

LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Guia de

Guia de Instalações Industriais

INTRODUÇÃO

1 MOTORES ELÉTRICOS

1.1. Motor Síncrono 1.2. Motor de indução

1.2.1. Motor Eléctrico Trifásico Motor Freio

1.2.2. Motor Eléctrico Trifásico de dupla Velocidade Dahlander

1.2.3. Motores Eléctricos Trifásicos de Alto Rendimento

1.2.4. Motor de Indução Monofásico

1.2.4.1. Motor de Fase dividida

1.2.4.2. Motor com Capacitor de partida

1.2.4.3. Motor com capacitor de partida e capacitor de marcha 1.2.4.4. Motor com capacitor permanente

1.2.4.5. Motor com bobina de arrastamento

2. CHAVE DE PARTIDA

2.1. Chave de Faca

2.2. Chave de Partida Direta dos Motores

2.3. Chave de Partida Direta com Reversão do Sentido de Rotação

2.4. Limitações da Corrente de Partida

2.4.1. Chave de Partida Estrela-Triângulo

2.4.2. Partida com Chave Série-Paralelo

3. CIRCUITOS DE ALIMENTAÇÃO E CONTROLE

3.1. Circuito Principal ou Circuito de Força

3.2. Circuito Auxiliar ou Circuito de Comando

4. DISPOSITIVOS DE COMANDO

4.1. Contactores ou Contatores

4.1.1. Contactores Disjuntores

4.1.2. Contactores Inversores

4.2. Disjuntor

4.3. Temporizadores

4.4. Relé de Sobrecarga

5. ESPECIFICAÇÕES PARA AQUISIÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

5.1. Placa de identificação de um motor

6. TAREFAS

6.1. Simbologia Utilizada

6.2. Partida Direta para Motores Monofásicos Através de Chave Mecânica

6.2.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.2.2. Procedimentos

6.3. Partida Direta para Motores Trifásicos Através de Chave Mecânica

6.3.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.3.2. Procedimentos

6.4. Partida Direta para Motores Trifásicos com Reversão do Sentido de Rotação Através de Chave Mecânica

6.4.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.4.2. Procedimentos

6.5. Partida Direta para Motores Monofásicos a Contactor

6.5.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.5.2. Procedimentos e funcionamento

6.6. Partida Direta para Motores Trifásicos a Contactor

6.6.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.6.2. Procedimentos

6.7. Partida Direta para Motores Trifásicos a Contactor com Reversão do Sentido de Rotação

6.7.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.7.2. Procedimentos

6.8. Partida Direta para Motores Monofásicos a Contactor com Reversão do Sentido de Rotação

6.8.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.8.2. Procedimentos

6.9. Partida Direta para Motor freio Trifásico a Contactor

6.9.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.9.2. Procedimentos

6.10. Partida Direta para Motores Trifásicos de Dupla Velocidade - Dahlander - a Contactor

6.10.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.10.2. Procedimentos

6.11. Partida Estrela-Triângulo a Contactor - Comando Manual

6.11.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.11.2. Procedimentos

6.12. Partida Estrela-Triângulo a Contactor - Comando Temporizado

6.12.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.12.2. Procedimentos

6.13. Partida Estrela-Triângulo a Contactor com Reversão do Sentido de Rotação - Comando Temporizado

6.13.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.13.2. Procedimentos

6.14. Motor Trifásico com Ciclo Perpétuo

6.14.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.14.2. Procedimentos

6.15. Partida Série-Paralelo de um Motor Trifásico a Contactor - Comando Temporizado

6.14.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

6.14.2. Procedimentos

7. Quadro Simulador de Defeitos

7.1. Quadro Simulador de Defeitos do Laboratório

7.1.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

7.1.2. Procedimentos

7.2. Quadro Simulador de Defeitos da WEG

7.2.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

7.2.2. Procedimentos

Bibliografia

Anexos

1. Motores Elétricos

Os motores elétricos são máquinas que recebem energia elétrica da rede caracterizada por tensão, corrente e fator de potência e fornecem energia mecânica no seu eixo caracterizada pela rotação e pelo conjugado mecânico. No laboratório de Instalações Elétricas serão utilizados motores de indução tipo gaiola.

1.1. Motor Síncrono

Como os motores de indução, os motores síncronos possuem enrolamentos no estator que produzem o campo magnético girante, mas, o circuito do rotor de um motor síncrono é excitado por uma fonte de corrente contínua proveniente de uma excitatriz, que é um pequeno gerador de corrente contínua. A Figura 1 mostra o desenho da estrutura básica de um motor síncrono.

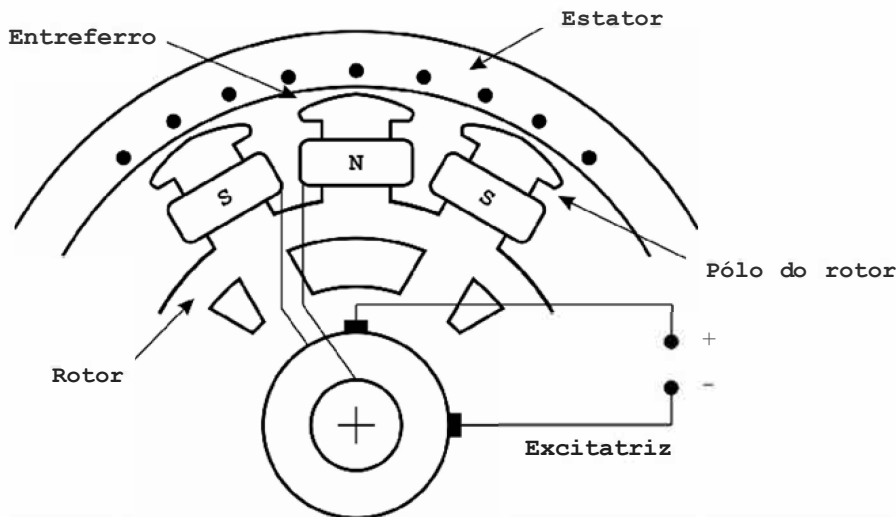


Figura 1. Estrutura básica de um motor síncrono.

O motor síncrono não tem partida própria, necessitando, portanto, que o rotor seja arrastado até a velocidade síncrona por um meio auxiliar. Existem motores em que a partida é dada por condutores em gaiola embutidos na face dos polos do rotor. Inicia-se a partida como motor de indução e no momento certo se excita os polos do rotor e o motor entra em sincronismo.

1.2. Motor de Indução

Motores de indução tipo gaiola são compostos basicamente de:

- Um estator, com enrolamento montado na carcaça do motor que vai fornecer o campo girante do motor;
- Um rotor, com o enrolamento constituído por barras curto-circuitadas, que sob ação do campo girante irá fornecer energia mecânica no eixo do motor.

A partir do momento que os enrolamentos localizados nas cavas do estator são sujeitos a uma corrente alternada, gera-se um campo magnético no estator, consequentemente, no rotor surge uma força eletromotriz induzida devido ao fluxo magnético variável que atravessa o rotor. A f.e.m. induzida dá origem a uma corrente induzida no rotor que tende a opor-se à causa que lhe deu origem, criando assim um movimento giratório no rotor.

Como exemplo, temos a "projeção" dos diversos elementos do motor de indução tipo gaiola (ver figura 2).

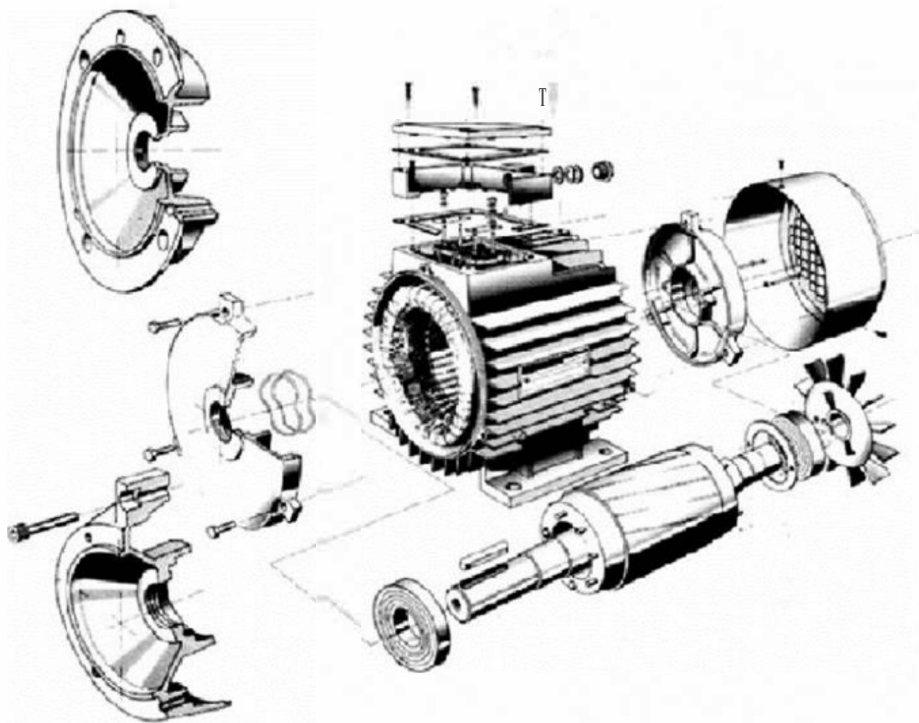


Figura 2. Projeção de um motor de indução tipo gaiola.

Quando o motor é energizado, ele funciona como um transformador com o secundário em curto-circuito, portanto, exige da rede elétrica uma corrente muito maior que a nominal durante a partida, podendo atingir cerca de 7 vezes o valor da corrente nominal. A medida que o campo girante "arrasta" o rotor, aumentando sua velocidade, a corrente vai diminuindo até atingir a corrente nominal, no tempo que a rotação atinge seu valor nominal.

Quando o motor é ligado em vazio, ele adquire rapidamente sua velocidade nominal, conseqüentemente sua corrente será reduzida rapidamente. Nesta situação, o motor pode partir com uma tensão bem abaixo da nominal (50%, por exemplo). Assim, quando sua velocidade estiver próxima da nominal, ele poderá ser alimentado com sua tensão nominal.

Em suas atividades normais (industriais, atividades agrícolas, aparelhos eletrodomésticos, etc), o motor parte realizando trabalho, ou seja, em carga. Por exemplo, em uma máquina de lavar roupa, o motor parte iniciando a movimentação das roupas e da água, isto é, ele parte com carga acoplada ao seu eixo.

A partida de um motor em carga é mais complicada, em termos elétricos. Pois ao se tentar dar a partida com 50% da tensão nominal, o motor pode necessitar de um tempo maior do que o recomendado ou não conseguir atingir sua rotação nominal. Caso isto aconteça, a probabilidade do motor queimar é bastante grande, devido à corrente ser excessivamente maior do que a nominal. Isto pode acontecer porque o conjugado oferecido pelo motor no seu eixo será menor quando a tensão for menor, a potência mecânica disponível no eixo será menor. A maioria das vezes torna-se necessário alimentar o motor na partida com 65%, 80% ou 100% da tensão nominal, e correntes correspondentemente maiores.

No momento da partida de um motor de alta potência, haverá uma queda de tensão

nos alimentadores decorrente da circulação da alta corrente de partida nos condutores. A queda de tensão, embora que momentânea, pode prejudicar outros consumidores. Assim, as empresas fornecedoras de energia elétrica (as concessionárias) exigem que haja uma limitação da corrente de partida dos motores, de acordo com as condições do seu sistema.

Para minimizar os inconvenientes da partida com tensão plena, deve-se reduzir a tensão de alimentação das bobinas do motor. Para tanto são usados:

- Resistores ou indutores em série;
- Transformadores ou auto-transformadores;

- Chaves estrela-triângulo;
- Chaves série-paralelo;
- Chaves compensadoras, etc.

os experimentos da disciplina Laboratório de Instalações Elétricas serão utilizadas na redução da corrente de partida de motores elétricos, apenas as chaves estrela-triângulo e série-paralelo. As outras montagens realizadas no laboratório se referem à partida direta de motores monofásicos e trifásicos, além de motores do tipo freio e de duas velocidades. A seguir serão apresentados de forma breve os tipos de motores utilizados nos experimentos.

1.2.1. Motor Elétrico Trifásico Motor Freio

Os motores elétricos equipados com motor freio foram desenvolvidos para utilização em equipamentos onde são necessárias paradas rápidas por questão de segurança, posicionamento e economia de tempo, tais como: máquinas ferramentas, máquinas gráficas, bobinadeiras, transportadores, pontes rolantes, máquinas de engarrafar e secar, entre outras.

A figura 3 mostra um esquema simplificado do freio. O dispositivo responsável pela frenagem precisa ser energizado com 220 V, tendo esta tensão de entrada retificada pela ponte retificadora. Assim, na saída da ponte teremos uma tensão contínua que energizará o eletroímã (a seguir, este dispositivo será detalhadamente explicado), que é responsável pelo freio.

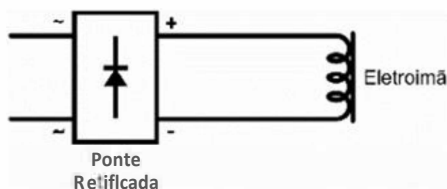


Figura 3. Esquema simplificado do freio.

O eletroímã é um dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético, semelhante àqueles encontrados nos ímãs naturais. É geralmente construído aplicando-se um fio elétrico espiralado ao redor de um núcleo de ferro, aço, níquel ou cobalto ou algum material ferromagnético.

Quando o fio é submetido a uma tensão, o mesmo é percorrido por uma corrente elétrica, que gerará um campo magnético na área circunvizinha a essa espira. A intensidade do campo e a distância que ele atingirá a partir do eletroímã dependerão da intensidade da corrente aplicada e do número de voltas da espira.

A passagem de corrente elétrica por um condutor produz campos magnéticos nas imediações do condutor e estabelece-se um fluxo magnético no material ferromagnético envolto pelas espiras do condutor. A razão entre a intensidade do fluxo magnético concatenado pelas espiras e a corrente que produziu esse fluxo é a indutância. A intensidade do campo magnético produzido dependerá das características do meio no qual se estabelecerá o fluxo, o que afetará a relutância do caminho magnético.

O pedaço de ferro apresenta as características de um ímã permanente, enquanto a corrente for mantida circulando, e o campo magnético pode ser constante ou variável no tempo dependendo da corrente utilizada (contínua ou alternada). Ao se interromper a passagem da corrente o envoltório pelas espiras pode tanto manter as características magnéticas ou não, dependendo das propriedades do mesmo ferromagnetismo.

1.2.2. Motor Elétrico Trifásico de dupla Velocidade - Dahlander

Este tipo de motor trifásico permite a variação de velocidade através da comutação de pólos. A ligação Dahlander permite uma relação de pólos de 1:2 o que corresponde a mesma relação de velocidade. Quando a quantidade de pólos é maior, a velocidade é mais baixa, quando é menor, a velocidade é mais alta. Isso decorre da fórmula:

$$n = \frac{120 \times f \times (1 - s)}{p}$$

Onde:

n = Velocidade;
 p = Número de pólos;
 s = Escorregamento;
 f = Freqüência.

Os motores de dupla velocidade se destinam às máquinas operatrizes, pontes rolantes, correias transportadoras, sistemas de ventilação, misturadores, centrifugas, indústrias naval e alimentícia, madeireira, siderúrgica e indústrias mecânicas em geral.

1.2.3. Motores Elétricos Trifásicos de Alto Rendimento

Os motores elétricos trifásicos de alto rendimento foram projetados para minimizar o consumo de energia, isto é, a relação energia elétrica energia mecânica (potência no eixo) é maior. Eles são usados em compressores, bombas, ventiladores e exaustores, prensas, máquinas ferramentas, correias transportadoras, pontes rolantes, elevadores, laminadoras, máquinas operatrizes, máquinas agrícolas, misturadores, trituradores, evaporadores, indústria mecânica em geral, entre outros.

1.2.4. Motor de Indução Monofásico

Os motores monofásicos de indução possuem um único enrolamento no estator. Esse enrolamento gera um campo magnético que se alterna, mas não é girante. Nesse caso, o movimento provocado não é rotativo.

