare.

SBAGLIANDO IL NUMERO DELLE SPIRE

Vediamo adesso cosa succede se si avvolge sul primario un numero di spire inferiore rispetto a quello calcolato. È ovvio che non ci riferiamo ad una o due spire inferiori a quelle previste, in quanto tale differenza non modifica in alcun modo il funzionamento del trasformatore: la differenza che prendiamo in considerazione è relativa ad

TABELLA N. 6

Per B = 1,2 Weber/m²

Potenza utile in Watt	110 Volt		125 Volt		140 Volt		160 Volt		220 Volt		280 Volt	
	Numero spire	Diametro filo	Numero spire	Diametro filo	Numero spire	Diametro filo	Numero spire	Diametro filo	Numero spire	Diametro filo	Numero spire	Diametro filo
5	1320	0,15	1500	0,14	1680	0,13	1920	0,13	2640	0,11	3360	0,19
10	980	0,21	1112	0,20	1175	0,19	1345	0,19	1850	0,15	2325	0,13
15	792	0,28	900	0,25	950	0,23	1090	0,22	1500	0,18	1910	0,16
20	693	0,30	790	0,28	840	0,27	960	0,25	1320	0,21	1680	0,19
25	627	0,34	725	0,31	740	0,30	850	0,28	1170	0,24	1485	0,21
30	561	0,37	640	0,35	685	0,33	785	0,31	1080	0,26	1370	0,23
40	462	0,42	565	0,40	600	0,38	690	0,35	947	0,30	1205	0,27
50	440	0,48	500	0,45	535	0,42	610	0,40	880	0,34	1065	0,29
60	407	0,52	465	0,51	490	0,45	560	0,43	770	0,37	980	0,33
70	374	0,58	425	0,53	465	0,50	530	0,47	730	0,40	930	0,35
80	345	0,60	390	0,56	407	0,53	465	0,50	682	0,42	810	0,38
100	309	0,67	350	0,63	380	0,60	432	0,56	595	0,48	755	0,42
120	282	0,73	320	0,69	342	0,65	390	0,61	537	0,52	685	0,46
150	253	0,82	288	0,76	308	0,72	350	0,68	483	0,58	610	0,51
170	238	0,87	263	0,82	294	0,78	336	0,72	463	0,62	590	0,55
200	218	0,94	248	0,89	264	0,84	300	0,79	415	0,67	526	0,59
250	198	1	225	0,99	240	0,94	274	0,86	376	0,75	479	0,65
300	172	1,1	205	1,08	218	1,02	248	0,96	339	0,82	432	0,73
350	161	1,25	183	1,17	204	1,12	234	1,04	322	0,88	410	0,79
400	150	1,34	171	1,26	191	1,18	218	1,12	300	0,95	381	0,84
500	135	1,5	154	1,4	172	1,33	196	1,25	270	1,06	344	0,94

TABELLA N. 6

Da questa tabella il lettore potrà ricavare direttamente il numero delle spire richieste per l'avvolgimento primario e la sezione del filo da impiegare, per le diverse tensioni di rete. Per questa tabella si è preso come riferimento un lamierino al silicio tipo normale. Per altri tipi di lamierino, di questa tabella potremo sfruttare solo la sezione del filo, in quanto essa risulta identica per tutti i nuclei. Varierà invece il numero delle spire totali, come è possibile intuire dalle tabelle già esposte.

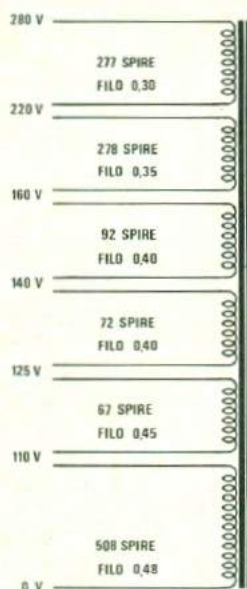


Fig. 11 Se l'avvolgimento primario viene realizzato per diverse tensioni di rete, risulta necessario variare per ogni tensione la sezione del filo, come indichiamo nell'esempio posto qui a sinistra.



Fig. 12 Se l'avvolgimento primario serve per una sola tensione di rete, si dovrà impiegare come spieghiamo in articolo un solo filo di ugual diametro.

