

MAQ – Máquinas Elétricas e Acionamentos

**Curso Técnico em Eletroeletrônica
Prof. Fregoneze - 2019**



MOTORES EM CA - Monofásicos

Os motores monofásicos possuem apenas um conjunto de bobinas, e sua alimentação é feita por uma única fase de CA. Dessa forma, eles absorvem energia elétrica de uma rede monofásica e transformam-na em energia mecânica.

Os motores monofásicos são empregados para cargas que necessitam de motores de pequena potência como, por exemplo, motores para ventiladores, geladeiras, furadeiras portáteis etc.

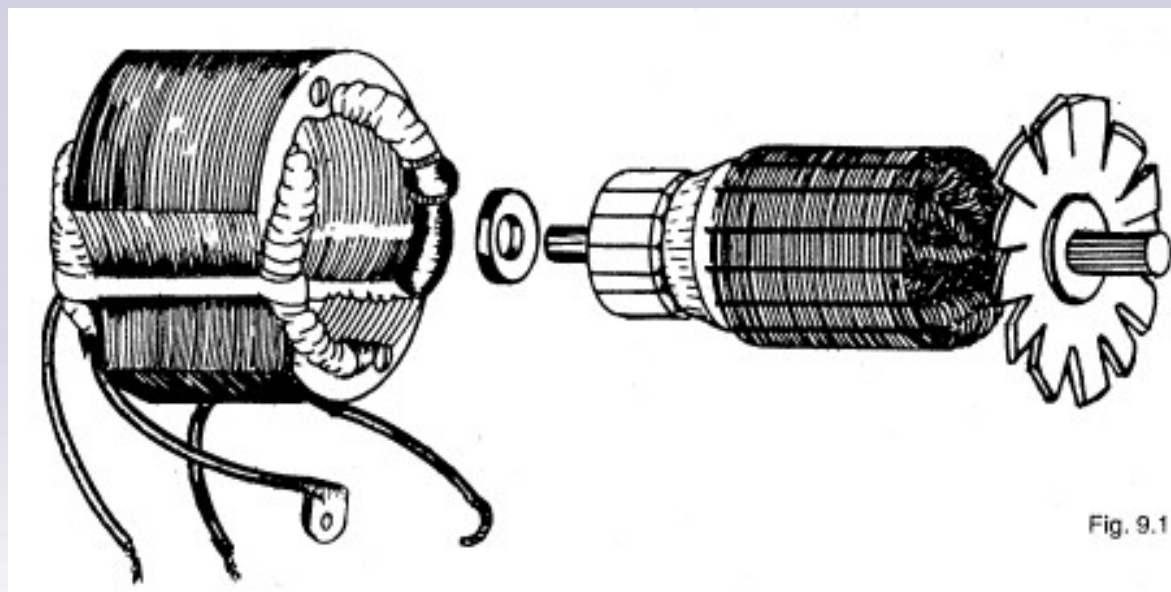
Tipos de motores monofásicos:

- Motor Universal;
- Motor de indução.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor Universal:

Os motores do tipo universal podem funcionar tanto em CC como em CA, daí a origem de seu nome.



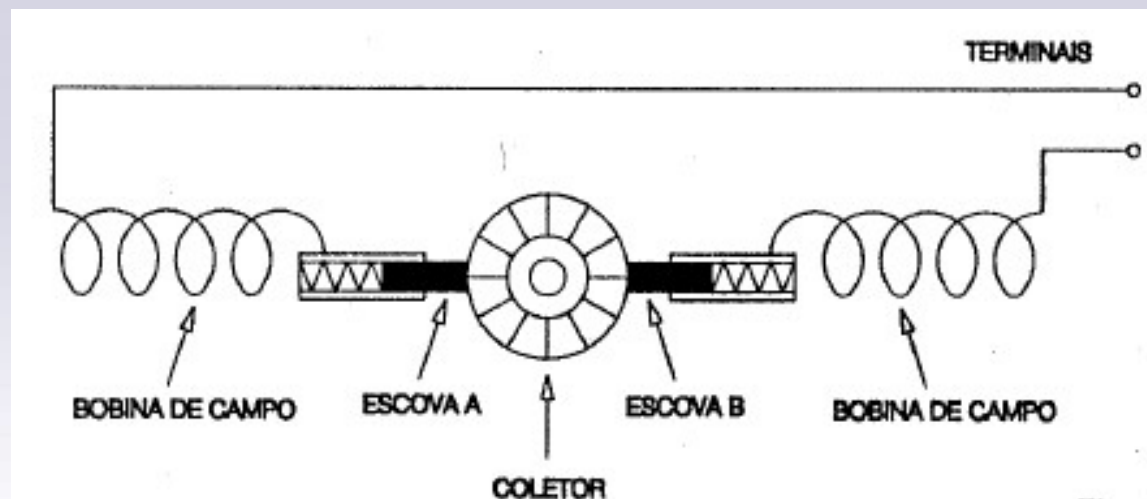
Estator

Rotor

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor Universal:

O motor universal é o único motor monofásico cujas bobinas do estator são ligadas eletricamente ao rotor por meio de dois contatos deslizantes (escovas). Esses dois contatos, por sua vez, ligam em série o estator e o rotor.



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor Universal:

É possível inverter o sentido do movimento de rotação desse tipo de motor, invertendo-se apenas as ligações das escovas, ou seja, a bobina ligada à escova A deverá ser ligada à escova 8 e vice-versa.

Os motores universais apresentam conjugado de partida elevado e tendência a disparar, mas permitem variar a velocidade quando o valor da tensão de alimentação varia. Sua potência não ultrapassa a 500W ou 0,75cv e permite velocidade de 1500 a 15000rpm.

Esse tipo de motor é o motor de CA mais empregado e está presente em máquinas de costura, liquidificadores, enceradeiras e outros eletrodomésticos, e também em máquinas portáteis, como furadeiras, lixadeiras e serras.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor Universal - Funcionamento:

A construção e o princípio de funcionamento do motor universal são iguais ao do motor em série de CC.

Quando o motor universal é alimentado por corrente alternada, a variação do sentido da corrente provoca variação no campo, tanto do rotor quanto do estator. Dessa forma, o conjugado continua a girar no mesmo sentido inicial, não havendo inversão do sentido da rotação.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de Indução:

Os motores monofásicos de indução possuem um único enrolamento no estator. Esse enrolamento gera um campo magnético que se alterna juntamente com as alternâncias da corrente. Neste caso, o movimento provocado não é rotativo.



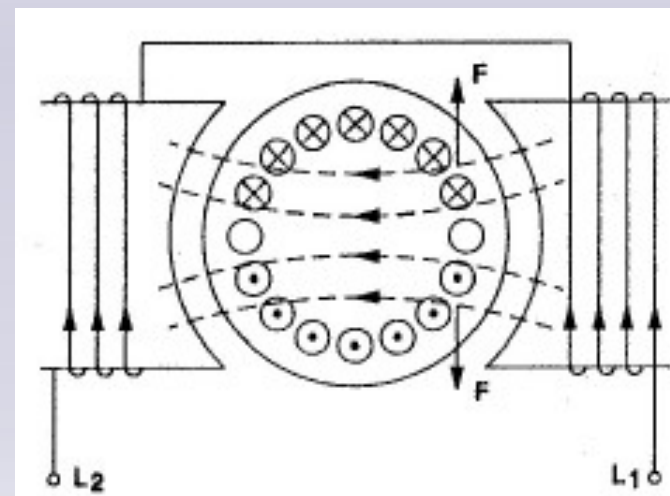
MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de Indução - Funcionamento:

Quando o rotor estiver parado, o campo magnético do estator, ao se expandir e se contrair, induz correntes no rotor.

O campo gerado no rotor é de polaridade oposta à do estator. Assim, a oposição dos campos exerce um conjugado nas partes superior e inferior do rotor, o que tenderia a girá-lo 180° de sua posição original.

Como o conjugado é igual em ambas as direções, pois as forças são exercidas pelo centro do rotor e em sentidos contrários, o rotor continua parado.



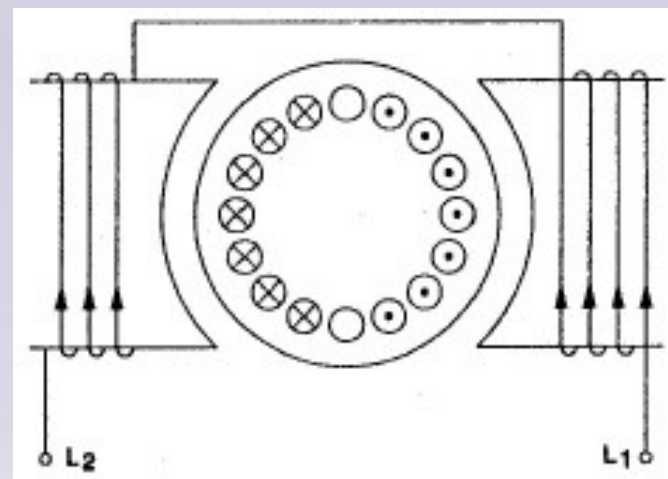
MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de Indução - Funcionamento:

Se o rotor estiver girando, ele continuará giro na direção inicial, já que o conjugado será ajudado pela inércia do rotor e pela indução de seu campo magnético. Como o rotor está girando, a defasagem entre os campos magnéticos do rotor e do estator não será mais que 180° .

Desta forma para dar ao giro inicial de um Motor de Indução Monofásico, utilizamos 2 tipos de partida:

- partida de campo distorcido – **Motor de campo distorcido;**
- partida de fase auxiliar com capacitor – **Motor de fase auxiliar.**



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de campo distorcido:

O motor de campo distorcido constitui-se pôr um rotor do tipo gaiola de esquilo e por um estator semelhante ao do motor universal. Contudo, no motor de campo destorcido, existe na sapata polar uma ranhura onde fica alojado um anel de cobre ou espira em curto-circuito. Por isso, este motor é conhecido também como motor de anel ou de espira em curto-circuito.

