

## Il Trasformatore

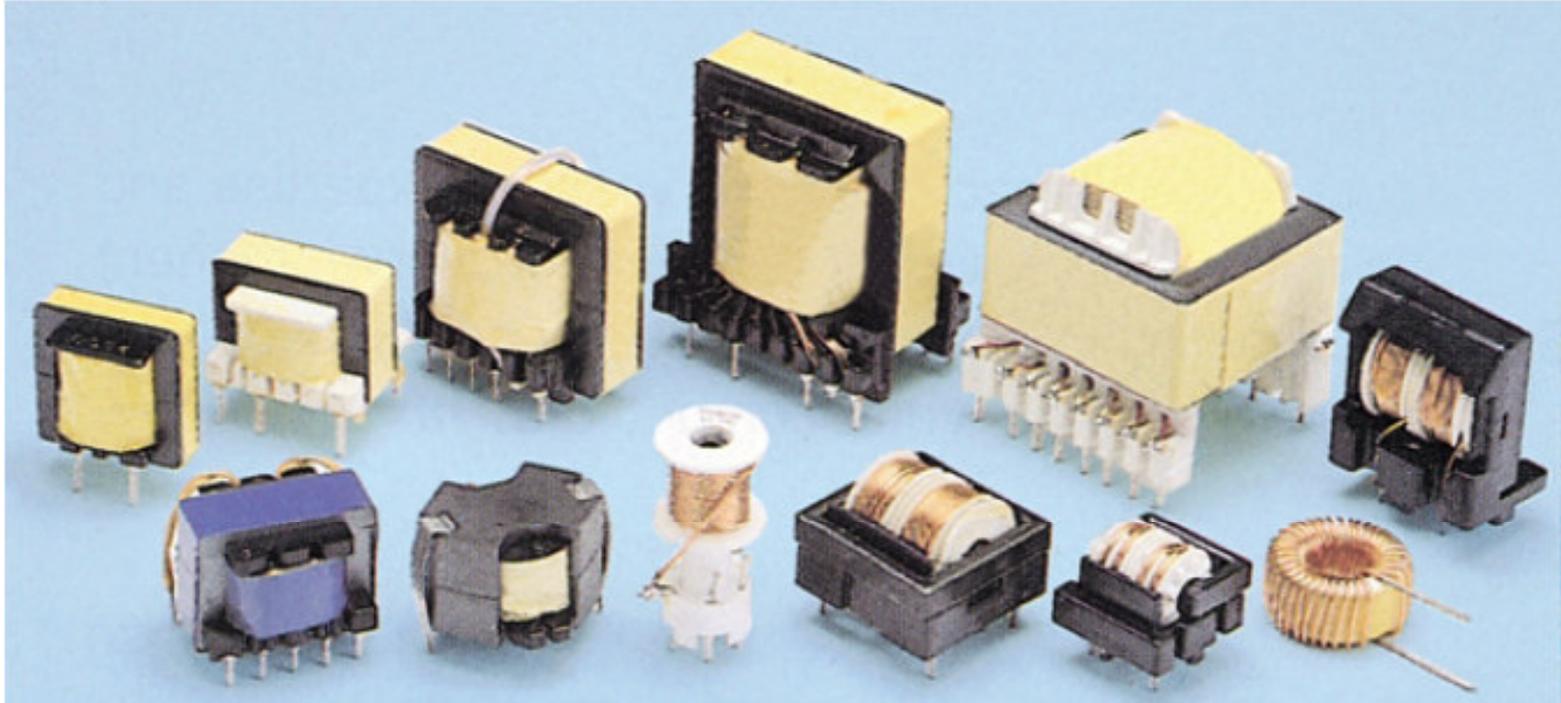
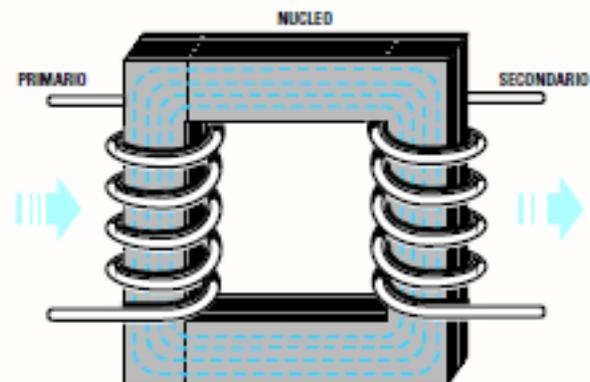


Fig.224 In un trasformatore è sempre presente un avvolgimento PRIMARIO sul quale si applica la tensione che induce ed un avvolgimento SECONDARIO dal quale si preleva la tensione indotta.

La tensione alternata che preleviamo dall'avvolgimento secondario è sempre proporzionale al numero di spire avvolte.

Negli schemi elettrici i trasformatori vengono raffigurati come visibile nella fig.225.



