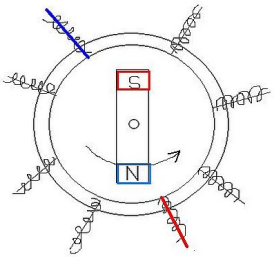
I motori elettrici in corrente alternata e continua

Col termine motore elettrico si definisce una macchina elettrica in cui la potenza di ingresso è di tipo elettrico e quella di uscita è di tipo meccanico, assumendo la funzione di attuatore.



Tipi di motori elettrici
La divisione classica è tra motori in corrente continua (CC) e in corrente alternata (CA).
Tuttavia non è una classificazione estremamente precisa, poiché esistono motori costruttivamente simili ai CC che possono essere alimentati anche in CA, chiamati motori universali.
Diverse distinzioni si possono fare in base ad altri riferimenti: per esempio, la distinzione tra motori sincroni (nei quali la frequenza di alimentazione è pari o un multiplo della frequenza di rotazione) e asincroni (in cui le due frequenze sono indipendenti); pertanto di solito le categorie in cui si classifica il motore elettrico sono motore asincrono, motore sincrono o motore in corrente continua.

Funzionamento tecnico
Il motore elettrico, così come l'alternatore è composto da:

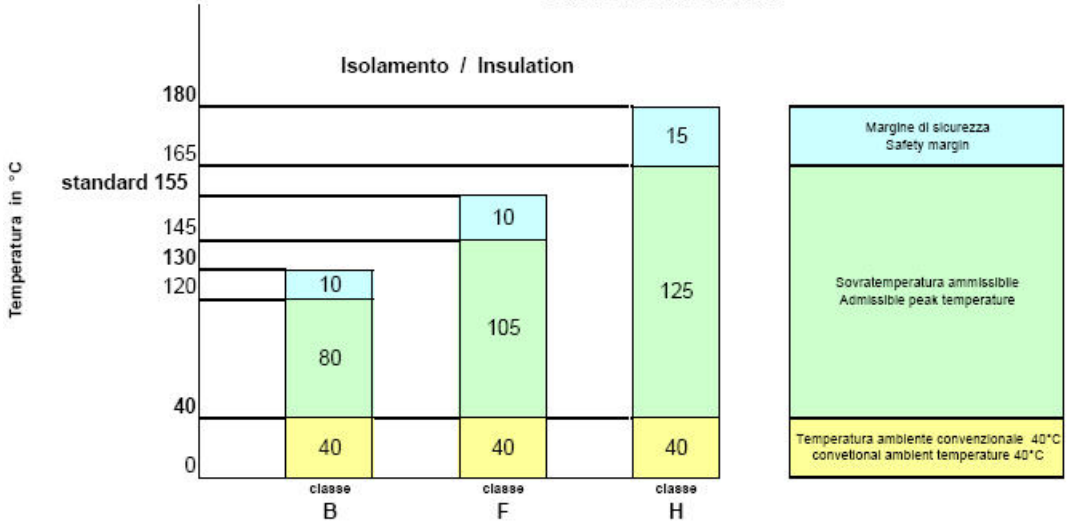
- Statore
- Rotore

Questi componenti generano un campo magnetico, in alcuni casi anche grazie all'uso di magneti.
Un motore elettrico è costituito da un circuito posizionato su un'armatura metallica, che può ruotare (rotore) all'interno di un campo magnetico prodotto da magneti (statore). Quando il circuito si chiude, si genera un campo magnetico che, interagendo con quello proprio dei magneti, fa ruotare l'armatura. Il 70% dei motori elettrici attualmente in esercizio è del tipo asincrono trifase, o a induzione.
L'avvolgimento sullo statore è alimentato direttamente dalla linea a corrente alternata, con tensione che può arrivare fino a 10.000 V; il rotore è sede di correnti indotte nel campo magnetico rotante dello statore. La coppia dovuta alle azioni tra campo dello statore e correnti del rotore determina l'avviamento del rotore. È utilizzato per molte applicazioni nell'industria, nei trasporti (ferrovia, metropolitana e tram), nelle apparecchiature domestiche ecc.

Classi d'isolamento dei motori:
riferite ad una temperatura ambiente di 40 °C.

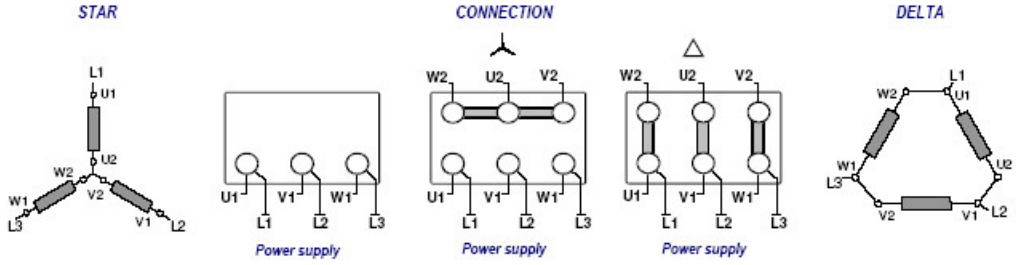
- Classe E: Tmax=75°C + 5°C
- Classe B: Tmax=80°C + 10°C
- Classe F: Tmax=105°C+ 10°C
- Classe H: Tmax=125°C + 15°C

CLASSE DI ISOLAMENTO TERMICO
INSULATION CLASS



classe di isolamento insulation class	temperatura massima ammissibile per classe di isolamento in °C max temperature allowed for insulation class in °C
B	130
F	155
H	180

Schema di collegamento:



Calcolo della corrente:

- corrente continua: I = P/V*n
- corrente alternata monofase: I = P/(V*cosfi*n)
- corrente alternata trifase: I = P/(1,732*V*cosfi*n)

Dove:
I = corrente in A (Ampere)
P = potenza in W (Watt)
n = rendimento motore (es. 0,87 = 87%)
V = tensione in V (Volt)
esempio: motore trifase 1kW a 400V cosfi=0,75 n=0,85
I = 1000/(1,732*400*0,75*0,85) = 2,26A

Relazione tra cavalli e kW:

CV	HP	KW	Kgm/s
1	0,9863	0,7355	75
1,0139	1	0,7457	76,05
1,360	1,341	1	101,98

Manuali e documentazioni varie:

- Calcolo del dimensionamento dei motori elettrici >link<
- Motore Trifase 400v: Come Collegarlo A 230v Monofase? >link<
- Avviamento Stella-Triangolo di un motore asincrono trifase >link<
- Avviamento stella/triangolo fatta con il Logo della Siemens >link<
- Dimensionamento dei resistori di frenatura per motori elettrici >link<
- Dimensionamento dei motori passo – passo >link<
- Corso pratico sugli azionamenti elettrici >link<
- Principi di regolazione della Potenza in corrente alternata >link<

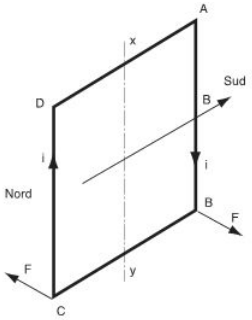
LInk a siti esterni:
Forum italiano su Motori, Inverter, Azionamenti, Robot ed altro sull'automazione industriale: PLC Forum