TABELLA N. 7

Corrente in mA	Diametro filo	Corrente in Amper	Diametro filo	Corrente in Amper	Diametro filo
19	0,10	0,4	0,45	3,58	1,35
24	0,11	0,45	0,48	3,85	1,4
28	0,12	0,49	0,50	4,13	1,45
33	0,13	0,59	0,55	4,25	1,5
38	0,14	0,71	0,60	4,72	1,55
44	0,15	0,85	0,65	5,0	1,6
50	0,16	0,96	0,70	5,34	1,65
63	0,18	1,1	0,75	5,67	1,7
78	0,20	1,26	0,80	6,01	1,75
95	0,22	1,42	0,85	6,35	1,8
114	0,24	1,6	0,90	7,1	1,9
123	0,25	1,77	0,95	7,86	2,0
154	0,28	1,96	1	8,66	2,1
177	0,30	2,16	1,05	9,5	2,2
201	0,32	2,37	1,1	10,38	2,3
240	0,35	2,6	1,15		
284	0,38	2,83	1,2		
314	0,40	3,07	1,25		
346	0,42	3,32	1,3		

alcune decine o addirittura a centinaia di spire, come può avvenire con facilità se si misura erroneamente la sezione del nucleo.

Infatti, se rileviamo lo spessore del pacco lamellare senza che quest'ultimo non sia ben stretto, potremo ottenere una misurazione notevolmente maggiore a quella realmente effettiva, e quindi dedurre erroneamente che il pacco in nostro possesso possa erogare una potenza più elevata rispetto a quella reale.

In assoluta buona fede allora avvolgeremo sul nucleo un numero di spire per volt inferiori al richiesto e, in queste condizioni, collegando il trasformatore alla rete luce, esso *surriscalerà* anche se sui secondari non risulta applicato alcun carico.

Tale inconveniente non è comunque dovuto *solamente* se il numero di spire \times volt è inferiore al richiesto: infatti il trasformatore potrebbe scaldarsi anche se qualche spira del primario è cortocircuitata, e questo può facilmente verificarsi se si sarà utilizzato, per avvolgere il trasformatore, del filo di rame usato, nel quale lo smalto isolante potrebbe essere deteriorato o bruciato in modo da distaccarsi dal rame.

TABELLA N. 7

Conoscendo quanti milliamper (prima colonna a sinistra) o gli amper che dovrà scorrere sull'avvolgimento primario, potremo scegliere il diametro richiesto. Per l'avvolgimento secondario questa tabella ci permetterà di conoscere gli amper massimi erogabili da tale avvolgimento.

L'ipotesi più valida rimane quella delle *spire \times volt* avvolte in numero insufficiente e, in questi casi occorrerà rifare l'avvolgimento aumentando logicamente le spire del numero mancante.

Nel caso inverso, cioè se avvolgeremo un numero di spire \times volt superiore al necessario, non accadrà nulla anzi il trasformatore risulterà meno sollecitato e quindi avrà meno possibilità di riscaldarsi.

L'unico rischio che correremo sarà quello di non avere spazio sufficiente per effettuare tutti gli avvolgimenti.

Infatti un numero di *spire \times volt* superiore al previsto ci farà ottenere, su un nucleo, ad esem-

pio da 50 watt, le spire necessarie per un trasformatore da 40 watt. In queste condizioni, anche se lasciato inserito per lunghi periodi, il trasformatore non surriscalerà assolutamente in quanto il numero delle spire avvolte è superiore a quello richiesto dal nucleo dei lamierini impiegati.

È bene comunque ricordare che i trasformatori realizzati seguendo le nostre indicazioni sono tutti previsti per funzionare in maniera egregia e per periodi anche assai lunghi, senza che si surriscaldino più del consentito.

Abbiamo preso in esame quale inconveniente si manifesta se sul primario avvolgiamo meno spire per volt; sarà ora utile vedere cosa accade se avvolgiamo meno spire sull'avvolgimento secondario.

L'unico inconveniente sarà quello di avere una tensione inferiore a quella richiesta.

Vediamo infine quale può essere la causa di un surriscaldamento del trasformatore, quando sul secondario viene collegato un carico.

