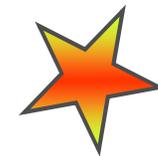
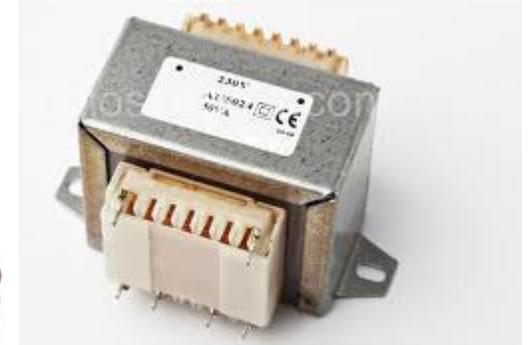
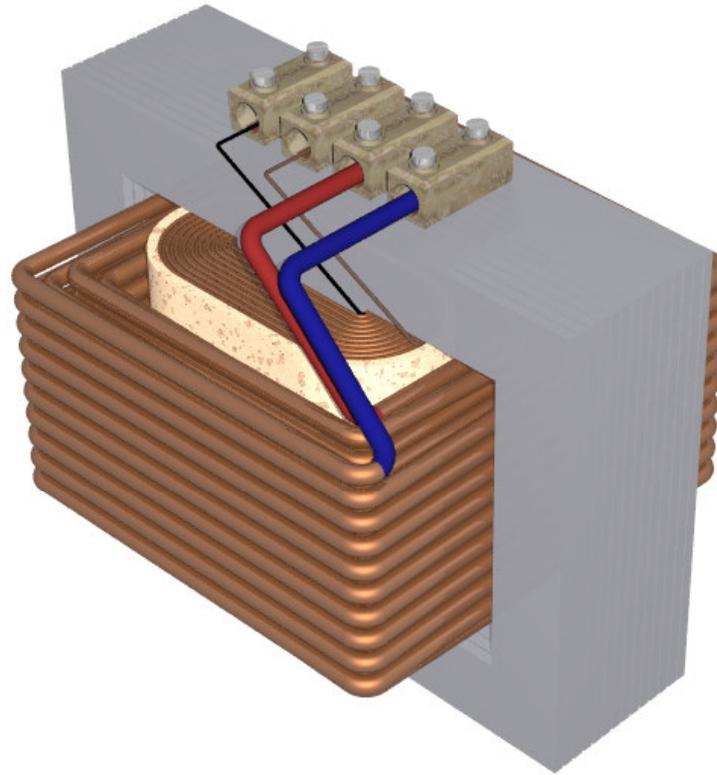


IL TRASFORMATORE

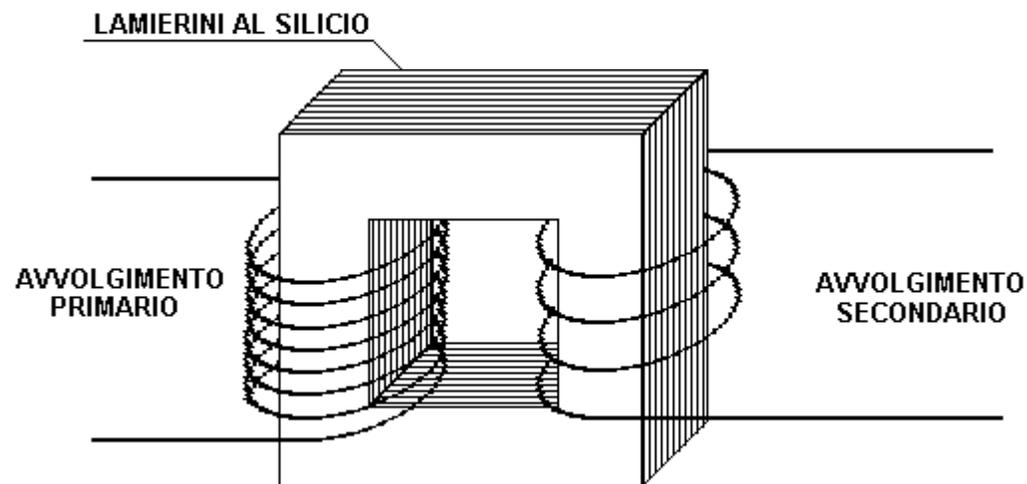


Il trasformatore è una macchina in grado di operare solo in **corrente alternata**, perché sfrutta i principi dell'elettromagnetismo legati ai flussi variabili. Il trasformatore viene ampiamente **usato nelle reti di trasporto dell'energia elettrica** che collegano le centrali elettriche alle utenze (industriali e domestiche).

