

MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

ÍNDICE

1. MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO	3
1.1 Motores elétricos trifásicos	3
2. CONSTRUÇÃO	3
2.1 Estator	3
2.2 Rotor	3
2.3 Entreferro	3
3. TIPOS DE MOTORES TRIFÁSICOS	3
3.1 Motores trifásicos assíncronos	3
3.2 Motores trifásicos síncronos	3
4. LIGAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS	3
5. PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS	3
6. CONCLUSÃO	3

1. MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

1.1 Motores elétricos trifásicos

A maior parte da energia elétrica produzida industrialmente é gerada em corrente alternada (CA) e isso justifica o amplo uso desses motores.

Motor Elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. Assim ao ligarmos um motor á rede elétrica, ele irá absorver uma dada quantidade de energia elétrica e, em troca, acionará uma carga.

Motor de indução é um motor elétrico construído de tal maneira que se têm dois campos magnéticos girantes.

2. CONSTRUÇÃO

A estrutura e construção de um gerador de indução é a mesma que a de um motor. Um motor de indução é composto basicamente de duas partes: Estator e Rotor.

- Rotor: que é a parte móvel
- Estator ou Carcaça: que é a parte fixa

O espaço entre o estator e o rotor é denominado entreferro. O estator constitui a parte estática e o rotor a parte móvel. O estator é composto de chapas finas de aço magnético tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas por correntes parasitas e histerese. Estas chapas têm o formato de um anel com ranhuras internas (vista frontal) de tal maneira que possam ser alojados enrolamentos, os quais por sua vez, quando em operação, deverão criar um campo magnético no estator. O rotor também é composto de chapas finas de aço magnético tratadas termicamente, com o formato também de anel (vista frontal) e com os enrolamentos alojados longitudinalmente.

Existem dois tipos de geradores ou motores de indução:

Gerador de Indução Gaiola de esquilo: No qual o rotor é composto de barras de material condutor que se localizam em volta do conjunto de chapas do rotor, curto-circuitadas por anéis metálicos nas extremidades.

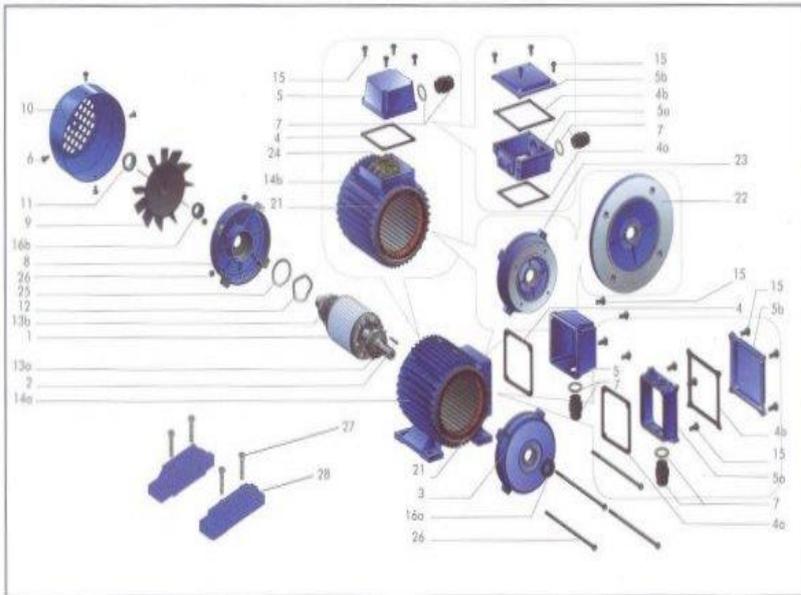
Gerador de Indução com rotor Bobinado: No qual o rotor é composto de um enrolamento trifásico distribuído em torno do conjunto de chapas do rotor.

O motor de indução é o motor de construção mais simples. Estator e rotor são montados solidários, com um eixo comum aos “anéis” que os compõem. O estator é constituído de um enrolamento trifásico distribuído uniformemente em torno do corpo da máquina, para que o fluxo magnético resultante da aplicação de tensão no enrolamento do estator produza uma forma de onda espacialmente senoidal. A onda eletromagnética produzida pelo enrolamento é uma função senoidal do espaço e do tempo.

