

MOTORES DE INDUÇÃO MONOFÁSICOS

1. CARACTERIZAÇÃO. COMPARAÇÃO COM MOTORES TRIFÁSICOS.

Construtivamente, os motores monofásicos são semelhantes aos trifásicos, já estudados anteriormente, com a diferença de possuírem um único enrolamento de fase.

Sua grande vantagem é a de poderem ser ligados à tensão de fase das redes elétricas, normalmente disponíveis em residências e pequenas propriedades rurais - ao contrário do que sucede com as redes trifásicas. Em contrapartida, possuem o inconveniente de serem incapazes de partir sem a ajuda de um circuito auxiliar, o que não ocorre com os motores trifásicos.

Em uma comparação com motores trifásicos, os monofásicos apresentam muitas *desvantagens*:

- apresentam maiores volume e peso para potências e velocidades iguais (em média 4 vezes); em razão disto, seu custo é também mais elevado que os de motores trifásicos de mesma potência e velocidade;
- necessitam de manutenção mais apurada devido ao circuito de partida e seus acessórios;
- apresentam rendimento e fator de potência menores para a mesma potência (V. TAB. 1); em função disso apresentam maior consumo de energia (em média 20% a mais);
- possuem menor conjugado de partida;
- são difíceis de encontrar no comércio para potências mais elevadas (acima de 10 cv).

TABELA 1 - Comparação entre rendimento (η) e fator de potência ($\cos \phi$) de motores mono e trifásicos para a mesma faixa de potência.

Faixa de potências (cv)	η		$\cos \phi$	
	Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
1/6 - 1,0	0,50 - 0,65	0,59 - 0,74	0,50 - 0,65	0,58 - 0,70
1,5 - 10,0	0,67 - 0,76	0,74 - 0,78	0,68 - 0,80	0,75 - 0,85
11,0 - 25,0	0,76 - 0,80	0,78 - 0,89	0,80 - 0,83	0,85 - 0,86

FONTE: O motor elétrico rural - Companhia Energética de São Paulo, 1980

2. PARTIDA DE MOTORES MONOFÁSICOS.

Motores monofásicos não podem partir sozinhos porque não conseguem formar o *campo girante*, como fazem os motores trifásicos. A Fig. 1 mostra a formação do campo magnético devido a uma só fase. Como se vê, este campo é *pulsante*, tendo sempre a mesma direção e não permitindo a indução de correntes significativas nos enrolamentos rotóricos.

