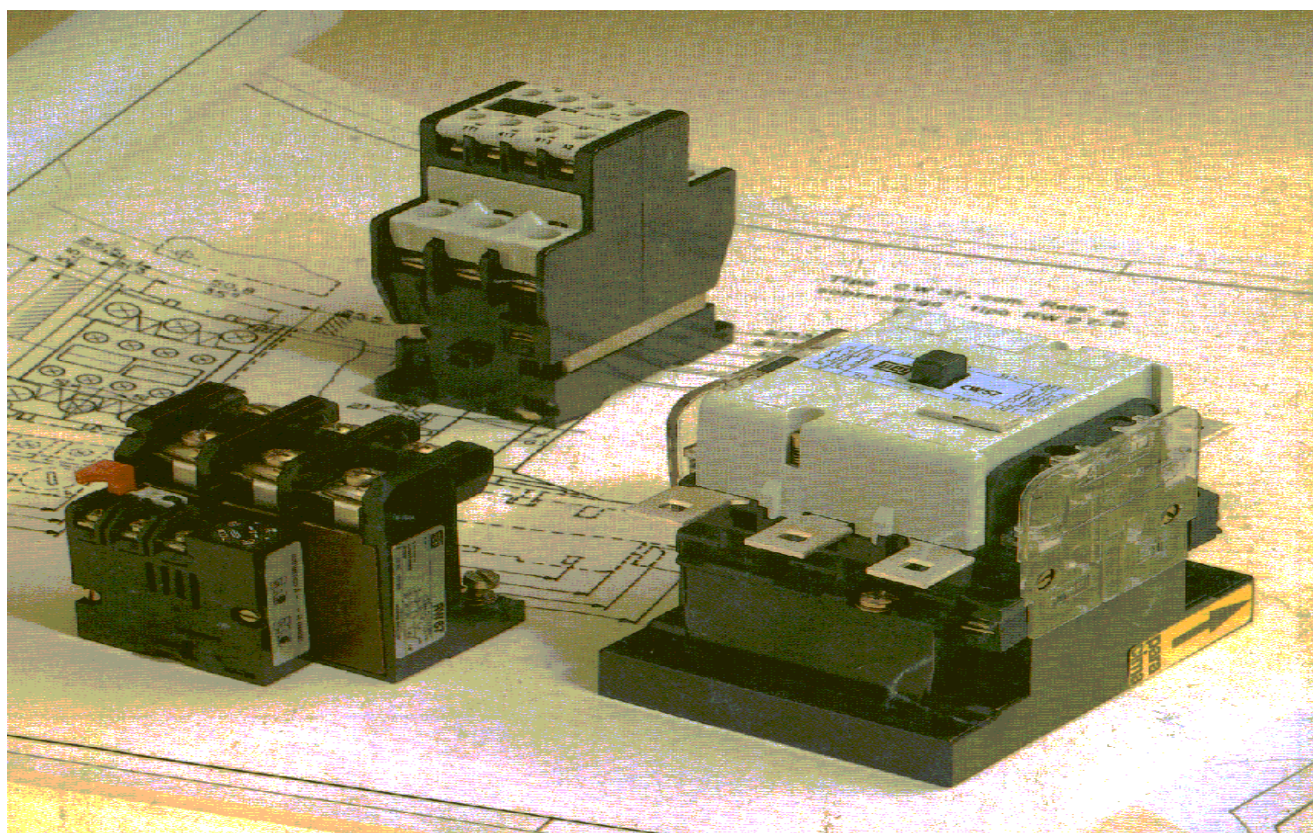


COMANDOS ELÉTRICOS



ÍNDICE

CONTATOR	
1. Objetivo	2
2. Introdução Teórica	2
2.1. Contator	2
2.2. Contatos	3
2.3. Botoeira ou Botoeira – botão liga e desliga	3
2.4. Relé Bimetálico	4
3. Material Utilizado	5
4. Parte Prática	5
4.1. Diagrama Principal	5
4.2. Diagrama de Comando	6
4.3. Diagrama Multifilar	6
4.4. Diagrama Unifilar	7
4.5. Simbologia Elétrica	7
5. Conclusão	8
6. Questões	8
CARGA TRIFÁSICA EM ESTRELA E TRIÂNGULO	
1. Objetivo	9
2. Introdução Teórica	9
3. Material Utilizado	9
4. Parte Prática	10
4.1. Carga Trifásica Triângulo	10
4.2. Carga Trifásica Estrela	10
4.3. Tabela	11
4.4. Triângulo	11
5. Conclusão	12
6. Questões	12

MOTOR MONOFÁSICO	
1. Objetivo	13
2. Introdução Teórica	13
2.1. Esquema motor monofásico em 110 V	14
2.2. Esquema motor monofásico em 220 V	14
3. Material Utilizado	14
4. Parte Prática	15
4.1. Diagrama Principal	15
4.2. Diagrama de Comando	15
4.3. Diagrama de inversão do motor monofásico	16
5. Conclusão	18
6. Questões	18
LIGAÇÃO SUBSEQUENTE AUTOMÁTICA DE MOTORES	
1. Objetivo	19
2. Introdução Teórica	19
3. Material Utilizado	20
4. Parte Prática	20
4.1. Diagrama Principal	20
4.2. Diagrama de Comando	20
4.3. Teste do Relé	21
5. Conclusão	21
6. Questões	21
INVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO	
1. Objetivo	22
2. Introdução Teórica	22
3. Material Utilizado	22
4. Parte Prática	22
4.1. Diagrama Principal	22
4.2. Diagrama de Comando	23
5. Conclusão	23
6. Questões	23

LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM ESTRELA E TRIÂNGULO	
1. Objetivo	24
2. Introdução Teórica	24
2.1. Partida de Motores com Chave Estrela-Triângulo	24
3. Material Utilizado	26
4. Parte Prática	27
4.1. Diagrama Principal	27
4.2. Diagrama de Comando	27
4.3. Diagrama de Comando	28
4.2. Diagrama: utilizando uma carga trifásica com lâmpadas	28
5. Conclusão	28
6. Questões	28
COMANDO AUTOMÁTICO POR CHAVE COMPENSADORA (AUTO-TRANSFORMADOR)	
1. Objetivo	29
2. Introdução Teórica	29
2.1. Partida por Auto-transformador	29
3. Material Utilizado	30
4. Parte Prática	31
4.1. Diagrama Principal	31
4.2. Diagrama de Comando	31
5. Conclusão	31
6. Questões	31
COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES (DAHLANDER)	
1. Objetivo	32
2. Introdução Teórica	32
3. Material Utilizado	33
4. Parte Prática	33
4.1. Diagrama Principal	33
4.2. Diagrama de Comando	34

COMANDO AUTOMÁTICO PARA COMPENSADOR COM REVERSÃO	
1. Objetivo	35
2. Introdução Teórica	35
3. Material Utilizado	35
4. Parte Prática	35
4.1. Diagrama Principal	35
4.2. Diagrama de Comando	36
5. Conclusão	36
6. Questões	36
COMANDO AUTOMÁTICO ESTRELA-TRIÂNGULO COM REVERSÃO	
1. Objetivo	37
2. Introdução Teórica	37
3. Material Utilizado	37
4. Parte Prática	37
4.1. Diagrama Principal	37
4.2. Diagrama de Comando e Auxiliar	38
5. Conclusão	38
6. Questões	38
COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES COM REVERSÃO (DAHLANDER)	
1. Objetivo	39
2. Introdução Teórica	39
3. Material Utilizado	39
4. Parte Prática	39
4.1. Diagrama Principal	39
4.2. Diagrama de Comando e Auxiliar	40
5. Conclusão	40
6. Questões	40

PREFÁCIO

Hoje, com a atual tecnologia disponível para automação a nível industrial, o comando e o controle dos motores elétricos passaram a ser conhecimentos básicos indispensáveis para o uso dos CLP's. Estranhamente, esta área sempre apresentou falhas por não termos, no mercado, publicações que pudessem complementar os estudos iniciais daqueles que se interessassem pelo assunto.

Com isso, esta apostila vem minimizar esta falha servindo assim de material importantíssimo para a introdução aos estudos de Comandos Elétricos de Motores.

O professor José Antônio Alves Neto é um engenheiro que já tem vasta experiência em transmitir seus conhecimentos na área e por isso, reuniu aqui, toda a sua experiência prática e didática para que esse material pudesse ser utilizado por professores e alunos da área técnica em seus dias de trabalho.

É muito gratificante saber que temos profissionais dedicados ao aprimoramento de outros profissionais para que possamos conquistar um maior nível de desenvolvimento tecnológico.

CONTATOR

1. Objetivo

- Comandos através do contator;
- Diagrama de Comando.

2. Introdução teórica

3. Contator

Contator é um dispositivo eletromagnético que liga e desliga o circuito do motor. Usado de preferência para comandos elétricos automáticos à distância. É constituído de uma bobina que quando alimenta cria um campo magnético no núcleo fixo que por sua vez atrai o núcleo móvel que fecha o circuito. Cessando alimentação da bobina, desaparece o campo magnético, provocando o retorno do núcleo através de molas, conforme figura 01.

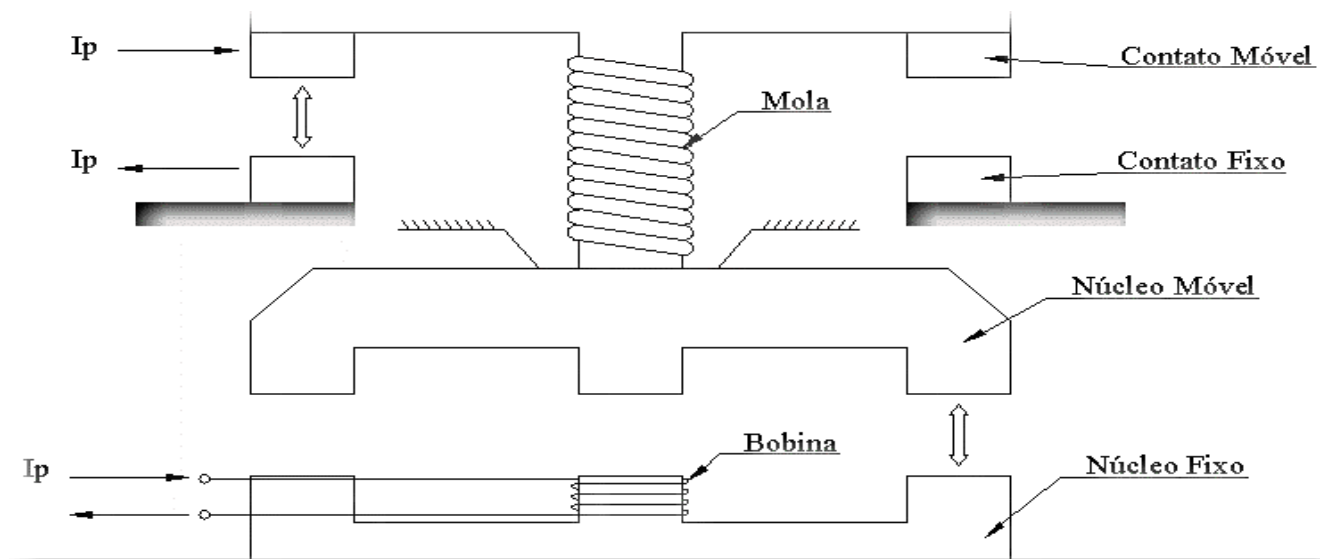


Fig. 01

4. Contatos

No contator temos os contatos principais e auxiliares. Os principais do contator são mais robustos e suportam maiores correntes que depende da carga que esse motor irá acionar, quanto maior a carga acionada, maior será a corrente nos contatos. (figura 02).