Quando o rotor estiver parado, o campo magnético do estator, ao variar sua polaridade entre norte e sul, induz no rotor uma corrente induzida. O campo gerado no rotor tem polaridade oposta ao do estator. Assim, a oposição dos campos exerce um conjugado na parte superior e inferior do rotor, o que tenderia girá-lo 180° de sua posição original. Como o conjugado é igual em ambos os sentidos, pois atuam através do centro do rotor, este continua parado. Caso o rotor estivesse em movimento ao se ligar o motor, ele continuaria em movimento no sentido inicial, pois a ação do conjugado será ajudada pela inércia do motor.

Devido a este problema na partida de motores monofásicos, foram desenvolvidas algumas técnicas para acioná-los. A seguir temos algumas destas técnicas.

1.2.4.1. Motor de Fase dividida

O estator do motor de fase dividida possui um enrolamento auxiliar (enrolamento de partida), além do enrolamento principal. Os eixos dos dois enrolamentos ficam separados por 90°.

A corrente no enrolamento principal de partida apresenta um atraso de 90° em relação à tensão de linha; a corrente no enrolamento principal apresenta um atraso de 45° em relação à tensão. Na partida, os dois enrolamentos, devido à diferença entre fases, produzem um campo girante. A corrente no rotor fica atrasada cerca de 90° em relação à tensão no rotor, devido à elevada reatância do rotor. A interação das correntes no rotor e do campo do estator faz com que o rotor tenha sua velocidade aumentada no sentido do campo girante do estator.

É importante salientar que o enrolamento auxiliar deve ser desligado quando o motor atinge 75% da velocidade nominal do mesmo, isso geralmente é feito através de uma chave centrífuga que desliga o enrolamento ao atingir essa velocidade. O campo girante é mantido pela interação dos campos magnéticos do rotor e do estator.

1.2.4.2. Motor com Capacitor de partida

Esse sistema assemelha-se com o de Fase Dividida, com a exceção de que é inserido um capacitor em série com o enrolamento auxiliar. Isto faz com que o atraso entre as bobinas seja maior que no método anterior, aumentando o conjugado de

partida. A diferença de fase elétrica de 90° entre os dois enrolamentos é obtida ligando-se o enrolamento auxiliar em série com o capacitor e uma chave centrífuga.

Na partida, a chave é fechada, colocando o capacitor em série com o enrolamento auxiliar. O valor é tal que o enrolamento auxiliar é efetivamente um circuito resistivo-capacitivo.

1.2.4.3. Motor com capacitor de partida e capacitor de marcha

Nesse método, como nos outros, também se faz uso do enrolamento auxiliar, só que nesse caso o enrolamento auxiliar não é desligado.

Quando o motor é ligado, os dois capacitores estão ligados em paralelo (partida e marcha) quando o motor atinge a velocidade 75% da nominal o interruptor desliga o capacitor de partida deixando sempre o enrolamento ligado e com o capacitor de marcha ligado com ele.

1.2.4.4. Motor com capacitor permanente

Nesse caso o enrolamento auxiliar (junto com um capacitor de marcha) fica ligado permanentemente, esse método é constantemente utilizado em ventiladores de teto.

1.2.4.5. Motor com bobina de arrastamento

Nesse método o motor não possui enrolamento auxiliar. No estator são construídas duas bobinas (além da principal), geralmente com uma ou duas voltas de fio, com uma espessura razoavelmente grande. Essas bobinas ficam curto-circuitadas e se localizam numa porção de cada pólo do estator, com a energização do motor a bobina principal induz nessas bobinas uma corrente fazendo que elas criem um campo magnético defasado da principal e inicie o movimento do motor.

2. Chave de Partida

Chave de partida é um dispositivo que dá condições à partida do motor. Sempre que possível, a partida de um motor deverá ser feita de forma direta, ou seja, sem artifícios para redução da corrente de partida.

Por outro lado, quando a corrente de partida do motor é elevada, podem ocorrer alguns transtornos, tais como:

- Interferência no funcionamento de equipamentos instalados no mesmo sistema, devido à queda de tensão excessiva.
- Necessidade de superdimensionar os sistemas de proteção, com conseqüente aumento de custos.
- Por imposição da redução da corrente de partida pela companhia concessionária de energia elétrica, de forma a limitar a queda de tensão na rede.

Quando tais fatos ocorrem, é necessário recorrer a um sistema de partida indireta, de modo a reduzir o pico de corrente na partida.

2.1. Chave de Faca

A chave faca é um dispositivo de abertura em carga. É o dispositivo mais simples que só é aplicável a motores de baixa potência. O arco elétrico que ocorre no fechamento e na abertura provoca o desgaste nos seus contatos. Estas chaves não permitem o desligamento automático por sobrecarga. Associadas a fusíveis oferecem proteção contra curto-circuito, mas não permitem o comando à distância. Na Figura 4 pode ser visualizado um circuito de acionamento de um motor com a utilização de uma chave faca.

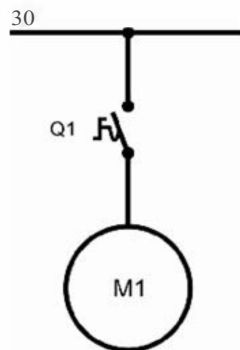


Figura 4. Circuito de acionamento de um motor com uma chave faca.

2.2. Chave de Partida Direta dos Motores

A chave de partida direta é um dispositivo que fornece condições ao motor de partir com a tensão nominal de serviço. Consiste em um sistema simples e seguro, recomendado para motores de gaiola, como pode ser visto na figura 5. A partida direta dos motores é normalmente realizada através de contactores, sendo os motores supervisionados por dispositivos de proteção. Há, no entanto, algumas limitações quanto às suas aplicações:

- Ocasiona queda de tensão da rede devido à alta corrente de partida (I_p). No caso dos grandes motores a corrente de partida é limitada por imposição das concessionárias de energia elétrica;
- Pode ocasionar interferência em equipamentos instalados no sistema, devido à elevada queda de tensão.

Neste texto, porém mais adiante, serão mostrados os outros tipos de partida de motores, utilizados para os grandes motores com a finalidade de minimizar a corrente de partida e seus efeitos.

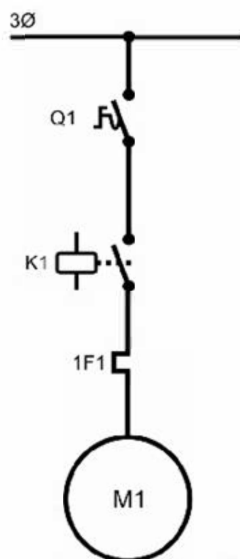


Figura 5. Circuito de partida direta de um motor.

2.3. Chave de Partida Direta com Reversão do Sentido de Rotação

A chave de partida com reversão de sentido de rotação possibilita a reversão em plena marcha do sentido de rotação de um motor trifásico, através da inversão da sequência fases. Esta chave é dotada de 2 contactores. O primeiro contactor permite a ligação na sequência ABC e o segundo permite a ligação na sequência CBA. É necessário que os contactores tenham intertravamento, isto é, uma ligação só é plenamente realizada quando a outra ligação foi totalmente desconectada.

2.4. Limitações da Corrente de Partida

Os sistemas mais usuais para limitar a corrente de partida de motores de corrente alternada são descritos a seguir.

2.4.1. Chave de Partida Estrela-Triângulo

As ligações de motores através de chaves estrela-triângulo são utilizadas em alguns casos, quando o motor admite ligações em dois níveis de tensão. Elas têm a finalidade de reduzir a corrente de partida, para motores de alta potência, que requerem naturalmente uma alta corrente durante a partida. O motor parte com ligação

estrela, sendo energizado com $V_N/\sqrt{3}$, até que sua velocidade se aproxime da nominal, quando um operador ou um relé temporizado pode mudar a ligação de estrela para triângulo e desse modo, o motor passa a ser alimentado com sua tensão nominal. Para a realização das conexões que permitam as ligações estrela-triângulo é necessário que os terminais da bobina sejam acessíveis.

Na Figura 6 podem ser visualizadas as ligações das bobinas para as ligações estrela e triângulo.

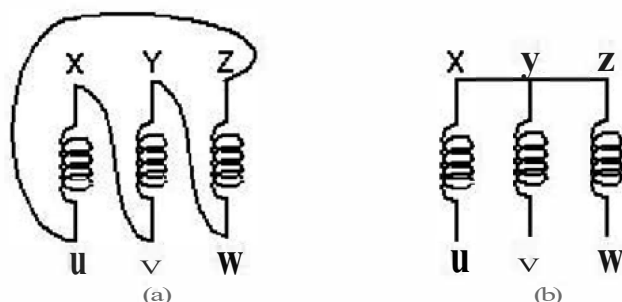


Figura 6. Esquemas de ligação das bobinas do estator;
a) ligação estrela, b) ligação triângulo.

Uma comutação prematura (velocidade do motor ainda baixa), ou uma longa duração no processo de comutação, o que causa uma diminuição excessiva da velocidade, leva a um pico de corrente elevado na comutação. Já uma duração muito curta no processo de comutação pode fazer surgir uma corrente de curto-circuito, pois o arco voltaico decorrente da abertura da ligação pode ainda não se encontrar totalmente extinto.

O circuito de força para o acionamento de um motor com a utilização da chave de partida estrela-triângulo pode ser visto na Figura 7.

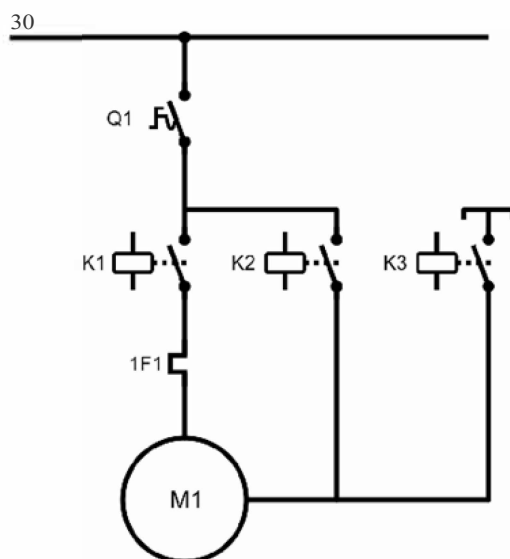


Figura 7. Circuito de força de chave de partida estrela-triângulo.

2.4.2. Partida com Chave Série-Paralelo

As chaves de partida série-paralelo são utilizadas para redução corrente de partida de motores elétricos, quando o motor admite ligações em quatro níveis de tensão. Elas têm a finalidade de reduzir a corrente de partida, para motores de alta potência, que requerem naturalmente uma alta corrente durante a partida.

Para partida com chave série-paralelo é necessário que o motor seja energizado em duas tensões, onde a menor delas deverá ser igual à tensão da rede (tensão de serviço) e a outra igual ao dobro daquela. No laboratório encontram-se motores com 4 possibilidades de ligação em serviço (220/380/440/760 V), onde a tensão de 760 V é utilizável apenas no instante da partida. No sistema aqui utilizado, as ligações referentes são usadas na tensão de 760 V para partida e 380 V para a tensão de serviço do motor. Para a tensão de 380 V, uma ligação duplo Y deverá ser utilizada.

Na partida série-paralelo, o pico de corrente é reduzido a 1/4 daquele com partida direta. Deve-se ter em mente que com este tipo de ligação, o conjugado de partida do motor também fica reduzido a 1/4 e, portanto, a máquina deve partir praticamente em vazio.

Na Fig. 5 podem ser visualizados os esquemas de ligação das bobinas para a chave de partida série-paralelo. Observe que na Figura 8(a) as bobinas são ligadas em série, e que na Figura 8(b) são ligadas duas bobinas em paralelo por fase.

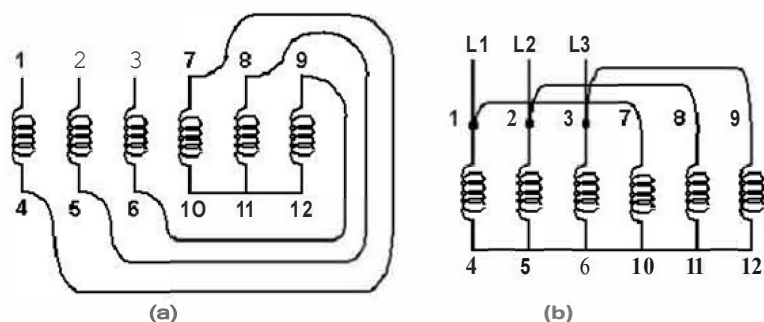


Figura 8. Esquemas de ligação das bobinas do estator;
a) ligação série, b) ligação paralelo.

3. Circuitos de Alimentação e Controle

3.1. Circuito Principal ou Circuito de Força

Circuito Principal ou Circuito de Força é responsável pelo fornecimento da corrente necessária à operação dos equipamentos. No caso das montagens no laboratório, os equipamentos serão os motores. Os motores usados nas montagens do Laboratório de Instalações Elétricas são de potência baixa, pois o objetivo de sua utilização é meramente didático.

3.2. Circuito Auxiliar ou Circuito de Comando

O Circuito auxiliar é utilizado para os acionamentos e desacionamentos dos dispositivos de manobra tipo: contactores, relés, temporizadores, etc. Além disso, o circuito auxiliar é usado para fins de travamento quando há anormalidades no circuito de força e sinalização.

4. Dispositivos de Comando

4.1. Contactores ou Contatores

Chama-se contactor a um interruptor comandado à distância por meio de um eletroímã. Funciona como uma chave de operação eletromagnética que tem uma única posição de repouso e é capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, inclusive sobrecarga no funcionamento.

Os principais elementos construtivos de um contactor são:

- a) *Contato Principal*: tem a função de estabelecer e interromper correntes de motores e chavear cargas resistivas ou capacitivas.

O contato é realizado por meio de placas de prata cuja vida útil termina quando essas placas estão reduzidas a 1/3 de seu valor inicial.

- b) *Contato Auxiliar:* são dimensionados para comutação de circuitos auxiliares para comando, sinalização e intertravamento elétrico. Eles podem ser do tipo NA (normalmente aberto) ou NF (normalmente fechado) de acordo com a sua função.
- c) *Sistema de Acionamento:* o acionamento dos contactores pode ser feito com corrente alternada *ou* corrente contínua.
Acionamento: Para esse sistema *de* acionamento existem anéis de curto-circuito que se situam sobre o núcleo fixo do contactor e evitam o ruído por meio da passagem da CA por zero.
Um entreferro reduz a remanescência após a interrupção da tensão de comando e evita o colamento do núcleo.
Após a desenergização da bobina de acionamento, o retorno dos contatos principais (bem como dos auxiliares) para a posição original *de* repouso é garantido pelas molas *de* compressão.
- d) *Carcaça:* a carcaça dos contactores é constituída de 2 partes simétricas (tipo macho e fêmea), unidas por meio de grampos.
Retirando-se os grampos de fechamento do contactor e sua capa frontal é possível abri-lo e inspecionar seu interior, bem como substituir os contatos principais e os da bobina.
A substituição da bobina é feita pela parte superior do contactor, através da retirada de 4 parafusos de fixação para o suporte do núcleo.

Funcionamento: a bobina eletromagnética quando alimentada por um circuito elétrico forma um campo magnético que se concentra no núcleo fixo e atrai o núcleo móvel.

Como os contatos móveis estão acoplados mecanicamente com o núcleo móvel, o deslocamento deste no sentido do núcleo fixo movimenta os contatos móveis. Quando o núcleo móvel se aproxima do fixo, os contatos móveis também devem se aproximar dos fixos, de tal forma que, no fim do curso do núcleo móvel, as peças fixas imóveis do sistema de comando elétrico estejam em contato e sob pressão suficiente.

O Comando da bobina é efetuado por meio de uma botoeira ou chave-bóia com duas posições, cujos elementos de comando estão ligados em série com a bobina. A velocidade de fechamento dos contactores é resultado da força proveniente da bobina e da força mecânica das molas de separação que atuam em sentido contrário. As molas são também as únicas responsáveis pela velocidade de abertura do contactor, o que ocorre quando a bobina magnética não estiver sendo alimentada ou quando o valor da força magnética for inferior á força das molas.

Na Figura 9 é mostrado, esquematicamente, o interior de um contactor, e na figura 10 temos alguns exemplos de contactores WEG.

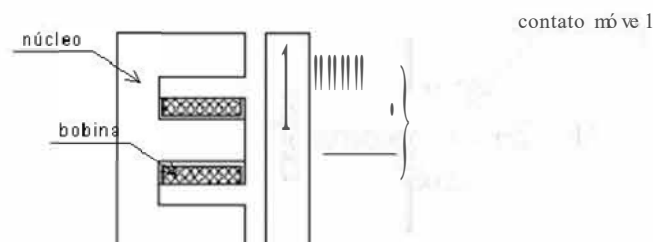


Figura 9. Vista interior de um contactor.



