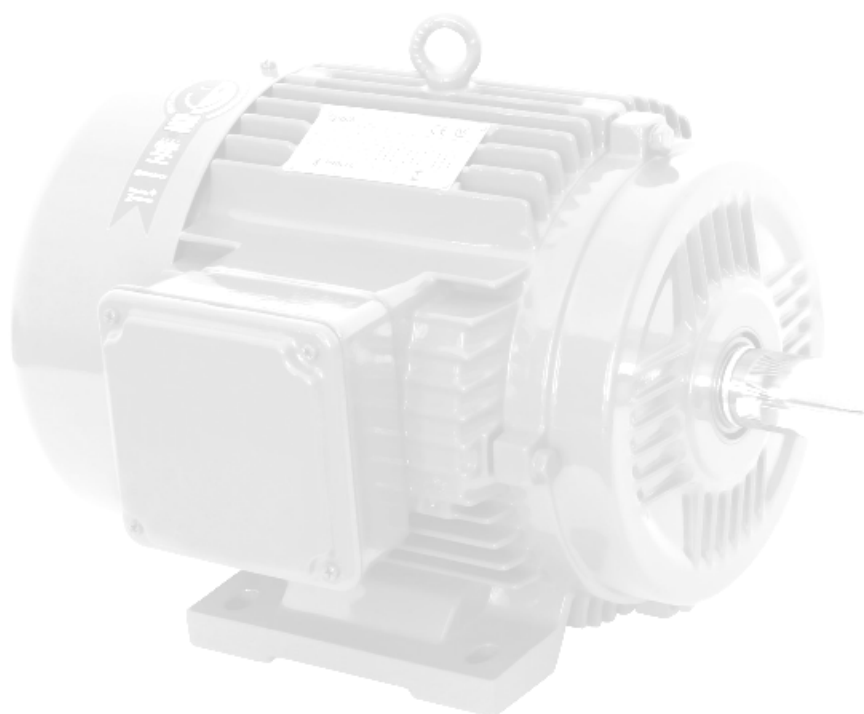


INSTALAÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO



ÍNDICE

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOTORES ELÉTRICOS	3
UNIDADE I – O MOTOR MONOFÁSICO DE INDUÇÃO.....	5
1.1) Partes Principais e Princípio básico de funcionamento.....	6
1.2) Ligação do motor monofásico de indução com capacitor de partida.....	8
ATIVIDADE I – LIGAÇÃO DO MOTOR MONOFÁSICO COM CAPACITOR DE PARTIDA	9
1.3) Teste de Identificação dos terminais do motor monofásico de indução	10
1.4) Dispositivo para inversão do sentido de rotação.	10
ATIVIDADE II – IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS DO MOTOR MONOFÁSICO E INSTALAÇÃO DO DISPOSITIVO PARA TROCA DO SENTIDO DE ROTAÇÃO	11
UNIDADE II – O MOTOR TRIFÁSICO DE INDUÇÃO	12
2.1) Partes principais:	12
2.2) Ligação do motor trifásico de indução:.....	13
2.2.1) O MOTOR TRIFÁSICO DE SEIS TERMINAIS.....	13
ATIVIDADE III – LIGAÇÃO DOS MOTORES TRIFÁSICOS DE 6 TERMINAIS:	14
2.2.2) IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS DO MOTOR TRIFÁSICO DE SEIS TERMINAIS:.....	15
ATIVIDADE IV – IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS DO MOTOR TRIFÁSICO DE SEIS TERMNAIS.	16
2.2.3) O MOTOR TRIFÁSICO DE 12 TERMINAIS:.....	17
ATIVIDADE V – LIGAÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO DE DOZE TERMNAIS.....	19
2.2.4) O MOTOR TRIFÁSICO DE 9 TERMINAIS	20
2.2.5) O MOTOR TRIFÁSICO TIPO DAHLANDER	21
ATIVIDADE VI – LIGAÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO TIPO DAHLANDER.....	22
UNIDADE III – MÉTODOS DE ACIONAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO.....	23
3.1) O método de partida direta	23
3.1.1) Limitações do método.....	23
3.1.2) Dispositivos manuais de partida direta.....	23
3.1.3) Dispositivos Eletromagnéticos de Manobra:	25
UNIDADE IV – INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MÉTODOS DE PARTIDA COM TENSÃO REDUZIDA....	41
4.1) Objetivos do método	41
4.2) Aplicações.....	41
4.3) Métodos manuais de partida com tenão reduzida.....	41
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO	45
ATIVIDADE X – UTILIZAÇÃO DE UMA CHAVE Y – Δ MANUAL.....	46

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos, são máquinas destinadas a transformar energia elétrica em mecânica. O motor elétrico constitui quase a totalidade das máquinas destinadas para este fim, pois apresentam simplicidade de construção e fácil manutenção, o que possibilita enorme aplicação em equipamentos industriais dos mais diversos tipos. Nosso estudo, terá atenção na instalação e manutenção de motores de indução monofásicos e trifásicos, abordando assuntos relativos a ligação, levantamento de características, partes principais, principais problemas e métodos de acionamento de motores.

Placa de características

A placa de características é uma etiqueta, geralmente instalada na carcaça do motor, a qual traz dados importantes sobre o funcionamento e instalação do motor. É imprescindível que o instalador saiba interpretar os dados ali descritos. Vejamos um exemplo deste item, e alguns comentários sobre as grandezas informadas.

Weg		CE	
		NBR.7094	
~ 3 71			
MOTOR INDUCAO - GAIOLA		Hz 60	CAT N
INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE			
kW(HP-cv)		0.75(1.0)	RPM min ⁻¹ 3450
FS SF 1.15	ISOL INSL B	Δ† K	lp/ln 7.1 IP55
220/380 V		3.18/1.84 A	
REG DUTY S 1	MAX AMB	ALT m	
220 V 6 4 5 1 2 3 L1 L2 L3 Δ		380 V 6 4 5 1 2 3 L1 L2 L3 Y	
6203-ZZ 6202-ZZ		A BASE DE LITIO	
		Kg	

A placa ao lado traz dados importantes, sobre um motor trifásico de indução. A maior parte dos dados descritos na placa é comum a todos motores de indução. Alguns dados que serão aqui comentados não estão presente nesta placa que está sendo usada como exemplo, mas podem ser encontrados em outras marcas de motores.

kW (HP-cv) É o valor da potência do motor em duas unidades. No caso desta placa, o número entre parênteses indica a potência em CV ou HP. O número fora dos parênteses indica a potência em kW.

RPM indica o numero de rotações por minuto desenvolvida pelo eixo do motor

F.S. Fator de serviço. Indica o acréscimo de potência que pode ser aplicada ao motor, sem que ocorram danos ao mesmo. Neste exemplo, com fator de serviço **1.15**, este motor pode mover uma carga igual a $1CV \times 1,15 = 1,15 CV$ ou $0,75kW \times 1,15 = 0,8625 kW$.

Isol. Indica a classe de isolamento do motor, a qual define a temperatura máxima suportada pelas bobinas. As classes de isolamento e as referidas temperaturas suportadas, são descritas a seguir:

Classe de Isolação	Temperatura Limite (°C)	Classe de Isolação	Temperatura Limite (°C)
Y	90	B	130
A	105	F	155
E	120	H	180
		C	Acima de 180

I_p/I_n : é o valor da corrente de partida em número de vezes o valor da corrente nominal do motor. No caso do nosso exemplo, em que a corrente nominal do motor é 3,18 A em 220 V, e 1,84 A em 380V, e a relação I_p/I_n é 7,1 a corrente de partida em 380V será $1,84 \times 7,1 = 13,064$ A e em 220V $3,18 \times 7,1 = 22,58$ A.

IP: Índice de proteção do motor. Indica a proteção que o equipamento elétrico oferece contra agentes externos, tais como resíduos sólidos, poeira e água. O primeiro algarismo indica a proteção contra sólidos, e o segundo contra água. O índice de proteção ou grau de proteção é determinado da seguinte forma:

Primeiro Algarismo	Proteção	Segundo Algarismo	Proteção
0	Não protegido	0	Não protegido
1	Protegido contra objetos sólidos com Diâmetro maior que 50mm	1	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água
2	Protegido contra objetos sólidos com Diâmetro maior que 12mm	2	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15°
3	Protegido contra objetos sólidos com Diâmetro maior que 2,5mm	3	Protegido contra água aspergida de um ângulo de +/- 69°
		4	Protegido contra projeções d'água
4	Protegido contra objetos sólidos com Diâmetro maior que 1mm	5	Protegido contra jatos d'água
		6	Protegido contra ondas do mar ou jatos potentes
5	Protegido contra a poeira	7	Protegido contra imersão
6	Totalmente protegido contra a poeira	8	Protegido contra submersão

Tensão Nominal: Indica as tensões de trabalho do motor. No caso do exemplo, 220/380V

Corrente Nominal: Indica as correntes de trabalho, de acordo com a tensão aplicada ao motor.

Reg. Indica o regime de operação do motor. A tabela abaixo apresenta alguns códigos:

Código	Regime de operação
S1	Contínuo, sob carga constante
S2	Funcionamento sob carga constante por tempo limitado, com necessidade de parada para resfriamento
S3	Intermitente periódico, onde a carga é constante e aplicada alternando-se com período de repouso
S4	Intermitente periódico com partidas; Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos.
S5	Intermitente com frenagem elétrica; Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante, um período de frenagem elétrica e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos.

Código	Regime de operação
S6	Funcionamento Contínuo com Carga Intermitente. Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento a carga constante e de um período de funcionamento em vazio, não existindo período de repouso.
S7	Funcionamento Contínuo com frenagem elétrica. Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, de um período de funcionamento a carga constante e um período de frenagem elétrica, não existindo o período de repouso.
S8	Funcionamento Contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade. Seqüência de ciclos de regimes idênticos, cada ciclo consistindo de um período de partida e um período de funcionamento a carga constante, correspondendo a uma velocidade de rotação pré-determinada, seguidos de um ou mais períodos de funcionamento a outras cargas constantes, correspondentes a diferentes rotações. Não existe período de repouso.
S9	Funcionamento com mudanças não periódicas de carga e velocidade. Regime no qual geralmente a carga e a velocidade variam não periodicamente, dentro da faixa de funcionamento admissível, incluindo freqüentemente sobrecargas aplicadas que podem ser muito superiores às plenas cargas.
S10	Funcionamento sob cargas constantes distintas. Regime com cargas constantes distintas, incluindo no máximo, quatro valores distintos de carga (ou cargas equivalentes). A carga mínima durante um ciclo de regime pode ter o valor zero (funcionando em vazio ou repouso).

Outros dados importantes também são trazidos pela placa de características, do motor, tais como *forma de associação dos terminais, frequência de lubrificação, tipo de lubrificante a ser utilizado, modelos dos rolamentos dianteiro e traseiro, tipo de carcaça e número de série*, importante para especificação de peças para manutenção.

Partes Principais de um motor de indução

Um motor elétrico, possui duas partes básicas. *Estatórotor e Rotor*.

Estatórotor: é composto por carcaça, bobinas, caixa de ligações, e tampas traseira e dianteira. É a parte estática do motor elétrico.

Rotor: constitui a parte móvel do motor. O rotor é composto pelo núcleo, eixo e sistema de ventilação. Os rotores dos motores de indução (monofásicos e trifásicos) são rotores do tipo "gaiola de esquilo".