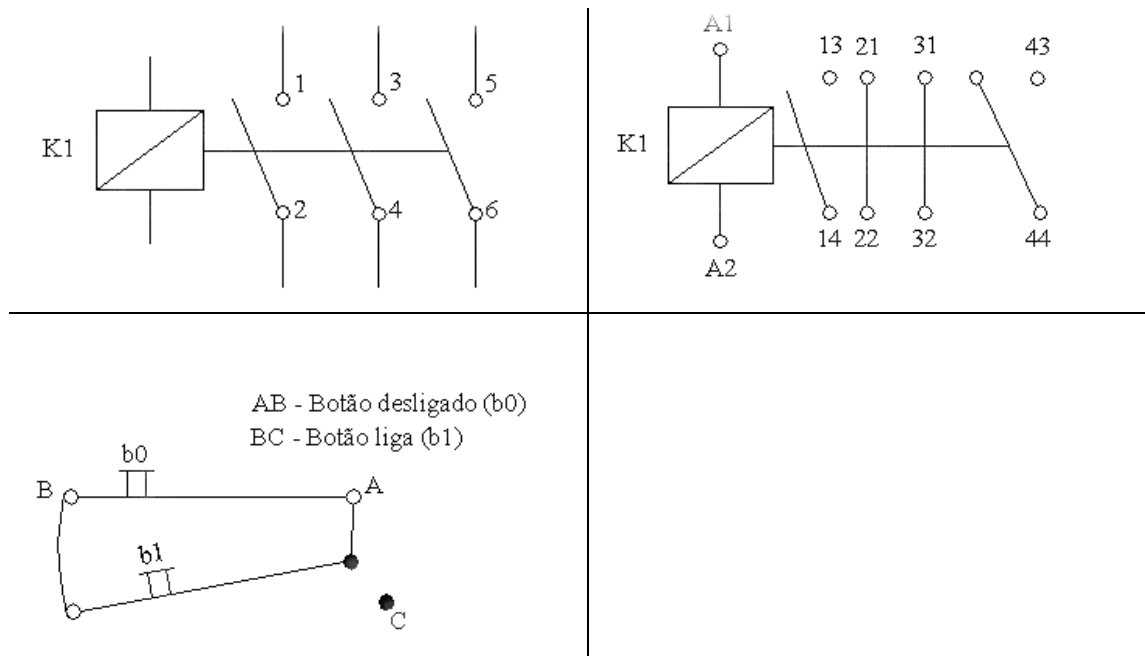


Fig. 02

Os contatos auxiliares, utilizados para sinalização e comandos de vários motores, existem o contato NF (normalmente fechado) e NA (normalmente aberto). (figura 03).

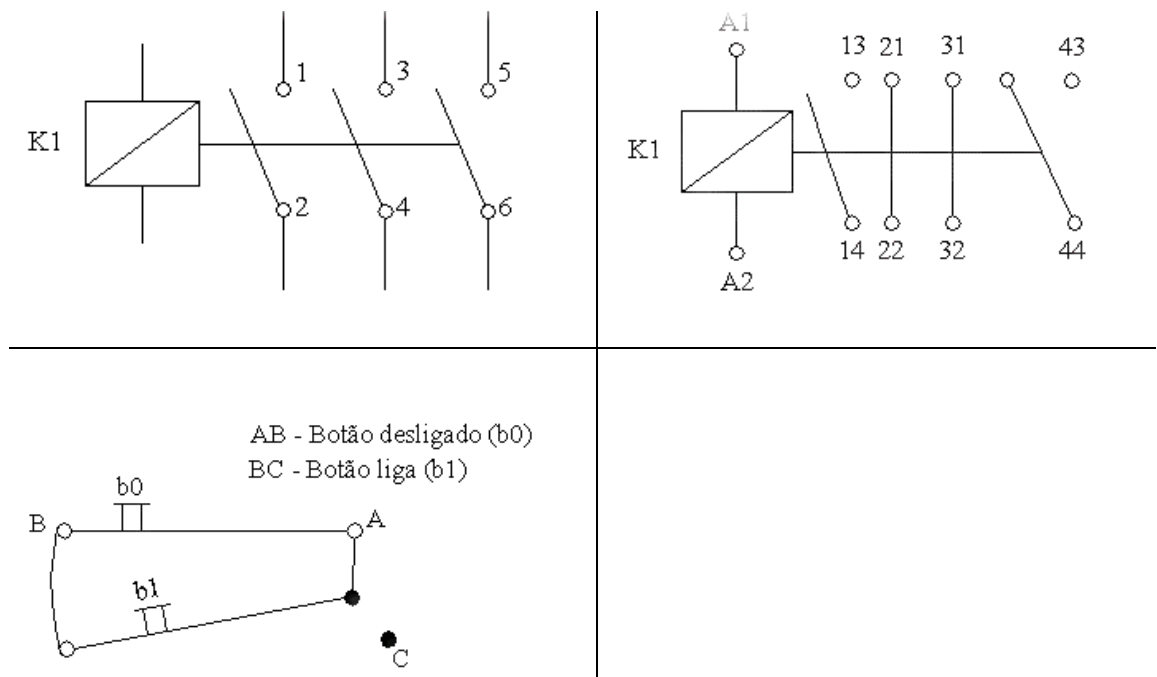


Fig. 03

5. Botoeira - botão liga e desliga

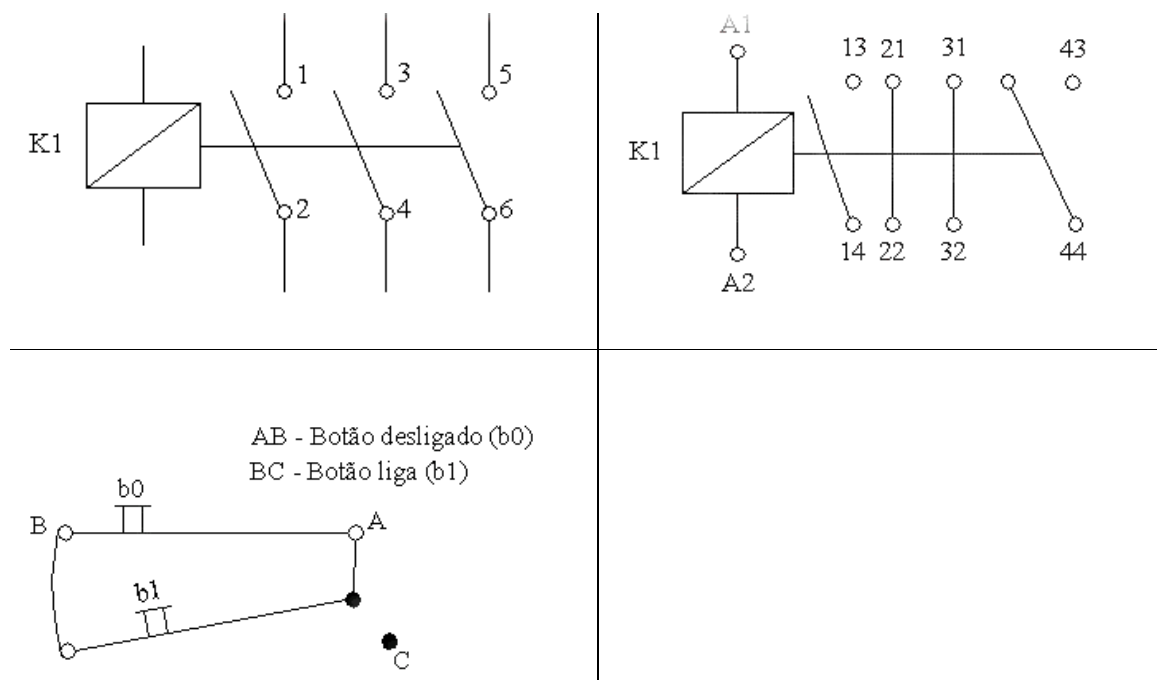


Fig. 04

6. Relé bimetálico

São construídos para proteção de motores contra sobrecarga, falta de fase e tensão. Seu funcionamento é baseado em dois elementos metálicos, que se dilatam diferentemente provocando modificações no comprimento e forma das lâminas quando aquecidas.

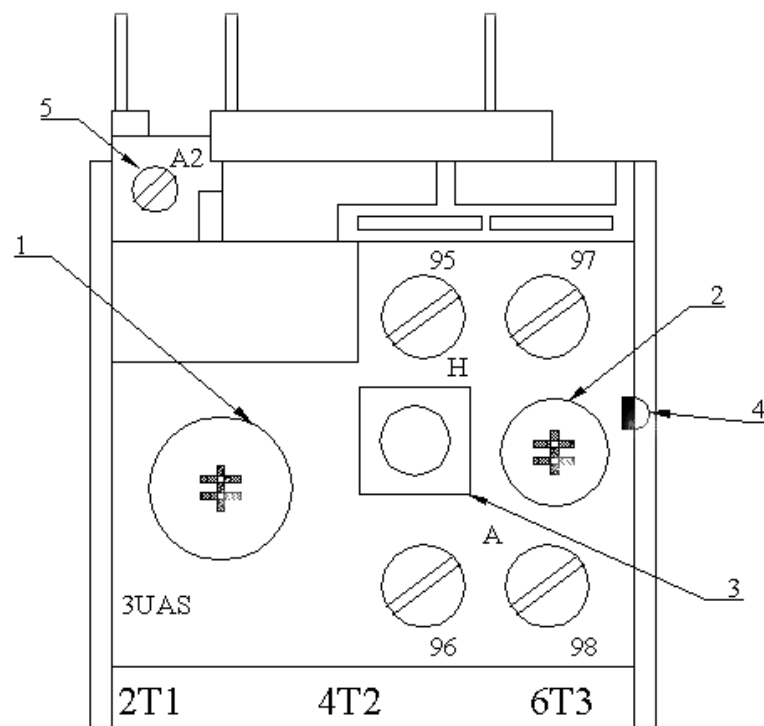
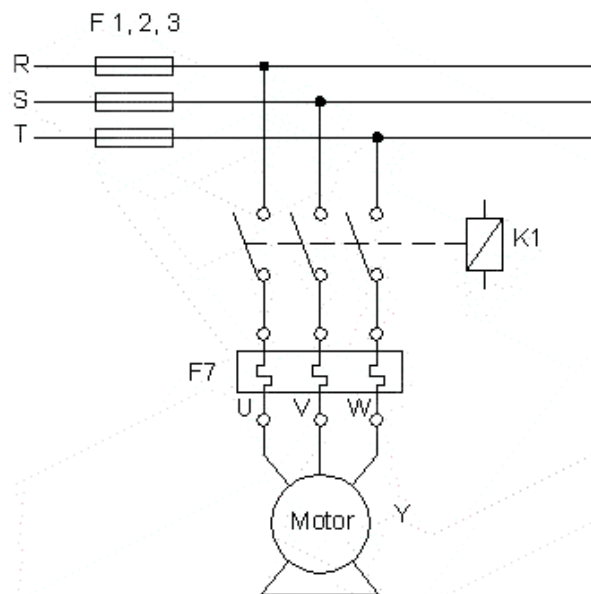


