

**APPUNTI DI ELETTRONICA**

# ***CONFRONTO tra MOTORI AC e DC***

Come il motore asincrono sta sostituendo il motore in corrente continua, rendendolo ormai obsoleto

*A cura di Marco Dal Prà*

Versione n. 3.1 - Gennaio 2008

## Introduzione

Il mercato dei motori elettrici degli anni 2000 è sempre più dominato dai motori asincroni trifasi, anche detti motori ad induzione.

Questa tendenza è cominciata nel finire degli anni '80, quando i transistor di tipo IGBT hanno raggiunto una elevata qualità ed affidabilità.

Questi componenti, infatti, si sono dimostrati fondamentali per lo sviluppo dell'elettronica di potenza al fine di realizzare dispositivi per il controllo dei motori asincroni trifasi, ossia gli Inverter.

Prima di allora la regolazione della velocità sui motori asincroni trifasi era pressoché impossibile, e si attuava o con sistemi meccanici (variatori di giri) o con sistemi elettromeccanici, ma con notevoli perdite energetiche.

Si ricorreva quindi ai motori in corrente continua a collettore.

Gli inverter negli anni '90 si sono sempre più affermati per il controllo di velocità dei motori asincroni, e tale tecnologia, nella metà degli anni 90, ha visto l'introduzione di un nuovo modello ancora più rivoluzionario del primo : gli inverter "vettoriali".

Con questa tecnologia si è praticamente arrivati al controllo del motore asincrono trifase completo e di grande precisione, tale da rendere il motore in corrente continua obsoleto.

Attualmente il mercato italiano dei motori elettrici in bassa tensione è indicativamente così suddiviso (statistiche ANIE 2000-2004) :

- Motori Asincroni Trifasi            80%
- Motori Brushless                    16%
- Motori in Corrente Continua       4%

NOTA : Questo documento è frutto di una ricerca su vari siti internet e su documentazione di case costruttrici di motori.

## Il Confronto

Vediamo un confronto tra il motore in corrente continua a collettore ed il motore ad induzione a gabbia di scoiattolo proprio per approfondire questa evoluzione del mercato.

Il confronto è tra due ipotetici motori con le stesse caratteristiche (in particolare in termini di potenza).

L'ipotesi comprende un sistema di controllo elettronico per entrambi i motori : un inverter per il motore AC, ed un convertitore- regolatore per il motore DC.

Il segno di spunta ( ✓ ) indica il dato più favorevole.

# Capitolo I°

## CARATTERISTICHE MECCANICHE

### dei MOTORI



#### 1.1 *Dimensioni*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Minore ✓	Maggiore

Il motore DC occupa uno spazio maggiore :

- in lunghezza, dato che ha il collettore con le spazzole,
- il altezza, in quanto il rotore ha un diametro maggiore, per la presenza degli avvolgimenti e soprattutto per problemi dovuti alla commutazione
- per il raffreddamento del rotore e del collettore, che necessitano di un efficiente ed ampio sistema di ventilazione.

#### 1.2 *Temperatura Massima*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Alta ✓	Media

Nel motore AC il punto di maggior riscaldamento è negli avvolgimenti statorici.

Il rotore infatti essendo a gabbia può sopportare temperature maggiori, quindi non necessita di alcun controllo, rispetto.

Essendo però lo statore a diretto contatto con la carcassa del motore, lo smaltimento del calore verso l'esterno è piuttosto semplice, e avviene per conduzione dal metallo dello statore alla carcassa in ferro o alluminio, che esternamente è anche dotata di apposite alettature.

Nel motore DC il calore viene sviluppato prevalentemente nel rotore, e lo smaltimento può avvenire solamente mediante ventilazione forzata, che ha una potenza da aggiungere all'assorbimento elettrico del motore.

Il motore DC quindi deve mantenersi su temperature di funzionamento più basse.