A aplicação de tensão alternada nos enrolamentos do estator irá produzir um campo magnético variante no tempo que devido à distribuição uniforme do enrolamento do estator irá gerar um campo magnético resultante girante na velocidade proporcional à frequência da rede trifásica. O fluxo magnético girante no estator atravessará o entreferro e por ser variante no tempo induzirá tensão alternada no enrolamento trifásico do rotor. Como os enrolamentos do rotor estão curto circuitados essa tensão induzida fará com que circule uma corrente pelo enrolamento do rotor o que por consequência irá produzir um fluxo magnético no rotor que tentará se alinhar com o campo magnético girante do estator.

Como o valor das tensões induzidas no rotor no caso de rotor bobinado dependem da relação de espiras entre o rotor e o estator, o estator pode ser considerado como o primário de um transformador e o rotor como seu secundário. Este tipo de motor quando acionado por uma turbina e operando com uma rotação acima da síncrona pode gerar potencia ativa e entrega-la ao sistema onde está conectado.

Constituição de um MIT



Legenda:

- 1- Rotor
- 2 - Chaveta
- 3 - Tampa B3
- 4 - Junta da caixa IP55
- ✓ 4a - Junta da caixa IP65
- ✓ 4b - Junta da caixa IP65
- 5 - Tampa da caixa IP55
- ✓ 5a - Caixa IP65
- ✓ 5b - Tampa da caixa IP65
- 6 - Parafusos do capôt
- 7 - Bucin
- 8 - Tampa traseira do motor
- 9 - Ventilador de refrigeração
- 10 - Capôt do ventilador
- 11 - Abracadeira do ventilador
- 12 - Anilha de mola
- 13a - Rolamento
- 13b - Rolamento
- 14a - Carcaça B3
- 14b - Carcaça B5
- 15 - Parafusos da caixa
- 16a - Retentor
- 16b - Retentor
- 21 - Bobinagem do estator
- 22 - Tampa B5
- 23 - Tampa B14
- 24 - Placa de bornes
- 25 - Anilha de afinação
- 26 - Parafusos longos
- 27 - Parafusos das patas do motor
- 28 - Patas do motor

2.1 ESTATOR

Estator de motor trifásico de corrente alternada.

Estator é a parte de um motor ou gerador elétrico que se mantém fixo à carcaça e tem por função conduzir energia elétrica, nos motores para rotacionar e nos geradores para transformar a energia cinética do induzido. Nas máquinas assíncronas e nas máquinas síncronas pequenas é nele que, assim como nas bobinas, é formado o campo magnético capaz de induzir no rotor uma corrente. É

formado basicamente por ferro tratado termicamente e dotado de ranhuras (também chamados de canais) no seu interior onde são alojadas as bobinas, e na sua face externa observa-se que possui aletas para melhor dissipação do calor.

2.2 ROTOR

Rotor é tudo que gira em torno de seu próprio eixo produzindo movimentos de rotação. Qualquer máquina rotativa, como turbinas, compressores, redutores, entre outros, possuem eixos rotativos apoiados em mancais de deslizamento, rolamento ou magnéticos. Esse conjunto é denominado de Rotor.

Em aviação, Rotor de um helicóptero é o componente básico de um helicóptero destinado a prover a sustentação necessária ao vôo. O rotor de um helicóptero não deve ser confundido com as hélices de um avião. O rotor incorpora articulações que permitem os movimentos das pás nos eixos de articulação para prover a mudança do passo, o batimento e o arrasto. O movimento de mudança de passo é o que permite a mudança do ângulo de ataque das pás para fazer variar a sustentação gerada no rotor logo a sua sustentação.

O movimento de batimento é o que permite ao rotor se acomodar a eventuais esforços provocados pelo vôo devidos à dessimetria de sustentação durante o vôo translacional. Juan de La Cierva foi o primeiro a utilizar esse artifício na construção dos autogiros.

O movimento de avanço e recuo das pás permite a sua acomodação aos esforços devidos ao arrasto aerodinâmico das pás provocados pelo efeito do batimento das pás durante o vôo translacional. A combinação dessas articulações permite ao helicóptero se deslocar longitudinalmente sem que o efeito da dessimetria de sustentação provocado pela translação de helicóptero faça-o perder o controle a como acontecia com os primeiros aparelhos.

Num helicóptero convencional o rotor principal provê a sustentação e a translação, enquanto que o rotor de cauda provê o controle antitorque e evita que a fuselagem gire no sentido oposto ao sentido de rotação do rotor principal.

