

IQ5IN Lezione di elettronica per radioamatori

3ª LEZIONE

Elettromagnetismo, elettrocalamite, trasformatori elettrici

ELETTROMAGNETISMO E ELETTROCALAMITE

Quando in un **filo di rame** si fa scorrere una **tensione** attorno a questo si formano delle **linee concentriche** capaci di generare un debolissimo **flusso magnetico** (vedi fig.212).



Fig.212 Facendo scorrere una tensione in un filo di rame attorno a questo si creano dei deboli flussi magnetici.

Avvolgendo un certo numero di spire attorno ad un rocchetto il flusso magnetico si **rinforza** tanto da riuscire ad attirare dei piccoli oggetti metallici come fa una normale **calamita**.

Più **spire** avvolgiamo o più **tensione** applichiamo ai capi della bobina più **aumenta** il flusso magnetico.

Per **aumentarlo** ulteriormente è sufficiente inserire all'interno di questa bobina un nucleo di **ferro**.

Si realizza così una piccola **elettrocalamita** che attirerà piccoli oggetti **metallici** quando applicheremo una tensione alla bobina e li respingerà quando la tensione verrà a mancare.

Le **elettrocalamite** vengono utilizzate in elettronica per realizzare dei **relè** (vedi fig.210), cioè dei **commutatori** in grado di **chiudere** o **aprire** i contatti **meccanici**.

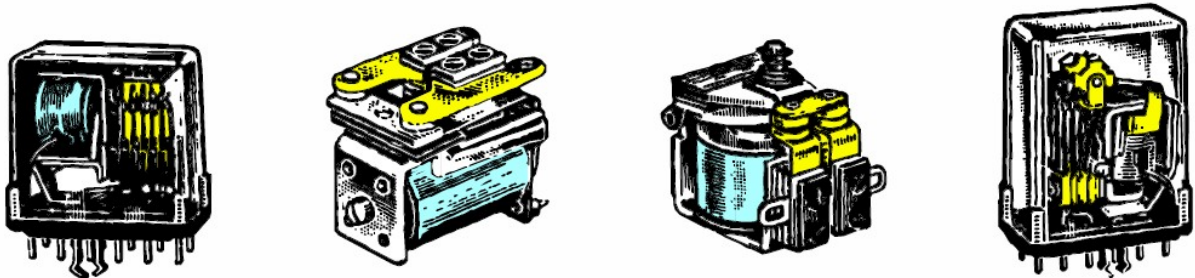
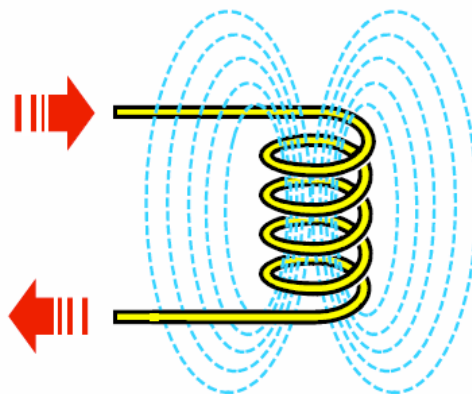
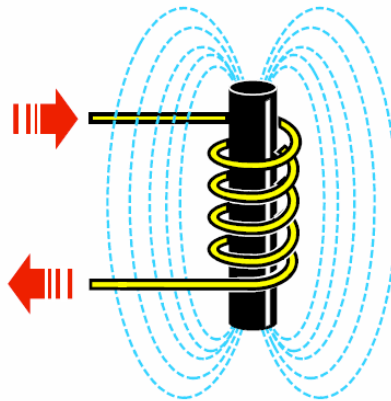


Fig.210 I relè possono assumere forme e dimensioni diverse. Alla bobina di ogni relè dovrete applicare la tensione per la quale è stata calcolata, cioè 4 - 6 - 12 - 24 - 48 volt.