Se ci accorgiamo che, lasciando inserito sulla tensione di rete il trasformatore, senza che ad esso sia collegato alcun carico, non riscalda, ma la temperatura del nucleo e degli avvolgimenti tende ad aumentare in modo sensibile quando si collega un carico, le cause potranno essere solo due:

1. Abbiamo avvolto il secondario con filo di rame di sezione inferiore rispetto alla corrente massima che desideriamo prelevare. Se ad esempio abbiamo un carico che richiede una corrente di 3 amper e, anziché impiegare filo con sezione di 1,2-1,25 mm. abbiamo eseguito questo avvolgimento con filo da 1 mm., idoneo ad erogare una corrente massima di 2 o 2,2 amper, il trasformatore riscalderà.
2. Se il filo è invece della sezione giusta e il trasformatore scalda lo stesso, avremo commesso l'errore nel calcolo del nucleo, cioè abbiamo impiegato un nucleo di potenza inferiore rispetto ai watt richiesti. Ammesso infatti che dal secondario sia richiesta una tensione di 30 volt 3 amper, che equivale ad una potenza di 90 watt ($30 \times 3 = 90$), per un errore di calcolo, anziché impiegare un nucleo da 14 cmq. (vedi tabella n. 1) esso risulta di soli 13 cmq., quindi di potenza di 75 watt circa e perciò la corrente massima prelevabile dal trasformatore non sarà più di 3 amper ma di 2,5 amper ($75 : 30 = 2,5$).

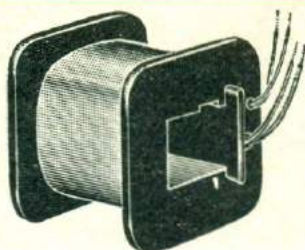
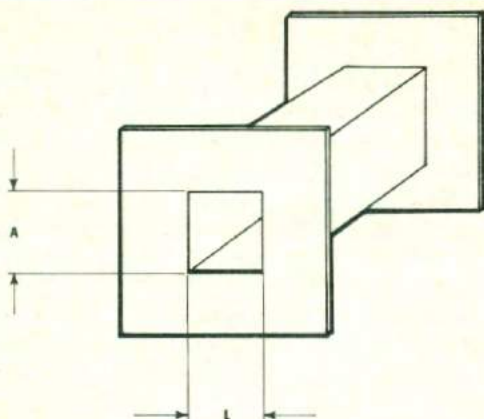


Fig. 13 Se il vostro trasformatore non possiede un cartoccio di plastica stampata, potremo realizzarne uno con cartone rigido. Si consiglia di tenere le misure A-L leggermente superiori a quelle del nucleo affinché i lamierini entrino nell'interno del cartoccio senza sforzo.

COME SI CALCOLA IL SECONDARIO

Premettiamo subito che la tensione ottenibile dal secondario dipenderà da due fattori: dal rapporto di spire esistente tra primario e secondario e dalla tensione effettivamente presente sul primario.

Se cioè dovessimo costruire un trasformatore che avesse, per esempio 100 spire al primario e 1000 spire al secondario, la tensione che rileveremo ai capi del secondario sarebbe sempre 10 volte superiore alla tensione che dovremmo invece fornire al primario.

Data perciò una certa tensione al primario, noi potremo ottenere al secondario qualsiasi tensione, variando semplicemente il numero di spire di quest'ultimo. Ad esempio, se le spire del secondario sono in numero maggiore di quelle del primario, otterremo una tensione più alta, nel caso opposto, una tensione più bassa.

Da quanto detto finora, si può quindi dedurre che, se un trasformatore collegato alla linea a 220 volt, ha un primario con 500 spire e avvolgiamo sul suo secondario un ugual numero di spire, dovremo logicamente ottenere, ai capi di quest'ultimo, la stessa tensione di 220 volt.

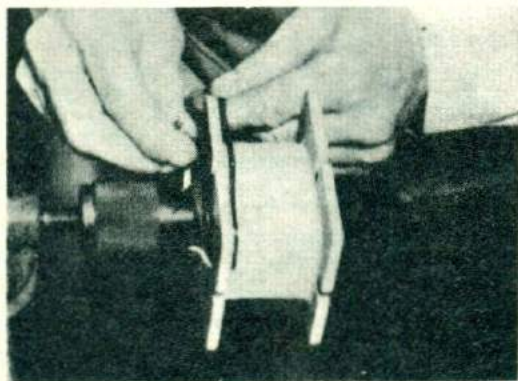


Fig. 14 Per avvolgere il trasformatore potremo impiegare un semplice trapano, fissando al mandrino una vite con bullone. Si consiglia sempre di inserire nell'interno del cartoccio un blocchetto di legno sagomato come il nucleo e di applicare ai due estremi due sponde di legno compensato.