Fig. 05

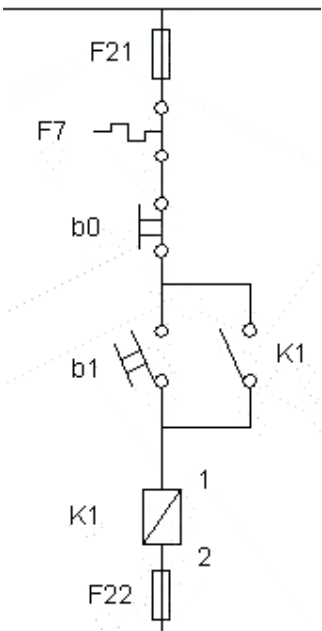
Colocação em funcionamento e indicações para operação:

1. Ajustar a escala à corrente nominal da carga.
2. Botão de destravação (azul):
Antes de por o relé em funcionamento, premer o botão de destravação. O contato auxiliar é ajustado pela fábrica para religamento manual (com bloqueio contra religamento automático). Comutação para religamento automático: premer o botão de destravação e girá-lo no sentido anti-horário, até o encosto, da posição H (manual) para A (automático).
3. Botão "Desliga" (vermelho). O contato auxiliar abridor será aberto manualmente, se for apertado este botão.
4. Indicador Lig./Desl - (verde). Se o relé estiver ajustado para religamento manual, um indicador verde sobressairá da capa frontal se ocorrer o disparo (desligamento) do relé. Para religar o relé, premer o botão de destravação. Na posição "automático", não há indicação.
5. Terminal para bobina do contator, A2.
6. Dimensões em mm.
 - com contato auxiliar 1F ou 1A;
 - com contatos auxiliares 1F + 1A ou 2F + 2A;
 - para fixação rápida sobre trilhos suporte conforme DINEN 50022;
 - neste lado do relé, distância mínima de partes aterradas.

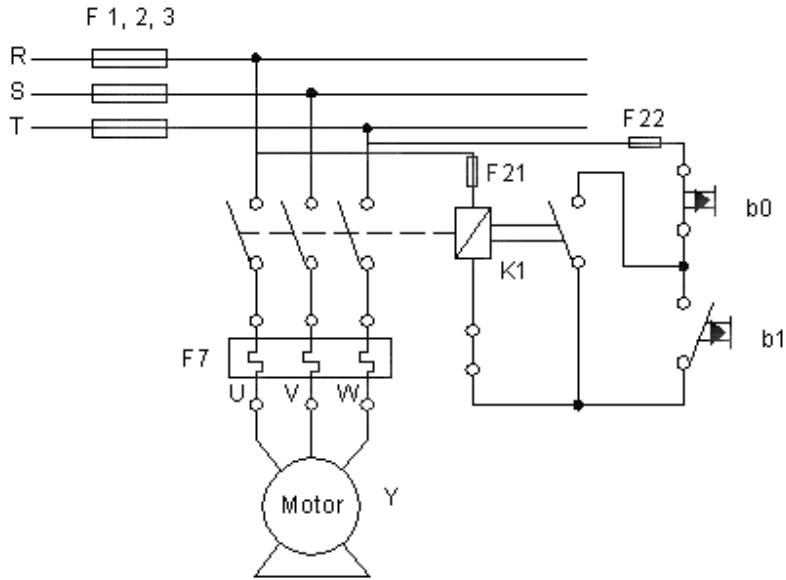
1. Material Utilizado
2. Parte Prática
3. Diagrama Principal



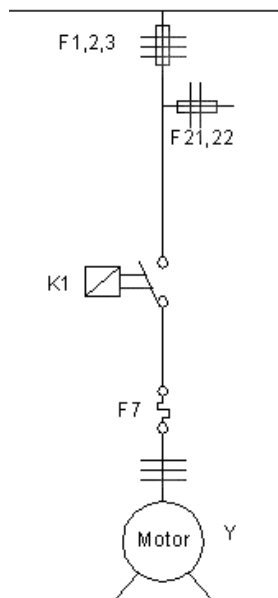
4. Diagrama de Comando



5. Diagrama Multifilar



6. Diagrama Unifilar



7. Simbologia Elétrica

Denominação para os aparelhos nos esquemas elétricos:

DENOMINACÃO	APARELHOS
b0	Botão de comando - desliga
b1	Botão de comando - liga
b2 – b22	Botão de comando - esquerda/direita
K1 – K2 - K3 - K4 - K5	Contator principal
d1 – d2 - d3	Contator auxiliar-relé de tempo relê aux.
F1 – F2 - F3	Fusível principal
F7 – F8 - F9	Relé bimetálico
F21 - F22	Fusível para comando
h1	Armação de sinalização - liga
h2	Armação de sinalização direita/esquerda
M1	Motor, trafo - principal
M2	Auto - trafo
R S T	Circuito de medição-corrente alternada

CARGA TRIFÁSICA EM ESTRELA E TRIÂNGULO

1. Objetivo

- Sistema trifásico
- Potência trifásico

2. Introdução Teórica:

Um sistema trifásico (3) é uma combinação de três sistemas monofásicos.

O gerador ou alternador produz três tensões iguais, mas defasadas 120° com as demais.

As três fases de um sistema 3 podem ser ligados de duas formas: em estrela (Y) ou triângulo (T).

Uma carga equilibrada tem a mesma impedância em cada enrolamento.

No sistema 3 equilibrado o fasor soma as tensões das linhas é zero e o fasor da soma das correntes das três linhas é zero. A corrente I_N não será nula, quando as cargas não forem iguais entre si.

3. Material Utilizado

- 3 soquetes
- 3 lâmpadas 150W - 220V
- 1 amperímetro AC - 0 - 5^A
- 1 voltímetro AC - 0 - 250V
- caixa de ferramentas

4. Parte Prática:

5. Carga trifásica Triângulo

$$V_L = V_F$$

$$I_L = I_F \sqrt{3}$$

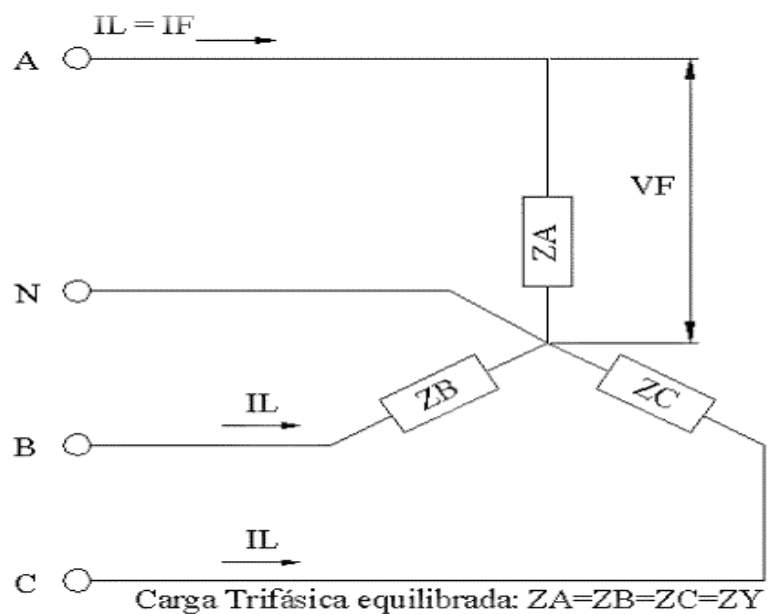
$$P_T = 3 \cdot V_F \cdot I_F \cdot \cos \phi$$

$$P_T = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi$$

$$V_F = R \cdot I_F$$

$$R = V^2/P$$

6. Carga Trifásica Estrela



$$V_L = V_F \sqrt{3}$$

$$I_L = I_F$$

$$P_Y = 3 \cdot V_F \cdot I_F \cdot \cos \phi$$

$$P_Y = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi$$

$$V_F = R \cdot I_F$$

$$R = V^2 / P$$

7. Tabela

	ESTRELA Y		TRIÂNGULO T	
	MED.	CALC.	MED.	CALC.
VL		220V		220V
VF				
IL				
IF				
	POTÊNCIA Y		POTÊNCIA T	

8. Triângulo

No sistema trifásico temos o triângulo de potência e determinamos a potência aparente, potência reativa e potência total real.

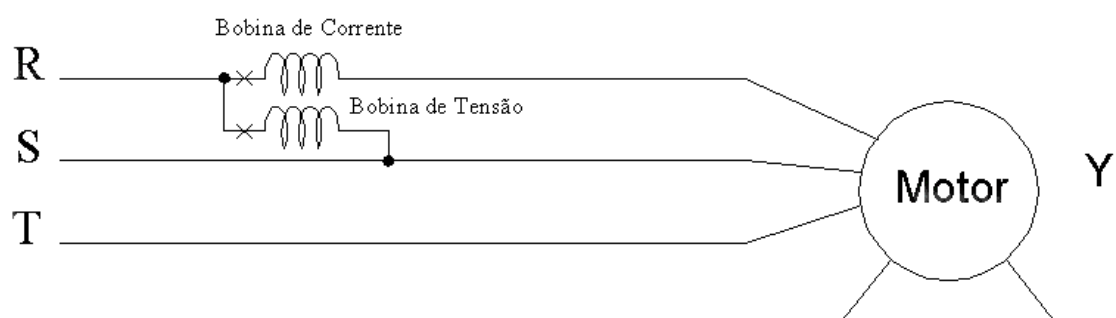
$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi$$

$$S = 3 \cdot V_L \cdot I_L$$

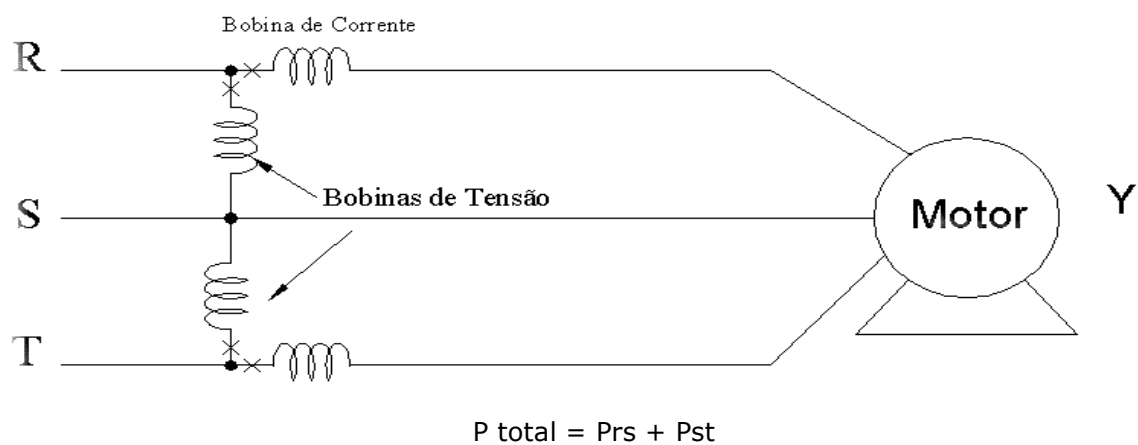
$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \phi$$

