



ELETRICIDADE

INSTALAÇÕES INDUSTRIAS

**SENAI-RS – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL**

CONSELHO REGIONAL

Presidente Nato

Francisco Renan O. Proença – Presidente do Sistema FIERGS

Conselheiros Representantes das Atividades Industriais – FIERGS

Titulares

Manfredo Frederico Koehler
Astor Milton Schmitt
Valayr Hélio Wosiack

Suplentes

Deomedes Roque Talini
Arlindo Paludo
Pedro Antonio G. Leivas Leite

Representantes do Ministério da Educação

Titular

Edelbert Krüger

Suplente

Aldo Antonello Rosito

Representantes do Ministério do Trabalho e Emprego

Titular

Neusa Maria de Azevedo

Suplente

Elisete Ramos

Diretor do Departamento Regional do SENAI-RS

José Zortéa

DIRETORIA REGIONAL DO SENAI-RS

José Zortéa – Diretor Regional

Paulo Fernando Presser – Diretor de Educação e Tecnologia

Jorge Solidônio Serpa – Diretor Administrativo-Financeiro



Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Centro de Educação Profissional SENAI de Eletromecânica

MÁRCIO ROGÉRIO BASOTTI

ELETRICIDADE INSTALAÇÕES INDUSTRIAS

Sapucaia do Sul
Julho de 2002

ELETRICIDADE; INSTALAÇÕES INDUSTRIAS

© 2002, SENAI-RS

Trabalho organizado por técnico do Centro de Educação SENAI de Eletromecânica, sob a coordenação e supervisão da Unidade de Negócios em Educação Profissional da Diretoria de Educação e Tecnologia do Departamento Regional do SENAI-RS.

Coordenação Geral	Paulo Fernando Presser	DET
Coordenação Técnica	Jaures de Oliveira	DET/UNEP
Coordenação Local	Paulo Pires da Silva	CEP SENAI de Eletromecânica
Elaboração	Márcio Rogério Basotti	CEP SENAI de Eletromecânica
Revisão lingüística	Regina Maria Recktenwald	consultora
Normalização bibliográfica	Cristiane Mesquita T. Luvizetto	CEP SENAI de Eletromecânica
Reprodução gráfica	CEP SENAI de Artes Gráficas Henrique d'Ávila Bertaso	

B316e BASOTTI, Márcio Rogério. **Eletricidade; instalações industriais.** Sapucaia do Sul, Centro de Educação Profissional SENAI de Eletromecânica, 2001. 124 p.

1. Instalação Industrial.

I. Título

CDU – 621.316.17

SENAI Departamento Regional do Rio Grande do Sul
Av.: Assis Brasil 8787 – Bairro Sarandi
91140-001 – Porto Alegre, RS
Tel.: (0xx51) 33478697 Fax.: (0XX51) 3347-8813 e-mail: unep@dr.rs.senai.br

SENAI – Instituição mantida e administrada pela indústria

A reprodução total ou parcial desta publicação por quaisquer meios, seja eletrônico, mecânico, fotocópia de gravação ou outros, somente será permitida com prévia autorização, por escrito, deste Departamento Regional.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 MOTORES ELÉTRICOS MONOFÁSICOS (FASE AUXILIAR)	11
2 MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS	13
2.1 MOTOR TRIFÁSICO DE MÚLTIPLA VELOCIDADE	13
2.1.1 Motor de enrolamentos separados	13
2.1.2 Motor Dahlander	14
2.1.3 Motor de tripla velocidade	15
2.2 MOTOR DE ANÉIS	16
3 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E MECÂNICAS DOS MOTORES TRIFÁSICOS	19
3.1 TENSÃO DE FUNCIONAMENTO	19
3.1.1 Ligação estrela-triângulo	19
3.1.2 Ligação série-paralelo	20
3.2 CORRENTES DO MOTOR TRIFÁSICO	21
3.2.1 Corrente nominal (I_n)	21
3.2.2 Corrente de partida (I_p/I_n)	21
3.3 ROTAÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO	22
3.3.1 Invertendo a rotação	22
3.3.2 Determinando a rotação (rpm)	22
3.3.3 Velocidade síncrona (n_s)	22
3.3.4 Velocidade assíncrona (n)	22
3.3.5 Escorregamento (s)	22
3.4 TORQUE	23
3.5 POTÊNCIA MECÂNICA	24
3.6 POTÊNCIA ELÉTRICA	24
3.7 RENDIMENTO (η)	25
3.8 FATOR DE SERVIÇO	26
3.9 REGIME DE SERVIÇO	26
3.10 CLASSE DE ISOLAMENTO	27