COSTRUZIONE E PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il trasformatore è costituito da un nucleo di ferro a forma toroidale, costituito da lamiere sovrapposte ed isolate tra loro.

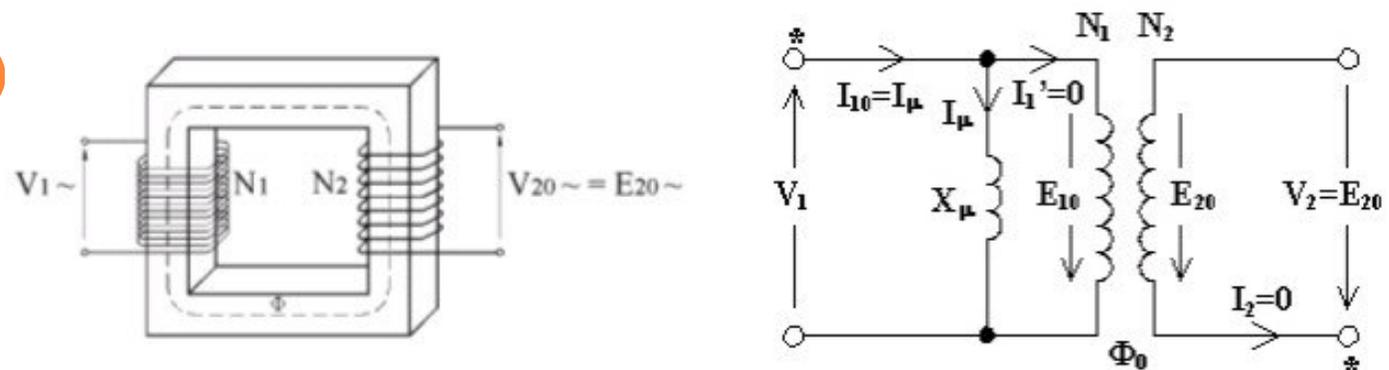
Su due lati del nucleo sono avvolti due circuiti fatti di metallo conduttore.



COSTRUZIONE E PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Un avvolgimento detto primario, è collegato alla rete elettrica di alimentazione, l'altro, detto secondario, invece è quello che eroga energia con i fattori di potenza diversi da quelli del primario.

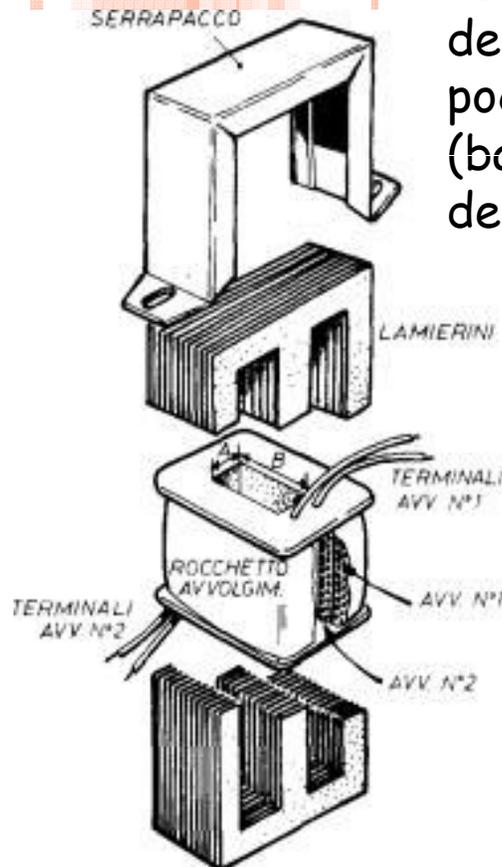
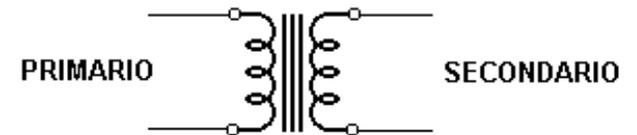
Su due lati del nucleo sono avvolti due circuiti fatti di metallo conduttore. Infatti, il circuito primario collegato al generatore, induce nel materiale di cui è costituito il nucleo un campo magnetico variabile. Questo campo raggiunge l'interno del circuito secondario, inducendo in esso forze elettromotrici e correnti.



