

# **Alimentatore stabilizzato.**

## **A cura di Pierpaolo N.**

Questa relazione descrive il funzionamento dell'alimentatore stabilizzato e dei suoi componenti.

L'alimentatore venne realizzato in ambito ad un'area di progetto presso l'Istituto Tecnico Industriale di Melfi.

Nella speranza di averVi fatta cosa gradita, Vi ringrazio per la preferenza.

RELAZIONE DI ELETTRONICA

Progetto per la costruzione  
di un  
alimentatore stabilizzato

I docenti:

M. Cetta  
M. Cardone  
M. Traficante

Alunno:

Pierpaolo N.

Classe IV      sezione BE

Anno scolastico 1998/'99

## INDICE PER ARGOMENTI

ALIMENTATORE STABILIZZATO	pag 1
TRASFORMATORE	pag 1
NUCLEO MAGNETICO	pag 2
AVVOLGIMENTI	pag 2
SCHEMA DEL ROCCHETTO	
SCHEMA DEI LAMIERINI	
FUNZIONAMENTO DEL TRASFORMATORE	pag 2
SCELTA DI UN TRASFORMATORE	pag 4
COSTO DI UN TRASFORMATORE	pag 4
DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE	pag 5
COLLAUDO DEL TRASFORMATORE (prova a vuoto e in cortocircuito)	pag 6
CIRCUITO RADDRIZZATORE	pag 6
CONDENSATORE	pag 8
CIRCUITO DI STABILIZZAZIONE	pag 9
DIODO ZENER	pag 9
TRANSISTORE	pag 9
RESISTORE	pag 10
POTENZIOMETRO	pag 11
FUSIBILE	pag 11
VOLTMETRO	pag 11
SCHEMA DELL'ALIMENTATORE STABILIZZATO	
SCHEMA TOPOGRAFICO DELLA PIASTRINA REALIZZATA	
FUNZIONAMENTO DELL'ALIMENTATORE STABILIZZATO	

Il file è di proprietà di Pierpaolo N. Se ne autorizza la copia purché non sia a scopo di lucro. Il file è scaricabile dal mio sito web all'indirizzo: <http://utenti.quipo.it/presepano> nella home page della sezione dedicata a Melfi. Il file ha subito delle aggiunte con lo scopo di portare l'intera opera su un file unico; eliminando tali aggiunte è possibile riutilizzare l'indice originale.

## BIBLIOGRAFIA

Per la realizzazione della relazione, i cenni teorici sono stati tratti da:

- vocabolario tecnico;
- componenti e circuiti analogici e di potenza;
- T.D.P. tecnologie disegno progettazione;
- enciclopedia multimediale.

Alla realizzazione della relazione hanno partecipato, in ordine alfabetico, gli alunni:

- Bocchetta F., con: schema dell'alimentatore stabilizzato e schema topografico della piastrina;
- Di Catino D. con, cenni teorici sui dispositivi elettronici;
- Internoscia G. con, cenni teorici sui dispositivi di potenza;
- Pierpaolo N. con, descrizione del trasformatore, descrizione del funzionamento dell'alimentatore stabilizzato e approfondimenti sui circuiti elettronici.

## PREMESSA

La costruzione del circuito alimentatore stabilizzato, è una realizzazione attinente all'area di progetto.

La relazione, descrive il funzionamento del dispositivo e le parti che lo compongono. Un riguardo particolare è stato dedicato a tutti i componenti dell'alimentatore stabilizzato, che è stato suddiviso, per comodità, in tre parti:

- trasformatore;
- circuito alimentatore;
- circuito di stabilizzazione.

Dei tre gruppi è stato descritto il funzionamento, in modo generale, e i dispositivi di cui si compongono.

Nella relazione vengono riportati diversi disegni riguardanti:

- i lamierini del trasformatore;
- il nucleo magnetico del trasformatore;
- schema dell'alimentatore stabilizzato;
- schema topografico della piastrina.

Con lo schema dell'alimentatore stabilizzato, viene descritto tutto il funzionamento dell'intero dispositivo realizzato.

### **Alimentatore stabilizzato.**

La maggior parte dei circuiti elettrici necessita di un'alimentazione in corrente continua, con valori di tensione compresi tra pochi volt e decine di volt, con correnti comprese tra pochi milliampere fino ad alcune decine di ampere. Per alimentare questi circuiti si usano gli alimentatori che sono:

- alimentatori non stabilizzati;
- alimentatori stabilizzati;

questi ultimi si possono suddividere in:

- alimentatori stabilizzati lineari;
- alimentatori stabilizzati switching;
- alimentatori stabilizzati dual tracking.

Gli alimentatori più usati sono gli alimentatori stabilizzati. L'alimentatore stabilizzato è un circuito a retroazione negativa; la tensione di uscita, infatti, viene confrontata con la tensione di riferimento stabile, e tramite un elemento di controllo si procede alla correzione della tensione di uscita. Il principale inconveniente di questi alimentatori è dovuto all'elemento di controllo, ossia ad un BJT, che, funzionando nella zona lineare, è soggetto ad una notevole dissipazione di energia, e quindi il suo rendimento di conversione è basso; corrisponde a circa il 30-50% dell'energia. Le principali caratteristiche di un alimentatore stabilizzato sono:

- regolazione, o stabilizzazione, della tensione o della corrente: che sono le variazioni possibili, espresse in percentuale;
- regolazione, o stabilizzazione della tensione o della corrente rispetto alle variazioni della tensione di rete: che sono le variazioni possibili, espresse in percentuale;
- ondulazione residua, o ripple: che è una piccola componente alternata che si sovrappone alla grandezza continua stabilizzata;
- resistenza, o impedenza di uscita, che è il valore della resistenza, o dell'impedenza, dovuto all'alimentatore stabilizzato interpretato come un generatore di tensione o di corrente;
- tempo di ripristino, o recovery time: che indica il tempo impiegato dall'alimentatore stabilizzato, ad adattarsi alle brusche variazioni del carico.

L'alimentatore stabilizzato si compone di:

- un trasformatore monofase, detto abbassatore di tensione;
  - un circuito raddrizzatore, che raddrizza la tensione di rete;
  - un circuito di stabilizzazione, che rende stabile la tensione ai capi del carico;
- per la misura della tensione ai capi del carico, è stato utilizzato un voltmetro.

### **Trasformatore.**

Il trasformatore è una macchina elettrica statica, detta reversibile, che funziona in corrente continua, per un breve intervallo di tempo chiamato transitorio, e in corrente alternata, a tempo indeterminato. Generalmente i trasformatori vengono classificati con tre metodologie differenti, ossia in base a:

- caratteristiche elettriche;
- tipi di raffreddamento;
- potenza apparente.

