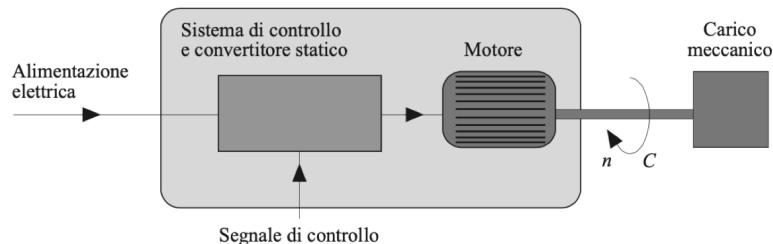


# AZIONAMENTI

Sono sistemi elettromeccanici ed elettronici destinati a muovere carichi meccanici controllando alcune grandezze come posizione, velocità, coppia, ...

I motori possono essere **convenzionali** oppure **motori speciali**. Il sistema di azionamento consiste in due unità: **MOTORE** e **SISTEMA DI CONTROLLO**, che agisce sul convertitore per fornire al motore la giusta alimentazione e misura in tempo reale (coppia, velocità, ...).



**MOTORE:** FORNISCE LA COPPIA MOTRICE  $C$  ALLA VELOCITÀ DI ROTAZIONE  $n$ .

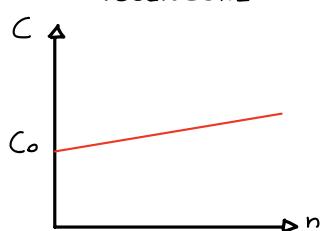
**CONTROLUORE:** AGISCE SUL **CONVERTITORE STATICO** PER REGOLARE L'ALIMENTAZIONE (in pratica confronta il segnale di controllo dall'esterno con uno di **RETROAZIONE** proveniente dal motore).

## CARATTERISTICA MECCANICA

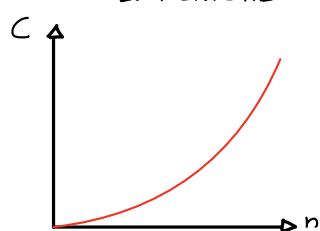
Ogni tipo di carico è descritto da una caratteristica meccanica  $C_r(n)$  che esprime il valore della coppia resistente necessaria a far ruotare il carico, in funzione della velocità di rotazione del motore.

La coppia resistente include sia la coppia necessaria a produrre lavoro nel carico, sia le forze di attrito o le coppie frenanti che richiedono alcuni carichi (esempio: veicolo in discesa).

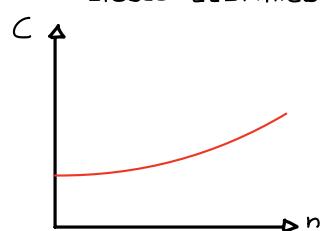
ASCENSORE



VENTILATORE



VEICOLO ELETTRICO



Per poter azionare tutti i tipi di carico occorre che l'azionamento sia in grado di invertire la coppia e il senso di rotazione  $\rightarrow$  4 COMBINAZIONI DI SEGNI DI  $C \cdot n$ .

## FUNZIONAMENTO IN QUATTRO QUADRANTI

1. COPPIA E VELOCITÀ STESSO SEGNO  $\rightarrow$  IL MOTORE

ASSORBE POTENZA ELETTRICA E CEDE  $P_{MEC}$  (I e III q)

2. COPPIA E VELOCITÀ SEGNO OPPOSTO  $\rightarrow$  IL MOTORE

CEDE POTENZA ELETTRICA E ASSORBE  $P_{MEC}$  (II e IV q)

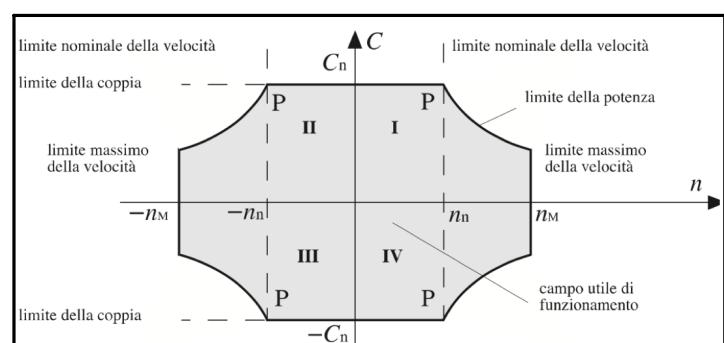
In ciascuno dei quadranti i valori sono limitati da quelli nominali  $C_n$  e  $n_n$  e **POTENZA NOMINALE**

$$P_n = C_n \omega_n = (2\pi/60) n_n C_n$$

$\textcolor{red}{Y}$   $P_n$ ,  $C_n$ ,  $n_n$  non possono essere superati, tranne  $n_n$  che in alcune macchine può arrivare fino a un valore max ( $n_M$ ).

