

# Motori asincroni monofase

di Massimo Barezzi

Publicato il: 30/07/2003  
Aggiornato al: 30/07/2003

I motori asincroni monofase possono essere utilizzati nelle più svariate applicazioni, in particolare nell'ambito degli **impianti civili**.

Nell'articolo vengono presentate le caratteristiche principali dei **motori asincroni monofase** e dei motori asincroni trifase alimentati come monofase.

## 1. Motori asincroni monofase

Quando non è disponibile un'alimentazione trifase, è possibile utilizzare i **motori asincroni monofase** per macchine come seghe circolari, perforatrici, macchine d'aspirazione e ventilazione, elettrodomestici, macchine per l'ufficio.

I **motori monofase ad induzione** sono costruttivamente molto simili ai motori asincroni trifase a cui si rimanda per la descrizione delle parti costruttive come lo statore, l'albero, per le forme costruttive, i sistemi di raffreddamento, le classi di isolamento, ecc. e per come questi tipi di motori sono dotati di avvolgimenti statorici e rotorici.

Normalmente il **rotore** è del tipo **a gabbia di scoiattolo** e lo **statore** presenta solo **due avvolgimenti**: uno principale (**di marcia**) e uno ausiliario (**di avviamento**).

Ed è proprio l'avvolgimento ausiliario che consente, mediante l'uso di opportuni accorgimenti, l'avviamento di questo tipo di motore; infatti, alimentando il solo avvolgimento principale, non si ottiene un campo rotante necessario per porre in rotazione il rotore, ma un campo magnetico alternato che è la risultante dalla sovrapposizione di due vettori rotanti in senso opposto dimezzato rispetto a quello principale.



Fig.1: Esempio di motori asincroni monofase: da notare la presenza dei condensatori di avviamento

Il rotore in tali condizioni non può mettersi in rotazione, perché viene sollecitato nei due sensi con una coppia di uguale valore. Però se con l'intervento di una forza esterna lo si lancia in una direzione o nell'altra, si viene a rompere l'equilibrio delle due coppie opposte a favore di quella che sollecita il rotore nel senso della forza esterna. In questo caso il motore proseguirà nella sua rotazione anche se viene a mancare la forza esterna che l'ha lanciato in rotazione.

È chiaro che un **motore** che dovesse essere **lanciato manualmente**, o con altri sistemi, non sarebbe praticamente utilizzabile e non avrebbe potuto trovare quella diffusione che il motore monofase ad induzione ha avuto.

Dal punto di vista costruttivo, gli avvolgimenti di marcia e di avviamento vengono montati con uno **sfasamento di 90° elettrici**; inoltre è necessario, affinché il motore possa autoavviarsi, che le correnti presenti nei due avvolgimenti siano sfasate il più possibile, in modo da creare un campo magnetico rotante in un senso ben definito così da permettere l'avviamento del motore.

Lo sfasamento può essere ottenuto con un **avvolgimento ausiliario resistivo**, oppure ponendo in serie sempre all'avvolgimento ausiliario un condensatore di avviamento di capacità opportuna; quest'ultima soluzione è di solito la preferita, anche perché non sono necessari normalmente interruttori centrifughi che disinseriscano l'avvolgimento ausiliario.

Il **motore** con il **condensatore di avviamento** diventa un vero e proprio **motore bifase**.

L'avvolgimento ausiliario viene costruito con un filo di sezione abbastanza simile a quello di marcia, ed anche le cave occupate dall'avvolgimento ausiliario possono essere di poco inferiori a quelle del principale; in alcuni casi anzi i due avvolgimenti sono molto simili, sia per numero di cave occupate sia per numero di spire. In figura 4 viene mostrato a

titolo di esempio lo schema di avvolgimento di un motore asincrono monofase, nel quale è possibile notare la presenza dell'avvolgimento principale (U1-U2) e dell'avvolgimento ausiliario (Z1-Z2), che occupa in questo caso solo la terza parte del numero totale delle cave.