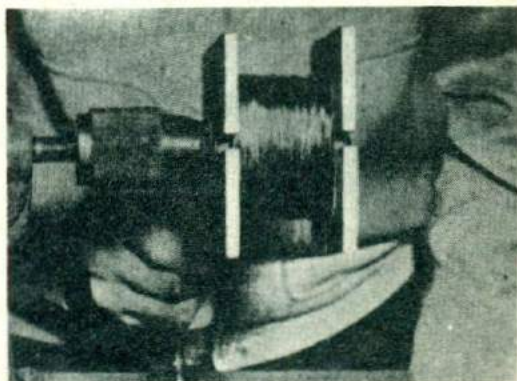


Fig. 15 Le spire possono essere avvolte alla rinfusa, isolando solo il primario dal secondario, oppure di isolare strato per strato. Impiegate sempre carta sottilissima onde evitare che al termine dell'avvolgimento lo spessore di carta sia tale da pregiudicare lo spazio disponibile all'avvolgimento.

In teoria quindi un trasformatore dovrebbe fornire, sul secondario, una tensione pari alle spire per volt del primario. In pratica però, a causa delle perdite che si hanno sempre nel nucleo (perdite causate dalle correnti di Foucault) e negli avvolgimenti (causate dalla loro resistenza ohmica) avremo sul secondario una tensione di poco inferiore, per cui sarà necessario compensare queste perdite aumentando leggermente il numero delle spire per volt. Se cioè il primario ha bisogno di un certo numero di spire \times volt, per il secondario occorrerà aumentarle per il numero fisso 1,045.

Così, se per esempio, noi dobbiamo realizzare un trasformatore da 100 watt adatto alla tensione primaria di 220 volt e quindi, come possiamo vedere nella tab. 2, è necessario avvolgere 717 spire (3,26 spire per volt) volendo prelevare da un secondario avvolto su questo trasformatore nuovamente 220 volt, non dovremo avvolgere solo 717 spire, bensì:

$$717 \times 1,045 = 749 \text{ spire}$$

Supponendo di voler costruire un trasformatore da 50 watt, provvisto di due secondari:

uno da 10 volt — 2 amper ($10 \times 2 = 20$ watt) ed uno da 30 volt — 1 amper ($30 \times 1 = 30$ watt) dalla tabella n. 2 rileviamo che il primario deve avere 4,62 spire per volt, mentre il secondario, per le ragioni precedentemente indicate, abbisogna di 4,8 spire per volt. Ne deriva perciò che, per l'avvolgimento secondario, dal quale dovremo prelevare i 10 volt dovremo avvolgere:

$$10 \times 4,8 = 48 \text{ spire}$$

mentre per il secondario dal quale dovremo prelevare i 30 volt dovremo avvolgere:

$$30 \times 4,8 = 144 \text{ spire}$$

Come già accennato in precedenza, con questi dati otteniamo in uscita una tensione di 10 e 30 volt in alternata. Se invece queste tensioni interessano ottenerle in c.c., la tensione fornita dal secondario dovrà essere raddrizzata e livellata e, sul secondario dovremo avere una tensione inferiore.

Più precisamente dovremo moltiplicare la tensione voluta per il numero fisso 0,71 ed otterremo:

$$10 \times 4,8 \times 0,71 = 34 \text{ spire per i 10 volt c.c.}$$

$$30 \times 4,8 \times 0,71 = 102 \text{ spire per i 30 volt c.c.}$$

per cui il numero delle spire, come si può constatare, risulta ben diverso a seconda che si richieda una corrente alternata o una corrente continua. Per completare i dati riguardanti gli avvolgimenti secondari di un trasformatore, è neces-

sario stabilire il diametro del filo che occorre impiegare per ottenere gli amper richiesti (vedere tabella n. 7).

Se si richiede un avvolgimento secondario da 10 volt — 6 amper, dovremo impiegare filo di rame da 1,75 mm ed un nucleo da 60 watt (infatti $10 \times 6 = 60$ watt); se invece il secondario deve erogare 150 volt — 100 mA utilizzeremo filo da 0,24 mm ed un nucleo da 15 watt ($150 \times 0,1 = 15$ watt). In possesso di questi dati dobbiamo ancora riferirci alla tabella n. 4, come già fatto per il primario, nella quale troveremo indicato il diametro del filo da impiegare per ogni intensità di corrente ci interessi. Deduciamo allora che, per avere i 2 amper richiesti dal primo dei due secondari dovremo impiegare filo da 1,05 mm di diametro, mentre per ottenere l'1 amper richiesto dal secondo dei secondari è sufficiente che il diametro del filo sia da 0,7 o 0,75 mm.

COME SI AVVOLGONO I VARI AVVOLGIMENTI

Una volta conosciuto il numero di spire necessarie per l'avvolgimento primario, per quello secondario e il diametro del filo, al lettore si presenterà il problema di come procedere per l'avvolgimento.