Per aumentare questo flusso magnetico è sufficiente avvolgere un certo numero di spire su un rocchetto



Il flusso magnetico aumenta ulteriormente se all'interno di questa bobina inseriamo un nucleo in ferro



L'elettrocalamita è un magnete artificiale che si ottiene avvolgendo un pezzo di ferro dolce (o altro materiale ferromagnetico) con un filo percorso da corrente elettrica. La magnetizzazione del ferro dura fino a quando il filo è percorso dalla corrente e si interrompe quando si apre il circuito elettrico. Per comprendere il funzionamento dell'elettrocalamita bisogna fare riferimento alle proprietà magnetiche della materia. A seconda del loro comportamento quando vengono posti in un campo magnetico, i materiali vengono classificati in **diamagnetici**, **paramagnetici** e **ferromagnetici**. Prima di addentrarci nell'analisi di queste proprietà è conveniente citare il fondamentale teorema di **Ampère** secondo cui gli elettroni che ruotano attorno al nucleo si comportano come delle minuscole spire percorse da corrente che a loro volta si comportano come dipoli magnetici.

Questi piccoli magneti interagiscono con il campo esterno in modo diverso a seconda del materiale considerato.

Le sostanze **diamagnetiche** sono caratterizzate da una **permeabilità magnetica** relativa μ_r molto vicina ad 1 (che è il valore della permeabilità magnetica del vuoto).

Quando si immerge una sostanza **diamagnetica** in un campo magnetico, all'interno del materiale vengono indotte delle correnti che generano un debole campo magnetico che ha verso opposto rispetto a quello esterno.

Alcuni materiali **diamagnetici** sono il rame, l'argento e l'acqua.

Le sostanze **paramagnetiche** hanno μ_r poco maggiore di 1 e quando vengono poste in un campo magnetico esterno reagiscono allineando alcuni dipoli interni nella direzione del campo magnetico esterno.

Materiali **paramagnetici** sono l'aria, il platino e l'alluminio.

Le sostanze **ferromagnetiche** sono caratterizzate invece da un valore di μ_r che dipende dall'intensità del campo magnetico esterno.

In particolare, quando l'intensità del campo magnetico esterno ritorna a zero, queste sostanze mantengono una magnetizzazione residua che varia a seconda dei materiali.

A livello atomico, le sostanze ferromagnetiche sono divise in aeree (chiamate domini) in cui i dipoli magnetici sono allineati in una stessa direzione.

Quando si applica un campo magnetico esterno, tutti i domini acquistano lo stesso allineamento del campo, determinando la magnetizzazione del materiale.

Il materiale risponde al campo magnetico esterno con un ritardo che viene detto isteresi.

Alcuni materiali ferromagnetici sono il ferro, il nichel, il cobalto.

TRASFORMATORI ELETTRICI

Il **trasformatore** è un componente impiegato in tutte le apparecchiature elettroniche per **aumentare o ridurre** il valore di una qualsiasi **tensione alternata**.

Usando un trasformatore è infatti possibile **elevare** una tensione **alternata** di rete **220 volt** su valori di **400 - 500 - 1.000 volt** oppure **ridurla** su valori di **5 - 12 - 18 - 25 - 50 volt**.

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**.

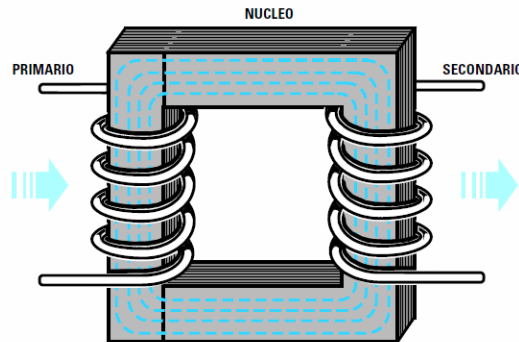
Questa proprietà viene utilizzata in elettronica per realizzare i **trasformatori** di alimentazione.

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).

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.



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).

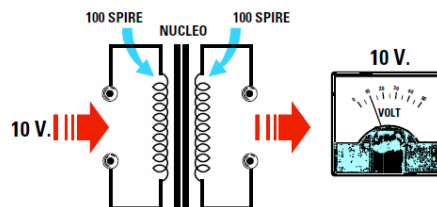


Fig.225 Se in un trasformatore provvisto di un "primario" composto da 100 spire applichiamo una tensione alternata di 10 volt, sul secondario composto anch'esso da 100 spire preleveremo 10 volt perché identico è il numero delle spire.

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).