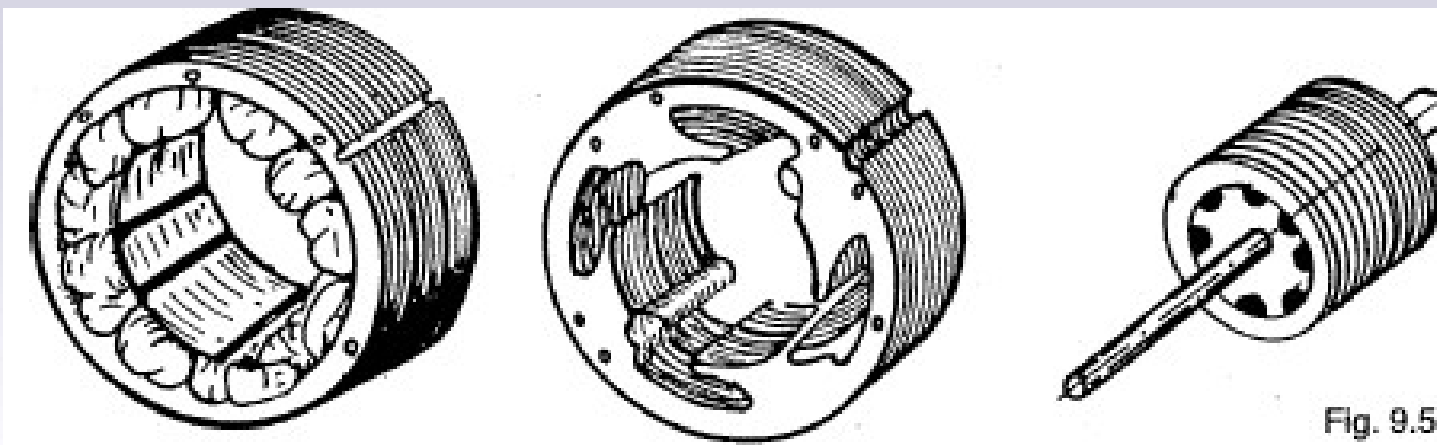
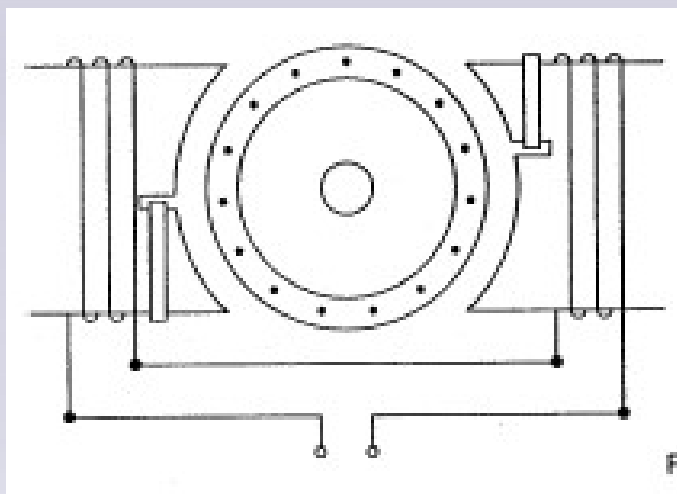


Fig. 9.5

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de campo distorcido:

Uma vez que, no motor de campo destorcido, o rotor é do tipo gaiola de esquilo, todas as ligações encontram-se no estator.



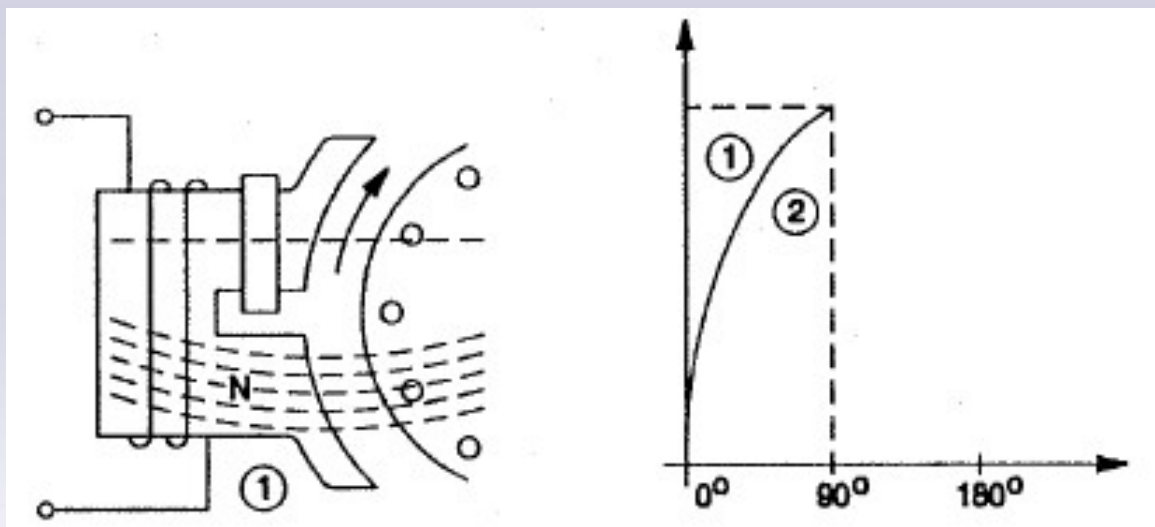
Esse tipo de motor não é reversível. Sua potência máxima é de 300W ou 0,5cv; a velocidade é constante numa faixa de 900 a 3400rpm, de acordo com a frequência da rede e o número de pólos do motor.

Esses motores são usados, por exemplo, em ventiladores, secadores de cabelo, etc.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de campo distorcido – Funcionamento (0 – 90°):

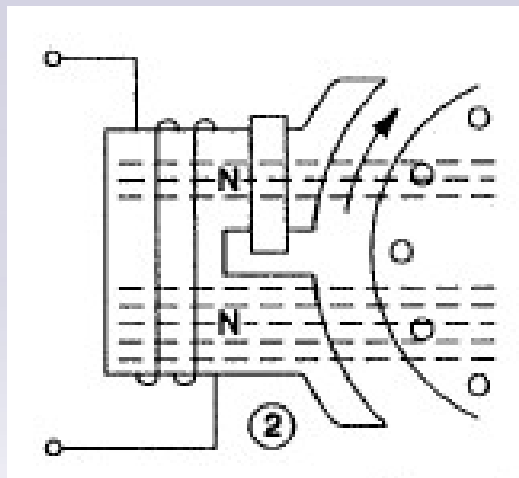
Quando o campo magnético do estator começa a aumentar (a partir de zero – 0°) as linhas de força cortam o anel em curto. A corrente induzida no anel gera um campo magnético que tende a se opor ao campo principal.



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de campo distorcido – Funcionamento (0 – 90°):

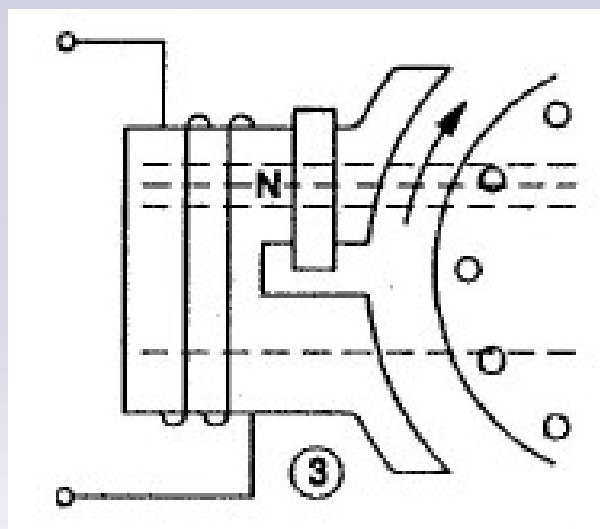
Com o aumento gradativo do campo até 90°, a maior parte das linhas de força fica concentrada fora da região do anel. Quando o campo atinge o máximo, ou seja, os 90°, não há campo criado pela bobina auxiliar, formada pelo anel, e ele se distribui na superfície da peça polar.



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de campo distorcido – Funcionamento ($90^\circ - 180^\circ$):

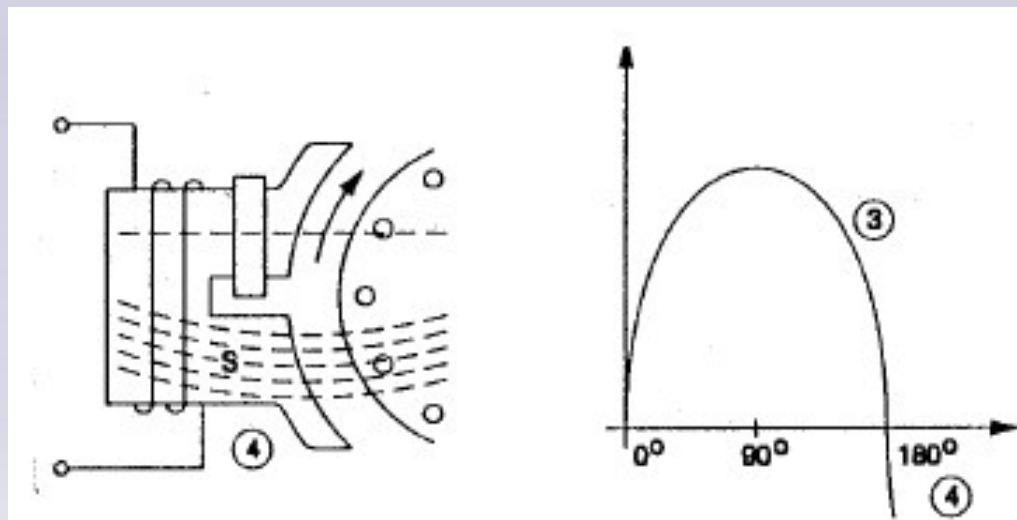
De 90° a 180° o campo vai se contraindo, e o campo da bobina auxiliar tende a se opor a essa contração, concentrando as linhas de força na região da bobina auxiliar.



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de campo distorcido – Funcionamento ($0^\circ - 180^\circ$):

De 0° a 180° o campo se movimenta ao longo da superfície polar, definindo assim o sentido de rotação.



De 180° a 360° o campo varia do mesmo modo que de 0° a 180° , porém em direção oposta. O movimento do campo produz um conjugado fraco, mas suficiente para dar partida ao motor. Como o conjugado é pequeno, esse tipo de motor é usado para alimentar cargas leves.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar:

O motor monofásico de fase auxiliar é o de mais larga aplicação. Sua construção mecânica é igual à dos motores trifásicos de indução.

Assim, no estator há dois enrolamentos: um de fio mais grosso e com grande número de espiras (enrolamento principal ou de trabalho), e outro de fio mais fino e com poucas espiras (enrolamento auxiliar ou de partida).



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar:

O enrolamento principal fica ligado durante todo o tempo de funcionamento do motor, mas o enrolamento auxiliar só atua durante a partida. Esse enrolamento é desligado ao ser acionado um dispositivo automático localizado parte na tampa do motor e parte no rotor.

Geralmente, um capacitor é ligado em série com o enrolamento auxiliar, melhorando desse modo o conjugado de partida do motor.