Se il nucleo in nostro possesso dispone di un cartoccio, in cartone o in plastica, non esistono problemi; se invece il cartoccio non esiste, occorrerà realizzarlo con del cartone, preoccupandoci che, a costruzione ultimata, i lamierini possano entrare senza difficoltà nel cartoccio.

Provvederemo il cartoccio anche di due sponde laterali utili ad evitare che il filo possa entrare in contatto con i lamierini. Fig. 13.

Per quanto riguarda l'ordine dell'avvolgimento, non vi sono regole precise: è quindi possibile avvolgere subito i vari avvolgimenti secondari o successivamente il primario, o viceversa.

Noi consigliamo comunque di adottare sempre la seconda soluzione, cioè avvolgere per primo l'avvolgimento primario e poi i secondari.

Il motivo di tale scelta ha delle giustificazioni.

Infatti, normalmente l'avvolgimento primario richiede del filo di rame di sezione molto piccola, e perciò è più facile ottenere, al termine dell'avvolgimento, un cartoccio assai regolare nello spessore. Questa condizione si verificherebbe difficilmente con gli avvolgimenti secondari, in particolare modo quando si usano fili di diametro elevato.

Un altro motivo è quello di poter facilmente modificare gli avvolgimenti secondari in caso di bisogno. Infatti le spire primarie, per qualsiasi tipo

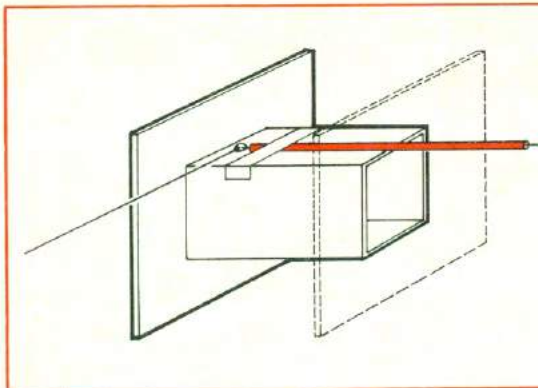


Fig. 16 Per iniziare un'avvolgimento si consiglia di stagnare il filo di rame (specie se questo è inferiore ai 0,30 mm) su uno spezzone di filo flessibile, che si fisserà sul cartoccio con nastro scotch. Sopra a questo si avvolgerà poi il primo strato. Così facendo il filo flessibile non potrà sfilarsi dal cartoccio.

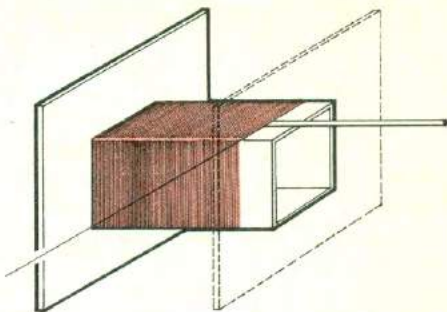


Fig. 17 Completeremo poi il primo strato di avvolgimento, partendo da sinistra a destra, per poi ritornare con il secondo strato da destra a sinistra, fino a terminare il numero di spire richieste. Se non isolate ogni strato cercate di spandere le spire in modo uniforme, onde evitare di ottenere un avvolgimento tutto ammassato ad una sola estremità.

di trasformatore, rimangono sempre le stesse, in quanto sono calcolate in base alla dimensione del nucleo, mentre è più facile che si voglia un secondario che eroghi una tensione diversa da quella esistente. In questo caso dovremo svolgere il vecchio secondario e rifare solo questo avvolgimento.

Il sistema più idoneo per eseguire un avvolgimento è il seguente:

Primario: richiedendo normalmente del filo sottile, è consigliabile stagnare il filo ad un'estremità di un filo flessibile e isolato. Fig. 16. Quest'ultimo verrà fissato, con un po' di nastro adesivo, sul cartoccio, dopodiché si inizierà l'avvolgimento. Le spire dovranno risultare adiacenti tra di loro e, al termine del primo strato, si provvederà ad applicare un sottilissimo foglio di carta (va benissimo anche nastro scotch o carta per ingegnere se non si vuole usare il sottilissimo foglio di plastica attualmente usato). Si continuerà con il secondo strato e così via, isolando sempre ogni strato dal successivo con il foglio di carta. Terminato l'avvolgimento primario isoleremo l'ultimo strato con due fogli di carta isolante e si procederà all'avvolgimento dei secondari che, se sono in numero superiore all'unità, dovranno essere ben isolati tra loro.