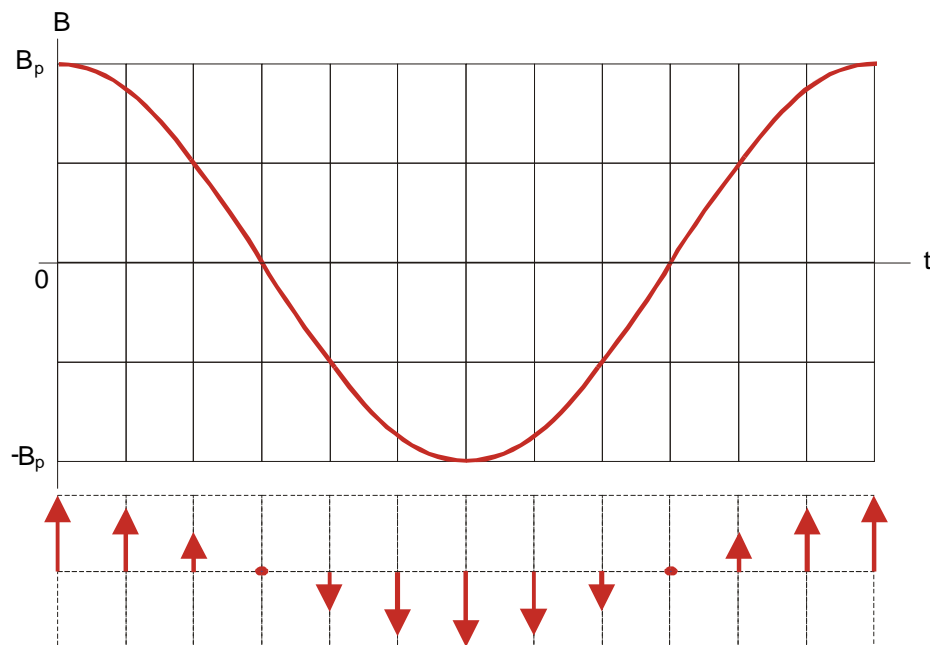


FIGURA 1 - Campo magnético pulsante B gerado por alimentação monofásica.

Porém, se de alguma forma se puder conseguir um segundo campo com defasagem de 90° em relação à alimentação, se terá um sistema *bifásico*, com a conseqüente formação de um campo girante capaz de promover a partida, como mostra a Fig. 2. Existem várias maneiras de proporcionar esta defasagem. Cada uma delas corresponde a um determinado tipo de motor monofásico, como se verá na próxima seção.

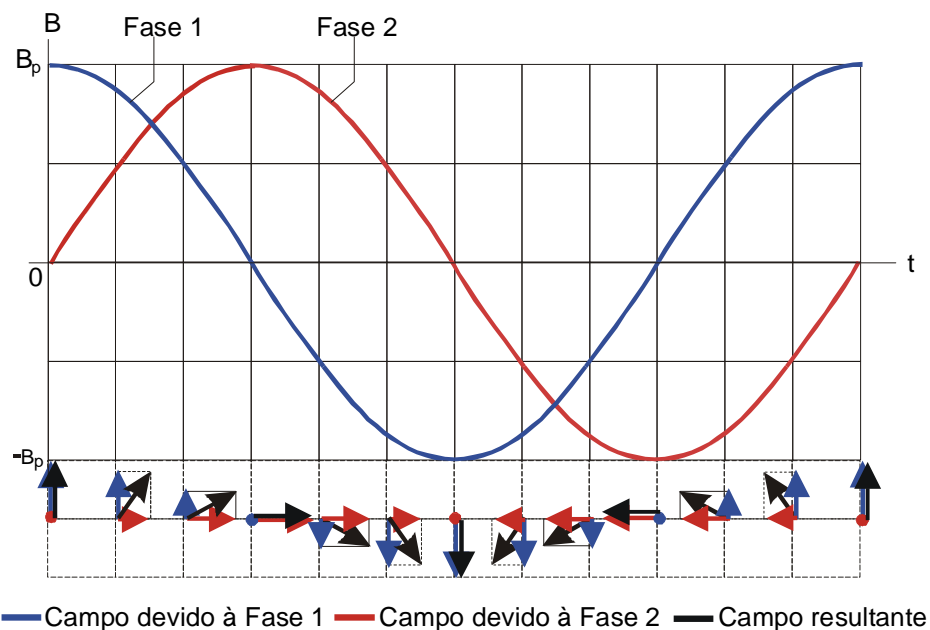


FIGURA 2 - Campo magnético girante B formado por alimentação bifásica

É importante salientar que após atingir certa velocidade (entre 65 - 80% de sua velocidade síncrona), o motor pode continuar trabalhando com uma só fase. Isto quer dizer que, após acelerado, o circuito auxiliar de partida pode ser "desligado" sem que o motor pare.

3. PRINCIPAIS TIPOS DE MOTORES DE INDUÇÃO MONOFÁSICOS

- **Motor de Fase Dividida**

Possui um enrolamento auxiliar espacialmente defasado de 90° em relação ao enrolamento principal. Quando é atingida uma determinada rotação, este enrolamento auxiliar é desconectado do circuito do motor por intermédio de uma chave centrífuga. Já que é dimensionado para atuar somente durante a partida, se não for desconectado acabará por queimar.

