

AZIONAMENTI ELETTRICI

"Un azionamento elettrico, a velocità controllata, è un apparato che, alimentato da una sorgente di energia elettrica, pilotato mediante segnali o comandi esterni, eroga potenza meccanica, con velocità e coppia di valore opportuno."

Gli azionamenti elettrici trovano applicazione in vari campi dell'industria e possono avere potenze che variano tra qualche centinaio di [W] a qualche decina di [MW].

Tra le loro applicazioni tipiche si trovano:

⇒ la trazione:

- su rotaia (trasporti urbani e suburbani; linee ferroviarie)
- su strada

⇒ le industrie siderurgiche: produzione acciaio e laminazione

- Potenze: 200 kW ÷ 6 MW
- Velocità: 0 ÷ 300 giri/min

⇒ le industrie cartarie

⇒ il trattamento dei fluidi

- pompe: $P=1000 \div 25000$ kW; $Vel=4000 \div 7000$ giri/min
- ventilatori: $P=500 \div 5000$ kW; $Vel=1000 \div 1500$ giri/min

⇒ compressori: $P=500 \div 30000$ kW; $Vel=4500 \div 25000$ giri/min

⇒ il sollevamento di carichi

⇒ le macchine utensili

- mandrini: Coppie=30 ÷ 600 Nm; Pot=20 ÷ 250 kW; Vel=3000 ÷ 12000 giri/min
- assi: Coppie=2 ÷ 60 Nm; Pot=2 ÷ 30 kW

⇒ la lavorazione delle materie plastiche e della gomma

Struttura e componenti

Un azionamento elettrico può essere rappresentato semplicemente come in figura 1.1.

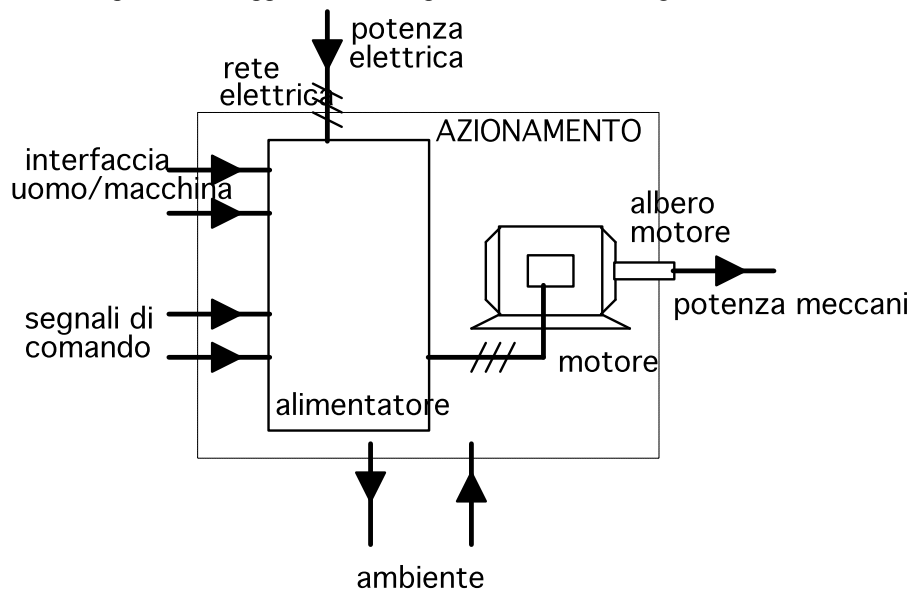


Figura 1.1: azionamento

Sono individuabili le seguenti interazioni con l'esterno:

- con la rete elettrica, attraverso i morsetti di alimentazione
- con la parte meccanica attraverso l'albero motore
- con l'operatore o con gli apparati esterni di comando, attraverso gli organi di comunicazione uomo \Leftrightarrow macchina (manopole, strumenti) o attraverso i segnali elettrici di comando
- con l'ambiente circostante attraverso i fenomeni di interscambio termico, elettromagnetico e le altre interazioni di carattere ambientale.

Gli elementi principali che lo caratterizzano sono un alimentatore controllato ed un attuatore elettrico (motore).

