

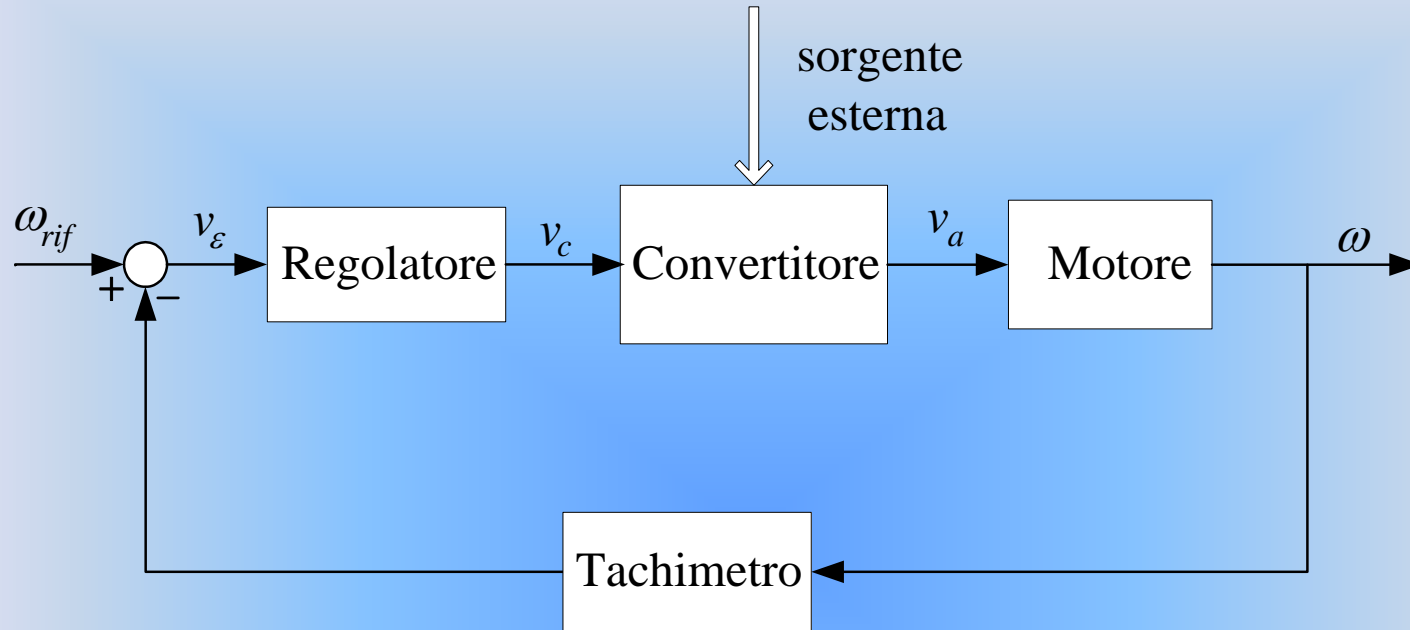
Caratterizzazione dei convertitori statici

L'analisi dettagliata del comportamento di un sistema di potenza alimentato mediante un convertitore statico richiede la conoscenza dello schema circuitale del convertitore; tuttavia è molto spesso possibile effettuare un'analisi semplificata prendendo in considerazione solo alcune caratteristiche peculiari del convertitore.

Per evidenziare tali caratteristiche, è però necessario tenere presente che il convertitore può essere considerato :