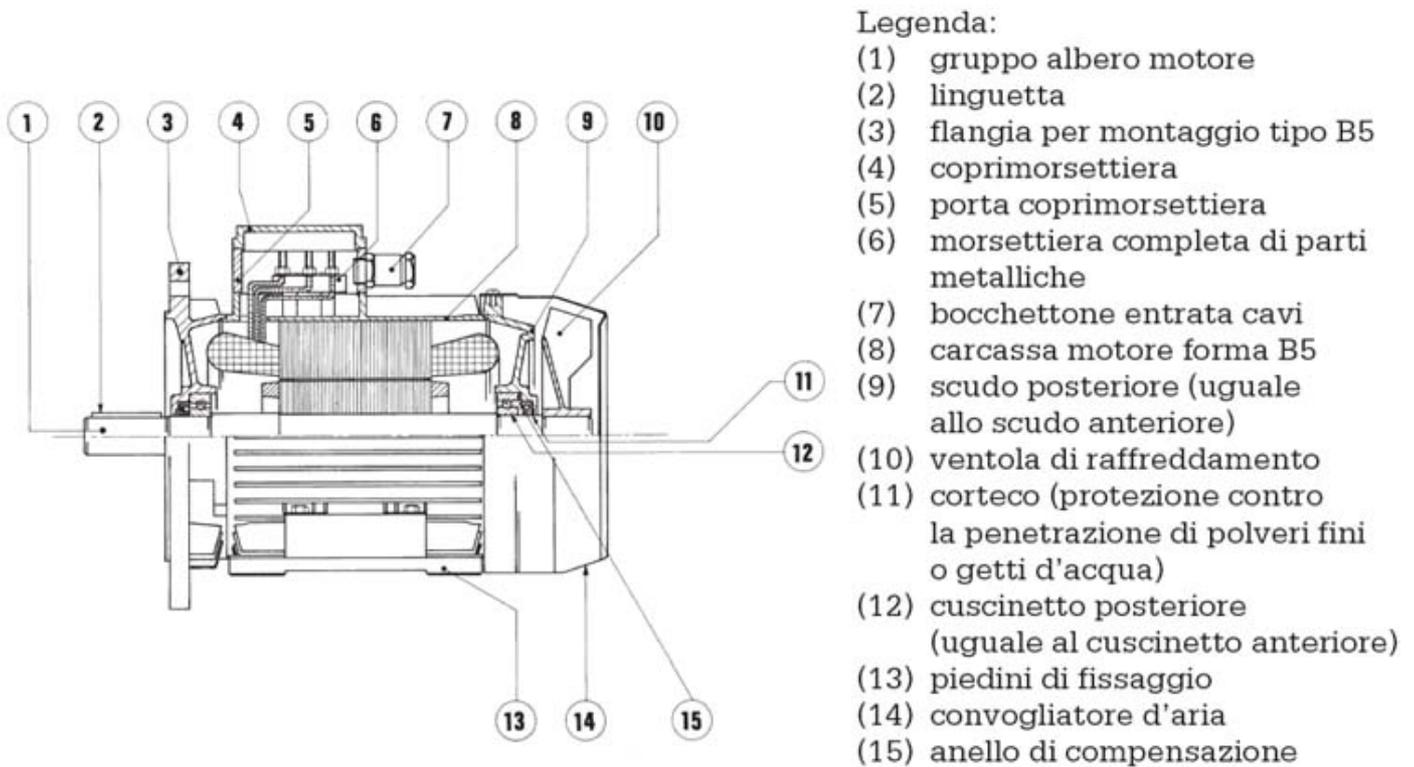


Fig.2: Esempio di motore asincrono monofase

Il calcolo della capacità del **condensatore di avviamento** da adottare può essere ricavata grazie a calcoli abbastanza complessi e che richiedono la conoscenza di parametri costruttivi del motore che non sono normalmente accessibili al grande pubblico.

Ci si affida perciò generalmente a formule empiriche che forniscono ugualmente risultati soddisfacenti, eventualmente ritoccati in seguito alle prove pratiche.

Una formula consigliata da taluni costruttori è la seguente:

$$C = \frac{P_a}{U^2 \cdot k \cdot f}$$

C = capacità in microfarad del condensatore

$P_a$  = potenza assorbita dal motore in watt essendo  $P_a = P_r / \eta$  dove  $P_r$  è la potenza resa all'albero espressa in watt

k = rapporto fra il numero delle spire dell'avvolgimento ausiliario e quello principale (generalmente questo numero è uguale a 1, ma può scendere fino a 0,7)

$\eta$  = rendimento del motore

f = frequenza della tensione di alimentazione

TIPO	POTENZA		GIRI 1'	AMPERE ASSOR. 220 V.	REND. %	COS. $\phi$	CA CN	I <sub>AVV</sub> IN	CONDENSATORI		PESO in B3 KG.
	KW	HP							$\mu$ F	N°	
M 56 b2	0,12	0,15	2700	1,50	40	0,98	0,65	2,6	6,3	1	3,00
M 63 a2	0,18	0,25	2740	1,80	48	0,98	0,70	2,8	8	1	4,00
M 63 b2	0,25	0,33	2740	2,85	44	0,98	0,70	2,8	12,5	1	4,80
M 71 a2	0,37	0,5	2770	3,1	57	0,96	0,66	3	16	1	6,60
M 71 b2	0,55	0,75	2800	4,1	48	0,92	0,66	3,2	16	1	8,00
M 80 a2	0,75	1	2820	6,20	60	0,92	0,78	3,2	20	1	11,00
M 80 bL2	1,1	1,5	2820	8	67	0,90	0,78	3	30	1	14,00
M 90 Sb2	1,5	2	2800	11,7	68	0,90	0,68	3,2	45	1	15,00
M 90 L2	1,85	2,5	2820	14	70	0,86	0,6	3,2	50	1	16,50
M 100 b2	2,2	3	2830	14,50	80	0,86	0,85	3,3	60	1	23,00

M 56 b4	0,090	0,12	1330	0,95	48	0,90	0,80	2,8	6,3	1	3,00
M 63 a4	0,12	0,15	1330	1,46	58	0,90	0,78	2,8	8	1	4,10
M 63 b4	0,15	0,20	1330	1,6	58	0,90	0,78	2,6	8	1	4,60
M 63 bL4	0,18	0,25	1330	1,8	53	0,90	0,75	3	8	1	5,20
M 71 b4	0,25	0,34	1360	2,1	53	0,88	0,75	3,2	12,5	1	6,30
M 71 bL4	0,37	0,5	1370	3	59	0,90	0,75	3,4	16	1	8,00
M 80 b4	0,55	0,75	1380	4,5	65	0,90	0,65	3,4	20	1	11,00
M 80 bL4	0,75	1	1380	6,3	68	0,90	0,64	3,4	25	1	12,00
M 90 Sb4	1,1	1,5	1430	7,60	70	0,94	0,65	3,4	35	1	14,40
M 90 L4	1,5	2	1400	10,5	70	0,94	0,65	3,8	40	1	16,50
M 100 a4	1,85	2,5	1400	12,50	72	0,94	0,7	3,8	50	1	20,00
M 100 b4	2,2	3	1400	14,25	74	0,95	0,7	4	60	1	23,50