L'inventore:
L'orgoglioso inventore del motore elettrico Insolita figura di tecnologo - pedagogo, l'inventore del motore elettrico a corrente alternata, Galileo Ferraris, scomparso nel febbraio di cento anni fa, rappresento' una singolarita' autentica in un mondo in cui tutti, a partire dal mitico Alva Edison, badavano soprattutto al sodo e al soldo. Docente di fisica tecnica al Regio Museo Industriale di Torino, rappresento' il governo italiano in diverse mostre ed esposizioni internazionali, che accompagnarono l'impetuoso sviluppo dell'industria elettrica.
Alla mostra sull'elettricita' di Torino del 1883 da lui stesso presieduta, vide nella sezione internazionale il primo modello di trasformatore, appena inventato da un chimico francese.
Due anni dopo, nel 1885, Ferraris presento' alla Reale Accademia delle Scienze di Torino un poderoso studio teorico e pratico sul trasformatore, dimostrandone l'importanza per il trasporto a distanza dell'energia elettrica.
Il tutto naturalmente gratis.
Nell'agosto - settembre del 1885 costrui' il primo modello di motore elettrico a corrente alternata.
Rappresentava l'elemento mancante nella produzione di sistemi a corrente alternata.
All'epoca non erano ancora chiari i vantaggi della corrente alternata nella produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.
Era in atto una disputa fra due partiti, quello della corrente continua ed appunto quello della corrente alternata, e la discussione non aveva carattere puramente ideologico.
Idealista convinto delle virtu' di una tecnologia senza segreti, Ferraris discusse apertamente il principio teorico, che stava alla base del suo modello, quello del campo magnetico rotante.
Fece anche dimostrazioni pubbliche dei suoi primi modelli, che mostro' a tutti.
Non chiese brevetti, perche' il suo orgoglio personale si accontentava della pura scoperta.
Apprezzava del suo motore elettrico non l'importanza industriale ma quella scientifica.
Aveva cioe' un atteggiamento mentale e pratico opposto a quello di Guglielmo Marconi.
Il modello originale del motore di Ferraris, detto a gabbia di scoiattolo, e' tuttora conservato presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris di Torino, che da decenni fornisce l'orario alla Rai.
Proprio quel tipo di motore e' ancora oggi responsabile della conversione di energia elettrica in un energia meccanica negli impianti odierni.
Ferraris annuncio' la sua scoperta alla Reale Accademia delle Scienze di Torino il 18 marzo 1888. Presto scoppiarono dispute di priorita' a proposito del concetto di campo rotante.
Fra il 1895 ed il 1900 furono discusse svariate cause in tribunali della Germania e degli Usa.
Venne stabilito che Ferraris aveva anticipato tutti gli altri con l'enunciazione del principio, mentre l'ingegnere croato Nikola Tesla l'aveva preceduto nell'applicare il principio al progetto di un motore.

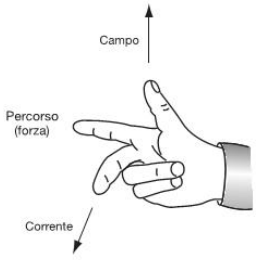
Principio di funzionamento dei motori asincroni trifase

Principio di funzionamento:
Il principio di funzionamento di un motore asincrono si basa sulla creazione di una corrente indotta in un conduttore quando questo interrompe le linee di forza di un campo magnetico;
da qui deriva il nome di "motore a induzione".

L'azione combinata di questa corrente indotta e del campo magnetico crea una forza motrice sul rotore del motore.
Supponiamo una spira ABCD in corto-circuito, situata in un campo magnetico B, e mobile intorno ad un asse xy.
Se ad esempio facciamo ruotare il campo magnetico in senso orario, la spira viene sottoposta ad un flusso variabile e diventa sede di una forza elettromotrice indotta che genera una corrente indotta i (legge di
Faraday).
Secondo la legge di Lenz, il senso della corrente è tale da opporsi per la sua azione elettromagnetica alla causa che lo ha generato. Ciascuno dei due conduttori è quindi sottoposto ad una forza F di Laplace (di Lorentz, per gli anglosassoni), di senso opposto al suo spostamento relativo rispetto al campo induttore.



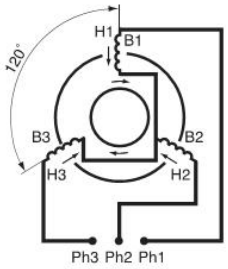
Creazione di una corrente indotta in una spira in cortocircuito



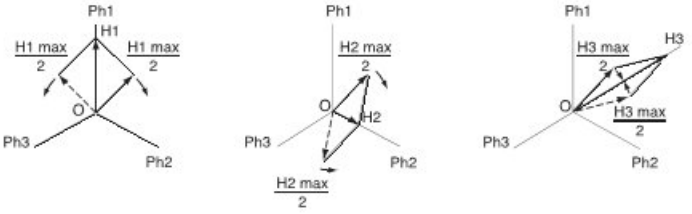
La regola delle tre dita della mano destra per trovare la direzione della forza

La regola delle tre dita della mano destra (azione del campo su una corrente, consente di definire facilmente il senso della forza F applicata a ogni conduttore.
Il pollice è posizionato nel senso del campo dell'induttore.
L'indice indica il senso della forza.
Il medio è posizionato nel senso della corrente indotta.
La spira è quindi sottoposta ad una coppia che provoca la sua rotazione nello stesso senso del campo induttore, detto campo rotante.
La spira inizia a ruotare e la coppia elettromotrice prodotta equilibra la coppia resistente.

Creazione del campo rotante:



Tre avvolgimenti, geometricamenti scalati di 120°, vengono alimentati ciascuno da una delle fasi di una rete trifase alternata.
Gli avvolgimenti sono percorsi da correnti alternate che presentano lo stesso sfasamento elettrico e che producono ciascuno un campo magnetico alternato sinusoidale.
Questo campo, sempre diretto in base allo stesso asse, è massimo quando la corrente nell'avvolgimento è massima.



Il campo generato da ogni avvolgimento è la risultante di due campi che girano in senso inverso e aventi ognuno come valore costante la metà del valore del campo massimo. Ad un istante t1 qualunque del periodo, i campi prodotti da ciascun avvolgimento possono venire rappresentati come segue:

- il campo H1 diminuisce. I due campi che lo costituiscono tendono ad allontanarsi dall'asse OH1,
- il campo H2 aumenta. I due campi che lo costituiscono tendono ad avvicinarsi all'asse OH2,
- il campo H3 aumenta. I due campi che lo costituiscono tendono ad avvicinarsi all'asse OH3.

Il flusso corrispondente alla fase 3 è negativo. Il campo è quindi diretto nel senso opposto alla bobina.
Sovrapponendo i tre diagrammi, constatiamo che:

- i tre campi che ruotano in senso antiorario sono spostati di 120° e si annullano,
- i tre campi che ruotano in senso orario si sovrappongono.
  Questi campi si uniscono per formare il campo rotante di ampiezza costante 3Hmax/2. È un campo a coppia di poli,
- questo campo effettua un giro durante un ciclo della corrente d'alimentazione. La sua velocità dipende dalla frequenza della rete (f) e dal numero di coppie di poli (p)e viene chiamata "velocità di sincronismo".

Scorrimento:
La coppia motore esiste solo se una corrente indotta circola nella spira.
Questa coppia è determinata dalla corrente che circola nella spira e che può essere presente solo se esiste una variazione di flusso nella spira.
Quindi è necessario che ci sia una differenza di velocità tra la spira e il campo rotante.
È il motivo per cui un motore elettrico che funziona in base al principio appena descritto viene chiamato "motore asincrono".
La differenza tra la velocità di sincronismo (Ns) e quella della spira (N) è detta "scorrimento" (g) e si esprime in % della velocità di sincronismo.
g = [(Ns - N) / Ns] x 100
In funzionamento, la frequenza della corrente rotorica si ottiene moltiplicando la frequenza di alimentazione per lo scorrimento.

All'avviamento la frequenza della corrente rotorica è quindi massima e pari a quella della corrente statorica. La frequenza della corrente statorica diminuisce progressivamente nel corso della messa in fase del motore.
Lo scorrimento in regime stabilito varia in base al carico del motore e in base al livello della tensione d'alimentazione applicato.
Sarà minore quanto più il motore sarà a carico ridotto ed amumenterà se il motore sarà alimentato al di sotto della tensione nominale corrispondente alla frequenza d'alimentazione

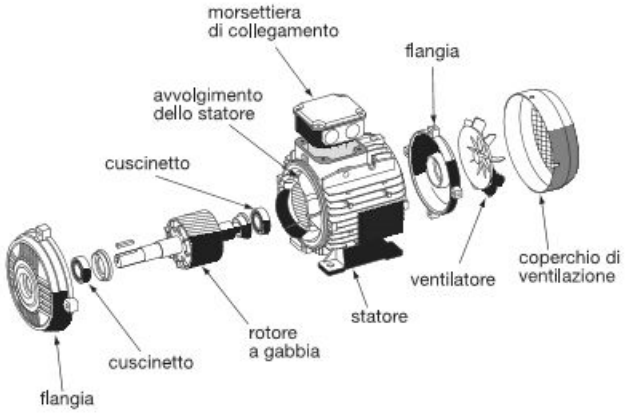
Velocità di sincronismo:
La velocità di sincronismo dei motori asincroni trifase è proporzionale alla frequenza della corrente d'alimentazione e inversamente proporzionale al numero di coppie di poli che compongono lo statore.
Ad esempio: Ns = 60 f/p
Con:Ns: velocità di sincronismo in gr/min,
f: frequenza in Hz,
p: numero di coppie di poli.
Per le frequenze industriali di 50Hz e 60Hz e per la frequenza di 100Hz, le velocità di rotazione del campo rotante, o velocità di sincronismo, in funzione del numero di poli, sono indicate nella tabella a lato.
Questo non significa che sia sempre possibile aumentare la velocità di un motore asincrono alimentandolo con una frequenza superiore a quella per la quale è previsto, anche se la tensione è adatta.
Conviene in effetti verificare se le caratteristiche meccaniche ed elettriche proprie del motore lo consentono.
Come già detto, tenuto conto dello scorrimento, le velocità di rotazione a carico dei motori asincroni sono leggermente inferiori alle velocità di sincronismo indicate nella tabella.