P = potência total real W
 S = potência total aparente , VA
 Q = potência total reativa, VAR
 V_L = tensão da linha
 V_F = tensão de fase
 I_L = corrente da linha
 I_F = corrente da fase
 ϕ = ângulo de fase da carga
 $\sqrt{3} = 1,73$ (uma constante)

9. Esquema do Wattímetro Monofásico



10. Medir a potência trifásica do sistema, utilizando um wattímetro monofásico.



MOTOR MONOFÁSICO

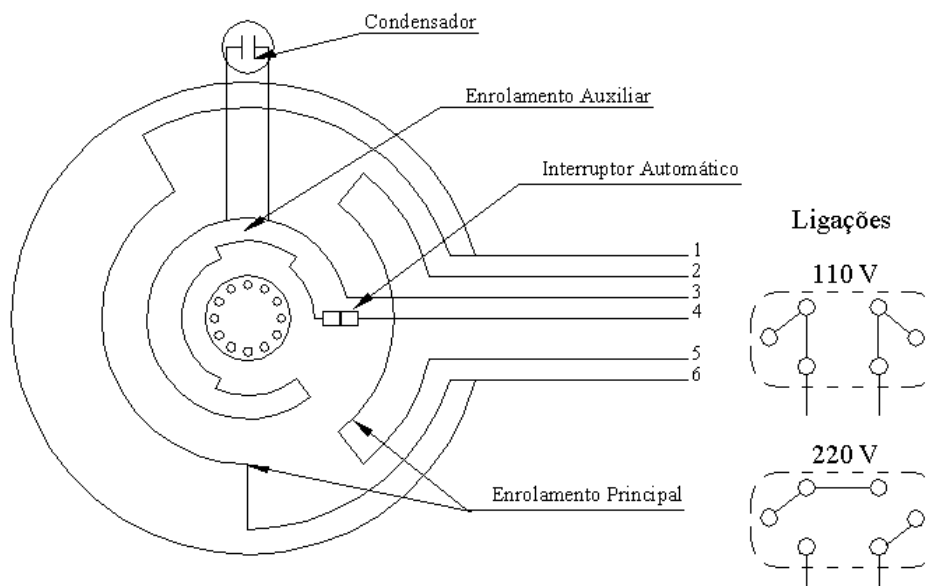
1. Objetivo

Aplicação do motor monofásico.

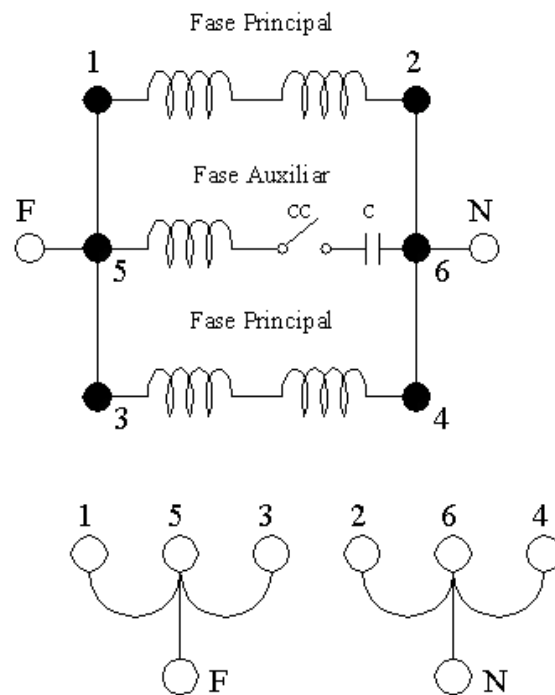
2. Introdução Teórica

Devido ao baixo preço e a robustez de um motor de indução, sua aplicação faz necessário onde há uma rede elétrica trifásica, para produzir um campo magnético rotativo são motores de pequenas potência com ligação monofásica a dos fios. A partida é dada por meio de um enrolamento auxiliar ao qual é ligado um capacitor em série, que provoca um defasamento da corrente, fazendo o motor funcionar como bifásico. Um dispositivo centrífugo desliga o enrolamento auxiliar após ter atingido uma certa velocidade.

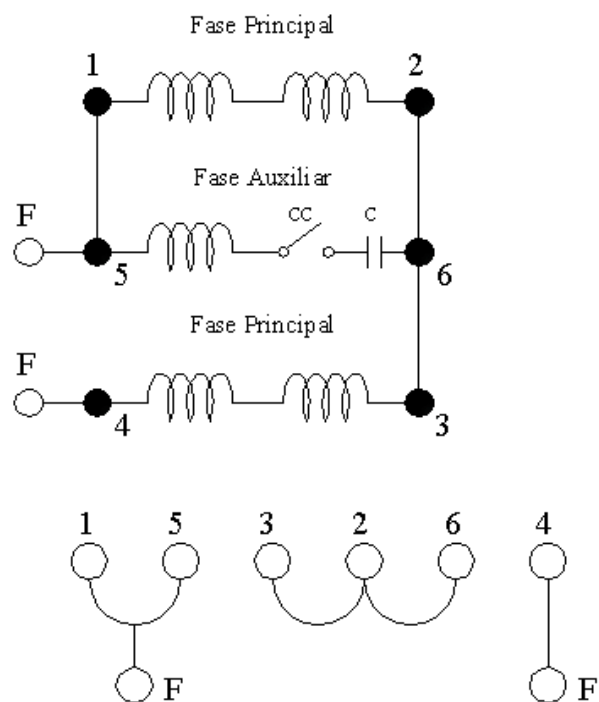
A inversão do sentido de rotação do motor monofásico ocorre quando as ligações do enrolamento auxiliar são invertidas, trocando o terminal número 6 pelo número 5, conforme esquema.



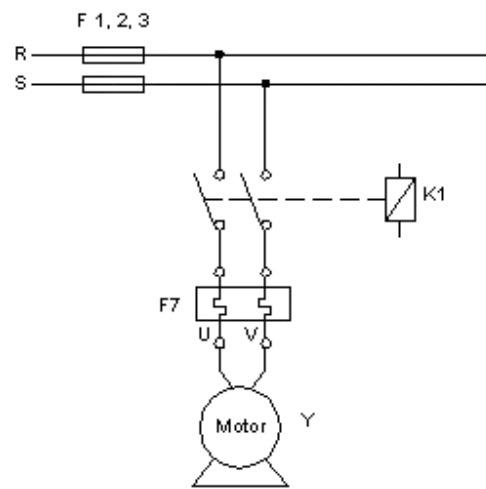
3. Esquema Motor Monofásico em 110 volts



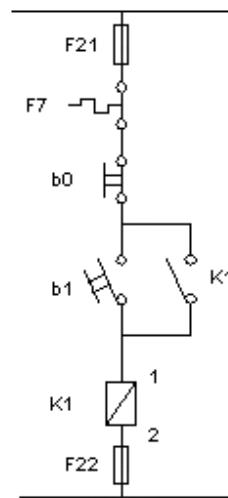
4. Esquema Motor Monofásico em 220 volts



5. Diagrama Principal

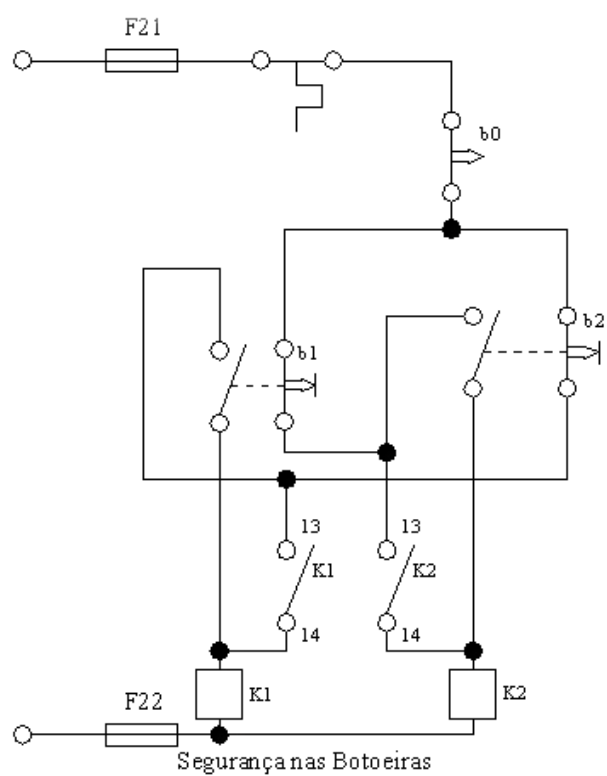
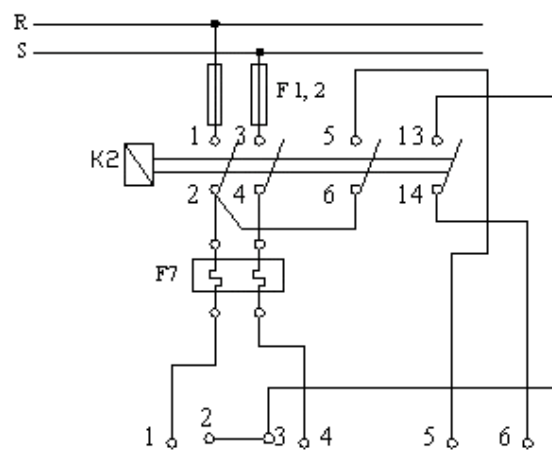