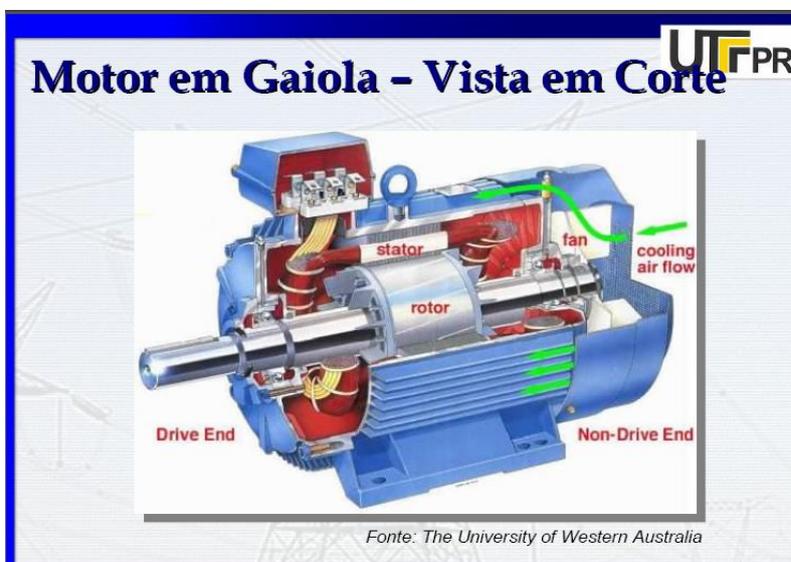
2.3 ENTREFERRO

O entreferro (também conhecido como *air gap*) é o termo utilizado, em circuitos magnéticos, para denominar o espaço entre o indutor e o circuito ferromagnético a que está acoplado.

Por exemplo num motor, chama-se entreferro ao espaço entre o rotor e o estator. Num indutor com núcleo ferromagnético, chama-se entreferro ao espaço entre os enrolamentos e o núcleo.

Apesar de ser inevitável, o entreferro nem sempre é uma característica parasita dos circuitos ferromagnéticos. Por exemplo, num indutor, o aumento do entreferro evita a saturação do núcleo, e diminui o efeito de Histerese magnética. Por outro lado, diminui a permeabilidade magnética (tipicamente para gases, uma vez que depende da substância que preenche o entreferro).

Por outro lado, em motores, o entreferro é indesejado, uma vez que obriga a criação de um campo magnético mais intenso, para se induzir a mesma potência no rotor.



3. TIPOS DE MOTORES TRIFÁSICOS

3.1 Motores Trifásicos Assíncronos

Motores trifásicos são motores próprios para serem ligados aos sistemas elétricos de três fases e são os motores de emprego mais amplo na indústria. Oferecem melhores condições de operação do que os motores monofásicos porque não necessitam de auxílio na partida, dão rendimento mais elevado e são encontrados em potências maiores.

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

Do enrolamento do estator saem os fios para ligação do motor à rede elétrica que podem ser em número de 3, 6, 9 ou 12 pontas. Os motores trifásicos podem ter 2 tipos de rotores:

- Rotor tipo gaiola de esquilo ou em curto-circuito, do mesmo tipo usado em motores monofásicos.
- Rotor bobinado, não é fechado em curto internamente e tem suas bobinas ligadas ao coletor no qual é possível ligar um reostato, o que permite a regulação da corrente que circula no rotor. Isso proporciona uma partida suave e diminui o pico de corrente comum nas partidas dos motores.

Padronização da Tensão dos Motores Trifásicos Assíncronos

Os motores trifásicos são fabricados com diferentes potências e velocidades para as tensões padronizadas da rede, ou seja, 220 V, 380 V, 440 V e 760 V, na frequência de 50 e 60 Hz.

3.2 Motores trifásicos síncrono

Os motores síncronos trifásicos são máquinas que promovem uma transformação em energia mecânica da energia elétrica, que lhe é fornecida em corrente alternada trifásica. Nessa conversão há uma razão constante entre a frequência das forças eletromotrizes induzidas e a velocidade de rotação

da máquina: $f = p \cdot n$.

É um motor elétrico cuja velocidade de rotação é proporcional à frequência da sua alimentação.

Este tipo de motores elétricos tem grande aplicação nos acionamentos que se realizam a baixa velocidade, com elevado rendimento, e integrados em instalações elétricas onde, simultaneamente, se pretende compensar o consumo de energia reativa. A principal desvantagem deste tipo de motores elétricos consiste no valor elevado da corrente elétrica que absorvem durante o arranque, além da necessidade de uma instalação de corrente contínua que assegure a alimentação do circuito indutor da máquina.