Na prática, o ângulo de defasagem entre os campos nos dois enrolamentos (principal e auxiliar) é bem menor que 90° , o que resulta em conjugado de partida igual ou pouco superior ao nominal. Por isso esse tipo de motor é usado para cargas de pequena potência e conjugados de partida moderados (por exemplo: ventiladores, exaustores, bombas centrífugas, etc.).

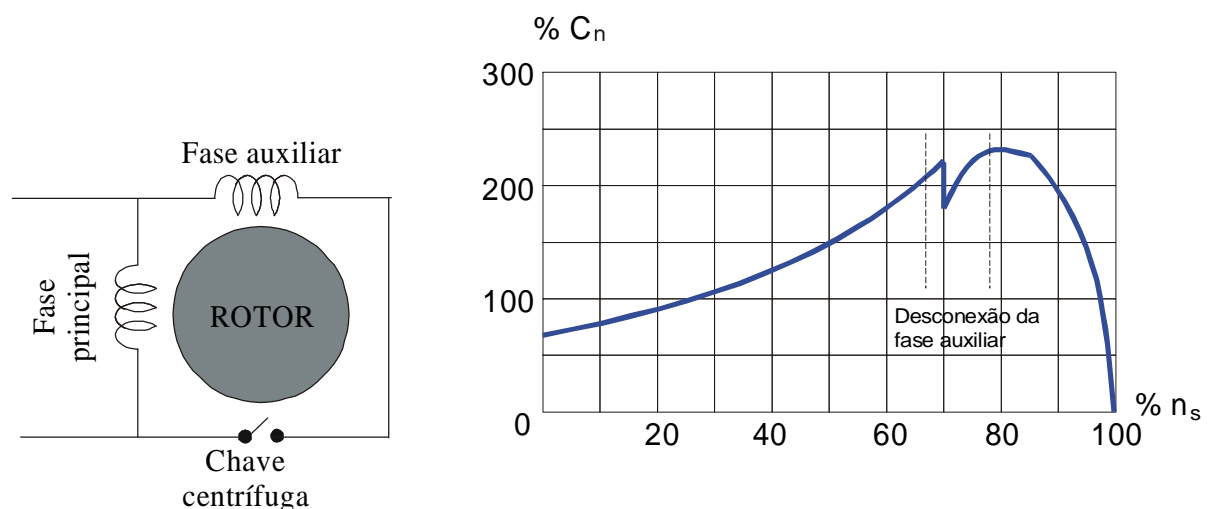


FIGURA 3 - Circuito equivalente e característica conjugado \times velocidade de um motor de fase dividida

- **Motor com Capacitor de Partida**

O que diferencia este motor do de fase dividida é a inclusão de um capacitor em série com a fase auxiliar, o que permite a obtenção de ângulos de defasagem bem maiores e, conseqüentemente, conjugados de partida bem mais elevados (entre 200 e 350% do conjugado nominal).

O circuito do enrolamento auxiliar também é desligado através de chave centrífuga quando o motor atinge entre 75 e 80% da rotação síncrona.

É fabricado na faixa de potências de 1/4 a 15 cv e é usado numa grande variedade de aplicações.