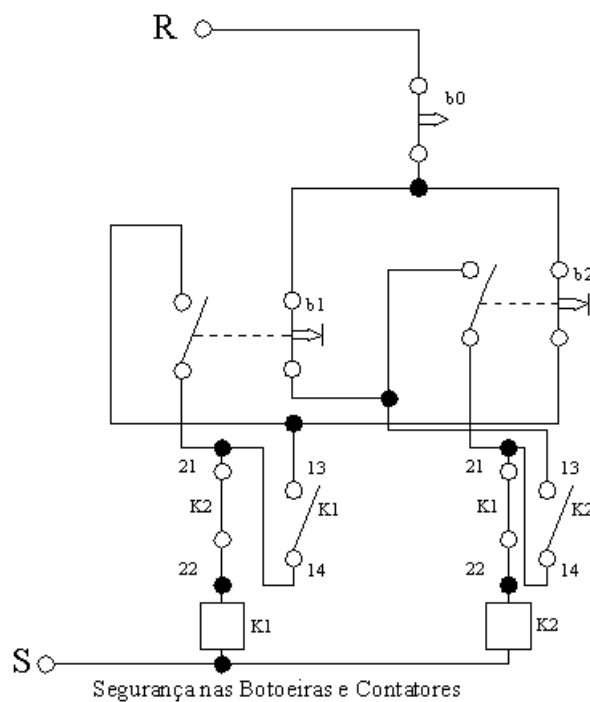
6. Diagrama de Comando



7. Diagrama de inversão do motor monofásico.

8. Diagrama Principal





LIGAÇÃO SUBSEQUENTE AUTOMÁTICA DE MOTORES

1. Objetivo

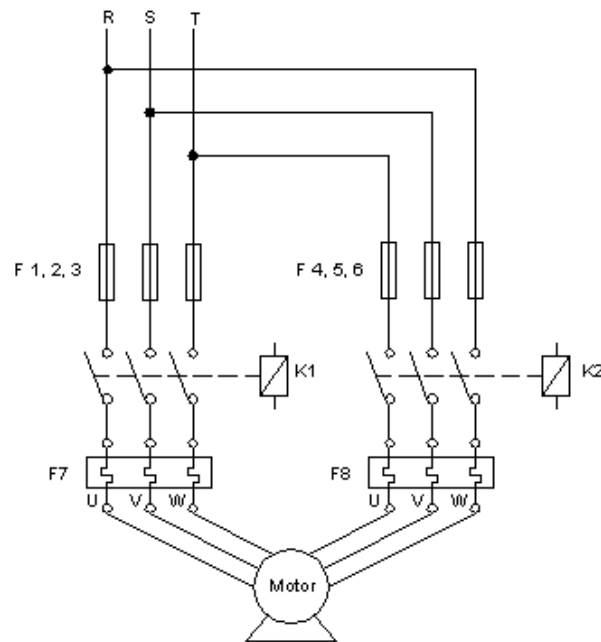
Ligar o motor M1 e após um determinado tempo, acionar o motor M2 utilizando um relé temporizado.

2. Introdução Teórica

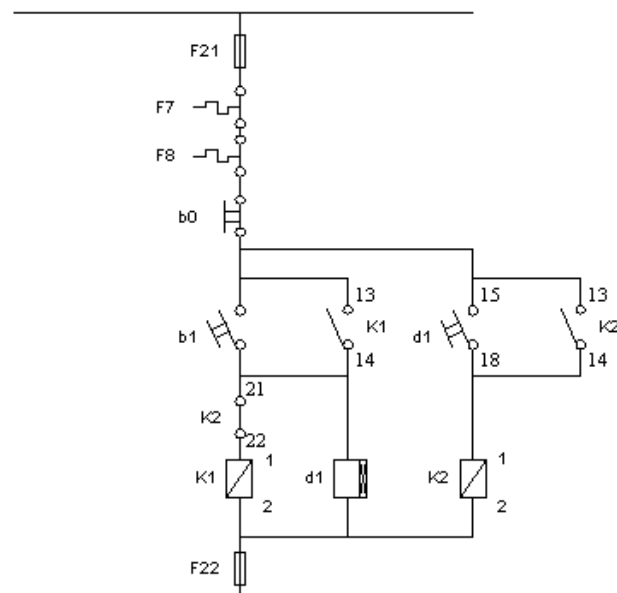
Na ligação subsequente de motores, podemos acionar uma esteira, ponte rolante ou um sistema automático industrial, a fim de desenvolver um produto determinado.

No caso de uma esteira o acionamento é dado por três motores M1, M2, M3. Se um dos motores é desligado por exemplo, devido a sobrecarga, todos motores à frente deste, no sentido de condução, serão desligados; é interrompido o fornecimento de carga à esteira, enquanto os motores montados anteriormente continuam a funcionar, transportando a carga até o descarregamento desta esteira.

3. Diagrama Principal



4. Diagrama de Comando



INVERSÃO DO SENTIDO DE ROTACÃO

1. Objetivo

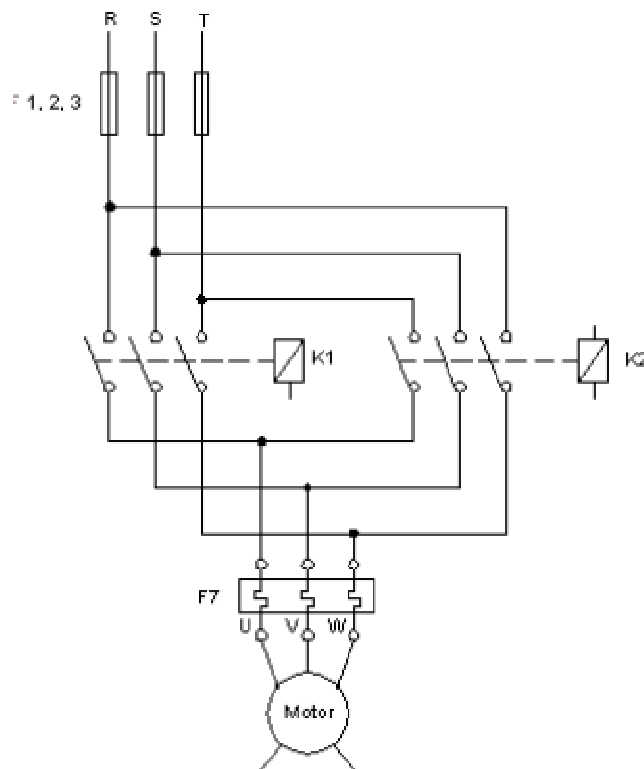
Comando de um motor nos dois sentidos de rotação.

2. Introdução Teórica

A reversão automática utilizada para motores acoplados à máquina que partem em vazio ou com carga, esta reversão pode-se dar dentro e fora do regime de partida. A sua finalidade dentro de determinados processos industriais tem-se necessidade da reversão do sentido de rotação dos motores para retrocesso do ciclo de operação, como o caso de esteira transportadora.

Os contatos para o movimento a direita e para a esquerda, estão intertravados entre si, através de seus contatos auxiliares (abridores) evitando assim curto - circuitos.

3. Diagrama Principal



Nos casos em que a corrente de partida do motor é elevada podem ocorrer as seguintes consequências prejudiciais:

- Caso a partida direta não seja possível devido aos problemas citados acima, pode-se usar sistema de partida indireta para reduzir a corrente de partida.

9. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 283: 2689-2693.

quando a curva de conjugados do motor é suficientemente elevada para poder garantir a aceleração da máquina com a corrente de partida na ligação - triângulo. Também a curva do conjugado é reduzida na mesma proporção.

Por este motivo, sempre que for necessário uma partida estrela - triângulo, deverá ser usado um motor com curva de conjugado elevado. Os motores WEG, têm alto conjugado máximo de partida, sendo portanto ideais para a maioria dos casos, para uma partida estrela - triângulo.

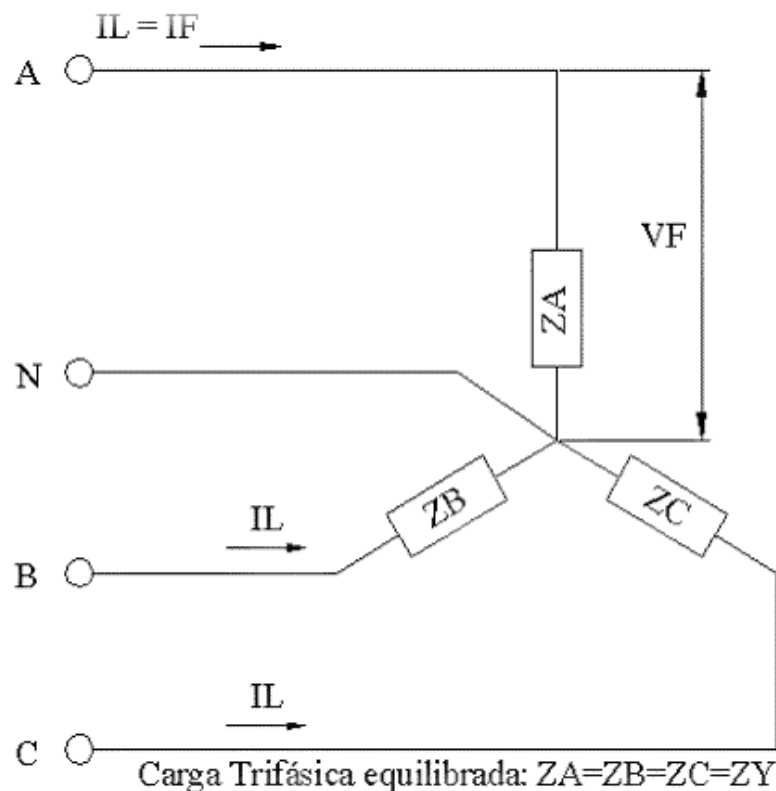
Antes de se decidir por uma partida estrela - triângulo, será necessário verificar se o conjugado de partida será suficiente para operar a máquina. O conjugado resistente da carga não poderá ultrapassar o conjugado de partida do motor (veja figura 2.4), nem a corrente no instante da mudança para triângulo poderá ser de valor inaceitável. Existem casos onde este sistema de partida não pode ser usado, conforme demonstra a figura 2.5.

Na figura 2.5, temos um alto conjugado resistente C_r .

Se a partida for em estrela, o motor acelera a carga até a velocidade, ou aproximadamente até 85% da rotação nominal. Neste ponto, a chave deverá ser ligada em triângulo.

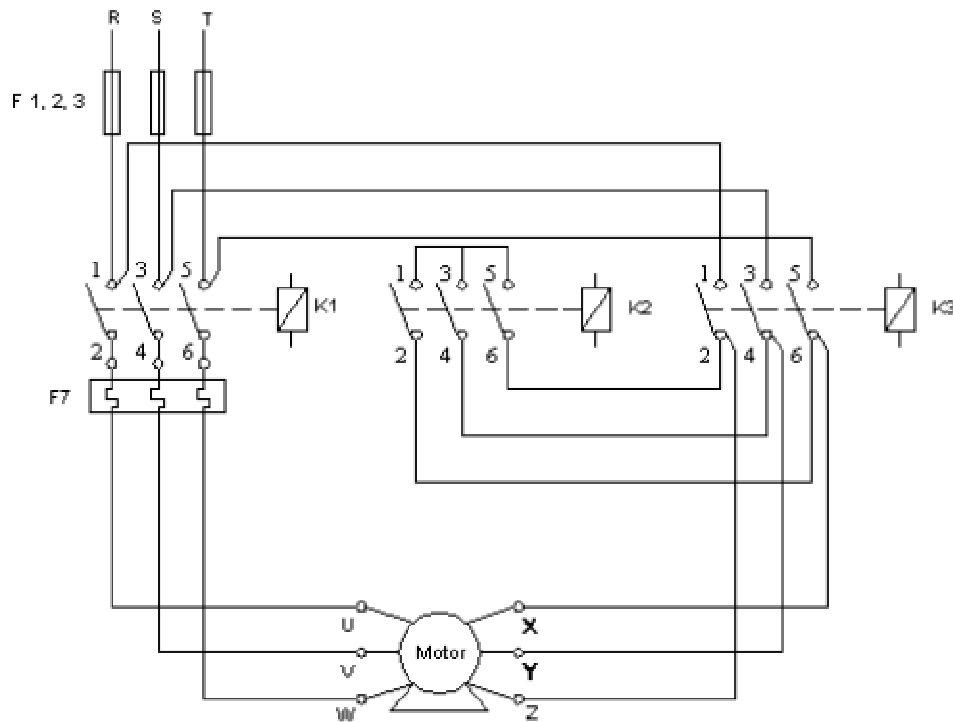
Neste caso, a corrente, que era de aproximadamente a nominal, ou seja, 100%, salta repentinamente para 320%, o que não é nenhuma vantagem, uma vez que na partida era de somente 190%.