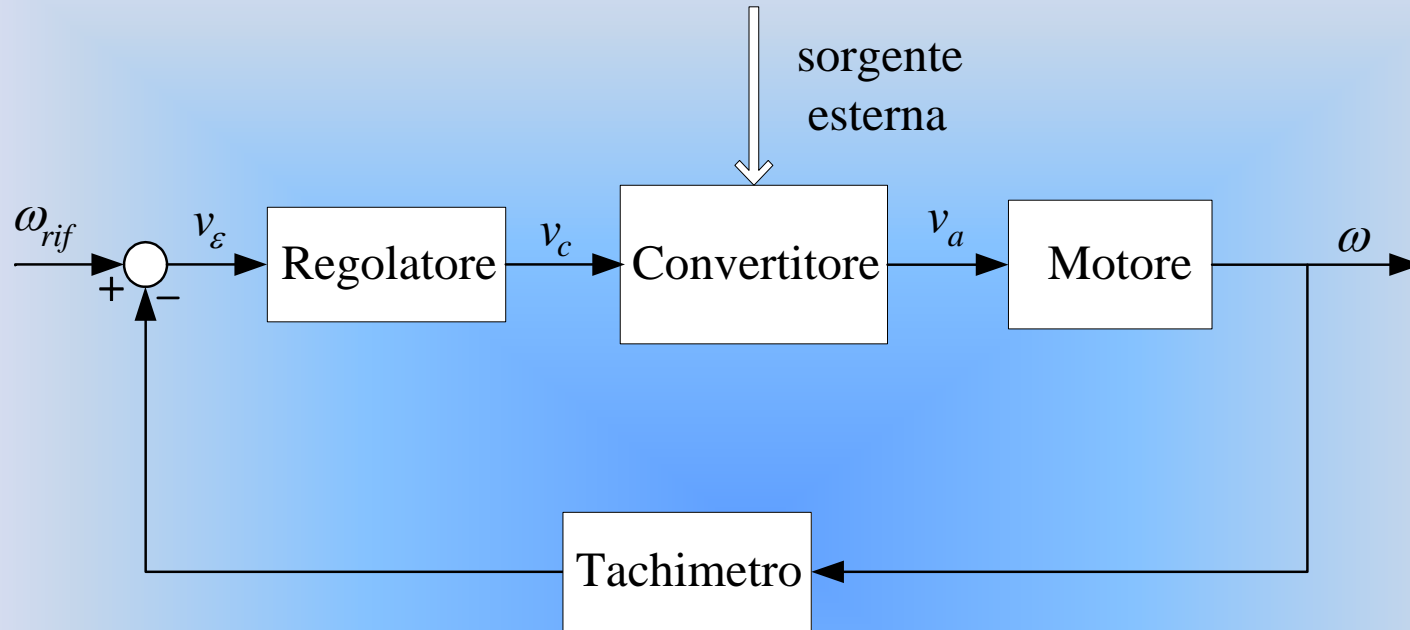
- ➡ come un dispositivo che permette il **trasferimento controllato di energia** dalla sorgente primaria al carico;
- ➡ come un **amplificatore**, che consente di applicare al carico la tensione richiesta dal dispositivo di controllo.

Caratterizzazione dei convertitori statici



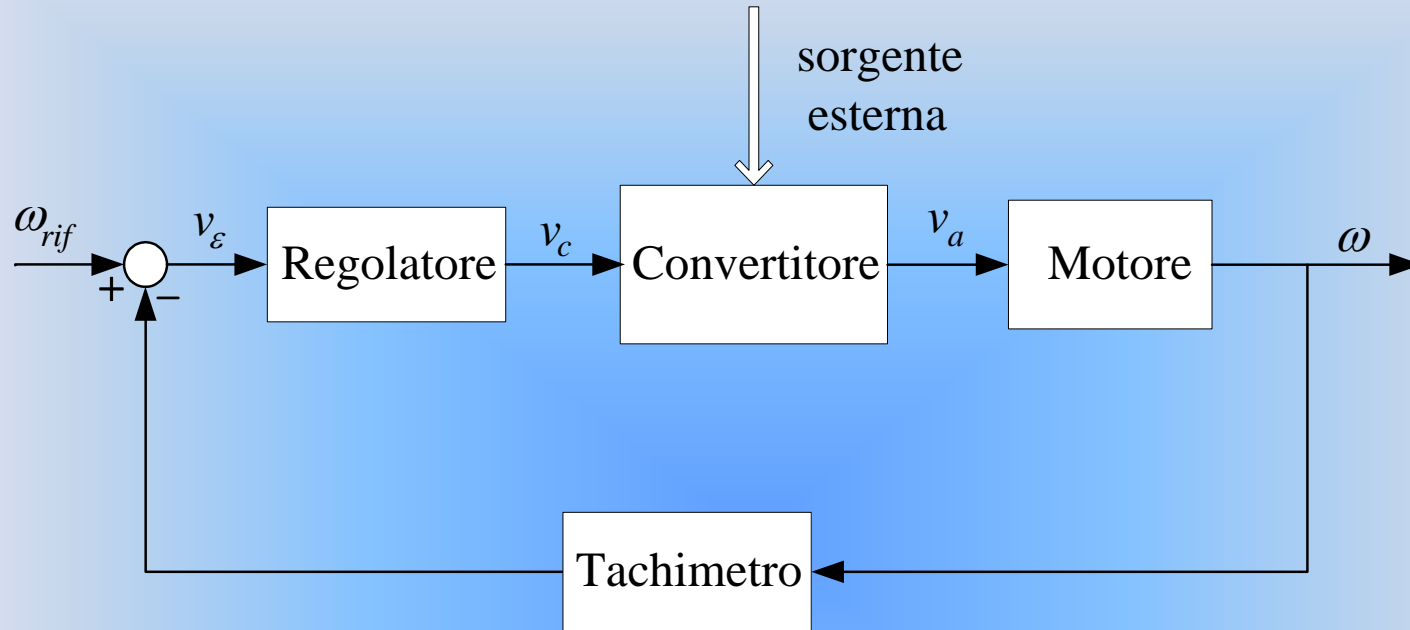
Prendendo in considerazione lo schema strutturale dell'azionamento con motore in c.c. controllato sulla tensione di armatura riportato nella Figura.