Figura 10. Contactares WEG.

Os contactares podem ser Bi, Tri ou Tetrapolares. Existem vários tipos de contactares. A seguir serão comentados alguns dos tipos de contactares.

4.1.1. Contactares Disjuntores

Os contactores disjuntores integram várias funções básicas que normalmente existem em vários blocos. As funções são, por exemplo, de proteção contra curto-circuito ou sobrecarga através de um relé térmico e de fusíveis.

4.1.2. Contactores Inversores

Contactares Inversores possuem as mesmas características dos contactares disjuntores e são usados para inverter o sentido de rotação dos motores trifásicos.

4.2. Disjuntor

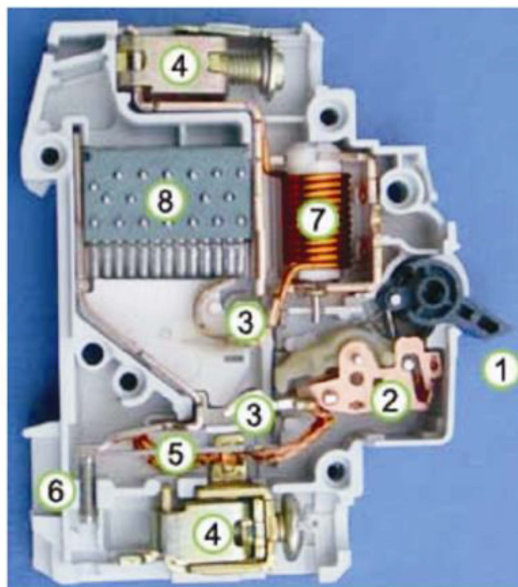
Disjuntor é um dispositivo eletromecânico que permite proteger uma determinada instalação elétrica contra sobrecorrentes e sobretensões.

Sua principal característica é a capacidade de se rearmar (manual ou eletricamente), quando estes tipos de defeitos ocorrem, diferindo do fusível que têm a mesma função, mas que fica inutilizado depois de proteger a instalação. Assim, o disjuntor interrompe a corrente em uma instalação elétrica antes que os efeitos térmicos e mecânicos desta corrente possam se tornar perigosos às próprias instalações. Por esse motivo, ele serve tanto como dispositivo de manobra como de proteção de circuitos elétricos.

Basicamente o disjuntor possui três funções:

- a) *Manobra* - Abertura ou fecho voluntário do circuito;
- b) *Proteção contra curto-circuito* - Essa função é desempenhada por um atuador magnético (solenóide), que efetua a abertura do disjuntor com o aumento instantâneo da corrente elétrica no circuito protegido;
- c) *Proteção contra sobrecarga* - É realizada através de um atuador bimetálico, que é sensível ao calor e provoca a abertura quando a corrente elétrica permanece, por um determinado período, acima da corrente nominal do disjuntor (a figura 11 mostra os componentes internos de um disjuntor).

As características de disparo do disjuntor são fornecidas pelos fabricantes através de duas informações principais: corrente nominal e curva de disparo. Outras características são importantes para o dimensionamento, tais como: tensão nominal, corrente máxima de interrupção do disjuntor e número de pólos (unipolar, bipolar ou tripolar, ver figura 12).



- 1 - Utilizada para desligar ou ligar
- 2 - Mecanismo que vai unir os contatos
- 3 - Onde será feito o contato
- 4 - Terminais
- 5 - Bimetálico
- 6 - Parafuso de calibre do bimetálico
- 7 - Solenóide
- 8 - Extintor de arco

Figura 11. Visão interna de um disjuntor.

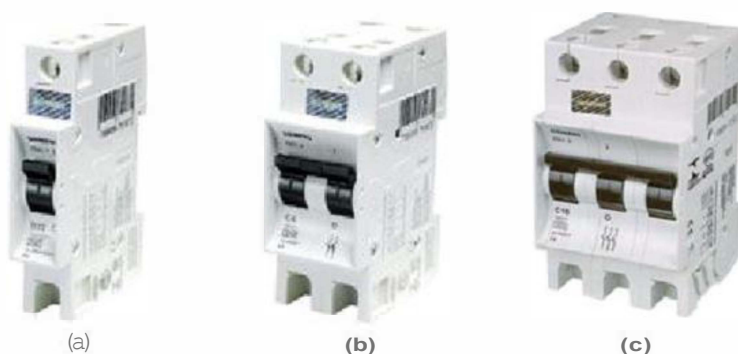


Figura 12. (a) unipolar, (b) bipolar e (c) tripolar.

4.3. Temporizadores

Os temporizadores são dispositivos utilizados apenas em circuitos de comando, e que tem como função energizar ou desenergizar determinado componente, após um tempo pré-programado.

4.4. Relé de Sobrecarga

O relé de sobrecarga é um dispositivo que monitora um outro circuito, ou seja, ele verifica a ocorrência de anormalidade no circuito monitorado e aciona seus contatos, desenergizando o circuito de força, se necessário. A função do relé de sobrecarga é proteger os equipamentos instalados no circuito de força.

5. Especificações para Aquisição de Motores Elétricos

Os motores elétricos possuem algumas características diferentes, que variam segundo a aplicabilidade do mesmo. Algumas características devem ser consideradas quando se deseja adquirir um motor elétrico. Observe o quadro abaixo, algumas destas características:

Característica	Especificação
Modelo:	Carçaça

Polaridade:	2 pólos/3600rpm 4 pólos/1800 rpm 6 pólos/1200 rpm 8 pólos/900 rpm
Potência:	CV, HP ou KW
Tensão:	Monofásicos: 110V, 220V ou 110/220V Trifásicos: 220/380, 220/440, 380/660, 440, 440/760 ou 220/380/400/760V
Frequência:	60 ou 50/60 Hz

5.1. Placa de Identificação de um Motor

A placa de identificação dos motores é o elemento mais rápido que se utiliza para se obter as informações principais necessárias à sua operação adequada. A Figura 13 mostra como exemplo a placa de identificação de um motor.

Com exceção dos campos MOD (modelo) e N^o, os demais dados são características técnicas de fácil identificação. Tomando-se como exemplo a placa de identificação mostrada na Figura 13, será mostradas as características mais importantes para a identificação e utilização dos motores em nossas tarefas:

- CV½ - Potência mecânica do motor em CV;
- Ip/In - Relação entre as correntes de partida e nominal;
- Hz - Frequência da tensão de operação do motor;
- Rpm - Velocidade do motor em frequência nominal;
- A - Corrente requerida pelo motor em condições nominais de funcionamento, e que depende do tipo ligação;
- F.S. - Fator de serviço, quando F.S. é igual a 1,0 isto implica que o motor pode disponibilizar 100% de sua potencia mecânica;
- A última linha mostra as ligações requeridas para tensão menor (triângulo) e tensão maior (estrela), ou seja, a ligação dos terminais do motor depende do nível de tensão de alimentação do mesmo. Sendo que para as nossas tarefas as ligações dos motores variam segundo o nível de tensão do mesmo.

					
MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO					
Mod. S71 A4 B761			Nº 1050		
CV 1/2		Isol. B		IP 54	
Regime S1			Ip/In 5,0		
Hz	Rpm	V 220	A 380	Y	Cat. N
50		A			F.S.
60	1700	A 1,90		1,10	F.S. 1,1
					
Tensão Menor		Tensão Maior			
	U R	V S	W T		

Figura 13. Placa de identificação de um motor.

6. Tarefas

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES PARA SUA SEGURANÇA NO DESENVOLVIMENTO DE TODAS AS TAREFAS NO LABORATÓRIO:

Leia o guia com toda atenção. Você irá trabalhar com instalações elétricas energizadas. Tome bastante cuidado para não sofrer choques elétricos, pois eles podem até matar. Antes de colocar a mão em partes metálicas dos condutores, certifique-se que o circuito se encontra totalmente desenergizado. Retire o fusível do quadro quando for realizar qualquer manuseio na instalação. A retirada do fusível evita uma energização indevida.

Você irá trabalhar com tensão de 220 V e 380 V.

6.1. Simbologia Utilizada

Para facilitar a compreensão dos usuários deste guia será utilizada a seguinte simbologia.

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
SB	Disjuntor temomagnético monofásico	S1	Botoeira NA (normalmente aberta)
SA	Disjuntor temomagnético trifásico	S0	Botoeira NF (normalmente fechada)
F1,2,3	Conjunto com três fusíveis diazed	K 1 9 •	Contactor tripolar
S1	Chave mecânica bipolar	Kl	Contato auxiliar NF do contactor Kl
S1	Chave mecânica tripolar	KT	Relé temporizado
F4	Relé de sobrecarga	KT	Contato auxiliar NF do relé temporizado KT
F4	Contato auxiliar NF do relé de sobrecarga	H1	Lâmpada de sinalização
REF	Relé de falta de fase	M	Motor de indução monofásico ou trifásico

6.2. Partida Direta para Motores Monofásicos Através de Chave Mecânica

6.2.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor monofásico (220 V) com 3, 4 ou 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Chave mecânica bipolar;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

OBSERVAÇÃO: em anexo, encontra-se o detalhamento do fusível que os alunos terão que adquirir para realizar as montagens deste guia.

6.2.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor, nela devem estar contidos todos os parâmetros necessários ao funcionamento perfeito do motor. Os parâmetros devem ser seguidos a rigor;

- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com algum dos esquemas de ligação apresentados em uma das figuras 15 (a), 15 (b) ou 15 (c), observe que cada uma das figuras 15 (a), 15 (b) e 15 (c), refere-se a tipos diferentes de motores monofásicos;
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados na figuras 15(a), 15(b) ou 15(c);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da manopla da chave mecânica bipolar, observe que ao acionar a manopla, você estará energizando os terminais do motor e conseqüentemente colocando-o em funcionamento;
- Desligue o motor, através do acionamento da manopla da chave mecânica.

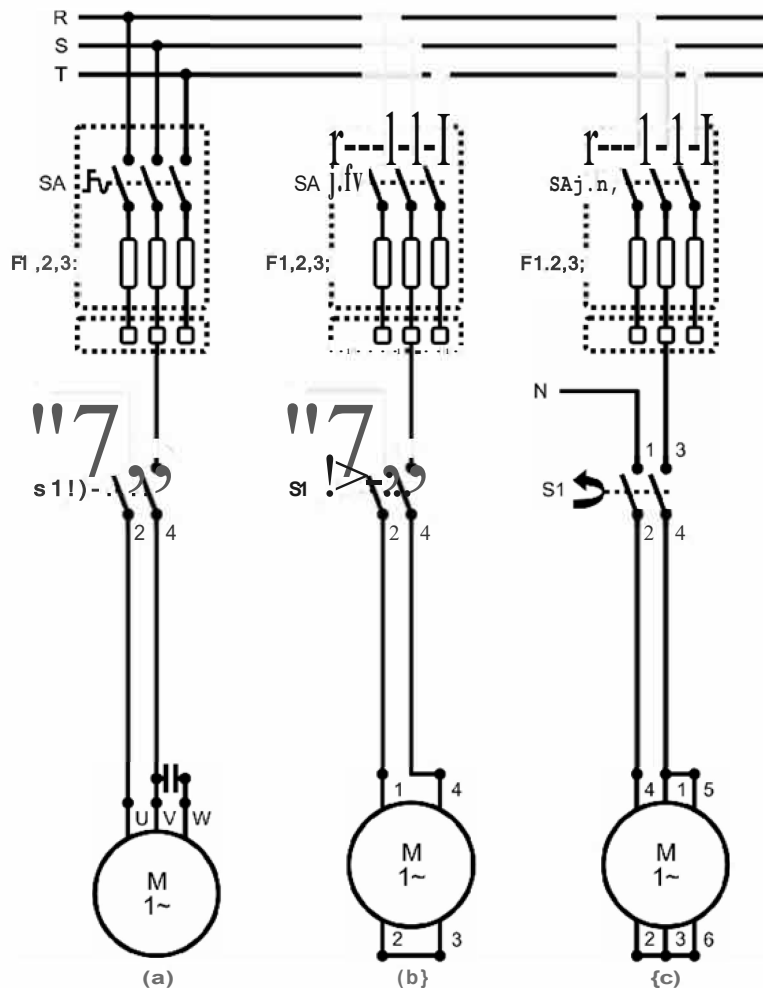


Figura 15. Esquemas de ligação para partida direta de motores monofásicos com chave mecânica; a) motor com 3 terminais, b) motor com 4 terminais e c) 6 terminais.

6.3. Partida Direta para Motores Trifásicos Através de Chave Mecânica

6.3.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (220/380 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Chave mecânica tripolar;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.3.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor, nela devem estar contidos todos os parâmetros necessários ao funcionamento perfeito do motor. Os parâmetros devem ser seguidos a rigor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentado na figura 16(a);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo o esquema de montagem apropriado e apresentado na figura 16(a);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da manopla da chave mecânica tripolar, observe que ao acionar a manopla, você estará energizando os terminais do motor e conseqüentemente colocando-o em funcionamento;
- Desligue o motor, através do acionamento da manopla da chave mecânica.

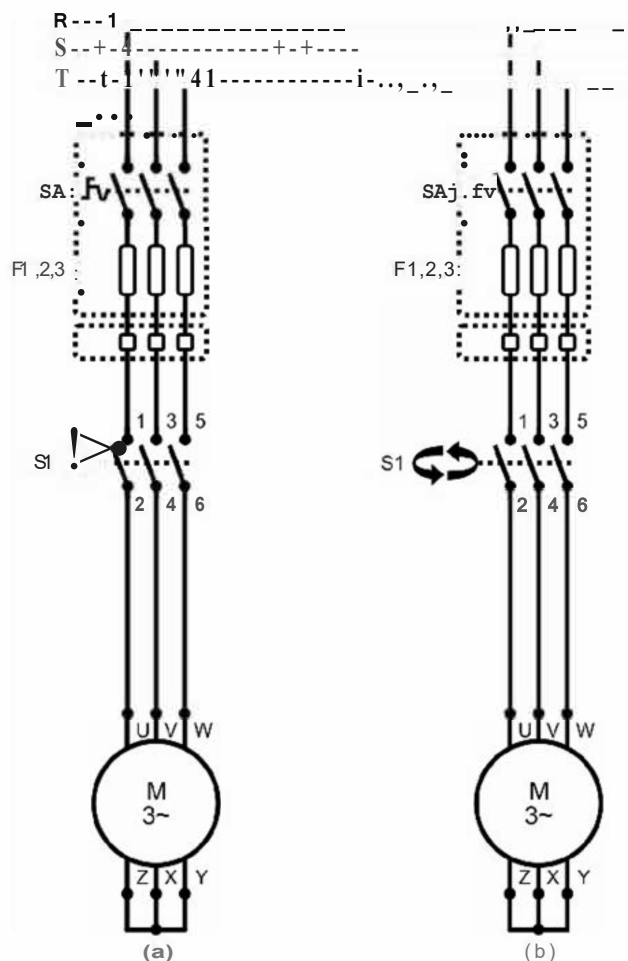


Figura 16. Esquemas de ligação para partida direta de motores trifásicos com chave mecânica; a) sem reverão do sentido de rotação e b) com reverão do sentido de rotação.

6.4. Partida Direta para Motores Trifásicos com Reversão do Sentido de Rotação Através de Chave Mecânica

6.4.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (220/380 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Chave mecânica tripolar com reversão de fases;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.4.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor, nela devem estar contidos todos os parâmetros necessários ao funcionamento perfeito do motor. Os parâmetros devem ser seguidos a rigor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentado na figura 16(b);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo o esquema de montagem apropriado e apresentado na figura 16(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da manopla da chave mecânica tripolar, observe que ao acionar a manopla, você estará energizando os terminais do motor e conseqüentemente colocando-o em funcionamento;
- Desligue o motor, através do acionamento da manopla da chave mecânica.