# Il Trasformatore

Il **NUCLEO** è costituito da tante lamelle ferrose di forme geometriche diverse ( Rettangolo – Quadrato - a forma di due U ( L'uno opposto all'altro ) a forma di due L rovesciate a forma di due C contrapposte. Le lamelle, sono isolate fra di loro, sono perfettamente precise l'una all'altra, sono affiancate fra di loro e a seconda la loro geometria fisica possono avere fori quadrati o rettangolari al centro. Questi fori variano a seconda della Tensione che si deve trasformare.

Il complesso di lamelle strette l'una all'altra viene chiamato **PACCO LAMELLARE**. Il pacco lamellare ha anche il compito di ridurre le perdite causate da perdite parassite indotte fenomeni di isteresi e rumori di vibrazioni. Per questo motivo, quasi tutti i trasformatori sono completamente schermati e pertanto protetti da calotte metalliche collegate a massa. In un qualsiasi trasformatore, sul NUCLEO, possiamo trovare più avvolgimenti di spire sia in numero diverso come quantità e sia anche come diametro (Sezione). Pertanto in un trasformatore monofase, troveremo sempre un avvolgimento di spire chiamato **PRIMARIO** ( Entrata ) ed uno o più avvolgimenti di spire chiamati **SECONDARI** ( Uscita ) Normalmente i trasformatori servono per diminuire la tensione di entrata (220 V.Ac.) a valori d'uscita compatibili per il funzionamento di tutte le apparecchiature moderne le quali, in generale, si alimentano con tensioni che variano dai 4,7 V. ai 35 V. Più raro è invece che il trasformatore venga costruito per avere tensioni molto più alte del primario Pertanto avremo trasformatori a bassa tensione e trasformatori ad alta tensione.

# Il Trasformatore

Con l'ultimo esperimento che vi abbiamo proposto nelle pagine dedicate alle **elettrocalamite** (vedi Lezione N.7) abbiamo visto come sia possibile trasferire per **induzione** una **tensione alternata** da una bobina ad un'altra purché al loro interno venga inserito un **nucleo in ferro**.

Questa proprietà viene utilizzata in elettronica per realizzare i **trasformatori** di alimentazione.

L'avvolgimento su cui si applica la **tensione alternata** che **induce** viene chiamato **primario** e l'avvolgimento da cui si preleva la tensione **indotta** viene chiamato **secondario** (vedi fig.224).

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

La tensione **alternata** che possiamo prelevare dall'avvolgimento **secondario** risulta proporzionale al numero di **spire** avvolte.

Ne consegue che se sull'avvolgimento **primario** sono state avvolte **100 spire** e lo stesso numero di spire risultano avvolte sull'avvolgimento **secondario**, in teoria dovremmo prelevare sul secondo avvolgimento la **stessa tensione** che abbiamo applicato sul primo avvolgimento.

Quindi applicando una tensione alternata di **10 volt** sull'avvolgimento della **prima bobina**, dall'avvolgimento della **seconda bobina** dovremmo in teoria prelevare **10 volt** (vedi fig.225).

$$V2 = \frac{N2}{N1} V1$$

Se l'avvolgimento della **seconda bobina** avesse il **doppio** di spire, cioè **200**, dovremmo prelevare una tensione **doppia**, cioè **20 volt** (vedi fig.226).

Se l'avvolgimento della **seconda bobina** avesse **metà** spire, cioè **50**, dovremmo prelevare **metà** tensione, cioè **5 volt** (vedi fig.227).

Varlando il **rapporto** delle **spire** tra l'avvolgimento **primario** e quello **secondario**, si riuscirà ad ottenere dall'avvolgimento **secondario** del trasformatore qualsiasi valore di tensione.

Ammessi di collegare ad un avvolgimento **primario** composto da **1.100 spire** una tensione di rete di **220 volt**, avremo un rapporto **spire/volt** pari a:

$$1.100 : 220 = 5 \text{ spire per volt}$$

Perciò se sull'avvolgimento **secondario** volessimo prelevare una tensione di **12 volt** in teoria dovremmo avvolgere questo numero di spire:

$$5 \times 12 = 60 \text{ spire}$$

Se invece volessimo prelevare sul **secondario** una tensione di **35 volt** in teoria dovremmo avvolgere:

$$5 \times 35 = 175 \text{ spire}$$

Nella pratica per compensare le **perdite** di trasferimento tra gli avvolgimenti **primario** e **secondario**, il numero di **spire x volt** del **solo** avvolgimento **secondario** deve essere **moltiplicato** per **1,06**, quindi per ottenere una tensione di **12 volt** non dovremo più avvolgere **60 spire**, ma:

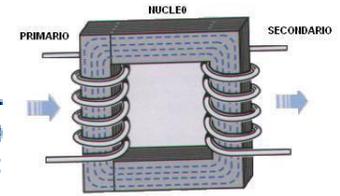
$$5 \times 12 \times 1,06 = 63,6 \text{ spire}$$

Numero che possiamo tranquillamente arrotondare a **64 spire** perché quelle **0,4 spire** in più ci daranno **12,07 volt** anziché **12,00 volt** (vedi fig.228), cioè una differenza irrilevante.