**Tabella 1 - Esempio di caratteristiche elettriche e meccaniche di motori asincroni monofase: tipi a 2 poli 50 Hz; tipi a 4 poli 50 Hz**

A titolo orientativo, per i motori di potenze frazionarie fino a circa 100 W sono sufficienti capacità che vanno da un minimo di 2  $\mu$ F a circa 6÷7  $\mu$ F, mentre per potenze superiori, fino a circa 1 kW, si giunge a valori di 30÷40  $\mu$ F ed oltre.

I costruttori hanno normalmente a catalogo motori per avviamenti senza carico e condensatore sempre inserito e motori che prevedono un'alta coppia di spunto per avviamenti con carico, dotati di un ulteriore condensatore (**condensatore ausiliario**) disattivato ad avviamento avvenuto e cioè ad almeno il 75% della velocità sincrona, hanno una coppia di spunto due o tre volte più alta di quella di un normale motore monofase e una potenza resa all'albero che si avvicina a quella di un motore trifase di pari ingombro.

Le due tabelle seguenti elencano le **caratteristiche essenziali** dei motori asincroni monofase a 2 e 4 poli funzionanti alla frequenza di 50 Hz.

Per ogni tipo di motore sono elencati alcuni parametri elettrici come la **potenza nominale all'albero** espressa in kW e HP, la **velocità di rotazione** del rotore in condizioni di carico e di alimentazione nominali in giri/min., la corrente assorbita a 220 V, il rendimento in percentuale (il valore è sempre inferiore al 100%) dato dal rapporto tra la potenza disponibile all'albero e la somma della stessa con le perdite del motore, il **fattore di potenza** (cos  $\phi$ ) in condizioni di carico e di alimentazione nominali, il **rapporto tra la corrente assorbita** (I<sub>AVV</sub>) in fase di avviamento e la **corrente nominale** (I<sub>N</sub>).

Vengono poi fornite alcune **grandezze meccaniche** come il rapporto tra coppia di spunto (C<sub>A</sub>) e coppia nominale (C<sub>N</sub>), il **numero dei condensatori** e la relativa capacità espressa in  $\mu$ F, infine il peso della forma costruttiva B3 espressa in kg.

Vale la pena ricordare che, utilizzando le unità di misura del Sistema Internazionale, la potenza  $P$  fornita dall'albero del motore, ovvero all'organo meccanico a cui è collegato, è legata alla coppia  $C$  attraverso la relazione  $P = C \cdot \omega$ , dove  $P$  si esprime in watt,  $C$  in  $N \cdot m$ ,  $\omega$  in rad/s. Il legame tra  $\omega$  e  $n$  (numero di giri/min.) è espresso attraverso la relazione  $\omega = 2 \cdot \pi / 60 \cdot n$ , mentre per quanto riguarda l'unità di misura della coppia è utile ricordare che  $1 N \cdot m$  equivale a  $0.101972 \text{ kg} \cdot m$ .

## 2. Funzionamento di un motore asincrono trifase come monofase

Il **motore asincrono trifase** può funzionare in monofase collegando un condensatore in derivazione su due morsetti, qualunque sia il tipo di collegamento utilizzato per collegare le fasi del motore.

Il **condensatore** deve avere l'effetto di **trasferire sul morsetto** non alimentato del motore una **tensione** che deve essere, in ampiezza e fase, la più possibile corrispondente a quella mancante. Questo tipo di soluzione offre i migliori risultati con motori di piccole dimensioni fino ad una potenza nominale all'albero non superiore a circa 3÷4 kW.

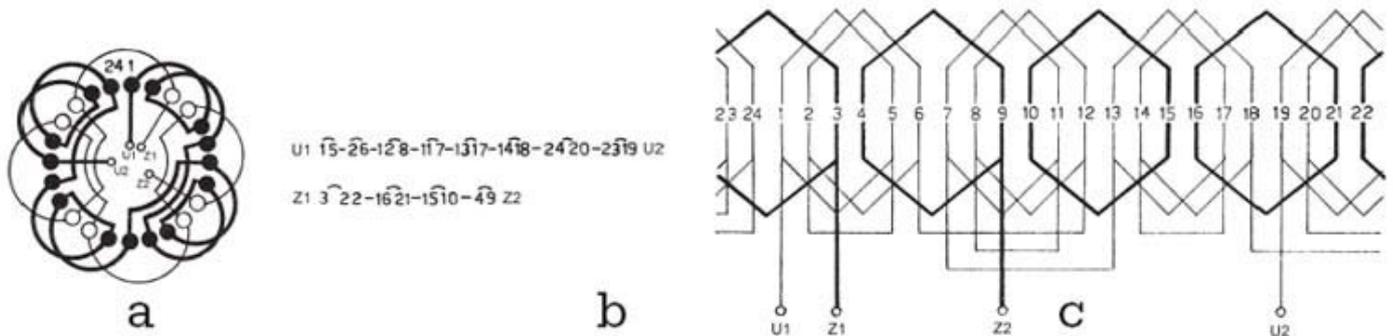


Fig.3: Avvolgimento statorico per motore asincrono monofase a gabbia con 24 cave, semplice strato, a spirali embricate, 4 poli, avvolgimento principale con passo  $Y_n = 4$ , avvolgimento ausiliario con passo  $Y_n = 5$ , collegamento delle matasse in serie, 4 morsetti.