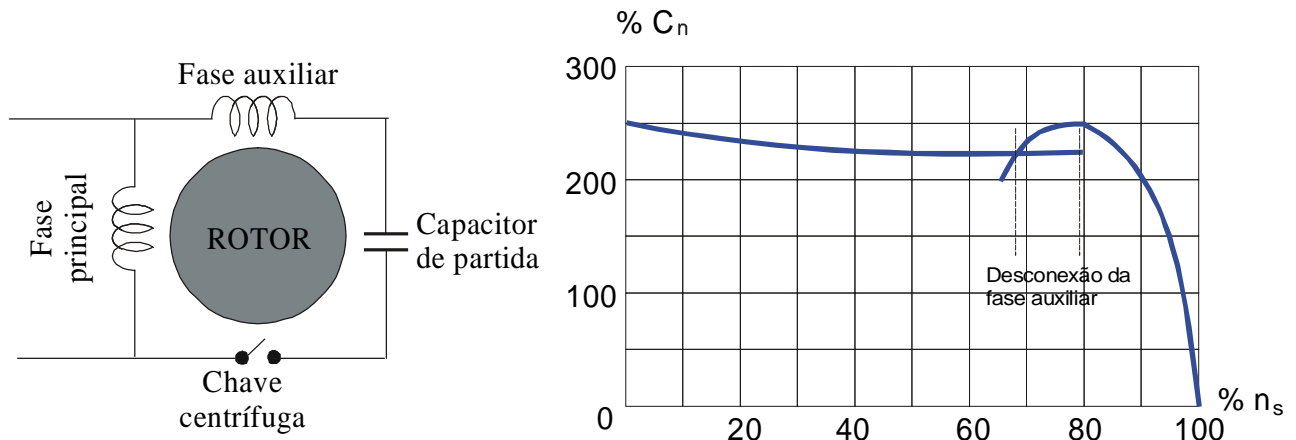


FIGURA 4 - Circuito equivalente e curva conjugado \times rotação de um motor com capacitor de partida.

- **Motor com Capacitor Permanente**

Neste tipo de motor, o enrolamento auxiliar e seu capacitor em série ficam permanentemente conectados, não sendo necessária a chave centrífuga. Isto é bom porque a ausência de partes móveis facilita a manutenção.

O conjugado máximo, o rendimento e o fator de potência desses motores são melhores que os de outros tipos, aproximando-se aos valores obtidos em motores trifásicos. Em contrapartida, seu conjugado de partida é menor que o dos motores de fase dividida (entre 50% e 100% do conjugado nominal), limitando sua utilização a equipamentos como pequenas serras, furadeiras, condicionadores de ar e máquinas de escritório. São fabricados normalmente para potências entre 1/5 a 1,5 cv.

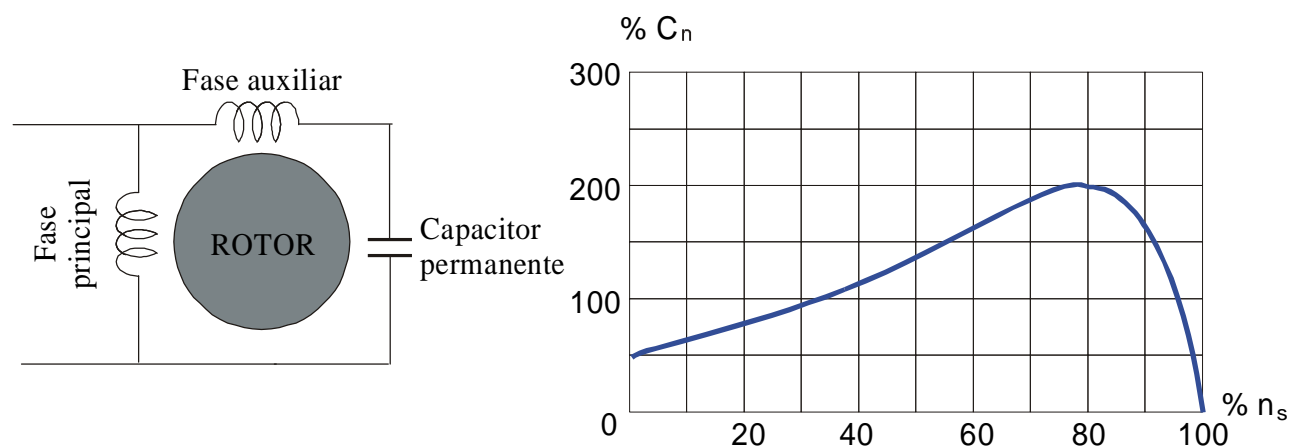


FIGURA 5 - Circuito equivalente e curva conjugado \times rotação de um motor com capacitor permanente

- **Motor com Dois Capacitores**

É uma "mistura" dos 2 anteriores: possui um capacitor de partida, desligado através de chave centrífuga quando o motor atinge cerca de 80% de sua rotação síncrona, e um outro que se encontra permanentemente ligado. Com isso, possui todas as vantagens daqueles motores: alto conjugado de partida, alta eficiência e fator de potência elevado.