COSTRUZIONE E PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Se la macchina è progettata bene, i due avvolgimenti di rame, primario e secondario, devono avere circa lo stesso peso, anche se uno sarà costituito da molte spire di filo più sottile (elevata resistenza ohmica), quello dell'alta tensione, ed uno di poche spire di filo più grosso (bassa resistenza ohmica), quello della bassa tensione.

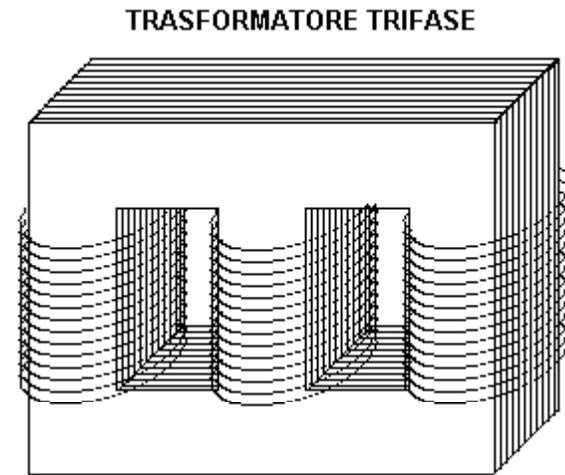
SIMBOLI DEL TRASFORMATORE



I lamierini sono costituiti da una lega di ferro al silicio, al 4% - 5%, e sono disposti in maniera sfalsata in modo da potersi serrare e rimanere incastrati.

La macchina può essere monofase o trifase ed è, in linea di principio, reversibile, nel senso che è possibile alimentare dal secondario e prelevare l'energia elettrica dal primario, sempre rispettando, s'intende, le tensioni di targa relative.

Tra la tensione applicata al circuito primario E' e quella che si registra nel circuito secondario E'' esiste la relazione: $E'/E'' = N'/N''$ dove N' ed N'' sono il numero di spire nel circuito primario e nel secondario



Un trasformatore avrà funzione di riduttore, se la tensione in uscita è minore di quella in entrata, e pertanto il rapporto di trasformazione sarà maggiore dell'unità.

Un problema dei trasformatori è lo smaltimento del calore che si produce per effetto delle perdite nella trasmissione dal primario al secondario.





Approfondimenti

Gli avvolgimenti primario e secondario sono, di solito disposti in modo concentrico l'uno all'altro, in modo da ottenere il minimo flusso disperso e quindi il massimo rendimento possibile.

Il silicio ha lo scopo di ridurre le perdite per isteresi e per correnti parassite.

Infatti il ciclo di isteresi che rappresenta con la sua area le perdite in Watt nel materiale usato, è, nel caso del ferro al silicio, minimo.

Talora si usa un tipo particolare di lamierini, detto a cristalli orientati e che è realizzato per mezzo di una laminazione a freddo, procedura questa che riduce ulteriormente le perdite, anche se aumenta il costo del materiale.

La presenza del silicio nel ferro del trasformatore ne riduce inoltre la resistività e quindi il valore delle correnti parassite, scopo questo che è ottenuto, ancora meglio per mezzo della particolare sottigliezza dei lamierini (0,35 - 0,5 mm) che è però legata, in generale, alle dimensioni della macchina.