La **soluzione ottimale**, in particolare per i motori che devono avviarsi sotto carico, è quella di **utilizzare due condensatori: uno in fase di spunto e di avviamento** e **uno**, di capacità inferiore, da utilizzare **solo quando il motore è in marcia a regime**. In pratica basta collegare un secondo condensatore, in parallelo al primo, che viene escluso ad avviamento avvenuto. La manovra può essere effettuata manualmente o automaticamente.

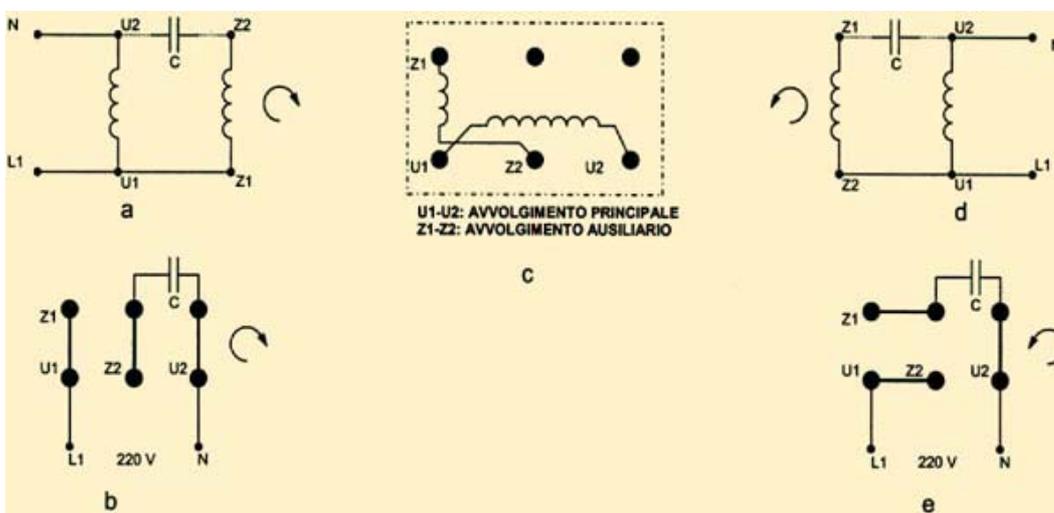


Fig. 4: motori asincroni monofase ad induzione con condensatore di avviamento sempre inserito

Nel primo caso si può utilizzare un commutatore provvisto di una manopola a tre posizioni (es. interruttori a camme): la prima posizione corrisponde alla condizione di motore fermo, la seconda a quella di motore in marcia con un solo condensatore, la terza a quella di motore in fase di avviamento (posizione instabile); questa soluzione è affidata alla sensibilità dell'operatore, il quale rilascerà la manopola, nella seconda posizione, non appena si sarà accorto, dal rumore più regolare del motore, che la fase di avviamento è superata.

La **commutazione automatica** prevede invece dei dispositivi elettronici temporizzatori al posto dei vecchi interruttori centrifughi montati sull'albero del motore. Queste apparecchiature elettroniche tengono in considerazione anche la variazione della tensione di linea e la temperatura ambiente (una temperatura troppo bassa può infatti prolungare la durata della fase di avviamento).

Esistono in commercio temporizzatori elettronici incorporati in un'unica custodia assieme ai due condensatori.

Qualora si scelga invece la soluzione con il solo condensatore di marcia, questo dovrà essere permanentemente inserito sulla morsetteria del motore. Quando si utilizza un motore trifase avviato come monofase, è necessario considerare il fatto che la potenza si riduce al 60÷70%. Per effettuare il calcolo della capacità  $C_r$  dei condensatori, si possono utilizzare metodi matematici spesso non condivisi da tutti; normalmente è possibile ottenere dei risultati attendibili usando delle formule empiriche come ad esempio le seguenti:

$$C_r = 50 \cdot P \cdot (220/U)^2 \cdot 50/f \text{ } [\mu F]$$

dove P rappresenta la potenza nominale in CV, U la tensione di alimentazione monofase in V e f la frequenza in Hz;

$$C_r = 10^6 \cdot P / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2) \text{ } [\mu F]$$

dove P rappresenta la potenza nominale espressa in W; in entrambi i casi il valore trovato esprime la capacità in  $\mu F$ . Per quanto riguarda la tensione di lavoro del condensatore è normalmente sufficiente un valore compreso tra 220 V e 250 V. Da notare infine che l'uso del condensatore di avviamento determina inoltre anche un certo rifasamento del motore.