Caratterizzazione dei convertitori statici



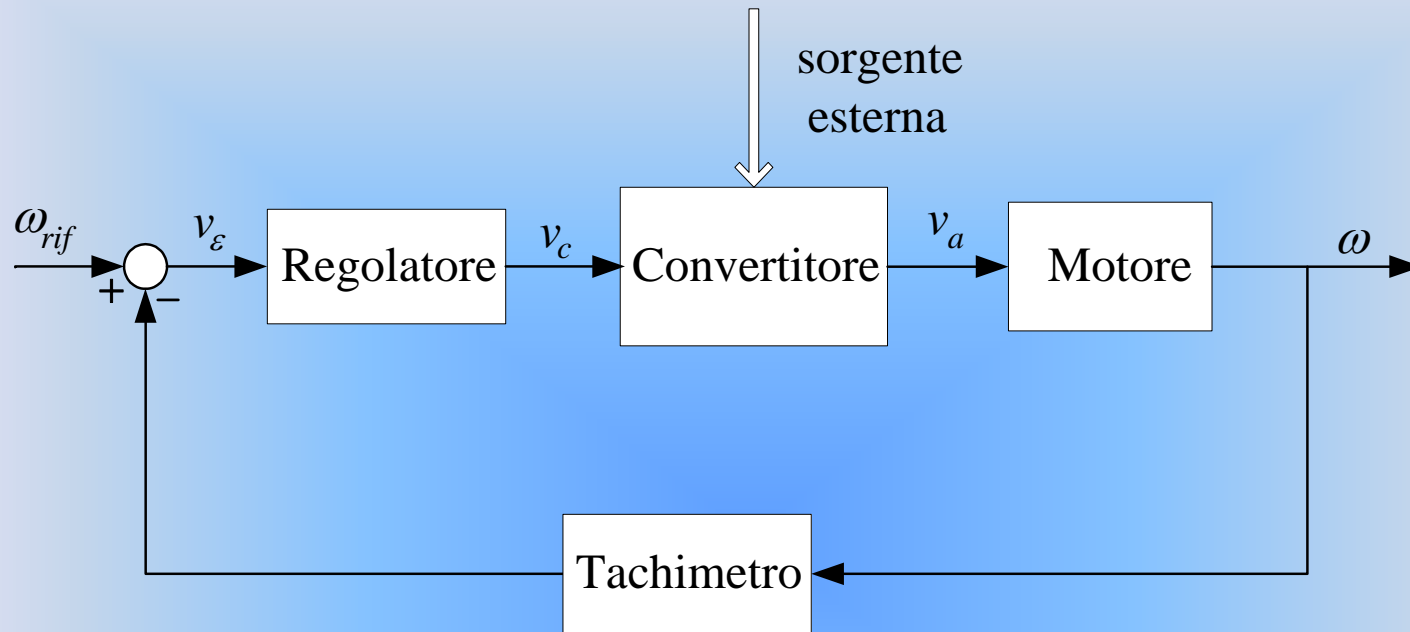
➡ Per quanto concerne il **trasferimento di energia** il convertitore statico si comporta come un dispositivo che preleva energia dalla sorgente primaria di alimentazione e provvede al suo trasferimento controllato al motore in corrente continua (*carico*).