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar – Funcionamento:

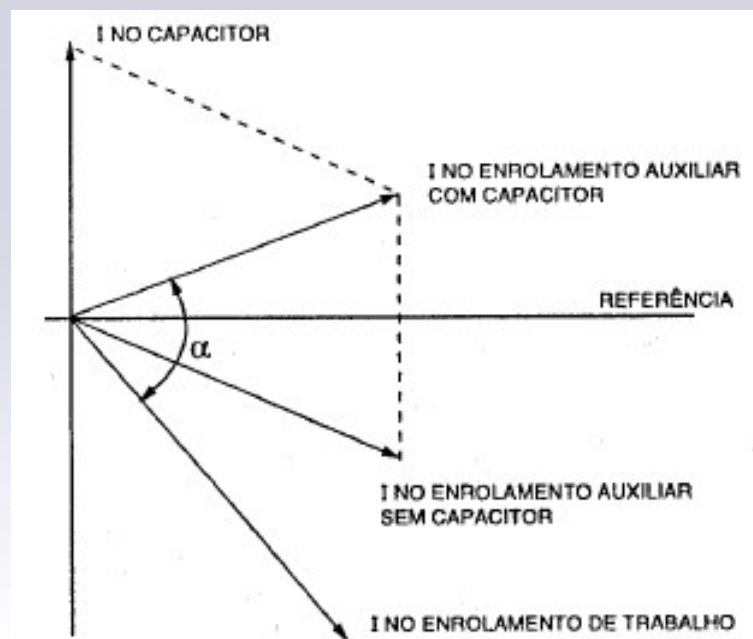
O motor monofásico de fase auxiliar funciona em função da diferença entre as indutâncias dos dois enrolamentos, uma vez que o número de espiras e a bitola dos condutores do enrolamento principal são diferentes em relação ao enrolamento auxiliar.

As correntes que circulam nesses enrolamentos são defasadas entre si. Devido à maior indutância no enrolamento de trabalho (principal), a corrente que circula por ele se atrasa em relação à que circula no enrolamento de partida (auxiliar), cuja indutância é menor.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar – Funcionamento:

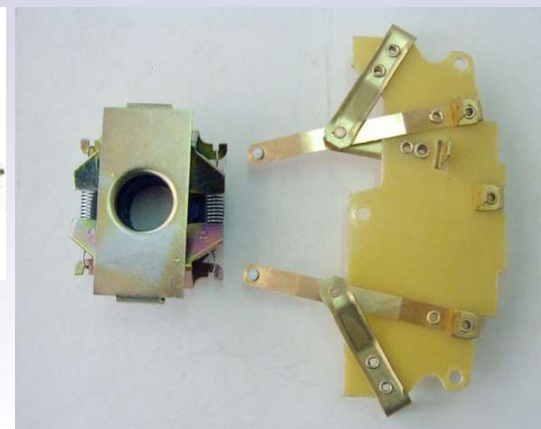
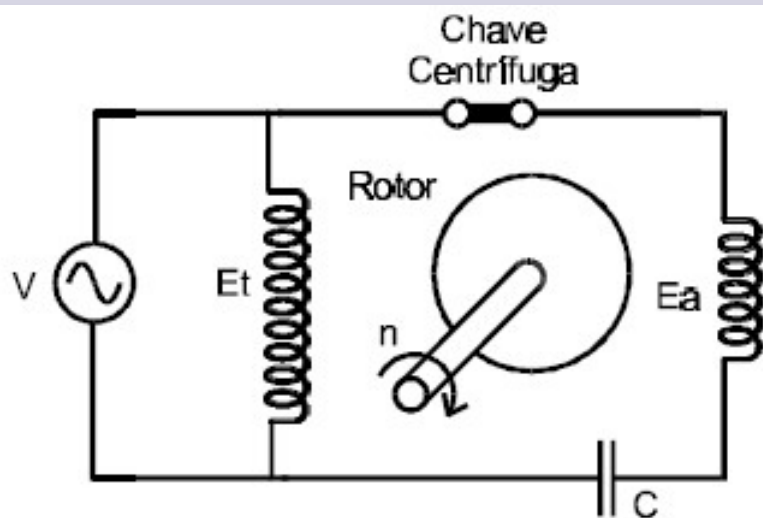
O capacitor colocado em série com o enrolamento tem a função de acentuar ainda mais esse efeito e aumentar o conjugado de partida. Isso aumenta a defasagem, aproximando-a de 90° e facilitando a partida do motor.



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar – Funcionamento:

Depois da partida, ou seja, quando o motor atinge aproximadamente 80% de sua rotação nominal, o interruptor automático se abre e desliga o enrolamento de partida. O motor, porém, continua funcionando normalmente.



MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar – Ligação:

Os motores monofásicos de fase auxiliar podem ser construídos com dois, quatro ou seis terminais de saída.

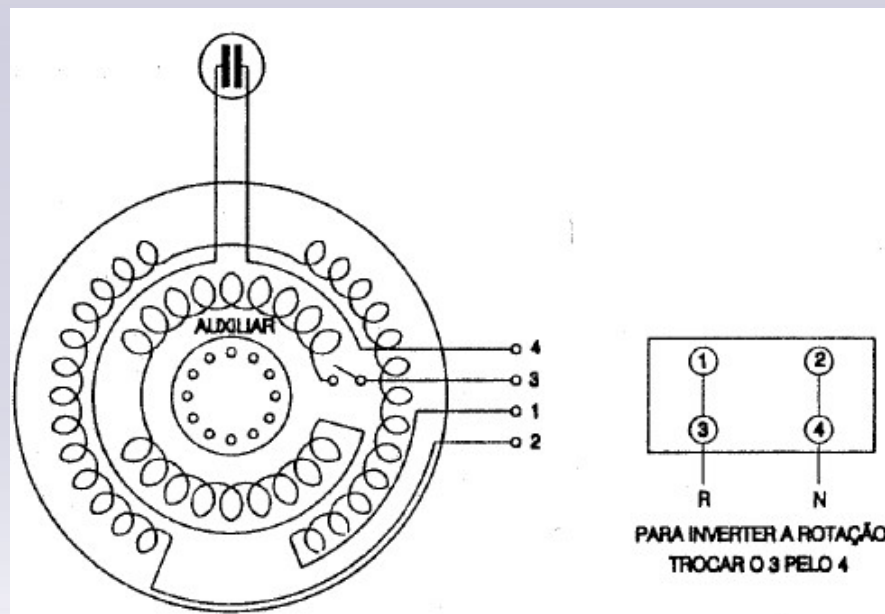
Os motores de dois terminais funcionam em uma tensão (110 ou 220V) e em um sentido de rotação.

Os de quatro terminais são construídos para uma tensão (110 ou 220V) e dois sentidos de rotação, os quais são determinados conforme a ligação efetuada entre o enrolamento principal e o auxiliar.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar – Ligação:

De modo geral, os terminais do enrolamento principal são designados pelos números 1 e 2 e os do auxiliar, por 3 e 4.



Para inverter o sentido de rotação, é necessário inverter o sentido da corrente no enrolamento auxiliar, isto é, trocar o 3 pelo 4.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar – Ligação:

Os motores de seis terminais são construídos para duas tensões (110 e 220V) e para dois sentidos de rotação.

Para a inversão do sentido de rotação, inverte-se o sentido da corrente no enrolamento auxiliar.

O enrolamento principal é designado pelos números 1, 2, 3 e 4 e o auxiliar por 5 e 6. Para a inversão do sentido de rotação, troca-se o terminal 5 pelo 6.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar – Ligação:

As bobinas do enrolamento principal são ligadas em paralelo, quando a tensão é de 110V e, em série, quando a tensão é de 220V.

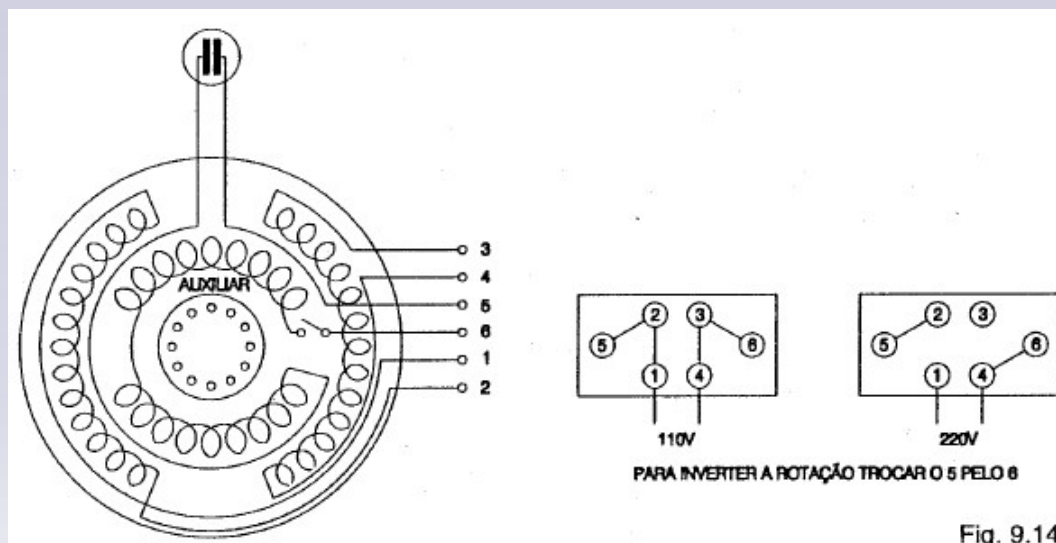


Fig. 9.14

O motor de fase auxiliar admite reversibilidade quando retiram-se os terminais do enrolamento auxiliar para fora com cabos de ligação. Admite também chave de reversão, mas nesse caso, a reversão só é possível com o motor parado.

MOTORES EM CA - Monofásicos

Motor de fase auxiliar:

A potência desse motor varia de 1/6cv até 1cv, mas para trabalhos especiais existem motores de maior potência.

A velocidade desse tipo de motor é constante e, de acordo com a frequência e o número de pólos, pode variar de 1425 a 3515rpm.



MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor Trifásico:

Os motores trifásicos de CA funcionam sob o mesmo princípio dos motores monofásicos, ou seja, sob a ação de um campo magnético rotativo gerado no estator, provocando com isto uma força magnética no rotor. Esses dois campos magnéticos agem de modo conjugado, obrigando o rotor a girar.

A velocidade dos motores de CA é determinada pela frequência da fonte de alimentação, o que propicia excelentes condições para seu funcionamento a velocidades constantes.