Numero di poli	Velocità di rotazione in gr/mn		
	50 Hz	60 Hz	100 Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000
16	375	540	750

Composizione:
Un motore asincrono trifase a gabbia è composto da due parti principali:
un induttore o statore e un indotto o rotore.
Lo statore:
È la parte fissa del motore. Un'armatura in ghisa o in lega leggera racchiude una corona di lamierini sottili (dell'ordine di 0,5 mm di spessore) in acciaio al silicio.
I lamierini vengono isolati tra loro mediante ossidazione o con vernice isolante.
La "composizione lamellare" del circuito magnetico riduce le perdite mediante isteresi e mediante correnti di Foucault.
I lamierini sono dotati di incastri nei quali vengono posizionati gli avvolgimenti dello statore destinati a produrre il campo rotante (tre avvolgimenti nel caso di un motore trifase).
Ogni avvolgimento è composto da diverse bobine. Il modo di accoppiamento di queste bobine tra loro definisce il numero di coppie di poli del motore e quindi la velocità di rotazione.
Il rotore:
È la parte mobile del motore. Come il circuito magnetico dello statore, è costituito da un impilaggio di lamierini sottili isolati tra loro e che formano un cilindro inchiavettato sull'albero del motore.
A seconda della tecnologia del rotore è possibile distinguere due tipi di motori asincroni: quelli il cui rotore è detto "a gabbia", e quelli il cui rotore bobinato è detto "ad anelli".

I diversi tipi di rotore:

Il rotore a gabbia:

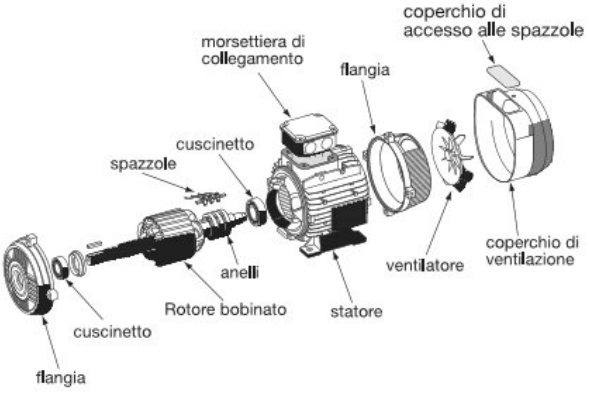


Esistono diversi tipi di rotore a gabbia, tutti progettati come l'esempio illustrato a lato.
I diversi tipi di rotore a gabbia, dal meno diffuso al più comunemente utilizzato sono:
- Rotore a gabbia resistente
Il rotore resistente è molto diffuso soprattutto in gabbia singola (vedere più avanti la definizione di motore a gabbia singola). Di solito la gabbia è racchiusa tra due anelli in inox resistente (lega particolare, sezione ridotta, ecc...).
Questi motori presentanto un forte scorrimento alla coppia nominale.
La coppia di avviamento è elevata e la corrente di avviamento è debole.
A causa delle perdite nel rotore, il loro rendimento non è buono.
Questi motori vengono generalmente utilizzati in applicazioni per le quali è importante avere uno scorrimento, ad esempio per regolare la velocità in funzione della coppia:
- caso di più motori collegati meccanicamente sui quali deve essere ripartito il carico, quali treni di laminazione a rulli, azionamento gru di sollevamento,
- funzione avvolgitore-svolgitore con motori a coppia Alquist previsti a tale scopo,
- necessità di una forte coppia di avviamento con una corrente di spunto limitata (paranchi o nastri trasportatori).
Consentono la variazione di velocità tramite modifica della sola tensione, ma questa applicazione tende a scomparire a vantaggio dei convertitori di frequenza.
La maggior parte dei motori sono autoventilati, anche se alcuni motori con rotore a gabbia resistente sono motoventilati (motorizzazione separata dal ventilatore).
- Rotore a gabbia singola
Nei fori o negli incastri disposti sulla parte esterna del rotore (cilindro costituito da lamiere impilate) sono posizionati alcuni conduttori collegati ad ogni estremità da una corona metallica e sui quali si esercita la coppia motore generata dal campo rotante.
Perchè la coppia sia regolare i conduttori vengono leggermente inclinati rispetto all'asse del motore.
L'insieme ha l'aspetto di una gabbia di scoiattolo, da cui deriva il nome di questo tipo di rotore.
La gabbia di scoiattolo è generalmente costituita da un unico pezzo (soltanto i motori molto grandi vengono realizzati utilizzando dei conduttori inseriti negli incastri).

L'alluminio viene iniettato sotto pressione e le alette di raffreddamento, colate durante la stessa operazione, garantiscono la messa in cortocircuito dei conduttori dello statore.
Questi motori hanno una coppia di avviamento relativamente bassa e la corrente consumata alla messa sotto tensione è notevolmente superiore alla corrente nominale.
I motori asincroni motoventilati a forte scorrimento vengono utilizzati nella variazione di velocità; la loro corrente al bloccaggio è vicina alla corrente nominale.
La loro caratteristica coppia/velocità è importante.
Con un'alimentazione variabile, è possibile adattare questa caratteristica e regolare la coppia motore in funzione della trazione desiderata.
D'altro canto hanno uno scorrimento debole alla coppia nominale e vengono utilizzati principalmente in forte potenza per migliorare il rendimento delle installazioni su pompe e ventilatori.
Vengono anche associati a convertitori di frequenza a velocità variabile risolvendo perfettamente i problemi di coppia e di corrente di avviamento.
- Rotore a gabbia doppia
È composto da due gabbie concentriche, una esterna con maggiore valore resistivo e una sezione minore; l'altra interna, di resistenza minore e con una sezione maggiore
- All'inizio dell'avviamento, dal momento che le correnti rotoriche hanno una frequenza elevata, l'effetto pelle risultante fa sì che tutta la corrente rotorica circoli alla periferia del rotore e quindi in una sezione
ridotta dei conduttori. La coppia prodotta dalla gabbia esterna resistente è elevata e lo spunto di corrente ridotto.
- A fine avviamento la frequenza nel rotore diminuisce, il passaggio del flusso attraverso la gabbia interna risulta più facile. Il motore si comporta quindi come se fosse composto da una sola gabbia poco resistente. In regime stabilito, la velocità è solo leggermente inferiore a quella del motore a gabbia singola.
• Rotore a incastri profondi
È la realizzazione standard. I conduttori sono saldati negli incastri del rotore che hanno una forma trapezoidale con il lato corto del trapezio all'esterno del rotore.
Il funzionamento è analogo a quello del motore a gabbia doppia e l'intensità della corrente del rotore varia in modo inversamente proporzionale alla sua frequenza.
Quindi:
- All'inizio dell'avviamento la coppia è elevata e lo spunto di corrente ridotto.
- In regime stabilito la velocità è sostanzialmente quella del motore a gabbia singola.