No entanto seu custo é elevado e só é fabricado para potências superiores a 1 cv.

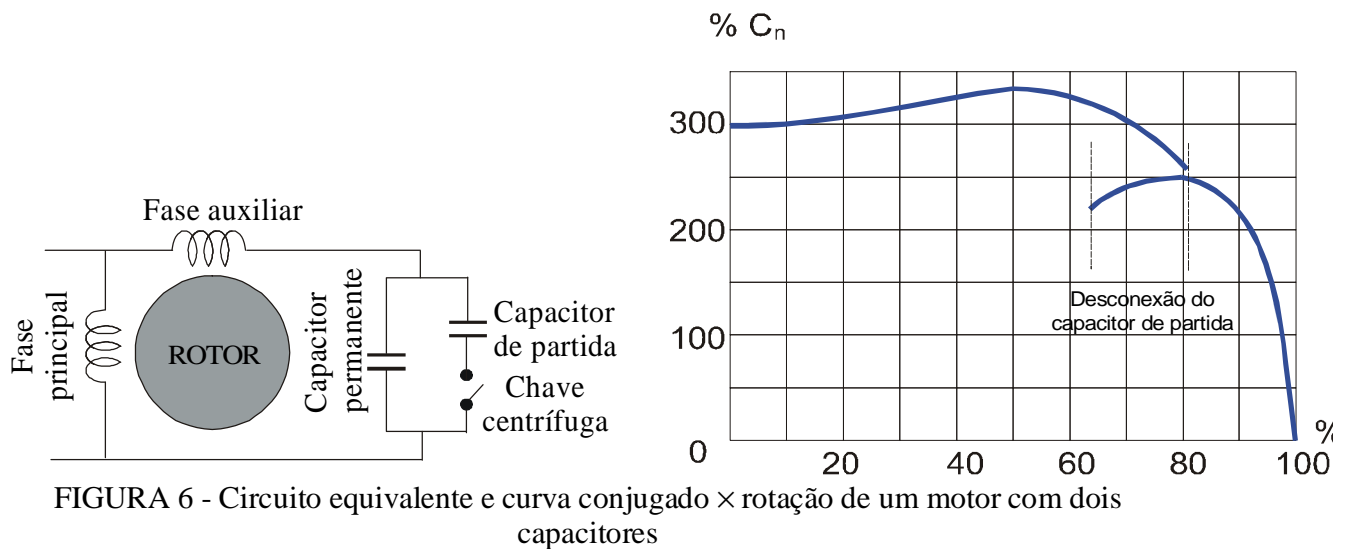


FIGURA 6 - Circuito equivalente e curva conjugado \times rotação de um motor com dois capacitores

• Motor de Campo Distorcido

Também chamado de motor de **pólos sombreados**, este motor consegue criar um campo girante através de modificações feitas em seus pólos, o que pode ser feito de várias maneiras, caracterizando 3 tipos de motores:

- pólos salientes
- "esqueleto"
- de enrolamentos distribuídos

Um dos mais comuns é o de pólos salientes (figura abaixo), onde uma parte da cada pólos (entre 25% e 35%) é abraçada por uma espira de cobre em curto-circuito. O fluxo magnético produzido nesta espira fica atrasado em relação ao fluxo da parte não abraçada pela mesma, resultando num campo girante que sempre se move na direção da parte não abraçada para a parte abraçada do pólo.