FACCIAMO UN PO' DI CONTI

$$V_1/V_2 = N_1/N_2$$

In teoria:

- se al primario e al secondario abbiamo 100 spire e al primario applichiamo 10 V anche al secondario avremo 10V;
- se al secondario abbiamo 200 spire dovremo prelevare 20V
 $V_2 = V_1 * N_2 / N_1 = 10V * (200/100) = 20V$
- se al secondario abbiamo 50 spire preleveremo 5V

Se al primario abbiamo 1.100 spire e 220V, su un secondario di 64 spire preleveremo $220 * 64 / 1.100 = 12,8 V$

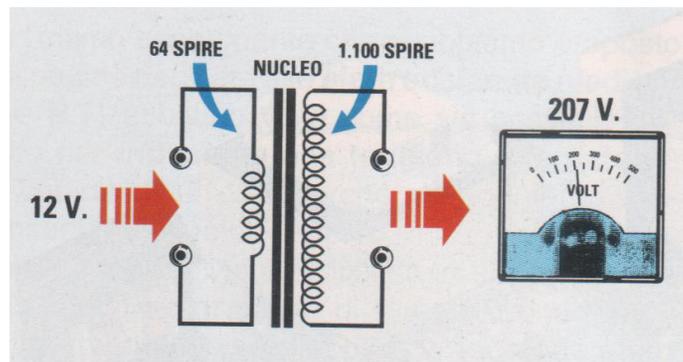
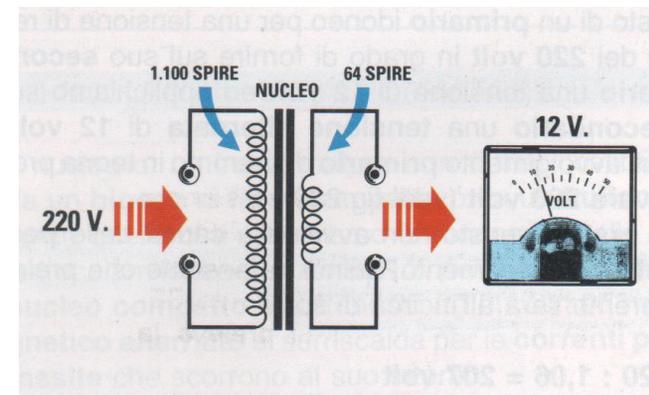
Se dobbiamo ricavarci il n° di spire da avvolgere sul secondario per avere 12 volt dobbiamo ricavarci $N_2 = (N_1/V_1) * V_2 = (1.100/220) * 12 =$

5 spire per Volt *12 =60 spire



FACCIAMO UN PO' DI CONTI

Nella pratica per compensare le perdite di trasferimento tra gli avvolgimenti primario e secondario dobbiamo moltiplicare per un fattore correttivo di **1,06** cioè $60 \cdot 1,06 = 63,6 \approx 64$ spire

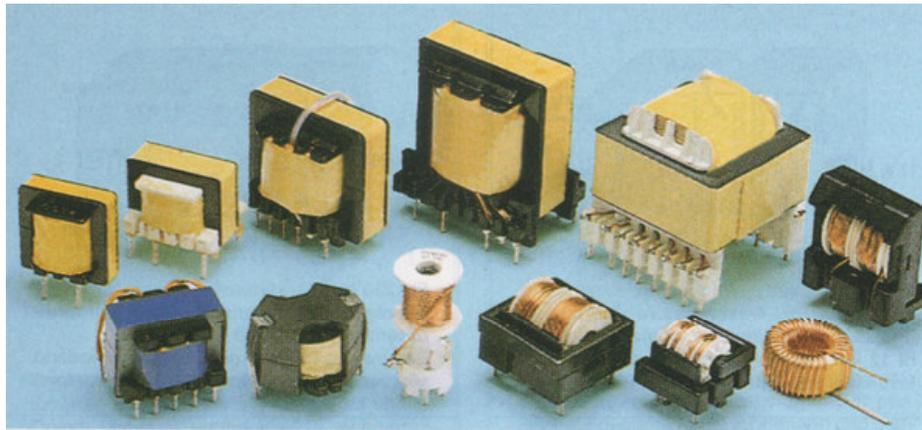


E proprio per le perdite di trasferimento se sul secondario con 64 spire applico 12 Volt al primario con 1.100 spire non avrò 220 Volt ma $220/1,06 = 207$ Volt



FACCIAMO UN PO' DI CONTI

I trasformatori di **dimensioni molto ridotte** ergano **pochi Volt/Amper**
I trasformatori di **dimensioni maggiori** ergano **molti Volt/Amper**
Un trasformatore può avere più secondari.