Il rotore bobinato (rotore ad anelli)

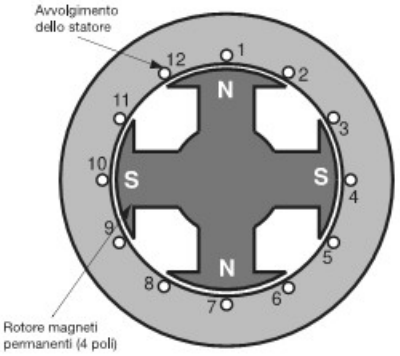
Negli incastri all'estremità del rotore sono posizionati degli avvolgimenti uguali a quelli dello statore.
Il rotore è generalmente trifase. Un'estremità di ciascun avvolgimento è collegata a un punto comune (accoppiamento stella).
Le estremità libere possono essere collegate su un'interfaccia centrifuga o su tre anelli in rame, isolati e integrati al rotore.
Sugli anelli scorrono delle spazzole in grafite collegate al dispositivo di avviamento.
In funzione del valore delle resistenze inserite nel circuito rotorico, questo tipo di motore può sviluppare una coppia di avviamento che raggiunge fino a 2,5 volte la coppia nominale.
La corrente all'avviamento è sensibilmente proporzionale alla coppia sviluppata sull'albero motore.
Questa soluzione viene sempre meno utilizzata, a vantaggio delle soluzioni elettroniche, associate ad un motore a gabbia standard.
Queste consentono infatti di risolvere i problemi di manutenzione (sostituzione delle spazzole d'alimentazione del rotore, manutenzione delle resistenze di regolazione), di ridurre l'energia dissipata nelle resistenze e anche di migliorare notevolmente il rendimento dell'installazione.



Tipi di motori

I motori sincroni a rotore magnetizzato

Composizione:
Il motore sincrono è costituito, come il motore asincrono, da uno statore e da un rotore separati dal traferro.
Si differenzia dal motore asincrono per il fatto che il flusso nel traferro non è dovuto ad una componente della
corrente dello stastore.
È creato da magneti o dalla corrente indotta, fornita da un'alimentazione a corrente continua esterna, che alimenta un avvolgimento posizionato nel rotore.



- Lo statore

Lo statore comprende una carcassa e un circuito magnetico solitamente costituiti da lamiere di acciaio al silicio e da un avvolgimento trifase analogo a quello di un motore asincrono, alimentato in corrente alternata trifase per produrre un campo rotante.

- Il rotore

Il rotore presentadei magneti o delle bobine di eccitazione attraversati da una corrente continua che creano dei poli Nord e Sud intercalati. Il rotore, a differenza delle macchine asincrone, gira senza scorrimento alla velocità del campo rotante.
Sono quindi disponibili due tipi diversi di motori sincroni: i motori a magneti e i motori a rotore bobinato.
- Per i primi il rotore del motore è dotato di magneti permanenti solitamente in terra cruda per ottenere un campo elevato in un volume ridotto. Lo statore comprende degli avvolgimenti trifase.
Questi motori accettano correnti di sovraccarico importanti per effettuare accelerazioni molto rapide. Sono sempre associati ad un variatore di velocità; questi insiemi moto-variatori sono destinati a mercati specifici
come quelli dei robot o delle macchine utensili per i quali sono fondamentali il volume ridotto, le accelerazioni e la banda passante.
- L'altro tipo di motori sincroni sono a rotore bobinato,
L'avvolgimento del rotore è accessibile tramite anelli e pattini, ma vi sono altri dispositivi come ad esempio i diodi rotanti.
Queste macchine sono reversibili e possono funzionare come generatori (alternatori) o motori. Per molto tempo queste macchine sono state utilizzate soprattutto con funzione di alternatori. Il loro utilizzo come motore era confinato alle applicazioni che richiedevano l'azionamento dei carichi a velocità fissa, a scapito delle variazioni relativamente importanti della coppia resistente.
La capacità delle macchine sincrone di fornire potenza reattiva e lo sviluppo dei convertitori di frequenza diretti (del tipo ciclo-convertitore) o indiretti funzionanti in commutazione naturale, ha permesso di realizzare
degli azionatori elettrici a velocità variabile performanti, affidabili e particolarmente competitivi quando la potenza supera il megawatt.
Anche se è possibile trovare motori sincroni utilizzati nel settore industriale nella gamma di potenza da 150 kW a 5 MW, gli azionatori elettrici con motori sincroni si sono imposti soprattutto oltre i 5 MW, nella
maggior parte dei casi in associazione ai variatori di velocità.
Caratteristiche di funzionamento:
La coppia motore della macchina sincrona è proporzionale alla tensione alle sue estremità, mentre quella della macchina asincrona è proporzionale al quadrato di questa tensione.
Contrariamente al motore asincrono, il motore sincrono può lavorare con un fattore di potenza pari all'unità o molto vicino a questa.
Il motore sincrono, rispetto al motore asincrono, beneficia quindi di un certo numero di vantaggi particolari per quanto riguarda l'alimentazione tramite rete a tensione e frequenza costanti:
- la velocità del motore è costante, con qualsiasi carico,
- può fornire potenza reattiva e consentire il miglioramento del fattore di potenza di una linea,
- può supportare, senza sganciare, cadute di tensione relativamente importanti (dell'ordine del 50 %).
Tuttavia, il motore sincrono alimentato direttamente dalla rete di distribuzione di energia a tensione e frequenza costanti presenta due inconvenienti:
- presenta difficoltà di avviamento se il motore non è associato ad un variatore di velocità; l'avviamento deve essere effettuato a vuoto, sia in caso di avviamento diretto per i piccoli motori, sia con motore che lo aziona ad una velocità vicina al sincronismo prima dell'accoppiamento diretto sulla rete,
- potrebbe sganciarei se la coppia resistente supera la sua coppia elettromagnetica massima e, in questo caso, sarà necessario ripetere l'intero processo di avviamento.

I motori lineari

La loro struttura è identica a quella dei motori rotanti di tipo sincrono.
Sono costituiti da uno statore (piastra) e da un rotore (asta di avanzamento) sviluppati in linea. Generalmente la piastra si sposta su una guida di scorrimento lungo un'asta di avanzamento.
Questo tipo di motore non ha elementi cinematici intermedi per la trasformazione del movimento e garantisce quindi assenza di gioco e di usura meccanica.

I motori asincroni sincronizzati

Sono motori a induzione. Durante la fase di avviamento, il motore funziona in modo asincrono e quando ha raggiunto una velocità vicina al sincronismo, passa in modo sincrono.
Se il carico meccanico è elevato il motore non può girare in modo sincrono e il funzionamento torna in modo asincrono.
Questa particolarità è dovuta alla costruzione speciale del rotore generalmente per motori di bassa potenza.

I motori passo-passo

Il motore passo-passo è un motore che gira in funzione degli impulsi elettrici che alimentano gli avvolgimenti. In funzione dell'alimentazione elettrica, può essere:
- unipolare se gli avvolgimenti sono sempre alimentati nello stesso senso da un'unica tensione, da cui il nome di unipolare,
- bipolare se gli avvolgimenti sono alimentati sia in un senso che nell'altro. Creano di volta in volta un polo Nord e un polo Sud, da cui il nome di bipolare.

I motori passo-passo possono essere a riluttanza variabile, a magneti o una combinazione dei due.
L'angolo di rotazione minimo tra due modifiche degli impulsi elettrici si chiama "passo". Un motore è caratterizzato dal numero di passi per giro (ossia per 360°).
I valori correnti sono 48, 100 o 200 passi per giro. La rotazione del motore avviene quindi in modo discontinuo.
Per migliorare la risoluzione il numero di passi può essere aumentato in modo puramente elettronico (funzionamento in micro passi).
Questa soluzione viene descritta in dettaglio nel capitolo dedicato alla variazione di velocità.
Facendo variare la corrente nelle bobine, si crea un campo risultante che scorre da un passo all'altro provocando la riduzione effettiva del passo.
Alcuni circuiti per micro passi moltiplicano per 500 il numero di passi di un motore che diventerà, ad esempio, da 200 a 100000 passi.
L'elettronica consente di comandare la cronologia di questi impulsi e di conteggiarne il numero. I motori passo-passo e il loro circuito di comando consentono quindi la rotazione di un asse in modo molto preciso per quanto riguarda velocità e ampiezza.
Il loro funzionamento è quindi simile a quello di un motore sincrono quando l'albero è in rotazione continua; questo corrisponde a dei limiti specifici di frequenza, di coppia e d'inerzia del carico azionato.
Se questi limiti vengono superati, il motore sgancia e quindi si arresta.
Un posizionamento angolare preciso è possibile senza anello di misura.
Questi motori, generalmente di potenza al di sotto del kW, sono, per i piccoli modelli, alimentati a bassa tensione. Nel settore industriale vengono utilizzati per applicazioni di posizionamento, quali la regolazione di limitatori di posizione per taglio in lunghezza, comando valvole, dispositivi ottici o di misura, caricamento/scaricamento presse o macchine utensili, ecc...
La semplicità di questa soluzione la rende particolarmente economica (nessun anello di reazione). I motori passo-passo a magneti presentano anche il vantaggio di una coppia all'arresto in assenza di alimentazione.
Per garantire un comando efficace è tuttavia necessario che la parte elettronica conosca e acquisisca la posizione iniziale del corpo mobile.