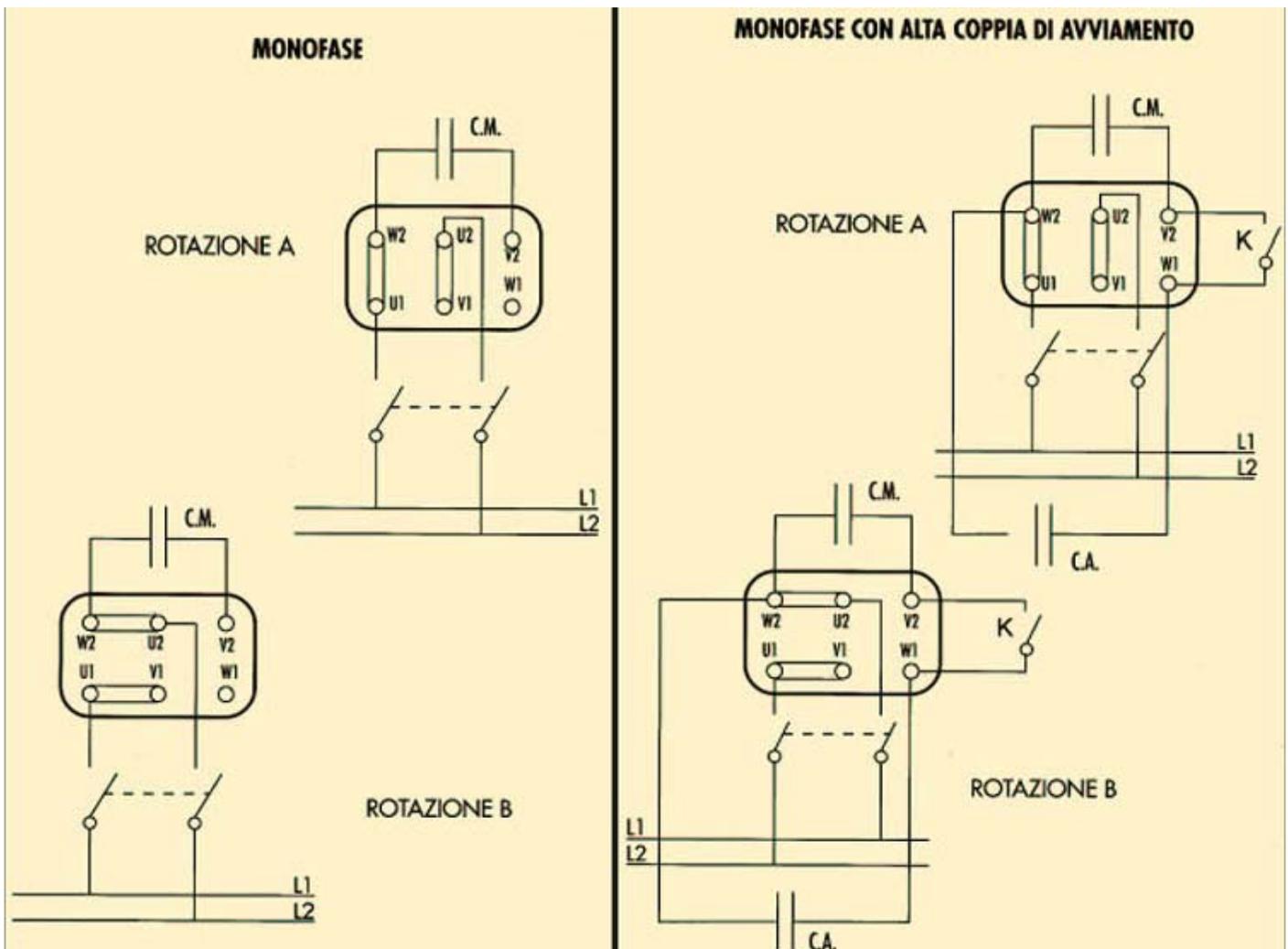


Fig. 5: schemi di collegamento per motori asincroni monofase

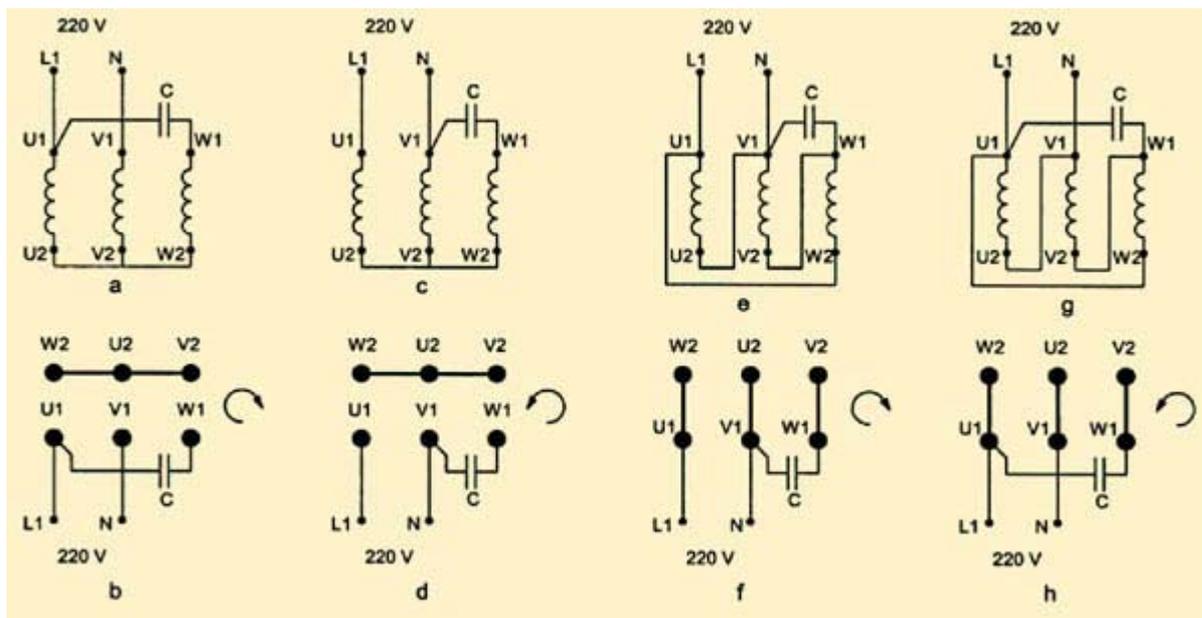


Figura 6: Esempi di collegamento per l'alimentazione monofase a 220V di motori asincroni trifasi. Motori 125 V/220V:

- a. collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario
- b. relativo schema di collegamento della morsettiera
- c. collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario
- d. relativo schema di collegamento della morsettiera. Motori 220V/380V
- e. collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario
- f. relativo schema di collegamento della morsettiera
- g. collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario relativo schema di collegamento della morsettiera

### 3. Esempi di applicazione

#### Teleinvertitore con comando manuale per un motore asincrono trifase e per un motore asincrono monofase

Il primo impianto proposto nella figura 7 prevede il **circuito di potenza per l'inversione di marcia di un motore asincrono trifase**: si nota come, comandando alternativamente il contattore K1 o il contattore K2, sia possibile invertire la fase L1 con la fase L3 permettendo così l'inversione di marcia del motore M1.