Allo stesso modo per ottenere una tensione di **35 volt** non dovremo più avvolgere **175 spire**, ma:

$$5 \times 35 \times 1,06 = 185,5 \text{ spire}$$

Numero che possiamo arrotondare a **186** oppure a **185**, perché **mezza spira** determina una differenza in più o in meno di soli **0,1 volt**.



N1 N2

---- = ----

V1 V2

N2

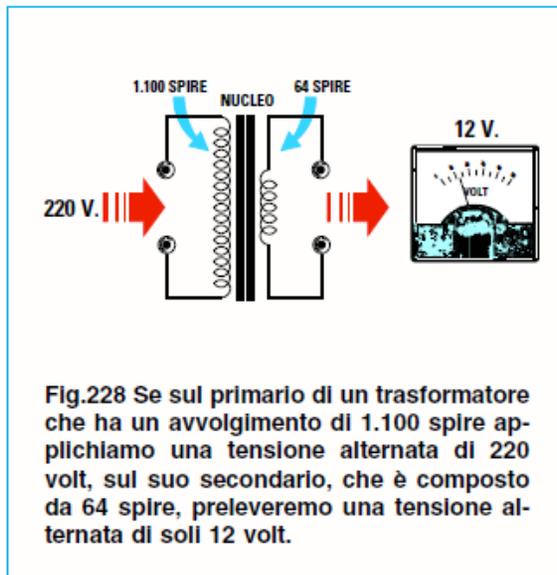
5 = ----

12

1,06

fattore di correzione

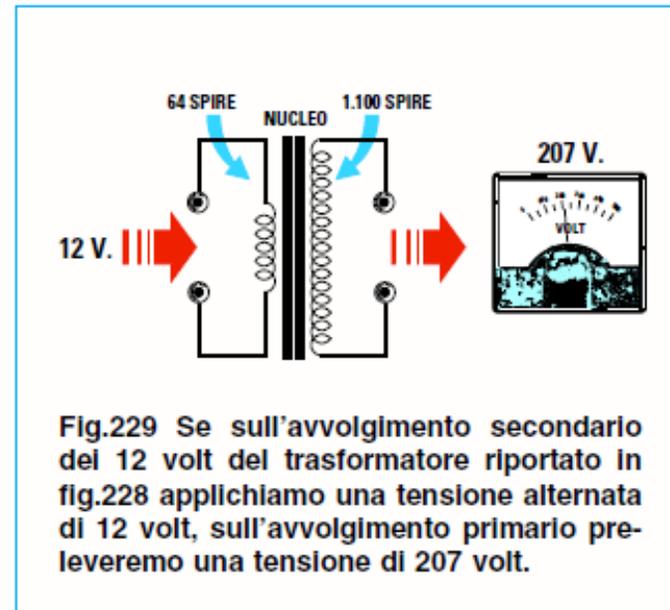
## Il Trasformatore



**Nota:** misurando la tensione di un **secondario** a **vuoto**, cioè **senza** collegarlo ad un circuito che assorbe **corrente**, si rileverà una tensione leggermente **maggiore** rispetto a quanto abbiamo calcolato. Non appena a questo avvolgimento verrà collegato un circuito che assorbe **corrente**, la tensione scenderà sul valore richiesto.

I **trasformatori** vengono normalmente utilizzati per **abbassare** la tensione di rete dei **220 volt** su valori di **9 - 12 - 18 - 24 - 35 volt** così da poter alimentare **transistor, integrati, relè, display** ecc.

A volte un trasformatore può essere usato per ottenere la condizione **inversa**, cioè per prelevare dal **secondario** una tensione **maggiore** rispetto a quella applicata sul **primario**.



$$\frac{V2}{V1} = \frac{N1}{N2}$$

Ovviamente anche in questo caso bisogna tenere conto delle **perdite** di tensione di trasferimento.

Ad esempio, se prendiamo un trasformatore provvisto di un **primario** idoneo per una tensione di rete dei **220 volt** in grado di fornire sul suo **secondario** una tensione di **12 volt** ed applichiamo sul **secondario** una **tensione** alternata di **12 volt**, sull'avvolgimento **primario** dovremmo in teoria prelevare **220 volt** (vedi fig.229).

In pratica questo non avviene a causa delle **perdite** di trasferimento, quindi la tensione che preleveremo sarà all'incirca di soli:

$$220 : 1,06 = 207 \text{ volt}$$

## Il Trasformatore

Un **trasformatore** può avere anche più di un **secondario** in grado di erogare tensioni **diverse** in modo da poter soddisfare tutte le esigenze richieste dal circuito. In commercio possiamo dunque reperire dei trasformatori provvisti di un **primario** a **220 volt** e di più **secondari** in grado di erogare **12 volt - 20 volt - 50 volt ecc.** (vedi fig.230).