I motori a corrente continua

I motori a corrente continua ad eccitazione separata sono ancora utilizzati per l'azionamento delle macchine a velocità variabile, nonostante la grande concorrenza dei motori asincroni associati a convertitori di frequenza.
Molto facili da miniaturizzare, si impongono nelle potenze molto basse e nelle basse tensioni. Si prestano anche molto bene, fino a potenze rilevanti (diversi megawatt), alla variazione di velocità con tecnologie elettroniche semplici e poco onerose per prestazioni elevate (gamma di variazione correntemente utilizzata da 1 a 100).
Le loro caratteristiche consentono anche una regolazione precisa della coppia, in motore o in generatore. La loro velocità di rotazione nominale, non collegata alla frequenza della rete, si adatta facilmente a tutte le applicazioni.
Sono tuttavia meno robusti e più costosi dei motori asincroni e richiedono una manutenzione regolare del collettore e delle spazzole.

Composizione:

Un motore a corrente continua è composto dai seguenti elementi:
- L'induttore o statore

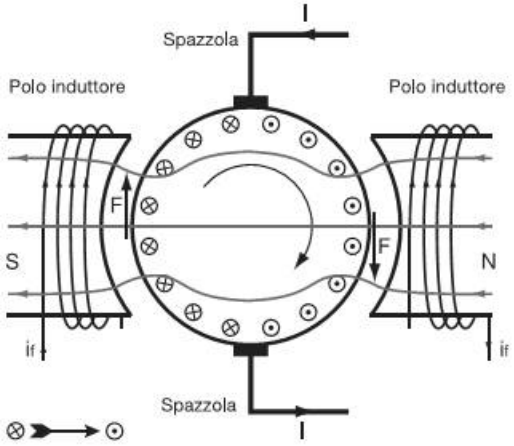
È un elemento di circuito magnetico immobile sul quale, per produrre un campo magnetico, è bobinato un avvolgimento. L'elettromagnete così realizzato presenta tra i poli una cavità cilindrica. L'avvolgimento statorico può essere sostituito da magneti permanenti; questo vale in generale per i motori di bassa potenza.
- L'indotto o rotore

È un cilindro in lamiere magnetiche isolate tra loro e perpendicolari all'asse del cilindro. L'indotto si muove intorno al suo asse ed è separato dall'induttore mediante un intraferro. Intorno, sono regolarmente ripartiti alcuni conduttori.
- Il collettore e le spazzole

Il collettore è parte integrante dell'indotto, le spazzole sono fisse.
I conduttori dell'indotto sono alimentati da questo dispositivo.

Principio di funzionamento:

Quando l'induttore è alimentato crea un campo magnetico (flusso di eccitazione) nel traferro, diretto in base ai raggi dell'indotto.
Questo campo magnetico "entra" nell'indotto dal lato del polo Nord dell'induttore ed "esce" dall'indotto dal lato del polo Sud dell'induttore.



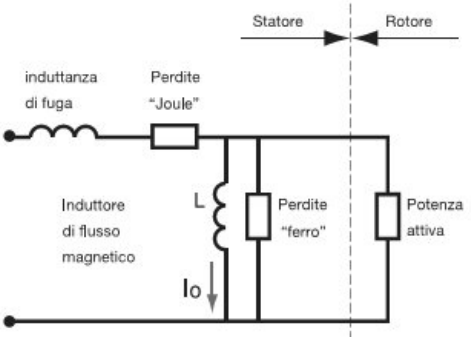
Quando l'indotto è alimentato i suoi conduttori, posizionati sotto lo stesso polo induttore (dallo stesso lato delle spazzole), vengono percorsi da correnti di senso uguale e quindi, secondo la legge di Laplace, sono sottoposti ad una forza. I conduttori posizionati sotto l'altro polo sono sottoposti ad una forza della stessa intensità e di senso opposto. Le due forze creano una coppia che fa ruotare l'indotto del motore.
Quando l'indotto del motore è alimentato a tensione continua o raddrizzata U e il rotore è in rotazione, si produce una forza contro-elettromotrice E il cui valore è
$E = U - RI$.
RI rappresenta la caduta di tensione ohmica nell'indotto.
La forza contro-elettromotrice E è collegata alla velocità e all'eccitazione dalla relazione
$E = k\,\omega\varphi$
ove:
- k è una costante propria del motore,
- w la velocità angolare,
- φ, il flusso.

Questo rapporto mostra che a eccitazione costante, la forza contro-elettromotrice E, proporzionale ω, è un'immagine della velocità.
La coppia è collegata al flusso induttore e alla corrente nell'indotto dalla relazione:
$C = k\,\varphi\,I$

Riducendo il flusso, la coppia diminuisce.
Due metodi consentono di far crescere la velocità:
- aumentare la forza contro-elettromotrice E, quindi la tensione d'alimentazione a eccitazione costante: si tratta del funzionamento detto "a coppia costante",
- diminuire il flusso di eccitazione, quindi la corrente di eccitazione, mantenendo costante la tensione d'alimentazione: si tratta del funzionamento detto in regime "deflussato" o "a potenza costante".
Questo funzionamento impone che la coppia diminuisca con l'aumento della velocità.
D'altra parte, per rapporti di deflussaggio elevati, questo funzionamento richiede motori specifici (adatti meccanicamente o elettricamente) per evitare problemi di commutazione.
Il funzionamento di un motore a corrente continua è reversibile:
- se il carico si oppone al movimento di rotazione (carico detto resistente), l'apparecchio fornisce una coppia e funziona come motore,
- se il carico è tale da far ruotare l'apparecchio (carico azionante) o si oppone al rallentamento (fase di arresto di un carico che presenta una certa inerzia), l'apparecchio fornisce energia elettrica e funziona come generatore.

Motori asincroni trifase a gabbia

Conseguenze di una variazione di tensione
• Effetto sulla corrente di avviamento
La corrente di avviamento varia con la tensione d'alimentazione.
Se quest'ultima è più elevata durante la fase di avviamento, la corrente consumata al momento della messa sotto tensione aumenta.
Questo aumento di corrente sarà aggravato dalla saturazione della macchina.
• Effetto sulla velocità
In caso di variazioni di tensione, la velocità di sincronismo non viene modificata. Su un motore in carico, tuttavia, un aumento della tensione genera una leggera diminuzione dello scorrimento. Concretamente, questa proprietà non è utilizzabile poiché, per la saturazione del circuito magnetico dello statore, la corrente consumata aumenta notevolmente e potrebbe verificarsi un riscaldamento anormale della macchina, anche su un funzionamento a basso carico. In compenso, se la tensione di alimentazione diminuisce,lo scorrimento aumenta e, per fornire la coppia, la corrente consumata aumenta, con il rischio di riscaldamento che ne risulta.
D'altra parte, poiché la coppia massima diminuisce come il quadrato della tensione, potrebbe verificarsi uno sgancio in caso di notevole diminuzione della tensione.
Conseguenze di una variazione di frequenza
• Effetto sulla coppia
Come in tutte le macchine elettriche, la coppia del motore asincrono è data da $C = K I \varphi$
(K = coefficiente costante dipendente dalla macchina).
Nello schema equivalente del disegno , l'avvolgimento L è quello che produce il flusso e Io è la corrente di magnetizzazione. Si osserverà che lo schema equivalente di un motore asincrono è identico a quello di un trasformatore ed entrambi gli apparecchi sono caratterizzati dalle stesse equazioni.
Come prima approssimazione, trascurando la resistenza davanti all'induttanza di magnetizzazione (ossia per frequenze di qualche Hertz) la corrente Io verrà espressa con: $Io = U / 2\pi L f$ e il flusso verrà espresso con: $\varphi = k Io$
La coppia della macchine verrà quindi espressa con:
$C = K k Io I$. Io e I sono le correnti nominali per le quali il motore è calibrato.