O motor síncrono trifásico é construído, normalmente, como uma *máquina elétrica de pólos salientes*. O seu circuito magnético tem uma parte estática constituída por um empacotamento de chapa magnética, que forma uma coroa circular, ranhurada do lado do entreferro. Na superfície da coroa circular existem furos que depois do empacotamento da chapa formam os canais de ventilação. Nas ranhuras do circuito magnético estático são colocadas as bobinas com os condutores do enrolamento trifásico. Estes condutores, que formam o enrolamento induzido da máquina, encontram-se eletricamente isolados, entre si e relativamente à massa de ferro.

O circuito elétrico indutor, encontra-se no rotor da máquina; é formado por bobinas concentradas que envolvem os núcleos dos pólos indutores. Estes pólos magnéticos encontram-se montados numa roda polar que está solidária com o veio da máquina. Os pólos indutores podem ser construídos em material ferromagnético maciço ou folheado, existindo, neste último caso, na periferia do pólo, um enrolamento amortecedor, constituído por barras condutoras que formam um enrolamento encastrado do tipo gaiola, que envolve, total ou parcialmente, a roda polar.

O circuito elétrico de excitação pode ser alimentado a partir de uma fonte de corrente contínua através de um coletor de anéis; ou pode ser alimentado diretamente por um outro alternador ligado a um retificador, sendo este conjunto montado no veio da máquina, [MVG-1].

O motor síncrono trifásico pode ser alimentado diretamente por uma rede elétrica, ou através de um conversor eletrônico de potência. Em qualquer uma destas situações o estudo do funcionamento do motor síncrono trifásico tem de começar

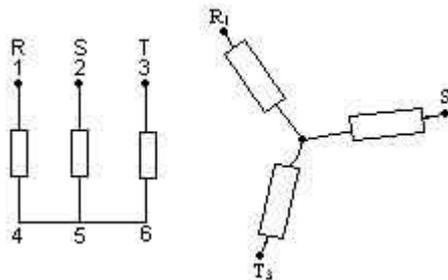
pelo estabelecimento de um modelo, *modelização*, do motor. A *análise do funcionamento* permite verificar as excelentes características deste tipo de motor, como acionador e como fonte de energia reativa.

A *utilização* deste motor elétrico, ou de outras topologias com ele relacionadas, requer a satisfação de problemas de instalação, que dependem, também, da estratégia de controlo adaptada para o motor.

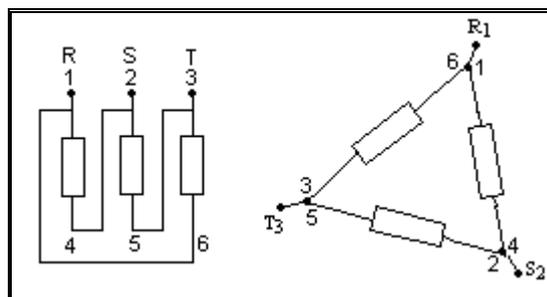
4. LIGAÇÃO DOS MOTORES TRIFÁSICOS

Como já foi estudado, o motor trifásico tem as bobinas distribuídas no estator e ligadas de modo a formar três circuitos simétricos distintos, chamados de fase de enrolamento. Essas fases são interligadas, formando ligações em estrela [$\star = 380\text{ V}$] ou em triângulo [$\triangle = 220\text{ V}$] para o acoplamento á uma rede trifásica. Para isso, deve-se levar em conta a tensão na qual irá operar.

Na ligação em estrela (380 V) os terminais 4, 5 e 6 são interligados e os terminais 1, 2 e 3 são ligados á rede.

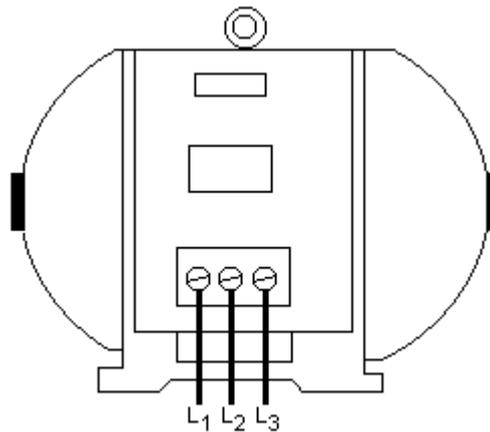


Na ligação em triângulo (220V), o início de uma fase é fechado com o final da outra e essa junção é ligada á rede.