Normalmente, per trasformatori di media e piccola potenza, dato l'elevato costo della mano d'opera, si preferisce impiegare filo di rame smal-

tato a due o più strati, cioè con isolamento di oltre un migliaio di volt, e avvolgere il primario senza l'interposizione, tra strato e strato, di alcun isolante. Solamente tra il primario e il secondario si interpone un sottile foglio di isolante plastico.

Volendo, il lettore potrà adottare una tale soluzione, cercando però, nell'avvolgere il primario, di disporre il filo di rame in maniera uniforme, in modo che esso non risulti, sul cartoccio, disposto a cono.

Si potrà ancora adottare una soluzione intermedia, cioè avvolgere o tre strati gli uni sugli altri e poi fare un primo isolamento, effettuare l'avvolgimento di altri due o tre strati e procedere ad un secondo isolamento e così via fino al termine dell'avvolgimento.

Ricordatevi che la carta che serve per l'isolamento aumenterà lo spessore totale del cartoccio, per cui è molto importante usare carta assai sottile onde evitare che, al termine dell'avvolgimento, non si abbia spazio sufficiente per tutte le spire del primario e del secondario.

LA DISPOSIZIONE DEI LAMIERINI

Normalmente i lamierini di un trasformatore possono avere forma e dimensioni diverse (vedi fig. 7-8). È importante, quando gli stessi verranno inseriti nel cartoccio, applicarli intercalandoli in

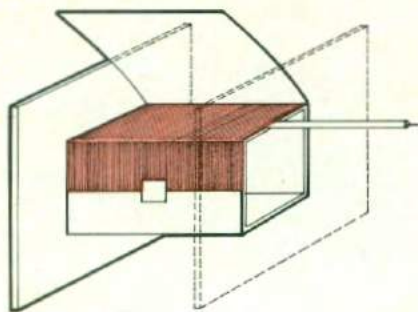


Fig. 18 Se vorrete isolare i vari strati impiegate sempre carta sottilissima. Solo per isolare il primario dal secondario potrete impiegare carta di spessore maggiore o avvolgere più strati di carta sottile. L'ultimo strato, si consiglia di effettuarlo sopra al filo flessibile d'uscita, cioè l'opposto di come indicato in fig. 16.

modo opposto tra loro, in modo da limitare il traferro (fig. 20).

Se non adatterete questa tecnica ed infilerete i lamierini nello stesso senso il trasformatore riscalderà.

Completato l'inserimento dei lamierini dovrete serrare bene le calotte, onde evitare che i lamierini abbiano a vibrare. Se questo inconveniente si dovesse verificare malgrado il buon serraggio, potrete sciogliere all'interno dei lamierini della paraffina, oppure passare su di essi una mano di vernice isolante e trasparente, del tipo impiegato per gli avvolgimenti dei motori elettrici.

CONSIGLI UTILI

A questo punto possiamo considerare terminato il calcolo degli avvolgimenti del nostro trasformatore e si può passare senz'altro alla autocostruzione dello stesso.

Attenzione però! Potrebbe capitarci ancora una brutta sorpresa e cioè che, una volta finito l'avvolgimento, i lamierini non entrino più nel cartoccio, a causa delle rilevanti dimensioni di quest'ultimo. Se dobbiamo infatti avvolgere molti secondari, oppure un secondario per una tensione elevata, può capitare che lo spessore della carta usata per isolare un avvolgimento dal successivo, sia tale da superare le dimensioni previste. Può accadere anche che lo stesso inconveniente ci

capiti se usiamo lamierini con una finestra alquanto stretta, oppure se avvolgiamo il trasformatore alla rinfusa, non disponendo di una macchina avvolgitrice. In questo caso infatti, specie per i diametri inferiori, può capitare che si debba lasciare un certo margine in vicinanza dei bordi esterni del cartoccio, per evitare che qualche spira possa uscire e cortocircuitare il primario con il secondario. Tutto ciò, aggiunto alla poca precisione usata per portare a termine l'avvolgimento, causa cartocci con dimensioni superiori a quelle previste, con la conseguenza di dover rifare tutto.

È quindi consigliabile calcolare alla fine del progetto se lo spessore degli avvolgimenti superi la larghezza della finestra del lamierino, in modo che si possa eventualmente ricalcolare il trasformatore impiegando, nel caso si verifichi una simile eventualità, lamierini con finestra più larga o con una colonna centrale più lunga.

A tale scopo converrà misurare la lunghezza della colonna centrale del lamierino che intendiamo impiegare, e la larghezza della finestra in modo da stabilire quante spire di filo si possano avvolgere su uno strato e di quanti strati sovrapposti deve essere formato l'intero avvolgimento.