Per non superare i limiti, è necessario mantenere Io al suo valore nominale; questo è possibile soltanto se il rapporto U/f rimane costante.
Di conseguenza è possibile ottenere la coppia e le correnti nominali fino a quando la tensione d'alimentazione U potrà essere regolata in funzione della frequenza.
Quando questa regolazione non sarà più possibile, la frequenza potrà essere sempre aumentata, ma la corrente Io e la coppia utile diminuiranno, poiché non è possibile superare in modo continuativo la corrente nominale della macchina senza rischi di riscaldamento.
Per ottenere un funzionamento a coppia costante con qualunque velocità è necessario mantenere il rapporto U/f costante; questo è possibile con un convertitore di frequenza.
• Effetto sulla velocità
La velocità di rotazione di un motore asincrono è proporzionale alla frequenza della tensione di alimentazione. Questa proprietà viene spesso utilizzata per far funzionare a velocità elevata motori progettati a tale scopo, ad esempio a 400 Hz (rettificatrici, apparecchiature mediche o chirurgiche, ecc...). È inoltre possibile ottenere una velocità variabile mediante regolazione della frequenza, ad esempio da 6 a 50 Hz (rulli trasportatori, apparecchi di sollevamento, ecc...).
Regolazione di velocità dei motori asincroni trifase
Per lungo tempo le possibilità di regolazione della velocità dei motori asincroni sono state molto ridotte. La maggior parte delle volte i motori a gabbia venivano utilizzati alla loro velocità nominale.
Praticamente solo i motori ad accoppiamento di poli o ad avvolgimenti separati, ancora oggi frequentemente utilizzati, consentivano di disporre di più velocità fisse.
Con i convertitori di frequenza, i motori a gabbia sono oggi correntemente comandati a velocità variabile e possono essere anche utilizzati in applicazioni fino ad ora riservate ai motori a corrente continua.
Motori ad accoppiamento di poli
Come abbiamo visto in precedenza, la velocità di un motore a gabbia dipende dalla frequenza della rete di alimentazione e dal numero di coppie di poli. È quindi possibile ottenere un motore a due o più velocità creando nello statore delle combinazioni di bobinature corrispondenti a numeri di poli diversi.
Questo tipo di motore consente solo rapporti di velocità 1 a 2 (4 e 8 poli, 6 e 12 poli, ecc.). Comprende sei morsetti.
Per una delle velocità, la rete è collegata sui tre morsetti corrispondenti.
Per la seconda, questi sono collegati tra di loro e la rete è collegata sugli altri tre morsetti.
La maggior parte delle volte l'avviamento, sia ad alta che bassa velocità, viene effettuato mediante accoppiamento alla rete senza utilizzare dispositivi particolari (avviamento diretto).
In alcuni casi, se le condizioni d'impiego lo richiedono e se il motore lo consente, il dispositivo di avviamento realizza automaticamente il passaggio a bassa velocità prima di inserire l'alta velocità o prima dell'arresto.
In base alle correnti assorbite negli accoppiamenti Bassa Velocità (-BV-) o Alta Velocità (-AV-), la protezione può essere realizzata con lo

stesso relè termico per entrambe le velocità o con due relè (uno per ogni velocità).
Solitamente questi motori hanno un rendimento basso e un fattore di potenza abbastanza ridotto.

Motori con avvolgimenti statorici separati

Questo tipo di motore, che comprende due avvolgimenti statorici elettricamente indipendenti, consente di ottenere due velocità in un rapporto qualsiasi. Poichè gli avvolgimenti BV devono sopportare i limiti
meccanici ed elettrici che risultano dal funzionamento del motore in AV, le loro caratteristiche elettriche spesso ne risentono. Talvolta un motore funzionante a BV consuma una corrente più elevata che in AV.
È anche possibile realizzare motori a tre o quattro velocità procedendo all'accoppiamento dei poli su uno degli avvolgimenti dello statore o su entrambi. Questa soluzione richiede prese supplementari sulle bobinature.

Motori ad anelli

Utilizzo della resistenza rotorica

La resistenza inserita all'esterno del circuito del rotore per questo tipo di motore consente di definirne:
- la coppia di avviamento,
- e la velocità.

In effetti, il collegamento di una resistenza permanente ai morsetti del rotore di un motore ad anelli riduce la sua velocità in modo direttamente proporzionale al crescere del suo valore. Si tratta di una soluzione semplice per far variare la velocità.

Regolazione di velocità mediante scorrimento

Le resistenze del rotore o resistenze "di scorrimento" possono essere messe in cortocircuito in più sezioni per ottenere una regolazione discontinua della velocità, o l'accelerazione progressiva e l'avviamento completo del motore. Devono essere in grado di sopportare la durata del funzionamento, soprattutto quando sono previste per far variare la velocità. Per questo il loro volume è talvolta notevole e il loro costo elevato.
Questo processo, estremamente semplice, viene utilizzato sempre meno poiché presenta due importanti inconvenienti:
- durante la marcia a velocità ridotta, una gran parte dell'energia sottratta alla rete viene dissipata in pura perdita nelle resistenze.
- la velocità ottenuta, non è indipendente dal carico, ma varia con la coppia resistente applicata dalla macchina sull'albero motore..

Per una data resitenza, lo scorrimento è proporzionale alla coppia.
Così, ad esempio, la diminuzione di velocità ottenuta da una resistenza può essere del 50% a pieno carico e del 25% soltanto a mezzo carico, mentre la velocità a vuoto resta praticamente invariata.
Se un conduttore controlla permanentemente la macchina, può, modificando su richiesta il valore della resistenza, fissare la velocità in una certa zona per le coppie relativamente elevate; tuttavia per le coppie
basse è praticamente impossibile qualsiasi regolazione. In effetti, se per ottenere un punto "bassa velocità a coppia bassa", esso inserisce una resistenza molto elevata, la minima variazione della coppia resistente fa
passare la velocità da zero a circa il 100 %. La caratteristica è troppo instabile.
Per macchine a variazione particolare della coppia resistente in base alla velocità, la regolazione può risultare impossibile.
Esempio di funzionamento in scorrimento. Per un carico variabile che applica al motore una coppia resistente di 0.8 Cn, si possono ottenere velocità diverse.
A coppia uguale, la velocità diminuisce quando la resistenza rotorica aumenta.

Altri sistemi di variazione di velocità

Il variatore di tensione

Questo dispositivo viene utilizzato esclusivamente per i motori asincroni di bassa potenza e richiede un motore a gabbia resistente.
La variazione di velocità si ottiene aumentando lo scorrimento del motore consecutivo alla diminuzione di tensione.
Il variatore di tensione è molto utilizzato nei sistemi di ventilazione, nelle pompe e nei compressori, applicazioni per le quali la sua caratteristica di coppia disponibile consente un funzionamento soddisfacente. Tuttavia questa soluzione viene man mano sostituita dai convertitori di frequenza che diventano sempre più competitivi.

Altri sistemi elettromeccanici

I sistemi elettromeccanici di regolazione di velocità, ricordati qui di seguito, vengono impiegati meno frequentemente dopo la diffusione dei variatori di velocità elettronici.
• Motori in alternata a collettore (Schrage)
Si tratta di motori speciali. La variazione di velocità si ottiene facendo variare, rispetto alla linea del neutro, la posizione delle spazzole sul collettore.
• Variatori a corrente di Foucault
È costituito da una barra collegata direttamente al motore asincrono che ruota a velocità costante e da un rotore con un avvolgimento alimentato da corrente continua.
Il movimento viene trasmesso all'albero di uscita mediante accoppiamento elettromagnetico. Regolando l'eccitazione di questo movimento è possibile regolare lo scorrimento dell'intero sistema.
Un generatore tachimetrico integrato consente di controllare la velocità in modo abbastanza preciso.
Un sistema di ventilazione forzato consente di eliminare le perdite prodotte dallo scorrimento. Questo principio è stato ampiamente utilizzato negli apparecchi di sollevamento e in particolare nelle gru di cantiere.
È per costruzione un sistema robusto senza elementi soggetti ad usura;
può essere adatto a sistemi di funzionamento intermittenti e potenze fino ad un centinaio di kW.
• Gruppo Ward Leonard
Questo dispositivo, un tempo molto diffuso, è l'antenato dei variatori di velocità per motori a corrente continua. È composto da un motore e da un generatore che alimenta un motore a corrente continua.
La variazione di velocità si ottiene regolando l'eccitazione del generatore.
Una bassa corrente di controllo consente di controllare potenze di diverse centinaia di kW in tutti i quadranti coppia velocità. Questo tipo di variatore è stato utilizzato sui laminatoi e sugli ascensori delle miniere.
Questa soluzione di variazione velocità era la più performante prima dell'avvento dei semi-conduttori che l'hanno resa obsoleta.