UNIDADE I – O MOTOR MONOFÁSICO DE INDUÇÃO

O motor monofásico de indução é um motor elétrico, de pouca aplicação na indústria. Seu uso é restrito à pequenas bombas, serras e compressores. Os tipos de motores monofásicos são os seguintes:

- Motor monofásico de indução de fase auxiliar (sem capacitor)
- Motor monofásico de indução com fase auxiliar e capacitor de partida
- Motor monofásico de indução com fase auxiliar e capacitor permanente
- Motor monofásico de indução com fase auxiliar e capacitor permanente e de partida (motor rural)



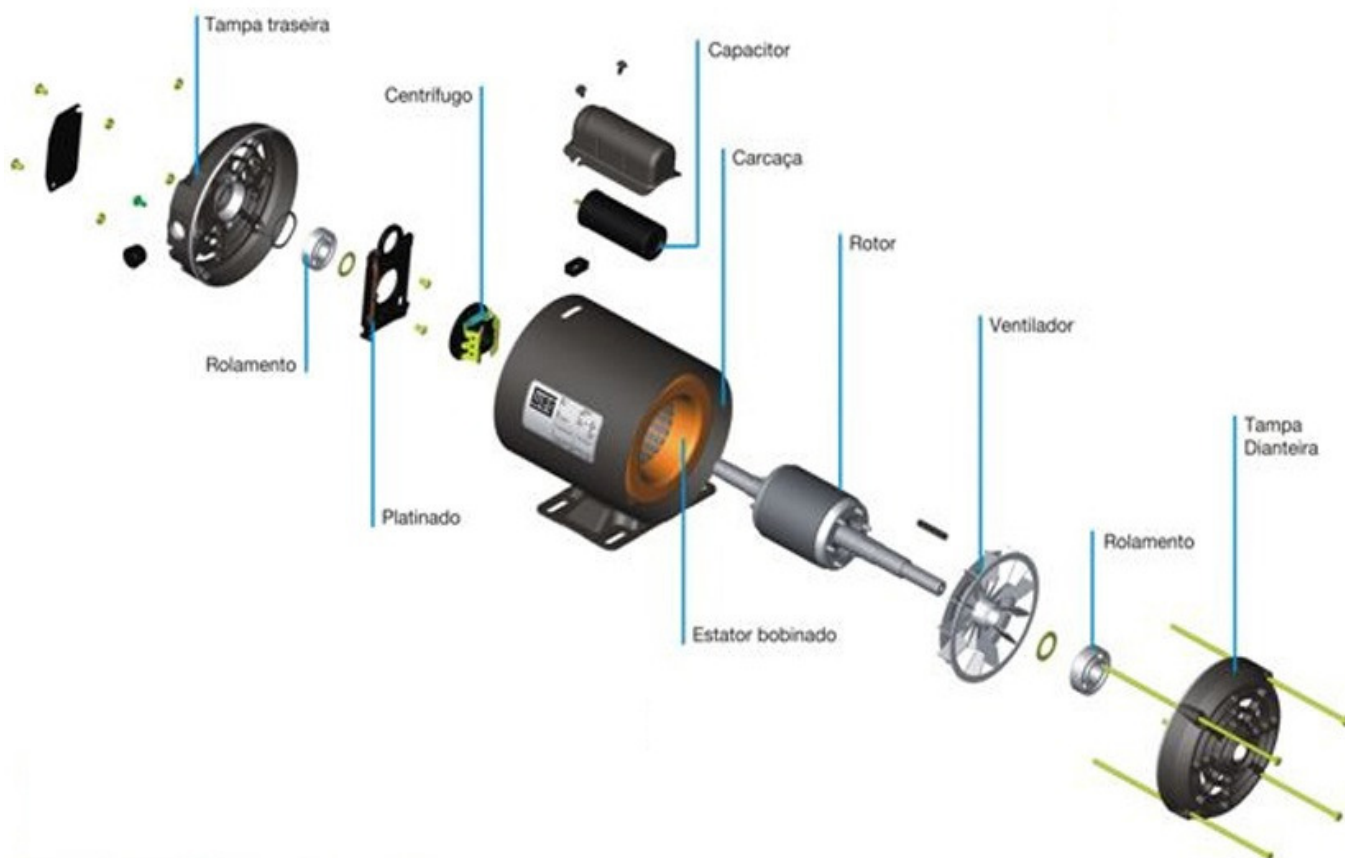
De fase auxiliar com capacitor de partida

Motor Rural

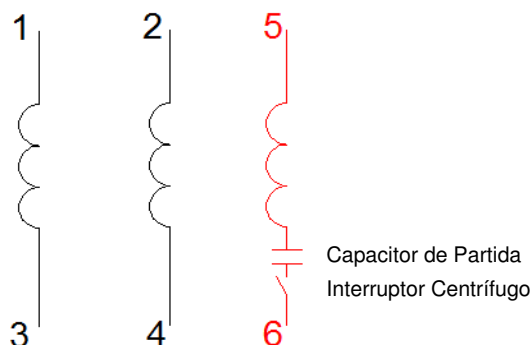
De fase auxiliar com capacitor permanente

1.1) Partes Principais e Princípio básico de funcionamento

O motor monofásico, possui três enrolamentos. Dois enrolamentos, são chamados *enrolamentos de trabalho* e o outro enrolamento é específico para a partida do motor. Por padrão, cada enrolamento é projetado para receber, no máximo, 127V, independente da tensão que será aplicada ao motor. Os motores monofásico disponibilizam duas opções de tensão, conforme será visto mais adiante.



Nesta unidade, vamos dar atenção especial ao motor monofásico de indução com capacitor de partida. A figura a seguir, representa esquematicamente o conjunto de enrolamentos do motor monofásico de indução bem como a forma de **numeração** dos terminais.



Na caixa de ligações do motor monofásico existem seis terminais devidamente numerados. Para efetuar as ligações é importante respeitar esta numeração e conhecer seu significado. Isso vale para **qualquer motor elétrico**. No motor monofásico, a numeração dos terminais obedece à seguinte regra:

- **1 e 2:** São os terminais de início das bobinas de trabalho
- **3 e 4:** São os terminais de final das bobinas de trabalho
- **5 e 6:** São os terminais da bobina de partida.

Associando os terminais de forma adequada, podemos definir a tensão de trabalho do motor e o sentido de rotação do motor.

O INTERRUPTOR CENTRÍFUGO E O CAPACITOR DE PARTIDA.

Como já vimos, o motor monofásico possui um enrolamento específico para a partida do motor. Para isso, possui um dispositivo que desabilita o enrolamento de partida após o motor atingir cerca de 90% da sua rotação nominal. Este dispositivo é chamado *interruptor centrífugo*, devido à forma de acionamento do interruptor. Além disso o motor possui o *capacitor de partida* o qual é instalado na carcaça do motor, ou no interior da caixa de ligações. Este componente é ligado em série com a bobina de partida e tem a função de aumentar o torque de partida do motor.

PRINCIPAIS PROBLEMAS COM O MOTOR MONOFÁSICO

A maior parte dos problemas apresentados pelo motor monofásico, está relacionada com a bobina de partida. Caso este enrolamento não funcione, o motor monofásico não inicia a rotação. Porém, se for dado um impulso manual sobre o eixo, o motor inicia a rotação no mesmo sentido no qual o impulso foi dado. Dentre os diversos motivos de falha na atuação do enrolamento de partida, destacam-se:

- Capacitor de partida queimado (aberto)
- Interruptor centrífugo danificado (trancado)

Outro defeito, apresenta como sintoma a dificuldade de o motor partir com carga. Porém, quando a carga é retirada, o motor parece partir normalmente. Isso ocorre quando o capacitor encontra-se em curto-circuito.

TESTE DO CAPACITOR DE PARTIDA

Pode-se testar o capacitor de partida, utilizando um **multímetro analógico**, com a escala na posição **ohmímetro**. O estado do capacitor é definido quando são detectados os seguintes comportamentos:

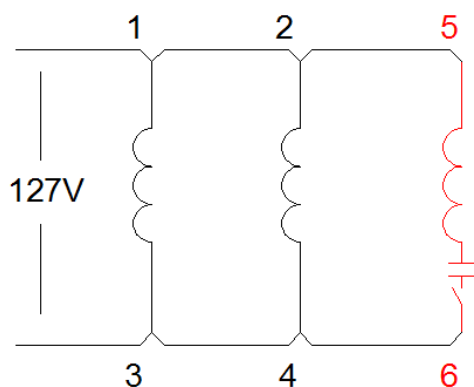
PONTEIRO DO MULTÍMETRO	ESTADO DO CAPACITOR
Deflexiona até o final da escala e retorna lentamente para o início	Capacitor em bom estado
Não deflexiona	Capacitor aberto
Deflexiona até o final da escala e não retorna	Capacitor em curto-circuito

1.2) Ligação do motor monofásico de indução com capacitor de partida

A forma como associamos os terminais da caixa de ligações, define a tensão nominal e o sentido de rotação do motor. Vale lembrar que cada bobina deve receber, no máximo 127V.

a) Ligação para 127 V:

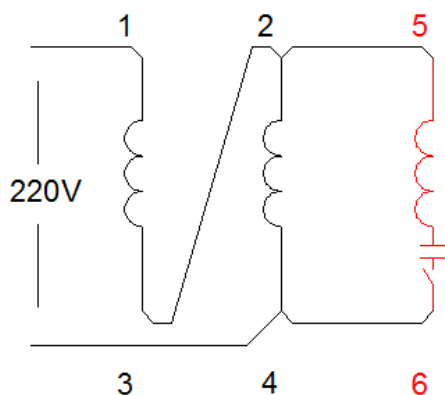
Associando as bobinas em Paralelo, obtemos esta tensão de alimentação.



Para inverter o sentido de rotação, basta trocar os terminais 5 e 6

b) Ligação para 220V:

Agora, vamos associar as bobinas em série. Vejamos o esquema de ligação.



Para inverter o sentido de rotação, basta trocar os terminais 5 e 6

Observação Importante:

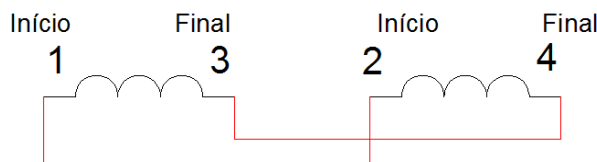
Deve-se respeitar a numeração dos terminais, pois ela define a polaridade magnética das bobinas do motor.

A regra para ligação de bobinas, é a seguinte:

Bobinas em série: O final de uma bobina é ligado ao início da próxima bobina.



Bobinas em Paralelo: Devem ser interligados os finais e inícios das bobinas a serem associadas.



A importância do conhecimento do significado da numeração, está no fato que ela indica a polaridade de cada bobina.

ATIVIDADE I – LIGAÇÃO DO MOTOR MONOFÁSICO COM CAPACITOR DE PARTIDA

Observe:

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

- 1) Anote os dados da placa de características do motor, indicando o significado dos principais dados.
- 2) Remova a tampa da caixa de ligações, e verifique a numeração
- 3) Remova a tampa do capacitor
- 4) Com o conhecimento da numeração dos terminais, efetue a ligação para 220V
- 5) Inverta o sentido de rotação.
- 6) Com o conhecimento da numeração dos terminais, efetue a ligação para 127V
- 7) Inverta o sentido de rotação.
- 8) Faça os seguintes ensaios:
 - a) Utilizando a ligação para 220V, desligue os terminais da bobina de partida e teste o motor.

→ **Qual foi o efeito observado?**
 - b) Ainda com a bobina de partida desligada, energize o motor e acione o eixo manualmente.

→ **O que você verificou?**
 - c) Ligue novamente a bobina de partida e curto-circuite o capacitor. Energize o motor.

→ **Qual foi o efeito observado? Qual a justificativa para o ocorrido?**
 - d) Desfaça o curto-circuito do capacitor e, utilizando um amperímetro tipo alicate e a função “PEAK HOLD”, meça a corrente de partida do motor nas tensões de 220V e 127V

→ **Qual a diferença entre as medições? Por quê?**
 - e) Com o motor ligado para 127V, remova o capacitor, e energize o motor.

→ **Qual foi o efeito observado? Por quê?**

1.3) Teste de Identificação dos terminais do motor monofásico de indução

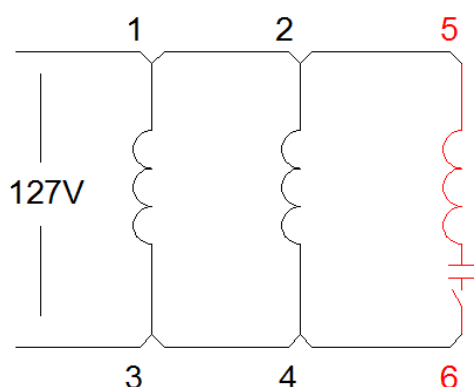
Já foi ressaltado a importância da numeração dos terminais do motor. Porém, pode haver a necessidade de identificar esta numeração, devido à possibilidade de avaria. Para isso, vamos utilizar um multímetro, na função ohmímetro, e seguir os passos indicados:

- Remover a tampa da caixa de ligações
- Remover a tampa e o capacitor de partida
- Colocar uma das ponteiros em um dos terminais de ligação ao capacitor, e com a outra testar um a um os terminais do motor. O terminal que apresentar continuidade, será o terminal que chamaremos de **5**

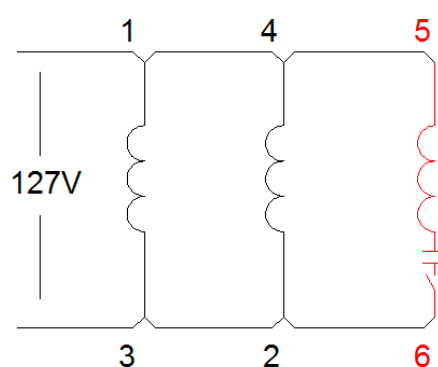
- Repetir o teste com o outro terminal de ligação ao capacitor. O terminal do motor que apresentar continuidade, chamaremos de **6**

- Restam ainda 4 terminais desconhecidos. Portanto, vamos identificar os terminais das bobinas de trabalho. Para isso testaremos os pares de terminais que restaram, sendo que aqueles que apresentam continuidade, definem uma bobina. Como não sabemos a polaridade correta, devemos numerá-las intuitivamente. (1 e 2 – 1ª Bobina) (2 e 4 – 2ª Bobina).

- Efetuamos a ligação para 220 ou 127V, e energizamos o motor. Caso o motor não funcione corretamente, (emite ruído anormal), basta trocar os terminais **2** e **4**.