3.11 GRAU DE PROTEÇÃO (IP)	27
3.12 CATEGORIA	28
3.13 TOLERÂNCIAS	29
14 ESQUEMAS DE LIGAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS	30
4 SISTEMA DE PARTIDA	33
4.1 PARTIDA DIRETA	33
4.2 PARTIDA INDIRETA	33
4.2.1 Partida compensadora	34
4.2.2 Partida série- paralelo	36
4.2.3 Partida estrela-triângulo	36
4.2.4 Soft-starter (partida suave)	37
5 REDES ELÉTRICAS	39
5.1 REDES ÁEREAS	39
5.2 ELETROCALHA (BUS-WAY)	39
5.3 ELETROCALHAS E LEITOS PARA CABOS	43
6 COMPONENTES ELÉTRICOS INDUSTRIAS	45
6.1 TOMADA INDUSTRIAL	45
6.2 CHAVES MANUAIS	46
6.3 DISJUNTOR MOTOR	46
6.4 BOTOEIRAS, PEDALEIRAS E FIM DE CURSOS	47
6.5 SINALIZADORES	49
6.6 SENsoRES	49
6.7 CONTATOR	51
6.8 RELÉ TÉRMICO DE SOBRECARGA	53
6.9 TEMPORIZADORES	55
6.10 RELÉ FALTA DE FASE	57
6.11 AUTO-TRANSFORMADOR DE PARTIDA TRIFÁSICO	57
6.12 INTEGRAL	58
6.13 INVERSOR DE FREQUÊNCIA	59
6.14 CONECTORES SAK	60
6.15 CANALETAS PARA QUADRO DE COMANDO	61
6.16 TERMINAIS	62
6.17 IDENTIFICADORES	62
6.18 ACESSÓRIOS PARA CABLEAMENTO	63
6.19 ARMÁRIOS PARA QUADROS DE COMANDO	63
6.20 FUSÍVEIS	64
6.20.1 Fusível Diazed	65
6.20.2 Fusível NH	66

6.20.3 Dimensionando um fusível	66
6.21 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)	68
6.22 TRANSFORMADOR DE COMANDO	70
7 MBOLOGIA	71
8 SISTEMAS DE PARTIDA PARA MOTORES TRIFÁSICOS – ESQUEMAS	73
8.1 PARTIDAS MANUAIS	73
8.1.1 Partida direta	73
8.1.2 Partida estrela-triângulo	74
8.1.3 Partida série-paralelo	74
8.1.4 Partida compensada	75
8.1.5 Partida de motores de múltiplas velocidades	76
8.2 PARTIDAS AUTOMÁTICAS	78
8.2.1 Partida direta	78
8.2.2 Partida estrela-triângulo	80
8.2.3 Partida série-paralelo	82
8.2.4 Partida compensada	86
8.2.5 Partida de motor de múltiplas velocidades	88
8.2.6 Partida de motor de anéis (rotor bobinado)	92
8.2.7 Frenagens para motores elétricos	93
9 INFORMAÇÕES ÚTEIS	97
9.1 NORMAS TÉCNICAS	97
9.2 CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE MOTORES ELÉTRICOS ..	99
9.3 LIMITES DOS SISTEMAS DE PARTIDAS	105
9.4 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE DE CONDUTORES ..	106
ANEXO	
EXERCÍCIOS – EXEMPLOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAS ..	107
ANOTAÇÕES	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

INTRODUÇÃO

Conhecer como se liga um motor trifásico não consiste simplesmente em conectá-lo a rede elétrica. É também ter noções das características internas de cada tipo de motor, saber as normas que auxiliam o bom funcionamento de todo conjunto e dão segurança, as determinações da concessionária de energia elétrica local, enfim, uma série de coisas que farão o sucesso de todo o sistema.