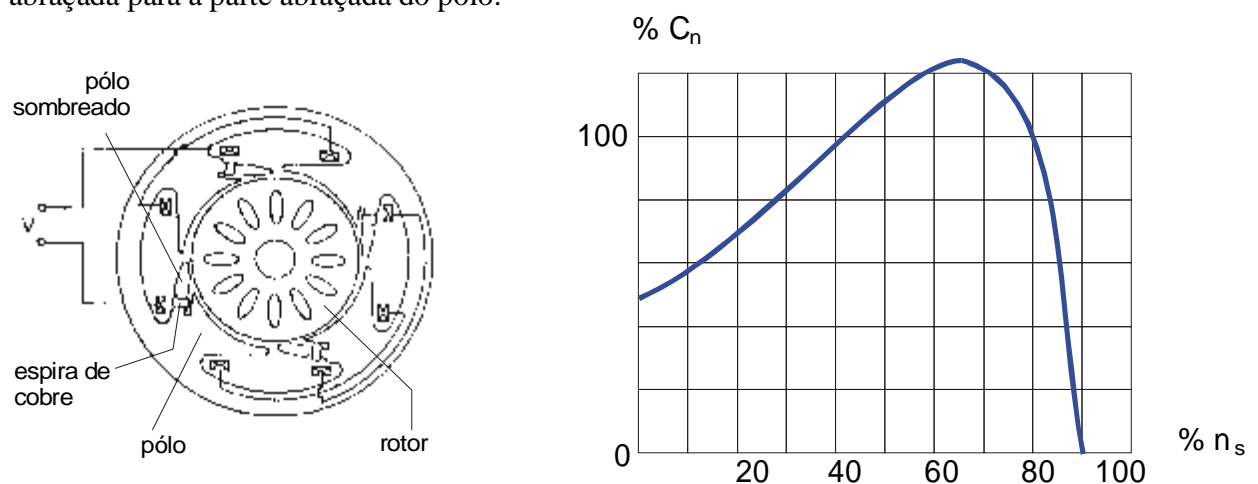


FIGURA 7 - Vista esquematizada e curva conjugado \times rotação de um motor de campo distorcido com pólos salientes.

Estes motores apresentam um único sentido de rotação. A maneira mais prática de obter-se rotação no sentido oposto é mudar a posição da ponta do eixo em relação ao estator; outros métodos são possíveis, porém muito onerosos.

Devido ao seu método de partida, é o motor mais simples, confiável e econômico. Porém, seu conjugado de partida é bastante baixo (15% a 50% do C_{nom}) e apresenta fator de potência e rendimento baixos. Por este motivo é fabricado para pequenas potências (tipicamente de alguns milésimos de cv até 1/4 cv), podendo ser usado em processos de movimentação de ar (ventiladores, exaustores, secadores de roupa e de cabelo), pequenas bombas, compressores, projetores de slides, toca-discos e outros eletrodomésticos.

4. LIGAÇÃO DE MOTORES MONOFÁSICOS À REDE DE ALIMENTAÇÃO

Assim como os motores trifásicos, os monofásicos são projetados para trabalhar em duas tensões distintas, como 110-220 V ou 220-440 V. Para isso, o enrolamento principal é dividido em duas partes (enrolamentos 1 - 3 e 2 - 4), como mostra a Fig. 8(a)¹ e uma terceira parte corresponde ao circuito auxiliar de partida (que, nesta figura é do tipo capacitor de partida), o enrolamento 5 - 6; na Fig. 8(b) se mostra a caixa de terminais do motor, com os bornes à vista.