Con la prima metodologia i trasformatori sono detti:

- trasformatori trifasi, che possono essere: di potenza, per sistemi di prima, seconda e terza categoria o speciali: per particolari usi industriali;
- trasformatori monofase, che possono essere: di misura, per ridurre i valori di tensione o di corrente; speciali, per macchine elettriche speciali o per valori di corrente costanti.

Con la seconda metodologia, i trasformatori sono detti:

- trasformatori raffreddati ad aria, o trasformatori raffreddati a secco;
- trasformatori raffreddati in olio.

Il trasformatori raffreddati ad aria sono trasformatori di piccola potenza e con valori di tensione bassi, in essi il raffreddamento avviene, generalmente, per via naturale; il loro installaggio avviene

in luoghi chiusi. I trasformatori raffreddati in olio, o altri fluidi come l'apirolio, sono trasformatori di piccola, media e grande potenza; la loro installazione avviene in luoghi aperti o chiusi. Il fluido, contenuto in una carcassa, o cassone, in cui è immerso il trasformatore, ha anche il compito di isolare il circuito magnetico da quello elettrico.

Il raffreddamento forzato è usato solo per i trasformatori di grande potenza.

Con la terza metodologia, i trasformatori sono detti:

- trasformatori di piccola potenza, da 10 a 12 KVA;
- trasformatori di media potenza, fino a 2000 KVA;
- trasformatori di grande, o grandissima, potenza, per valori superiori ai 2000 KVA.

E' doveroso menzionare che per i trasformatori non esiste una netta distinzione tra: piccola, media e grande potenza.

Il trasformatore, che in genere è usato per variare i parametri della potenza, si compone di un circuito magnetico e di un circuito elettrico.

### **Nucleo magnetico.**

Il circuito magnetico caratterizza, in base alla sua forma, il nome del trasformatore:

- trasformatore a mantello;
- trasformatore corazzato.

Il nucleo magnetico, si compone di lamierini magnetici in ferro al silicio, che solo in casi particolari sono a cristalli orientati, di sezione generalmente quadrata. I lamierini vengono serrati tramite i bulloni di serraggio, i quali devono essere ben isolati dal pacco di lamierini onde evitare la formazione di correnti parassite.

### **Avvolgimenti.**

Il circuito elettrico si compone di due avvolgimenti in rame, detti avvolgimento primario e avvolgimento secondario. Per una buona realizzazione degli stessi occorre che:

- devono garantire un buon isolamento tra i due avvolgimenti stessi;
- devono ridurre al minimo la dispersione del flusso magnetico.

Per rendere possibile quanto riportato al primo punto, occorre distanziare il più possibile i due avvolgimenti, mentre per rendere possibile quanto riportato al secondo punto, occorre sovrapporre i due avvolgimenti riducendo al minimo la loro distanza. Essendo i due requisiti in opposizione tra loro, per eseguire un buon circuito elettrico, vengono effettuati i seguenti avvolgimenti:

- avvolgimento concentrico;
- avvolgimento doppio concentrico;
- avvolgimento alternato.

L'avvolgimento concentrico, è particolarmente usato nei trasformatori corazzati di piccola e media potenza. L'avvolgimento a bassa tensione, è avvolto lungo la colonna del pacco di lamierini; l'avvolgimento ad alta tensione, è sovrapposto al primo. Per garantire un buon isolamento, tra i due avvolgimenti si interpone un cartone bachelizzato.

L'avvolgimento doppio concentrico, è usato nei trasformatori di media e grande potenza, quando è necessario ridurre le reattanze di dispersione. L'avvolgimento a bassa tensione è suddiviso in due bobine, la prima è avvolta nella parte centrale della colonna, ed è collocato sotto l'avvolgimento ad alta tensione; la seconda è avvolta sull'avvolgimento ad alta tensione creando, così, l'effetto sandwich. Questo tipo di avvolgimento offre il miglior isolamento.

L'avvolgimento alternato, è usato nei trasformatori caratterizzati da una corrente di elevata intensità. L'avvolgimento ad alta tensione e l'avvolgimento a bassa tensione, vengono suddivisi in più bobine che sono collocate, lungo la colonna, in modo alternato. Questo tipo di avvolgimento, non sempre garantisce un buon isolamento tra i due avvolgimenti.

### **Funzionamento del trasformatore.**

Alimentando il trasformatore, e chiudendo il circuito secondario su un carico, nel circuito primario circolerà una corrente dovuta alla tensione cui è sottoposto il circuito stesso. Essendo una tensione

alternata sinusoidale, questa genera un flusso magnetico che, concatenandosi col circuito secondario, genera una contro forza elettromotrice, o forza elettromotrice indotta, e quindi una corrente.

Le norme CEI stabiliscono i dati nominali necessari per definire le prestazioni della macchina; esse sono:

- potenza apparente: data dal prodotto tra la tensione nominale e la corrente nominale;
- frequenza: è la frequenza di funzionamento richiesta dal committente;
- tensione dell'avvolgimento: per l'avvolgimento primario, è determinata dal committente; per quella secondaria è determinata dal funzionamento a vuoto del trasformatore;
- corrente degli avvolgimenti: è definita dal rapporto tra la potenza apparente e la tensione del singolo avvolgimento.

Il funzionamento del trasformatore, comporta delle perdite di energia elettriche, che fuoriescono sotto forma di energia termica, ovvero sotto forma di calore. Per proteggere il trasformatore, e quindi le parti che lo compongono, da una declassazione, dovuta all'aumento di temperatura, occorre raffreddare, opportunamente, il trasformatore stesso. Per compiere questa operazione, vengono usati diversi fluidi refrigeranti, e diverse modalità di circolazione degli stessi, questi sono:

- A: aria;
- G: gas diversi dall'aria;
- O: olio minerale;
- L: liquido dielettrico diverso dall'olio minerale;
- W: acqua;
- S: minerali solidi o semi solidi come: resine, compound, materie plastiche;
- N: circolazione per convezione naturale;
- F: circolazione forzata;
- D: circolazione forzata all'interno del nucleo e degli avvolgimenti.

La norma CEI 14-4 fascicolo 253, classifica i vari sistemi di raffreddamento, per i trasformatori, mediante sigle a due o a quattro caratteri, riportanti le lettere prima citate.

I sistemi di raffreddamento più usati sono:

- tipo ONAN;
- tipo ONAF;
- tipo OFAF;
- tipo ODAF;
- tipo OFWF;
- tipo ODWF.

Il tipo ONAN, che basa il suo principio di raffreddamento sulla convezione naturale dell'olio minerale e dell'aria, si compone di più radiatori posti sulla carcassa del trasformatore; avendo, questo sistema, un coefficiente di trasmissione di basso valore, non è usato per i trasformatori con potenze elevate, in quanto il complesso risulterebbe molto ingombrante.