Da mesma forma, os circuitos que comandarão os motores precisam ser de conhecimento bem destacado, pois caso contrário, pequenos detalhes podem gerar uma série de problemas em efeito cascata que poderão resultar em grandes prejuízos.

O eletricista industrial deve conhecer todos estes aspectos, saber efetuar instalações onde a imaginação e a criatividade são de fundamental importância, assim como indicar a aplicação correta de cada caso.

O objetivo deste manual é trazer subsídio àqueles que estão iniciando nas atividades de instalações elétricas industriais, tendo nesse momento o auxílio do professor, e servir de consulta e apoio àqueles que já dominam a área.

Serão tratadas as principais características dos diversos tipos de motores elétricos monofásicos e trifásicos, a forma de ligação de cada tipo específico, a maioria dos componentes que são empregados na montagem de quadros de comando, os circuitos manuais e automáticos básicos para comandos em geral, dimensionamento de componentes, sendo seguido por alguns exemplos práticos de máquinas e circuitos automatizados que se utilizam exatamente desses sistemas, de forma a ampliar e auxiliar o aprendizado.

É muito importante salientar ainda que o bom aprendizado exige dedicação, participação e persistência, seguida da experiência que se adquire ao longo do tempo e não pode ser mostrada em nenhum livro.

1 MOTORES ELÉTRICOS MONOFÁSICOS (FASE AUXILIAR)

Os motores monofásicos de fase auxiliar são um dos vários tipos de motores monofásicos existentes. Utilizados principalmente em máquinas como motobombas, compressores, furadeiras, serras, cortadores de grama etc., são, em geral, máquinas de pequeno porte, já que são fabricados normalmente em potências de até 2 cv. É raro serem encontrados acima desta potência, pois a utilização de motores trifásicos fica economicamente mais viável.

O estator desses motores é constituído resumidamente por dois bobinados, chamados bobinado principal (ou de trabalho) e bobinado auxiliar (ou de partida; arranque). Na partida do motor, os dois bobinados ficam energizados; tão logo o rotor atinja sua velocidade, o bobinado de arranque é desligado, permanecendo em funcionamento somente as bobinas de trabalho.

A bobina de arranque do motor possui ligado em série consigo um capacitor e um interruptor automático (e é normalmente feita com fio mais fino). O interruptor automático (na maioria dos motores formado por um interruptor centrífugo associado a um platinado, embora não seja o único modelo existente) desliga a bobina de arranque após a partida do motor. Já o capacitor faz com que surja no interior do motor um campo magnético girante, que impulsionará o motor a partir.

Para que possa funcionar em duas tensões diferentes (110 ou 220 V), a bobina de trabalho desses motores é dividida em duas, tendo a possibilidade de as partes serem conectadas em série ou em paralelo, de acordo com a tensão da rede elétrica. Cada parte deve receber no máximo 110 V, que corresponde à menor tensão de funcionamento do motor (Figura 3). A inversão da rotação é feita invertendo-se o sentido da corrente na bobina auxiliar, ou seja, troca-se o terminal 5 pelo 6.