L'avvolgimento **primario** di un trasformatore **riduttore** di tensione si riconosce dai suoi **secondari** per il fatto che:

- Il **primario** ha **molte** spire di filo **sottile** e quindi un'**elevata** resistenza ohmica.
- I **secondari** hanno **poche** spire di filo **grosso** e quindi una **bassa** resistenza ohmica.

Le **dimensioni** dei trasformatori variano al variare della loro **potenza**.

I trasformatori di dimensioni molto **ridotte** erogano **pochi volt/amper**.

I trasformatori di dimensioni **maggiori** erogano **molti volt/amper**.

In funzione della **corrente** e della **tensione** che possiamo prelevare dai suoi **secondari**, è possibile determinare la potenza in **watt**.

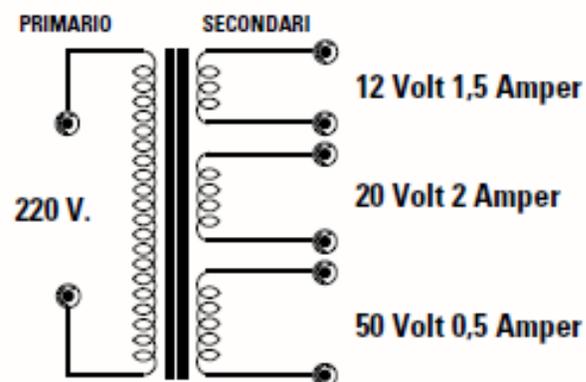


Fig.230 In un trasformatore possono essere presenti più secondari in grado di fornire tensioni e correnti diverse. Sommando i watt forniti da ogni secondario si ottiene la potenza totale del trasformatore.

AmMESSO di avere un trasformatore provvisto di **due secondari**, uno in grado di erogare **12 volt 1,3 amper** e l'altro **18 volt 0,5 amper**, per conoscere la sua **potenza** è sufficiente moltiplicare i **volt** per gli **amper**:

$$12 \times 1,3 = 15,6 \text{ watt}$$

$$18 \times 0,5 = 9 \text{ watt}$$

poi sommare la **potenza** erogata dai due avvolgimenti:

$$15,6 + 9 = 24,6 \text{ watt totali}$$

Da un trasformatore che eroga le stesse **tensioni** del precedente, ma una corrente maggiore, ad e-

# Il Trasformatore

sempio 12 volt 3,5 amper e 18 volt 1,5 amper,  
moltiplicando i volt per gli amper otterremo:

$$12 \times 3,5 = 42 \text{ watt}$$

$$18 \times 1,5 = 27 \text{ watt}$$

Sommando le potenze dei due avvolgimenti avremo una potenza in watt:

$$42 + 27 = 69 \text{ watt totali}$$

Se abbiamo un avvolgimento calcolato per erogare un massimo di 3,5 amper, potremo prelevare anche correnti minori, ad esempio 0,1 - 0,5 - 2 - 3 amper, ma non potremo mai superare i 3,5 amper altrimenti il trasformatore si surriscaldereà e di conseguenza si danneggerà.

# Il Nucleo di un Trasformatore

Il nucleo di un trasformatore non è mai costituito da un blocco di ferro compatto o da un bullone, come quello che vi abbiamo fatto inserire nelle elettrocalamite della **Lezione N.7**, perché quando un **nucleo compatto** è sottoposto ad un campo magnetico alternato si surriscalda per le **correnti parassite** che scorrono al suo interno.

Per neutralizzare queste **correnti**, che riducono notevolmente il **rendimento** del trasformatore, il **nucleo** si ottiene sovrapponendo dei **sottilissimi lamierini** di ferro al **silicio** separati da entrambi i lati con un **ossido**, in modo che risultino perfettamente **isolati** tra loro (vedi fig.231).

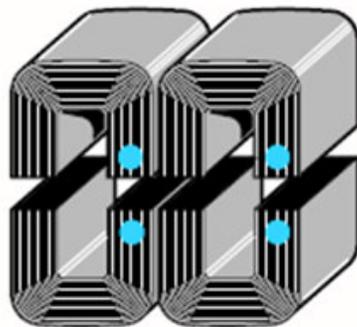


Fig.232 I lamierini a C, forniti già sagomati e pressati come visibile in figura, ci permettono di ottenere dei rendimenti che possono raggiungere l'88%. Quando si introducono questi blocchi nel cartoccio si devono sempre rivolgere i loro "punti colorati" uno contro l'altro, perché le loro superfici sono fresate in coppia per ridurre al minimo il traferro.