Ligação Correta

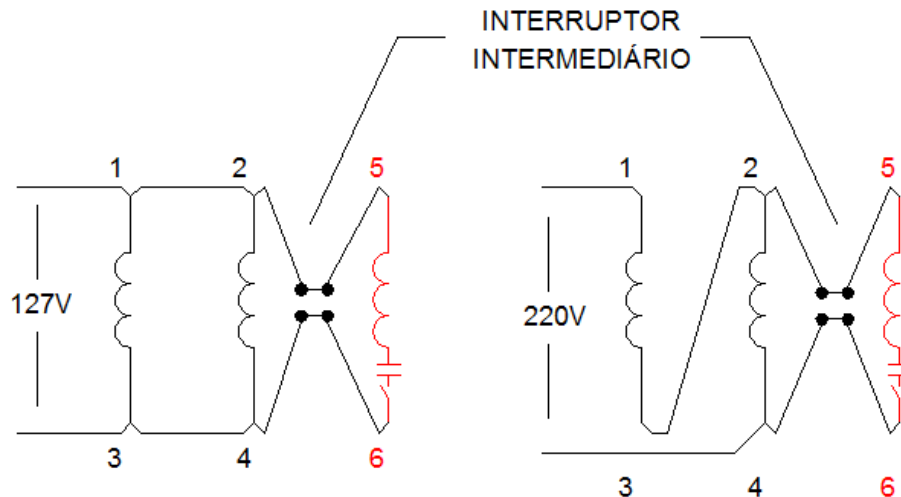


Motor "Roncando"

1.4) Dispositivo para inversão do sentido de rotação.

O motor monofásico disponibiliza duas opções de sentido de rotação. Podemos desenvolver um sistema simples, para que o motor opere com duas opções de rotação selecionadas através de uma chave. Isto é possível com a utilização de um interruptor intermediário ("four – way")

Esquema de ligação para o motor monofásico de fase auxiliar e capacitor de partida.



Com isso, basta apenas acionar o interruptor para trocar o sentido de rotação do motor.

ATIVIDADE II – IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS DO MOTOR MONOFÁSICO E INSTALAÇÃO DO DISPOSITIVO PARA TROCA DO SENTIDO DE ROTAÇÃO

Observe:

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

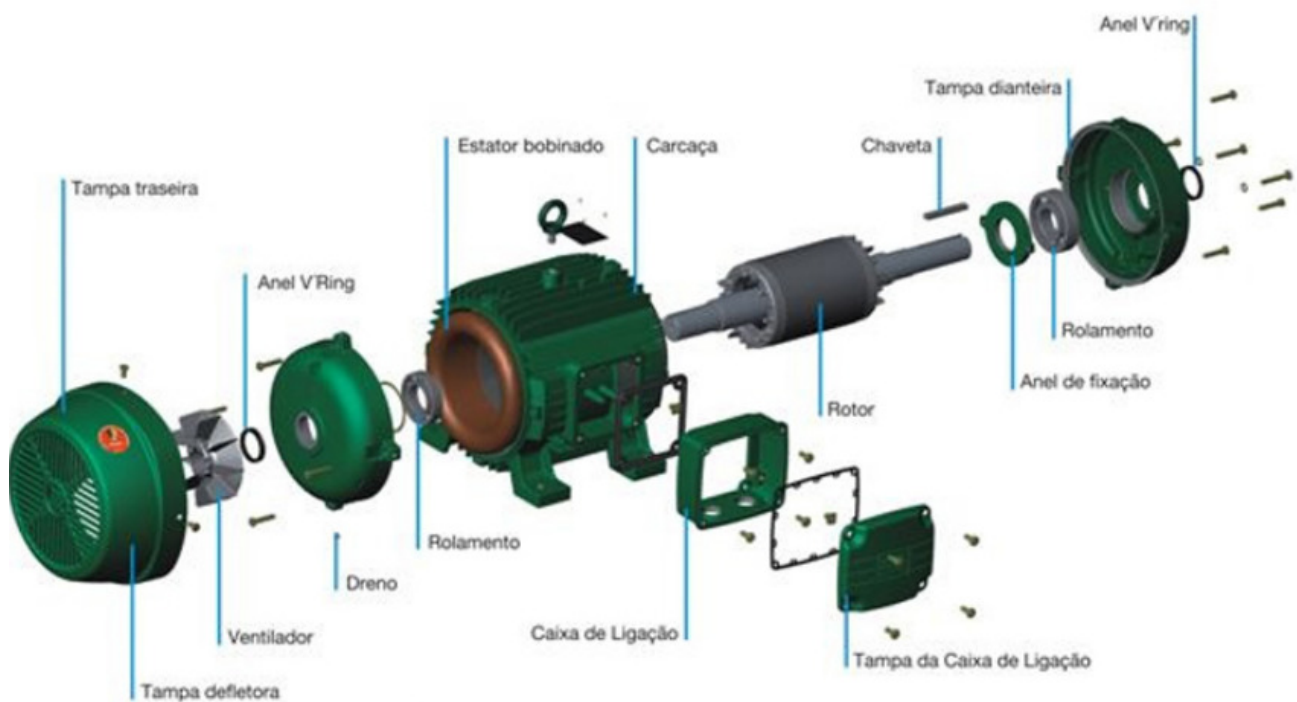
- 1) Remova a tampa de proteção do capacitor
- 2) Represente um esquema que identifique os bornes de ligação do motor
- 3) Efetue o teste de identificação dos terminais com o uso do “ohmímetro”, e anote a numeração encontrada no esquema do item “2”.
- 4) Verifique a numeração, energizando o motor com tensão adequada e responda às questões:
 - a) A numeração está correta? Justifique
 - b) Caso a numeração não esteja correta, represente a correção
 - c) Qual foi a tensão utilizada para o teste do motor?
- 5) Instale o dispositivo para troca do sentido de rotação. Desenvolva os esquemas e a montagem para as tensões de 127V e 220V.
- 6) Faça os seguintes ensaios:
 - a) Ligue o motor e verifique o sentido de rotação. Desligue o motor, espere parar totalmente e acione o interruptor “four – way”. Ligue o motor novamente e verifique o sentido de rotação.
 - **Indique os sentidos de rotação nos dois testes.**
 - b) Com o motor em funcionamento, acione o o interruptor “four – way”.
 - **Qual era o efeito esperado?**
 - **Qual foi o efeito observado?**
 - **Apresente uma Justificativa pra o ocorrido.**

UNIDADE II – O MOTOR TRIFÁSICO DE INDUÇÃO

Os motores trifásicos de indução, apresentam características construtivas muito simples, e principalmente alto rendimento, possibilitando a fabricação de motores trifásicos das mais diversas potências, desde as mais baixas às mais elevadas. Os motores trifásicos de indução constituem mais de 90% dos motores aplicados na indústria.

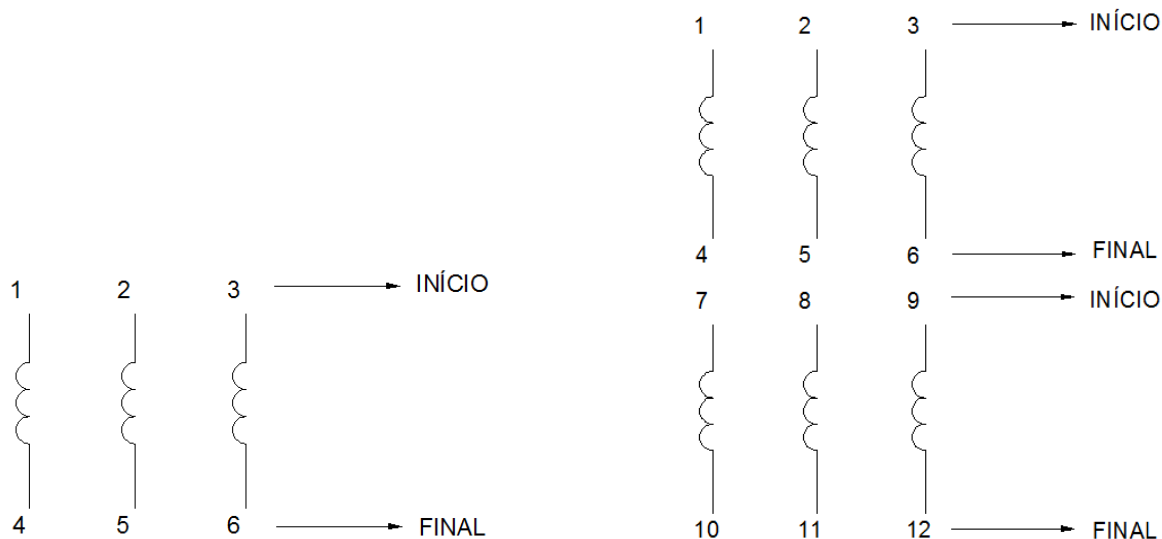
2.1) Partes principais:

Os motores trifásicos, também possuem na carcaça a caixa de ligações, tampa com mancais e, no rotor, também do tipo “gaiola de esquilo”, possuem eixo, núcleo e sistema de ventilação. Os motores trifásicos **NÃO** possuem bobina de partida. Internamente o estator é constituído por tres conjuntos de bobinas chamadas **fases**. Estas fases podem ser compostas por uma ou duas bobinas, definindo os principais tipos de motores trifásicos de indução: os motores de **seis, nove e doze** terminais.



2.2) Ligação do motor trifásico de indução:

Em todos os motores trifásicos de indução, a numeração dos terminais segue o padrão de 3 unidades de diferença entre o número do início e do final da bobina.



2.2.1) O MOTOR TRIFÁSICO DE SEIS TERMINAIS

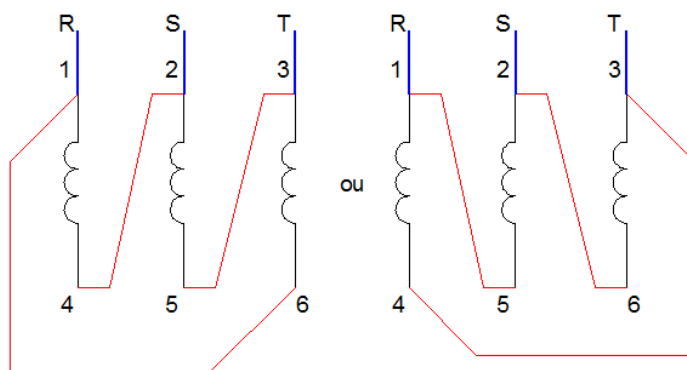
Estes motores possuem apenas uma bobina por fase. Isso possibilita duas tensões de alimentação. As tensões padrão dos motores trifásicos de indução, são as seguintes:

- 220/380V → as bobinas do motor são projetadas para receber, no máximo, 220V
- 380/660V → as bobinas do motor são projetadas para receber, no máximo, 380V

As ligações definidas para os motores trifásicos, são as seguintes:

Ligação Triângulo (Δ):

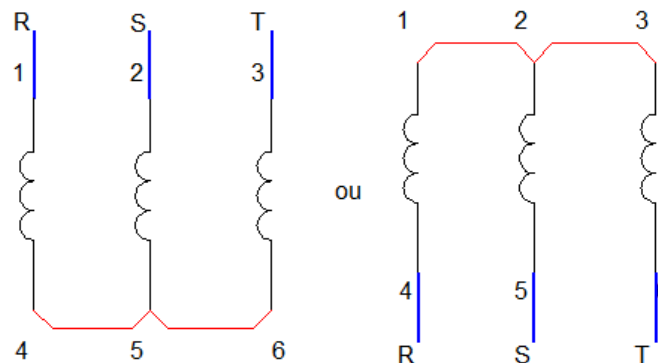
Esta é a ligação para a menor tensão do motor. O esquema de ligação é o seguinte:



Obs.: R, S e T são as três fases de alimentação do motor.

Ligação Estrela (Y):

Esta é a ligação para a maior tensão do motor. O esquema de ligação é o seguinte:



*Obs.: Para a inversão do sentido de rotação de **qualquer** motor trifásico, basta trocar uma fase por outra.*

ATIVIDADE III – LIGAÇÃO DOS MOTORES TRIFÁSICOS DE 6 TERMINAIS:

Observe:

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

- 1) Anote os dados da placa de características do motor trifásico
 - **Qual o valor da corrente de partida para as duas tensões?**
- 2) Remova a tampa da caixa de ligações, e verifique a numeração dos terminais.
- 3) Efetue a ligação para a menor tensão e energize o motor
- 4) Efetue a ligação para a maior tensão e energize o motor
- 5) Inverta o sentido de rotação para uma das tensões
- 6) Utilizando um multímetro na função “voltímetro”, e meça a tensão entre os terminais “1 e 4”, “2 e 5” e “3 e 6”, com o motor energizado nas ligações Δ e Y .