Se, per esempio, vogliamo avvolgere un trasformatore avente un primario formato da 500 spire di filo da 0,2 mm e un secondario formato da 60 spire da 1 mm di diametro, impiegando lamierini che presentano una finestra di cm 1 di larghezza e con colonna centrale lunga cm 5 dovremo avvolgere, per il primo avvolgimento, due strati sovrapposti formati, ognuno, da 250 spire affiancate da 0,2 mm, avvolte lungo l'intera colonna centrale (infatti $cm\ 5 : 0,2 = 250$).

Le 60 spire del secondo avvolgimento troveranno anch'esse posto in due strati, in quanto, essendo le spire con diametro di 1 mm., troveranno posto 50 spire in un primo strato, e le rimanenti 10 saranno avvolte su uno strato sovrapposto.

L'intero avvolgimento avrà pertanto uno spessore di 2 millimetri (secondo avvolgimento) e 0,4 mm (primo avvolgimento), quindi, date le dimensioni della finestra del lamierino, che risultano notevolmente superiori, saremo sicuri di poter infilare tutti i lamierini necessari nel cartoccio.

In realtà il nostro calcolo è stato un po' semplicistico, in quanto non abbiamo tenuto conto né dello spessore dello smalto isolante che ricopre il filo, né dei fogli che dovremo necessariamente interporre tra i vari avvolgimenti per isolarli perfettamente.

Lo spessore totale allora, dovrà essere aumentato anche di queste piccole quantità che, sommate tra loro, si aggirano intorno ai due millimetri. È inoltre buona norma non occupare, con l'avvolgimento, l'intera lunghezza della colonna centrale del lamierino, ma lasciare un certo spazio sui bordi esterni del cartoccio, soprattutto se quest'ultimo è sprovvisto delle flangie laterali di protezione. Non adottando questa precauzione, si corre il rischio che qualche spira laterale possa uscire dal cartoccio e cortocircuitarsi o addirittura troncarsi quando verranno inseriti i lamierini, la qual cosa comprometterebbe l'intera realizzazione. Tenendo conto di tutti questi nuovi fattori, e ritornando all'esempio dato in precedenza, ci accorgeremo subito che non potremo avvolgere il primario in due strati, ma dovremo prevederne almeno tre. Lo spessore totale del cartoccio si aggirerà ora su 5-6 mm, che sono tuttavia ancora sufficienti per inserire comodamente le lamelle del nucleo.

Una volta terminato il trasformatore, dovremo provarlo per verificarne il corretto funzionamento.

A tale scopo collegheremo il primario alla tensione di rete e lo lasceremo inserito per qualche ora: se non sono stati commessi errori, il trasformatore deve rimanere freddo (o comunque giungere ad una temperatura non superiore ai 30° C circa). Questo leggero riscaldamento deve essere riscontrato solo sul nucleo, mai sull'avvolgimento.

Constatato invece il perfetto funzionamento, si può misurare la tensione a vuoto sul secondario: non meravigliamoci se troviamo un valore leggermente superiore al previsto: questo piccolo eccesso di tensione sparirà quando collegheremo al secondario il carico.

APPENDICE

Per le tabelle fin qui riportate, i calcoli svolti sono stati eseguiti partendo dal presupposto che, per la costruzione dei trasformatori, il lettore impieghi comuni lamierini al ferro-silicio del tipo reperibile in commercio e che presentano un'induzione magnetica $B = 1 \text{ weber/m}^2$.

Per applicazioni particolari, e dove il fattore spazio è importante, è però possibile utilizzare lamierini di tipo diverso, con un valore di B superiore.

Ad esempio i lamierini a ferro silicio a grani orientati hanno un $B = 1,2 \text{ weber/m}^2$, mentre valori di induzione ancora maggiori si ottengono per il mn-metal o per il permalloy, che raggiungono e talvolta superano i 2 weber/m².