Caratterizzazione dei convertitori statici



➡ Per quanto riguarda il **sistema di controllo**, il convertitore si comporta come un amplificatore che alimenta il motore con una tensione di armatura v_a dipendente dalla variabile di controllo v_c .

Trasferimento di energia



In alcune condizioni operative, però, il carico può restituire parte dell'energia immagazzinata o fornire energia; in questo caso la macchina elettrica **può funzionare da generatore** e, se il convertitore è opportunamente realizzato, l'energia viene fornita alla sorgente.

Trasferimento di energia

Per quanto concerne il trasferimento di energia dalla sorgente al carico, le caratteristiche più salienti del convertitore riguardano:

- ||→ la possibilità di trasferimento dell'energia in una sola direzione o in entrambe;
- ||→ il rendimento di conversione;
- ||→ l'entità dei disturbi introdotti sulla rete di alimentazione e sul carico.

Classificazione dei Convertitori

Una prima classificazione dei convertitori può essere effettuata sulla base del tipo di *sorgente* (in c.c. o in c.a.) e del tipo di tensione fornita in uscita; esistono pertanto i seguenti tipi di convertitori:

- ➡ continua-continua (c.c.-c.c.);
- ➡ continua-alternata (c.c.-c.a.);
- ➡ alternata-continua (c.a.-c.c.);
- ➡ alternata-alternata (c.a.-c.a.).

Una seconda suddivisione prende invece in considerazione le possibilità di trasferimento dell'energia.

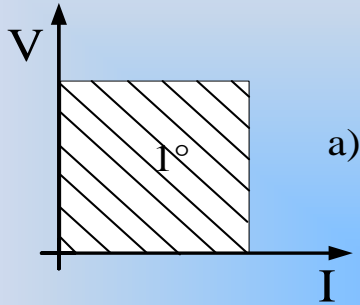
Classificazione dei Convertitori

Alcuni convertitori permettono il trasferimento dell'energia in una sola direzione e vengono chiamati *monodirezionali*

altri consentono il trasferimento di energia in entrambe le direzioni e vengono chiamati *Bidirezionali.*

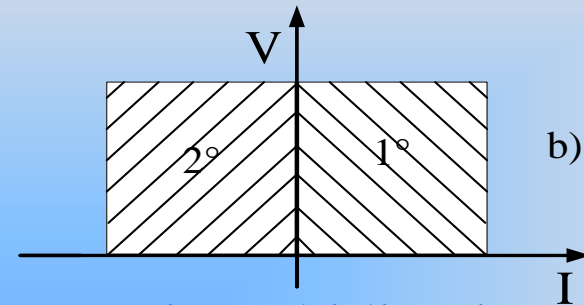
Nei convertitori *monodirezionali* **nessuna** delle due grandezze elettriche di uscita (tensione e corrente) può cambiare di segno; nei **bidirezionali**, invece, per poter cambiare la direzione del flusso di energia **almeno una** delle grandezze di uscita deve poter cambiare di segno.