→ **Quais o valores encontrados na ligação Δ ?**

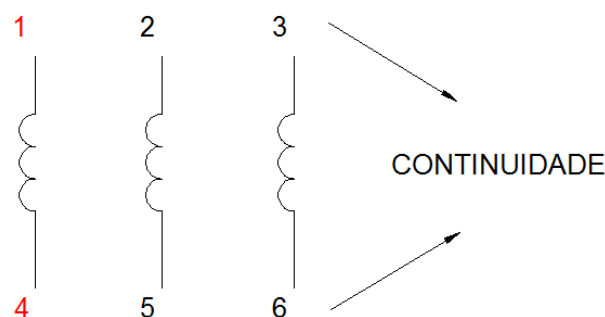
→ **Quais o valores encontrados na ligação Y ?**

→ **Qual a sua opinião sobre este fato?**

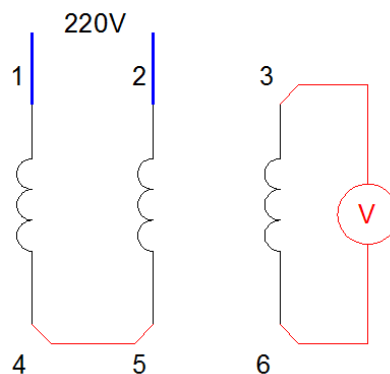
2.2.2) Identificação dos terminais do motor trifásico de seis terminais:

Como já visto no estudo do motor monofásico, os terminais podem, por algum motivo, estar com a numeração danificada. Porém, é possível identificar a numeração dos terminais com um teste relativamente simples e sem prejuízo ao motor. Para isso vamos utilizar um multímetro e seguir as etapas:

1. Com o multímetro na função “ohmímetro, identificamos os pares de terminais que definem uma bobina.
2. Escolhemos um par de terminais para que sejam numerados como **1 e 4**.
3. Os demais terminais, são numerados intuitivamente. Fica portanto:



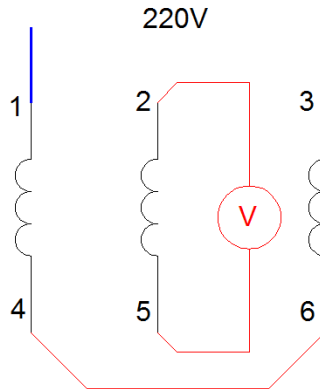
4. Agora devemos determinar a polaridade de cada bobina. Para isso faremos o seguinte:
 - *Interligar os terminais 4 e 5.*
 - *Alimentar os terminais 1 e 2 com 220V.*
 - *Com o voltímetro na escala de 50V, medir tensão entre os terminais 3 e 6.*



Se o voltímetro indicar tensão, troque os terminais **2 e 5**, e repita o teste. O voltímetro não deverá indicar tensão.

Com as operações acima, já definimos a numeração das duas primeiras bobinas. Vamos agora definir a numeração da terceira bobina. Para isso, repetimos o teste anterior da seguinte forma:

- Interligar os terminais 4 e 6.
- Alimentar os terminais 1 e 3 com 220V.
- Com o voltímetro na escala de 50V, medir tensão entre os terminais 2 e 5.



Se o voltímetro indicar tensão, troca-se os terminais 3 e 6. Se não houver indicação de tensão a numeração está correta.

ATIVIDADE IV – IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS DO MOTOR TRIFÁSICO DE SEIS TERMINAIS.

Observe:

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

- 1) Represente um diagrama que mostre os bornes do motor utilizado.
- 2) Utilizando o “ohmímetro”, identifique a sequência da numeração dos terminais no diagrama o item 1.

→ **Qual foi a sequência da numeração encontrada?**

- 3) Utilizando o método da identificação dos terminais, identifique sequência correta dos terminais

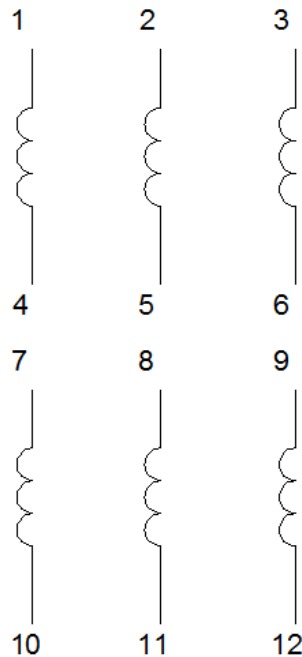
→ **Qual foi a sequência correta?**

- 4) Efetue a ligação do motor para a maior tensão.
- 5) Efetue a ligação do motor para a menor tensão.
- 6) Inverta o sentido de rotação do motor.

→ **Ocorreu algum problema com o funcionamento do motor? Em caso positivo, relate.**

2.2.3) O MOTOR TRIFÁSICO DE 12 TERMINAIS:

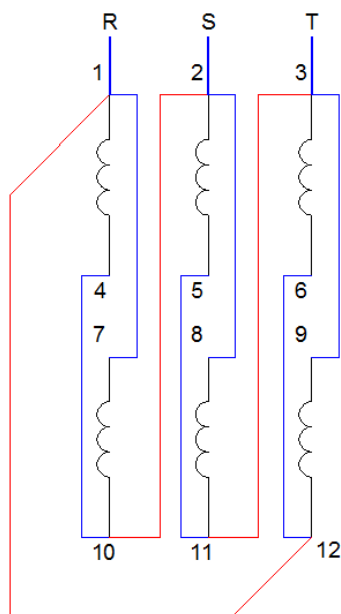
Estes motores possuem duas bobinas por fase. Por padrão, cada bobina é projetada para receber no máximo, 220 V. A disposição dos terminais, de acordo com a numeração padrão, fica de acordo com o esquema a seguir.



Estes motores de indução, possibilitam quatro tensões de alimentação: **220V/380V/440V/760V.**

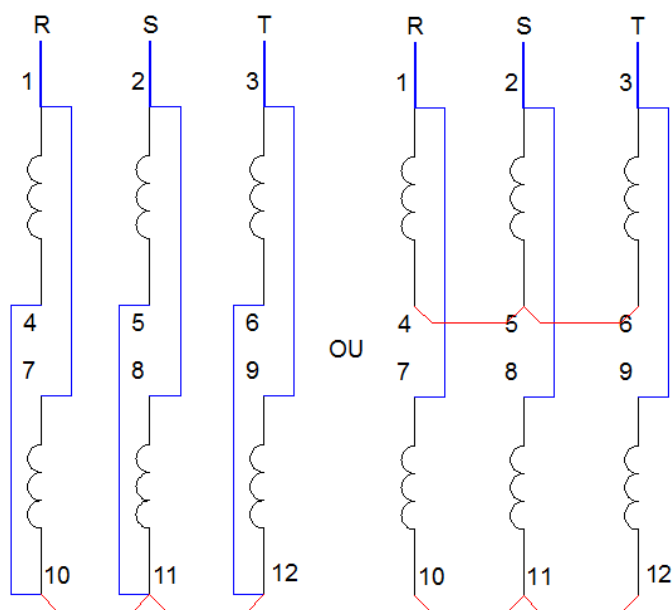
As ligações são explanadas a seguir.

Ligação Triângulo – Paralelo ($\Delta\Delta$) – 220V:

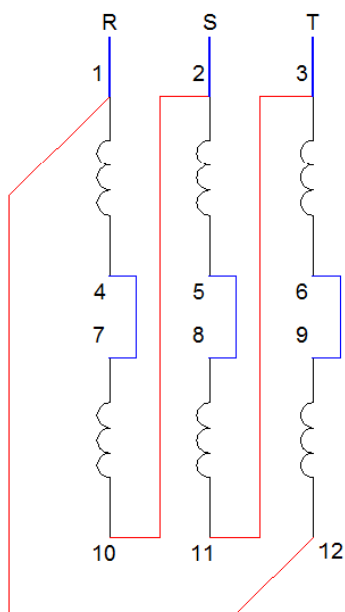


Obs.: As bobinas de cada fase estão em PARALELO. Isto significa que os inícios e os finais de cada bobina estão interligados, conforme já foi visto anteriormente.

Ligação Estrela – Paralelo (YY) – 380V



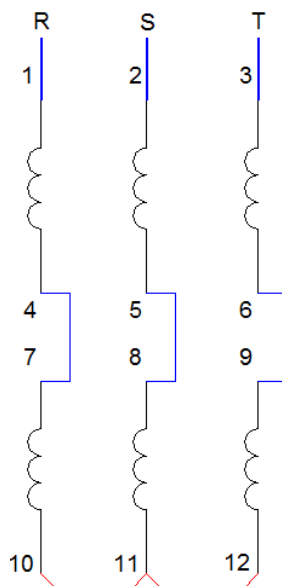
Ligação Triângulo – Série (Δ) – 440V



Obs.: As bobinas de cada fase estão em SÉRIE. Isto significa que o início de uma bobina está ligado ao final da próxima bobina, conforme já foi visto anteriormente.

Ligação Estrela – Série (Y) – 760V

Nos motores de 12 terminais, esta tensão é utilizada somente para a partida do motor, ou seja o motor não possui isolação para funcionar com tensão de **760V**, pois sua isolação não suporta esta tensão. Mais detalhes serão vistos, quando estudarmos os “*métodos de partida para motores de indução*”



ATIVIDADE V – LIGAÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO DE DOZE TERMINAIS.

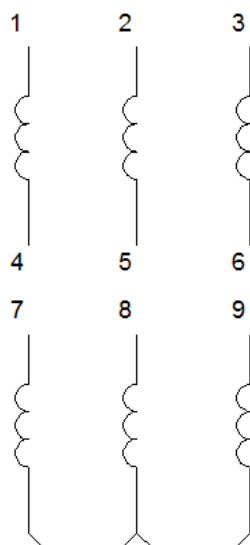
Observe:

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

- 1) Anote os dados da placa de características do motor
 - **Qual a corrente de partida para a ligação $\Delta\Delta$?**
 - **Qual a corrente de partida para a ligação YY?**
- 2) Remova a tampa da caixa de ligações do motor, e observe a numeração dos terminais.
- 3) Faça a ligação para todas as tensões do motor, energizando sempre com a tensão adequada. Alimente o motor com **380V** nas ligações para **440V** e **760V**.
 - **O que você observou quando o motor foi alimentado com uma tensão menor do que aquela para qual foi ligado?**
- 4) Utilizando o amperímetro alicate e a função “peak hold”, meça as correntes de partida em 220V, 380V e nas ligações para 440V e 760V, alimentados em **380V**.
 - **O que foi observado?**
- 5) Com o motor em funcionamento, desligue uma das fases.
 - **O que ocorre com o motor?**
- 6) Experimente partir o motor com uma das fases desligada.
 - **O que você observou?**

2.2.4) O MOTOR TRIFÁSICO DE 9 TERMINAIS

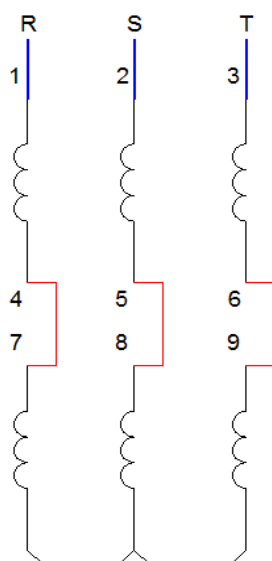
Mesmo sendo pouco comuns, existe em uso motores trifásicos de 9 terminais. Estes motores também apresentam duas bobinas por fase, porém parte do enrolamento do motor são interligados em estrela (Y). Internamente as bobinas se apresentam da seguinte forma:



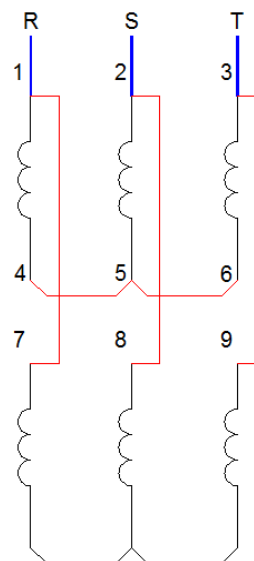
Devido à forma de construção dos enrolamentos, estes motores possibilitam apenas as ligações estrela – série (Y) e estrela – paralelo (YY), dispondo apenas duas tensões de alimentação. Os motores de 9 terminais, apresentam as seguintes tensões de alimentação:

- **220V/440V** → As bobinas são projetadas para suportar, no máximo 127V.
- **380/760V** → As bobinas são projetadas para suportar, no máximo 220V

Ligação Y – Maior Tensão

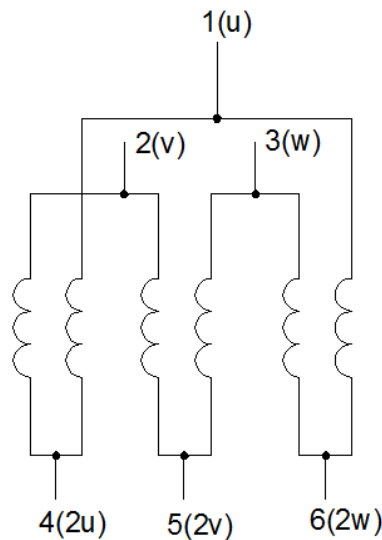


Ligação YY – Menor Tensão

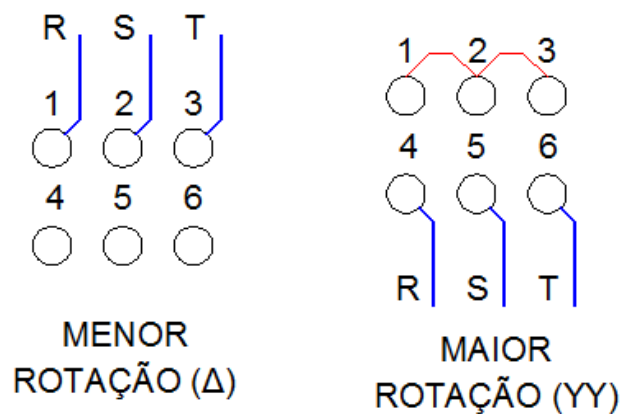


2.2.5) O MOTOR TRIFÁSICO TIPO DAHLANDER.