Queste leghe sono però molto care e assai dif-

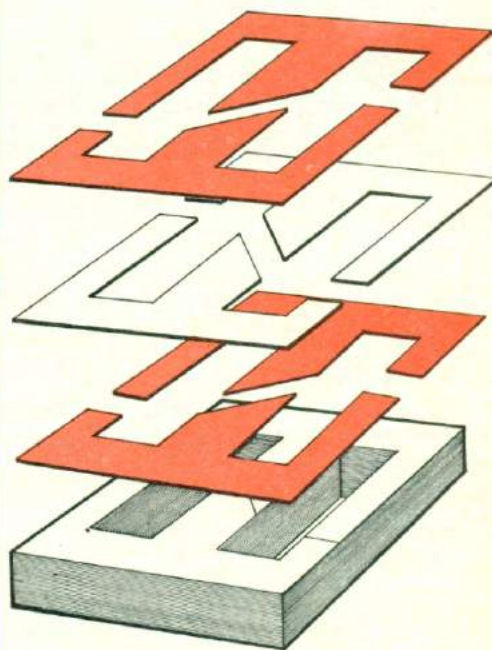


Fig. 20 I lamierini in un trasformatore di alimentazione, andranno sempre infilati entro al cartoccio uno in senso inverso dell'altro, in modo da evitare che si creino degli intrafferri. Infatti se smonterete un vecchio trasformatore di alimentazione potrete constatare come questi risultino infilati alternativamente.

facili da procurare, per cui il loro uso è limitato a realizzazioni di alta classe e per trasformatori d'uscita di qualità.

Per tutti quei lettori che volessero calcolare il loro trasformatore da un punto di vista teorico, o che fossero in possesso di lamierini di tipo particolare, con un valore di induzione magnetica non compreso nelle tabelle, riportiamo qui sotto le formule necessarie per i relativi calcoli e l'esempio del calcolo di un trasformatore sia con l'uso delle tabelle, sia con l'uso delle formule.

Come già visto, la potenza di un trasformatore è data da:

$$P = V \times I$$

ove P = potenza in watt

I = corrente in amper

V = tensione in volt

Calcolo della sezione teorica di un nucleo

Sezione teorica: $S_T = 1,5 \times \sqrt{P}$ (in cm^2)

Sezione effettiva: $S_E = 1,35 \times \sqrt{P}$ (in cm^2)

Nella sezione effettiva si è tenuto conto del piccolo spazio che rimane tra un lamierino e l'altro.

Calcolo delle spire primarie

Numero teorico:

$$N_{PT} = 10.000 \times V_P : (4,44 \times \varnothing \times S_E \times B)$$

ove \varnothing = frequenza di rete

V_P = tensione primaria

Numero effettivo (per 50 Hz):

$$N_{PE} = [44,1 : (S_E \times B)] \times V_P = \\ = (44,1 \times V_i) : (S_E \times B)$$

ove V_P =

B = induzione magnetica in weber/ m^2

S_E = sezione effettiva del nucleo

Calcolo del numero delle spire secondarie

$$\text{Numero teorico: } N_{ST} = V_S : V_P \times N_{PT} = \\ = V_S \times N_{PT} : V_P$$

$$\text{Numero effettivo: } (45,9 : S_E \times B) \times V_S = \\ = (45,9 \times V_S) : (S_E \times B)$$

ove: V_S = tensione del secondario

Diametro dei fili dell'avvolgimento

per il secondario: $d_s = 0,7 \times \sqrt{I_s}$ (in mm.)

per il primario $d_p = 0,7 \times \sqrt{P : V_P}$ (in mm.)

KIT-COMPEL Via Garibaldi 15 40055 CASTENASO (BO)

ARIES



Scatola di montaggio ORGANO ELETTRONICO semiprofessionale - 4 ottave - 3 registri - Amplif. 10W - in 4 kit fornibili anche separatamente:

ARIES A: Organo con tastiera L. 60.000 + sp. sp.

ARIES B: Mobile con leggio L. 25.000 + sp. sp.

ARIES C: Gambi con accessori L. 10.000 + sp. sp.

ARIES D: Pedale di espressione L. 8.750 + sp. sp.

Dimensioni (senza gambi): 90 × 35 × 15 cm.
Manuale con 11 pag. e 7 tav. sc. 1:1.

Scatola di montaggio riverbero amplificato - ingressi ad alta e bassa impedenza - uscita a bassa impedenza - controlli di livello ed effetto eco - in unico kit:

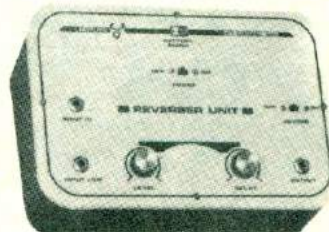
TAURUS: Unità di riverbero completa di mobiletto:

L.25.000 + sp. sp.

Dimensioni: 30 × 20 × 11 cm.

Manuale con 8 pag. ed 1 tav. sc. 1:1.

TAURUS



SPEDIZIONE CONTRASSEGNO - DATI TECNICI DETTAGLIATI A RICHIESTA