6.5. Partida Direta para Motores Monofásicos a Contactar

6.5.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor monofásico (220 V) com 3, 4 ou 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Botão NA (Normalmente Aberto);
- 01 Botão NF (Normalmente Fechado);
- 01 Contactar tripolar 220 V (com um contato auxiliar 1NA);
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.5.2. Procedimentos e funcionamento

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor, nela devem estar contidos todos os parâmetros necessários ao funcionamento perfeito do motor. Os parâmetros devem ser seguidos a rigor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com algum dos esquemas de ligação apresentados em uma das figuras 17(a), 17(b) ou 17(c), observe que cada uma das figuras 17 (a), 17 (b) e 17 (c), referem-se a tipos diferentes de motores monofásicos;

- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados na figuras 17(a), 17(b) ou 17(c) e 17(d);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1 apresentada na figura 17(d); observe que neste arranjo o acionamento do motor não mais será a partir de manoplas e sim através de botoeiras, sendo uma botoeira para ligar (S1) e uma para desligar (S0).
- A associação dos circuitos de força e comando é feita através dos esquemas mostrados nas figuras 17(a), 17(b) ou 17(c) e 17(d). Para verificar o funcionamento, tomemos como exemplo os circuitos das figuras 17(a) e 17(d). O contactor K1 está representado tanto no circuito de força, quanto no circuito de comando. No circuito de força o contactor tem a função de energizar ou desenergizar o motor. Para a energização do motor, a bobina do contactor deve permanecer energizada. A energização da bobina produz uma força eletromecânica que é traduzido no fechamento (conexão elétrica) dos contatos móvel e fixo. O fechamento dos contatos permite a circulação de corrente para o motor. O acionamento do contactor é feito através do circuito de comando, em que K1, na figura 17 (d), representa a bobina do contactor. Com o acionamento os contatos abertos de K1, figura 17(a), fecharão, inclusive o contato auxiliar K1(13;14).
- No instante que o contato auxiliar K1 (13; 14) é fechado a corrente que alimenta a bobina percorre dois caminhos, por S1 e por K1 (13; 14). Assim, quando a botoeira S1 for soltar e voltar à posição aberta, a bobina do contactor K1 não será desenergizada, pois a corrente circulará por K1(13;14). Este sistema é conhecido como selo.
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF) e observe que os circuitos de comando e de força (motor) serão completamente desenergizados.

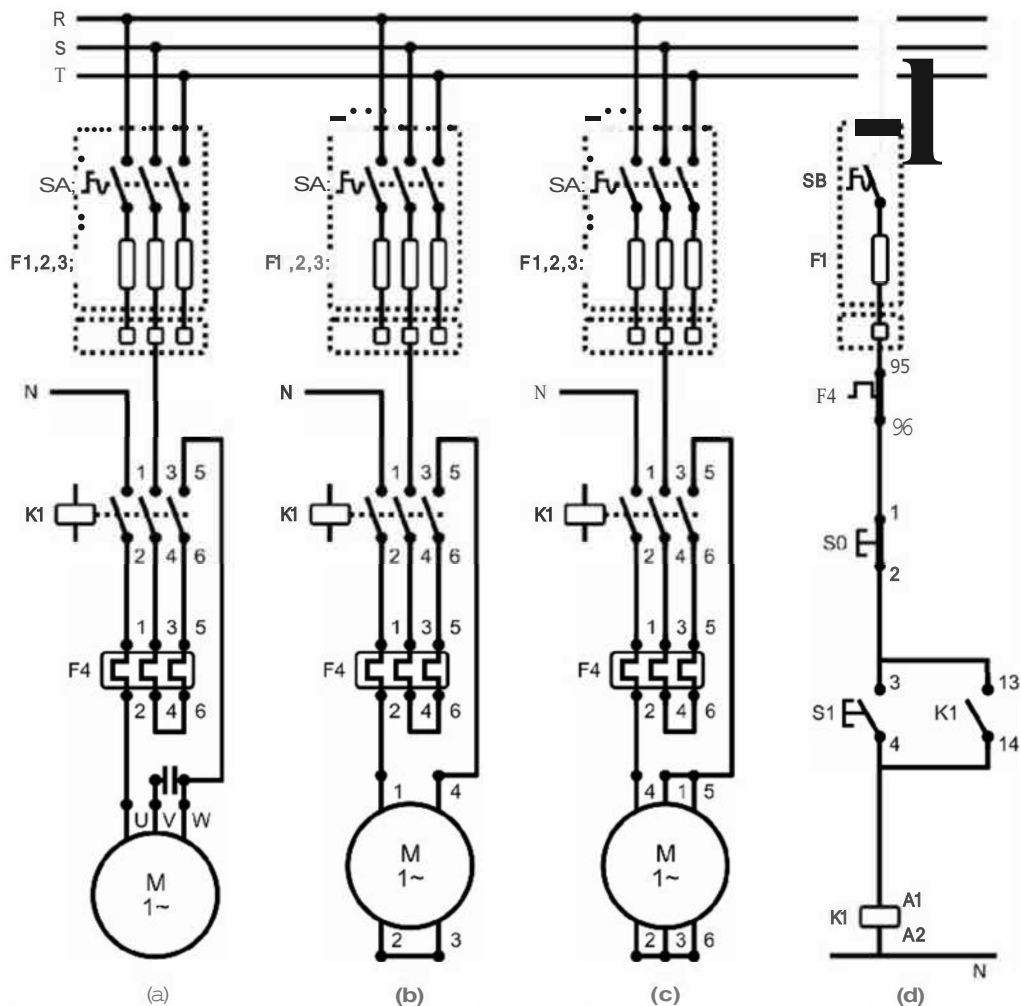


Figura 17. Esquemas de ligação do circuito de força para partida direta a contactor; a) motor monofásico de 3 terminais, b) motor monofásico de 4 terminais, c) motor monofásico de 6 terminais e (d) circuito de comando para todos os esquemas de ligação.

6.6. Partida Direta para Motores Trifásicos a Contactor

6.6.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (220/380 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Botãoeira NA;
- 01 Botãoeira NF;
- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar 1NA);
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste e,
- Fios ou cabos.

6.6.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;

- Verifique a placa de dados do motor, nela devem estar contidos todos os parâmetros necessários ao funcionamento perfeito do motor. Os parâmetros devem ser seguidos a rigor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com esquema de ligação apresentado na figura 18(a);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados na figuras 18(a) e 18(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1 apresentada na figura 18(b); observe que o funcionamento do circuito de comando apresentado na figura 18 (b) é idêntico ao apresentado na figura 18(b);
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF) e observe que os circuitos de comando e de força (motor) serão completamente desenergizados.

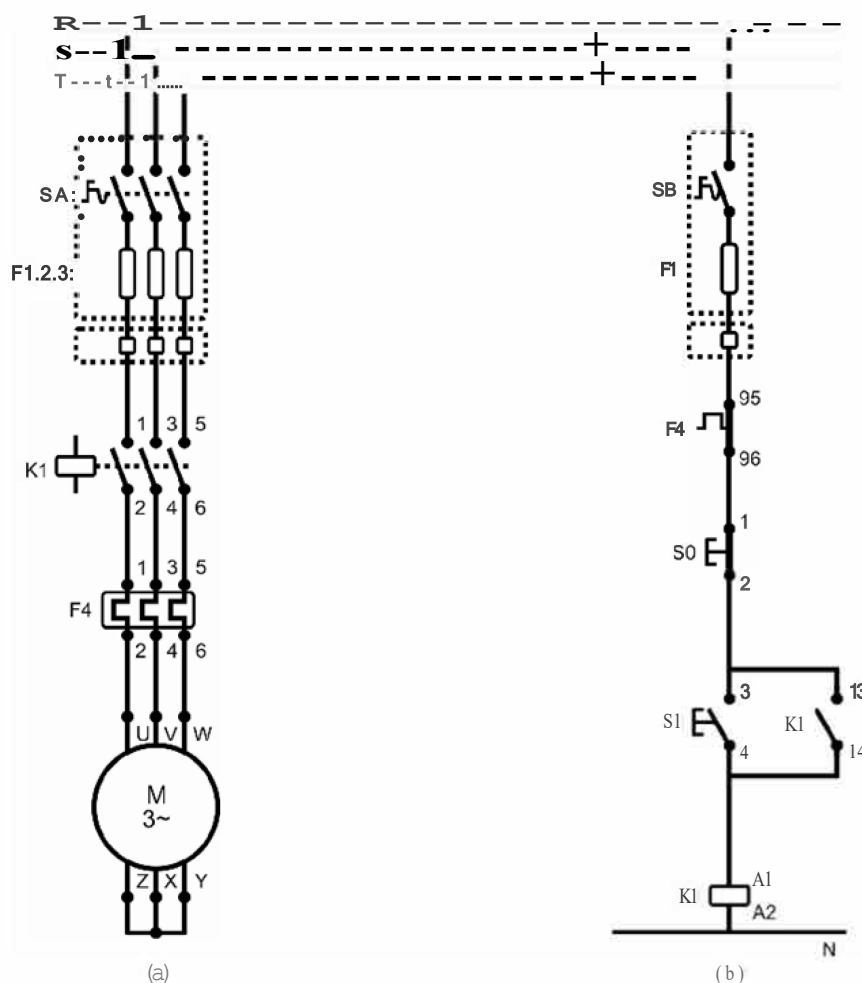


Figura 18. Esquemas de ligação para partida direta a contactor, para motores trifásicos; a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.7. Partida Direta para Motores Trifásicos a Contactor com Reversão do Sentido de Rotação

6.7.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (220/380 V);
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 02 Botoeiras (com dois contatos 1NA+1NF);

- 01 Botoeira NF;
- 02 Contactores tripolar {com dois contatos auxiliares 1NA+1NF};
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste e,
- Fios ou cabos.

6.7.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro {voltímetro} qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentado na figura 19(a);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 19(a) e 19(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1 apresentada na figura 19 (b), observe qual o sentido de rotação do eixo do motor;
- Inverta o sentido de rotação do rotor acionando a botoeira S2 apresentada na figura 19(b), observe que o sentido de rotação do eixo do motor será invertido, caso isto não ocorra, verifique as conexões realizadas, possivelmente contém algum erro de conexão;
- Observe que ao acionar a botoeira S2, você estará desenergizando o contactor K1 e energizando o contactor K2. Como a sequência de fases dos contactores K1 e K2 são diferentes, daí a razão da inversão do sentido de rotação do eixo.
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF) e observe que os circuitos de comando e de força {motor} serão completamente desenergizados.

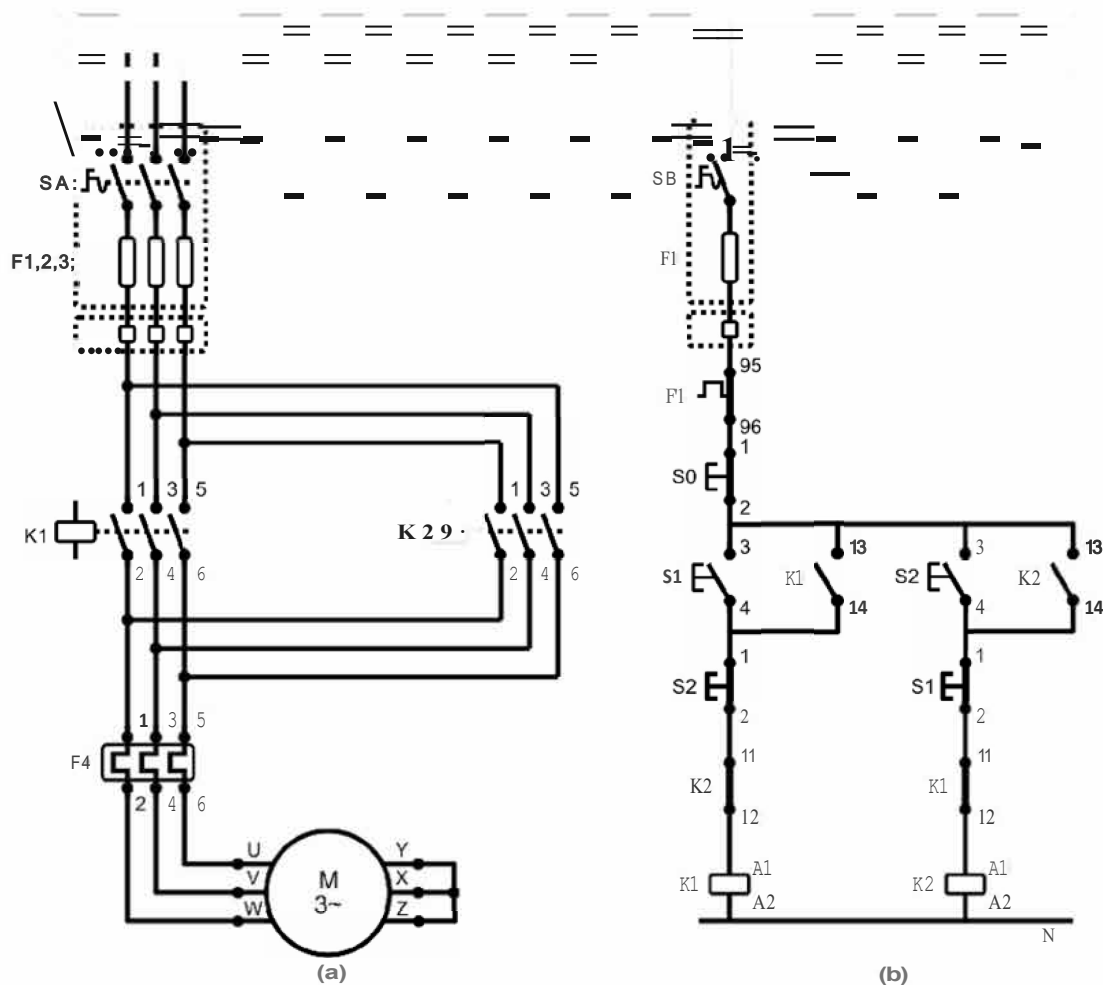


Figura 19. Esquemas de ligação para partida direta a contactar, para motores trifásicos com reversão do sentido de rotação; a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.8. Partida Direta para Motores Monofásicos a Contactar com Reversão do Sentido de Rotação

6.8.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor monofásico (220 V) com 3 ou 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 02 Botões (com dois contatos lNA+lNF);
- 01 Botão NF;
- 02 Contactores tripolar, para o motor com 03 terminais ou 02 Contactores tetrapolar para o motor com 6 terminais, ambos com dois contatos auxiliares lNA+lNF;
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.8.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;

- Verifique a placa de dados do motor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com um dos esquemas de ligação apresentados nas figuras 20(a) ou 20(b);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 20(a) ou 20(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1 apresentada na figura 20(b), observe qual o sentido de rotação do eixo do motor;
- Inverta o sentido de rotação do rotor acionando a botoeira S2 apresentada na figura 20(b), observe que o sentido de rotação do eixo do motor será invertido, caso isto não ocorra, verifique as conexões realizadas, possivelmente contém algum erro de conexão;
- Observe que ao acionar a botoeira S2, você estará desenergizando o contactor K1 e energizando o contactor K2. Os contactores K1 e K2 realizam conexões diferentes um do outro, o que permite segundo as nas figuras 20(a) ou 20(b), que o sentido de rotação do eixo seja invertido. É importante notar que, para motores monofásicos os esquemas de reversão, pode variar segundo o modelo do motor;
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF).