Na figura 2.6, temos o motor com as mesmas características, porém o conjugado resistente C_r é bem menor. Na ligação Y, o motor acelera a carga até 95% da rotação nominal. Quando a chave é ligada em Δ , a corrente que era de aproximadamente 50%, sobe para 170%, ou seja, praticamente igual a da partida Y. Neste caso a ligação estrela - triângulo apresenta vantagem, porque se fosse ligado direto, absorveria da rede 600% da corrente nominal. A chave estrela - triângulo em geral só pode ser empregada em partidas da máquina em vazio, isto é, sem carga. Somente depois de ter atingido a rotação nominal, a carga poderá ser aplicada.

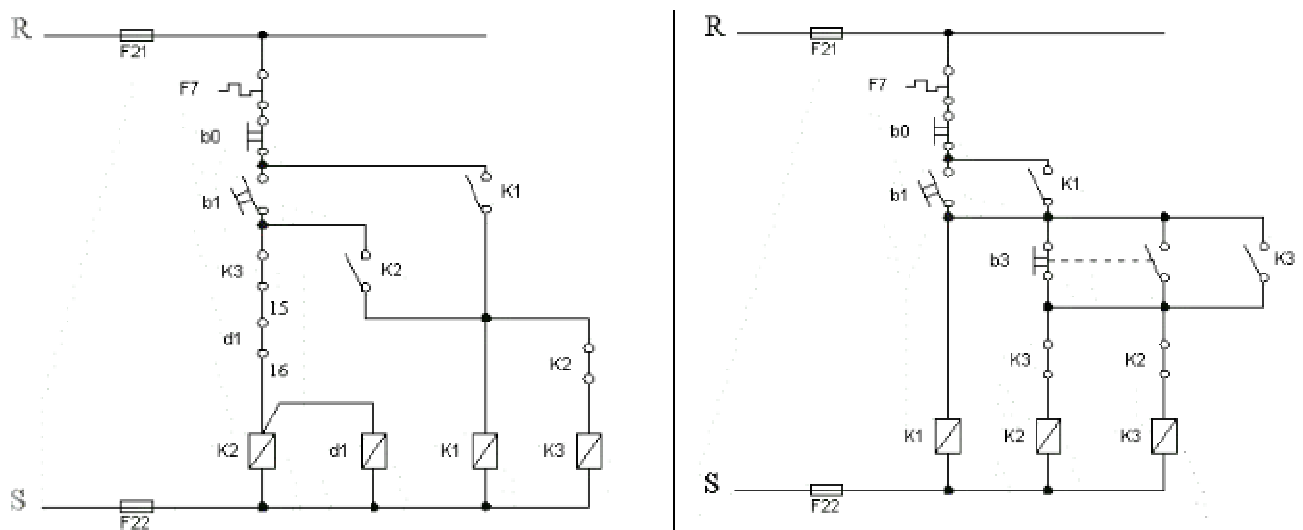


Esquematicamente, a ligação estrela - triângulo num motor para uma rede de 220V é feita de maneira indicada na figura acima notando-se que a tensão por fase, durante a partida é reduzida para 127V.

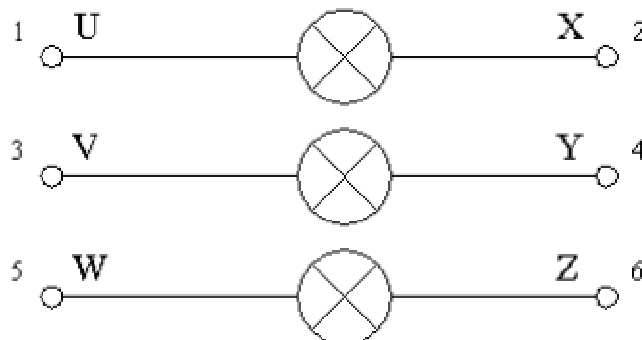
1. Diagrama Principal



2. Diagrama de Comando



3. Diagrama: utilizando uma carga trifásica com lâmpadas.



COMANDO AUTOMÁTICO POR CHAVE COMPENSADORA (AUTO - TRANSFORMADOR)

1. Objetivo

- comando por chave compensadora.

2. Introdução Teórica

3. Partida por Auto - Transformador

Este modo de partida se aplica igualmente aos motores de forte potência, aos quais ele permite dar a partida com características mais favoráveis que obtidas com partida por resistência, isto devido ao fato de proporcionar um conjugado de partida mais elevado, com um pico de corrente mais fraco (reduzido).

A partida se efetua geralmente em dois tempos:

1º tempo: Alimentação do motor sob tensão reduzida, por intermédio de um auto - transformador.

Desprezando-se o valor da corrente magnetizante, o pico e o conjugado na partida são reduzidos, ambos proporcionalmente ao quadrado da relação de transformação (enquanto que, na partida por resistências, o pico de corrente só é reduzido na simples relação de redução da tensão). As chaves compensadoras (partida por auto - transformadores) são previstas para um pico de corrente e um conjugado na partida, representando 0,42 ou 0,64 dos valores em partida direta, conforme o tap de ligação do auto - transformador dor 65% ou 80%, respectivamente. O conjugado motor permite atingir assim um regime elevado.

2º tempo: Abertura do ponto neutro do auto - transformador e conexão do motor sob plena tensão o qual retoma suas características naturais (fig. 03). Curvas características velocidade - conjugado e velocidade - corrente (valores indicado em múltiplos valores nominais).

Corrente de Partida: Se, por exemplo, um motor na partida direta consome 100A , com o auto - transformador ligado no tap de 60% (0,6), a tensão aplicada nos bornes do motor é 60% da tensão da rede.

Com a tensão reduzida a 60%, a corrente nominal (I_n) nos bornes do motor, também é apenas 60%, ou seja, $0,60 \times 100 = 60A$.

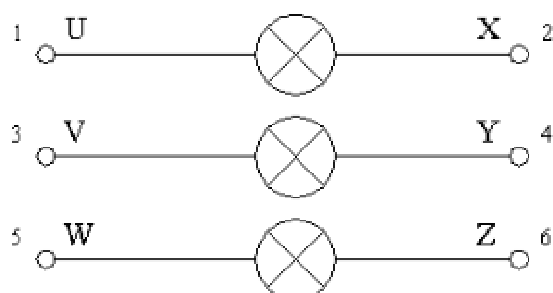
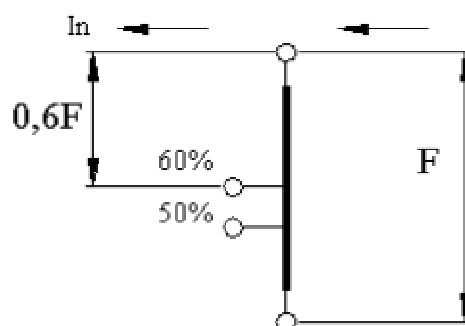
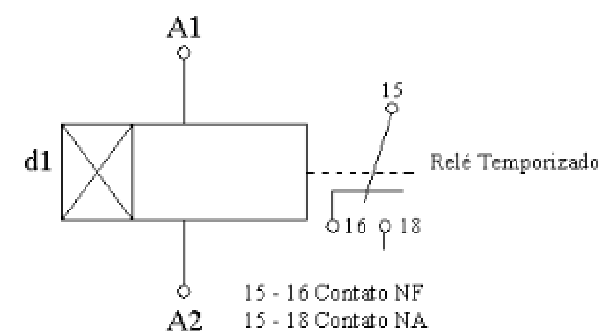
A corrente de linha (I_L) , (antes do auto - transformador) é dada por :

U - tensão da linha (rede)

I_L - corrente da linha

$0,6 \times U$ - tensão no tap do auto - transformador

I_N - corrente reduzida nos bornes do motor

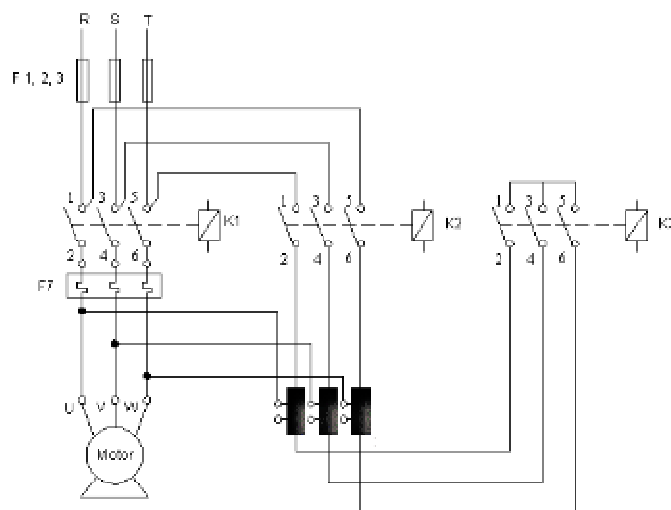


$$\frac{I_L}{I_N} = \frac{0,6 \times U}{U}$$

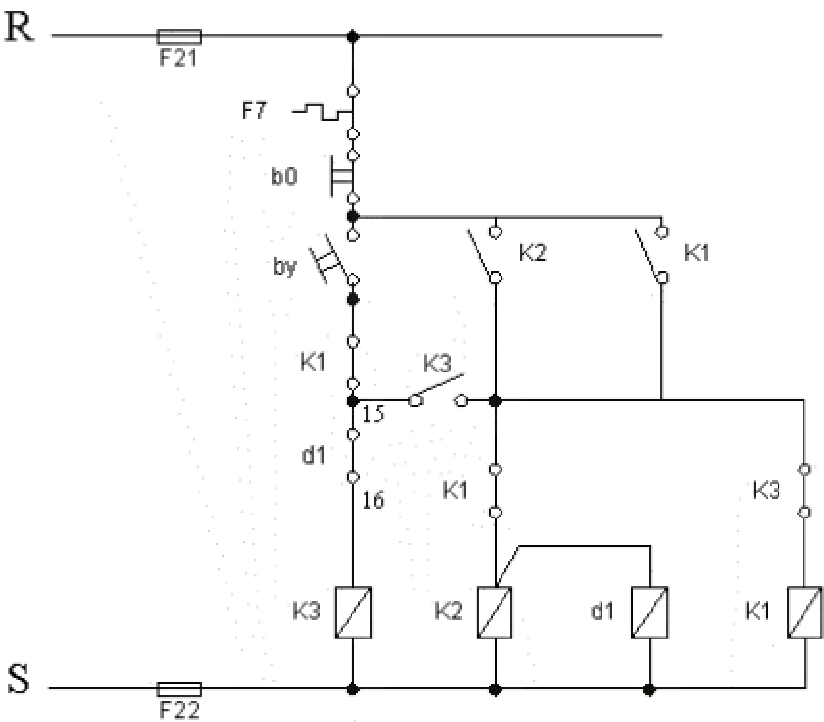
O momento de partida é proporcional ao quadrado da tensão aplicada aos bornes do motor, no caso do exemplo ele é $0,6 \times 0,6 = 0,36$ ou seja, aproximadamente 1/3 do momento nominal, como na chave estrela - triângulo.