Os motores trifásicos de CA são de dois tipos:

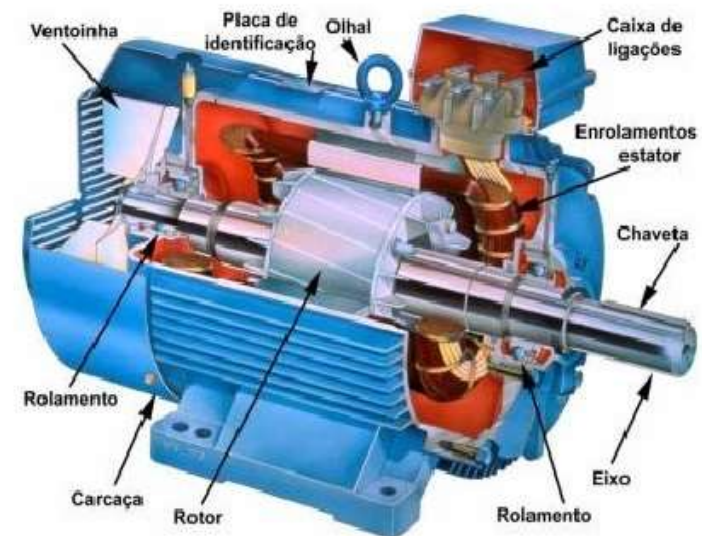
- **Motores Assíncronos;**
- **Motores Síncronos.**

MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT):

O motor assíncrono de CA é o mais empregado por ser de construção simples, resistente e de baixo custo. O rotor desse tipo de motor possui uma parte autossuficiente que não necessita de conexões externas.

Esse motor também é conhecido como Motor de Indução Trifásico (MIT), porque as correntes de CA são induzidas no circuito do rotor pelo campo magnético rotativo do estator.

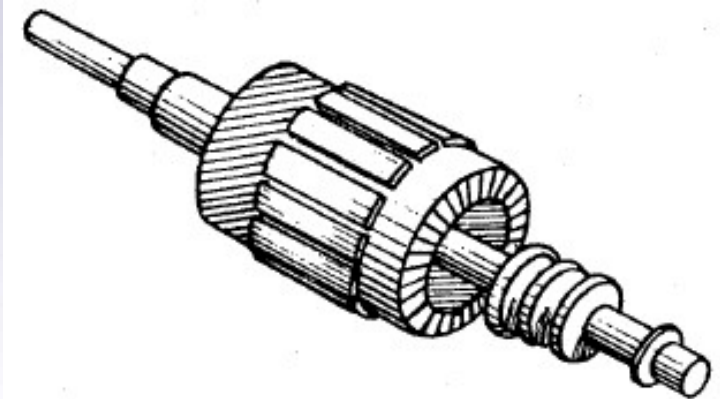
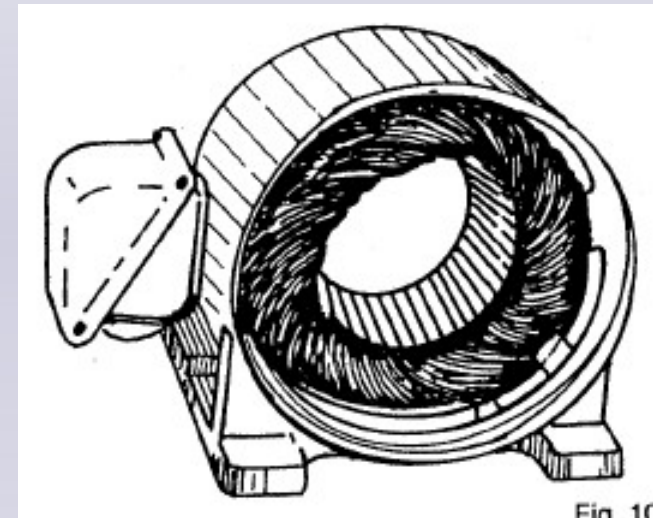


MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT):

No estator do motor assíncrono de CA estão alojados três enrolamentos referentes às três fases. Estes três enrolamentos estão montados com uma defasagem de 120° .

O rotor é constituído por um cilindro de chapas em cuja periferia existem ranhuras onde o enrolamento rotórico é alojado.



MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT) - Funcionamento:

Quando a corrente alternada trifásica é aplicada aos enrolamentos do estator do motor assíncrono de CA, produz-se um campo magnético rotativo (campo girante).

A abaixo, mostra a ligação interna de um estator trifásico em que as bobinas (fases) estão defasadas em 120° e ligadas em triângulo.

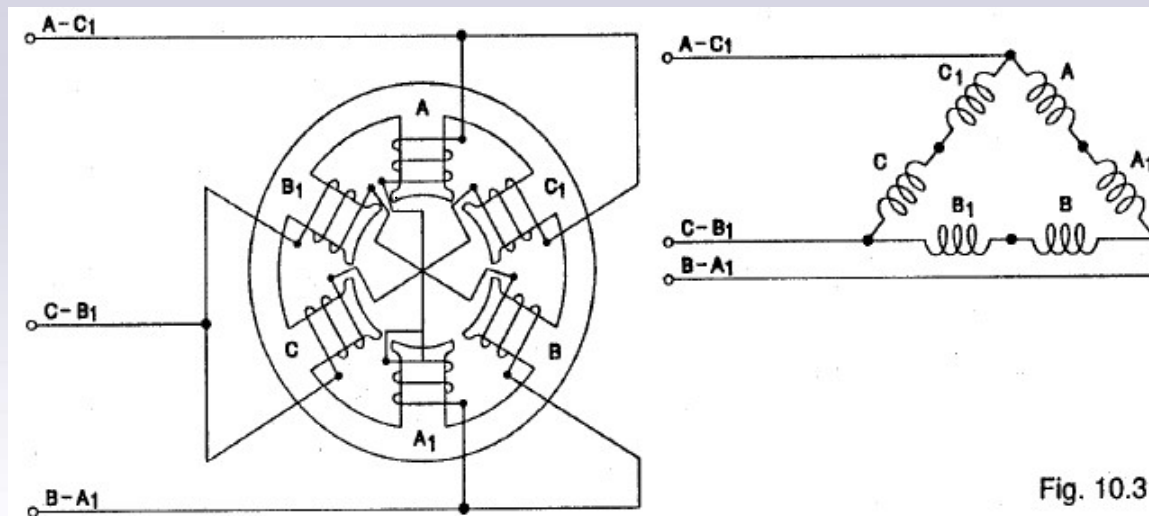


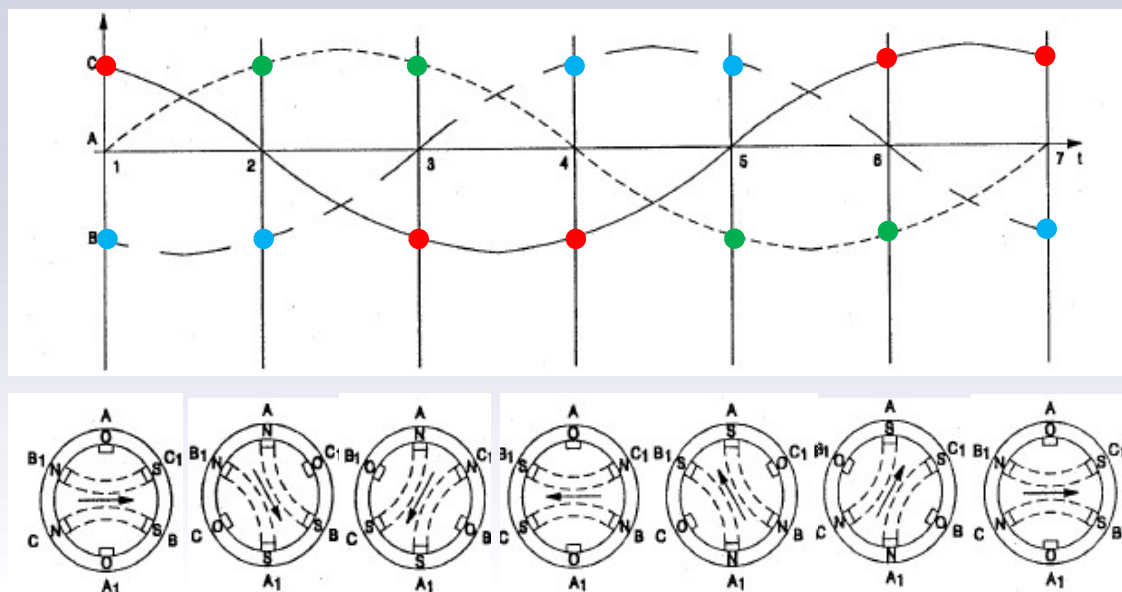
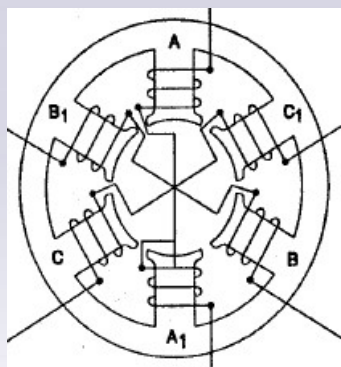
Fig. 10.3

MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT) - Funcionamento:

Como as correntes nos três enrolamentos estão com uma defasagem de 120° os três campos magnéticos apresentam também a mesma defasagem.

Os três campos magnéticos individuais combinam-se e disso resulta um campo único cuja posição varia com o tempo. Esse campo único, giratório, é que vai agir sobre o rotor e provocar seu movimento.



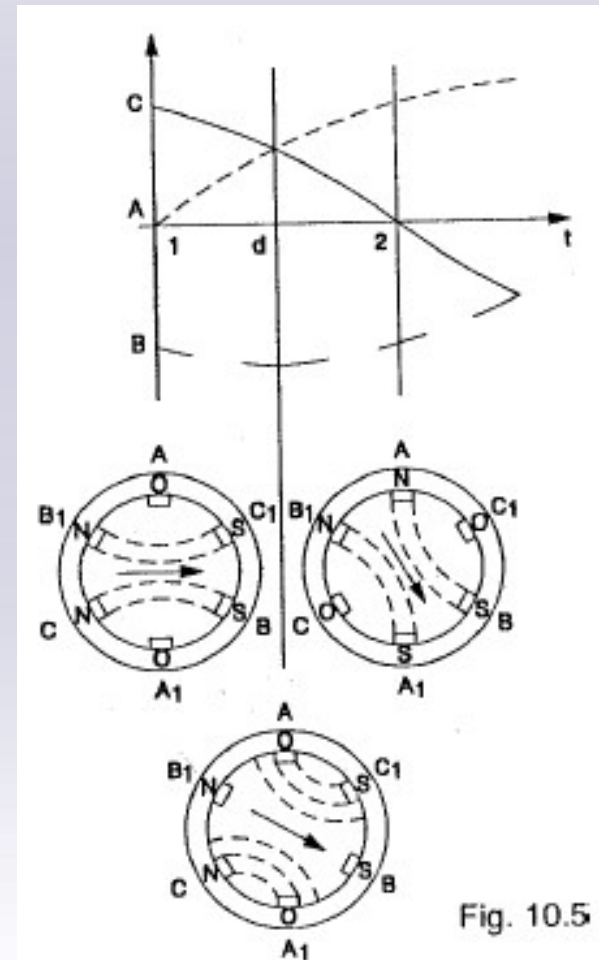
MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT) - Funcionamento:

Quando um momento intermediário (d) é analisado, vemos que nesse instante as correntes O e A têm valores iguais e o mesmo sentido positivo.