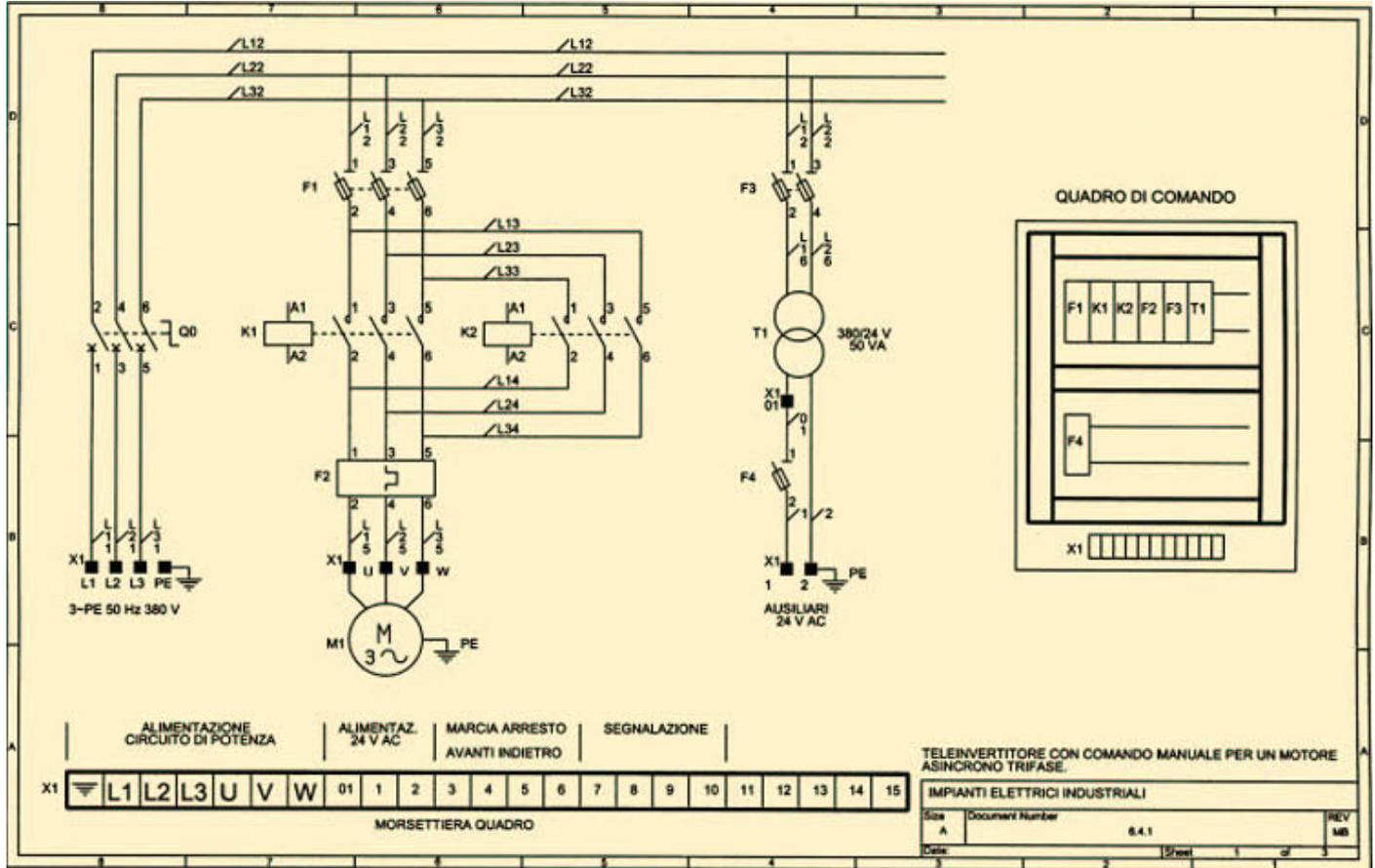


Figura 7

Nella figura 8 viene invece proposto il **circuito di potenza per l'inversione del senso di marcia di un motore asincrono monofase** dove, comandando alternativamente il contattore K1 o il contattore K2, si può invertire il senso della corrente nell'avvolgimento d'avviamento o ausiliario. Il senso di rotazione è quello che si vede stando di fronte all'estremità d'albero unica o di fronte all'estremità d'albero più grande se il motore ha più di un'estremità. Il motore asincrono monofase prevede l'uso di un condensatore di avviamento C1 sempre inserito e collegato in serie con l'avvolgimento ausiliario come descritto precedentemente.

Nella figura 9 invece è possibile vedere lo **schema funzionale**, comune ad entrambi gli schemi di potenza, nel quale troviamo i seguenti comandi: pulsante S2 motore marcia avanti, pulsante S3 motore marcia indietro, pulsante S1 arresto motore. Il circuito di comando prevede l'arresto del motore qualora il relè termico F2 intervenga.

Questo impianto consente di invertire il senso di rotazione del motore solamente dopo aver arrestato il motore stesso mediante S1: solo allora è possibile premendo uno dei due pulsanti (S2 o S3) un cambiamento del senso di marcia.

Nel caso del motore monofase è necessario lasciare che il rotore del motore si arresti prima di comandare l'inversione del senso di marcia: in caso contrario non è possibile effettuare l'inversione, in particolare se la velocità del rotore è prossima a quella nominale.

Il circuito prevede un contatto di interblocco in serie alla bobina di ogni contattore, infatti il contattore K1 ha un contatto NC collegato in serie alla bobina di K2 e viceversa per evitare che i due contattori si eccitino contemporaneamente determinando un cortocircuito tra le due fasi invertite L1 e L3 nel caso si tratti di un motore trifase; qualora invece si tratti di un motore monofase, se è fermo non parte, se è in marcia continua a funzionare, ma in modo non corretto in quanto aumenta la corrente assorbita dalla rete.

Completa l'impianto il **circuito di segnalazione** costituito dalle seguenti lampade: H1 che indica che il relè F2 è intervenuto, H2 che segnala quando il motore è fermo, H3 e H4 che indicano rispettivamente che il motore sta effettuando la marcia avanti o la marcia indietro, infine H5 che segnala che i circuiti ausiliari sono alimentati