No tap de 80% teríamos um momento de $0,8 \times 0,8 = 0,64$, ou seja, aproximadamente 2/3 do momento do motor. Neste caso a corrente de linha seria:

4. Diagrama Principal



5. Diagrama de Comando



COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES (DAHLANDER)

1. Objetivo

- diagrama de comando
- variação de velocidade

2. Introdução Teórica

Variação de velocidade do motor

Consegue-se variar a velocidade de rotação quando se trata de um motor de rotor bobinado. Pode-se lançar mão de varias soluções para variar a velocidade do motor.

As mais comuns são:

- Variação da intensidade rotórica da corrente, de modo a se obter variação no desligamento. A energia correspondente ao deslizamento é recuperada e devolvida à rede após retornarem as características de ondulação na frequência da rede, o que é conseguido com o emprego de uma ponte de tiristores;
- Variação da frequência da corrente;
- Introdução de resistências externas ao rotor (reostato divisor de tensão) para motores de pequena potência.

Escolha do Motor

Para a escolha do motor pode-se observar o que indicam as tabelas 6.2. e 6.3.

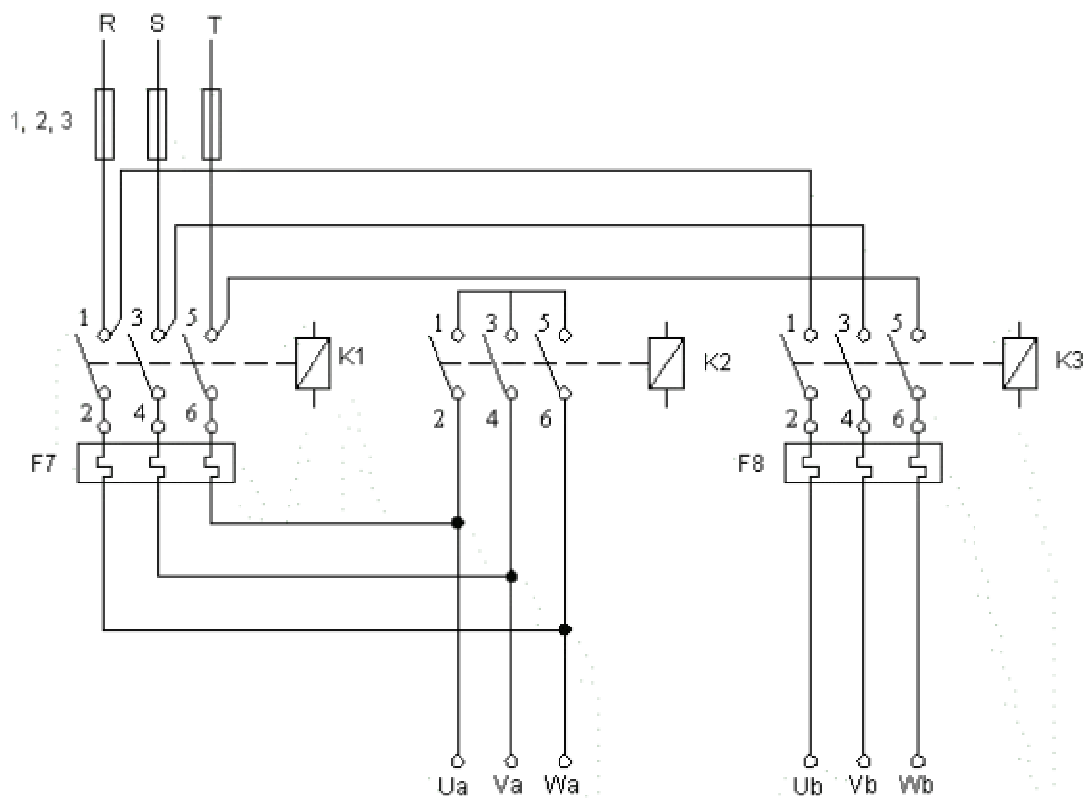
TABELA 6.2. - Escolha do motor levando em conta a velocidade.

	Corrente alternada	Corrente contínua
Velocidade aproximadamente constante, desde a carga zero até a plena carga. Velocidade semi-constante da carga zero até a plena carga	Motor de Indução síncrono	Motor Shunt
	Motor de indução com elevada resistência do rotor	Motor Compound
Velocidade decrescente com o aumento de carga	Motor de indução com a resistência do rotor ajustável	Motor Série

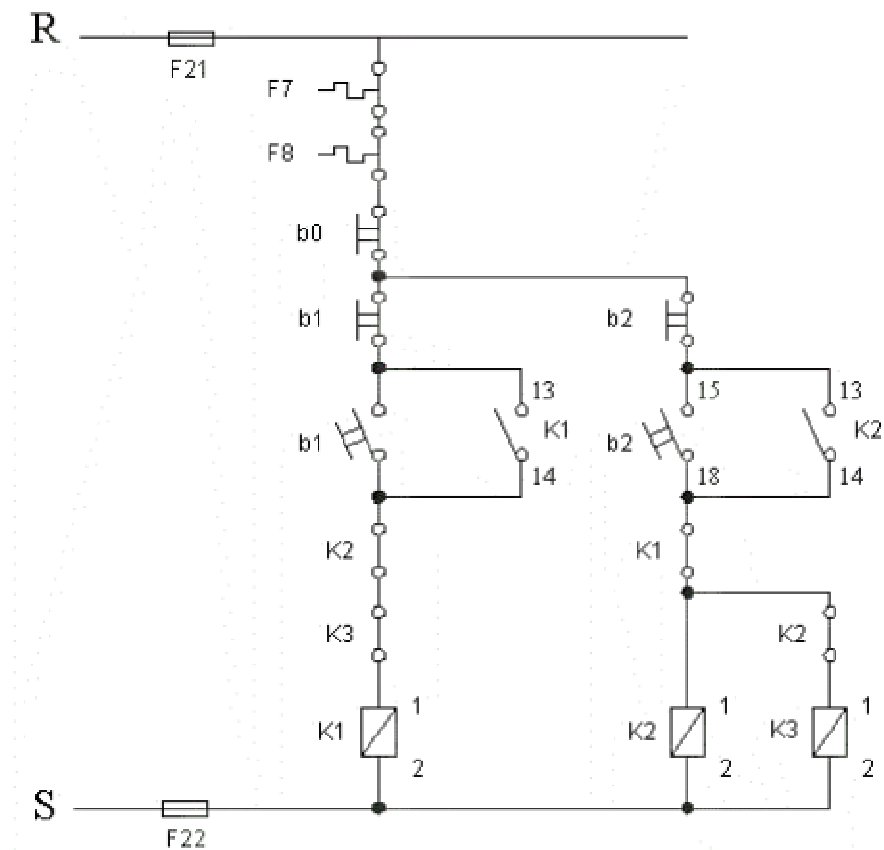
TABELA 6.3 - Características e Aplicações de Vários Tipos de Motor

Tipo	Velocidade	Conjugado de Partida	Emprego
Motor de Indução de Gaiola, Trifásico	Aproximadamente constante	Conjugado baixo, corrente elevada	Bombas, ventiladores, máquinas e ferramentas
Motor de Indução de Gaiola com elevado Deslizamento	Decresce rapidamente com a carga	Conjugado maior do que o do caso anterior	Pequenos guinchos, pontes rolantes, serras etc.
Motor Rotor Bobinado	Com a resistência de partida desligada, semelhante ao primeiro caso. Com a resistência inserida, a velocidade pode ser ajustada a qualquer valor, embora com sacrifício do rendimento.	Conjugado maior do que os dos casos anteriores	Compressores de ar, guinchos, pontes rolantes, elevadores etc.

1. Diagrama Principal



2. Diagrama de Comando



COMANDO AUTOMÁTICO PARA COMPENSADOR COM REVERSÃO

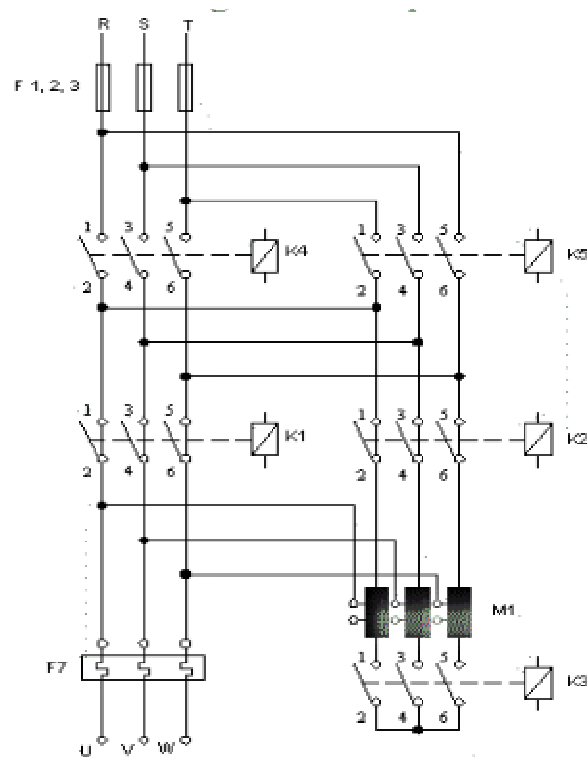
1. Objetivo

- ligação de uma chave compensadora com reversão.