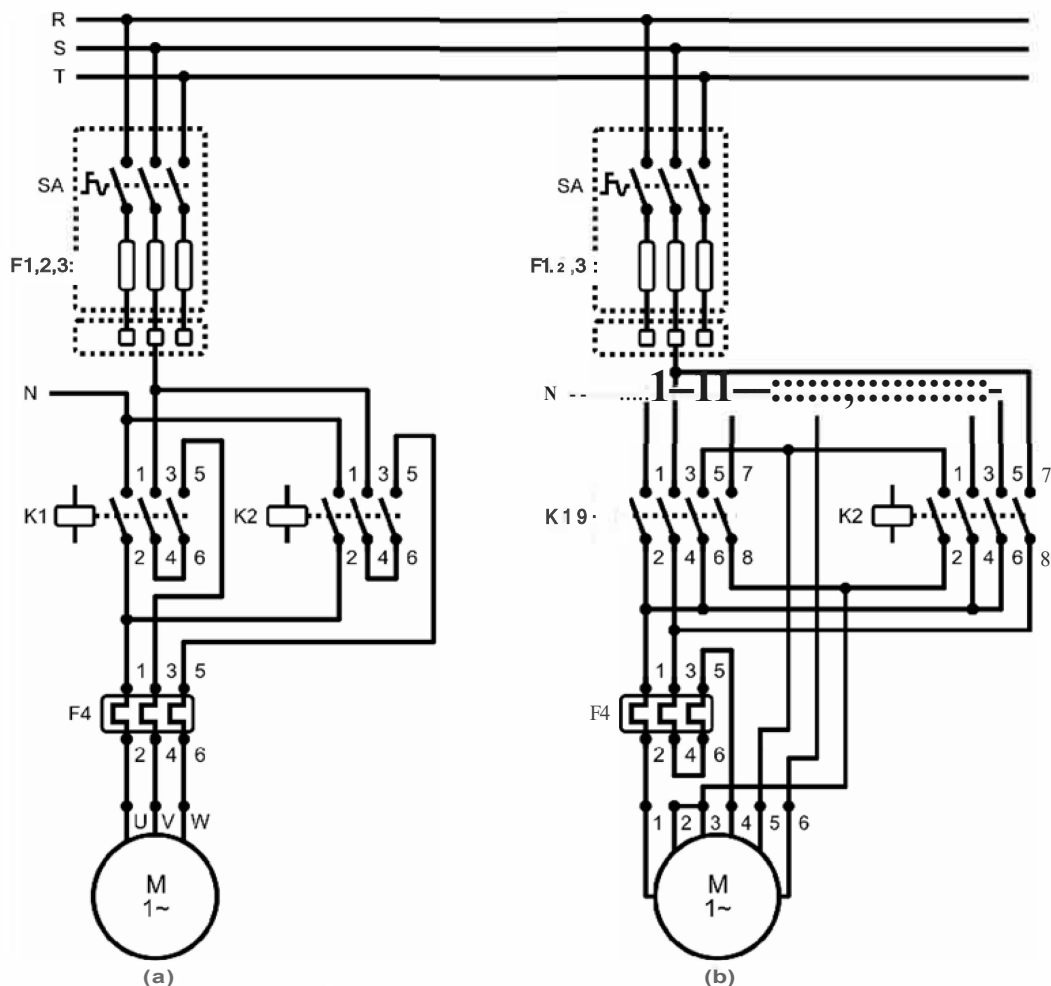


Figura 20. Esquemas de ligação para partida direta a contactor, para motores monofásicos com reversão do sentido de rotação; a) circuito de força para motor com 3 terminais e b) circuito de força para motor com 6 terminais.

6.9. Partida Direta para Motor freio Trifásicos a Contactor

6.9.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor freio trifásico (220/380 V) com 10 terminais (6 de força + 4 comando de retificação para a frenagem);
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Botoeira NA;
- 01 Botoeira NF;
- 01 Contactor tetrapolar 220 V (com um contato auxiliar 1NA);
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste e,
- Fios ou cabos.

6.9.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentado na figura 21(a);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 21(a) e 21(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar na menor velocidade, através do acionamento da botoeira S1 apresentada na figura 21(b), depois varie a velocidade do eixo do motor através do acionamento da botoeira S2 apresentada na figura 21(b);
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0 (NF). Observe que ao acionar a botoeira S0, o eixo do rotor será travado imediatamente, fazendo com que o eixo pare bruscamente. O motor chama-se motor freio, devido à parada brusca ou frenagem do eixo após o motor ser desenergizado, sendo o circuito eletroímã e ponte retificadora responsável por esta parada brusca.

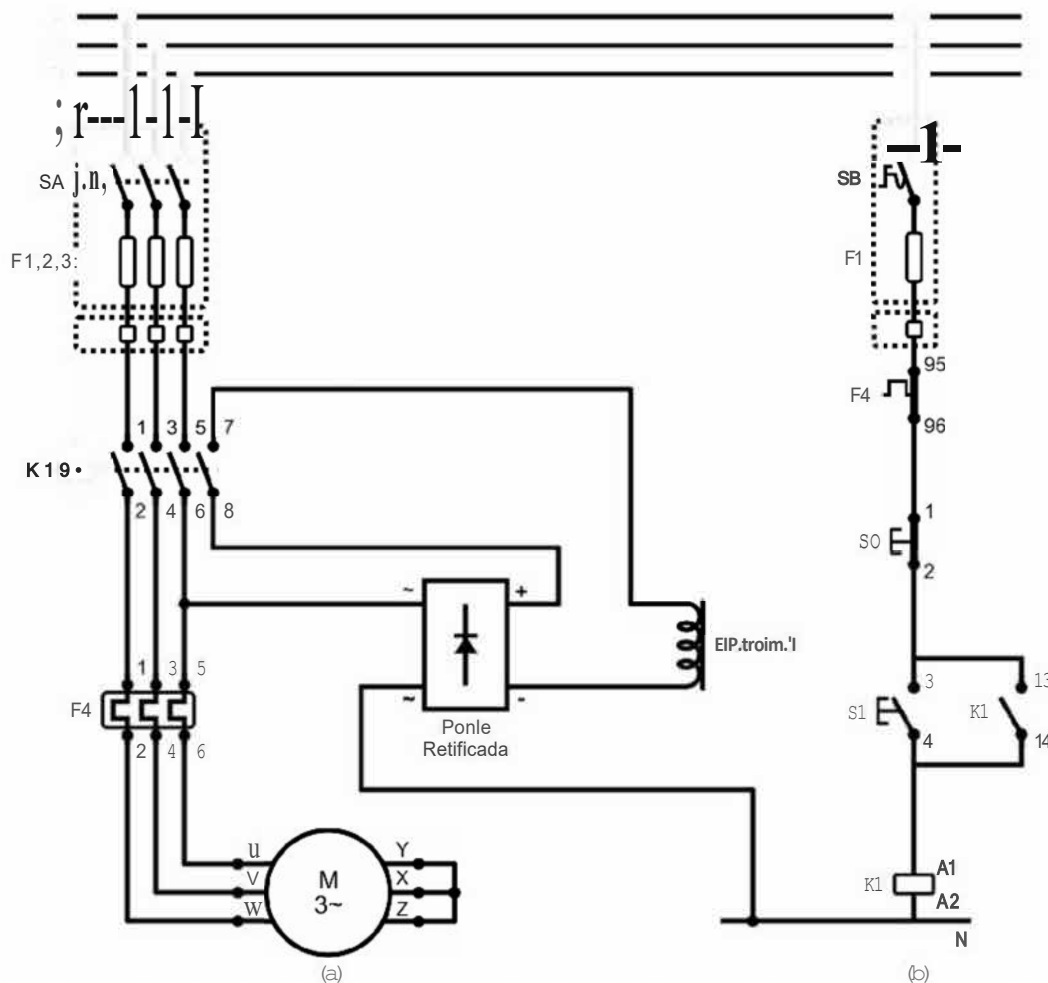


Figura 21. Esquemas de ligação para partida direta a contactor, para motor freio trifásico; a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.10. Partida Direta para Motores Trifásicos de Dupla Velocidade - Dahlander - a Contactor

6.10.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico de dupla velocidade (220/380 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 02 Botoeiras (com dois contatos 1NA+1NF);
- 01 Botoeira NF;
- 02 Contactores tripolar 220 V (com dois contatos auxiliares 1NA+1NF);
- 01 Contactar tripolar 220 V;
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste e,
- Fios ou cabos.

6.10.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor;

- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentada na figura 22(a);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 22(a) e 22(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1(NA) apresentada na figura 22(b);
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF) .

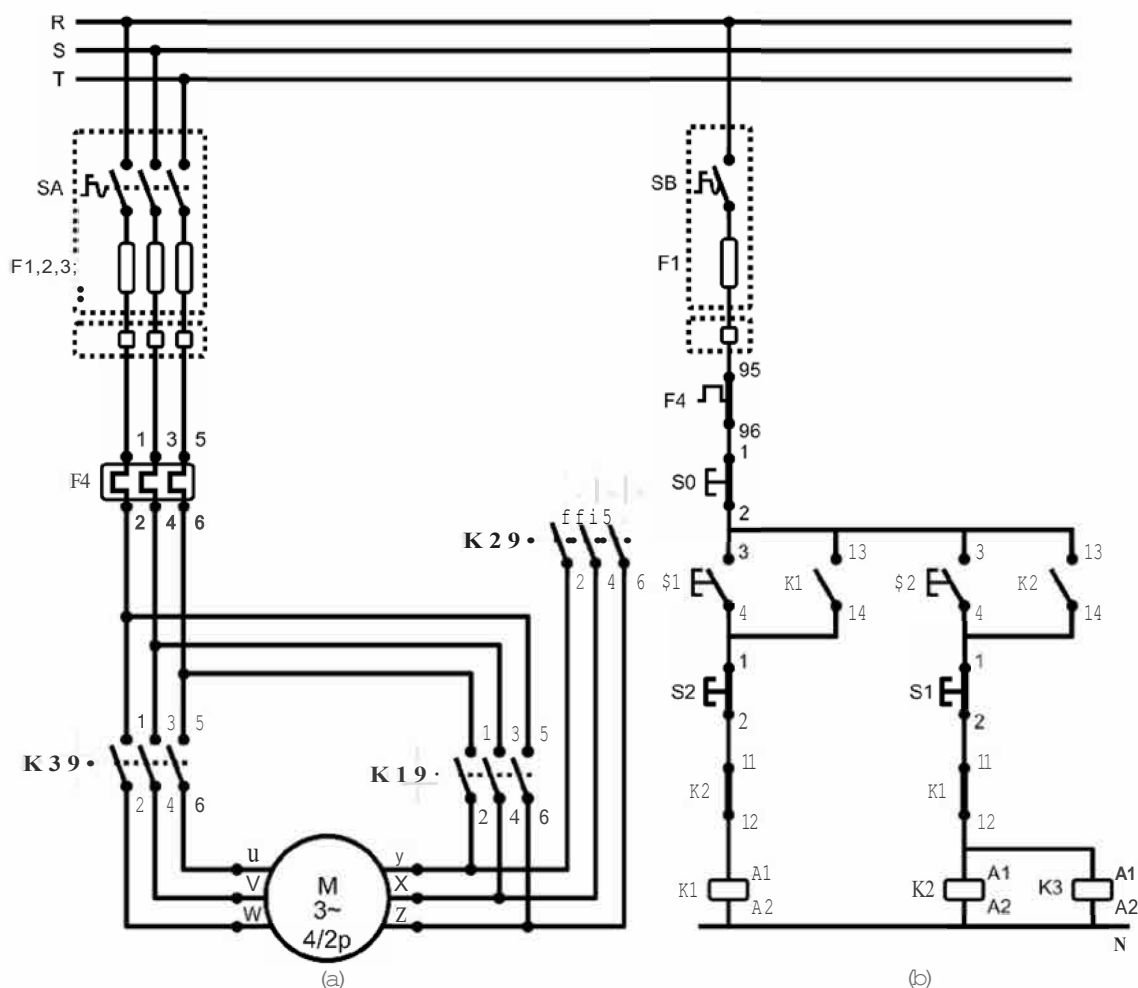


Figura 22. Esquemas de ligação para partida direta a contactor, para motores trifásicos de duas velocidades; a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.11. Partida Estrela-Triângulo a Contactor - Comando Manual

6.11.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (380/660 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Botoeira NA;
- 02 Botoeiras NF;
- 01 Contactor tripolar 220 V (com dois contatos auxiliares 1NA+1NF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar 1NF);

- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar 1NA);
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.11.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentada na figura 23(a), observe que neste tipo de ligação serão necessários dois tipos de conexões diferentes entre as bobinas do estator, sendo a ligação em estrela para a partida, e a ligação em triângulo para o regime normal de funcionamento do motor;
- Verifique cuidadosamente os esquemas de montagem da placa e do guia, observando quais as conexões necessárias para a ligação em estrela, e quais as conexões para a ligação em triângulo. Caso os esquemas sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas *de* montagem apropriados e apresentados nas figuras 23(a) e 23(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1(NA) apresentada na figura 23(b), realizando assim uma ligação em estrela;
- Após cerca de 05 segundos (tempo que o rotor atinge uma velocidade próxima da nominal) acione a botoeira S2(NA), realizando assim uma ligação em triângulo e, observe que houve um pequeno aumento na rotação do rotor e,
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF).

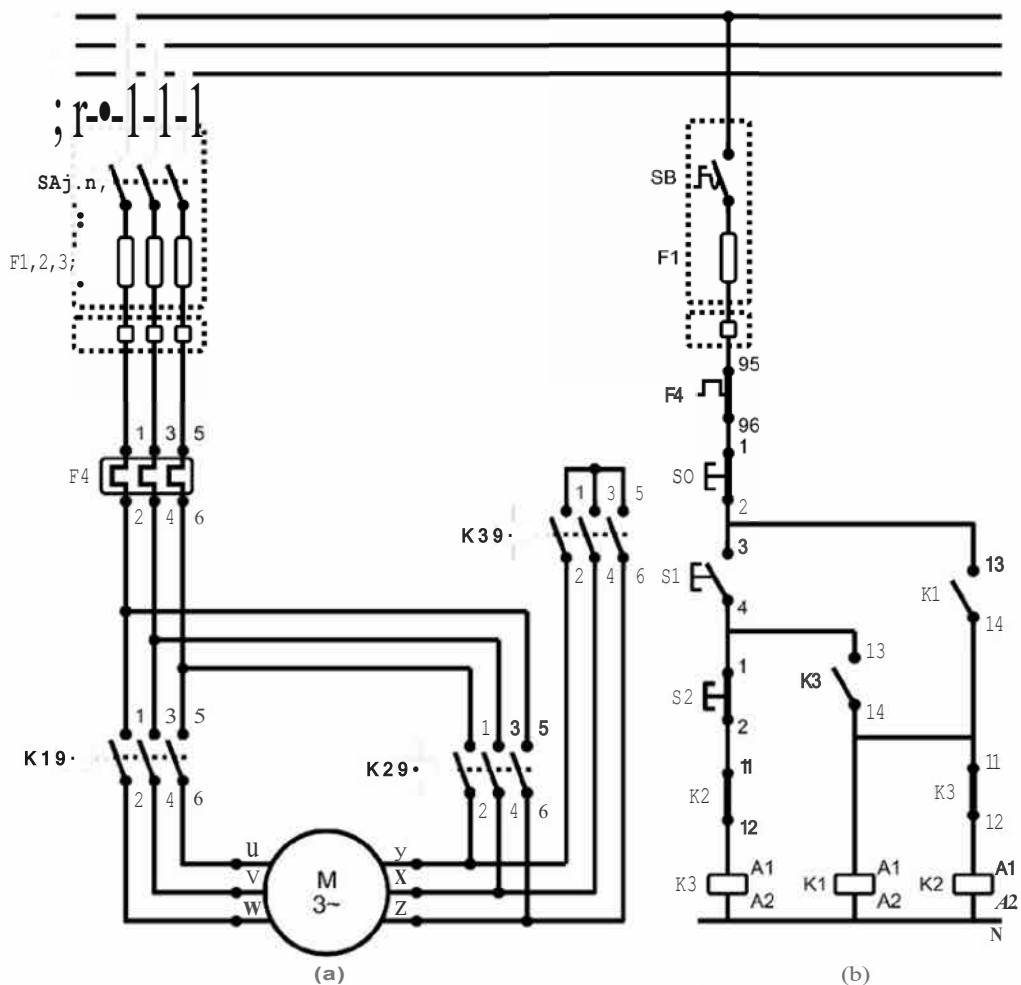


Figura 23. Esquemas de ligação para partida estrela-triângulo a contactor;
a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.12. Partida Estrela-Triângulo a Contactor - Comando Temporizado

6.12.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (380/660 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Botão NA;
- 01 Botão NF;
- 01 Relé temporizado (com um contato auxiliar lNF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com dois contatos auxiliares lNA+lNF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar lNF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar lNA);
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.12.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;

- Verifique a placa de dados do motor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentada na figura 24(a), observe que neste tipo de ligação serão necessários dois tipos de conexões diferentes entre as bobinas do estator, sendo a ligação em estrela para a partida, e a ligação em triângulo para o regime normal de funcionamento do motor;
- Verifique cuidadosamente os esquemas de montagem da placa e do guia, observando quais as conexões necessárias para a ligação em estrela, e quais as conexões para a ligação em triângulo. Caso os esquemas sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 24(a) e 24(b);
- Ajuste o tempo de acionamento do relé temporizado para cerca de 05 segundos;
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar através do acionamento da botoeira S1(NA) apresentada na figura 24 (b), realizando assim uma ligação em estrela;
- Após cerca de 05 segundos o temporizado deverá realizar a ligação em triângulo automaticamente, observe que o temporizado está substituindo a botoeira S2, que seria a botoeira responsável pela mudança de ligação de estrela para triângulo; Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0 (NF).