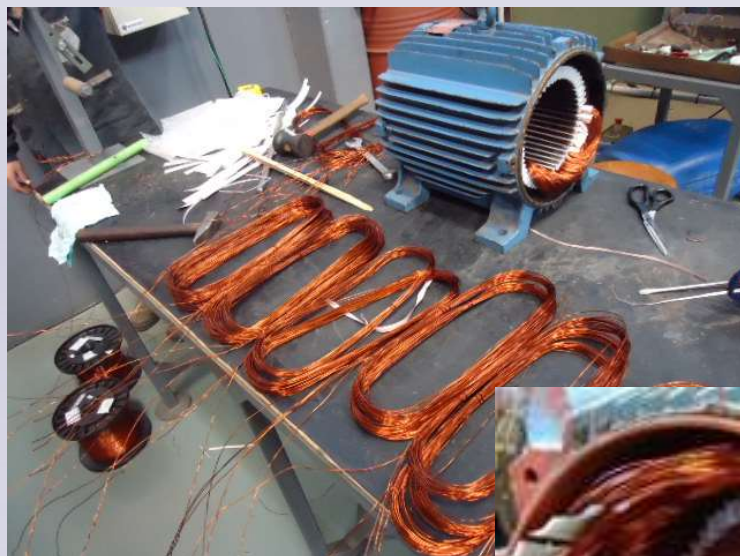
A corrente B, por sua vez, tem valor máximo e sentido negativo.

Como resultado, a direção do campo fica numa posição intermediária entre as posições dos momentos 1 e 2.



MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT):



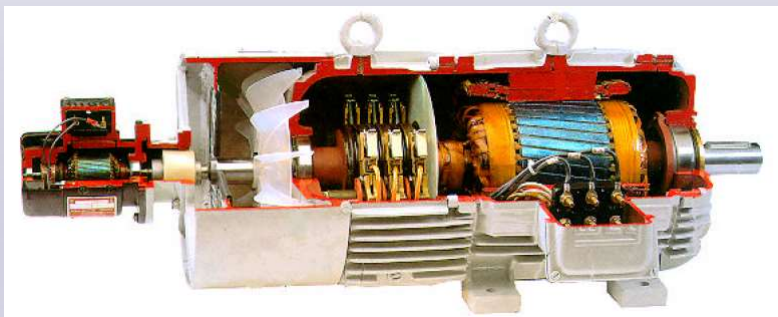
MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT):



MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT):



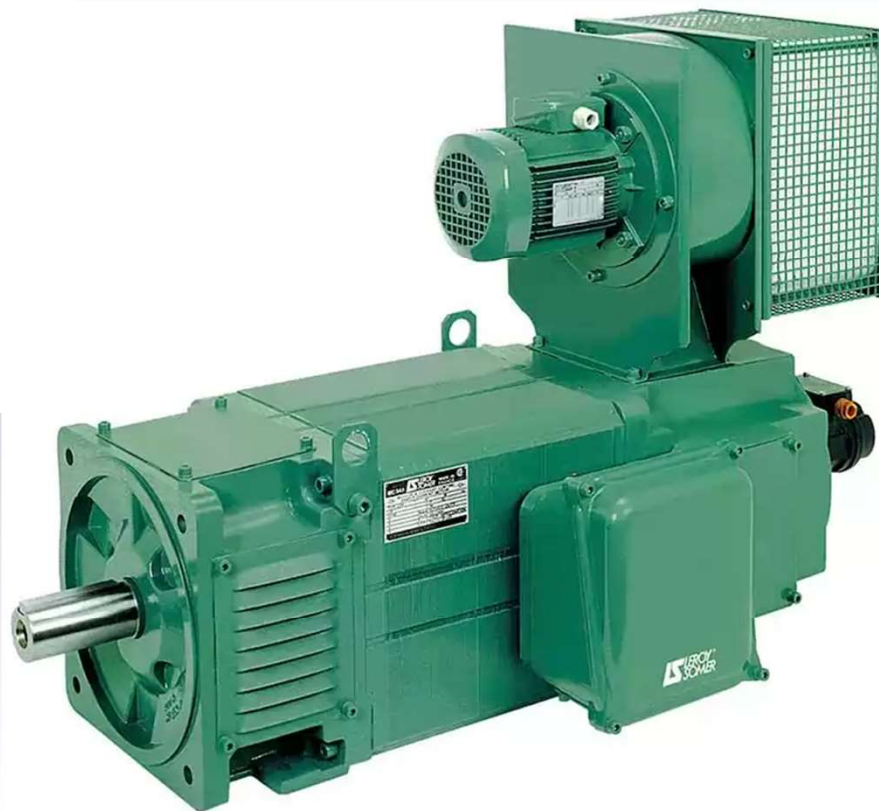
MOTORES EM CA - Trifásicos

Motor de Indução Trifásico (MIT):



MOTORES EM CC

Motor de Corrente Contínua:



MOTORES EM CC

Motor de Corrente Contínua:



Bobina de Campo (Estator)

MOTORES EM CC

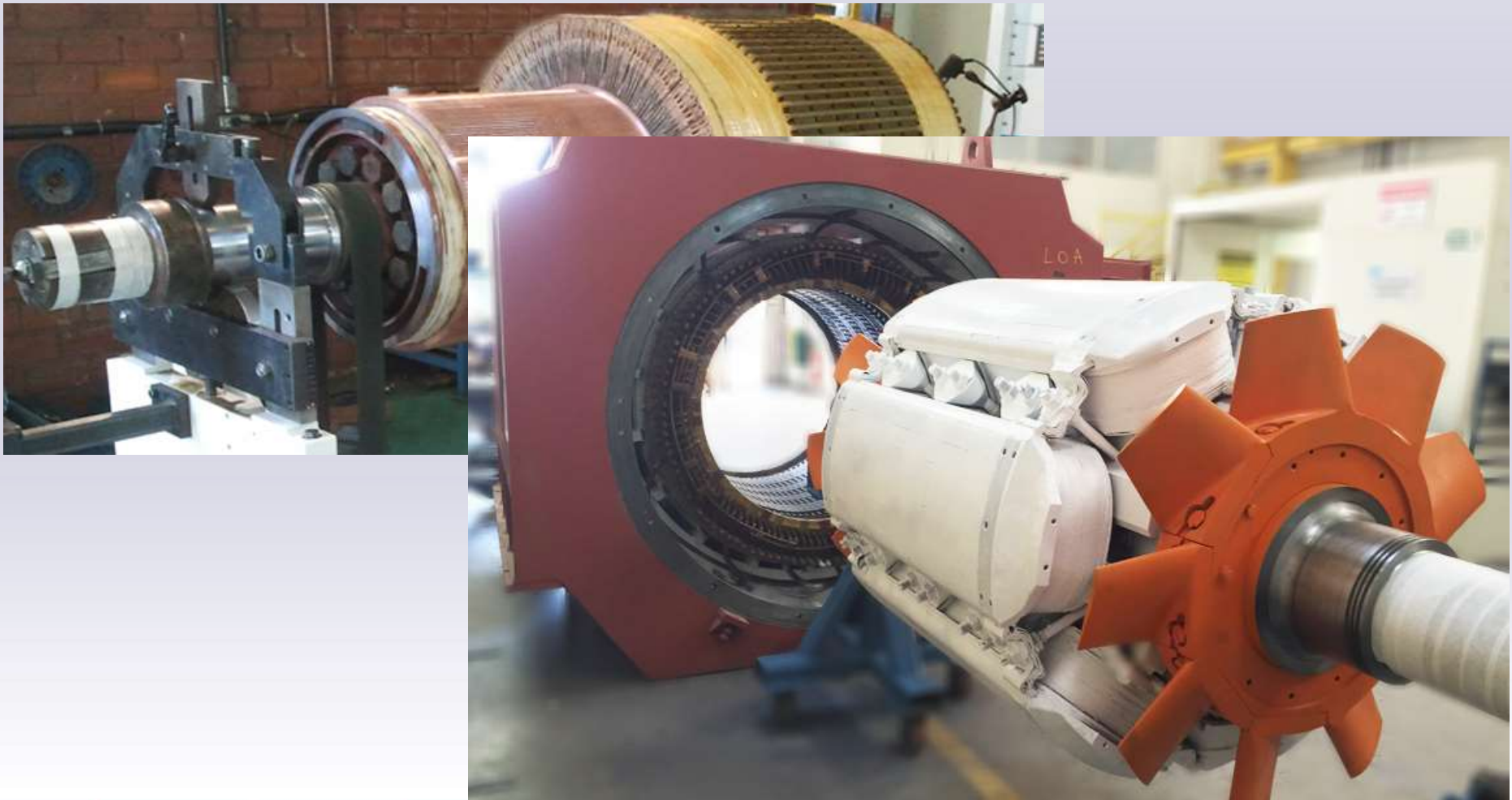
Motor de Corrente Contínua:



Bobina de Armadura (Rotor)

MOTORES EM CC

Motor de Corrente Contínua:



MOTORES EM CC

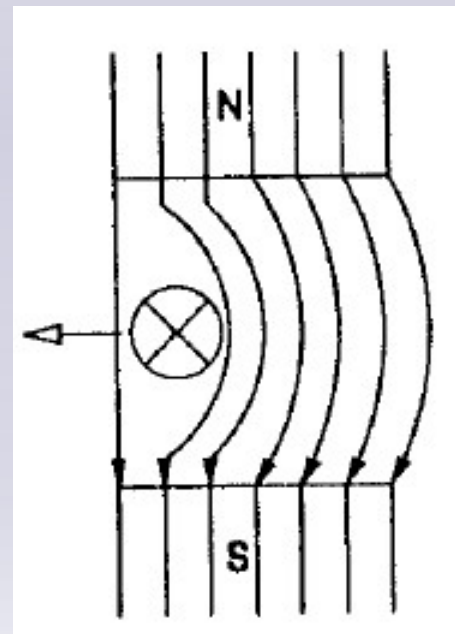
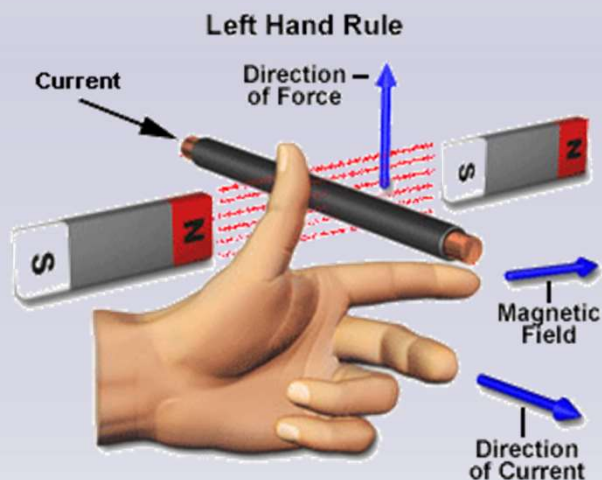
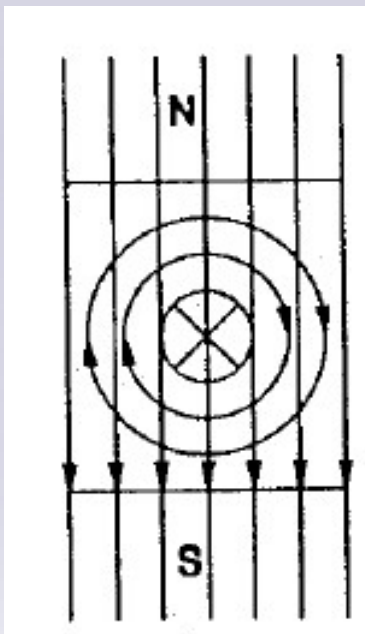
Motor de Corrente Contínua - Funcionamento:

O funcionamento do motor de corrente contínua baseia-se no princípio da reação de um condutor, colocado num campo magnético fixo, ao ser percorrido por uma corrente elétrica (Regra da Mão Esquerda – Força de Lorentz)

A interação entre o campo magnético fixo e o campo magnético produzido pela corrente, que circula no condutor, provoca o aparecimento de uma força. É essa força que expulsa o condutor para fora do campo magnético fixo.

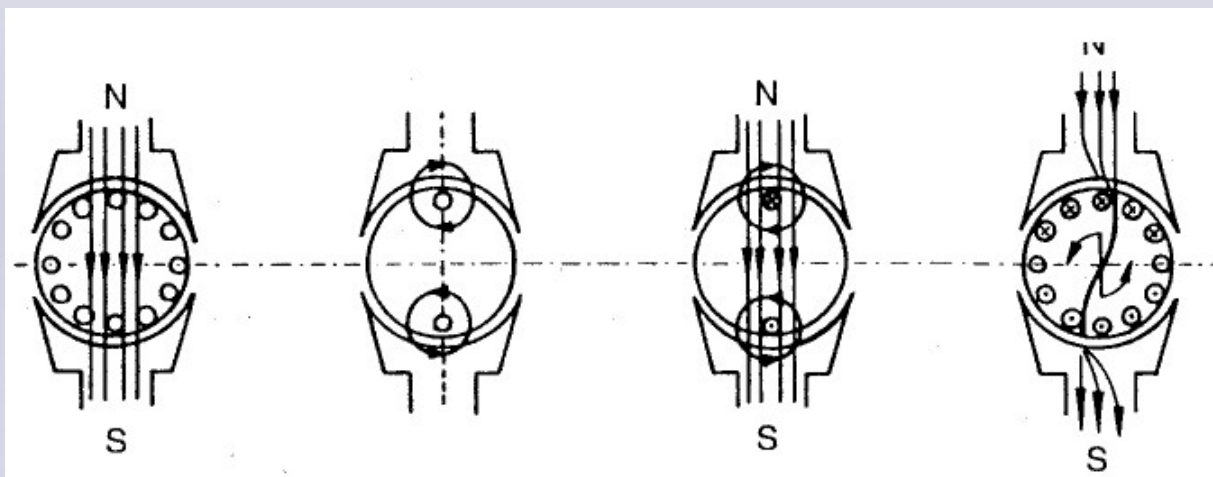
MOTORES EM CC

Motor de Corrente Contínua - Funcionamento:



MOTORES EM CC

Motor de Corrente Contínua - Funcionamento:

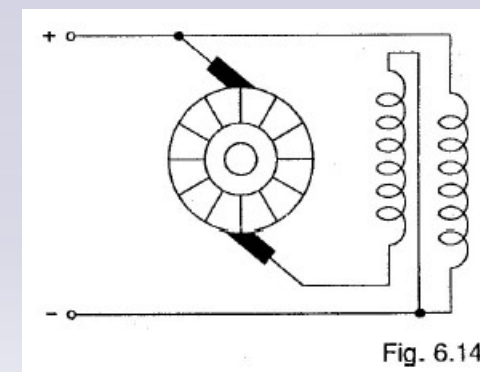
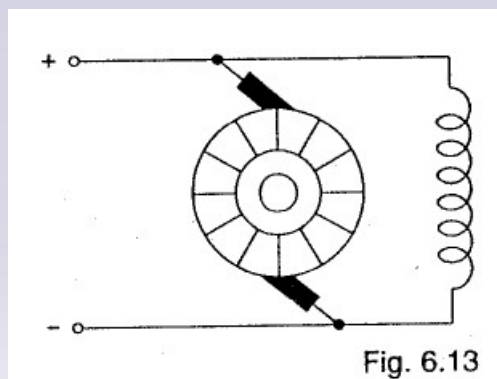
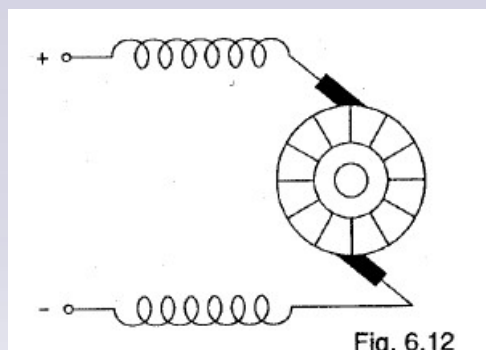


Podemos observar que a corrente que circula pela espira faz este movimento nos dois sentidos: por um lado, a corrente está entrando e, por outro, saindo. Isso provoca a formação de duas forças contrárias de igual valor (binário), das quais resulta um movimento de rotação (conjugado), uma vez que a espira está presa à armadura e suspensa por mancal.

MOTORES EM CC

Motor de Corrente Contínua – Tipos:

Os motores CC são classificados segundo o tipo de ligação de seus campos, ou seja: motor de CC em série, motor de CC em paralelo, motor de CC misto.

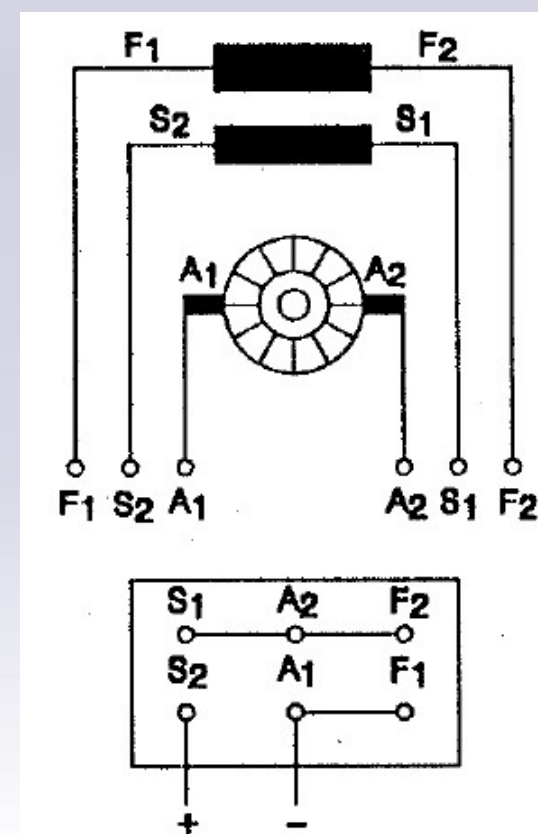


MOTORES EM CC

Motor de Corrente Contínua – Terminais:

Os bornes da placa de ligação das máquinas de CC obedecerão a uma nomenclatura normalizada.

Elementos	NORMAS	
	DIN	ASA
Armatura ou Induzido	A.B	A1 A2
Campo de derivação	C.D	F1 F2
Campo em série	E.F	S1 S2



Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

Características do ambiente – Atmosfera ambiente

Graus de proteção

Os invólucros dos equipamentos elétricos, conforme as características do local em que serão instalados e de sua acessibilidade, devem oferecer um determinado grau de proteção (NBR IEC 60034-5:2009)

1º ALGARISMO	
ALGARISMO	INDICAÇÃO
0	Sem proteção
1	Corpos estranhos de dimensões acima de 50mm
2	Corpos estranhos de dimensões acima de 12mm
3	Corpos estranhos de dimensões acima de 2,5mm
4	Corpos estranhos de dimensões acima de 1,0mm
5	Proteção contra acúmulo de poeiras prejudiciais ao motor
6	Totalmente protegido contra a poeira



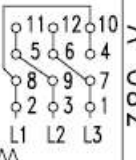
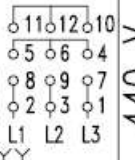
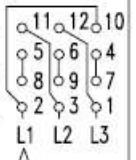




1º Algarismo indica o grau de proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos e contato acidental

2º ALGARISMO	
ALGARISMO	INDICAÇÃO
0	Sem proteção
1	Pingos de água na vertical
2	Pingos de água até a inclinação de 15º com a vertical
3	Água de chuva até a inclinação de 60º com a vertical
4	Respingos de todas as direções
5	Jatos d'água de todas as direções
6	Água de vagalhões
7	Imersão temporária
8	Imersão permanente

2º Algarismo indica o grau de proteção contra penetração de água no interior

Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

Características construtivas – Placa de Identificação

		ALTO Plus			
RENDIMENTO		NBR7094			
~ 3 132S		25MAR04		BM20035	
MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA		Hz 60		CAT N	
INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE					
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760			
FS 1.15	ISOL B Δ†	K	Ip/In 7.8	IP55	
SF					
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A			
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C		ALT 1000 m	
REND.%= 91.0		COSφ= 0.82		SFA	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>220 V</p>  <p>ΔΔ</p> </div> <div> <p>380 V</p>  <p>YY</p> </div> <div> <p>440 V</p>  <p>Δ</p> </div> </div> <p>Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA</p>					
 <p>→ 6308-ZZ</p>		MOBIL POLYREX EM		64 Kg	
 <p>→ 6207-ZZ</p>					
00293		 <p>NBR7094</p>			
		REGULAMENTO - RESP/004-MOT			
		RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA			
		APROVADOS PELO INMETRO			

Linha 1: ~ Alternado.
3 Trifásico.
132S Modelo da carcaça
25MAR04 Data de fabricação.
BM20035 Nº de série do motor (certidão de nascimento).