Esempio:

Amesso di avere un trasformatore con due secondari in grado di erogare 12V 1,3 A e 18 V e 0,5°

Per conoscere la sua potenza ideale occorre sommare la potenza erogata dai due avvolgimenti:

$$P_{\text{tot}} = 12 * 1,3 + 18 * 0,5 = 15,6W + 9W = 24,6Watt$$



FACCIAMO UN PO' DI CONTI

In effetti vi sono delle formule semplificate per calcolare la reale potenza di un trasformatore che tengono conto delle dimensioni del nucleo ossia della sezione in mm² del nucleo dei lamierini.

$$\text{Watt} = (\text{sez}^2 / 13.500) * 0,83$$

dove

Sez= sezione in mm² del nucleo dei lamierini

13.500 è un numero fisso

0,83 è il rendimento % tra un lamierino di qualità media ed uno di qualità superiore.

Esempio:

$$L = 22 \text{ mm}$$

$$H = 38 \text{ mm}$$

$$P = (22 * 38)^2 / 13.500 * 0,83 = 42,96 \text{ Watt}$$

Se costruito con lamierini di tipo C la sua potenza potrebbe arrivare sui 45-46W

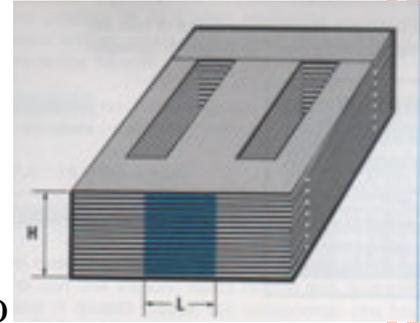
Tipo lamierino	rendimento	Weber
Silicio tipo standard	0,80%	1,10
Silicio qualità media	0,82%	1,15
Silicio qualità superiore	0,84%	1,20
Silicio granuli orientati	0,86%	1,25
Silicio con nucleo a C	0,88%	1,30



ESEMPIO n° 2

Siano $L=22$ mm e $H=40$ mm. Vogliamo conoscere:

- la potenza
- il n° di spire che dobbiamo avvolgere sul primario per poterlo collegare ai 220 V
- il n° di spire che dobbiamo avvolgere sul secondario per ottenere una tensione di 18V



$$P = (22 \cdot 40)^2 / 13.500 \cdot 0,83 = 47,6 \text{ Watt}$$

Per conoscere il n° di spire del primario si usa la seguente formula semplificata:

$$\text{Spire/V} = 10.000 / (0,0444 \cdot f \cdot S_n \cdot \text{Weber})$$

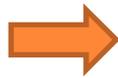
Tipo lamierino	rendimento	Weber
Silicio tipo standard	0,80%	1,10
Silicio qualità media	0,82%	1,15
Silicio qualità superiore	0,84%	1,20
Silicio granuli orientati	0,86%	1,25
Silicio con nucleo a C	0,88%	1,30

Con $S_n =$ Sezione netta = sezione lorda $\cdot 0,95 = (22 \cdot 40) \cdot 0,95 = 836$