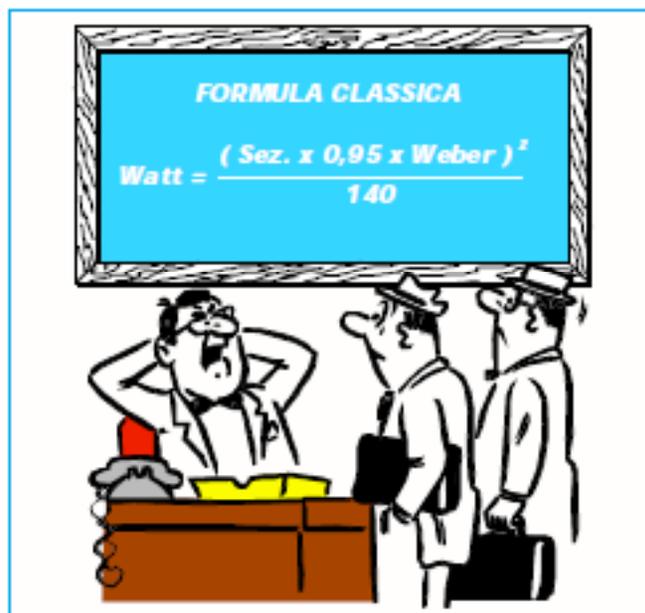
Fig.231 Il tipo di lamierino al silicio più utilizzato è quello formato da una E ed una I. Questi lamierini vanno inseriti all'interno del cartoccio (sul quale sono avvolti gli avvolgimenti primario e secondari) uno opposto all'altro, cioè E - I, poi I - E ecc. Inserendo tutte le E da un lato e tutte le I dal lato opposto si riduce il rendimento del trasformatore.

# Il Nucleo di un Trasformatore

## LA REALE potenza in WATT

La **reale** potenza in **watt** di un trasformatore non si calcola sommando i **watt** erogati da ogni **secondario**, ma calcolando le **dimensioni** del **nucleo** che si trova all'interno del **cartoccio** contenente gli avvolgimenti (vedi figg.233-234).

Per calcolare la **potenza reale** viene normalmente utilizzata questa formula:



**Sez.** è la sezione in **millimetri quadrati** del nucleo dei lamierini,

**0,95** è un coefficiente utilizzato per ricavare la sezione **netta** del nucleo,

**Weber** è la permeabilità in **Weber** che possiamo prelevare dalla **Tabella N.16**,

**140** è un numero **fisso**.

TABELLA N.16

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

Poiché raramente si conosce il valore **Weber** dei lamierini utilizzati, molti preferiscono usare questa formula **semplificata**:



**Sez.** è la sezione in **millimetri quadrati** 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** il cui valore si può prelevare dalla **Tabella N.16**.

## Il Trasformatore

Per ricavare la **sezione** del **nucleo**, che corrisponde in pratica all'**area** del foro del cartoccio, si misura la sua **larghezza** e la sua **altezza** (vedi fig.233).

Facciamo presente che la **lunghezza** del lamierino **non influisce** sulla **potenza** del trasformatore.

**Esempio:** disponiamo di un trasformatore il cui **nucleo** ha queste dimensioni:

**L = 22 millimetri**

**H = 38 millimetri**

e con questi dati vorremmo sapere la sua **potenza** in **watt** anche se non conosciamo le caratteristiche dei **lamierini** utilizzati.

**Soluzione:** come prima operazione calcoliamo l'**area** di questo nucleo moltiplicando **L x H**:

**22 x 38 = 836 millimetri quadrati**

Poiché vogliamo usare la formula semplificata (vedi la figura in basso a sinistra) eleviamo al **quadrato** il risultato ottenuto sopra:

**836 x 836 = 698.896**

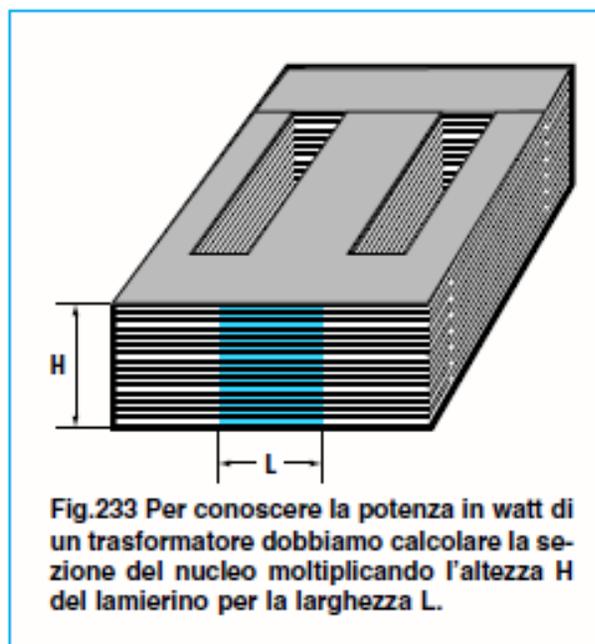
Poi **dividiamo** il numero ottenuto per il numero **fisso 13.500**.