Fonte: <http://www.eberle.com.br/imagens/m3.gif>

10/04/2002

Figura 1 – Motor monofásico de fase auxiliar

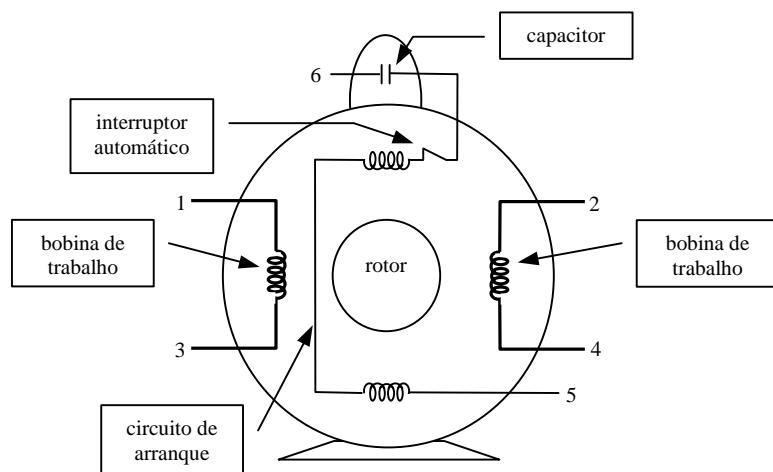


Figura 2 – Motor monofásico de fase auxiliar 2 pólos

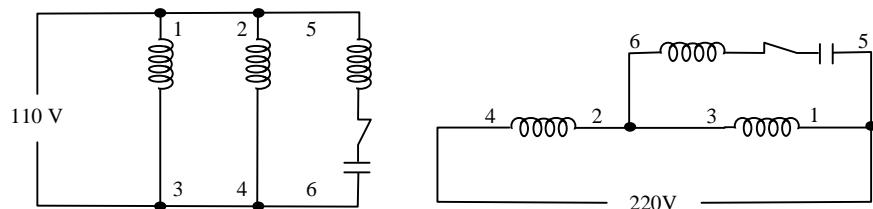
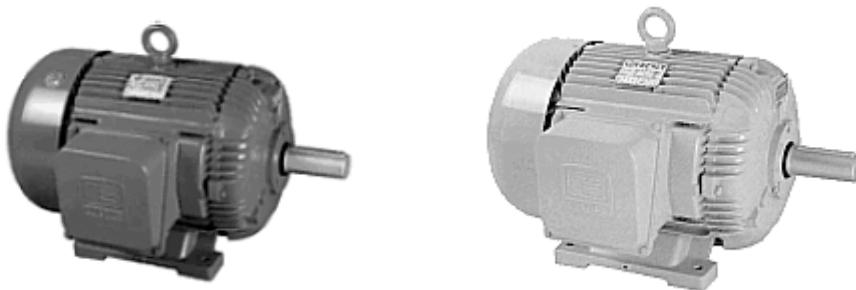


Figura 3 – Ligações do motor monofásico de fase auxiliar para 110 e 220 V

2 MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS

São máquinas que produzem energia mecânica a partir de energia elétrica. Esses motores são alimentados por redes trifásicas, daí seu nome, tendo vários tipos e formas de ligações.

Os motores elétricos trifásicos são os mais utilizados na indústria, por terem o melhor custo benefício na comparação com os demais (evidentemente que nas aplicações compatíveis).



Fonte: <http://www.eberle.com.br/imagens/m1.gif>

10/04/2002

Figura 4 – Motores elétricos trifásicos

2.1 MOTOR TRIFÁSICO DE MÚLTIPLAS VELOCIDADES

Este tipo de motor proporciona velocidades diferentes em um mesmo eixo. Na grande maioria, são para apenas um valor de tensão, pois as religações disponíveis geralmente permitem apenas a troca das velocidades. A potência e a corrente para cada rotação são diferentes. Existem basicamente dois tipos: motor de enrolamentos separados e motor tipo Dahlander.

2.1.1 Motor de enrolamentos separados

Baseado em que a rotação de um motor elétrico (rotor gaiola) depende do número de pólos magnéticos formados internamente em seu estator, este tipo de motor possui na mesma carcaça dois enrolamentos independentes e bobinados com

números de pólos diferentes. Ao alimentar um ou outro, se terá duas rotações, uma chamada baixa e outra, alta.

As rotações dependerão dos dados construtivos do motor, não havendo relação obrigatória entre baixa e alta velocidade. Exemplos: 6/4 pólos (1200 /1800 rpm); 12/4 pólos (600/1800 rpm), etc.

Atenção: Ao alimentar uma das rotações, deve-se ter o cuidado de que a outra esteja completamente desligada, isolada e com o circuito aberto, pelos seguintes motivos:

- não há possibilidade de o motor girar em duas rotações simultaneamente;
- nos terminais não conectados à rede haverá tensão induzida gerada pela bobina que está conectada (neste sistema tem-se construído basicamente um transformador trifásico);
- caso circule corrente no enrolamento que não está sendo alimentado surgirá um campo magnético que interferirá com o campo do enrolamento alimentado;
- não é interessante que circule corrente no bobinado que não está sendo utilizado, tanto por questões técnicas como econômicas (consumo de energia).