Il tipo ONAF, che basa il suo principio di raffreddamento sulla convezione naturale dell'olio minerale e sulla circolazione forzata dell'aria, si compone di ventilatori che aumentano la velocità dell'aria e quindi la capacità di smaltimento del calore.

Il tipo OFAF, che basa il suo principio di raffreddamento sulla convezione forzata dell'olio minerale e dell'aria, è simile al tipo ODAF che basa il suo principio di raffreddamento, sulla circolazione dell'olio minerale, all'interno del nucleo magnetico e negli avvolgimenti, e sulla circolazione forzata dell'aria. Si compongono di motopompe funzionanti contemporaneamente ai radiatori; è anche possibile omettere l'uno o l'altro dispositivo per il funzionamento del trasformatore, il quale funzionerà con valori ridotti di potenza, da circa il 50-60% della tensione nominale.

Il tipo OFWF, che basa il suo principio di raffreddamento sulla circolazione forzata dell'olio minerale e dell'acqua, è simile al tipo ODWF che basa il suo principio di raffreddamento sulla circolazione dell'olio minerale, all'interno del nucleo magnetico e negli avvolgimenti, e sulla circolazione forzata dell'acqua. Si compone di motopompe, e per il suo funzionamento necessita di grandi quantità d'acqua.

### **Scelta di un trasformatore.**

Per la scelta più adatta di un trasformatore, occorre: sapere la natura del carico da alimentare, e far riferimento alle caratteristiche economiche e tecniche del trasformatore stesso. Le utenze da alimentare possono essere:

- motori;
- resistenze ohmiche;
- macchine ad induzione.

Le caratteristiche economiche, che prendono in considerazione il ciclo di funzionamento e la potenza del trasformatore consigliano di:

- installare un solo trasformatore, se la potenza è compresa tra i 150 e i 200 KVA;
- installare due trasformatori, se la potenza è compresa tra i 150 e i 200 KVA, nel caso in cui il tempo di funzionamento, del trasformatore è di otto ore. Il secondo trasformatore, che deve avere una potenza tra i 10 e i 15 KVA sarà utilizzato per alimentare l'impianto di illuminazione, ed altro, durante il periodo di interruzione del primo trasformatore.
- installare più trasformatori, se la potenza è maggiore di 200 KVA, per evitare dei danni al trasformatore che causerebbero l'interruzione di un qualsiasi ciclo di lavoro.

Le caratteristiche tecniche regolate dalle norme CEI, descrivono i dati elettrici che devono possedere i trasformatori:

- potenza nominale: si riferisce ad un trasformatore, funzionante in servizio continuo, ad una temperatura massima di 40°C ad una altitudine di 1000m, essa indica la potenza che assorbe il trasformatore dalla rete di alimentazione; -
- tensione nominale: è la tensione di riferimento agli effetti della garanzia e del collaudo;
- tensione nominale primaria: è la tensione di alimentazione dell'avvolgimento primario;
- tensione nominale secondaria: è la tensione, misurata a vuoto, ai capi dell'avvolgimento secondario;
- tensione di cortocircuito: è espressa in percentuale con riferimento alla temperatura convenzionale di 75°C, è il valore di tensione da applicare all'avvolgimento primario, quando l'avvolgimento secondario è posto in cortocircuito, per far sì che circoli, nel trasformatore, la corrente nominale;
- variazione di tensione: espressa in percentuale, indica la differenza di tensione tra la tensione misurata a vuoto, e quella misurata a carico;
- corrente a vuoto: è il valore di corrente assorbito dal trasformatore, quando si alimenta un avvolgimento, a frequenza e tensione nominale, mentre l'altro avvolgimento è aperto;
- frequenza nominale: è la frequenza di funzionamento agli effetti della garanzia e del collaudo;
- avvolgimento primario: è il circuito elettrico che riceve energia della rete di alimentazione;
- avvolgimento secondario: è il circuito elettrico che eroga energia all'utenza ad esso connessa;
- perdite a vuoto: sono assorbite dal trasformatore, quando un avvolgimento è alimentato a tensione e frequenza nominale mentre l'altro è aperto;
- perdite a carico: sono assorbite dal trasformatore, quando un avvolgimento è alimentato a tensione e frequenza nominale mentre l'altro è posto in cortocircuito;
- rendimento: è il rapporto tra la potenza erogata e quella assorbita dal trasformatore, è espresso in percentuale, e se riferito alla potenza convenzionale a 75°C, è detto rendimento convenzionale;
- temperatura ambiente: indica la temperatura massima a cui può lavorare il trasformatore, essa non può essere: maggiore di 40°C, maggiore di 30°C se è la temperatura media giornaliera, maggiore di

Il file è di proprietà di Pierpaolo N. Se ne autorizza la copia purché non sia a scopo di lucro. Il file è scaricabile dal mio sito web all'indirizzo: <http://utenti.quipo.it/presependo> nella home page della sezione dedicata a Melfi. Il file ha subito delle aggiunte con lo scopo di portare l'intera opera su un file unico; eliminando tali aggiunte è possibile riutilizzare l'indice originale.

20°C se è la temperatura media annuale, minore di -25°C se è la temperatura minima di funzionamento.

### **Costo di un trasformatore.**

Per valutare il costo di un trasformatore, e la reale economicità dello stesso, occorre tenere in considerazione, oltre al costo del trasformatore, anche il costo dell'esercizio ed altri fattori che incidono sul prodotto finale, come:

- qualità;
- servizio di assistenza;
- servizio di manutenzione.

Per valutare il costo reale di un trasformatore, vi sono due procedimenti differenti:

- calcolo del costo di esercizio del trasformatore;
- capitalizzazione del costo del trasformatore.

Per la valutazione del costo del trasformatore in base al primo procedimento, occorre calcolare:

- il costo di esercizio del trasformatore, dato dal prodotto tra: il costo in chilowattora, il numero di ore di funzionamento e le perdite a vuoto, che rappresenta il costo dell'energia assorbita dal trasformatore durante la sua vita;
- il costo dell'energia elettrica, dato dal prodotto tra: le perdite dovute al carico, il costo del chilowattora e le ore di funzionamento a pieno carico, che rappresenta il costo dell'energia assorbita dal carico in un anno. Determinati i precedenti costi, si può determinare il costo totale del trasformatore, il quale è dato dalla somma dei due prodotti prima menzionati.

Volendo valutare il costo del trasformatore con il secondo metodo, occorre determinare la capitalizzazione delle perdite. La capitalizzazione, è data dal prodotto tra: il valore della rendita certa annua, e il quoziente dovuto tra: all'interesse percentuale annuo e il numero di anni di esercizio del trasformatore. Determinata la capitalizzazione del costo del trasformatore, si può calcolare il costo reale del trasformatore stesso, che è dato dalla somma della capitalizzazione e il costo di acquisti, comprensivo di quello del fluido isolante che funge anche da liquido refrigerante.