Este é um tipo de motor trifásico de indução que disponibiliza duas opções de rotação (RPM), porém apenas uma opção de tensão. O tipo de ligação feita nos terminais (que podem ser 6 ou 12), define a rotação utilizada. Externamente este motor é idêntico ao motor trifásico de indução. Por isso, devemos ter atenção à placa de características do motor.



Na caixa de ligações apresentam-se seis terminais, conforme indicados no esquema acima, e que podem ser associados da seguinte forma.



Os motores trifásicos do tipo DAHLANDER, se apresentam com três classificações: potência constante, conjugado constante e conjugado variável. Alguns motores DAHLANDER, também se apresentam em modelos de 9 ou 12 terminais. Porém vamos limitar nosso estudo aos motores de conjugado constante, com seis terminais, que são mais comuns.

ATIVIDADE VI – LIGAÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO TIPO DAHLANDER.**Observe:**

- *Respeite as normas de Segurança;*
- *Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;*
- *Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.*
- *É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)*

- 1) Anote os dados da placa do motor e comente os mais importantes.
- 2) Remova a tampa da caixa de ligações e observe a numeração dos terminais.
- 3) Represente um diagrama que mostre a sequência da numeração dos terminais do motor.
- 4) Faça a ligação para a menor rotação e energize o motor com tensão adequada.
 - ***Meça a corrente de partida do motor***
 - ***Meça a corrente nominal do motor***
- 5) Faça a ligação para a maior rotação e energize o motor com tensão adequada.
 - ***Meça a corrente de partida do motor***
 - ***Meça a corrente nominal do motor***
- 6) Responda as questões abaixo:
 - ***Em qual das rotações a corrente de partida foi maior?***
 - ***Em qual das rotações a corrente nominal foi maior?***
 - ***Exceto o fato das diferentes rotações, você notou algo diferente no comportamento do motor? Relate.***

UNIDADE III – MÉTODOS DE ACIONAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO

Acionar um motor elétrico de indução é basicamente alimentá-lo com tensão adequada. Porém, não é tão simples quanto parece. Devem ser tomados certos cuidados que levam em conta, principalmente a potência do motor e o tipo de carga aplicada a ele.

3.1) O método de partida direta

O método de partida direta, consiste em aplicar diretamente a tensão nominal ao motor através de um dispositivo manual ou eletromagnético como veremos a seguir.

3.1.1) Limitações do método

O principal inconveniente do método de partida direta, é o fato do alto consumo de corrente no instante da partida. Como já vimos, a corrente de partida do motor é cerca de 6 a 12 vezes o valor da corrente nominal de trabalho do motor. Por isso, deve-se observar as seguintes restrições de aplicação:

→ Até **7,5CV**, se o fornecimento de energia for através da rede pública de baixa tensão (B.T.), com sistema 380V/220V.

→ Até **5CV**, se o fornecimento de energia for através da rede pública de baixa tensão (B.T.), com sistema 220V/127V.

→ Até **9%** da potência do transformador, caso o fornecimento de energia seja em média tensão (M.T.), onde há transformador próprio.

3.1.2) Dispositivos manuais de partida direta.

Os principais dispositivos manuais de partida direta, são as **chaves seccionadoras** e o **disjuntor – motor**.

As **chaves seccionadoras** mais comuns suportam cerca de 20A em regime contínuo, e são constituídas por dois (quando monofásicas) ou três (quando trifásicas) conjuntos de contatos acondicionados no interior da chave para evitar arco elétrico.



Exemplos de chaves seccionadoras para partida de motores de indução

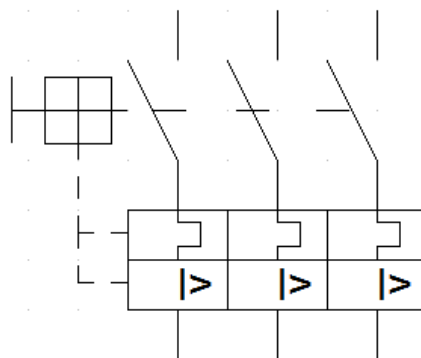
Obs: Os dispositivos para acionamento dos motores de indução devem SEMPRE possuir proteção contra ARCO ELÉTRICO.

O **disjuntor – motor** é um dispositivo que possibilita o acionamento do motor e também a proteção contra sobrecarga no motor. Este dispositivo possui um seletor que regula a corrente máxima que pode passar pelo dispositivo. Se, por algum motivo, a corrente ultrapassar o valor definido no dispositivo, o disjuntor-motor desliga-se automaticamente evitando danos ao motor.

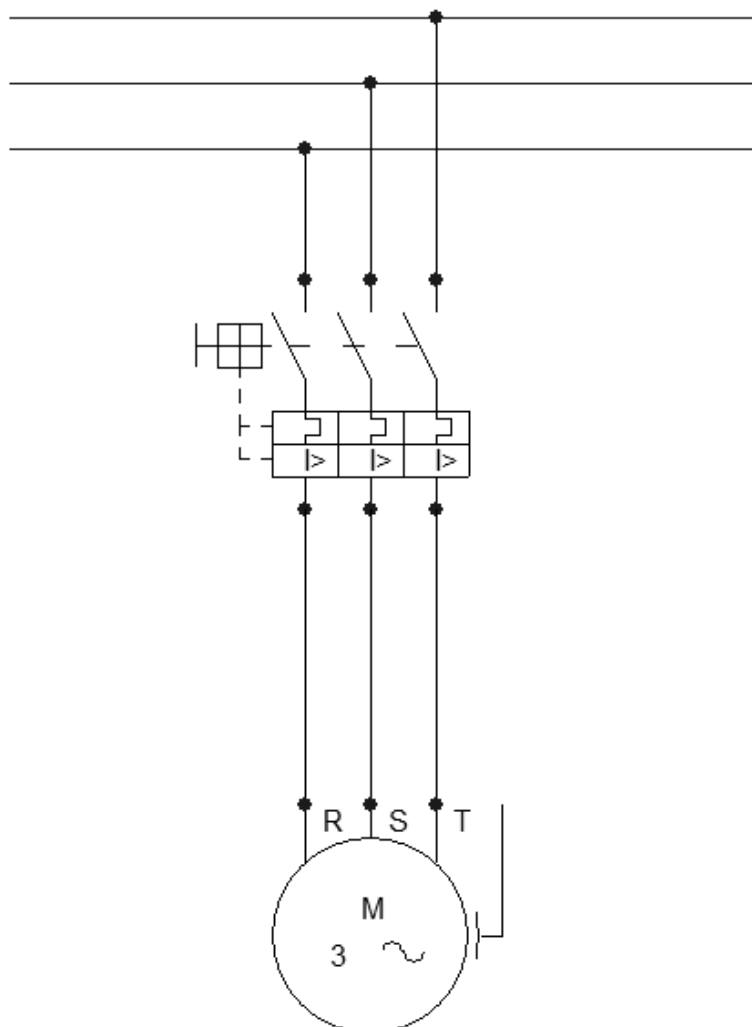


Exemplos de disjuntor-motor

Tendo em vista que os métodos de partida para motores, começam a se tornar mais complexos, devemos nos acostumar com o uso de diagramas. A simbologia usada em esquemas, para representar o disjuntor-motor, é representada a seguir:



Utilizando esta simbologia, vamos representar o diagrama de um motor trifásico acionado por um disjuntor-motor. Este diagrama é chamado diagrama de força ou diagrama de potência.

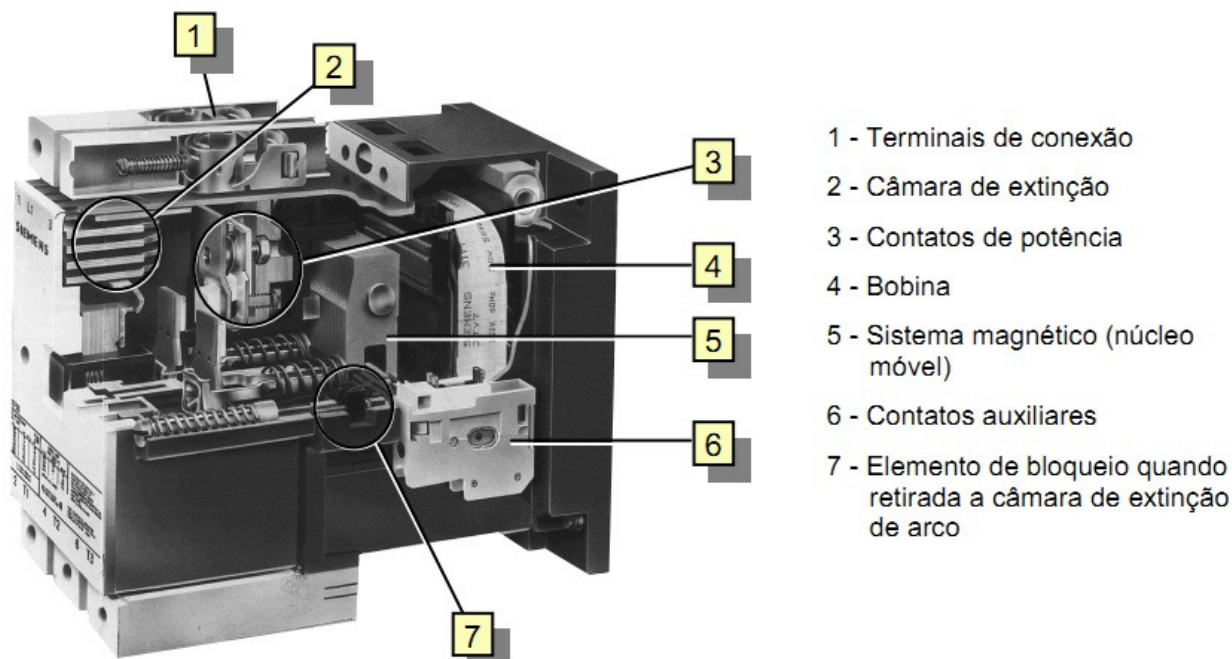


3.1.3) Dispositivos Eletromagnéticos de Manobra:

São dispositivos que utilizam o eletromagnetismo para fechar ou abrir um circuito elétrico, que em nosso estudo, caracteriza-se pelo motor de indução. Vamos dar atenção para um dispositivo em especial, fundamental em acionamentos de motores elétricos e cargas diversas: o **contator**.

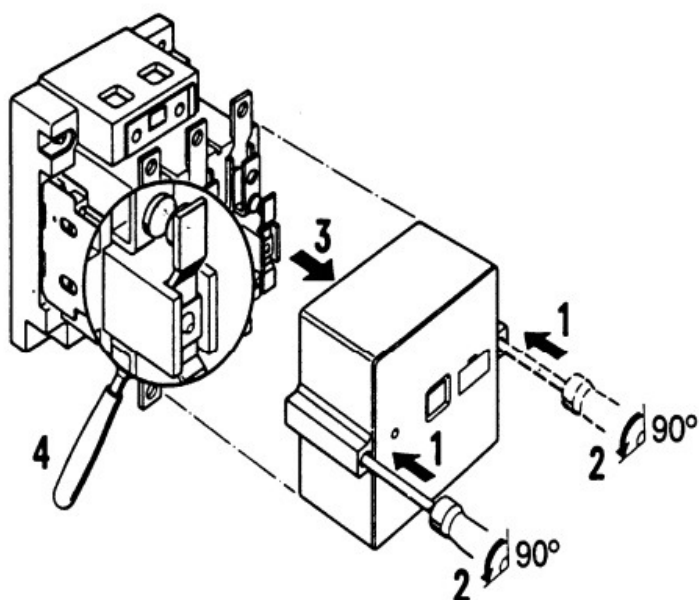
3.1.3.1) Princípio de funcionamento e partes principais:

O contator é um dispositivo eletromagnético que possibilita a manobra de motores de indução e cargas elétricas de potência considerável. Tem como principais componentes bobina, núcleo móvel, núcleo fixo, contatos de força e contatos auxiliares. Seu princípio de funcionamento é simples: quando a bobina é energizada, o núcleo móvel é atraído pelo núcleo fixo, fechando os contatos de força e abrindo ou fechando os contatos auxiliares, conforme lógica descrita mais adiante. Basicamente é uma chave acionada por uma bobina. A figura a seguir ilustra as partes principais de um contator comum.



Alguns componentes do contator, principalmente bobina e contatos de força, podem ser substituídos em caso de avaria ou desgaste. A troca de determinados componentes, depende do modelo e da capacidade do contator. Abaixo uma figura que ilustra a troca dos contatos de força de um contator.

Análise e substituição dos contatos de contadores

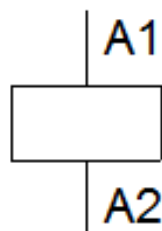


Para que o contator funcione é necessário que a bobina seja energizada com tensão adequada a qual é informada na carcaça do contator, junto aos terminais de ligação da bobina e a quem chamamos de **tensão de comando**. As tensões mais comuns são 380V e 220V para corrente alternada e 24V e 12V para corrente contínua. Porém é possível alterar a **tensão de comando** do contator, substituindo a bobina.