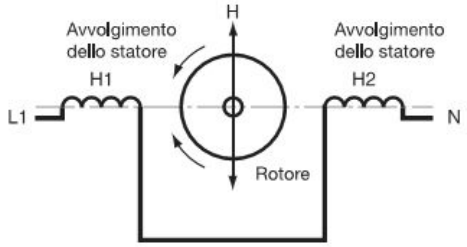
Variatori di velocità meccanici ed idraulici

I variatori meccanici ed idraulici sono sempre utilizzati.
Per quanto riguarda i variatori meccanici, sono state immaginate diverse soluzioni (pulegge. cinghie, sfere, coni, ecc.). Questi variatori presentano lo svantaggio di richiedere una manutenzione attenta ed accurata e si
prestano difficilmente agli asservimenti. Inoltre i convertitori di frequenza fanno loro una grande concorrenza.
I variatori idraulici sono sempre molto diffusi per applicazioni particolari.

Motore monofase con condensatore

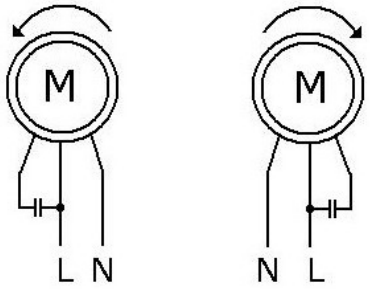
Il motore monofase, anche se meno utilizzato nell'industria rispetto al motore trifase, rappresenta una parte non trascurabile nelle applicazioni bassa potenza e nelle applicazioni del terziario che utilizzano
la rete monofase 230 V.

I motori monofase a gabbia:
A pari potenza, sono più voluminosi dei motori trifase.
Inoltre, il loro rendimento e il loro coseno ϕ sono molto più bassi che nel caso dei motori trifase e variano considerabilmente in base alla potenza da una parte e al costruttore dall'altra.
In Europa, il motore monofase è utilizzato relativamente poco nel settore industriale, mentre negli Stati Uniti i motori monofase fino a una decina di KW sono di uso corrente.
È possibile alimentare un motore monofase a gabbia a partire da un convertitore di frequenza; tuttavia il numero di costruttori che propone questo tipo di prodotto è limitato.
Composizione:
Il motore monofase, come il motore trifase, è composto da due parti: lo statore e il rotore.
• Lo statore
Comprende un numero pari di poli i cui avvolgimenti sono collegate sulla rete di alimentazione.
•Il rotore
Solitamente è a gabbia di scoiattolo.
Principio di funzionamento:



Consideriamo uno statore che comprenda due avvolgimenti collegati sulla rete di alimentazione L1 e N.
La corrente alternata monofase genera nel rotore un campo alternato semplice H che è la sovrapposizione di
due campi rotanti H1 e H2 di stesso valore e senso contrario.
Poichè all'arresto lo statore è alimentato, questi campi presentano lo stesso scorrimento rispetto al rotore e di conseguenza producono due coppie uguali e opposte.
Il motore non può essere avviato.
Un impulso meccanico sul rotore provoca una diseguaglianza degli scorrimenti.
Una delle coppie diminuisce mentre l'altra aumenta.
La coppia risultante provoca l'avviamento del motore nel senso in cui è stato avviato.
Per risolvere questo problema di coppia durante la fase di avviamento, viene inserito nello statore un secondo avvolgimento sfasato di 90°.
Questa fase ausiliaria viene alimentata da un dispositivo di sfasamento (condensatore o induttanza). Una volta effettuato l'avviamento, la fase ausiliaria può essere eventualmente eliminata mediante un contatto centrifugo.
Un'altra soluzione consiste nell'utilizzare degli anelli di sfasamento che provocano uno sfasamento del campo e consentono l'avviamento del motore. Questo tipo di motore viene utilizzato solo nelle piccole
potenze (100 W max).
Un motore trifase di bassa potenza (4kw max circa) può anche essere utilizzato in monofase. Il condensatore di avviamento viene inserito in serie o in parallelo con l'avvolgimento non utilizzato. Questa disposizione può essere considerata solo un palliativo, poiché le prestazioni del motore diminuiscono notevolmente. Ciascun costruttore indica nel proprio catalogo lo schema da realizzare, i valori dei condensatori da utilizzare e il declassamento da applicare.
I motori monofase universali:
Poco utilizzato nel settore industriale, è il motore più fabbricato al mondo, diffuso nel campo degli elettrodomestici e in quello delle attrezzature portatili.
La sua costruzione è analoga a quella di un motore a corrente continua a eccitazione seriale alimentato a corrente alternata.
Nella macchina il flusso viene invertito contemporaneamente alla tensione.
La coppia che si produce è quindi sempre nello stesso senso.
Comprende uno statore bobinato e un rotore con avvolgimenti collegati a degli anelli. La commutazione è assicurata da un collettore e da spazzole.
La potenza massima è di circa 1000 W e la velocità di rotazione a vuoto è dell'ordine di 10000 gr/mn. Questi motori sono adatti ad un utilizzo intermittente e il loro rendimento è mediocre.

Schemi di collegamento:



Motore trifase collegato in monofase

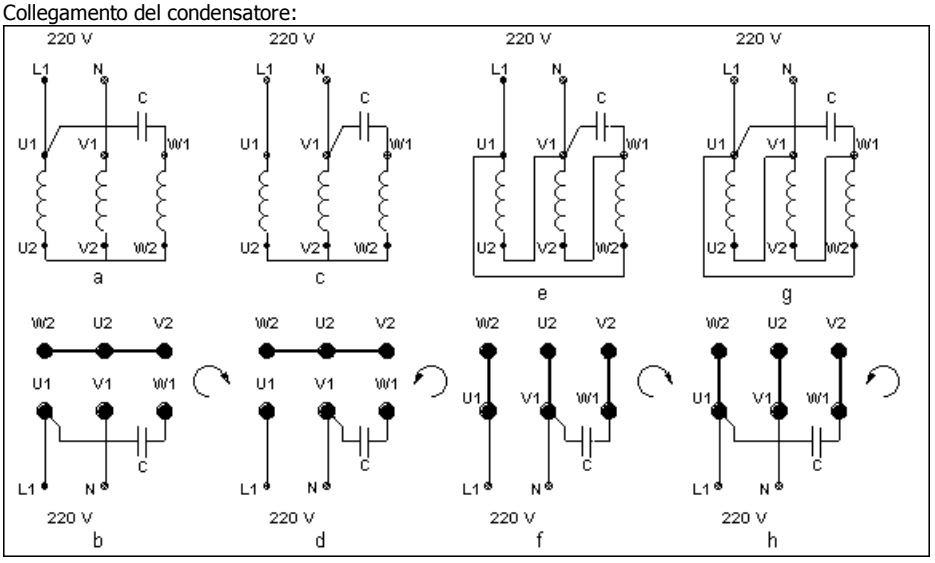
I motori trifasi di piccola potenza possono essere collegati in monofase tramite un condensatore, ad esempio un motore trifase da 400V può essere collegato ad una alimentazione monofase di 230V.

Per il calcolo del condesatore:

$C = 50 \times P \times (230/V)^2 \times 50/f$ (in µF)

P = potenza del motore in CV (cavalli)
V = tensione nominale di alimentazione in Volt
f = frequenza nominale in Hz
Ad esempio se è un 2 cavalli:
C = 50 x 2 x 1 x 1 = un condensatore da 100µF

Collegamento del condensatore:



Classi di rendimento - Codici IE

Nuove classi di rendimento - Codici IE

Il tema del risparmio energetico ha assunto un'importanza rilevante a livello internazionale da rendere necessario l'omogeneità di un sistema universale di classificazione del rendimento dei motori asincroni trifasi a bassa tensione. Nel marzo del 2009 il CENELEC (Comitato Europeo di Normazione Elettrotecnica), che al suo interno è composto dai membri dei paesi della UE con l'aggiunta di Islanda, Norvegia e Svizzera, a tal proposito ha recepito in merito la nuova normativa internazionale IEC 60034-30:2008 "Macchine elettriche rotanti . – Parte 30: classi di efficienza di motori a induzione trifase a gabbia, a singola velocità (codice IE)" emanando la EN 60034-30:2008.