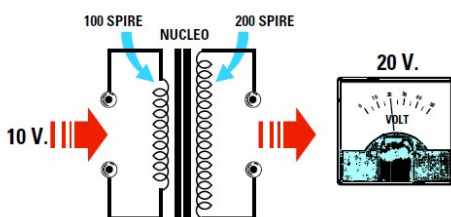


Fig.226

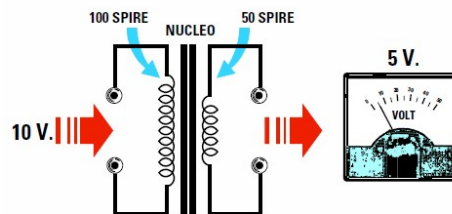


Fig.227

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

DIMENSIONI e POTENZA

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

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

Amnesso 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**: $12 \times 1,3 = 15,6$ watt $18 \times 0,5 = 9$ watt

poi sommare la **potenza** erogata dai due avvolgimenti: $15,6 + 9 = 24,6$ watt totali

Da un trasformatore che eroga le stesse **tensioni del precedente**, ma una **corrente maggiore**, ad esempio **12 volt 3,5 amper** e **18 volt 1,5 amper**, moltiplicando i **volt** per gli **amper** otterremo: $12 \times 3,5 = 42$ watt $18 \times 1,5 = 27$ watt

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

$42 + 27 = 69$ 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 **surriscaldere** 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** 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).

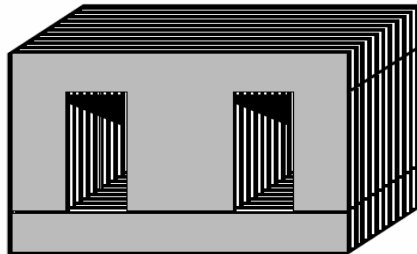
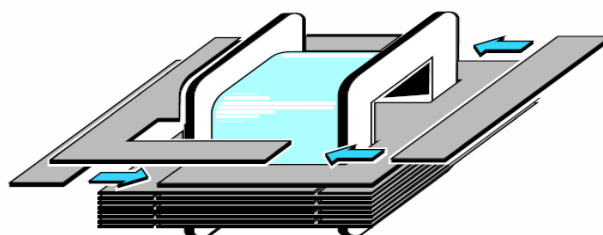
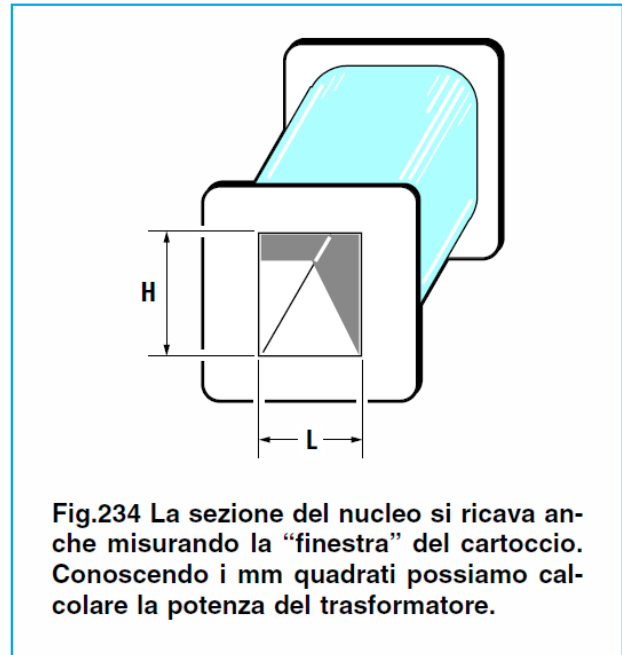
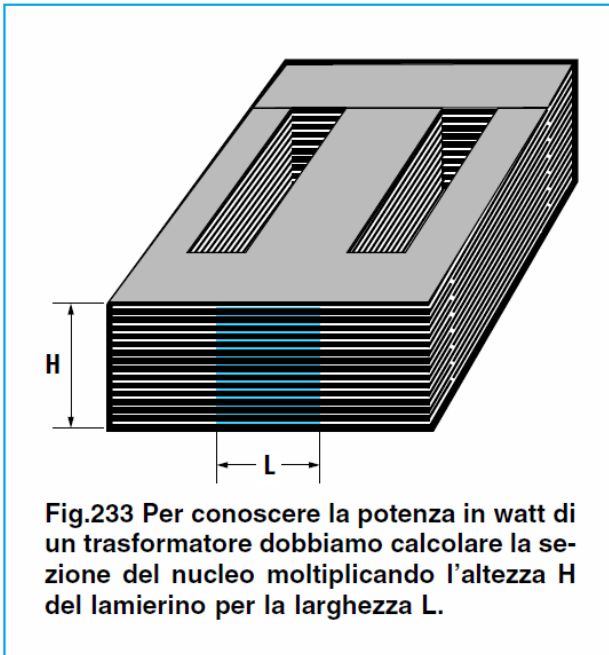