**698.896 : 13.500 = 51,77 watt**

ed infine moltiplichiamo i **watt** per il **rendimento** di **0,83** ottenendo così:

**51,77 x 0,83 = 42,96 watt reali**

Non conoscendo le caratteristiche dei **lamierini** dobbiamo tenere presente che la potenza in **watt**



potrebbe risultare di:

**51,77 x 0,80 = 41,4 watt**

se il lamierino fossero di tipo **standard**, oppure di:

**51,77 x 0,86 = 44,5 watt**

se il lamierino fosse di tipo a **granuli orientati**, mentre se il trasformatore avesse dei lamierini del tipo a **C** (vedi fig.232) la potenza salirebbe sui:

**51,77 x 0,88 = 45,5 watt**

Pertanto un trasformatore provvisto di un **nucleo** delle dimensioni di **836 mm quadrati** non avrà mai una potenza minore di **41 watt**.

Se fosse costruito con lamierini a **C** la sua potenza potrebbe arrivare sui **45 - 46 watt** circa.

# Il Trasformatore

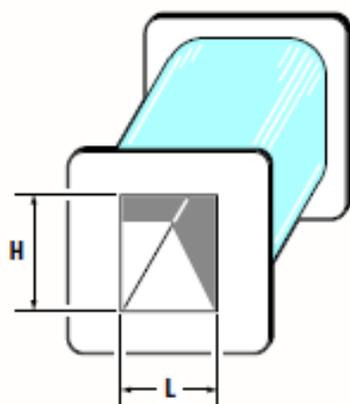


Fig.234 La sezione del nucleo si ricava anche misurando la "finestra" del cartoccio. Conoscendo i mm quadrati possiamo calcolare la potenza del trasformatore.

## SPIRE VOLT del PRIMARIO

Il numero delle **spire per volt** dell'avvolgimento **primario** è proporzionale alla **potenza in watt** del suo **nucleo**.

La **formula** da utilizzare per sapere quante **spire per volt** dobbiamo avvolgere sul primario è visibile in fondo a questa pagina.

La **Sn** riportata in questa formula si ottiene moltiplicando la **sezione lorda del nucleo** per **0,95**.

**Hz** è la **frequenza** di lavoro che per tutti i trasformatore collegati alla tensione di rete dei **220 volt** è sempre di **50 Hz**.

I **Weber**, come potete vedere nella **Tabella N.16**, possono variare da **1,1** a **1,3**.

Nel caso non si conoscano le caratteristiche dei lamierini si può usare il valore di **1,15**, che corrisponde al tipo di lamierino più comunemente utilizzato.

**FORMULA PER CALCOLARE LE SPIRE x VOLT**

$$\text{SPIRE x V.} = \frac{10.000}{(0,0444 \times \text{Hz} \times \text{Sn} \times \text{Weber})}$$

0,0444 è un numero fisso,  
Hz è la frequenza di lavoro,  
Sn è l'area netta del nucleo in mm quadrati,  
Weber è il valore riportato nella Tabella N.16.

Poiché i trasformatore vengono quasi sempre usati per ridurre la tensione di rete dei **220 volt** a **50 Hz**, per il calcolo delle **spire x volt** potremo usare le seguenti formule:

**Formule SEMPLIFICATE per CALCOLARE Spire x Volt**

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.

## Il Trasformatore

**Esempio:** abbiamo un trasformatore che ha una **L** di **22 mm** ed una **H** di **40 mm**. Vogliamo conoscere la sua potenza in **watt**, sapere quante **spire** dobbiamo avvolgere sul **primario** per poterlo collegare alla tensione di rete dei **220 volt** ed anche quante spire dobbiamo avvolgere sul **secondario** per ottenere una tensione di **18 volt**.

**Soluzione:** per conoscere la potenza in **watt** usiamo la formula **semplificata**:

$$\text{watt} = [(\text{Sez.} \times \text{Sez.}) : 13.500] \times 0,83$$

Quindi come prima operazione calcoliamo la **Sez.**, cioè l'**area del nucleo**:

$$22 \times 40 = 880 \text{ millimetri quadrati}$$

Poi eleviamo questo numero al **quadrato**:

$$880 \times 880 = 774.400$$

quindi lo dividiamo per **13.500** e lo moltiplichiamo per il rendimento di **0,83**.

$$(774.400 : 13.500) \times 0,83 = 47,6 \text{ watt}$$

Per conoscere le **spire x volt** da avvolgere sul **primario** usiamo la formula:

$$\text{Spire/V} = 10.000 : (0,0444 \times \text{Hz} \times \text{Sn} \times \text{Weber})$$