### **Dimensionamento del trasformatore.**

Con i seguenti dati di targa, è possibile procedere nel dimensionamento del trasformatore:

$$V_1 = 220 \text{ V};$$

$$V_2 = 22 \text{ V};$$

$$P = 100 \text{ VA};$$

$$L_n = 32 \text{ mm}.$$

Con i dati sin qui riportati è possibile iniziare il dimensionamento del trasformatore:

$$L_f = L_n / 2 = 32 \text{ mm} \times \frac{1}{2} = 16 \text{ mm};$$

$$H_f = L_f \times 3 = 16 \text{ mm} \times 3 = 48 \text{ mm};$$

$$L_g = \frac{1}{2} \times L_n = \frac{1}{2} \times 32 \text{ mm} = 16 \text{ mm};$$

$$S = 1315 \text{ mm}^2;$$

$$\text{Spire/Volt} = 3,1;$$

$$H_n = \frac{3}{2} \times L_n = \frac{3}{2} \times 32 \text{ mm} = 48 \text{ mm};$$

$$\text{Numero spire/volt primario: } N_p;$$

$$N_p = \text{spire/volt} \times V_1 = 3,1 \times 220 \text{ V} = 682 \text{ spire};$$

$$\text{Numero spire/volt secondario: } N_s;$$

$$N_s = \text{spire/volt} \times V_2 \times A;$$

$$\text{dove } A = 1,08;$$

$$N_s = 3,1 \times 22 \text{ V} \times 1,08 = 73,6 \text{ spire};$$

$$\delta = 4 \text{ A/mm}^2;$$

$$I_1 (p/V_1) \times 1,1 = (100 \text{ VA} \times 220 \text{ V}) \times 1,1 = 0,5 \text{ A};$$

$$I_2 = P/V_2 = 100 \text{ VA} / 22 \text{ V} = 4,5 \text{ A};$$

$$\text{sezione avvolgimento primario: } S_p;$$

Il file è di proprietà di Pierpaolo N. Se ne autorizza la copia purché non sia a scopo di lucro. Il file è scaricabile dal mio sito web all'indirizzo: <http://utenti.quipo.it/presependo> nella home page della sezione dedicata a Melfi. Il file ha subito delle aggiunte con lo scopo di portare l'intera opera su un file unico; eliminando tali aggiunte è possibile riutilizzare l'indice originale.

$S_p = I_1/\delta = 0,5 \text{ A}/4 \text{ A/mm}^2 = 0,125 \text{ mm}^2$ ;  
 Sezione avvolgimento secondario:  $S_s$ ;  
 $S_s = I_2/\delta = 4,5 \text{ A}/4 \text{ A/mm}^2 = 1,125 \text{ mm}^2$ ;  
 Diametro avvolgimento primario:  $d_p$ ;  
 $d_p = \sqrt{(S_p \times 4)/\pi} = \sqrt{(0,125 \times 4)/3,14} = 0,35 \text{ mm}$ ;  
 Diametro avvolgimento secondario:  $d_s$ ;  
 $d_s = \sqrt{(S_s \times 4)/\pi} = \sqrt{(1,125 \times 4)/3,14} = 1,2 \text{ mm}$ ;  
 $H_u = H_f - 2F = 48 \text{ mm} - 2 \times 2 \text{ mm} = 44 \text{ mm}$ ;  
 Spire avvolgimento primario:  $S_p$ ;  
 $S_p = H_u/d_p = 44 \text{ mm}/0,35 \text{ mm} = 125,7$  ;  
 Spire avvolgimento secondario:  $S_s$ ;  
 $S_s = H_u/d_s = 44 \text{ mm}/1,2 = 36,6$  ;  
 Strati primario:  $S_1$ ;  
 $S_1 = N_p/S_p = 682/125 = 5,4$  ossia 6 strati;  
 Strati secondario:  $S_2$ ;  
 $S_2 = N_2/S_s = 73,6/36,6 = 2$ ;  
 Ingombro avvolgimento primario:  $I_p$ ;  
 $I_p = S_1 \times (d_p + \text{spessore isolante}) = 6 \times (0,35 + 0,2) = 3,3 \text{ mm}$ ;  
 Ingombro avvolgimento secondario:  $I_s$ ;  
 $I_s = S_2 \times (d_s + \text{spessore isolante}) = 2 \times (1,2 + 0,2) = 2,8 \text{ mm}$ ;  
 Ingombro cartoccio:  $I_c$ ;  
 $I_c = I_p + 1 = 3,3 + 1 = 4,3 \text{ mm}$ ;  
 Ingombro totale:  $I_t$ ;  
 $I_t = I_p + I_s + I_c = (3,3 + 2,8 + 4,3) \text{ mm} = 10,4 \text{ mm}$ .

### **Collaudo del trasformatore.**

Il collaudo del trasformatore è atto a verificare la funzionalità e i parametri del trasformatore stesso.

#### **Prova a vuoto.**

Con la prova a vuoto si determinano le perdite a vuoto e la corrente a vuoto. Per perdite a vuoto si intende la potenza assorbita dal trasformatore, quando a un avvolgimento è applicata la tensione nominale mentre l'altro è aperto. Per corrente a vuoto si intende la corrente che circola nell'avvolgimento alimentato. Per effettuare la prova sono state usate le seguenti apparecchiature:

- un wattmetro a basso  $\cos\phi$ , della ditta Samar, numero 880440, di classe 0,5 del tipo SL-200 ED;
- un variatore di tensione della ditta Belotti, numero 180584, del tipo V-10 NC, con entrata 220 V 45-50 Hz 900 VA, e uscita 0-220 V 4 A;
- un milliampermetro, della ditta Elettronica Veneta, numero 188077 di classe 0,5;
- un tester digitale della ditta Metrix, numero 229875.

La prova consiste nel variare, di volta in volta, il valore di tensione applicato al trasformatore, registrandone i dati caratteristici.

#### **Prova in cortocircuito.**

Con la prova in cortocircuito, si determinano le perdite a carico ed il valore della tensione di cortocircuito. Per valore di tensione di cortocircuito, si intende il valore di tensione da applicare all'avvolgimento primario, affinché in esso non circoli una corrente detta nominale. Generalmente si esegue questa prova alimentando l'avvolgimento ad alta tensione. Nell'eseguire la prova si è avuti l'accortezza di sostituire il milliampermetro con un ampermetro della ditta Elettronica Veneta, numero 216672, di classe 0,5. La prova consiste nel variare, di volta in volta, il valore di corrente.