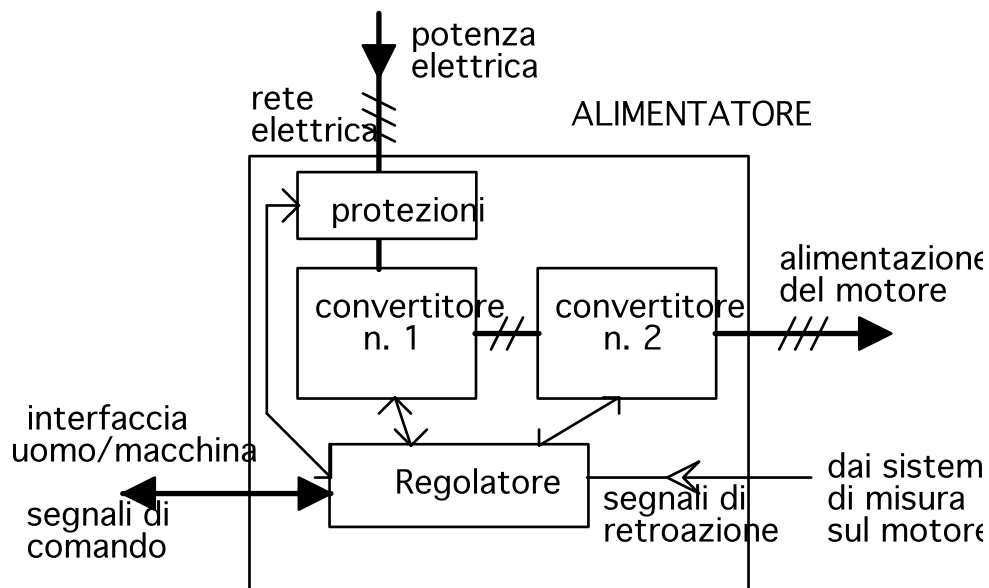


Figura 1.2: struttura di un alimentatore

Come si vede dalla figura, in un alimentatore sono individuabili:

- alcuni convertitori statici di energia (uno o più)
- il sistema di regolazione
- gli apparecchi di protezione e di ausilio necessari al buon funzionamento della apparecchiatura.

La dicitura "convertitore statico" si riferisce ad un apparato costituito da un insieme di valvole a semiconduttore di potenza, tra loro connesse, montate con i necessari dispositivi per lo smaltimento del calore, nonché dai circuiti ausiliari (ad es. i circuiti per la generazione degli impulsi di accensione ed il loro controllo di fase, filtri), e avente la funzione di trasferire energia tra due reti elettriche caratterizzate da due diversi valori di tensione e/o di frequenza.

Gli elementi che caratterizzano un azionamento elettrico sono:

- caratteristiche delle valvole a semiconduttore di potenza
- strutture dei convertitori elettronici c.a./c.c., c.c./c.a. e c.c./c.c.
- attuatori: modelli dei motori c.c., ad induzione e a magneti permanenti
- architetture di controllo per azionamenti in c.c. ed in c.a.
- software per gli azionamenti elettrici

Campo di operatività

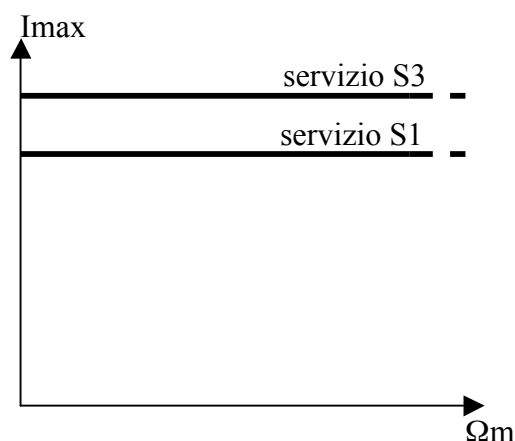
Le caratteristiche di un azionamento sono sintetizzate in un insieme di curve delle grandezze elettriche e meccaniche che rappresentano i limiti di funzionamento dell'azionamento al variare della velocità meccanica. Il grafico che ne risulta prende il nome di campo di operatività.

Gli andamenti relativi ad azionamenti basati su macchine elettriche di differente tipo (asincroni, sincroni o macchine in corrente continua) sono molto simili tra loro e quindi verrà introdotto il campo di operatività di una generica macchina elettrica.