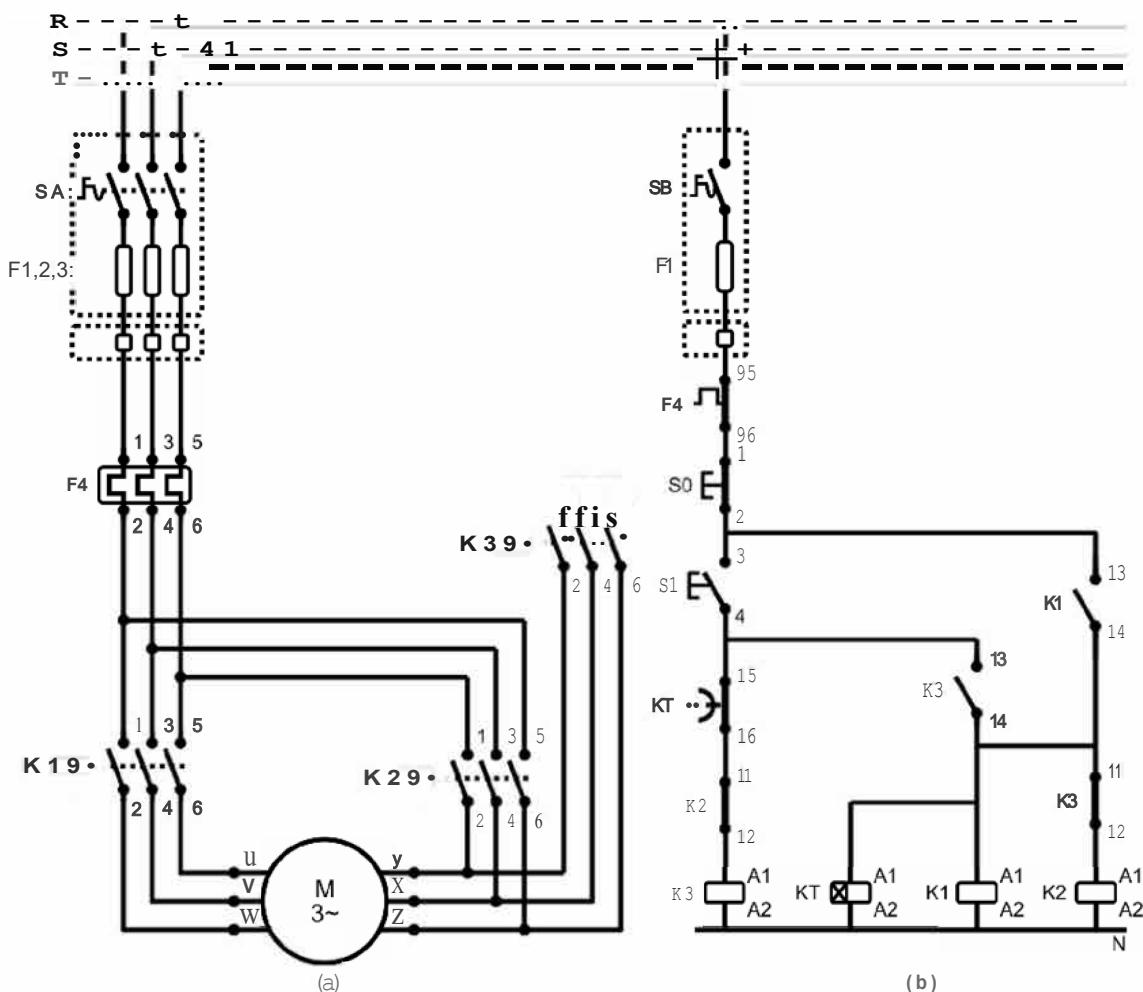


Figura 24. Esquemas de ligação para partida estrela-triângulo temporizada a contactor; a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.13. Partida Estrela-Triângulo a Contactor com Reversão do Sentido de Rotação - Comando Temporizado

6.13.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (380/660 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 02 Botoeiras NA;
- 01 Botoeira NF;
- 01 Relé temporizado (com dois contatos auxiliares 1NA+1NF);
- 02 Contactores tripolar 220 V (com três contatos auxiliares 2NA+1NF);
- 02 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar 1NF);
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.13.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentada na figura 25(a), observe que neste tipo de ligação serão necessários dois tipos de conexões diferentes entre as bobinas do estator, sendo a ligação em estrela para a partida, e a ligação em triângulo para o regime normal de funcionamento do motor;
- Verifique cuidadosamente os esquemas de montagem da placa e do guia, observando quais as conexões necessárias para a ligação em estrela, e quais as conexões para a ligação em triângulo. Caso os esquemas sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 25(a) e 25(b);
- Ajuste o tempo de acionamento do relé temporizado para cerca de 05 segundos;
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1(NA) apresentada na figura 25(b), realizando assim uma ligação em estrela;
- Após cerca de 05 segundos (tempo que o rotor atinge uma velocidade próxima da nominal) o temporizado deverá realizar a ligação em triângulo automaticamente, observe qual o sentido de rotação do eixo;
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF).
- Coloque o motor para funcionar em sentido contrário, através do acionamento da botoeira S2(NA) apresentada na figura 25(b), realizando assim uma ligação em estrela, e cerca de 05 segundos após, o temporizado deverá realizar a ligação em triângulo automaticamente, observe qual o sentido de rotação do eixo, o sentido de rotação deve ser diferente do anterior;

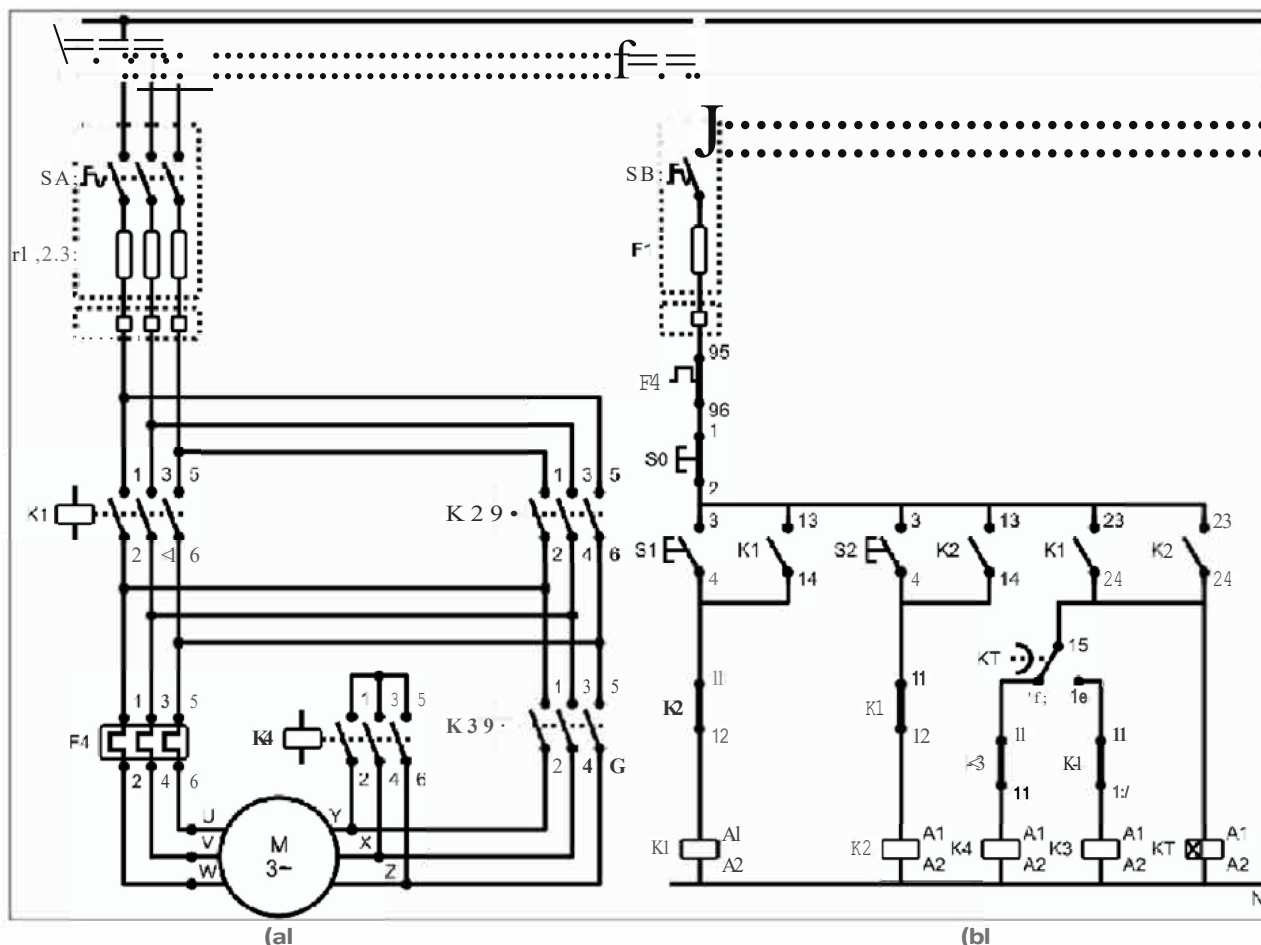


Figura 25. Esquemas de ligação para partida estrela-triângulo temporizada a contactor com reversão do sentido de rotação; a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.14. Motor trifásico com ciclo perpétuo

6.14.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor trifásico (220/380 V) com 6 terminais;
- Elementos de proteção do circuito (fusíveis e disjuntores);
- 01 Botão NA;
- 01 Botão NF;
- 01 Relé temporizado (com um contato auxiliar lNA);
- 01 Relé temporizado (com dois contatos auxiliares lNA+lNF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com dois contatos auxiliares lNA+lNF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar lNA);
- 01 Relé térmico;
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste;
- Fios ou cabos.

6.14.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;

- Verifique a placa de dados do motor, nela devem estar contidos todos os parâmetros necessários ao funcionamento perfeito do motor. Os parâmetros devem ser seguidos a rigor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com esquema de ligação apresentado na figura 26(a);
- Caso os esquemas de montagem da placa e do guia sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 26(a) e 26(b);
- Depois de concluídas as ligações elétricas, ajuste o time dos temporizadores e coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1(NA) apresentada na figura 26(b);
- Circuito irá funcionar em um ciclo perpétuo, energizando e desenergizando automaticamente de acordo com o tempo pré-estabelecido nos temporizadores;
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF) e observe que os circuitos de comando e de força (motor) serão completamente desenergizados.

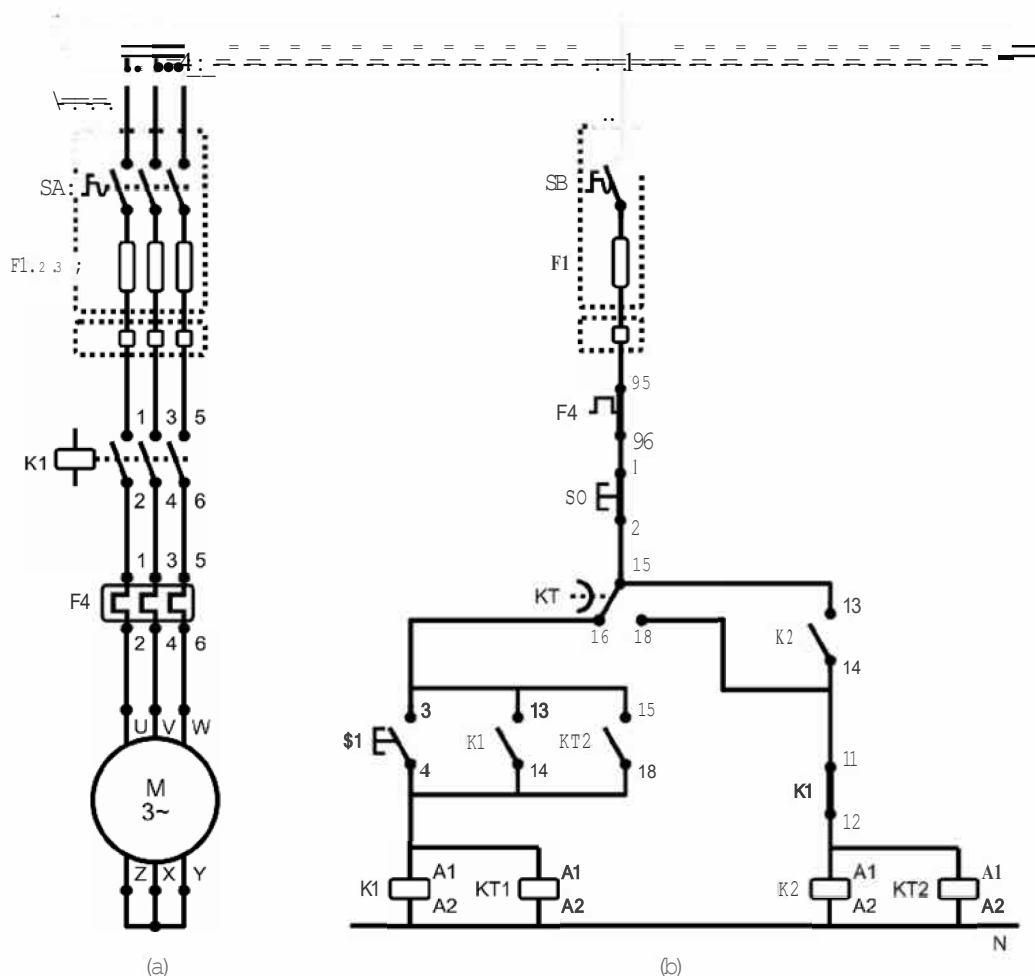


Figura 26. Esquemas de ligação para ciclo perpétuo;
a) circuito de força e b) circuito de comando.

6.15. Partida Série-Paralelo de um Motor Trifásico a Contactor - Comando Temporizado

6.15.1. Material necessário à realização da tarefa

- 01 Motor Trifásico (220/380/440/760V)
- 01 Botoeira NF

- 01 Botoeira NA
- 01 Contactar tripolar 220 V {com dois contatos auxiliares 1NA+1NF}
- 02 Contactar tripolar 220 V {com um contato auxiliar 1NF}
- 01 Contactar tripolar 220 V {com um contato auxiliar 1NA}
- 01 Relé térmico
- Fios ou cabos
- 01 Multímetro ou voltímetro de teste.

6.15.2. Procedimentos

- Verifique com auxílio do multímetro (voltímetro) qual é o nível de tensão da rede;
- Verifique a placa de dados do motor;
- Verifique se o esquema de ligação da placa do motor confere com o esquema de ligação apresentada na figura 27(a), observe que neste tipo de ligação serão necessários dois tipos de conexões diferentes entre as bobinas do estator, sendo a ligação em estrela-série para a partida, e a ligação em estrela-paralelo para o regime normal de funcionamento do motor;
- Verifique cuidadosamente os esquemas de montagem da placa e do guia, observando quais as conexões necessárias para a ligação em estrela-série, e quais as conexões para a ligação em estrela-paralelo. Caso os esquemas sejam iguais, faça as ligações elétricas adequadas, seguindo os esquemas de montagem apropriados e apresentados nas figuras 27(a) e 27(b);
- Ajuste o tempo de acionamento do relé temporizado para cerca de 05 segundos;
- Depois de concluídas as ligações elétricas, coloque o motor para funcionar, através do acionamento da botoeira S1(NA) apresentada na figura 27(b), realizando assim uma ligação em estrela-série;
- Após cerca de 05 segundos (tempo que o rotor atinge uma velocidade próxima da nominal) o temporizado deverá realizar a ligação em estrela-paralelo automaticamente;
- Desligue o motor, através do acionamento da botoeira S0(NF).