#### **Circuito raddrizzatore.**

Il circuito raddrizzatore è un circuito capace di convertire una tensione bidirezionale, normalmente alternata sinusoidale che alterna valori positivi e negativi, in una tensione unidirezionale, ossia con valori solo positivi o solo negativi. Il circuito alimentatore stabilizzato si compone di:

Il file è di proprietà di Pierpaolo N. Se ne autorizza la copia purché non sia a scopo di lucro. Il file è scaricabile dal mio sito web all'indirizzo: <http://utenti.quipo.it/presependo> nella home page della sezione dedicata a Melfi. Il file ha subito delle aggiunte con lo scopo di portare l'intera opera su un file unico; eliminando tali aggiunte è possibile riutilizzare l'indice originale.

- un raddrizzatore;
- un condensatore che funge da filtro.

I circuiti raddrizzatori possono essere:

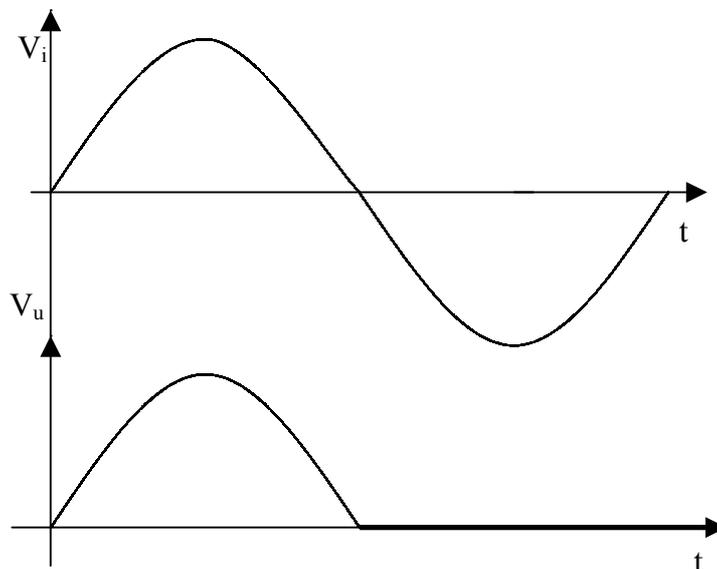
- raddrizzatori ad unica semi onda;
- raddrizzatori a doppia semi onda, anche detti raddrizzatori ad onda intera.

I raddrizzatori che compongono la categoria dei raddrizzatori ad unica semi onda sono:

- raddrizzatori con trasformatore a presa centrale;
- raddrizzatori a ponte di Graetz.

Nel raddrizzatore a unica semi onda, durante il primo semi periodo, ossia con semi onda positiva, il diodo 1, di cui si compone, è direttamente polarizzato e quindi conduce. Nel secondo semi periodo, ossia solo semi onda negativa, il diodo è inversamente polarizzato e, essendo interdetto, non conduce.

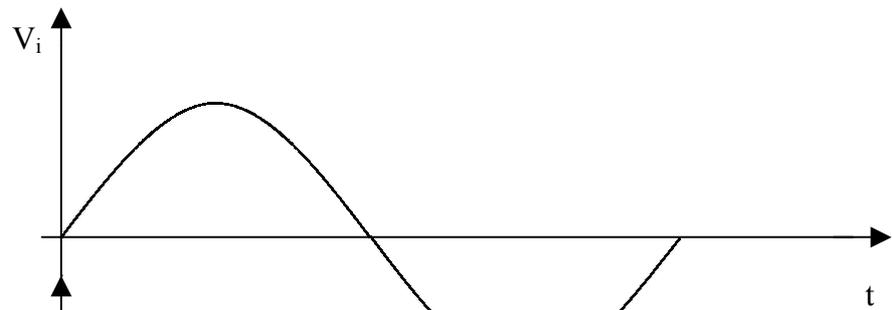
*Nei grafici non si tiene conto della funzione svolta dal condensatore.*



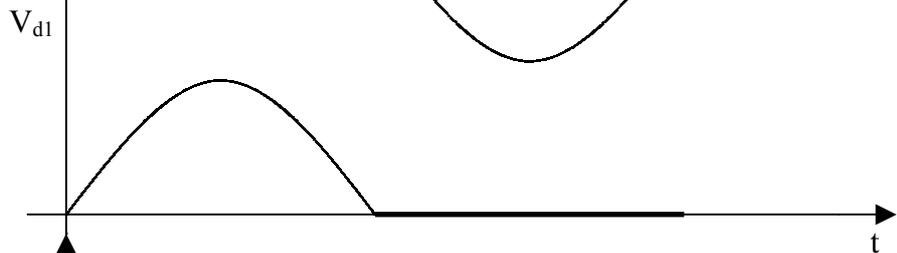
Il raddrizzatore con trasformatore a presa centrale, consente di prelevare, dagli avvolgimenti secondari, due tensioni di stesso valore ma sfasate, tra loro, di  $180^\circ$ .

Il raddrizzatore si compone di due diodi, dei quali uno conduce nel primo semi periodo, mentre l'altro è interdetto; e l'altro conduce nel secondo semi periodo, mentre il precedente è interdetto.

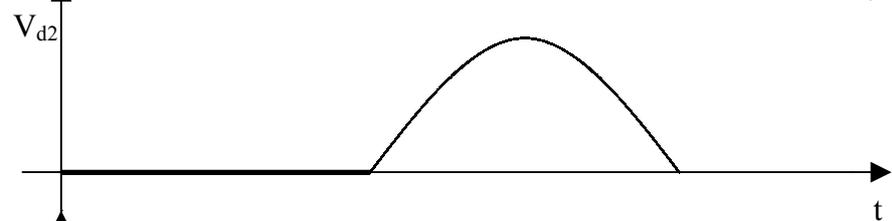
*Il grafico si riferisce alla tensione, di rete, applicata ai capi del raddrizzatore.*



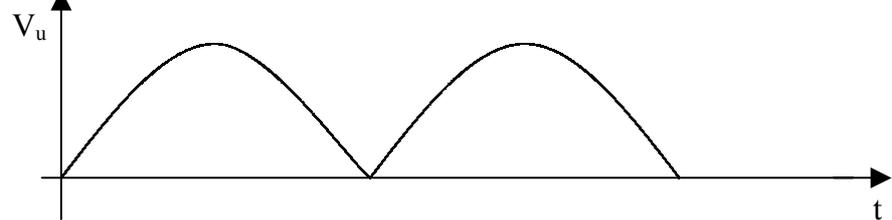
*Il grafico si riferisce alla tensione di uscita del diodo 1 e non a quella applicata ai suoi capi.*



*il grafico si riferisce alla tensione di uscita del diodo 2 e non a quella applicata ai suoi capi.*



*Il grafico si riferisce alla tensione di uscita del raddrizzatore. E' possibile notare che la frequenza è doppia di quella di ingresso*



Nel raddrizzatore a ponte di Graetz, composto da quattro diodi, durante il primo semi periodo, conducono i diodi 1 e 3, mentre gli altri due non conducono perché essendo inversamente polarizzati risultano essere interdetti; nel secondo semi periodo conducono i diodi 2 e 3, mentre gli altri due sono interdetti. Per la scelta del raddrizzatore da usare si sono fatti due confronti:

- confronto tra categorie;
- confronto tra raddrizzatori.