Weber = 1,15 per lamierini in silicio di qualità media

$f = 50$ Hz

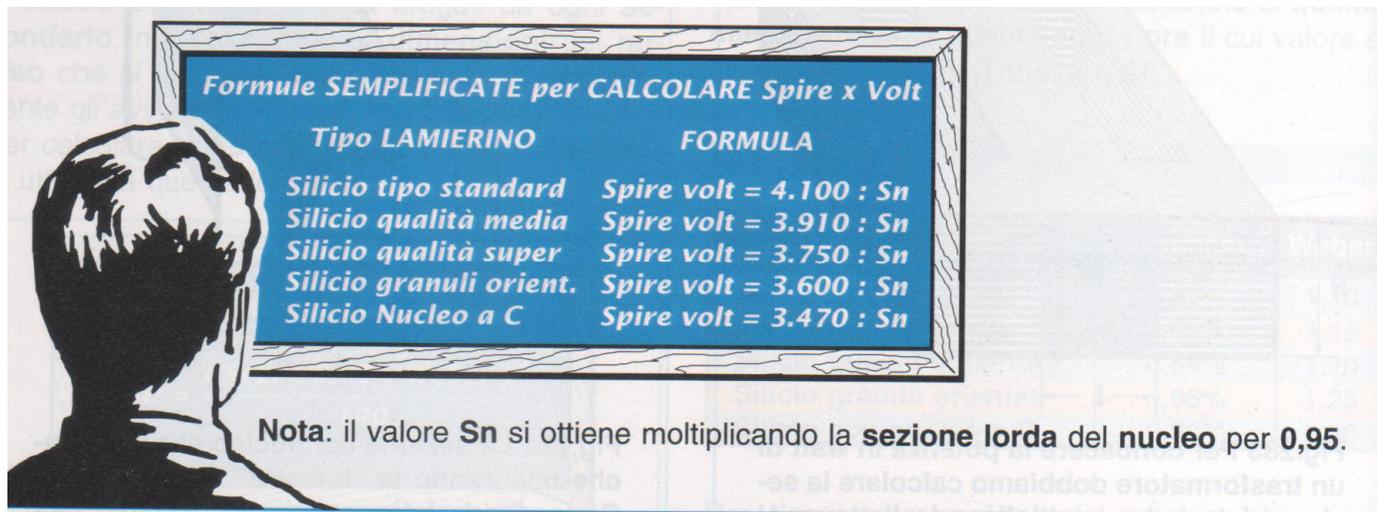
Spire/Volt = 4,686



Spire = $4,686 \cdot 220V = 1.030$ spire



Allo stesso risultato si sarebbe potuti arrivare applicando queste formule semplificate



The image shows a person's silhouette looking at a sign titled "Formule SEMPLIFICATE per CALCOLARE Spire x Volt". The sign lists five types of laminations (LAMIERINO) and their corresponding formulas for calculating the number of turns (Spire) per volt. The formulas are: Silicio tipo standard (4.100 : Sn), Silicio qualità media (3.910 : Sn), Silicio qualità super (3.750 : Sn), Silicio granuli orient. (3.600 : Sn), and Silicio Nucleo a C (3.470 : Sn). A note below the sign states: "Nota: il valore Sn si ottiene moltiplicando la sezione lorda del nucleo per 0,95."

Tipo LAMIERINO	FORMULA
Silicio tipo standard	Spire volt = 4.100 : Sn
Silicio qualità media	Spire volt = 3.910 : Sn
Silicio qualità super	Spire volt = 3.750 : Sn
Silicio granuli orient.	Spire volt = 3.600 : Sn
Silicio Nucleo a C	Spire volt = 3.470 : Sn

Nota: il valore Sn si ottiene moltiplicando la sezione lorda del nucleo per 0,95.

Infatti $3910:836=4,677$ spire per volt
 $4,66*220=1.028,9 \approx 1030$ spire

Per conoscere quante spire dovremo avvolgere sul secondario per ottenere 18 V dobbiamo eseguire questa operazione:

$$4,667*18*1,06=89,2 \text{ spire}$$

Se il lamierino fosse stato di tipo a granuli orientati avremmo:

$$3600/836=4,306 \text{ spire per volt}$$

$$4,306*220=947 \text{ spire}$$

Avendone avvolte 83 in più avremmo ottenuto un trasformatore che non riscalda anche dopo molte ore di funzionamento.