Come prima operazione dobbiamo prendere l'**area lorda** del nucleo che è di **880 mm quadrati** e moltiplicarla per **0,95**. In questo modo otteniamo il valore **Sn**, cioè la sezione **netta**:

$$880 \times 0,95 = 836 \text{ Sezione netta}$$

Per calcolare le **spire x volt** utilizziamo la formula riportata nella pagina precedente e poiché non conosciamo le **caratteristiche** dei lamierini come valore **Weber** consideriamo **1,15**:

$$0,0444 \times 50 \times 836 \times 1,15 = 2.134$$

Ora dividiamo **10.000** per questo numero:

$$10.000 : 2.134 = 4,686 \text{ spire per volt}$$

Quindi per realizzare un avvolgimento **primario** che accetti i **220 volt** della rete dovremo avvolgere questo numero di **spire**:

$$4,686 \times 220 = 1.030 \text{ spire}$$

A questo punto vorremmo verificare se con la **formula semplificata** riportata in questa pagina, cioè:

$$\text{Silicio qualità media} \quad \text{Spire volt} = 3.910 : \text{Sn}$$

si ottiene lo stesso **numero** di spire:

$$3.910 : 836 = 4,677 \text{ spire per volt} \\ 4,66 \times 220 = 1.028,9 \text{ spire}$$

Tenete presente che una differenza di **1 spira** su un totale di oltre **1.000 spire** è un valore **irrisorio**.

Per conoscere quante **spire** dovremo avvolgere sul **secondario** per ottenere i **18 volt** dobbiamo eseguire questa moltiplicazione:

$$4,677 \times 18 \times 1,06 = 89,2 \text{ spire}$$

Numero che arrotondiamo a **89**.

Come già detto il numero **1,06** serve per compensare le **perdite** di trasferimento.

# Il Trasformatore

**Esempio:** sapendo che il nostro trasformatore ha una potenza di **47,6 watt** vorremmo conoscere quanti **amper** possiamo prelevare sul **secondario** che eroga **18 volt**.

**Soluzione:** per ricavare questo dato dobbiamo solo **dividere** i **watt** per i **volt**:

$$47,6 : 18 = 2,6 \text{ amper}$$

## SE il LAMIERINO fosse MIGLIORE?

Nei nostri esempi abbiamo supposto che il lamierino con una sezione **netta** di **836 mm quadrati** fosse di **qualità media**, ma supponendo che fosse di **qualità standard** o a **granuli orientati** cosa accadrebbe?

Rifacendoci alle **formule semplificate** riportate a sinistra, possiamo calcolare le **spire x volt** per ogni tipo di lamierino:

Tipo standard	= 4.100 : 836 = 4,904 spire volt
Tipo medio	= 3.910 : 836 = 4,677 spire volt
Tipo super	= 3.750 : 836 = 4,485 spire volt
Tipo granuli	= 3.600 : 836 = 4,306 spire volt
nucleo a C	= 3.470 : 836 = 4,150 spire volt

Quindi per i **220 volt** avremmo queste differenze:

4,904 x 220 = 1.078 spire totali
4,677 x 220 = 1.029 spire totali
4,485 x 220 = 986 spire totali
4,306 x 220 = 947 spire totali
4,150 x 220 = 913 spire totali

Se il lamierino fosse di **tipo standard**, invece che di tipo **medio** come supposto, avremmo avvolto **49 spire in meno** ed in questo caso l'unico inconveniente che potremmo avere è quello di un **aumento** oltre il normale della **temperatura del nucleo**.

Vogliamo far presente che la **temperatura** di un trasformatore viene considerata **normale** se dopo **1 ora** di funzionamento raggiunge i **40 - 45 gradi**.

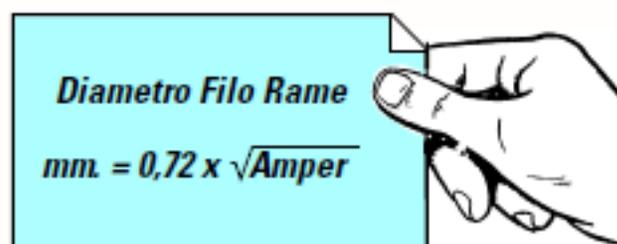
## DIAMETRO del FILO per gli AVVOLGIMENTI

Il **diametro** del filo da usare per l'avvolgimento **primario** da collegare alla tensione di rete dei **220 volt** va calcolato in funzione della **potenza** in **watt** del **nucleo**.

Conoscendo la **potenza** in **watt** dobbiamo per prima cosa calcolare gli **amper massimi** che devono scorrere nel filo usando la formula:

$$\text{amper} = \text{watt} : 220 \text{ volt}$$

Dopodiché possiamo calcolare il **diametro** in **millimetri** del filo di rame usando la formula:



**Nota:** se sul rocchetto non c'è **spazio** sufficiente per tutte le spire, anziché usare il numero fisso **0,72** potete usare anche **0,68** o **0,65**.

**Esempio:** abbiamo due trasformatori, uno da **30 watt** ed uno da **100 watt**, e vogliamo sapere quale **diametro** di filo utilizzare per l'avvolgimento **primario** dei **220 volt**.