Il confronto per categorie consiste nel confrontare il raddrizzatore a semi onda con il trasformatore ad onda intera. Dal confronto si nota che:

- nel raddrizzatore a unica semi onda la tensione pulsante in uscita, ha la stessa frequenza di quella di ingresso, mentre nel raddrizzatore ad onda intera la frequenza è doppia;
- nel raddrizzatore ad onda intera, se si trascurano, per semplicità, le cadute di tensione ai capi dei diodi, si può notare che il valore medio della tensione è doppio rispetto al valore di tensione misurabile in un raddrizzatore a unica semi onda.

Dai dati si qui riportati, è evidente come tra i due raddrizzatore il migliore è quello a onda intera, quindi il secondo confronto sarà effettuato sui raddrizzatori che compongono la categoria dei trasformatori ad onda intera. Il confronto tra questi raddrizzatori, è effettuato tra il raddrizzatore con trasformatore a presa centrale e il raddrizzatore a ponte di Graetz. Dal confronto si nota che:

- nel raddrizzatore a ponte do Graetz si ha una caduta di tensione, ai capi dei diodi, doppia rispetto a quella che si ha in un raddrizzatore con trasformatore a presa centrale;
- nel raddrizzatore a con trasformatore a presa centrale, è richiesto un trasformatore con un numero di spire doppio al secondario che comporta un costo maggiore;
- nel raddrizzatore con trasformatore a presa centrale, il diodo interdetti è soggetto ad una tensione, inversa, doppia rispetto a quella misurabile, ai capi dei diodi interdetti, in un trasformatore a ponte di Graetz.

### **Condensatore.**

Il condensatore è un dispositivo bipolare capace di presentare, per ogni istante di tempo, una quantità di carica accumulata dipendente dalla tensione. Il condensatore viene perciò definito come dispositivo capace di accumulare energia elettrica; si compone di un circuito elettrico atto a trasformare l'energia elettrica in elettrostatica. E' costituito da due conduttori cilindrici, o piatti, separati da un dielettrico, in cui si crea un campo elettrico. Per la natura del dielettrico i condensatori possono essere:

- in poliestere;
- in mica;
- in ceramica;
- elettrolitici;
- ad aria.

Esiste una seconda classificazione dei condensatori, in base a cui si ha:

- condensatore a dielettrico plastico;
- condensatore ceramico;
- condensatore elettrolitico;
- condensatore variabile.

La carica di un condensatore si ottiene applicando, alle sue armature, una tensione; la scarica si ottiene cortocircuitando le armature. La carica e scarica non avviene in un piccolo intervallo di tempo, ma dopo un transitorio  $\tau$  durante il quale si ha il passaggio di corrente tra le due armature *Carica*. La tensione applicata al circuito non corrisponde, in un piccolo intervallo di tempo, alla tensione esistente tra le due armature, che aumenterà, con andamento esponenziale, da 0 V sino alla tensione di alimentazione in un intervallo di tempo  $\tau$  detto: durata del transitorio. Di conseguenza la corrente decresce sino ad annullarsi *Scarica*. La tensione applicata alle armature, durante la chiusura, diminuisce, con andamento esponenziale, sino a zero, mentre la corrente, che nel momento iniziale assume il valore massimo, decresce sino ad annullarsi.

### **Circuito di stabilizzazione.**

Il circuito di stabilizzazione che si compone di :

- un condensatore;
- un diodo zener;
- un transistor, o BJT;
- un resistore;
- un potenziometro;

è usato per far sì che la tensione di uscita, del raddrizzatore, rimanga costante.

Per far ciò si usa il diodo zener, inversamente polarizzato, in modo che si raggiunga la tensione di breakdown, detta, più semplicemente, tensione di Zener, situazione in cui la tensione dipende poco dal valore di corrente di conduzione inversa. Se la tensione non stabilizzata è maggiore della tensione di Zener, il diodo entra in conduzione, imponendo una tensione, al carico, costante; eventuali variazioni della tensione non stabilizzata, purché tali da mantenere in conduzione il diodo, non alterano la tensione di uscita, così come le eventuali variazioni della corrente del carico, purché

tali da mantenere in conduzione il diodo, non modificano la tensione di uscita. Il principale difetto dei circuiti di stabilizzazione, deriva dal fatto che il diodo zener è soggetto a grandi variazioni di corrente, confrontabili con quelle del carico e che quindi, a causa della sua resistenza differenziale, è difficile ottenere una buona stabilizzazione. Per ovviare a questo inconveniente, si può lasciare al diodo zener la sola funzione di fornire la tensione di riferimento e far svolgere le funzioni di confronto, fra la tensione fornita dallo zener e quella di uscita, ad un BJT. Il BJT si trova così a svolgere una duplice funzione: controllo e confronto; e ciò è possibile spiegarlo in quanto il BJT è posto in una configurazione a collettore comune, ossia in un circuito a retroazione negativa.

### **Diodo zener.**

Il diodo zener appartiene alla categoria dei diodi speciali, progettati in modo tale da non essere danneggiati dalla corrente dovuta alla tensione inversa, detta di breakdown. Il diodo zener è composto da piastrine al silicio o al germanio, in forma cristallina. Durante la lavorazione vengono introdotte delle impurità nel cristallino in una parte della piastrina, secondo un procedimento detto drogaggio, in modo che gli elettroni possano muoversi con facilità; questa zona, indicata con la lettera N è detta regione, o lacuna, negativa ed è il catodo del diodo. L'altra parte della piastrina, subisce un trattamento analogo al precedente, ma con sostanze diverse in modo da creare, nel cristallino, delle lacune positive; questa zona, indicata con la lettera P, è detta regione, o lacuna, positiva ed è l'anodo del diodo. La zona di contatto delle due regioni è detta giunzione PN.

Nella polarizzazione inversa il diodo zener è attraversato da una corrente inversa di saturazione, di pochi nanoampere, causata da fenomeni fisici di natura termica. Quanto la tensione di polarizzazione inversa diviene sufficientemente elevata, nasce, all'interno della giunzione PN, un intenso campo elettrico. Questo fenomeno, detto moltiplicazione a valanga o effetto Zener, può comportare una conduzione di corrente. Esso determina una elevata corrente inversa che attraversa la giunzione PN dalla regione N a alla regione P, ed è principalmente dovuta alla rottura dei legami atomici del reticolo cristallino del semi conduttore. In questo caso la corrente aumenta fortemente anche per piccole variazioni di tensione polarizzazione inversa applicata al diodo; questo fenomeno risulta essere una caratteristica molto importante per i diodi zener.