### 1.3 *Grado di Protezione*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Qualsiasi ✓	Qualsiasi ma con limitazioni

I motori AC sono disponibili con qualunque grado di protezione : da IP44 a IP65, da AD-PE ad AD-FE, ecc.

Nei motori in corrente continua un aumento nel grado di protezione, seppur possibile, riduce la temperatura di funzionamento in quanto limita il raffreddamento.

### 1.4 *Manutenzione*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Nessuna ✓	Notevole

A parte l'eventuale usura dei cuscinetti, che è equivalente nei due motori, i motori DC necessitano di operazioni di manutenzione molto frequenti (la sostituzione delle spazzole) ed altre molto complesse (la rettifica del collettore) che richiedono un fermo macchina di diversi giorni se non addirittura settimane.

Le macchine di notevole potenza richiedono anche un interruttore termico nel rotore per la protezione degli avvolgimenti, che anch'esso richiede manutenzione.

Al contrario nel motore AC non è necessaria nessuna manutenzione.

### 1.5 *Momento d'inerzia*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Minore ✓	Superiore

Il motore DC ha un diametro maggiore di quello AC, e questo si ripercuote sul momento d'inerzia : questa caratteristica sta a significare che il motore AC possiede una maggiore accelerazione a parità di coppia, e quindi una "agilità" migliore.

Si può quindi dire che il motore AC possiede una maggior "prontezza".

## 1.6 *Robustezza Meccanica*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Ottima ✓	Bassa

I motori DC presentano un punto debole nel rotore : l'isolamento degli avvolgimenti può deteriorarsi molto rapidamente sia per le sollecitazioni meccaniche (marcia, arresto, accelerazioni, ecc) sia per quelle termiche.

## 1.7 *Velocità*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Maggiore ✓	Inferiore

Nei motori DC la presenza del collettore impedisce di raggiungere elevate velocità, in quanto lo scintillio raggiungerebbe livelli inaccettabili portando ad un calo del rendimento del motore (?).

## 1.8 *Protezione Termica*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Semplice ✓	Complessa

Per proteggere termicamente un motore AC, è sufficiente installare un sensore tra gli avvolgimenti dello statore.

Il rotore infatti essendo a gabbia può sopportare temperature maggiori rispetto allo statore, quindi non necessita di alcun controllo.

Nel motore DC invece il punto critico in fatto di temperatura è proprio il rotore, nel quale non è possibile installare delle proprie sonde di temperatura.

Per i motori di grossa potenza si usa un interruttore termico, molto sofisticato e costoso, che viene installato nel rotore stesso.

# Capitolo II°

## CARATTERISTICHE ELETTROMECCANICHE



### 2.1 *Limiti di Potenza*

<i>Motore AC</i>	<i>Motore DC</i>
Nessuno ✓	$\text{kW} * \text{RPM} < 2.600.000$

I motori DC hanno dei limiti costruttivi che per i motori AC praticamente non esistono : in pratica in commercio non si trovano motori DC il cui prodotto tra la potenza e il numero di giri al minuto supera  $2,6 * 10^6$ .

Da ciò si deduce, ad esempio, che è praticamente impossibile trovare sul mercato un motore da 3000 rpm con una potenza di 1000 kW.

### 2.2 *Limiti di Tensione*

<i>Motore AC</i>	<i>Motore DC</i>
BT ed MT (fino a 10 kV) ✓	BT (mediamente 500V)

Nei motori DC la vicinanza delle lamelle del collettore non permette la costruzione di motori con tensioni nominali elevate.

Eccezionalmente, come nel settore ferroviario, si arriva a 4000V con motori speciali.

### 2.3 *Risposta “Elettrica”*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Maggiore $\checkmark$	Inferiore

Nei motori AC la costante di tempo elettrica è molto bassa, in quanto la variazione di corrente, e quindi di coppia, è limitata dalla sola induttanza di dispersione degli avvolgimenti statorici.