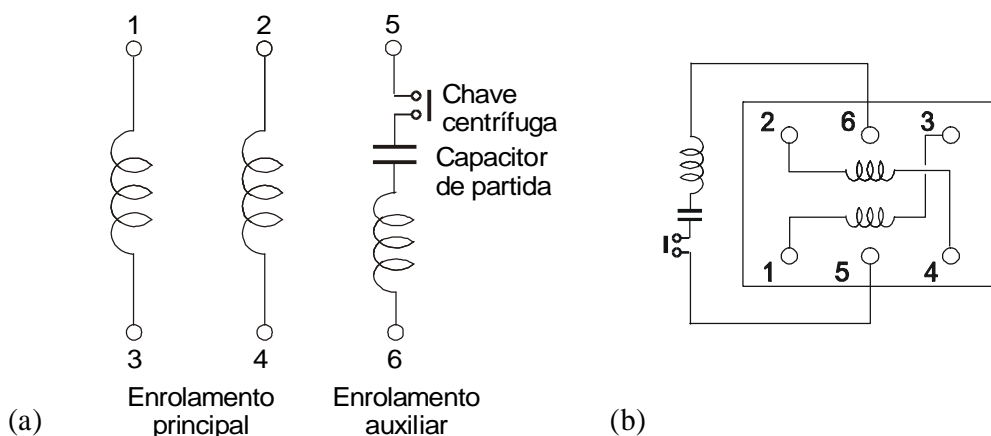


FIGURA 8 - Enrolamentos de um motor monofásico (com capacitor de partida): (a) diagrama esquemático; (b) caixa de terminais.

As ligações devem ser feitas de tal forma que a tensão nos enrolamentos seja sempre a mais baixa entre aquelas especificadas na placa do motor. Admite-se certa flexibilidade nesta tensão: por exemplo, os enrolamentos podem trabalhar na faixa de 110 a 127 V sem problemas.

¹ Observe-se que nem todos os fabricantes identificam os terminais de seus motores da mesma forma. A numeração que aparece na Fig. 8 e nas subseqüentes corresponde a um determinado fabricante e será usada ao longo deste texto.

Exemplo 1 - Fazer o diagrama de ligações de um motor de indução monofásico de 110-220 se o mesmo deve ser ligado a rede de: (a) 220/127 V; (b) 380/220 V.

Solução: A tensão em cada enrolamento deverá ser 110 V (ou 127, o que dá na mesma).

(a) Como a fase é 127 V, os enrolamentos são ligados em *paralelo*, como mostra a Fig. 9(a). (b) Neste caso, as duas partes do enrolamento principal são ligadas em *série* e o enrolamento auxiliar é ligado em paralelo com uma dessas duas metades, conforme se vê na Fig. 9(b).

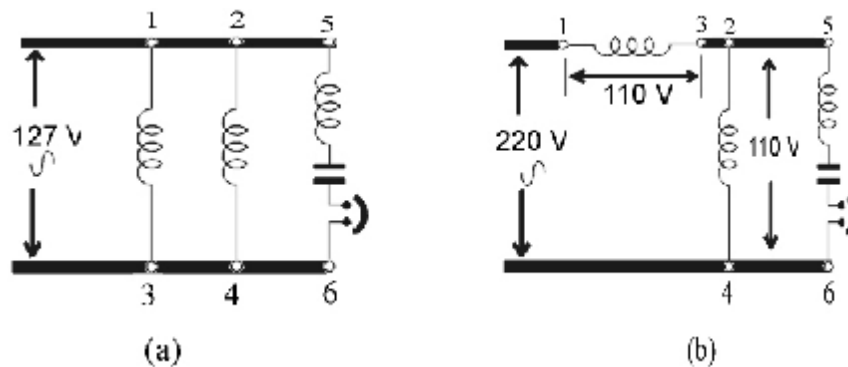


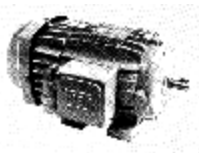
FIGURA 9 - Conexões de um motor monofásico de 110-220 V: (a) em paralelo, para rede de 220/127 V; (b) em série, para rede de 380/220 V.

Como se pode observar pelos esquemas da Fig. 9, o circuito auxiliar a chave centrífuga desconecta quando o motor quando este estiver convenientemente acelerado.

MOTORES DE INDUÇÃO MONOFÁSICOS

Características Típicas - 60 Hz

(Fonte: Catálogo 121.04.0586.P - WEG Motores S. A.)