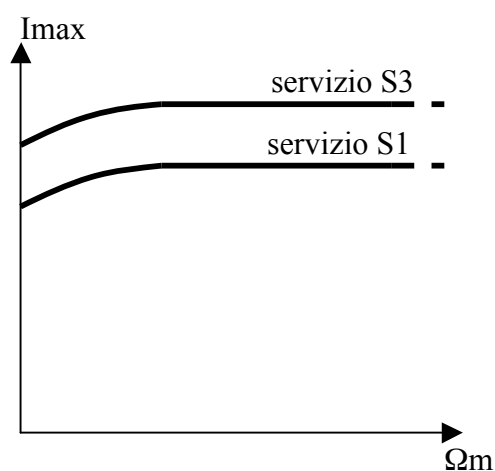
Il primo limite che verrà considerato è quello relativo alla massima temperatura sopportabile dall'azionamento. Normalmente, infatti, una temperatura elevata influisce negativamente sulla vita media dei componenti.

La temperatura di un apparato è funzione delle perdite dissipate all'interno dell'apparato stesso, dal sistema di raffreddamento (aria libera, aria forzata, liquido; dipendenza dalla velocità meccanica) e dal tipo di servizio a cui è sottoposto l'apparato (il servizio continuativo (S1) è più gravoso di un servizio intermittente (S3)).

Una volta definito il sistema di raffreddamento e, in funzione della applicazione, il tipo di servizio, le perdite sono funzione prevalentemente della corrente. Limitare la temperatura significa, quindi, imporre un limite massimo alla corrente che può circolare nella macchina elettrica.



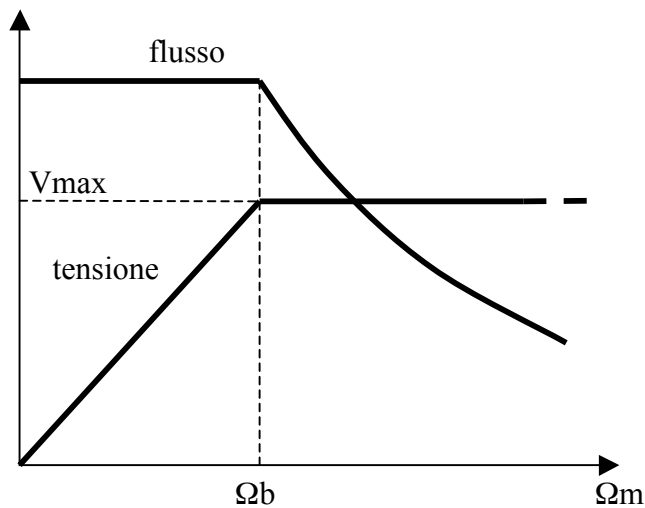
Il grafico precedente si riferisce al caso di sistema di ventilazione indipendente dalla velocità meccanica. Nel caso di ventilazione ottenuta con ventilatore calettato sull'albero della macchina, la corrente massima ammissibile a bassa velocità è minore.



Per questa ragione normalmente il sistema di ventilazione negli azionamenti che devono operare anche a bassa velocità è di tipo indipendente.

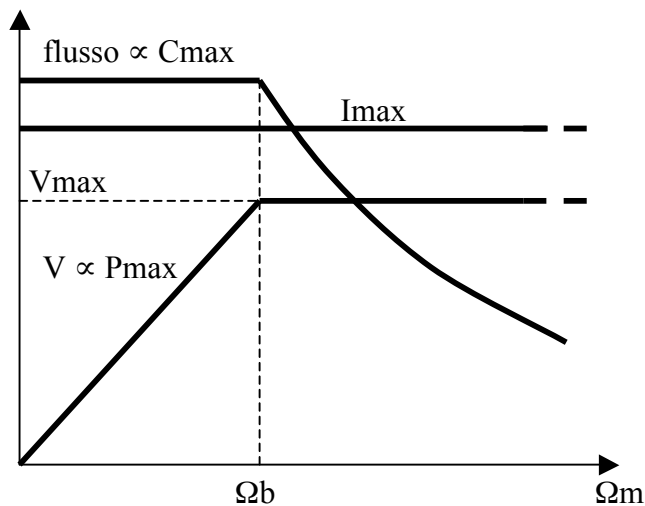
Per quanto riguarda il flusso magnetico, è opportuno sfruttare pienamente il ferro a disposizione, ponendosi in una condizione al limite della saturazione magnetica del materiale ferromagnetico, fin dove è possibile.