Nei motori DC invece c'è la presenza del collettore che inserisce un ritardo “meccanico” difficilmente quantificabile.

### 2.4 *Rendimento*

Per capire il rendimento delle due tipologie di motori (convertitori esclusi) analizziamo le tabelle proposte dal libro “Mario Pezzi - Macchine Elettriche” ed i rendimenti indicati per i motori Asincroni e DC di ABB :

<b>Potenza</b>	<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
1 kW	80 %	75 %
10 kW	87 %	77 %
50 kW	94 %	84 %
100 kW	95 %	90 %
350 kW	96 %	92 %
1 MW	97 %	93 %

Si deduce quindi che per il rendimento :

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Ottimo $\checkmark$	Buono

NOTA :la tabella non comprende i motori AC ad alta efficienza standardizzati per i costruttori Europei dal consorzio CEMEP .

## Capitolo III°

# CARATTERISTICHE dell'AZIONAMENTO

### 3.1 *Inverter VETTORIALI*

Come già detto nell'introduzione, questo apparecchio per il controllo dei motori asincroni trifasi ha praticamente reso quasi identiche le caratteristiche di un motore AC con un motore DC a collettore.

Negli inverter tradizionali, detti anche scalari, la stabilità della velocità non può essere assicurata, in quanto dipende dalla coppia del carico.

Negli inverter vettoriali invece, grazie a microprocessori ad elevata velocità che hanno in memoria un modello sofisticato del motore ad induzione, si ottiene un sistema efficace per il controllo della coppia e della velocità come nel motore DC.

Nel motore DC il controllo di coppia e velocità si attua con le correnti di eccitazione e di armatura.

Nel motore AC queste due componenti “viaggiano” nello stesso cavo, e sono rappresentate dal “vettore corrente attiva” e dal “vettore corrente reattiva induttiva”.

In pratica è come se la corrente attiva corrispondesse alla corrente di armatura, mentre la corrente reattiva induttiva corrispondesse alla corrente di eccitazione.

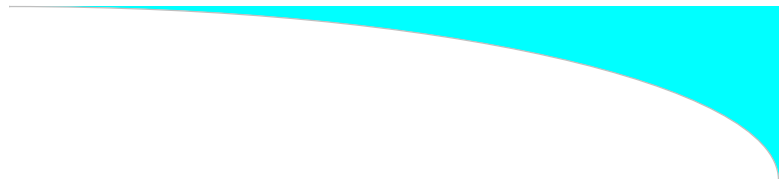
Grazie al controllo di queste due componenti l'inverter vettoriale attua un controllo del motore che ha prestazioni dinamiche che superano quelle offerte da un azionamento in corrente continua.

Alcuni costruttori di inverter vettoriali hanno modelli a catalogo le cui prestazioni in tema di “risposta in coppia” sono anche dieci volte più veloci di quelle di un azionamento DC.

Inoltre, la precisione dinamica di un inverter vettoriale ad anello aperto è simile a quella di un azionamento DC ad anello chiuso (retroazionata).

# Capitolo IV°

## ALTRE CARATTERISTICHE dei CONVERTITORI



### 4.1 *Fattore di Potenza*

<i>Motore AC</i>	<i>Motore DC</i>
Sempre ottimale ✓	Molto variabile

Tutti gli inverter in uso oggi alimentano i motori in tecnica PWM (Pulse Width Modulation), sistema che permette di avere, indipendentemente dalle condizioni di funzionamento del motore (carico e velocità) un  $\text{Cos } \varphi$  verso la rete di 0.95 circa.

I convertitori elettronici per l'alimentazione dei motori DC, invece, hanno un fattore di potenza che varia con la velocità, ed è compreso tra 0 e 0,9, cosicché se il motore gira ad un regime che non è il massimo si può avere un  $\text{Cos } \varphi$  molto basso.