Norma IEC 60034-30

RIGUARDA i motori asincroni trifase con rotore a gabbia ad una sola velocità a 50 e 60 Hz che:
hanno un voltaggio nominale UN fino a 1000V
hanno una potenza nominale PN tra 0.75 e 375 kW
hanno 2, 4 oppure 6 poli
sono classificati sulla base del servizio S1 (servizio continuo) o S3 (servizio intermittente periodico) con un fattore di intermittenza = 80%
operano in rete
sono classificati per condizioni di funzionamento secondo la IEC 60034-1, parte 6.
Inoltre sono inclusi in questa norma:
I motori con flangia, piedini e/o albero con dimensioni meccaniche diverse dalla IEC 60072-1
I motoriduttori e i motori autofrenanti, nonostante in questi motori possano venire usati alberi o flangie speciali
Sono ESCLUSI i motori:
8 poli
esclusivamente costruiti per funzionamento con convertitori secondo la IEC 60034-25
integrati completamente in altre macchine che non possano essere testati separatamente dalla macchina.
La normativa stabilisce le nuove classi di rendimento internazionali dei motori asincroni trifasi in
IE1 = STANDARD
IE2 = ALTO
IE3 = PREMIUM
IE4 = SUPER PREMIUM (questa classe è attualmente in fase di progetto)
I livelli di rendimento in accordo con la norma IEC 60034-30 devono essere misurati con l'applicazione del metodo specificato nella norma IEC 60034-2-1: diretto o indiretto.
La CIMA Spa, per calcolare il livello di rendimento, applica il metodo diretto.
La norma IEC 60034-30 fissa solo i requisiti relativi alle classi di rendimento, stabilendo misure condivise a livello internazionale. Non ha quindi potere legislativo e non definisce quali siano i motori da fornire ed il loro relativo livello di rendimento: questo è sancito dalle singole legislazioni vigenti nei vari paesi.
Il Dipartimento Americano per l'Energia ha disposto che dal 19/12/2010 il requisito NEMA (National Eletrical Manufactures Association) Premium diventi lo standard minimo di prestazioni energetiche per i motori negli Stati Uniti.
Per ottenere la certificazione i produttori dovranno far testare i prodotti presso laboratori accreditati.
Nei paesi della UE la situazione invece è differente, in quanto spetta al produttore la responsabilità di conformarsi agli standard previsti.
La certificazione da parte di un ente terzo non è obbligatoria; tuttavia le agenzie governative eseguiranno audit di mercato sporadici.
Qualora un dispositivo non sia conforme ai livelli di efficienza previsti e dichiarati, il produttore sarà obbligato a ritirarlo dal mercato a proprie spese.

DIRETTIVA EUROPEA EuP

Il Parlamento Europeo con la Direttiva 2005/32/CE ha istituito un quadro per l'elaborazione di specifiche in materia di progettazione eco-compatibile applicabile ai prodotti che consumano energia, specificando nel tempo i livelli di rendimento che le macchine vendute sul mercato europeo dovranno raggiungere.
RIGUARDA i motori definiti dalla norma IEC 60034-30 e sancisce l'obbligo di mettere in commercio i motori da alto rendimento secondo queste date:
classe IE2 a partire dal 16 giugno 2011
classe IE3 (o IE2 con variatore di velocità) a partire dal 1 gennaio 2015 per motori con potenza da 7.5 a 375 kW
classe IE3 (o IE2 con variatore di velocità) a partire dal 1 gennaio 2017 per motori con potenza da 0.75 a 375 kW
NON RIGUARDA:
motori progettati per funzionare completamente immersi in un liquido
motori con servizio diverso da S1 o S3 = 80%
motori completamente integrati in un altro prodotto
motori progettati per applicazioni in condizioni particolari:
altitudine > 1000m
temperatura ambiente > 40°C
temperatura massima di funzionamento > 400°C
temperatura ambiente < -15°C o < 0°C per motori raffreddati ad aria
temperatura dell'acqua di raffreddamento all'ingresso del prodotto < 5°C o > 25°C
motori autofrenanti
motori imbarcati (strada, rotaia, acqua)
motori di sicurezza conformi alla direttiva ATEX 94/9/EC

Tabella riepilogativa dei livelli di efficienza IE come previsto nella norma IEC 60034-30

Livello di efficienza	Classe di efficienza IEC 60034-30	Incertezza come da standard di prova IEC 60034-2-1	Paesi che adottano norme sugli standard di prestazione	Data entrata in vigore della norma
Premium	IE3	Bassa Incertezza	USA	2011
			Europa	2015 / 2017*
Alta	IE2	Bassa Incertezza	USA	in vigore
			Canada	in vigore
			Messico	in vigore
			Australia	in vigore
			Nuova Zelanda	in vigore
			Brasile	in vigore
			Cina	2011
			Europa	2011*
			Svizzera	2012

*tempistica per l'entrata in vigore del livello di efficienza nella UE:

- dal 16 giugno 2011 tutti i motori con potenza nominale PN compresa tra 0.75 e 375 kW dovranno essere conformi alla classe di efficienza IE2
- dal 1 gennaio 2015 i motori con potenza nominale PN tra 7,5 e 375 kW non potranno avere un livello di efficienza inferiore a quello prescritto dalla classe IE2 e dovranno essere provvisti di variatore di velocità
- dal 1 gennaio 2017 i motori con potenza nominale PN tra 7,5 e 375 kW non potranno avere un livello di efficienza inferiore a quello prescritto dalla classe IE3 oppure dovranno essere conformi ai requisiti della classe IE2 e provvisti di variatore di velocità

Tabella riepilogativa dei campi di applicazione della Norma IEC 60034-30 e della Direttiva EuP 2005/32/CE		
Tipologia di motori	Norma IEC 60034-30	EuP 2005/32/CE
Motori standard 2,4,6 Poli da 0,75 a 375 kW S1 IP1x a IP 6x	sì	sì
Motori standard con accessori (riduttore, encoder…..)	sì (misure senza accessori)	sì (misure senza accessori)
Motori alta temperatura per estrazioni fumi ≤ 400°C	sì	sì
Motori per riduttori	sì	sì
ATEX, motori autofrenanti 2,4,6 Poli Da 0,75 a 375 kW S1 IP4X, 5x, 6x	sì (misure senza accessori)	no
Motori imbarcati per refrigerazione	sì	no
Motori a servizio breve S2 o servizio intermittente S3, S4…..	no	no
Motori speciali per variatori (multi velocità,…)	no	no
Motori completamente integrati in altro prodotto che non possono essere testati separatamente	no	no

La normativa prevede che nei dati di targa sia sempre riportata la classe di efficienza del motore (IE1 o IE2 o IE3), la potenza nominale, ed il valore del rendimento con efficienza a pieno carico 100% , al 75% del carico ed al 50% del carico.

Tabella dei valori di rendimento a 50 Hz

	Livello Rendimento ALTO IE2			**Livello Rendimento PREMIUM IE3**		
Pn in kW	**2 poli**	**4 poli**	**6 poli**	**2 poli**	**4 poli**	**6 poli**
0,74	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9
1,1	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81,0
1,5	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5
2,2	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3
3	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6

4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8
5,5	87	87,7	86	89,2	89,6	88
7,5	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1
11	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3
15	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2
18,5	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7
22	91,3	91,6	90,9	92,7	93,0	92,2
30	92	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9
37	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3
45	92,9	93,1	92,7	94,0	94,2	93,7

Tabella dei valori di rendimento a 60 Hz

	Livello Rendimento ALTO IE2			**Livello Rendimento PREMIUM IE3**		
Pn in kW	**2 poli**	**4 poli**	**6 poli**	**2 poli**	**4 poli**	**6 poli**
0,75	75,5	82,5	80	77	85,5	82,5
1,1	82,5	84	85,5	84	86,5	87,5
1,5	84	84	86,5	85,5	86,5	88,5
2,2	85,5	87,5	87,5	86,5	89,5	89,5
3,7	87,5	87,5	87,5	88,5	89,5	89,5
5,5	88,5	89,5	89,5	89,5	91,7	91
7,5	89,5	89,5	89,5	90,2	91,7	91
11	90,2	91	90,2	91	92,4	91,7
15	90,2	91	90,2	91	93	91,7
18,5	91	92,4	91,7	91,7	93,6	93
22	91	92,4	91,7	91,7	93,6	93
30	91,7	93	93	92,4	94,1	94,1
37	92,4	93	93	93	94,5	94,1
45	93	93,6	93,6	93,6	95	94,5