Questo tipo di diodo trova impiego come: standard di tensione di riferimento e regolatore, o stabilizzatore, di tensione in quanto sono in grado di fornire un riferimento di tensione estremamente stabile.

### **Transistore.**

Il transistore o transistor, dall'inglese transformer resistor ossia trasformatore di resistenza; può essere:

- unipolare;
- bipolare.

Il transistore unipolare, detto anche FET, dall'inglese Field effect Transistor ossia transistore a effetto campo, si compone di tre terminali: source (sorgente), drain (pozzo), e gate (porta). La giunzione è detta canale e può essere positiva o negativa, si avranno quindi i due canali: p-channel o n-channel. Nella conduzione partecipano solo cariche con stesa polarità, o solo cariche negative o solo cariche positive.

Il transistore bipolare, detto anche BJT, dall'inglese bipolar junction transistor ossia transistor a giunzione bipolare, si compone di tre terminali, detti anche elettrodi, che sono: base, emettitore e collettore. Nella conduzione partecipano sia cariche positive che cariche negative.

Il transistore che ha sostituito egregiamente la valvola termoionica, o triodo, è un dispositivo attivo composto da un cristallino al silicio, o al germanio, che presenta delle zone di drogaggio piene distribuite alternativamente in tre strati: PNP o NPN. La regione mediana risulta essere la più sottile ed è la base del transistore, le altre due regioni da essa divise sono: l'emettitore, così detto perché emette elettroni nella regione più sottile, e il collettore, così detto perché raccoglie gli elettroni provenienti dalla predetta zona. Il transistore può lavorare nella zona di:

- saturazione;-
- interdizione;
- attiva o lineare.

Nella zona di saturazione, prossima all'asse delle ordinate, il transistor è soggetto ad una corrente elevata, anche degli ordini degli ampere nei dispositivi di potenza, e a una resistenza e, a una tensione tra emettitore e collettore, molto basse. In questa zona il dispositivo si comporta come un interruttore chiuso.

Nella zona di interdizione, prossima all'asse delle ascisse, il transistor è soggetto ad una corrente pressoché nulla e ad una resistenza e, a una tensione tra emettitore e collettore, elevate. In questa zona il dispositivo si comporta come un interruttore aperto. Spostando alternativamente il punto di funzionamento del transistor, esso viene effettivamente usato come un interruttore, il punto di funzionamento sarà chiamato punto di ON-OFF. Per questo motivo è usato in molti circuiti digitali della tecnologia TTL.

Nella zona attiva il transistor è soggetto ad una proporzionalità tra le correnti della base e del collettore, e a una proporzionalità tra la tensione di ingresso e di uscita. In questa zona il dispositivo lavora da amplificatore.

Il transistor può essere suddiviso in un circuito di ingresso e in uno di uscita; il primo comprende il bipolo base-emettitore, mentre il secondo comprende il bipolo emettitore-collettore. Il transistor trova un ampio campo di utilizzazione: in circuiti di amplificazione, come elemento di controllo pilotato in corrente, nei circuiti di retroazione.

### **Resistore.**

Il resistore è un elemento bipolare, non capace di accumulare energia elettrica, ma solo di dissiparla. Ciò provoca una perdita di energia, nell'unità di tempo, dovuto all'effetto Joule. Le caratteristiche di un resistore sono:

- valore di resistenza;
- potenza dissipabile;
- - temperatura massima di esercizio;- tipo di materiale attivo.

I materiali più usati sono:

- impasto grafítico;
- filo a piattina in lega metallica come: nichelcromo, manganina.

Per la potenza dissipabile i resistori si distinguono in:

- resistori corazzati, composti in nichelcromo ed isolati con polvere fortemente pressata contenuta in un tubo di rame;
- resistori di piccola e media potenza, composti di filo metallico o con impasto grafítico ed isolati con materiale ceramico;
- resistori di forte potenza, sono composti da resistori di piccola e media potenza opportunamente collegati tra loro, sono supportati in tubi in micanite ed isolati con materiale ceramico. I resistori vengono erroneamente chiamati resistenze, che è una grandezza fisica di ogni materiale.

**Potenzimetro.**

Il potenziometro è un resistore a resistenza variabile. E' usato per regolare il flusso di corrente mediante la variazione del valore di resistenza, e quindi la tensione, da un valore massimo ad un valore minimo e viceversa.

**Fusibile.**

A protezione del circuito è stato usato un fusibile da 5 A. I fusibili sono delle apparecchiature che assolvono al compito di proteggere i circuiti elettrici, da sovraccarichi e corto circuiti. L'operazione effettuata, è dovuta alla fusione di una o più parti del fusibile stesso che provoca l'apertura del circuito. Per compiere questa operazione viene sfruttato l'effetto Joule. Le caratteristiche dei vari fusibili sono:

- potere di interruzione o di cortocircuito, che è il valore massimo di corrente che il fusibile può interrompere;
- corrente nominale, che è il valore di corrente che il fusibile può sopportare senza che le sue parti interne fondano;
- tensione nominale, che è il valore di tensione a cui può essere sottoposto il fusibile;
- campo di intervento o di funzionamento, che è il tempo di intervento del fusibile in relazione al valore di corrente che circola nel circuito;
- tempo di intervento, che è l'intervallo di tempo compreso tra il valore di corrente massima nominale, senza che avvenga la fusione dell'elemento di fusione, e il momento in cui si verifica la fusione.

I fusibili che normalmente vengono più usati sono:

- fusibile tipo Diazed a cartuccia;
- fusibile a maniglia;
- fusibile a valvola a patrona;
- fusibile cilindrico.

Le parti che generalmente costituiscono i fusibili sono:

- segnalino;
- quarzo;
- elemento di fusione;
- corpo;

a seconda del tipo di fusibile, alle parti prima menzionate si aggiungono: o la lama o la capsula inferiore e superiore. Le norme CEI che regolano la costruzione e l'uso dei fusibili sono CEI32-1 CEI 32-4, CEI 32-5.

**Voltmetro.**

Per il controllo della tensione di uscita è stato utilizzato un voltmetro. Il voltmetro, o voltmetro, è uno strumento atto alla misurazione della tensione elettrica; esso può essere:

- elettromeccanico;
- elettronico.