**PUNTI DI LAVORO:** In Figura i punti P sono quelli in cui si ha lo **sfruttamento ottimale e continuativo** (ossia quelli a  $C_n$  e  $n_n$ ). Si ricorda che:

$$\text{LAVORO} = \int C dw = \frac{2\pi}{60} \int C dn \quad (\text{AREA})$$



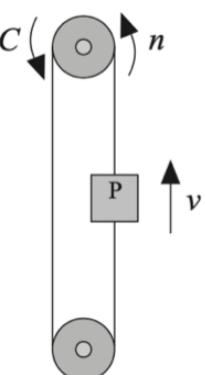
## ESEMPIO DI FUNZIONAMENTO IN QUATTRO QUADRANTI

Consideriamo un peso  $P$  che puo' muoversi lungo un asse grazie alla fune e al motore, si hanno le seguenti combinazioni:

II) $n < 0$ $C > 0$	$C$	I) $n > 0$ $C > 0$
frenatura di carico discendente		sollevamento di carico ascendente
accelerazione di carico discendente	$n$	frenatura di carico ascendente

III) $n < 0$ $C < 0$	$n$	IV) $n > 0$ $C < 0$
accelerazione di carico discendente		frenatura di carico ascendente

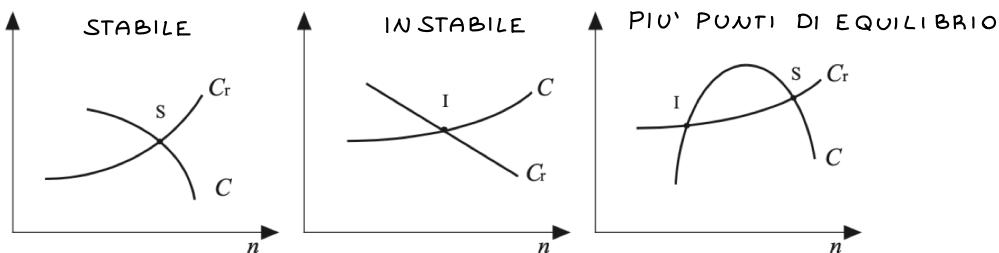


▼ Nella maggioranza dei casi gli apparecchi funzionano nel 1° e 2° quadrante.

## STABILITA' DI FUNZIONAMENTO

Condizioni stazionarie di lavoro si ottengono se quando la coppia motrice e la coppia resistente sono in equilibrio tra loro (cio' si ha nei punti di intersezione dei grafici di  $C$  e  $C_r$ ).

L'equilibrio come già visto puo' essere STABILE o INSTABILE.



## STABILITA' DINAMICA (AVVIAMENTI A VELOCITA' VARIABILE)

Le condizioni di stabilità viste prima valgono solo per piccole perturbazioni dalle condizioni stazionarie (AVVIAMENTO A VELOCITA' COSTANTE). Per avviamenti dinamici si deve tener conto anche del TERMINE INERZIALE  $\Sigma dw/dt$ ; a quel punto si ha:

$$C = C_r + \Sigma dw_r/dt$$

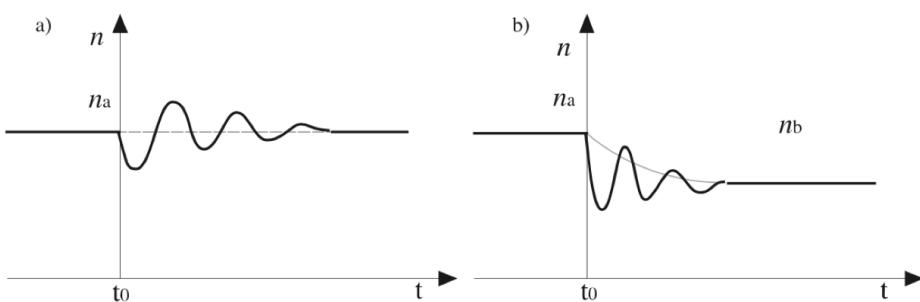
senza entrare nel dettaglio consideriamo due casi tipici:

### CAMBIAIMENTO DELLA COPPIA RESISTENTE

Se l'azionamento deve lavorare a una  $n_a$  costante, il controllore impone una serie di oscillazioni (breve durata e poco ampie) per portarlo a tale valore. ( $n_a$  viene perturbata se applica una  $C_r$ )

### VARIAZIONE DI VELOCITA'

Si ha quando si vuole portare da una  $n_a$  costante a  $n_b$  costante e si realizza modificando il segnale di controllo (viene settato su  $m_B$ ) e il controllore procede gradualmente ad assestarsi all'onda.



# AZIONAMENTI CON MOTORI CONVENZIONALI

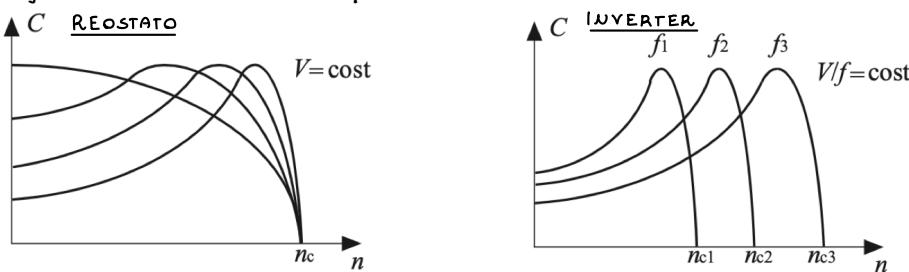
## MOTORE ASINCRONO

Si puo' usare il reostato di avviamento per modificare la CARATTERISTICA MECCANICA, regolando quindi COPPIA e VELOCITA', ma DISSIPA POTENZA. E' di comune utilizzo:

- **AVVIAMENTO CON INVERTER**, che fornisce le caratteristiche mecc. in Figura, che hanno un campo di velocita' piu' ampio nel tratto stabile. ( $V/f$  RIHANE COSTANTE).

E' utilizzato sempre con un rotore a gabbia di scoiattolo (+ Robustezza, - necessita' di manutenzione), tuttavia necessita di uno STATORE RINFORZATO (+ isolamento degli avvolgimenti), a causa delle intense sollecitazioni dielettriche dovute ai transistor.

Famiglie di Caratteristiche Meccaniche per avviamento con Reostato e Inverter



## AZIONAMENTO CON MOTORE SINCRONO

Necessario un **CONVERTITORE** che fornisca  $V$  e  $f$  regolabili con continuita' da valori molto bassi. se la frequenza e' regolata dall'esterno, il motore adegua automaticamente la  $C_R$  e  $C_{mot}$  dall'estero fino a raggiungere  $C_n$ .

## MOTORI BRUSHLESS

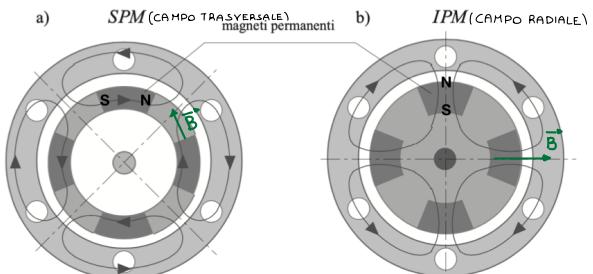
Sono motori sincroni con **MAGNETI PERMANENTI**, del tipo SPM (SURFACE PERMANENT MAGNET) o o IPM (INTERIOR P.M.). Si distinguono due tipi:

### BRUSHLESS DC MOTOR

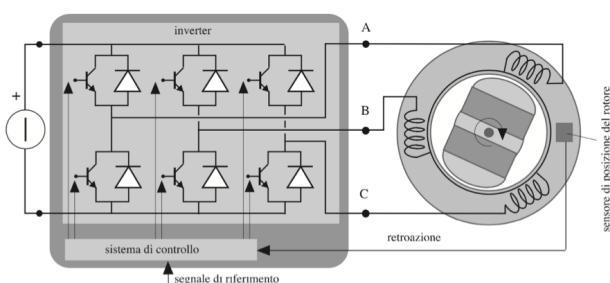
Gli avvolgimenti statorici sono alimentati da forme d'onda **rettangolari** (piu' facili da controllare ma possono causare vibrazioni)