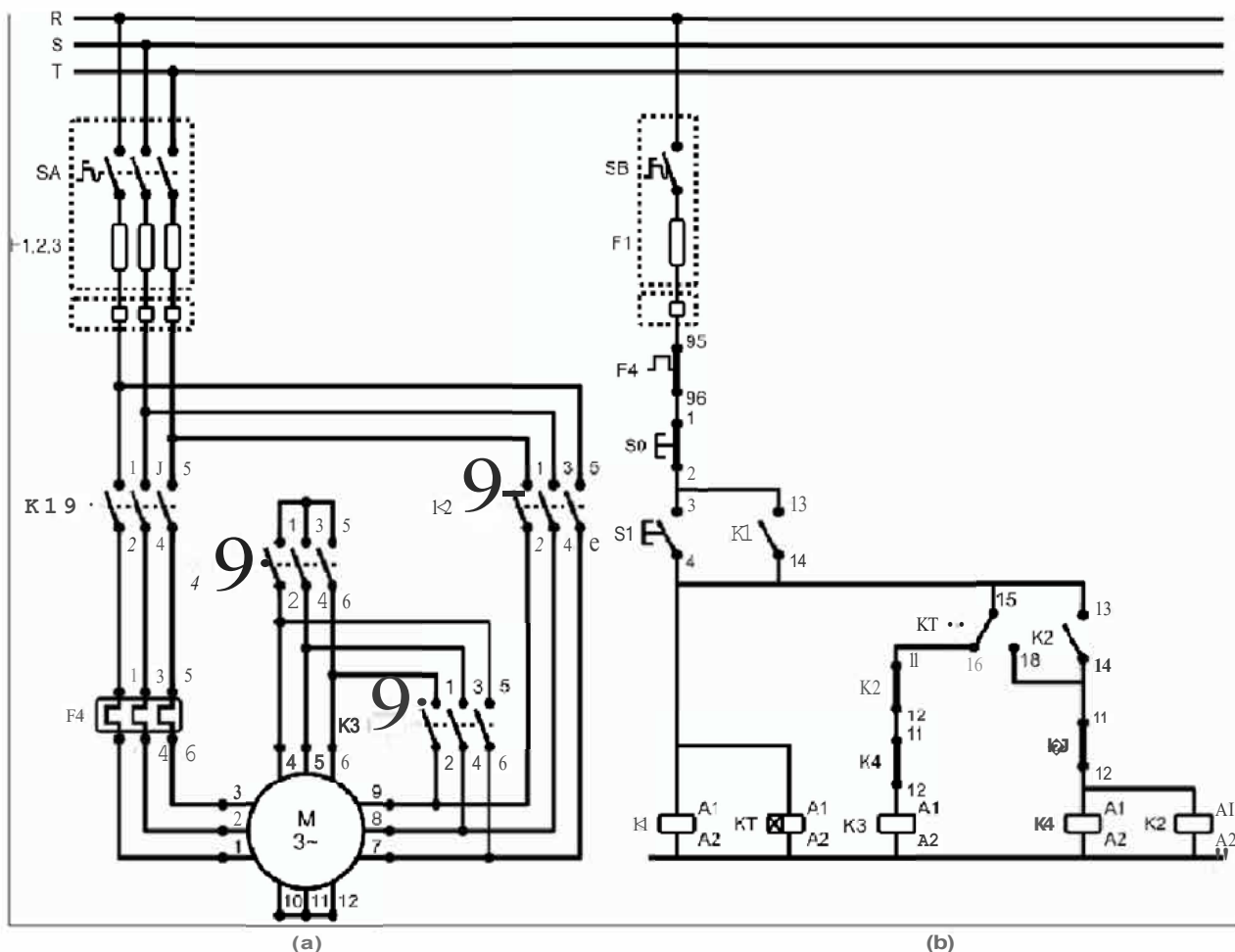


Figura 27. Esquemas de ligação para partida série paralelo - estrela temporizada a contactor; a) circuito de força e b) circuito de comando.

7. Quadro Simulador de Defeitos

7.1. Quadro Simulador de Defeitos do Laboratório

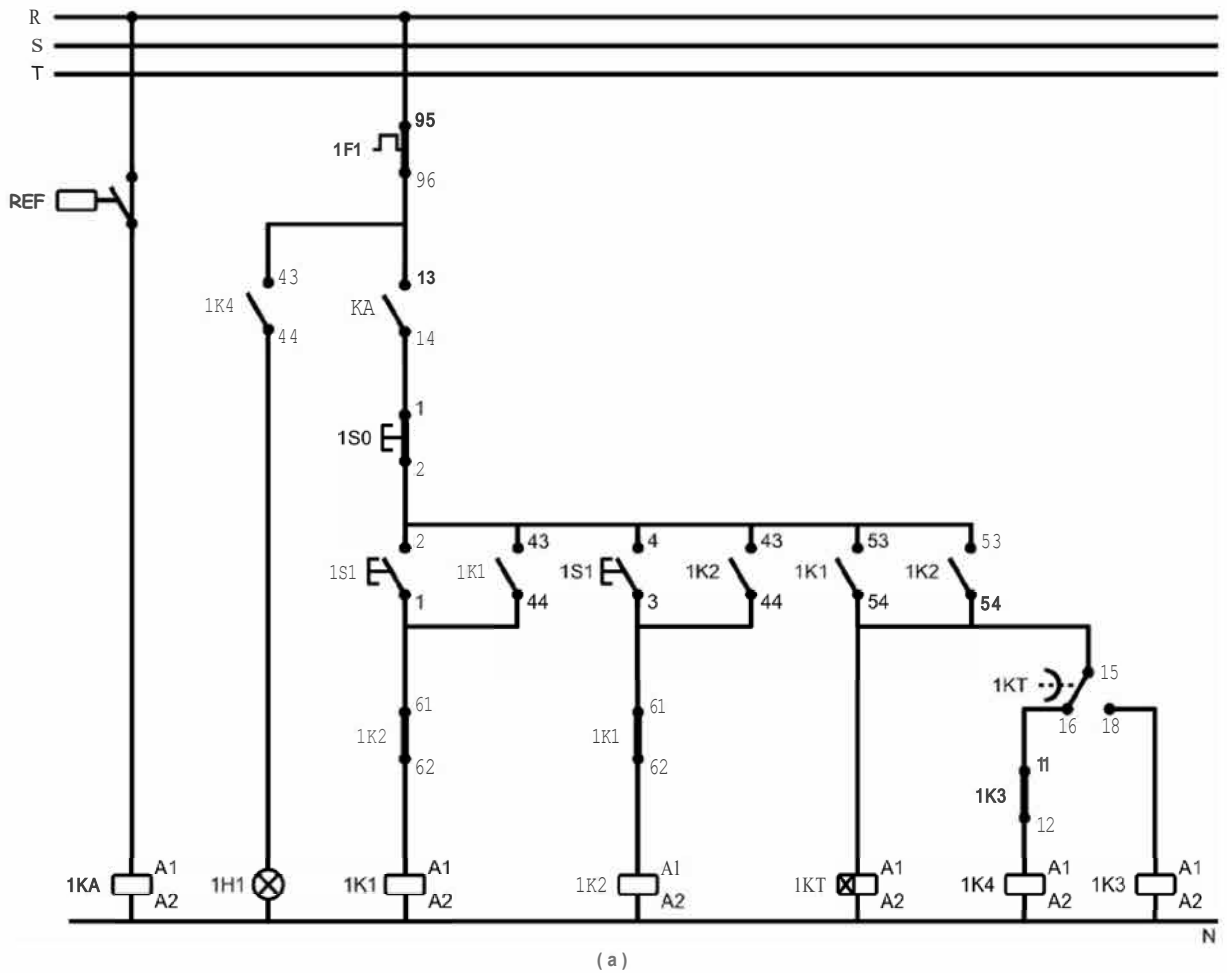
7.1.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

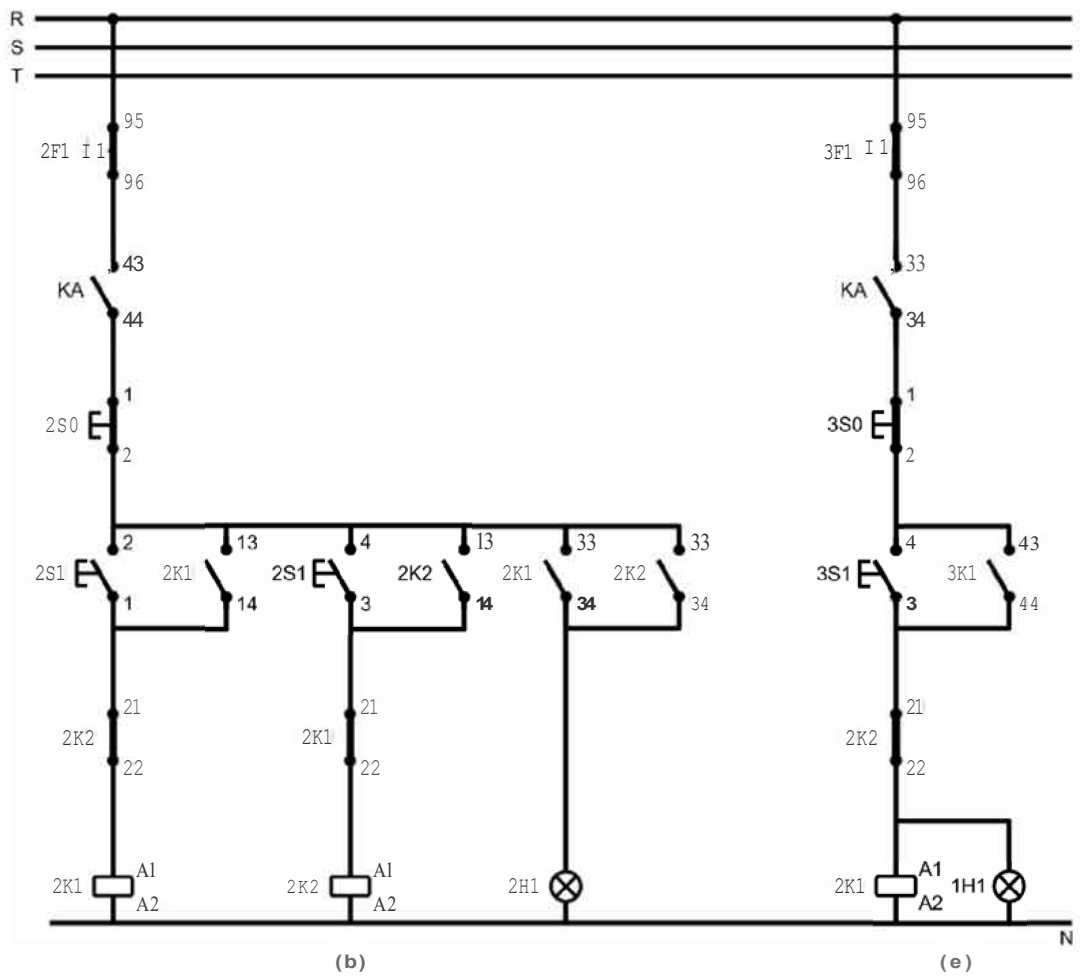
- 01 Quadro simulador de defeitos contendo um sistema completo composto por três motores trifásicos. Serão utilizados os tipos de ligações partida direta; partida direta com reversão do sentido de rotação e partida estrela-triângulo com reversão do sentido de rotação.

7.1.2. Procedimentos

- Na figura 28, o projeto é mostrado com os tipos de partida de motores. Revise em casa, os circuitos de acionamentos dos motores apresentados no projeto do quadro simulador de defeitos do laboratório;
- Escreva no papel cada esquema de ligação e sequência de acionamento dos contactores;
- Solicite do professor o teste de funcionamento dos motores elétricos;
- Caso todos os motores não estejam funcionando corretamente, solicite do professor o restabelecimento das condições de normais de uso;
- Solicite do professor a desenergização completa dos motores e a colocação de defeitos;
- Acione as botoeiras, procurando identificar quais os possíveis defeitos;

- Antes de manipular qualquer instrumento ou ferramenta, pense nos tipos de falhas que possam ter conduzido ao defeito. Reflita sobre os conhecimentos adquiridos nas montagens anteriores. Com certeza você tem amplas condições de solucionar os problemas ou criar uma lógica que conduza a solução;
- Identifique os defeitos no circuito de comandos dos motores, solicite do professor a correção no circuito no quadro de defeitos e o funcionamento dos motores.





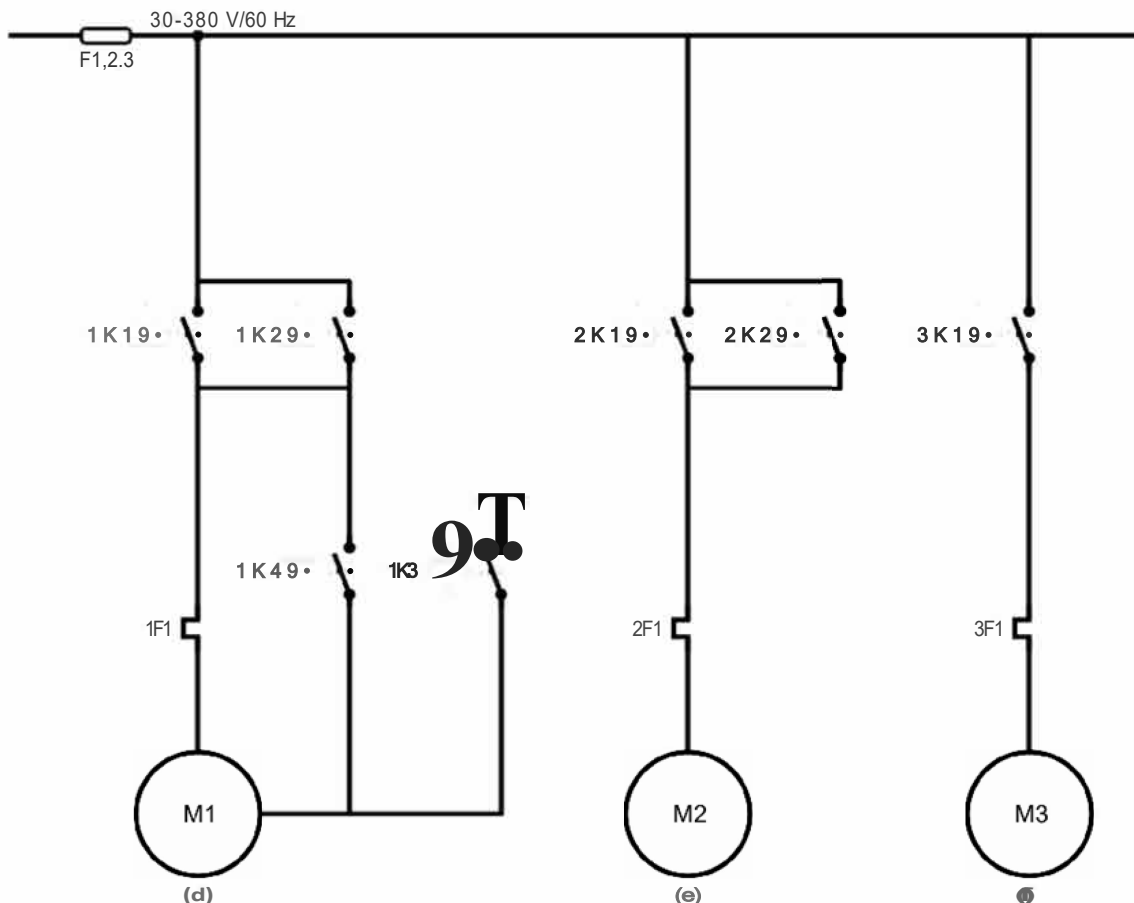


Figura 28 - Circuitos de comando e de força utilizados no quadro simulador de defeitos: a) partida estrela-triângulo com reversão do sentido de rotação; b) partida direta com reversão do sentido de rotação; c) partida direta do motor; d) circuito de força para partida estrela-triângulo com reversão do sentido de rotação; e) circuito de força para partida direta com reversão do sentido de rotação e; f) circuito de força para partida direta do motor.

7.2. Quadro Simulador de Defeitos da WEG

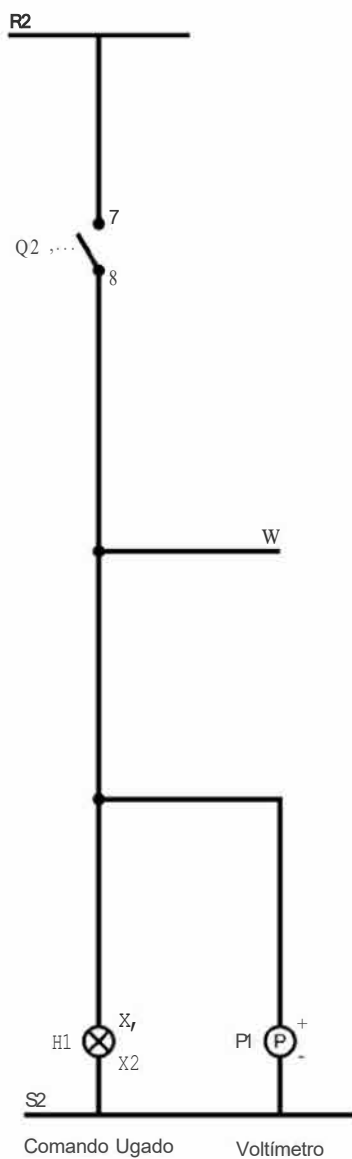
7.2.1. Material Necessário à Realização da Tarefa

- 01 Quadro simulador de defeitos contendo um sistema completo composto por um motor trifásico. Serão utilizados os tipos de ligações partida direta; partida direta com reversão do sentido de rotação e partida estrela-triângulo.