Essas são as razões pela quais os enrolamentos destes motores são fechados internamente em estrela (Y).

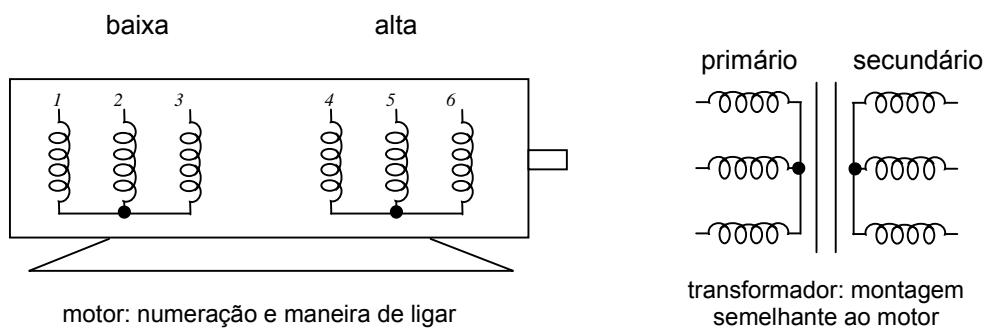


Figura 5 – Comparação de um motor dupla velocidade com um transformador trifásico

2.1.2 Motor Dahlander

É um motor com enrolamento especial que pode receber dois fechamentos diferentes, de forma a alterar a quantidade de pólos, proporcionando, assim, duas velocidades distintas, mas sempre com relação 1:2.

Exemplos: 4/2 pólos (1800/3600 rpm); 8/4 (900/1800 rpm).

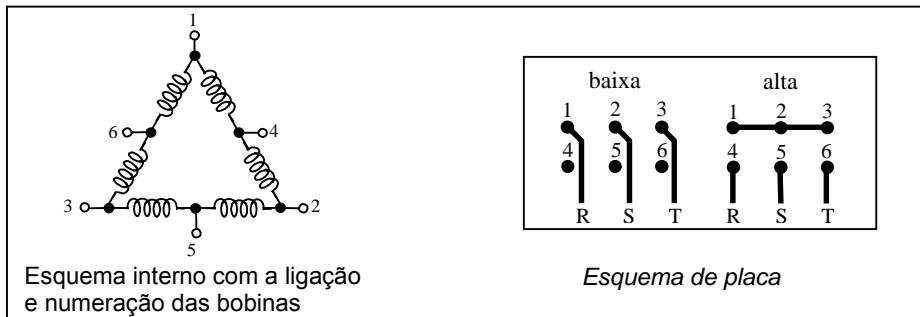
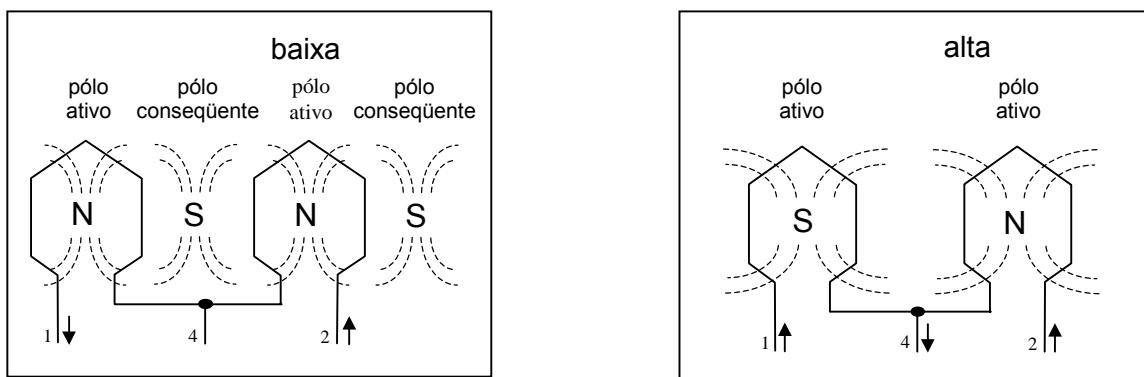


Figura 6 – Bobinas e esquemas de ligação de um motor Dahlander



Comportamento do campo magnético de um motor 2/4 pólos fechado para baixa rotação.