3.1.3.2) Simbologia e lógica de contatos.

Em acionamentos elétricos que envolvem contadores, é imprescindível o desenvolvimento de esquemas de ligação, utilizando a simbologia adequada. Vamos analisar agora alguns símbolos utilizados na representação dos circuitos que envolvem o uso de contadores e dispositivos eletromagnéticos.

A simbologia que representa a bobina do contator encontra-se na figura a seguir:

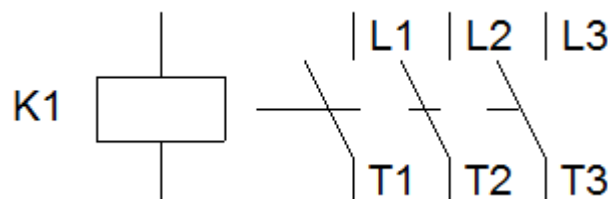


A_1 e A_2 são os terminais da bobina da onde será aplicado a **tensão de comando**

Como já foi dito, o contator possui contatos de força e contatos auxiliares, conforme as funções que serão descritas a seguir.

→ **Contatos de força:**

São utilizados para ligar e desligar a carga. Estes contatos são dimensionados para suportar a corrente da carga para qual foi projetado. A simbologia que representa os contatos de força é a seguinte:

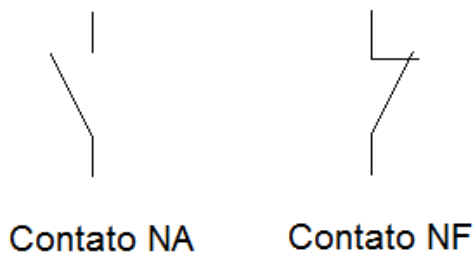


→ **Contatos auxiliares:**

São utilizados para acionar outros dispositivos que fazem parte do sistema de partida, como veremos mais adiante. Estes contatos são dimensionados para suportar baixas correntes, da ordem de 1A. O contato auxiliar pode ser de dois tipos: “*Normalmente Aberto*” (NA) ou “*Normalmente Fechado*” (NF), conforme lógica descrita a seguir.

- Contato **N**ormalmente **A**berto (**NA**): deve-se sempre observar o dispositivo em repouso. O contato é NA, quando encontra-se eletricamente aberto (nao permite passagem de corrente elétrica), considerando o dispositivo no estado de repouso.
- Contato **N**ormalmente **F**echado (**NF**): O contato é NF, quando encontra-se eletricamente fechado (permitndo passagem de corrente elétrica), considerando o dispositivo no estado de repouso.

A simbologia para os contatos NA e NF é:



Deve-se também observar a numeração padrão para contatos auxiliares. Esta numeração é formada por dois algarismos e obedecem à seguinte regra:

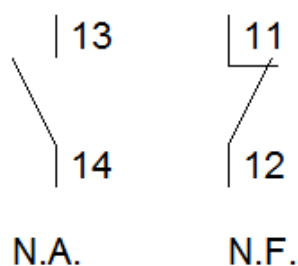


Observando o algarismo à direita, temos:

Se for **1** e **2**: *Indica contato N.F.*

Se for **3** e **4**: *Indica contato N.A.*

Exemplo:



ATIVIDADE VII – UTILIZAÇÃO DO CONTATOR E DO DISJUNTOR-MOTOR

Observe:

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

1) Utilizando a simbologia adequada, desenvolva um esquema para acionamento de um motor monofásico com capacitor de partida através de um disjuntor-motor.

→ **Qual é a faixa de ajuste do disjuntor – motor?**

→ **Para qual corrente o disjuntor – motor deve ser ajustado?**

2) Efetue a montagem do sistema desenvolvido no item anterior

3) Utilizando a simbologia adequada, desenvolva um esquema para acionamento de um contator através de um interruptor simples.

4) Efetue a montagem na bancada do sistema desenvolvido no item anterior

5) Utilize o sistema do item 4, para acionar um motor trifásico de 12 terminais, com tensão adequada.

→ **Qual foi a tensão utilizada?**

→ **Qual a ligação das bobinas do motor?**

→ **Represente o esquema de ligação das bobinas.**

6) Utilizando duas lâmpadas incandescentes, e suportes E-27, crie um sistema de sinalização no item 5, no qual uma das lâmpadas acenda somente com o motor desligado e a outra somente com o motor ligado.

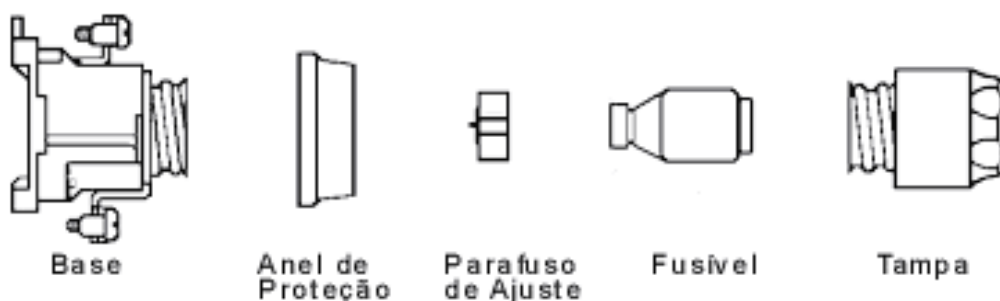
3.1.4) Proteção de motores elétricos:

Durante o funcionamento do motor elétrico, pode ocorrer imprevistos que causem danos ao motor. Os problemas mais comuns, estão relacionados à carga que é aplicada ao motor. Um defeito com esta carga pode sobrecarregar o motor elétrico, provocando a queima do motor. Por isso, utilizam-se sistemas de proteção que evitem a sobrecarga e também o curto-circuito. Para isso utilizam-se fusíveis, disjuntor – motor e os relés de sobrecarga.

3.1.4.1) Fusíveis: em sistemas de acionamento de motores elétricos utilizam-se dois tipos básicos de fusíveis: os fusíveis DIAZED (ou tipo **D**) e os fusíveis NH.

FUSÍVEIS DIAZED (Tipo **D**)

O fusível Diazed ou (D) é composto por: base (aberta ou protegida), tampa fusível parafuso de ajuste e anel. A base é feita de porcelana dentro da qual está um elemento metálico roscado internamente e ligado externamente a um dos bornes. O outro borne está isolado do primeiro e ligado ao parafuso de ajuste. A tampa, geralmente de porcelana, fixa o fusível à base e não é inutilizada com a queima do fusível. Ela permite inspeção visual do indicador do fusível e sua substituição mesmo sob tensão. O parafuso de ajuste tem função de impedir o uso de fusíveis de capacidade superior à desejada para o circuito. A montagem do parafuso é por meio de uma chave especial. O anel é um elemento de porcelana com rosca interna, cuja função é proteger a rosca metálica da base aberta, pois evita a possibilidade de contatos acidentais na troca do fusível. O fusível é um dispositivo de porcelana em cujas extremidades é fixado um fio de cobre puro ou recoberto por uma camada de zinco. Ele fica imerso em areia especial cuja função é extinguir o arco voltaico e evitar o perigo de explosão quando da queima do fusível. O fusível possui um indicador, visível através da tampa, cuja corrente nominal é identificada por meio de cores e que se despreendem em caso de queima.



Os fusíveis DIAZED se apresentam nos tamanhos DII e DIII

→ DII: para correntes de 2A a 25A

→ DIII: para correntes de 30 A a 63A



Para instalação e substituição do parafuso de ajuste é utilizada ferramenta específica, como mostra a figura abaixo.



Exemplos de chaves para parafuso de ajuste.

FUSÍVEIS NH

NH são as iniciais de “**N**iederspannungs **H**ochleistungs”, expressão em alemão que significa “*Baixa Tensão e Alta Capacidade de Interrupção*”. Os fusíveis NH suportam elevações de tensão durante um certo tempo sem que ocorra fusão. Eles são empregados em circuitos sujeitos a pico de corrente e onde existam cargas indutivas e capacitivas. Sua construção permite valores padronizados de corrente que variam de 6 á 1200 A. São constituídos por duas partes: **base e fusível**. A base é fabricada de material isolante como a esteatita, plástico ou termofixo. Nela são fixados os contatos em forma de garras, às quais estão acopladas molas que aumentam a pressão de contato.

O fusível possui corpo de porcelana de seção retangular. Dentro desse corpo, estão o elo porcelana e duas facas de metal que se encaixam perfeitamente nas garras da base. O elo fusível é feito de cobre (e pode ainda ser fabricado em prata) em forma de lâminas vazadas em determinados pontos para reduzir a seção condutora. Na parte superior do corpo, existe um indicador que sinaliza quando o fusível está rompido.



Os fusíveis NH, se apresentam nos tamanhos NH00, NH 1, NH 2 e NH 3, que variam de acordo com a corrente nominal e capacidade de interrupção.



Para a colocação e retirada dos fusíveis NH, é utilizada uma ferramenta, chamada **punho “saca-fusíveis”**, representado a seguir:



OBS.: Os fusíveis NUNCA devem ser removidos enquanto houver corrente elétrica passando por eles, pois causa acidente por arco elétrico.

Os fusíveis DIAZED e NH, podem ainda ser classificados em *Retardados* e *Ultra-rápidos*.

→ Os fusíveis **ultra-rápidos**, não suportam picos de corrente, ou seja, qualquer valor acima da corrente nominal do fusível, é suficiente para rompê-lo. Estes fusíveis não são indicados para proteger cargas com característica indutiva (motores elétricos, por exemplo) ou capacitiva.

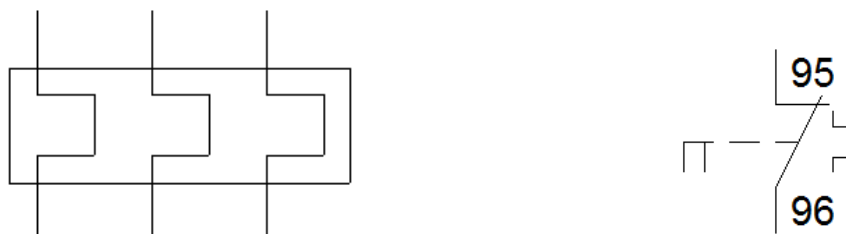
→ Os fusíveis **retardados**, suportam picos de corrente por determinados instantes de tempo, e com isso suportam os picos de corrente existente em cargas indutivas e capacitivas e por isso são indicados para a proteção de motores elétricos e bancos de capacitores.

3.1.4.2) Relés de sobrecarga: O relé de sobrecarga é utilizado em conjunto com o **contator**, estando seu funcionamento condicionado ao uso do contator para acionamento do motor elétrico. Este dispositivo possui um contato **NF**, cuja numeração é **95** e **96** e que atua quando a corrente do motor ultrapassa o valor ajustado no relé. Por isso, os condutores que alimentam o motor, devem obrigatoriamente passar pelo relé de sobrecarga.

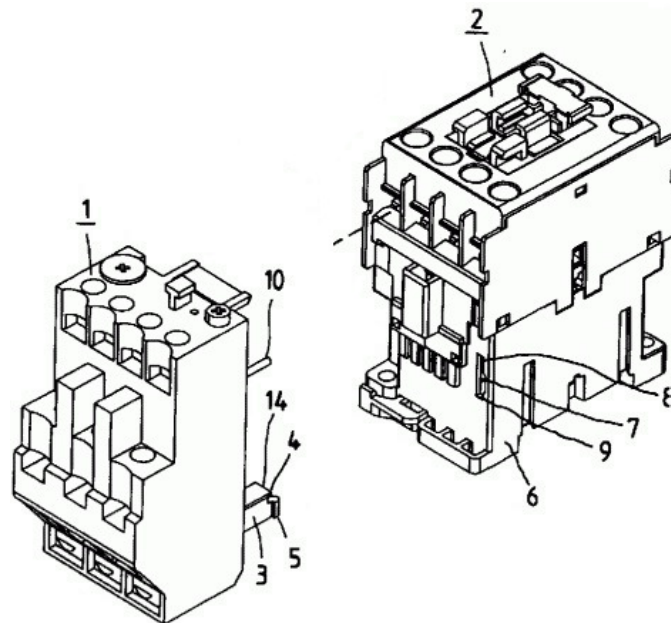


Alguns modelos de relé de sobrecarga

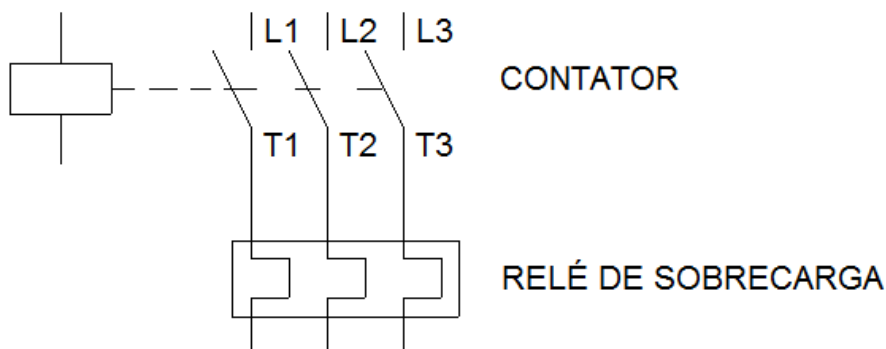
Simbologia:



O relé de sobrecarga é acoplado aos contatos de força do contator e por isso deve ser de modelo compatível. Abaixo, um exemplo do conjunto contator + relé de sobrecarga:



A simbologia utilizada para identificar o contator e o relé de sobrecarga, é dada a seguir:



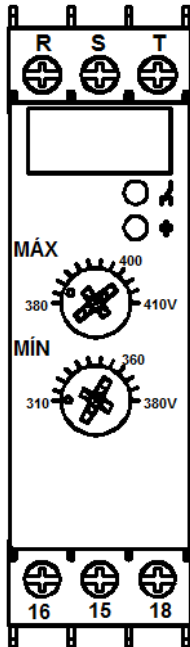
3.1.4.3) Método de proteção contra falta de fase:

A falta de fase, é uma das maiores causas de queima em motores elétricos. Como já vimos nas atividades anteriores, o motor não parte com falta de fase, porém se estiver funcionando, sua corrente aumenta demasiadamente, causando a queima do enrolamento. Em alguns casos, o relé de sobrecarga atua a tempo de evitar a queima do motor, porém é necessário um dispositivo de proteção mais eficiente. Estes dispositivos também são utilizados, em conjunto com o contator, como veremos em seguida. Sua atuação se dá na forma de um contato NA, que atua quando faltar ao motor uma das fases de alimentação. Isso é feito com os seguintes elementos:

- Relé supervisor de tensão
- Relé falta de fase
- Relé de falta e sequência de fase.

a) **RELÉ SUPERVISOR DE TENSÃO:** apresentam dois seletores que possibilitam ajustar a máxima e a mínima tensão que o relé pode detectar. Se, por algum motivo, a tensão não estiver entre os limites definidos no relé, o mesmo atua desligando o circuito de alimentação do contator, e conseqüentemente a alimentação do motor elétrico.

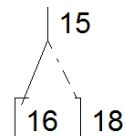
→ **R, S e T** são os terminais de alimentação do relé.



→ **15, 16 e 18**, são os terminais do conjunto de contatos NA/NF

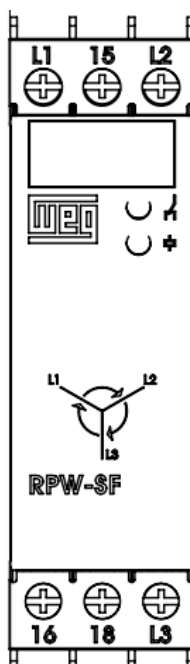
→ No centro do relé estão os seletores de ajuste dos limites da tensão

O conjunto de contatos NA/NF, funciona de acordo com o esquema:



Obs: os relés de supervisão de tensão também podem oferecer proteção contra falta de fase e seqüência de fase, o que dependerá do modelo e fabricante do relé.

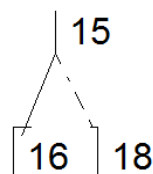
b) **RELÉ DE SEQUÊNCIA DE FASE:** apresentam, além da proteção contra falta de fase, também proteção contra alteração da seqüência de fase, evitando que o sentido de rotação do motor seja alterado. O conjunto de contatos NA/NF se apresenta da mesma forma que no relé supervisor de tensão.



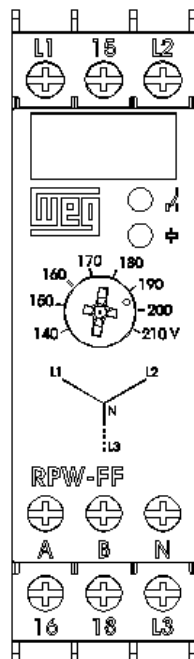
→ **L1, L2 e L3** são os terminais de alimentação do relé.

→ **15, 16 e 18**, são os terminais do conjunto de contatos NA/NF

O conjunto de contatos NA/NF, funciona de acordo com o esquema:



c) **RELÉ DE FALTA DE FASE:** este relé oferece apenas proteção contra falta de fase. Em alguns modelos apresenta também uma regulagem no centro que possibilita a regulação do valor mínimo de tensão a ser detectada pelo relé.

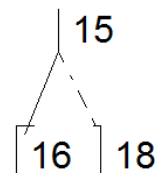


→ **L1, L2 e L3** são os terminais de alimentação do relé.

→ No centro a regulagem da mínima tensão a ser detectada pelo relé.

→ **15, 16 e 18**, são os terminais do conjunto de contatos NA/NF

O conjunto de contatos NA/NF, funciona de acordo com o esquema:

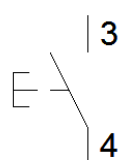


Obs: Os relés de falta de fase, devem sempre ser alimentados com tensão trifásica, embora o circuito de comando seja monofásico. Em alguns modelos, ainda é necessária a alimentação com condutor neutro, além das três fases.

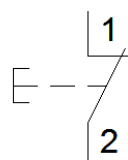
3.1.5) A chave de partida direta eletromagnética:

Este é o método mais comum para a partida de motores de indução. Para montagem desta chave, utilizam-se fusíveis, contator, relé de sobrecarga e outros elementos de proteção do motor, como o relé falta de fase, por exemplo. É necessário ainda a aplicação dos **botões de pulso** ou **botoeiras**, elemento que analisaremos agora.

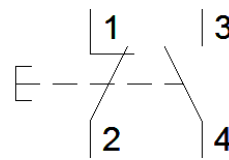
As botoeiras podem ser do tipo **NA** ou **NF**, e a simbologia usada é a seguinte:



Botão NA



Botão NF

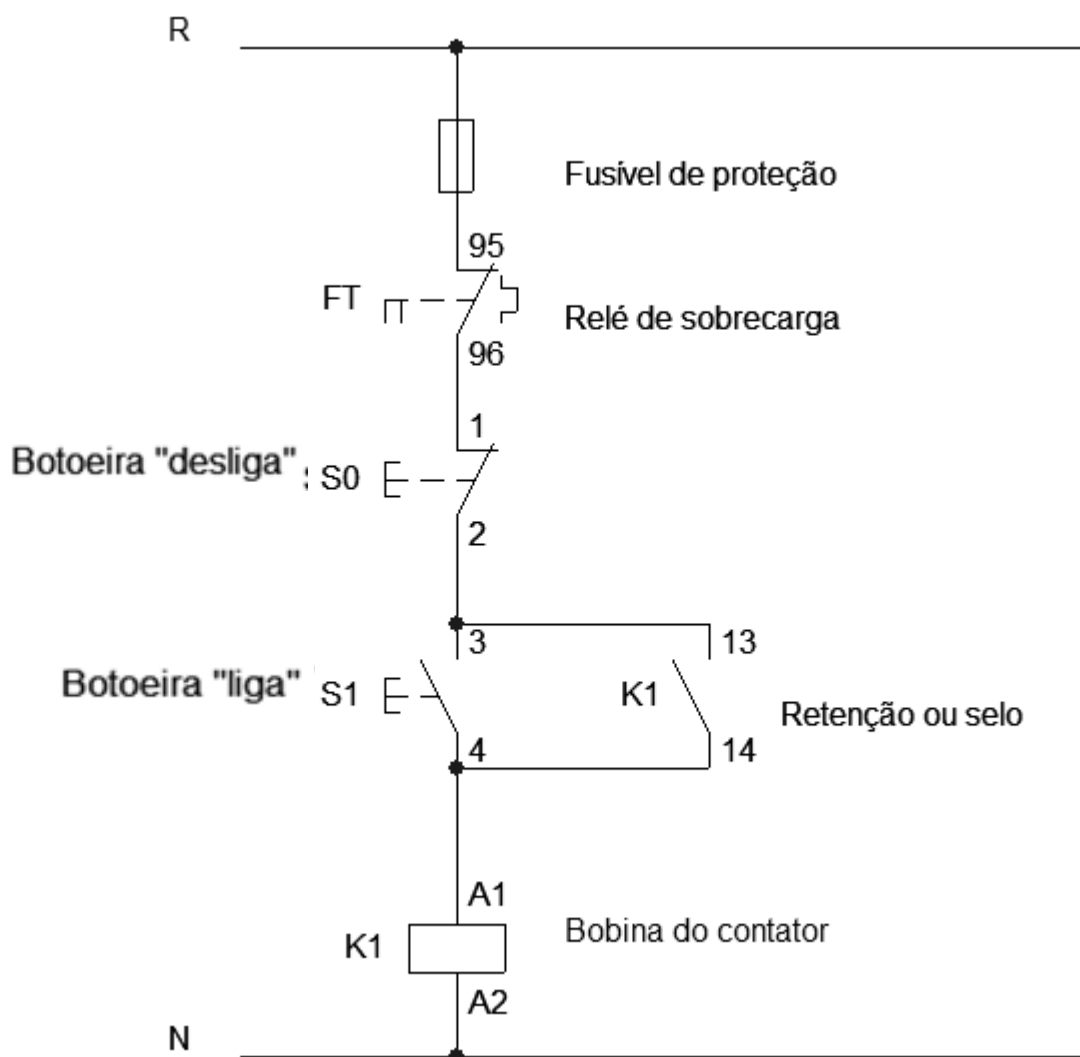


Botão NA+NF

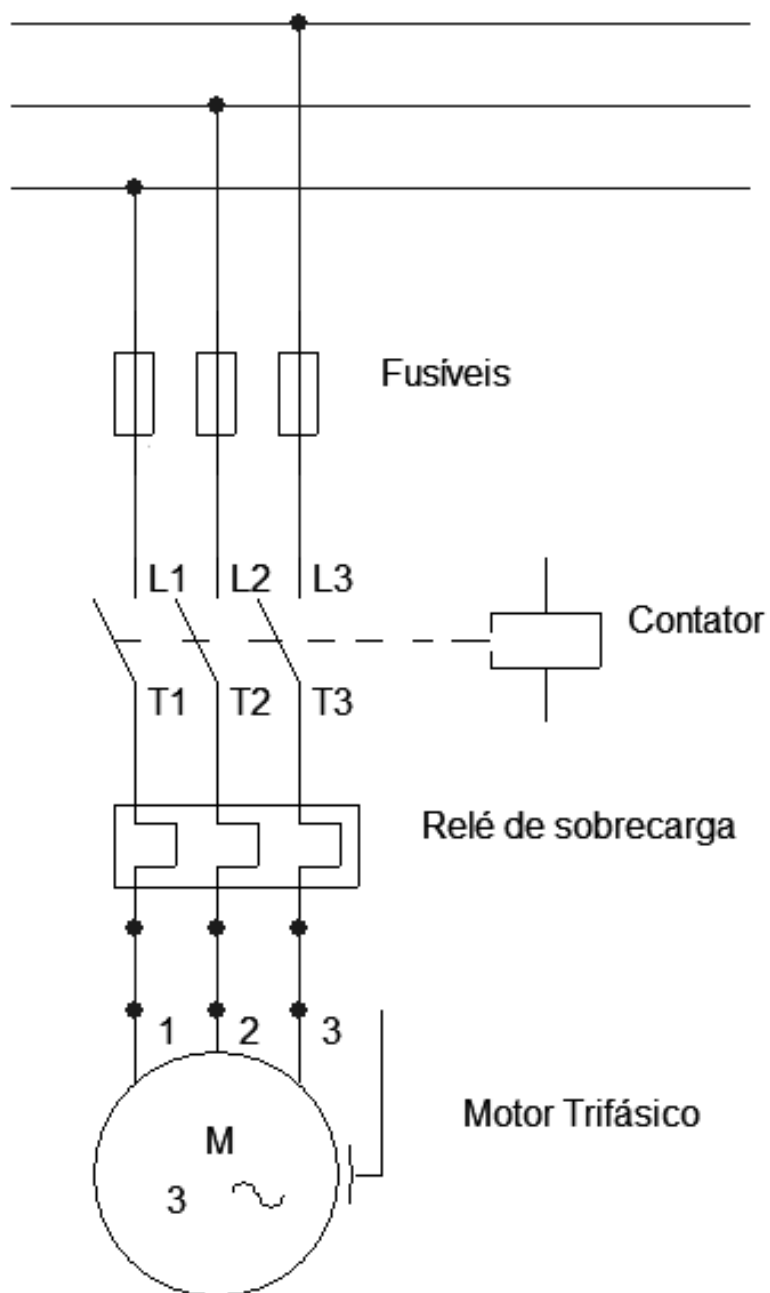
Teremos agora que desenvolver dois tipos diagramas, que nos darão base para a montagem da chave de partida direta eletromagnética. O **diagrama de comando**, que envolve os elementos que serão utilizados para o acionamento do contator e o **diagrama de potência**, que envolve os contatos de força do contator e os elementos de acionamento do motor elétrico.