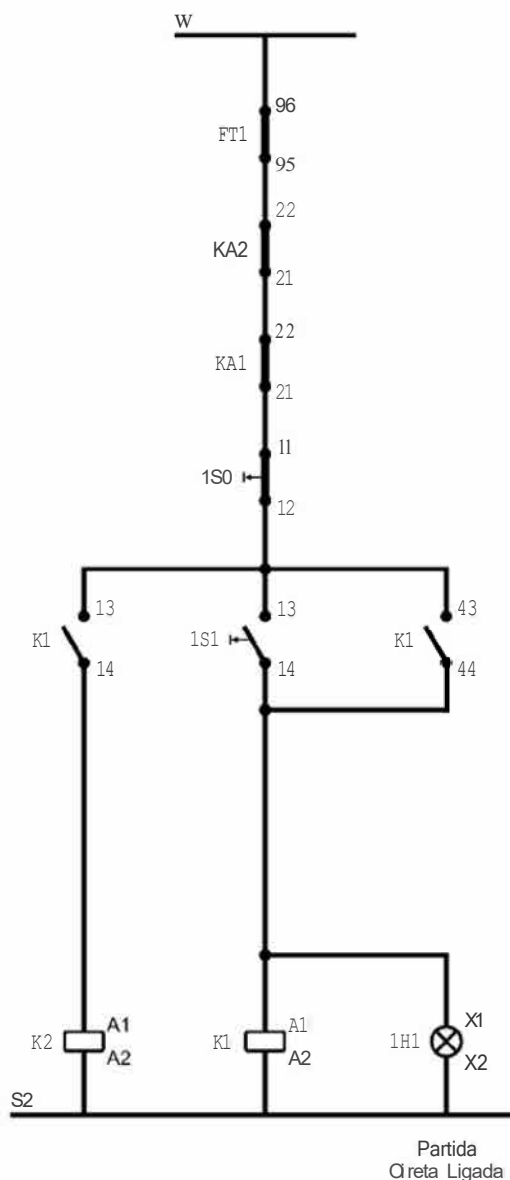
7.2.2. Procedimentos

- Na figura 29, o projeto é mostrado com os tipos de partida de motores. Revise em casa, os circuitos de acionamentos dos motores apresentados no projeto do quadro simulador de defeitos da WEG;
- Escreva no papel cada esquema de ligação e sequência de acionamento dos contactores;
- Solicite do professor o teste de funcionamento dos motores elétricos;
- Caso o motor não esteja funcionando corretamente, solicite do professor o restabelecimento das condições de normais de uso;
- Solicite do professor a desenergização completa dos motores e a colocação de defeitos;
- Acione as botoeiras, procurando identificar quais os possíveis defeitos;

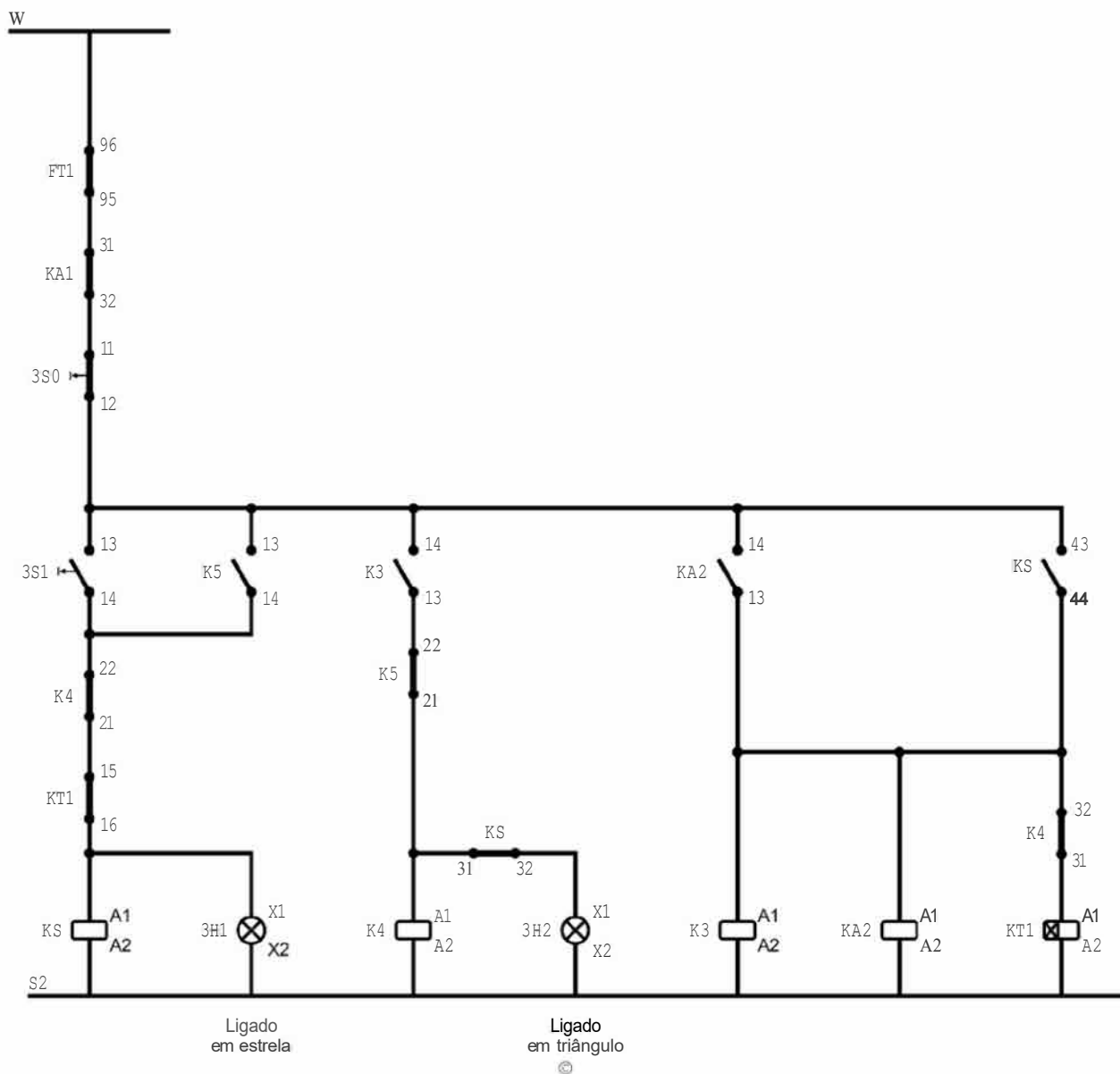
- Antes de manipular qualquer instrumento ou ferramenta, pense nos tipos de falhas que possam ter conduzido ao defeito. Reflita sobre os conhecimentos adquiridos nas montagens anteriores. Com certeza você tem amplas condições de solucionar os problemas ou criar uma lógica que conduza a solução.
- Identifique os defeitos no circuito de comandos dos motores, solicite do professor a correção no circuito no quadro de defeitos e o funcionamento dos motores.

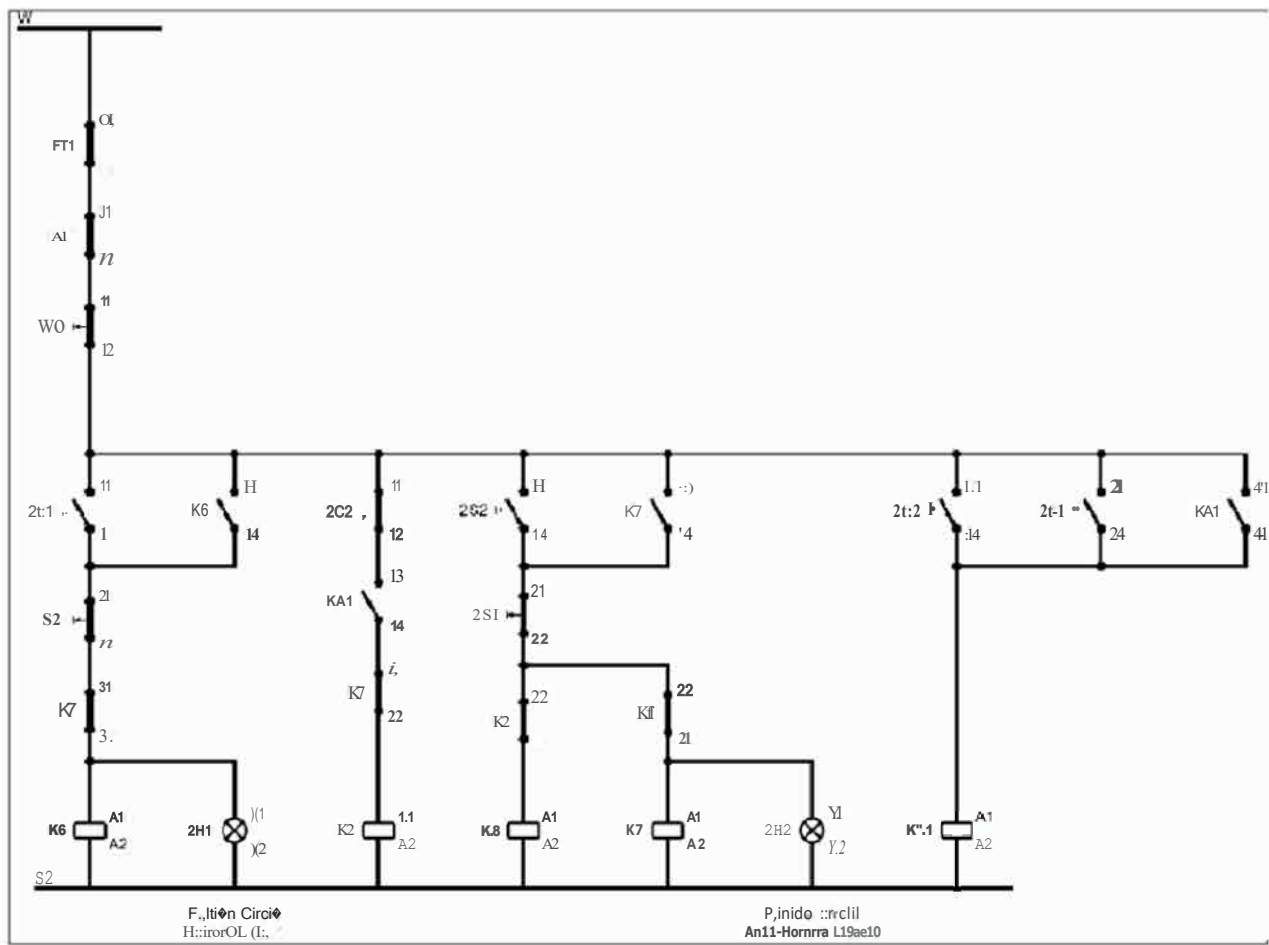


(a)

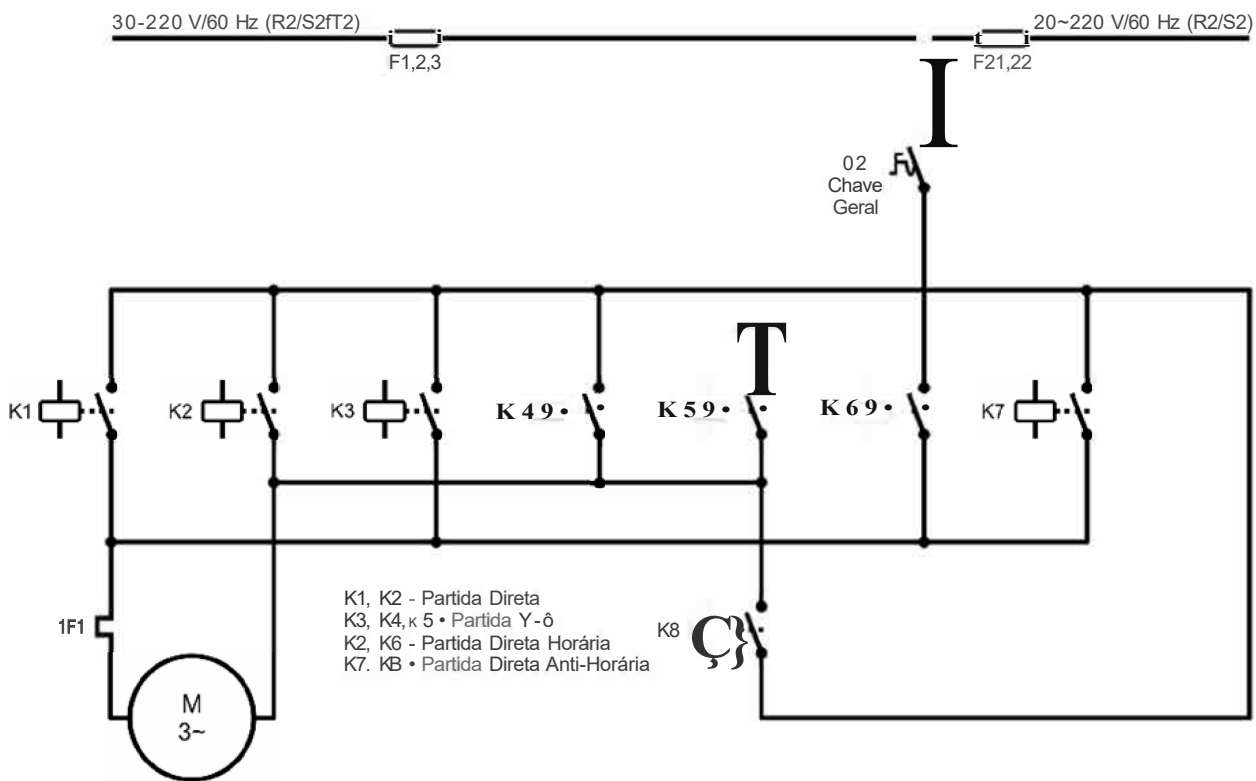


(b)





(d)



(e)

Figura 29. Circuitos de comando e de força utilizados no quadro simulador de defeitos da WEG: a) circuito de comando comum a todos os outros circuitos; b) partida direta; c) partida estrela-triângulo; d) partida direta com reversão do sentido de rotação; e) circuito de força comum a todos os circuitos de comando.

8. Bibliografia

Cardão, Celso, Instalações elétricas. 5ª ed., Imprensa Universitária/UFMG, Belo Horizonte-MG, 1975.

Creder, Hélio, Instalações elétricas, 15ª ed., Científicos Editora, Rio de Janeiro-RJ, 2007.

Kehr, Manfred - Manual de comandos elétricos - Recife-PE, SACTES (Serviço Alemão de Cooperação Técnica e Social), 1993.

Módulos instrucionais: Eletricista instalador, 1ª ed., SENA!, Rio de Janeiro-RJ, 1980.

Van Valkenburgh, Nooger & Neville, Inc., Eletricidade básica, 5º vol., tradução de Paulo João Mendes Cavalcanti, Rio de Janeiro-RJ, 1982.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Disjuntor> - Acessado em 22/02/2009.

<http://www.eletricabasica.kit.net/contatores.htm> - Acessado em 22/02/2009.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_monof%C3%A9sico - Acessado em 22/02/2009.

<http://www.cefetsc.edu.br/~vnoll/Motores%20de%20Inducao.htm> - Acessado em 22/02/2009.

<http://www.dsee.fee.unicamp.br/~sato/ET515/ET515.html> ~ Acessado em 22/02/2009.

<http://ciencia.hsw.uol.eom.br/eletroimas.htm> - Acessado em 22/02/2009.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletro%C3%ADm%C3%A3> - Acessado em 22/02/2009.

9. Anexos

- 06 Fusíveis diazed - 6 A;



Tamanho NBR 9156 DIN 49515	Corrente nominal (A)	Tipo	Código de cor	Para bases
D li	2	5S82 11	Rosa	Rôscas E27
	4	5S82 21	Marrom	
	6	55B2 31	Verde	
	10	55B2 51	Vermelho	
	16	55B2 61	Cinza	
	20	5S82 71	Azul	
	25	55B2 81	Amarelo	
Dimensões (mm)		Tamanho NBR 9156 DIN 49515	Corrente nominal (A)	Dimensão d0 (mm)
		D li	2	6
			4	6
			6	6
			10	8
			16	10
			20	12
			25	14

Figura 30. Fusível Diazed.