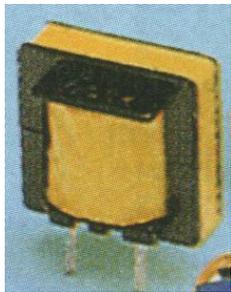
IL DIAMETRO DEL FILO PER GLI AVVOLGIMENTI

Il diametro del filo per l' avvolgimento **primario** va calcolato in funzione della potenza P del nucleo e possiamo usare le seguenti formule semplificate:

$d=0,72*\sqrt{I}$ dove $I=P/V$ se non c'è spazio sufficiente per tutte le spire , al posto del numero fisso 0,72 possiamo usare 0,68 o 0,65

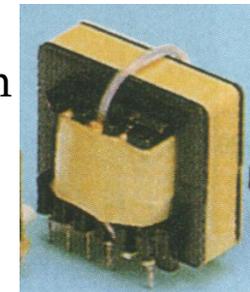
Esempio

abbiamo 2 trasformatori da 30W e 100W, determiniamoci il diametro del filo per gli avvolgimenti primari



$$I = 30/220 = 0,136A$$
$$0,72*\sqrt{0,136} = 0,26mm$$

$$I = 100/220 = 0,454$$
$$0,72*\sqrt{0,454} = 0,48mm$$



Più aumenta la potenza ossia più corrente assorbe il primario più grosso è il filo

Anche per il secondario il diametro del filo a calcolato in funzione degli amper che desideriamo ottenere al secondario

Per un trasformatore da 30W con 12V al secondario $I=30/12=2,5 A$

Per un trasformatore da 100W con 12V al secondario $I=100/12=8,33A$

E quindi $0,72*\sqrt{2,5} = 1,1mm$ per i 30 watt

$0,72*\sqrt{8,33} = 2mm$ per i 100 watt



SECONDARI IN SERIE O IN PARALLELO

E' possibile collegare in **serie** due secondari per aumentare la **tensione** o collegarli in **parallelo** per aumentare la **corrente**.

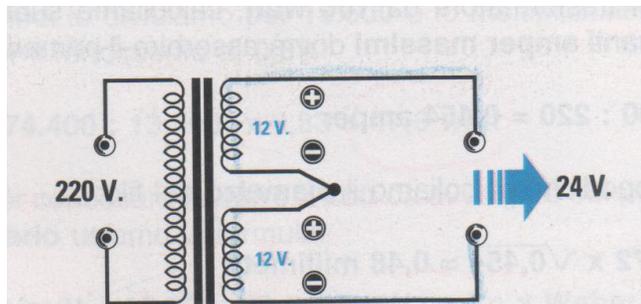


Fig.235 Collegando in serie due avvolgimenti che erogano 12 volt otteniamo in uscita una tensione pari alla somma dei due avvolgimenti, cioè 24 volt.

Se questi due avvolgimenti secondari erogassero 1 A e venissero collegati in parallelo, otterremmo una tensione di 12V e una corrente di 2 A

Quando si collegano in **parallelo** due avvolgimenti è assolutamente necessario che entrambi erogino la **stessa tensione**, diversamente l'avvolgimento che eroga una tensione **maggiore** si scaricherà sull'avvolgimento che eroga una tensione **minore** danneggiando il trasformatore.

Quando si collegano in **serie** due avvolgimenti è necessario controllare che le due tensioni di **alternata** risultino in **fase**, diversamente le tensioni invece di **sommarsi** si annulleranno ed in uscita otterremo **0 volt**

Infine

Collegando in **serie** due avvolgimenti avremo disponibile in uscita una **corrente** pari a quella fornita dall'avvolgimento che eroga **minore corrente**

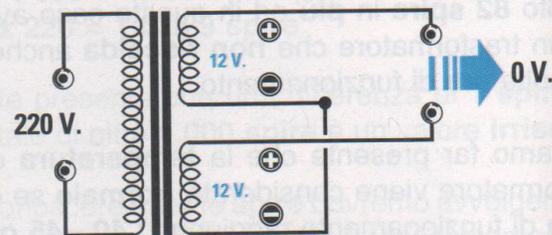


Fig.236 Se non rispettiamo le "fasi" dei due avvolgimenti, in uscita otteniamo 0 volt. Per rimetterli in fase basta invertire i capi di un solo avvolgimento.