Classificazione dei Convertitori



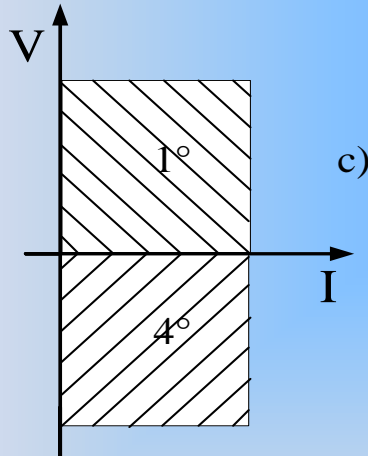
convertitore

monodirezionale



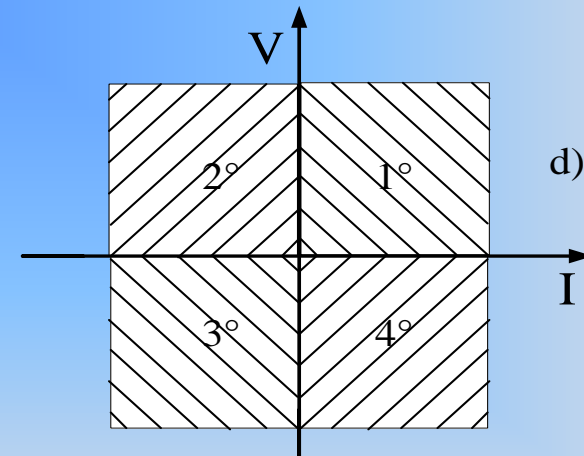
convertitore bidirezionale

a due quadranti



convertitore bidirezionale

a due quadranti



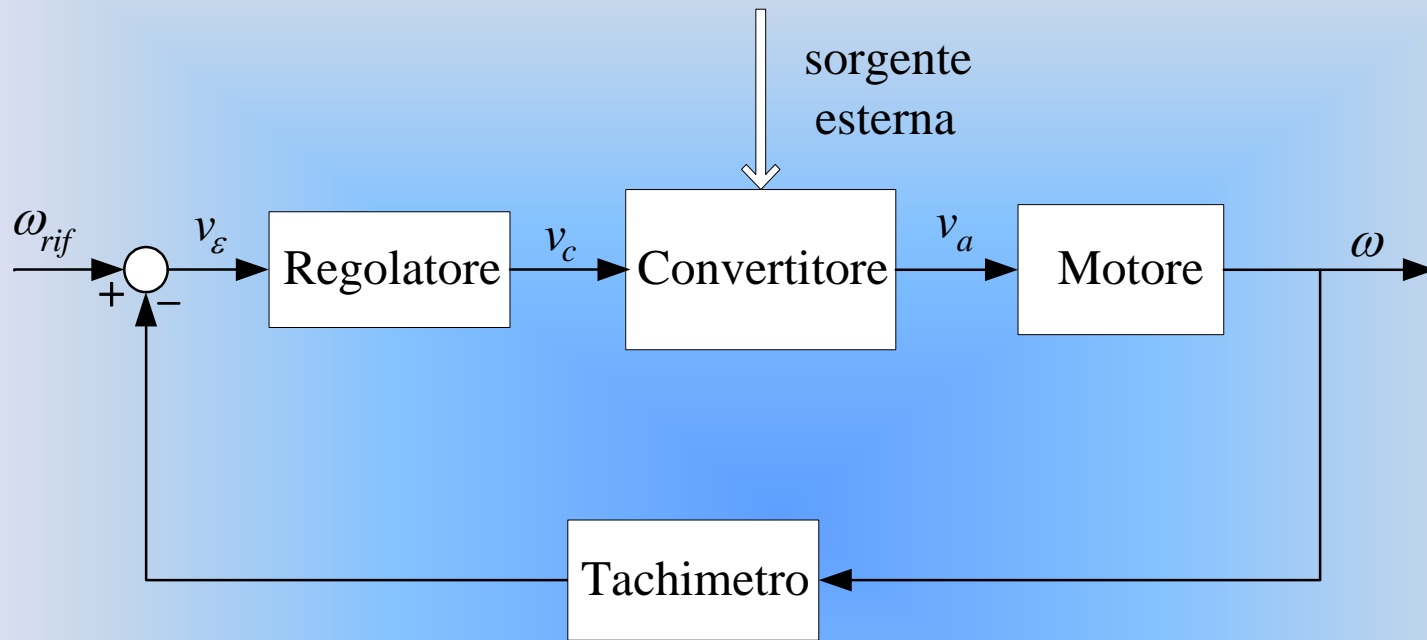
convertitore bidirezionale

a quattro quadranti

Classificazione dei Convertitori

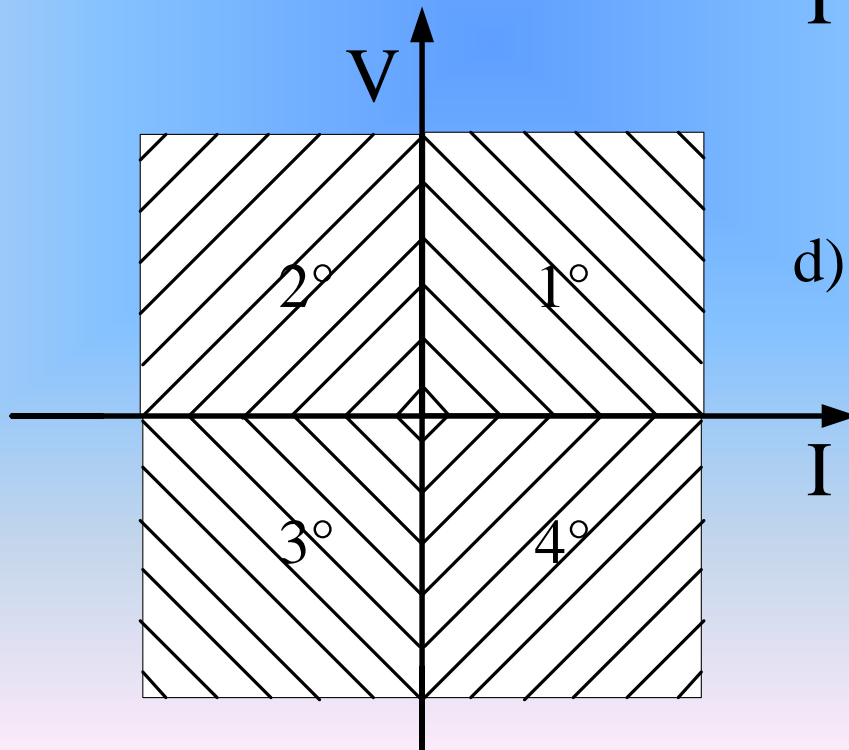
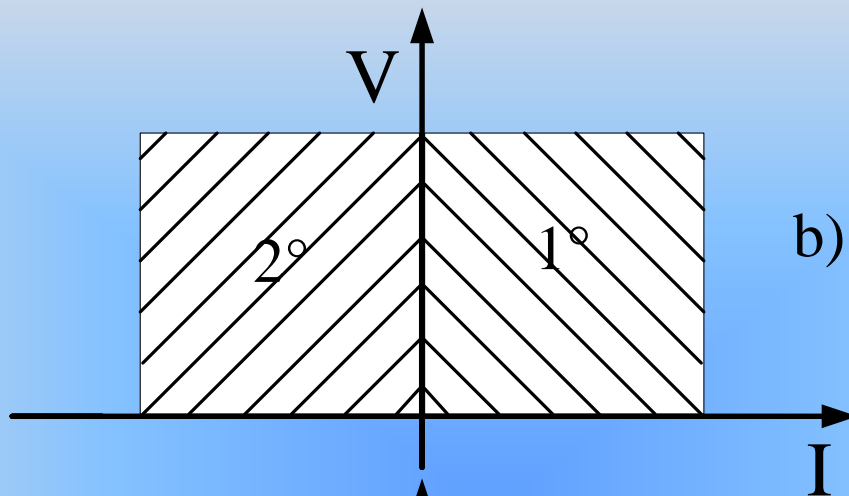
Per quanto concerne i convertitori bidirezionali a due quadranti, occorre ancora osservare che la possibilità di trasferimento di energia dal carico verso la sorgente diventa effettiva **solo se** la grandezza (tensione o corrente) che deve cambiare di segno affinché il carico possa funzionare da generatore coincide con quella che può cambiare di segno ai morsetti di uscita del convertitore.

Classificazione dei Convertitori



Affinché la macchina elettrica possa funzionare da generatore è necessario che la corrente di armatura cambi di segno; pertanto il recupero di energia meccanica è possibile **solo se il convertitore è in grado di operare nel secondo quadrante** (Figure. b e d).

Classificazione dei Convertitori



Disturbi introdotti dai Convertitori

Occorre, infine, evidenziare che i semiconduttori di potenza impiegati nei convertitori statici vengono, al fine di ottenere un rendimento accettabile, fatti sempre funzionare in

regime di commutazione.

Tale tipo di funzionamento comporta che le forme d'onda della tensione e della corrente applicate al carico presentino, sovrapposto all'andamento desiderato (andamento continuo o sinusoidale), anche un contenuto armonico di entità in genere non trascurabile.

Disturbi introdotti dai Convertitori

Il funzionamento in *regime di commutazione* provoca anche l'iniezione in rete di armoniche di corrente che, in molte applicazioni, possono risultare dannose per il corretto funzionamento di altre utenze; inoltre, se la sorgente di alimentazione è in corrente alternata, il convertitore assorbe, oltre alla potenza attiva, anche una potenza reattiva che, specialmente quando l'ampiezza della tensione di uscita è molto piccola rispetto al suo valore nominale, può risultare più elevata della potenza attiva.