I primi prelevano, per il loro funzionamento, l'energia dal circuito in cui vengono collegati. I voltmetri elettromeccanici, ancora molto usati, vengono sostituiti, gradualmente, dai voltmetri elettronici. Questi strumenti utilizzano la grandezza da misurare per controllare un amplificatore, che a sua volta provvede ad attivare un dispositivo indicatore di tipo analogico o digitale. Essi risultano essere più robusti dei precedenti e, a parità di costo, più precisi. Inoltre possono essere collegati ad un elaboratore elettronico e da questo direttamente controllati.

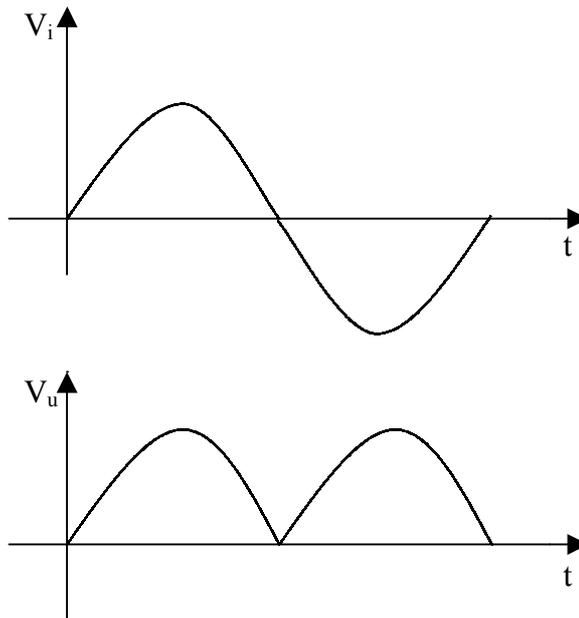
## Funzionamento dell'alimentatore stabilizzato.

Alimentando l'alimentatore con la tensione di rete, occorre ridurre il valore di tensione affinché il dispositivo non venga danneggiato.

Per compiere questa operazione è stato usato un trasformatore, di potenza, detto abbassatore di tensione.

La tensione presente sui morsetti di uscita, conserva ancora la forma d'onda della tensione di rete, ossia alternata sinusoidale. Per renderla continua è stato usato un circuito raddrizzatore, integrato, detto raddrizzatore a ponte di Graetz.

Questo dispositivo, che si compone di quattro diodi, durante il primo semi periodo è percorso da corrente grazie ai diodi 1 e 3, nel secondo semi periodo, invece, conducono i diodi 2 e 4. La tensione di rete, alternata sinusoidale, verrà così raddrizzata.

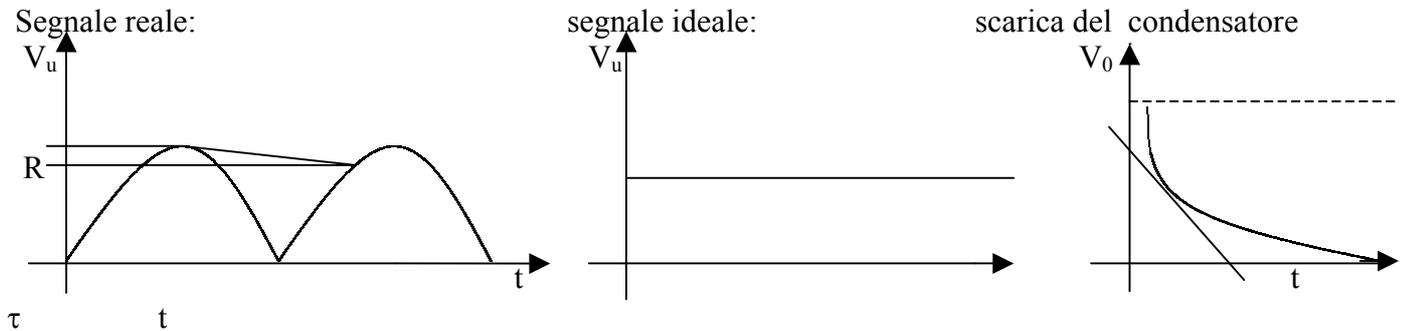


Si può notare che il nuovo segnale, ottenuto all'uscita del raddrizzatore, ha una frequenza doppia del precedente.

Il segnale così ottenuto però, anche se non causa danni al dispositivo, in quanto il trasformatore ha abbassato il valore di tensione, non è ancora utilizzabile. A tal proposito viene utilizzata una terza apparecchiatura, il condensatore.

Il file è di proprietà di Pierpaolo N. Se ne autorizza la copia purché non sia a scopo di lucro. Il file è scaricabile dal mio sito web all'indirizzo: <http://utenti.quipo.it/presepano> nella home page della sezione dedicata a Melfi. Il file ha subito delle aggiunte con lo scopo di portare l'intera opera su un file unico; eliminando tali aggiunte è possibile riutilizzare l'indice originale.

Il condensatore ha il compito di fare da filtro, e sfruttando la carica e scarica, del condensatore stesso, si rende continuo il segnale; in realtà il segnale non sarà completamente continuo, si potrà notare, così, il ripple ( $r$ ) che può essere variato, variando la costante di tempo  $\tau$ .



Ottenuto un segnale continuo, lo stesso risulta essere utilizzabile dal dispositivo.

Terminate le operazioni di alimentazione e raddrizzazione, si deve ora stabilizzare il segnale ottenuto.

I dispositivi utilizzati sono tre:

- diodo zener;
- transistor;
- potenziometro.

I primi due svolgono autonomamente la loro funzione, mentre per il secondo dispositivo, sarà l'operatore a stabilizzare il valore di tensione in uscita.

Il diodo zener viene polarizzato inversamente, facendo in modo che la tensione cambi poco anche con grandi variazioni di corrente. Se la tensione non stabilizzata è maggiore di quella dello zener, il dispositivo entra in conduzione, imponendo una tensione di riferimento. Il transistor può così, avendo una tensione di riferimento, confrontare la tensione ai capi dello zener con quella di uscita, e controllare così la tensione stessa. Per svolgere questa funzione, il transistor sfrutta la tensione del bipolo collettore-emettitore, ossia la tensione  $V_{ce}$ . Infatti il diodo zener invia, una maggiore o minore, corrente alla base del transistor, in modo da variare la tensione  $V_{ce}$ ; detta tensione si somma, o si sottrae, alla tensione di uscita del raddrizzatore in modo da tenere costante la tensione di uscita. Tutto ciò avviene sia in presenza di variazioni di tensione all'ingresso, sia in presenza di variazioni di correnti di carico, ovvero in uscita. È noto a tutti, infatti, che all'aumentare della tensione di carico, aumentano le cadute di tensione, nel trasformatore, che determinano un abbassamento della tensione di uscita. Il potenziometro consente di calibrare l'intero sistema di regolazione per valori di tensione di uscita fissati.