### 4.2 *Guasto del Convertitore*

<i>Motore AC</i>	<i>Motore DC</i>
Parzialmente recuperabile ✓	Irrimediabile

Nel caso si verificasse un guasto all'elettronica di controllo, il motore AC, anche solo per una manovra di emergenza, è avviabile collegandolo direttamente alla rete.

# CONSIDERAZIONI FINALI



## *Costi*

<b>Motore AC</b>	<b>Motore DC</b>
Modesto	Elevato
<b>Inverter Vettoriale AC</b>	<b>Convertitore DC</b>
Elevato	Elevato

## *Conclusioni*

Il motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo si dimostra vincente su tutti i fronti.

I lati positivi del motore AC, del resto, sono già noti : è affidabile, compatto, economico, funziona alla tensione di rete, e non necessita di manutenzione.

Sul mercato sono disponibili centinaia di modelli di motori asincroni, spesso a pronta consegna, e questo consente un vantaggio non trascurabile sui motori DC : si evita di tenere a magazzino motori di scorta per fa fronte ad un eventuale guasto.

Le prestazioni dei moderni azionamenti AC, infine, realizzati con gli inverter vettoriali, talvolta superano le prestazioni di quelli realizzati con motori DC.

Questo elemento, unito a tutti i vantaggi evidenziati per il solo motore AC, dimostra come sia ormai superfluo utilizzare gli azionamenti DC, i quali già oggi sono relegati ad una ristretta nicchia di mercato.

#### Bibliografia :

- Mario Pezzi                      Macchine Elettriche                      2a. Ediz. - Zanichelli
- Zeno Martini                      www.electroportal.net                      Portale di elettrotecnica
- Prof. Barra e Scarpetta                      Controllo di velocità di un motore in corrente alternata.
- Bollettino Informazione Tecnologica Dicembre 1996                      www.ptu.sitech.it  
    Criteri di scelta del motore elettrico di Alessandro De Carli e Andrea Grilli

### **COPYRIGHT - Proprietà del Documento**

Questo documento è stato redatto da Marco Dal Prà, perito industriale iscritto all'albo della Provincia di Venezia.

#### ***Cosa si può fare***

Il documento può essere liberamente utilizzato e distribuito per scopi didattici sia da parte di studenti che di docenti di scuole pubbliche di ogni grado, e di corsi di specializzazione pubblici.

Può essere liberamente stampato per uso personale da chiunque sia interessato ad approfondire l'argomento in proprio.

#### ***Cosa non si può fare***

Il documento non può essere replicato, su altri siti internet, mailing list, pubblicazioni cartacee (riviste) e cd-rom, ciò indipendentemente dalle finalità di lucro.

E' proibito utilizzarlo a scopo di lucro, come ad esempio da parte di società private che a qualsiasi titolo tengano corsi di aggiornamento e/o di specializzazione.

Per tali finalità è possibile prendere accordi che dovranno essere formulati in forma scritta da entrambe le parti.

#### ***Esclusione di Responsabilità***

I contenuti del presente documento sono utilizzabili così come sono.

Nonostante i controlli fatti prima di renderlo di pubblico dominio nel sito internet, **non** è possibile assicurare che il documento sia esente da errori e/o omissioni.

Nessuna responsabilità può essere attribuita all'autore del documento per l'utilizzo dello stesso.

#### ***Note***

I marchi citati nel presente documento sono di proprietà dei relativi produttori.

#### ***Aggiornamenti***

Il presente documento può essere aggiornato dall'autore a sua discrezione e senza alcun preavviso.

Ad esempio l'autore può decidere di effettuare un aggiornamento sulla base di libere segnalazioni fatte dai lettori, all'indirizzo [dalpra.marco@gmail.com](mailto:dalpra.marco@gmail.com).

In ogni caso, ciò non avviene a cadenza periodica.

Per verificare la presenza di una versione più aggiornata consultare il sito [www.marcoDalpra.it](http://www.marcoDalpra.it).