### BRUSHLESS AC MOTOR

Le onde di alimentazione sono **sinusoidali** (piu' complesso il controllo ma sono piu' efficienti)



- ▼ Posizione e velocita' del motore sono misurati e mandati in retroazione al controllore dell'inverter (CIRCUITO DI CONTROLLO)



# AZIONAMENTI CON MOTORI SPECIALI

## MOTORE A PASSO (STEPPING MOTOR)

Esistono 3 principali tipi di motori a passo:

- RILUTTANZA VARIABILE (Rotore a poli salienti privo di magneti)
- MAGNETI PERMANENTI (Rotore liscio con SPM)
- IBRIDO (Anisotropo con magneti permanenti)

In ogni caso lo statore è sempre dotato di **espansioni polari** con bobine a coppie collegate in serie ( $P_{\text{STATORE}} = 2 \cdot P_{\text{ROTORE}}$ ). Alimentando una coppia di poli di statore si crea un campo statico a cui il rotore si allinea.

1. AA' (ALIMENTATO) → Il rotore si allinea come in figura

2. AA' e BB' → Il rotore si allinea ruotando di  $45^\circ$

3. BB' → Rot gira di  $45^\circ$  e ha compiuto mezzo giro (**1 PASSO**)

E' un motore utile se si vuole un posizionamento preciso, inoltre:

- FACILE AVVIAMENTO
- REGOLABILE n e C TRAMITE L' ALIMENTAZIONE
- FACILE CONTROLLO DI POSIZIONE

Il motore a magneti offre una **coppia di tenuta** anche se non è alimentato.

## MOTORE A SWITCHED RELUCTANCE

E' una versione ad elevata n e Potenza di quello a passo, garantisce un moto continuo del rotore grazie a un sistema di controllo (Fino a  $\sim 300 \text{ Kw}$ ), (quello a passo ha spostamenti a "scatti")

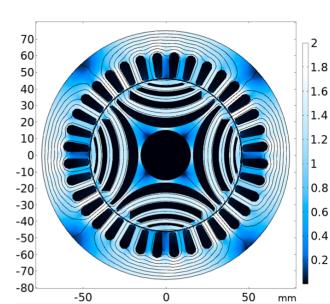
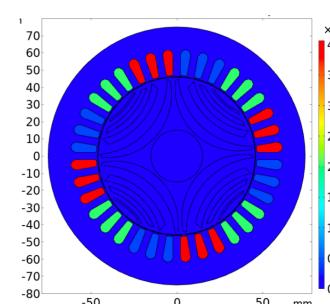
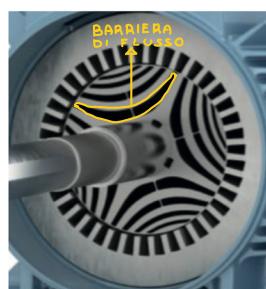
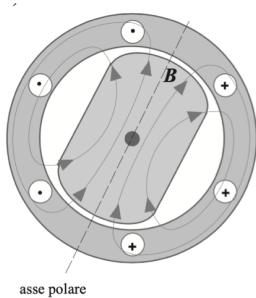
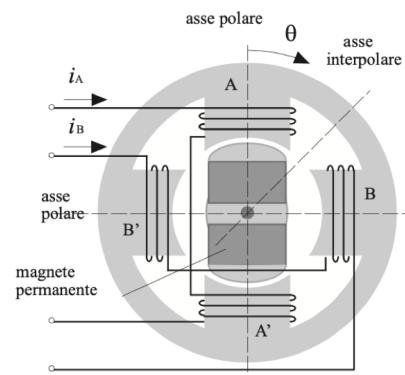
## MOTORE SINCRONO SWITCHED RELUCTANCE (A RILUTTANZA COMMUTATA)

Il rotore è **ANISOTROPO** e tende ad allinearsi con il campo dello statore (ROTANTE); le forze magnetiche producono quindi la coppia meccanica. Si può considerare come un motore sincrono a poli salienti privo di bobine di ecc. o P.M.

Per creare anisotropia rispetto al campo magnetico si usano "BARRIERE DI FLUSSO", che creano percorsi obbligati per il campo (inoltre sono più lisci, meglio quando vado ad alte velocità)



USATI IN MOTORI CHE DEVONO  
AVERE POSIZIONI PRECISI (OROLOGIO)



## CLAW POLES SYNCHRONOUS GENERATOR