Ma poichè la forza elettromotrice cresce proporzionalmente alla velocità, il fatto che l'alimentatore presenta un limite sul valore massimo della tensione implica che esiste una velocità (Ω_b detta anche velocità base) oltre la quale la tensione non può più crescere. Di conseguenza occorre diminuire il valore del flusso in modo inversamente proporzionale alla velocità. La zona caratterizzata da velocità maggiori della velocità base si chiama "zona di deflussaggio".



La coppia, il cui valore è proporzionale al prodotto tra la corrente ed il flusso, presenta un valore massimo ammissibile (nel caso di ventilazione indipendente) che ha il medesimo andamento del flusso. La potenza (prodotto della tensione per la corrente) ha invece (nelle medesime condizioni) andamento proporzionale alla tensione.

Il campo di operatività risulta, quindi, il seguente (per ventilazione indipendente e per un determinato servizio):



La zona caratterizzate da velocità minori della velocità base Ω_b si chiama anche "zona a coppia costante". Quella con $\Omega_m > \Omega_b$ è detta anche "zona a potenza costante".

I vari tipi di motori impiegabili negli azionamenti a velocità controllata

Tipo di motore	• Tipo di convertitore	Pro e contro
Motore in corrente continua	<ul style="list-style-type: none"> • Raddrizzatore a commutazione naturale (se alimentato da rete c.a.) • Chopper (se alimentato da rete c.c.) 	<p><u>Vantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lunga esperienza operativa; funzionamento intuitivo • Convertitore semplice; recupero energia in rete <p><u>Svantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevato costo e peso del motore • Limiti alle prestazioni dovute alla presenza del collettore a lamelle (limiti sulla velocità massima, sulla sovraccaricabilità transitoria e sulla estensione del funzionamento a campo indebolito) • Necessità di manutenzione al collettore • Basso fattore di potenza (se alimentato da raddrizzatore a commutaz. naturale)
Motore a induzione (asincrono)	<p>Se alimentato da rete in corrente continua:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Convertitore c.c.-c.a. a tensione impressa <p>Se alimentato da rete in c.a.:</p>	<p><u>Vantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Grande semplicità e basso costo del motore. • controlli digitali a microprocessori, consentono oggi una grande versatilità di impiego <p><u>Svantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Funzionamento poco intuitivo
Motori sincroni a Magneti Permanenti (detti anche "AC Brushless")	<p>1. Raddrizzatore senza parzializzazione + convertitore c.c.-c.a. a tensione impressa</p> <p>oppure</p> <p>2. Cicloconvertitore</p>	<p><u>Vantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • controlli digitali a microprocessori, con grande versatilità di impiego • Assenza di perdite nell'indotto • Basso momento di inerzia <p><u>Svantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Motore più costoso (rispetto al motore asincrono)
Motori a Riluttanza Variabile (a campo rotante)	<p>3. Convertitore c.c.-c.a. alimentato da raddrizzatore reversibile a fattore di potenza unitario</p>	<p><u>Vantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • controlli digitali a microprocessori, con grande versatilità di impiego • Assenza di perdite nell'indotto <p><u>Svantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sovradimensionamento dell'alimentatore
Motori a Riluttanza variabile a commutazione di poli (detti anche "switched reluctance")	Alimentatore a transistor, commutante in funzione dell'angolo di rotazione del motore	<p><u>Vantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Assenza di perdite nell'indotto • funzionamento più intuitivo <p><u>Svantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Rumore e vibrazioni • Motore speciale
Motori a c.c. a magneti permanenti con commutatore elettronico (detti anche "DC Brushless o brushless ad avvolgimento trapezio")	Alimentatore a transistor, commutante in funzione dell'angolo di rotazione del motore	<p><u>Vantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ha sostituito con vantaggio i motori in corrente continua per circa un decennio • Semplice ed intuitivo <p><u>Svantaggi:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Non si presta a indebolimento di campo. • Attualmente è stato soppiantato dai brushless a campo rotante