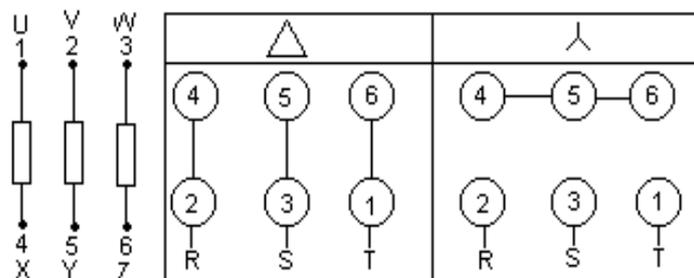
Os motores trifásicos de uma só velocidade podem dispor de 3, 6, 9 ou 12 terminais para a ligação á rede elétrica.

A ligação de motores trifásicos com três terminais á rede é feita conectando-se os terminais 1, 2, e 3 aos terminais de rede RST em qualquer ordem.



OBS: Para inverter o sentido de rotação do motor trifásico, basta inverter duas fases R com S, por exemplo:

Os motores trifásicos com seis terminais só tem condição de ligação em 2 tensões: 220/380V, ou 440/760V. Esses motores são ligados em triângulo na menor tensão e em estrela, na maior tensão. A figura a seguir mostra uma placa de ligação desse tipo de motor.

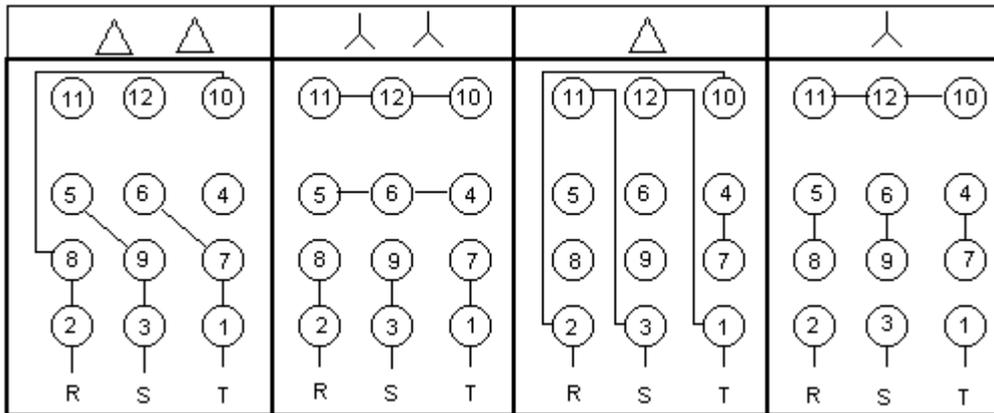


OBS: Nos motores de seis terminais, é comum encontrarmos as marcações U, V W, X, Y, e Z, ao invés de 1, 2, 3, 4, 5, e 6, respectivamente.

Os motores com nove terminais tem possibilidade de ligação em três tensões: 220/380/440V.