A seguir, os diagramas necessários para a montagem da chave de partida direta eletromagnética com a descrição dos componentes:

a) DIAGRAMA DE COMANDO



b) DIAGRAMA DE POTÊNCIA:



ATIVIDADE VIII – MONTAGEM DE UMA CHAVE DE PARTIDA ELETROMAGNÉTICA**Observe:**

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

- 1) Utilizando um motor trifásico de 6 terminais, anote os dados da placa do motor
 - **Qual a corrente de partida do motor, em 380V?**
 - **Qual a corrente de partida do motor, em 220V?**
 - **Qual o índice de proteção do motor?**
- 2) Remova a tampa da caixa de ligações e verifique a numeração dos terminais
- 3) Liste abaixo o material necessário para a montagem de uma chave de partida eletromagnética com proteção contra curto-circuito e sobrecarga.
- 4) Represente o diagrama de comando da chave e efetue a montagem na bancada
- 5) Represente o diagrama de potência da chave e a montagem do circuito da potência, na bancada.
 - **Qual a tensão utilizada para alimentar o motor?**
 - **Represente o diagrama de ligação das bobinas do motor**
- 6) Responda às questões abaixo:
 - **Qual a função do contato NA em paralelo com a botoeira que liga o circuito(S1)?**
 - **Com o circuito em funcionamento, pressione o botão “RESET” do relé de sobrecarga. O que ocorre? Por quê?**
- 7) Instale, na chave de partida direta, um sistema de sinalização que indique “sistema energizado” “motor parado” e “motor ligado”
 - **Represente os diagramas.**

ATIVIDADE IX – UTILIZAÇÃO DO RELÉ DE PROTEÇÃO CONTRA FALTA DE FASE

Observe:

- Respeite as normas de Segurança;
- Não é permitido o uso de relógios, brincos, pulseiras, e adornos em geral;
- Se possuir cabelos compridos, prenda-os de forma bem firme.
- É obrigatório o uso de uniforme próprio para aulas práticas (jaleco)

- 1) Utilizando o diagrama de comando da chave de partida direta montada na ATIVIDADE VIII, para insira a proteção contra falta de fase.
- 2) Utilizando um relé falta de fase, efetue na bancada a montagem da chave desenvolvida no item 1.
- 3) Represente TODOS os esquemas de montagem da chave
- 4) Utilize um motor trifásico de 12 terminais, com alimentação do circuito de potência em 220V.
- 5) Represente o esquema de ligação das bobinas do motor.
- 6) Instale um sistema de sinalização que indique a atuação da proteção contra falta de fase.
→ **Represente o diagrama de comando com esta modificação.**
- 7) Faça os seguintes ensaios;
→ **Com o motor em funcionamento, desligue uma das fases e relate o ocorrido**
→ **Altere a sequência de fase NO MOTOR, energize o sistema e relate o ocorrido**
→ **Altere a sequência de fase NO CONTATOR, energize o sistema e relate o ocorrido**
→ **Altere a sequência de fase NO RELÉ DE PROTEÇÃO CONTRA FALTA DE FASE, energize o sistema e relate o ocorrido**

UNIDADE IV – INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MÉTODOS DE PARTIDA COM TENSÃO REDUZIDA

4.1) Objetivos do método

Já foi observado que os motores de indução consomem elevada corrente durante o período de partida, o que faz com que não seja possível aplicar o método de partida direta na maioria dos casos. Por isso, utilizam-se métodos de partida com tensão reduzida, que basicamente consistem em reduzir a tensão aplicada ao motor, somente durante o período de partida. Isso pode ser feito através da mudança nas ligações do motor ou na aplicação de um dispositivo que reduza a tensão aplicada durante a partida, como por exemplo um auto-transformador. Logo, concluímos que o método de partida com tensão reduzida tem como objetivo principal *reduzir a corrente de partida dos motores de indução*.

4.2) Aplicações

Utiliza-se um método de partida com tensão reduzida quando não for possível partir o motor diretamente, ou em alguns casos, quando existir a necessidade de uma partida suave do motor. Devemos salientar aqui, que quando aplica-se o método de partida com tensão reduzida, a corrente de partida fica reduzida na proporção do **quadrado da redução da tensão**, porém o **torque ou conjugado de partida** também se reduz na mesma proporção, o que traz como consequência uma partida mais suave do motor.

4.3) Métodos manuais de partida com tensão reduzida

Assim como o método de partida direta, os métodos de partida com tensão reduzida também podem ser *manuais* ou *eletromagnéticos*. Com o objetivo de compreender os fundamentos deste assunto, vamos analisar somente os métodos manuais de partida com tensão reduzida.

4.3.1) O método de partida Estrela – Triângulo (Y – Δ): neste caso utiliza-se uma *chave comutadora* com 9 terminais, a qual muda as ligações do motor conforme a posição do seletor. Na partida **Y – Δ**, o motor parte com a ligação **Y**, e após cerca de 10 segundos, deve-se trocar a posição da chave para **Δ**, a fim de colocar o motor em regime permanente. Para compreender este fato, vamos analisar a aplicação deste método em um motor trifásico de 6 terminais, cujas tensões nominais são **220V/380V**.



Exemplo:

→ Tensão do motor **220/380V**

→ Tensão da rede: **220V**

→ Método de partida: **Y – Δ**

REDE	PARTIDA (Y)	REGIME (Δ)
220V	Motor ligado para receber 380V , porém recebendo 220V .	Motor ligado para receber 220V, e recebendo tensão adequada.

Nota-se portanto que devemos observar a **compatibilidade** entre a tensão da rede, a tensão do motor e o método de partida a ser utilizado.

A título de curiosidade, vamos analisar quantitativamente a redução da corrente de partida do motor:

Exemplo:

→ Potência do motor **5 CV**

→ Corrente nominal aproximada em 220V: **13,5A**

→ I_p/I_n : **8,0**

→ Método de partida: **Y – Δ**

Em uma partida direta, este motor teria a seguinte corrente de partida;

$$I_p = 13,5 \times 8,0 \rightarrow I_p = 108 A$$

*Com a utilização do método de partida **Y – Δ**, a tensão fica reduzida em $\frac{1}{\sqrt{3}}$ da tensão nominal.*

*Como a corrente de partida fica reduzida no **quadrado** da redução da tensão, a corrente de partida ficará reduzida em:*

$$I_{pY-\Delta} = \frac{1}{(\sqrt{3})^2} \cdot I_p \Rightarrow I_{pY-\Delta} = \frac{1}{3} \cdot 108 \Rightarrow I_{pY-\Delta} = 36 A$$

4.3.2) O método de partida Série – Paralelo (Y – YY) na mesma linha de raciocínio da partida, $Y - \Delta$ a partida $Y - YY$, consiste em aplicar na partida do motor, uma ligação Y e em regime permanente uma ligação YY . A chave utilizada possui **12** terminais que efetuam a troca das ligações de acordo com a posição do seletor. Porém este método só é compatível com motores de **9** e **12** terminais. Vamos analisar o exemplo de aplicação do método com os motores de **9** e **12** terminais



Chave de partida $Y - YY$ manual.

Exemplo 1 – motor de **9** terminais:

- Tensão do motor **380/760V**
- Tensão da rede: **380V**
- Método de partida: $Y - YY$

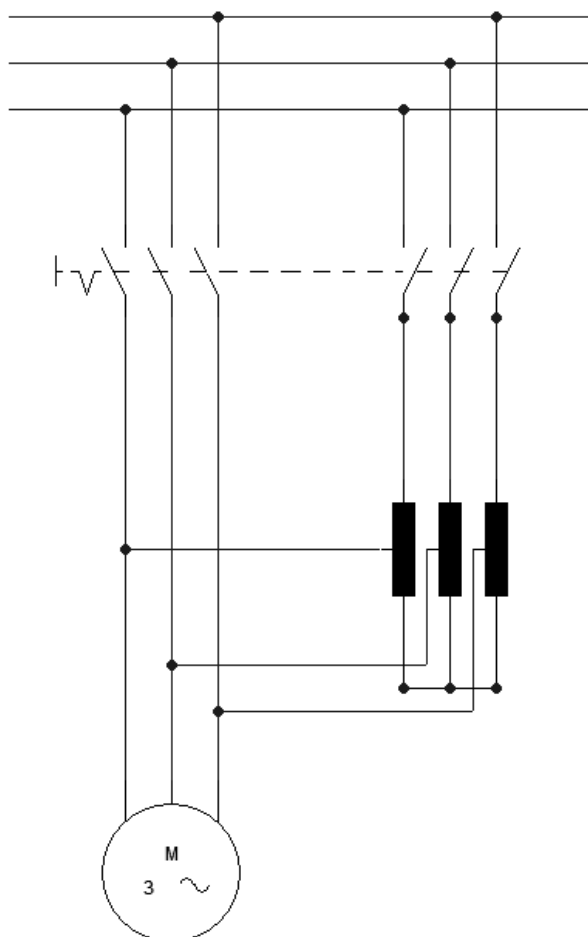
REDE	PARTIDA (Y)	REGIME (YY)
380V	Motor ligado para receber 760V , porém recebendo 380V .	Motor ligado para receber 380V, e recebendo tensão adequada.

Exemplo 2 – motor de **12** terminais:

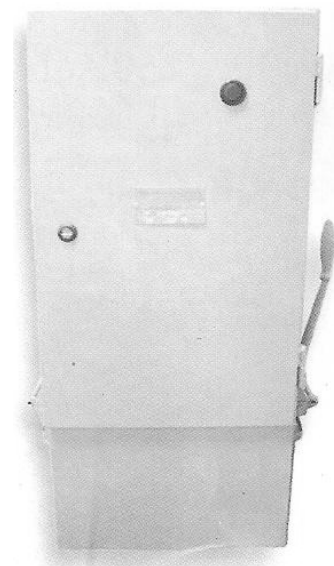
- Tensão do motor **220/380/440/760V**
- Tensão da rede: **380V**
- Método de partida: $Y - YY$

REDE	PARTIDA (Y)	REGIME (YY)
380V	Motor ligado para receber 760V , porém recebendo 380V .	Motor ligado para receber 380V, e recebendo tensão adequada.

4.3.2) O método de partida compensada: este método não utiliza a mudança das ligações do motor para reduzir a tensão na partida. Diferente dos outros métodos estudados, este método utiliza um **auto-transformador**, que aplica 65% ou 80% da tensão da rede durante a partida do motor, reduzindo a corrente de partida. As chaves de partida compensada manuais estão em desuso, sendo que as atualmente utilizadas são eletromagnéticas. O diagrama de uma chave de partida compensada é dado a seguir:



*O auto-transformador de partida permite que seja aplicada no motor 80% ou 65% da tensão nominal. Basta escolher o terminal de saída de tensão (**TAP**) que será ligado ao motor durante a partida.*



Chave compensadora manual

Abaixo, alguns exemplos de auto-transformadores, utilizado na partida compensada para motores de indução.



EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1) Faça uma análise semelhante à que foi feita para a chave **Y – Δ**, para a chave **Y – YY**, considerando um motor trifásico, 12 terminais, considerando os seguintes dados:
- Tensão do motor **220/380/440/760V**
 - Correntes nominais do motor: **27/16/10A**
 - Potência do motor : **10CV**
 - I^p/I_n : **8,6**
 - Tensão da rede: **3~/N 220/380V**
 - Método de partida: **Y – YY**
- 2) Indique no quadro a seguir os possíveis métodos de partida que podem ser utilizados, baseando-se apenas na compatibilidade entre os métodos de de partida, tensão do motor e tensão da rede. Considere um sistema trifásico, com neutro.

MOTOR	REDE	MÉTODO DE PARTIDA
220/380V	220/127V	
220/440V	380/220V	
380/660V	380/220V	
380/760V	380/220V	
220/440/380/760V	220/127V	
220/440/380/760V	380/220V	
220V	380/220V	
380V	380/220V	
440V	440/254V	

- 3) Qual é o principal objetivo de um método de partida com tensão reduzida?
- 4) Quais são as limitações do método de partida direta?
- 5) Seria possível utilizar um método de partida **Y – Δ** em um motor trifásico de 12 terminais? Quais seriam as restrições neste caso?
- 6) Seria possível utilizar uma chave **Y – Δ** em um motor de 9 terminais? Justifique.
- 7) Existe alguma restrição para aplicação da chave compensadora? Justifique.

ATIVIDADE X – UTILIZAÇÃO DE UMA CHAVE Y – Δ MANUAL

- 1) Represente um diagrama que mostre a sequência dos bornes da chave **Y – Δ**.
→ **Qual é a sequência da numeração?**
- 2) Identifique a numeração dos terminais de um motor trifásico de seis terminais.
→ **Qual é a sequência da numeração?**
- 3) Anote os dados da placa de características do motor
→ **Quais são os valores da corrente de partida do motor?**
- 4) Defina a tensão de alimentação do sistema de partida, indicando abaixo e justificando sua escolha.
- 5) Instale a chave de partida no motor, respeitando a sequência da numeração dos terminais da chave e do motor
- 6) Efetue a operação de partida do motor elétrico, conforme visto em aula
- 7) Faça os seguintes ensaios;
→ **Usando a função “Peak-Hold” do amperímetro alicate, meça a corrente de partida com o motor partindo diretamente e com a intervenção da chave Y – Δ.**
→ **Compare os valores obtidos e apresente uma conclusão.**
- 8) Repita a atividade utilizando um motor de **12** terminais.