Linha 2: Motor de Indução - Gaiola Tipo de motor
Hz 60 Frequência de 60Hz
CAT N Categoria de Conjugado N

Linha 3: kW(cv) 7.5(10) Potência nominal do motor: 7.5kW (10cv)
RPM 1760 Rotação nominal do motor: 1760rpm

Linha 4: FS 1.15 Fator de serviço: 1.15
ISOL B Classe de isolamento: B
Δ† K Elevação de temperatura *
Ip/In 7,8 Relação de corrente de partida pela nominal: 7,8
IP55 Grau de proteção

* Quando não houver marcação, a elevação de temperatura é a normalizada.
Para classe de isolamento B, a elevação de temperatura é 80K.

Linha 5: 220/380/440 V Tensões nominais de operação:
220V, 380V ou 440V
26,4/15,3/13,2 A Correntes nominais de operação:
26,4A em 220V, 15,3A em 380V e
13,2A em 440V

Linha 6: REG S1 Regime de serviço S1: Contínuo
MÁX AMB Máxima temperatura ambiente **
ALT m Altitude máxima **

** Quando não houver marcação, a temperatura ambiente máxima é 40°C e a altitude máxima é 1000m.

Linha 7: REND.% Rendimento do motor em condições nominais
cos φ Fator de potência do motor em condições nominais
SFA Corrente no fator serviço, quando maior que 1,15.

Linha 8: ΔΔ Esquema de ligação para tensão nominal de 220V
YY Esquema de ligação para tensão nominal de 380V
Δ Esquema de ligação para tensão nominal de 440V

Linha 9: 6308-ZZ Tipo de rolamento dianteiro
6207-ZZ Tipo de rolamento traseiro
MOBIL POLYREX EM Tipo de graxa utilizada nos rolamentos
64 Kg Peso do motor

Linha 10: Caracteriza a participação do produto no Programa Brasileiro de Etiquetagem, coordenado pelo INMETRO e PROCEL.

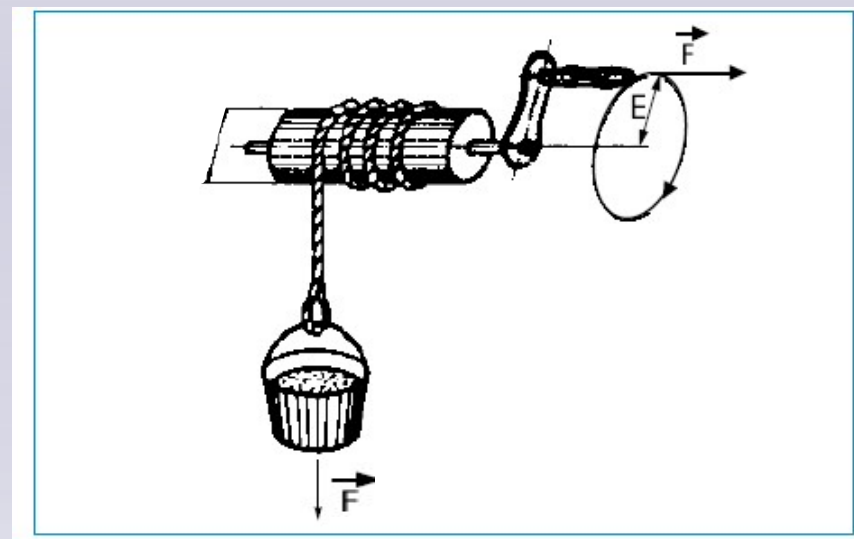
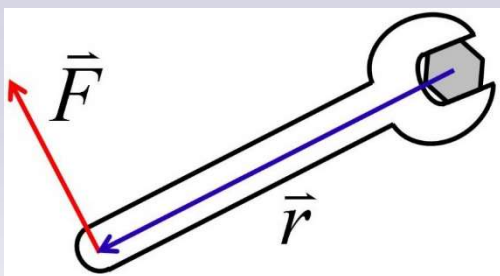
Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

- Energia (Trabalho - T);

$$W = F \cdot d \text{ (N . m)} \quad \text{OBS.: } 1\text{Nm} = 1\text{J} = W \cdot \Delta t$$

- Torque (Conjugado);

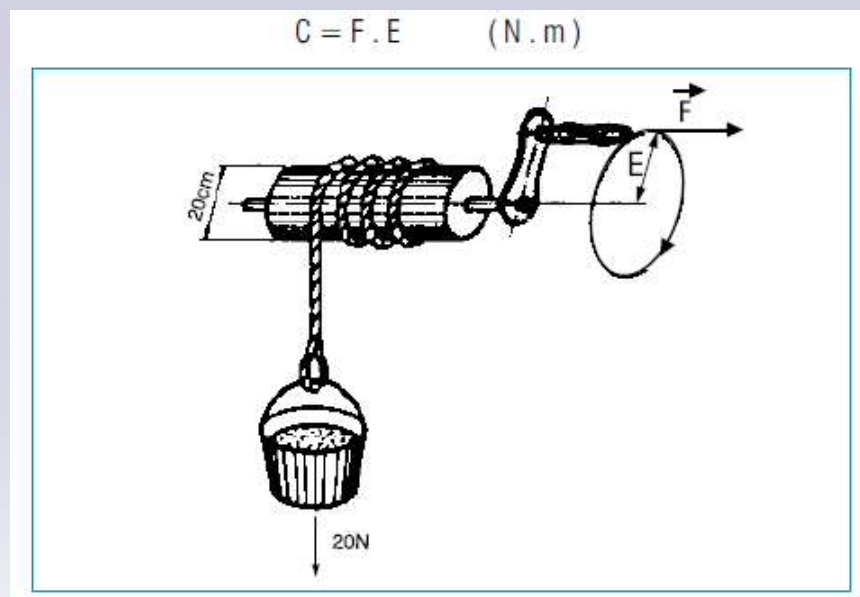
$$C = F \cdot r \text{ (N . m)}$$



Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

Conjugado

O conjugado (também chamado torque, momento ou binário) é a medida do esforço necessário para girar um eixo.



$$C = 20\text{N} \times 0,10\text{m} = 10\text{N} \times 0,20\text{m} = 5\text{N} \times 0,40\text{m} = 2,0\text{Nm}$$

Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

Energia e Potência mecânica

A potência mede a “velocidade” com que a energia é aplicada ou consumida. No exemplo anterior, se o poço tem 24,5 metros de profundidade, a energia gasta, ou trabalho realizado para trazer o balde do fundo até a boca do poço é sempre a mesma, valendo $20\text{N} \times 24,5\text{m} = 490\text{Nm}$

$$W = F \cdot d \text{ (N . m)}$$

$$\text{OBS.: } 1\text{Nm} = 1\text{J} = W \cdot \Delta t$$

A potência exprime a rapidez com que esta energia é aplicada e se calcula dividindo a energia ou trabalho total pelo tempo gasto em realizá-lo. Assim, se usarmos um motor elétrico capaz de erguer o balde de água em 2,0 segundos, a potência necessária será:

Para 2 seg

$$P_1 = \frac{490}{2,0} = 245\text{W}$$

Para 1,3 seg

$$P_2 = \frac{490}{1,3} = 377\text{W}$$

Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

Energia e Potência mecânica

A unidade mais usual para medida de potência mecânica é o cv (cavalo vapor), equivalente a 736W. Então as potências dos dois motores acima serão:

$$P_1 = \frac{245}{736} = \frac{1}{3} \text{ cv} \quad P_2 = \frac{377}{736} = \frac{1}{2} \text{ cv}$$

$$P_{\text{mec}} = \frac{F \cdot d}{t} \quad (\text{W})$$

como, 1cv = 736W

então,

$$P_{\text{mec}} = \frac{F \cdot d}{736 \cdot t} \quad (\text{cv})$$

Relação entre unidades de potência

$P \text{ (kW)} = 0,736 \cdot P \text{ (cv)}$ ou

$P \text{ (cv)} = 1,359 \cdot P \text{ (kW)}$

Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

- **Potência Mecânica;**

$$Pot_m = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{\Delta E_m}{\Delta t}$$

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$
$$W = P \cdot \Delta t$$

- **Potência Elétrica;**

$$P_{entrada} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$$

- **Rendimento;**

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}, \text{ onde } (0 \leq \eta \leq 1)$$

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$

$$1 \text{ KW} = 1,359 \text{ CV}$$

$$1 \text{ KW} = 1,341 \text{ HP}$$

$$1 \text{ CV} = 0,986 \text{ HP}$$

$$1 \text{ HP} = 1,013 \text{ CV}$$

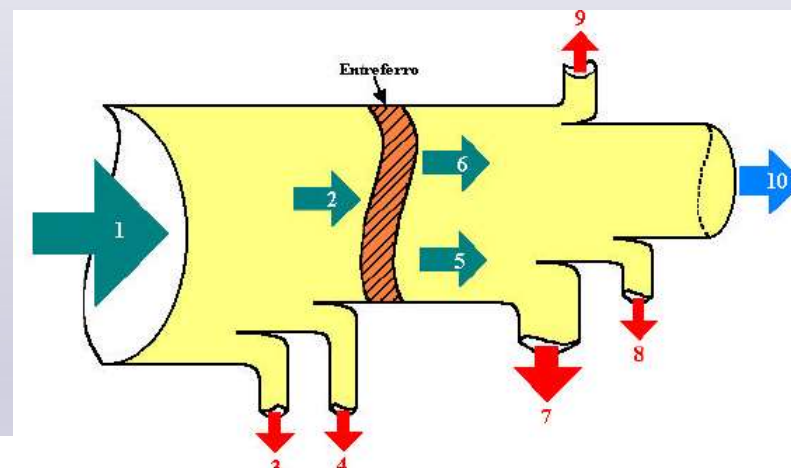
Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

- Rendimento;**

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}, \text{ onde } (0 \leq \eta \leq 1)$$