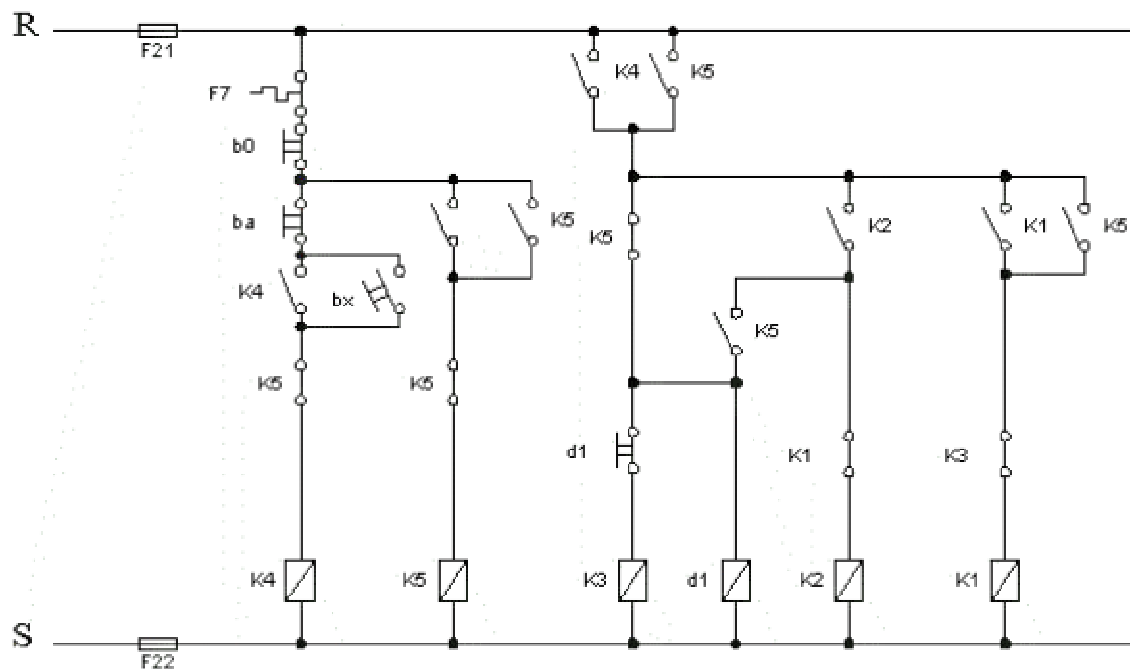
2. Introdução Teórica

Sistema de comando elétrico que permite a partida de motores com tensão reduzida e inversão do sentido de rotação. É utilizado para reduzir o pico da corrente nos motores da partida.

3. Diagrama Principal



4. Diagrama de Comando e Auxiliar



COMANDO AUTOMÁTICO ESTRELA – TRIÂNGULO COM REVERSÃO

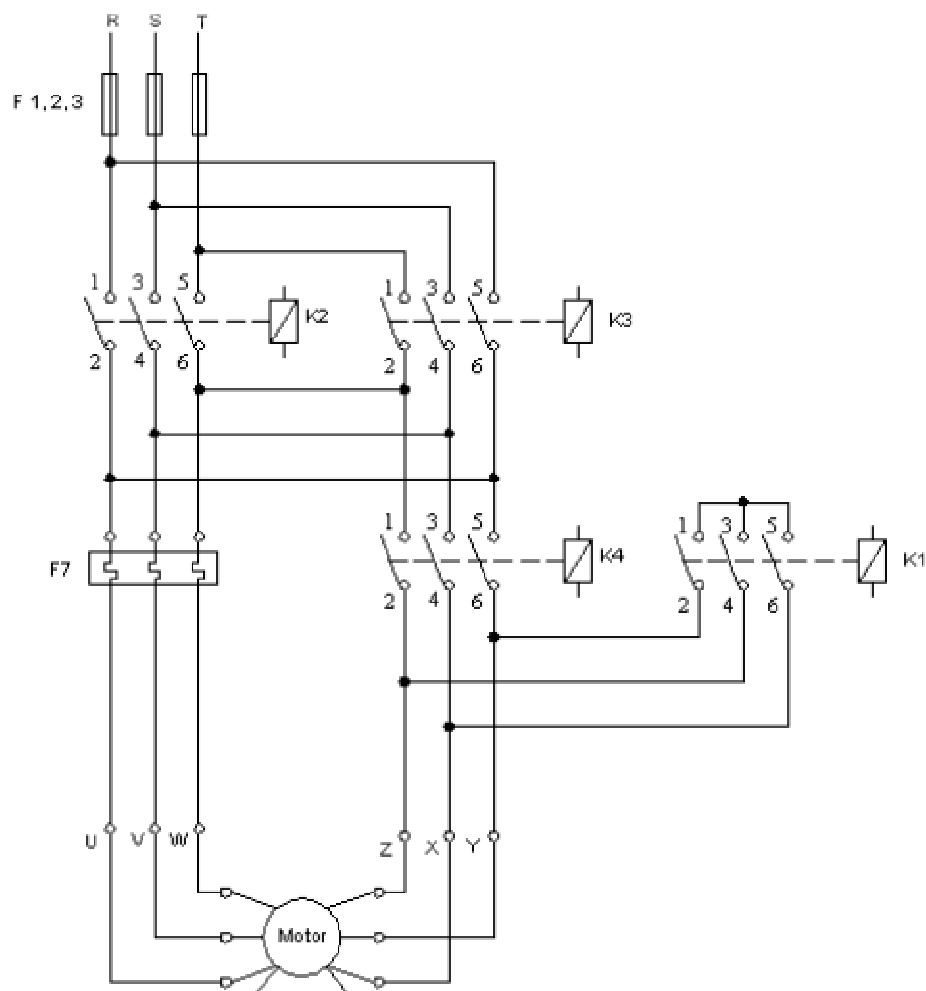
1. Objetivo

- ligação estrela - triângulo com reversão.

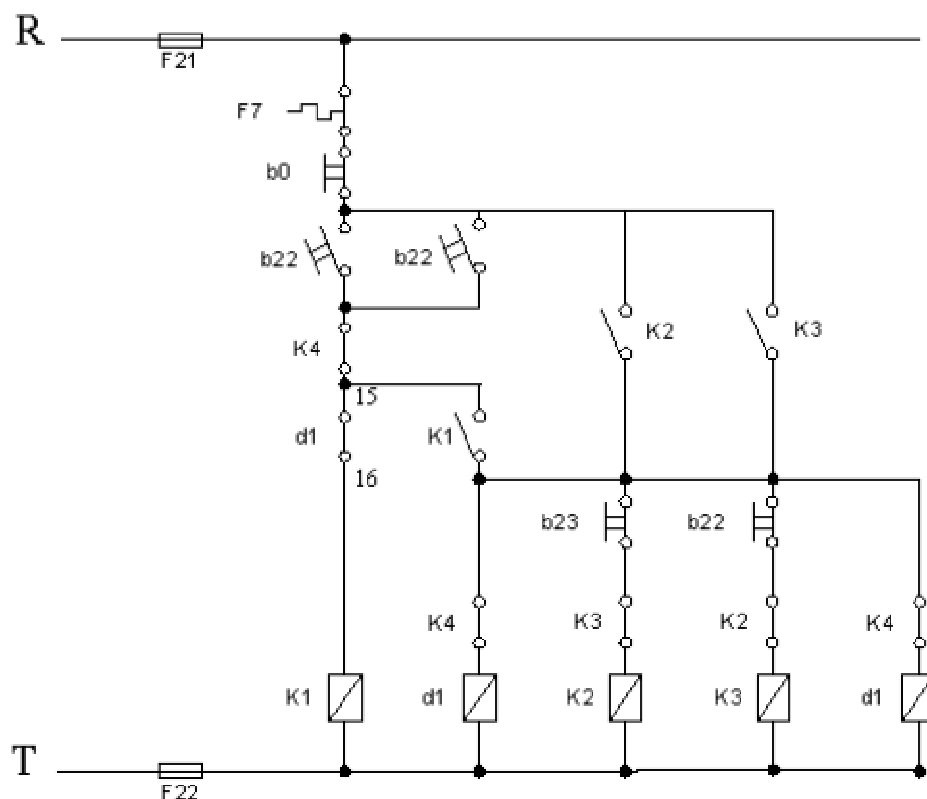
2. Introdução Teórica

Sistema de comando elétrico que possibilite a comutação das ligações estrela para triângulo, permitindo ainda a inversão dos sentidos de rotação do motor.

3. Diagrama Principal



4. Diagrama de Comando e Auxiliar



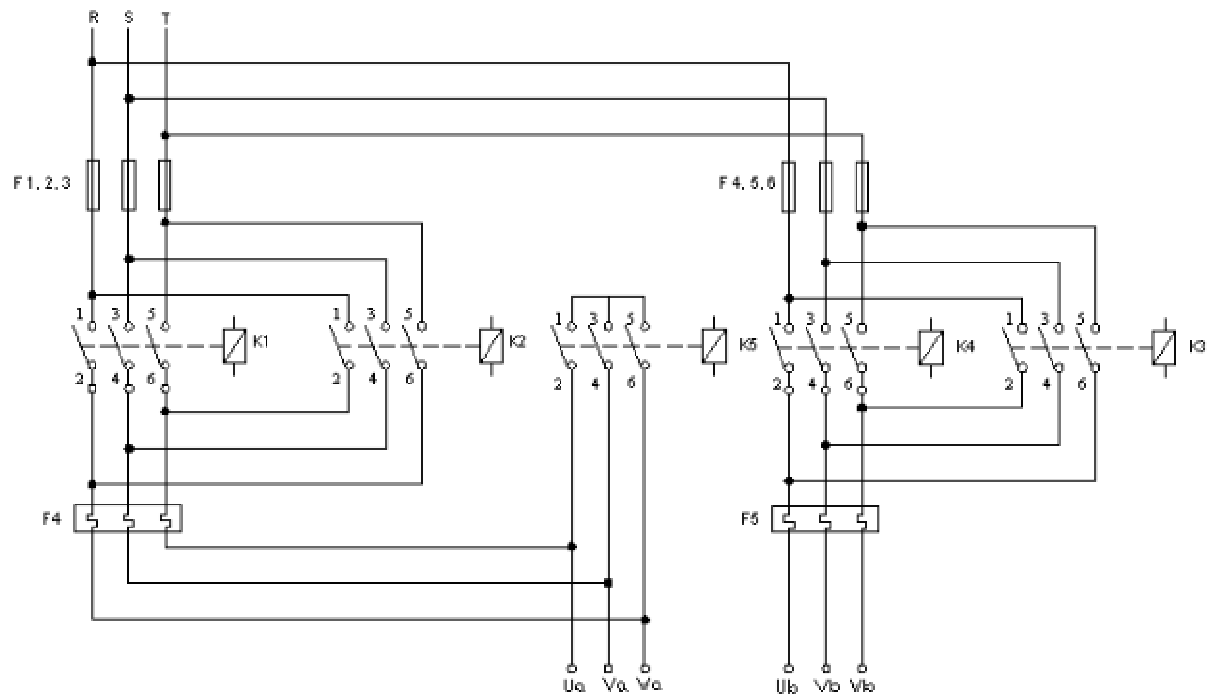
COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES COM REVERSÃO (DAHLANDER)

1. Objetivo
- ligação Dahlander com reversão.

- ## 2. Introdução Teórica

É um sistema de comando elétrico aplicado a um motor com enrolamento único tipo Dahlander. Suas pontas de saída permitem ligação em comum pólos, ou yy com $n/2$ pólos, possibilitando a obtenção de 2 velocidades diferentes, bem como duplo sentido de rotação tanto para V_1 como em V_2 .

3. Diagrama Principal



BIBLIOGRAFIA

SCHMELCHEN, Theodor. *Manual de Baixa tensão: informações técnicas Para aplicação de dispositivos de manobra, comando e proteção*. 1ª edição Siemens S.A. Nobel, São Paulo, 1988.

DAWES, Chester L. *Curso de Eletrotécnica*. 13ª edição. Editora Globo. Porto Alegre, 1976.

WEG, Acionamentos. *Informações Técnicas*. Comando e proteção para motores Elétricos. Jaraguá do Sul, 1990.