Comportamento do campo magnético de um motor 2/4 pólos fechado para alta rotação.

Figura 7 – Polaridade do motor Dahlander

Atenção: A quantidade de pólos de um motor é por fase.

2.1.3 Motor de tripla velocidade

Um motor de três velocidades pode ser construído basicamente de duas formas: três enrolamentos separados ou um enrolamento comum com um Dahlander.

É de extrema importância que o enrolamento Dahlander possa ser aberto no segundo caso, pois, caso contrário, surgirão correntes induzidas quando alimentado o enrolamento comum, que influenciarão no funcionamento do motor. Portanto, elas não podem existir. A razão para serem evitadas é que nesses motores tem-se exatamente o sistema de um transformador trifásico.

Os motores com três enrolamentos preferencialmente são fechados em estrela para evitar os mesmos problemas. Caso necessitem da ligação triângulo, é obrigatória a possibilidade de interrompê-la quando não estiver sendo alimentada.

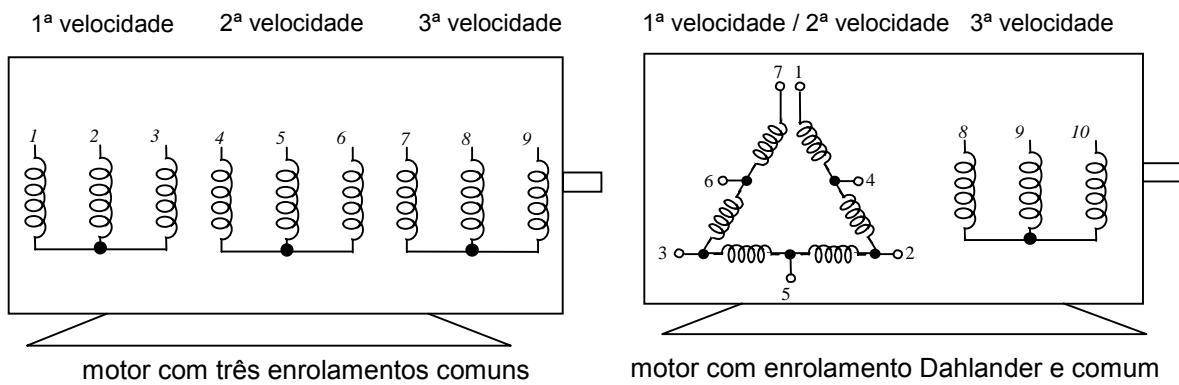


Figura 8 – Motores de três velocidades

2.2 MOTOR DE ANÉIS

O motor de anéis tem um rotor que não está fechado em curto-circuito. Nele o rotor é bobinado e os terminais estão acessíveis externamente através de anéis coletores e escovas (carvão).

Através das escovas (carvão), é inserida resistência ao circuito do rotor no instante da partida, que é diminuída aos poucos, conforme o motor vai atingindo velocidade, até que chegue a zero (curto). Neste momento, o comportamento é exatamente igual a um motor tipo gaiola.