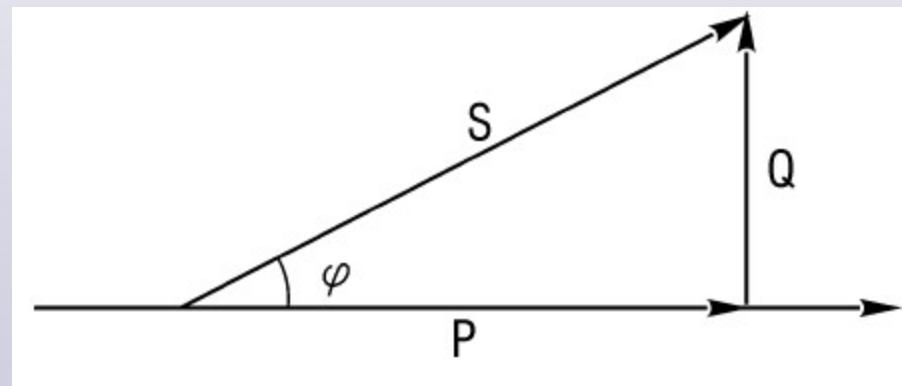
Onde:

- (1) Potência aparente elétrica da rede [$(1) = (2) + (3) + (4)$];
- (2) Potência aparente elétrica do estator a ser transferida ao rotor [$E_1 \cdot I_2' = E_2 \cdot I_2$];
- (3) Perdas primárias (estator) no ferro;
- (4) Perdas primárias (estator) no cobre;
- (5) Potência aparente elétrica no rotor [$s E_2 \cdot I_2$] \rightarrow perdas devido ao escorregamento;
- (6) Potência mecânica no eixo [$(1 - s) \cdot E_2 \cdot I_2$];
- (7) Potência elétrica no rotor que pode ser recuperável, no caso do rotor estar ligado a uma rede externa por meio de anéis;
- (8) Perdas elétricas dissipadas no rotor;
- (9) Perdas por atrito e ventilação;
- (10) Potência resultante no eixo [potência mecânica (6) - perdas por atrito e ventilação (9)];



Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

- **Potência Aparente (S);**



Triângulo das Potências (Carga Indutivas)

- **Potência Ativa (P);**

É a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, que é transformada em energia.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{W}) \quad \text{ou} \quad P = S \cdot \cos \varphi \quad (\text{W})$$

- **Potência Reativa (Q);**

É a parcela da potência aparente que **NÃO** realiza trabalho. Apenas é transferida e armazenada nos elementos passivos (Capacitores e Indutores).

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (\text{V Ar}) \quad \text{ou} \quad Q = S \cdot \sin \varphi \quad (\text{V Ar})$$

Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

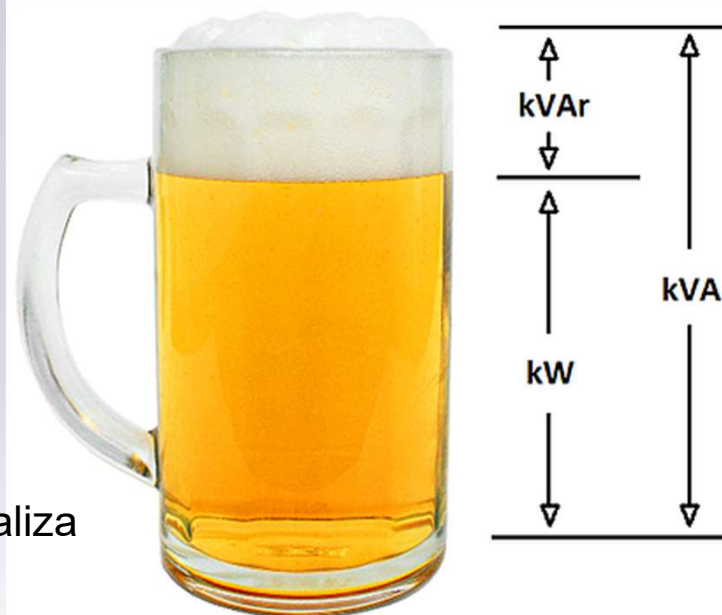
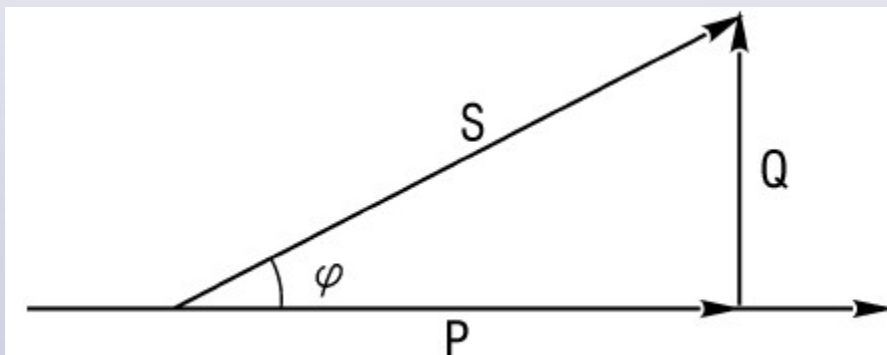
- **Potência Aparente (S);**

- **Potência Ativa (P);**

É a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, que é transformada em energia.

- **Potência Reativa (Q);**

É a parcela da potência aparente que **NÃO** realiza trabalho. Apenas é transferida e armazenada nos elementos passivos (Capacitores e Indutores).

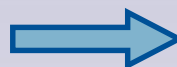


Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

- Relação entre Conjugado e Potência

Quando a energia mecânica é aplicada sob forma de movimento rotativo, a **Potência** desenvolvida depende do **conjugado C** e da **velocidade de rotação n**.

$$P \text{ (cv)} = \frac{C \text{ (kgfm)} \times n \text{ (rpm)}}{716} = \frac{C \text{ (Nm)} \times n \text{ (rpm)}}{7024}$$
$$P \text{ (kW)} = \frac{C \text{ (kgfm)} \times n \text{ (rpm)}}{974} = \frac{C \text{ (Nm)} \times n \text{ (rpm)}}{9555}$$



$$C \text{ (kgfm)} = \frac{716 \times P \text{ (cv)}}{n \text{ (rpm)}} = \frac{974 \times P \text{ (kW)}}{n \text{ (rpm)}}$$
$$C \text{ (Nm)} = \frac{7024 \times P \text{ (cv)}}{n \text{ (rpm)}} = \frac{9555 \times P \text{ (kW)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$P = T_{\text{motor}} \times \omega_{\text{motor}} \text{ [W]} = \text{[Nm]} \times \text{[rad/s]}$$

$$P = T_{\text{motor}} \times 2 \cdot \pi \cdot Nrps$$

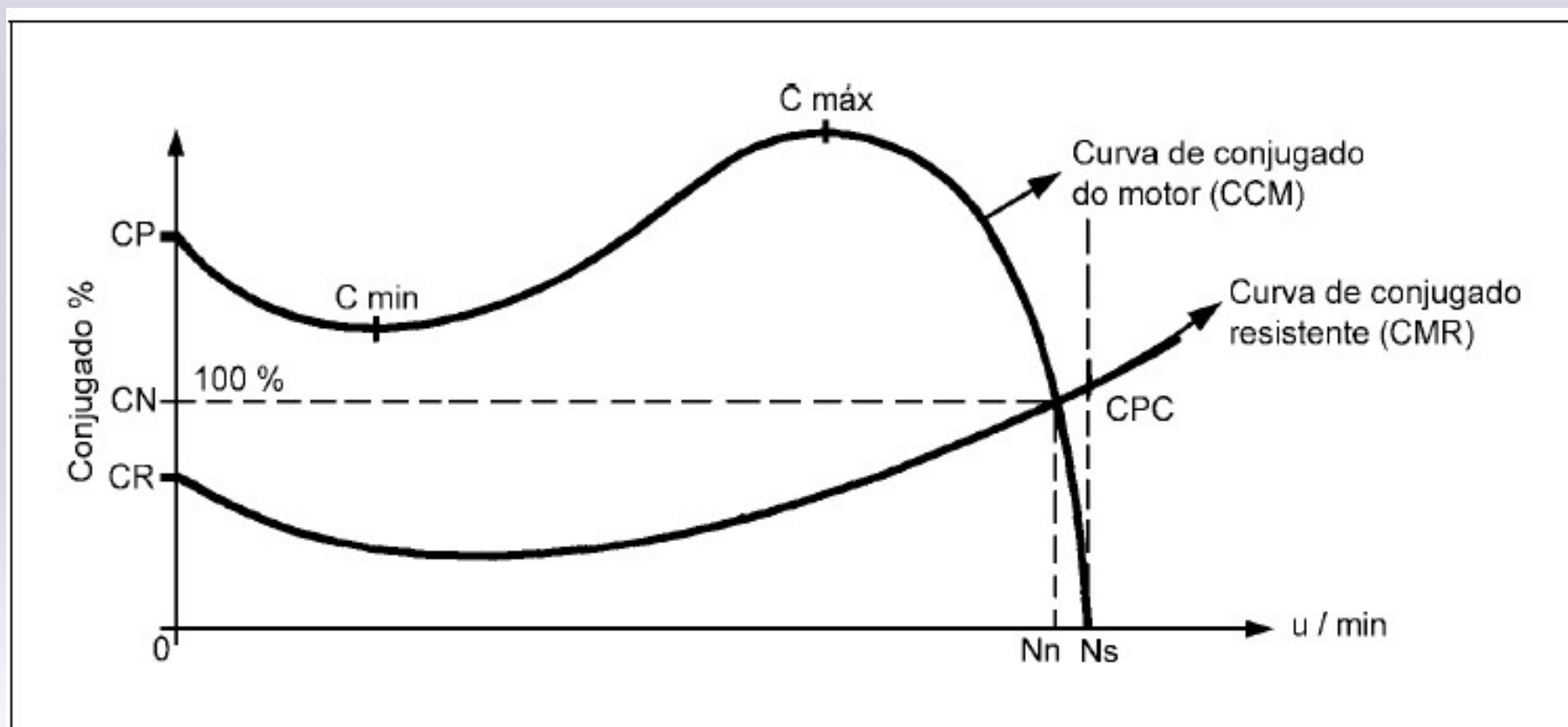
$$T_{\text{motor}} = P / 2 \cdot \pi \cdot Nrps$$

$$\omega_{\text{motor}} = \Delta\theta / \Delta t$$

$$\omega_{\text{motor}} = 2 \cdot \pi \cdot Nrps$$

Máquinas Eléctricas Rotativas - MOTORES

Relação de Conjugado x Velocidade (Rotação)



Máquinas Elétricas Rotativas - MOTORES

Relação de Conjugado x Velocidade (Rotação)