• TIPO CAPACITOR DE PARTIDA

Rotor gaiola

Proteção IP54

Isolamento classe B (130°C)

Tensão: 115/230V, 120V ou 220V

POTÊNCIA		CARÇAÇA ABNT IEC	rpm	CORENTE NOMINAL EM 220 V I _n (A) ¹	CORRENTE DE PARTIDA I _p /I _n	CONJUGADO NOMINAL C _n (kgf/m)	CONJUGADO DE PARTIDA C _p /C _n	CONJUGADO MÁXIMO C _{max} /C _n	FATOR DE SERVIÇO	PESO APROX. kg
cv	kW									
3600 rpm										
1/8	0,09	63	3.480	1,6	5,2	0,026	2,80	2,80	1,35	7,5
1/6	0,12	63	3.480	2,0	5,2	0,035	2,70	2,80	1,35	8,0
1/4	0,18	63	3.500	2,6	5,5	0,052	2,60	2,70	1,35	8,0
1/3	0,25	63	3.500	3,2	5,6	0,070	2,50	2,70	1,25	8,5
1/2	0,37	71	3.510	4,0	5,6	0,104	2,30	2,60	1,15	11,5
3/4	0,55	80	3.510	5,5	5,7	0,156	2,30	2,70	1,25	16,0
1,0	0,75	80	3.500	6,6	6,8	0,208	2,20	2,80	1,25	17,0
1800 rpm										
1/8	0,09	63	1.725	1,8	4,2	0,052	2,50	2,20	1,35	8,0
1/6	0,12	63	1.725	2,2	4,2	0,070	2,50	2,00	1,25	8,5
1/4	0,18	71	1.730	3,0	4,0	0,105	2,80	2,10	1,25	11,5
1/3	0,25	71	1.725	3,5	4,0	0,140	2,30	2,10	1,15	12,5
1/2	0,37	80	1.725	4,5	5,2	0,208	2,30	2,20	1,15	17,0
3/4	0,55	80	1.725	6,0	5,5	0,310	2,30	2,40	1,15	18,0



• TIPO CAPACITOR PERMANENTE

Rotor gaiola

Proteção IP54

Isolamento classe B (130°C)

Tensão: 120V ou 220V

POTÊNCIA		CARCAÇA ABNT IEC	rpm	CORENTE NOMINAL EM 220 V I _n (A) ¹	CORRENTE DE PARTIDA I _p /I _n	CONJUGADO NOMINAL C _n (kgf/m)	CONJUGADO DE PARTIDA C _p /C _n	CONJUGADO MÁXIMO C _{máx} /C _n	CAPACITOR PERMANENTE (µf)		PESO APROX. kg
cv	kW								120V	220 V	
3600 rpm											
1/8	0,09	63	3.400	1,00	3,0	0,026	0,77	2,2	10	3	6,0
1/6	0,12	63	3.380	1,20	3,2	0,035	0,75	2,0	16	5	6,0
1/4	0,18	63	3.400	1,70	3,5	0,053	0,85	2,0	25	7	6,5
1/3	0,25	63	3.430	2,30	3,9	0,070	0,78	2,1	30	7	6,5
1/2	0,37	71	3.410	3,00	3,6	0,105	0,60	1,9	35	10	7,0
3/4	0,55	71	3.400	4,40	3,7	0,158	0,47	2,0	40	10	9,5
1800 rpm											
1/12	0,06	63	1.670	0,85	2,0	0,036	0,95	1,8	10	3	6,0
1/8	0,09	63	1.650	1,00	2,0	0,054	0,82	1,8	16	5	6,5
1/6	0,12	63	1.630	1,30	2,2	0,073	0,68	1,7	20	5	6,5
1/4	0,18	63	1.640	1,90	2,1	0,110	0,65	1,7	25	7	6,5
1/3	0,25	71	1.650	2,40	2,5	0,145	0,68	1,8	30	7	8,0
1/2	0,37	71	1.610	3,40	2,4	0,222	0,58	1,6	35	10	10,5
3/4	0,55	80	1.680	4,60	2,8	0,320	0,43	1,8	40	10	13,0

¹ Para obter a corrente em 110 V multiplicar por 2.