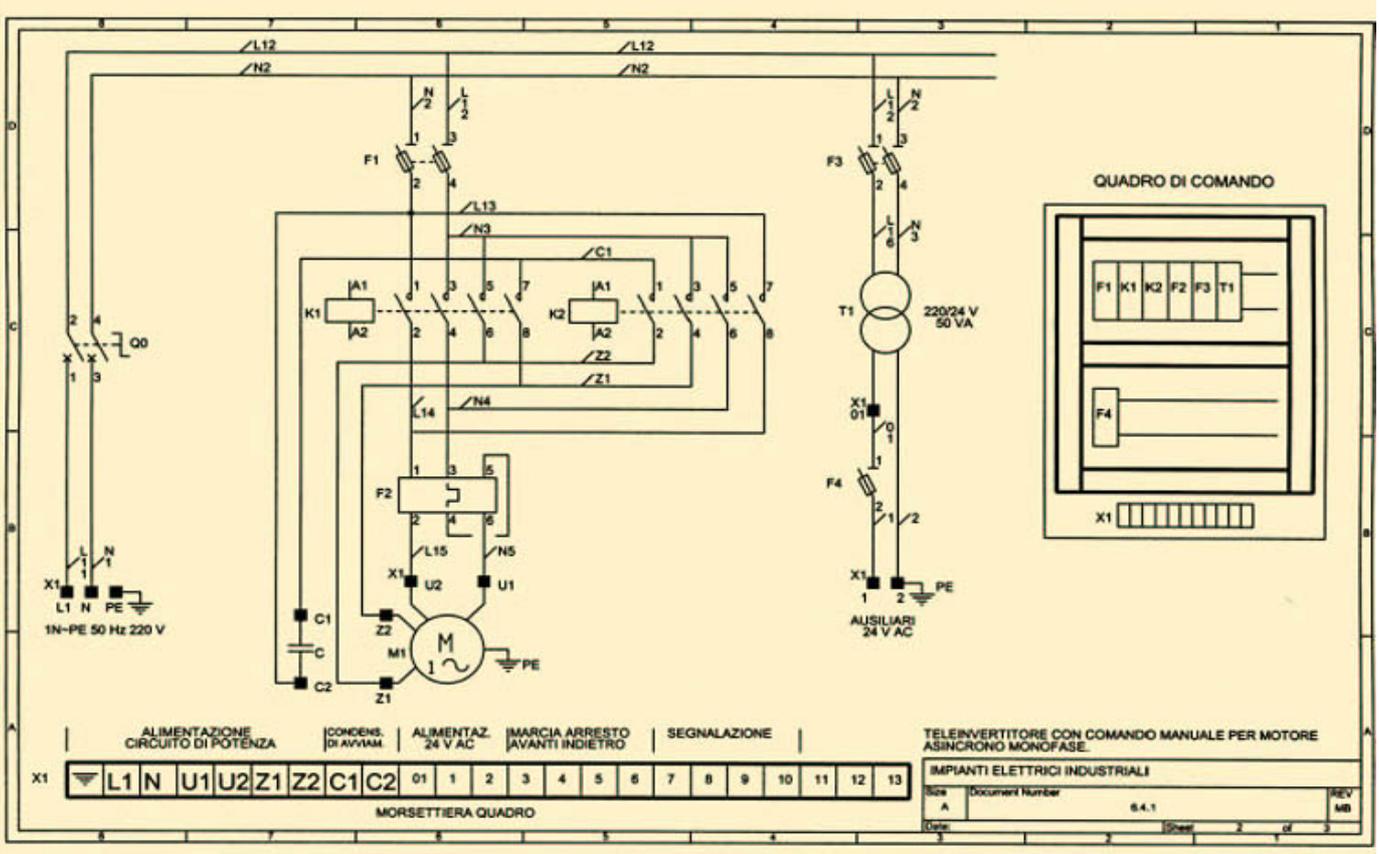


Figura 8