**Soluzione:** per conoscere il **diametro** del filo per l'avvolgimento del trasformatore da **35 watt** calcoliamo innanzitutto gli **amper massimi** che il **primario** deve assorbire per erogare questa **potenza**:

$$30 : 220 = 0,136 \text{ amper}$$

Dopodiché possiamo calcolare il **diametro** del filo:

$$0,72 \times \sqrt{0,136} = 0,26 \text{ millimetri}$$

Per conoscere quale filo usare per l'avvolgimento del trasformatore da **100 watt**, calcoliamo subito quanti **amper massimi** dovrà assorbire il primario:

$$100 : 220 = 0,454 \text{ amper}$$

Dopodiché calcoliamo il **diametro** del filo:

$$0,72 \times \sqrt{0,454} = 0,48 \text{ millimetri}$$

Come avrete notato, più **aumenta** la potenza in **watt** del trasformatore più grosso deve essere il diametro del filo utilizzato.

Anche il **diametro** del filo da usare per l'avvolgimento **secondario** va calcolato in funzione degli **amper** che desideriamo ottenere.

Se abbiamo un trasformatore da **30 watt** e su questo vogliamo avvolgere un **secondario** che fornisca una tensione di **12 volt**, possiamo conoscere la **corrente massima** che si può prelevare da questo secondario con la formula:

$$\begin{aligned} \text{watt} : \text{volt} &= \text{amper} \\ 30 : 12 &= 2,5 \text{ amper} \end{aligned}$$

Se utilizziamo un trasformatore da **100 watt** potremo prelevare una **corrente massima** di:

$$\begin{aligned} \text{watt} : \text{volt} &= \text{amper} \\ 100 : 12 &= 8,33 \text{ amper} \end{aligned}$$

Conoscendo gli **amper** possiamo calcolare il diametro del filo da utilizzare con la formula che abbiamo riportato nella pagina precedente:

$$\begin{aligned} 0,72 \times \sqrt{2,5} &= 1,1 \text{ mm} \quad \text{per i 30 watt} \\ 0,72 \times \sqrt{8,33} &= 2 \text{ mm} \quad \text{per i 100 watt} \end{aligned}$$

## SECONDARI in SERIE o in PARALLELO

E' possibile collegare in **serie** due **secondari** di un trasformatore per **aumentare** la **tensione** oppure collegarli in **parallelo** per **aumentare** la **corrente**.

Collegando in **serie** due avvolgimenti che erogano **12 volt 1 amper** (vedi fig.235) ai due estremi preleviamo **12+12 = 24 volt 1 amper**.

Se questi due avvolgimenti da **12 volt 1 amper** venissero collegati in **parallelo** otterremmo una tensione di **12 volt 2 amper**.

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 scari-

## Il Trasformatore

cherà 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** (vedi fig.236).

In pratica si verifica la stessa condizione che si aveva collegando in **serie** due pile senza rispettare la polarità **positiva** e **negativa** dei due terminali (vedi **Lezione N.1 fig.40**).

Per mettere in **fase** due avvolgimenti posti in **serie** il procedimento più semplice è quello di misurare con un **voltmetro** se sui due fili opposti esce una tensione **maggiore** oppure **nessuna** tensione. Se non rileviamo nessuna tensione sarà sufficiente **invertire** i fili di uno dei due avvolgimenti.

Come per la **pila**, noi possiamo collegare in **serie** anche due **diverse** tensioni, ad esempio **12 volt** e **18 volt**, ottenendo in uscita una tensione pari alla loro somma, nel nostro caso  $12+18 = 30$  volt.

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

Quindi collegando in **serie** due avvolgimenti da **12 volt 1 amper** otterremo una tensione di **24 volt 1 amper**.

Collegando in **serie** due avvolgimenti uno da **12 volt 1 amper** ed uno da **12 volt 0,5 amper** otterremo una tensione di **24 volt**, ma la **massima** corrente di cui potremo disporre non potrà superare i **0,5 amper**.

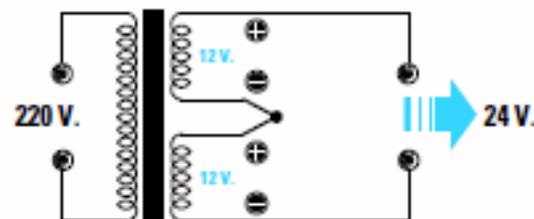


Fig.235 Collegando in serie due avvolgimenti che erogano 12 volt otteniamo in uscita una tensione pari alla somma dei due avvolgimenti, cioè 24 volt.

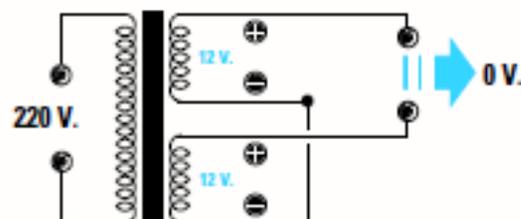


Fig.236 Se non rispettiamo le "fasi" dei due avvolgimenti, in uscita otteniamo 0 volt. Per rimmetterli in fase basta invertire i capi di un solo avvolgimento.