

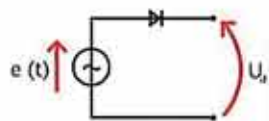
Approfondimenti tecnici

Dopo una breve descrizione dei vari tipi di convertitori esistenti e delle loro principali caratteristiche, questa lezione presenta i sistemi elettrici per la conversione statica dell'energia, alcune generalità sul funzionamento delle macchine rotanti, in particolare quelle sincrone

Di Silvia Berri - CEI (*)

Sesta lezione

I convertitori c.a.-c.c. o raddrizzatori sono i dispositivi che effettuano la conversione da una tensione alternata d'ingresso a una tensione continua d'uscita.



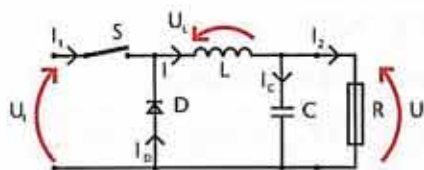
Se la regolazione della tensione di uscita è possibile il convertitore prende il nome di raddrizzatore controllato; viceversa di raddrizzatore non controllato. Il raddrizzatore più semplice è quello a semionda (o monofase a semionda). Un raddrizzatore a doppia semionda è il raddrizzatore con configurazione a ponte come il Ponte di Graetz.

Convertitori c.c.-c.c. (Chopper)

Si chiamano convertitori c.c.-c.c. o chopper i dispositivi capaci di effettuare

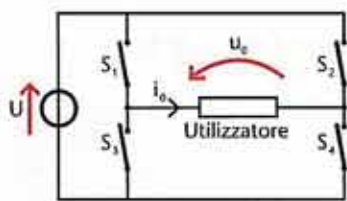
la conversione da una tensione continua d'ingresso a una tensione continua di uscita di valore diverso.

Esistono tre tipi fondamentali di convertitori c.c.-c.c., che differiscono per prestazioni e criteri di progetto. Essi sono i convertitori abbassatori di tensione o buck converter (riportato in figura), i convertitori elevatori o boost converter e i convertitori abbassatori-elevatori o buck-boost converter.



Convertitori c.c.-c.a.

I convertitori c.c.-c.a., invertitori o inverter, sono dispositivi destinati a operare la conversione di una tensione continua in una tensione alternata che, nel caso più generale, può essere regolata sia in ampiezza che in frequenza.



Tutti i convertitori c.c.-c.a. statici impiegano interruttori elettronici che opportunamente controllati, consentono di applicare al carico la tensione continua di alimentazione con polarità alternamente positiva e negativa, ottenendo così una tensione alternata di uscita. La figura sopra rappresenta lo schema di un inverter monofase a ponte realizzato con quattro interruttori ideali.

Convertitori c.a.-c.a.

I convertitori c.a.-c.a. sono dispositivi destinati a effettuare la conversione da una tensione alternata d'ingresso a una tensione alternata di uscita regolabile in frequenza e in ampiezza. A seconda del rapporto tra la frequenza di alimentazione e la frequenza richiesta in uscita si usano strutture di convertitori assai diverse tra loro:

- per frequenze di uscita non superiori al 50% della frequenza di ingresso si usano i cicloinvertitori per i quali la massima frequenza di uscita è limitata dalla velocità con cui è possibile far variare l'angolo di accensione dei tiristori;



- per frequenze di uscita regolabili a valori più elevati di quelli consentiti dai cicloinvertitori, si connettono in cascata un raddrizzatore (eventualmente bidirezionale se è richiesta l'inversione del verso di trasferimento della potenza) e un invertitore, che alimenta il carico alla frequenza richiesta (cicloinvertitori);
- quando è richiesta la regolazione dell'ampiezza della tensione di uscita (regolazioni termiche o luminose, nonché per azionamenti di piccoli motori universali o monofasi a induzione), ma non della frequenza si usano i regolatori di c.a., la cui struttura è molto semplice.

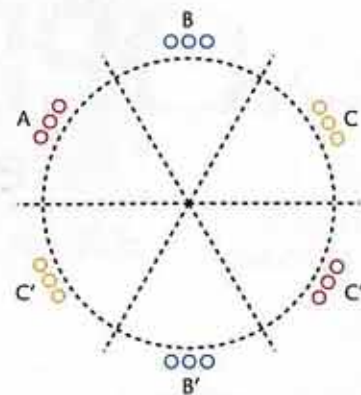
Generalità macchine elettriche rotanti

Il campo magnetico rotante ha una notevole importanza perché su di esso sono basate le macchine elettriche rotanti.

Per la comprensione di questa lezione è necessario avere seguito con successo le lezioni precedenti relative ai circuiti in regime periodico alternato sinusoidale ed ai sistemi polifase. Al termine della lezione si dovrebbe conoscere:

- Campo magnetico rotante
 - Tensione e forza su un conduttore in moto in un campo magnetico
- Per capirne la formazione si consideri una terna di avvolgimenti percorsa da correnti trifase equilibrate disposte

lungo una circonferenza come rappresentato in figura.