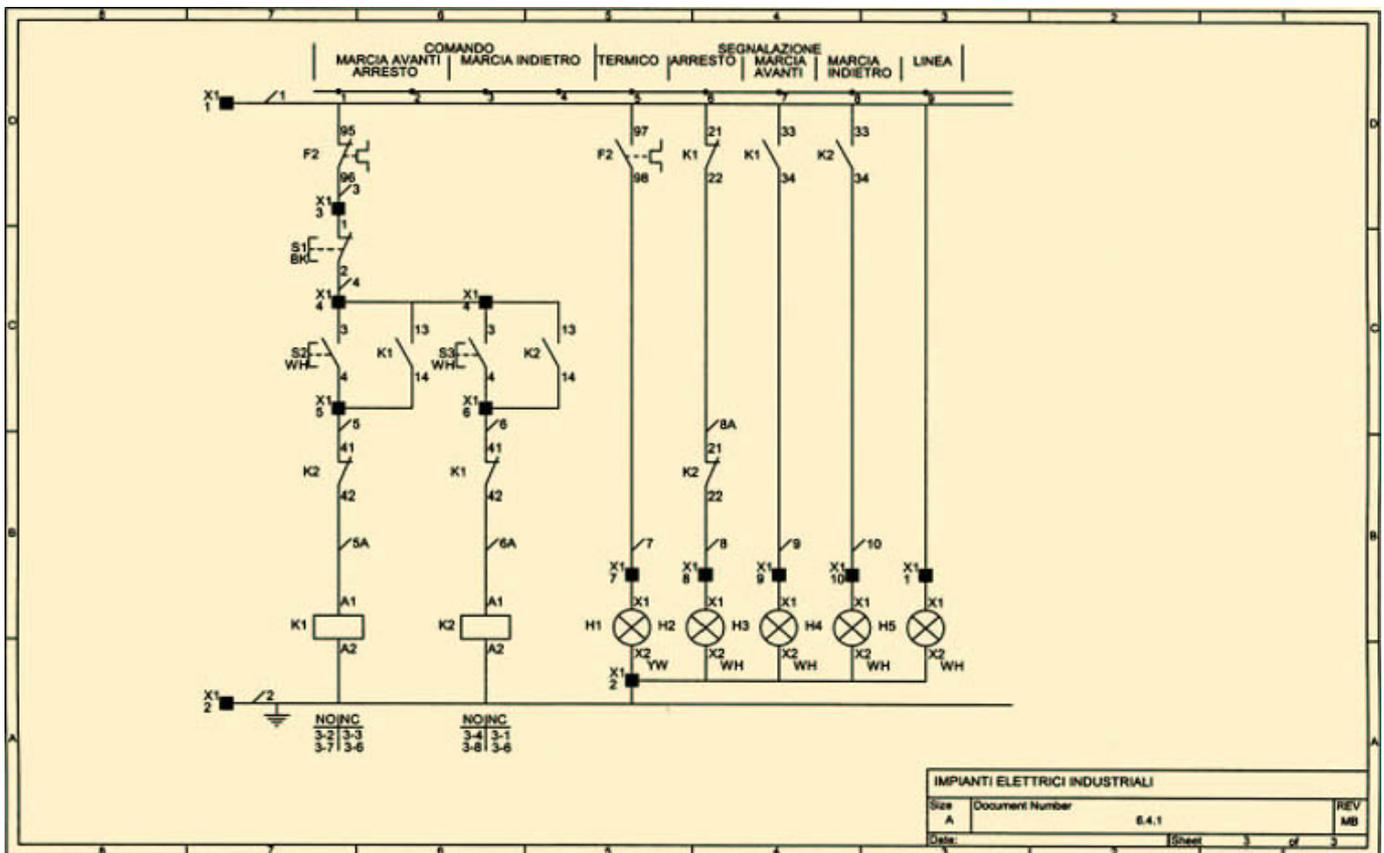


Figura 9