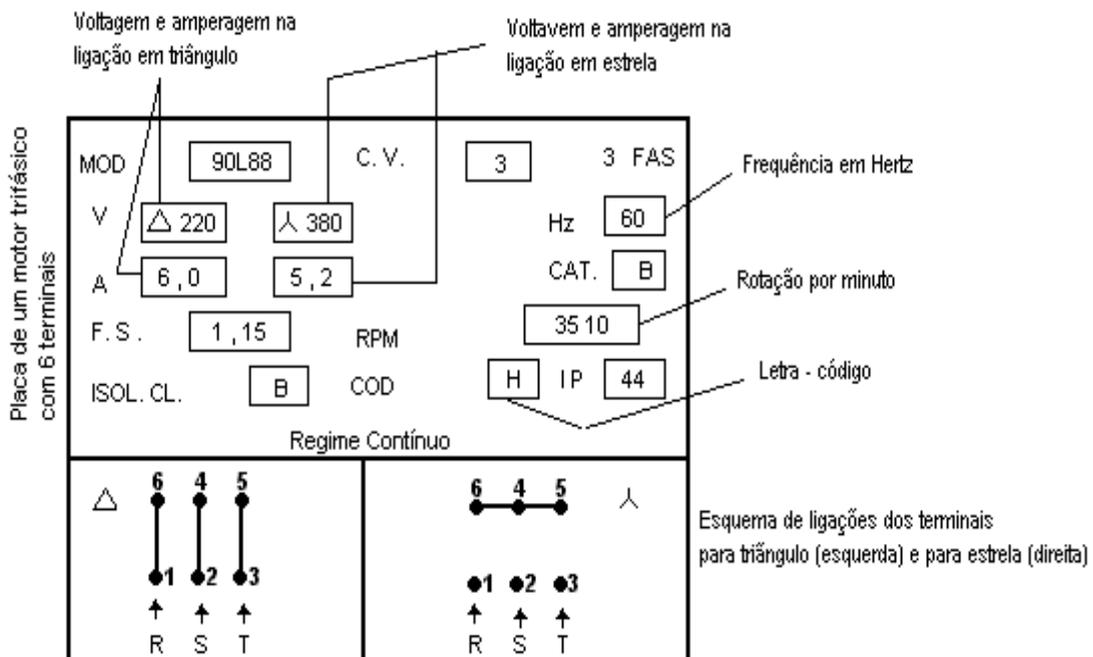
Os motores com doze terminais tem possibilidade de ligação em quatro tensões: 220/380/440/760V.

Placa de Ligação



5. PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO

Os motores elétricos possuem uma placa identificadora, colocada pelo fabricante. Para se instalar adequadamente o motor é imprescindível que o electricista saiba interpretar os dados da placa.



A observação na placa regime contínuo significa que este motor é apropriado para um uso permanente.

A figura nos dá o exemplo de uma placa de um motor trifásico. Os dados mais importantes são:

- a potência do motor, dada em HP ou CV (1 HP = 746 W, 1 CV = 735 W), para saber, se esse motor é capaz de executar o trabalho desejado (no caso do exemplo da figura acima), a potência do motor é de 3 CV.
- a tensão alimentadora que o motor exige (220 ou 380 V).
- a frequência exigida da tensão alimentadora (60 Hz).
- a corrente nominal que o motor consumirá (9 ou 5,2 A, dependendo da tensão alimentadora), para dimensionar os condutores de alimentação e os dispositivos de proteção.
- as rotações que o motor fará por minuto (3510 RPM).
- a letra-código para dimensionar os fusíveis (no exemplo H).
- o esquema de ligação que mostra como os terminais devem ser ligados entre si e com a rede de alimentação.

Nas placas de identificação dos motores elétricos encontramos diversas informações sobre estes, a saber:

- **IP - índice de proteção** - com um variação de IP-00 até IP-68, identifica o grau de proteção do motor em relação a água e grão, sendo que, o índice "standard" é o IP-55. Alguns motores vêm com uma película de proteção especial, os quais, incorporam o prefixo, formando: IPW.
- **forma construtiva** - normalmente dotados de 3 ou 4 algarismos (por exemplo: B3D e B35D), sendo que a primeira letra significa que é um motor dentro dos padrões, os números do meio significa o uso ou não de flanges e a última letra diz em qual lado do motor está a caixa de ligação.
- **carcaça** que sofre uma variação comum de 63 a 355, e, acima disso, trata-se de uma aplicação especial de grande porte. Em suma, este número significa a distância entre o centro do motor e o solo. A letra que fica ao lado deste número (l,m) vem do inglês large (comprido) e medium (médio), e referem-se ao comprimento do motor.
- **Valores de Tensão:** Os motores elétricos podem ser acionados com valores de tensões diversos, (127V, 220V, 380V, 440V e 760V), para isso, precisa-se fazer o fechamento adequado para cada tensão. Os fechamentos nao

interferem na velocidade de rotação do motor, simplesmente servem para alimentar as bobinas de maneira que gerem o campo magnético necessário para movimentar o rotor, que está alojado dentro da carcaça do motor.

A tensão induzida nas espiras do bobinado do motor gera um campo magnético variável, que faz com que o rotor se excite magneticamente, girando assim o eixo do motor, criando uma conversão de energia elétrica para mecânica

6. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

"Seleção e aplicação de motores elétricos"

Lobosco e Dias

McGraw-Hill

"Motores elétricos industriais e dispositivos de controle"

Bartho

Ediciones Urmo

"Polyfase motores"

Enrico Levi

John Wiley & sons