Fig.231 Il tipo di lamierino al silicio più utilizzato è quello formato da una E ed una I. Questi lamierini vanno inseriti all'interno del cartoccio (sul quale sono avvolti gli avvolgimenti primario e secondari) uno opposto all'altro, cioè E - I, poi I - E ecc. Inserendo tutte le E da un lato e tutte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



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** contenentegli avvolgimenti (vedi figg.233-234).



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

$$\text{Watt} = \frac{(\text{Sez.} \times 0,95 \times \text{Weber})^2}{140}$$

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 sottostante**:

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

140 è un numero fisso.

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

$$\text{Watt} = \frac{\text{Sez.} \times \text{Sez.}}{13.500} \times 0,83$$

Sez. è la sezione in **millimetri quadrati** del nucleodei lamierini, **13.500** è un numero **fisso**, **0,83** è il **rendimento %** tra un lamierino di **qualità** media ed uno di qualità superiore.

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** (vedifig.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 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 lamierini 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**

SPIRE VOLT del PRIMARIO

Il numero delle **spire per volt** dell'avvolgimento **primario** è proporzionale alla **potenza in watt** del suo **nucleo**. Questa è la **formula** da utilizzare per sapere quante **spire per volt** dobbiamo avvolgere sul primario

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

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 trasformatori collegati alla tensione di rete dei **220 volt** è sempre di **50 Hz**. I **Weber**, come potete vedere nella **Tabella precedente** 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**.

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: **amper = watt : 220 volt**. Dopodiché possiamo calcolare il **diametro in millimetri del filo di rame usando la formula:**

$$mm. = 0,72 \times \sqrt{Amper}$$

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:

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

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:

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

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: **watt : volt = amper**

$$30 : 12 = 2,5 \text{ amper}$$

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

$$100 : 12 = 8,33 \text{ amper}$$

Conoscendo gli **amper** possiamo calcolare il diametro del filo da utilizzare con la formula che abbiamo riportato nella pagina precedente: $0,72 \times 2,5 = 1,1 \text{ mm}$ per i **30 watt**, $0,72 \times 8,33 = 2 \text{ mm}$ per i **100 watt**

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**.

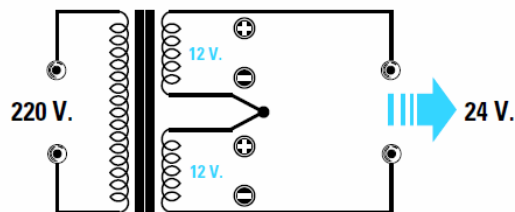


Fig.235 Collegando in serie due avvolgimenti che erogano 12 volt otteniamo in uscita una tensione pari alla somma dei due avvolgimenti, cioè 24 volt.

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** (vedi fig.236).

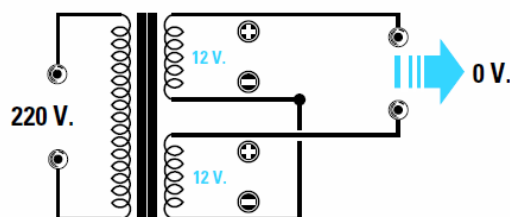


Fig.236 Se non rispettiamo le "fasi" dei due avvolgimenti, in uscita otteniamo 0 volt. Per rimetterli in fase basta invertire i capi di un solo avvolgimento.

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**).

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 **pile**, 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**.