Funzionamento come amplificatore

Per quanto concerne il funzionamento come amplificatore, le caratteristiche più significative del convertitore sono quelle relative al **legame statico e dinamico** tra la variabile di ingresso (*variabile di controllo del convertitore*) e quella di uscita (*in genere ampiezza della tensione di uscita*) .

Caratteristiche statiche

Il legame statico tra la variabile di controllo e quella di uscita (*caratteristica statica*) può risultare o praticamente lineare o fortemente non lineare.

In quest'ultimo caso si ricorre usualmente a:

- un opportuno **metodo di linearizzazione** che può essere basato o **sull'introduzione di un blocco non lineare** all'ingresso del convertitore;
- un **sistema di controllo a catena chiusa**.

I due metodi sono equivalenti se il legame ingresso-uscita risulta indipendente dai parametri del carico, altrimenti è conveniente impiegare un sistema di controllo a catena chiusa.

Caratteristiche statiche

Il legame ingresso-uscita può risultare lineare solo se il valore desiderato per l'uscita è più piccolo di quello massimo fornibile dal convertitore; pertanto la caratteristica statica del convertitore presenta **sempre una saturazione**.

Comportamento dinamico

La necessità di impiegare semiconduttori di potenza funzionanti in regime di commutazione comporta la presenza di un **ritardo finito** tra le variazioni del segnale di comando e quelle della grandezza di uscita.

In alcune applicazioni il valore del ritardo finito dipende dalla modalità di comando e, **in genere, risulta sufficientemente piccolo da poter essere trascurato nella sintesi del dispositivo di controllo.**

Comportamento dinamico

La necessità di impiegare semiconduttori di potenza funzionanti in regime di commutazione comporta la presenza di un **ritardo finito** tra le variazioni del segnale di comando e quelle della grandezza di uscita.

In altre, invece, l'effetto del **ritardo finito** dipende dalla struttura del convertitore e non può essere trascurato; in questo caso si ricorre, in genere, ad un modello dinamico approssimato, assimilando l'effetto del **ritardo finito** variabile a quello di una **opportuna costante di tempo**.

Metodi di analisi dei Convertitori statici

Nei circuiti che verranno presi in considerazione, il carico del convertitore sarà composto da una semplice resistenza, una resistenza ed una induttanza oppure da una resistenza, una induttanza ed una forza elettromotrice (oppure una capacità).

Pertanto, nell'ipotesi semplificativa di idealizzare il comportamento dei semiconduttori, i circuiti presi in considerazione saranno costituiti da **interruttori, resistenze, induttanze, capacità e forze elettromotrici.**

Metodi di analisi dei Convertitori statici

La presenza di interruttori comporta che i circuiti di conversione abbiano un comportamento **non lineare**.

E', però, possibile effettuare una **linearizzazione a tratti**, suddividendo il periodo di funzionamento in sottointervalli, ognuno caratterizzato da una configurazione costante degli interruttori.

In ogni sottointervallo ciascun interruttore si mantiene aperto o chiuso; pertanto il circuito da analizzare risulta costituito da soli elementi lineari.

Metodi di analisi dei Convertitori statici

In generale l'analisi del comportamento del circuito all'interno di ciascun sottointervallo richiede la soluzione di un'equazione differenziale o di un sistema di equazioni differenziali.

Molto spesso è, però, possibile evitare l'impiego di equazioni differenziali ricorrendo ad opportune ipotesi semplificative.

Metodi di analisi dei Convertitori statici

Risolvendo le equazioni differenziali, oppure utilizzando le soluzioni approssimate, è possibile calcolare l'evoluzione delle grandezze elettriche del sistema in funzione di opportune condizioni iniziali, non note a priori (*valori iniziali delle variabili di stato*).

Nel funzionamento a regime permanente è possibile determinare un legame tra i valori assunti dalle variabili di stato all'inizio e alla fine del periodo (*condizioni di regime o di periodicità*). Imponendo queste condizioni, si riescono a calcolare le condizioni iniziali.

Metodi di analisi dei Convertitori statici

Gli istanti in cui avvengono le chiusure dei Tiristori e le aperture e chiusure dei Transistor **dipendono solo dal circuito di comando del convertitore** e, pertanto, possono venire agevolmente determinati.

Viceversa gli istanti di apertura dei Tiristori e quelli di commutazione dei Diodi **dipendono anche dal comportamento complessivo del circuito di potenza**; la loro determinazione risulta, pertanto, più complessa.