In un conduttore in movimento lungo un circuito a forma di C, immerso in un campo magnetico perpendicolare ad esso, si genera una tensione dovuta alla variazione del flusso concatenato con il circuito stesso.

Unità di misura

- Il vettore induzione magnetica B si misura in Tesla, simbolo T

$$T = \frac{Wb}{m^2}$$

dove con la sigla Wb si indica il Weber, ovvero l'unità di misura del flusso magnetico:

$$Wb = V \cdot s$$

L'unità di misura dell'induzione magnetica prende il nome da Nikola Tesla,

l'unità di misura del flusso da Wilhelm Eduard Weber.

Macchina sincrona

Le macchine sincrone sono macchine elettriche eccitate con corrente continua e dotate di collettore ad anelli. Dal punto di vista strutturale, la macchina sincrona è composta da due circuiti elettrici concatenati con un circuito magnetico. Dei circuiti elettrici, uno, alimentato in corrente continua, è destinato a produrre il flusso che circola nel circuito magnetico ed è perciò detto circuito induttore, o di eccitazione o di campo (tipicamente il rotore); l'altro è sede delle fem alternate generate dalle variazioni periodiche del flusso che con esso si concatena e dicesi pertanto circuito indotto o di armatura (tipicamente lo statore). Il collegamento fra il circuito induttore e il generatore che provvede alla sua alimentazione (eccitatrice in genere coassiale) è assicurato da un collettore ad anelli sul quale strisciano una o più coppie di spazzole. Il circuito magnetico è costituito da due parti cilindriche, l'una esterna e fissa, lo

statore, nel quale è disposto l'avvolgimento indotto, l'altra interna e rotante intorno al proprio asse, il rotore, nel quale è disposto l'avvolgimento induttore. Statore e rotore sono separati da un traferro il cui spessore varia da qualche millimetro a pochi centimetri, al crescere della potenza e quindi delle dimensioni delle macchine.

Funzionamento a vuoto

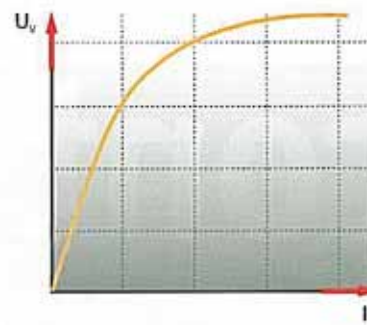
Il funzionamento a vuoto di un alternatore sincrono è definito dalla sua caratteristica a vuoto la quale stabilisce l'andamento delle tensioni di armatura a vuoto in funzione della corrente di eccitazione.

Si supponga che:

- l'alternatore sia in rotazione alla velocità Ω e si ecciti l'induttore mediante una corrente continua I_c ;
- tale corrente possa essere regolata (ad esempio mediante un reostato o un partitore di tensione);
- in serie al circuito di eccitazione sia disposto un amperometro e ai morsetti d'armatura una terna di voltmetri.

Per ogni valore della corrente di eccitazione si determina il valore delle tre tensioni

di armatura a vuoto (che risulta lo stesso) e si costruisce la curva $U_v = F(I_c)$:



Tale curva, detta caratteristica a vuoto, ha un andamento simile a quello della curva normale di magnetizzazione, dato che la tensione a vuoto è proporzionale al flusso induttore e quindi, in ultima analisi, all'induzione magnetica B nel ferro.

Funzionamento a carico

Chiudendo i morsetti di armatura dell'alternatore su un carico equilibrato le tre fem simmetriche generate dal moto del campo magnetico induttore nelle fasi dell'indotto fanno circolare una terna di correnti equilibrate. Tali correnti generano un campo magnetico rotante con velocità angolare uguale a quella

del rotore, detto campo magnetico di reazione d'indotto, che si sovrappone a quello generato dall'induttore e ruota sincrono con esso. Nel funzionamento a carico il campo magnetico al traferro è ottenuto quindi dalla somma di tali campi (di induttore e di indotto). Da un punto di vista meccanico, l'interazione tra le correnti di statore e il campo di rotore porta a intuire che in tali condizioni esista una coppia di origine elettromagnetica sulla ruota polare di induttore nel verso opposto al movimento. Ciò corrisponde al fatto che la potenza attiva generata nell'indotto è ottenuta a spese della potenza meccanica ceduta dal motore primo al rotore e da questo trasferita, attraverso l'interazione fra campo magnetico e correnti, allo statore. Nei casi di carico totalmente reattivo (flusso totalmente smagnetizzante o magnetizzante), la coppia elettromagnetica è nulla e ciò è in accordo col fatto che nell'indotto viene generata esclusivamente potenza reattiva. ■

(*) In collaborazione con la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bergamo.