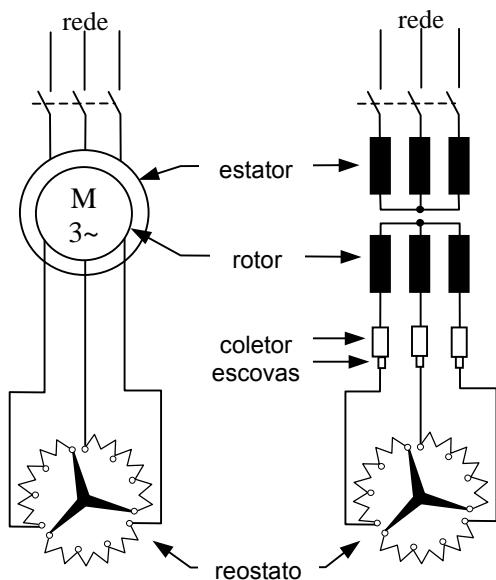


Figura 9 – Esquematização da ligação de um motor de rotor bobinado

Como todo motor de indução forma basicamente um transformador, onde o estator é o primário e o rotor o secundário, e neste tipo específico o rotor não está em curto-circuito, não há grande pico de corrente na partida do motor de anéis. A corrente de partida e a corrente nominal têm basicamente o mesmo valor se o motor parte sem carga. Evidentemente, quando parte com carga, há um aumento da corrente de partida, mas esta é muito baixa ($I_p/I_n \approx 2,5$) se comparada com motores de rotor em curto.

Esse tipo de motor é indicado para partidas com carga, devido ao grande conjugado de partida. Pode ser usado também em máquinas que necessitam de controle de rotação, pois, conforme se retira ou insere resistência ao rotor, sua velocidade varia. Nesta situação deve-se compensar a carga no motor para evitar o sobreaquecimento, já que a auto-refrigeração (ventoinha) diminui.

O valor das resistências de partida, bem como suas potências, devem ser dimensionados especificamente para cada motor conforme as necessidades de torque na partida. Na placa de identificação pode-se ver a tensão e a corrente do rotor, valores que servirão de bases para cálculos.

O comando dos circuitos para a instalação desses motores deve ser projetado para que o motor não dê partida se as resistências não estiverem na posição exata (máxima resistência), para evitar o uso incorreto.

Estes motores são mais caros que os de rotor em curto, e exigem maiores cuidados de manutenção. Os inversores de freqüência e os *soft-starters* têm tomado o mercado deles.

3 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E MECÂNICAS DOS MOTORES TRIFÁSICOS

Um motor elétrico é acompanhado de uma placa de identificação onde são informados suas principais características. Outras precisam ser obtidas com o fabricante através de catálogos ou consultas diretas. Destacam-se nas características dos motores elétricos trifásicos:

3.1 TENSÃO DE FUNCIONAMENTO

A grande maioria dos motores elétricos são fornecidos com os terminais religáveis, de modo que possam funcionar ao menos em dois tipos de tensões.

No presente capítulo descrevem-se os principais tipos de relações.

3.1.1 Ligação estrela-triângulo

Este tipo de ligação exige seis terminais do motor, e serve para quaisquer tensões nominais duplas, desde que a segunda seja igual à primeira multiplicada por $\sqrt{3}$.

(Exemplos: 220/380 V - 380/660 V - 440/760 V)

Nota: Uma tensão acima de 600 V não é considerada baixa tensão; está na faixa de alta tensão, onde as normas são outras. Nos exemplos 380/660 V e 440/760 V a tensão maior declarada serve somente para indicar que o motor pode ser ligado em estrela-triângulo, pois não existem linhas nesses valores.

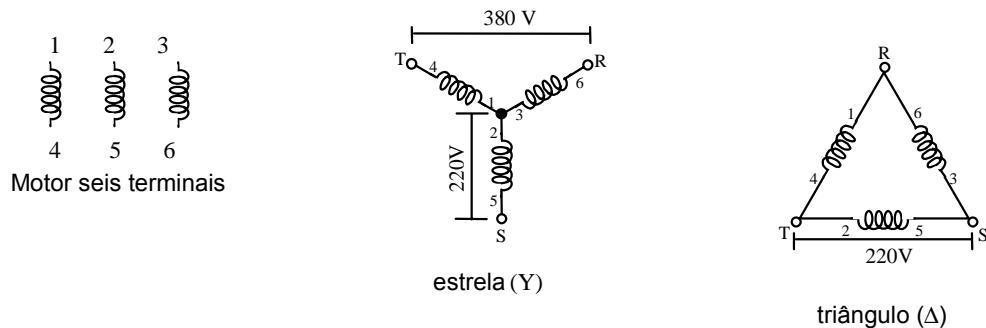


Figura 10 – Bobinas e ligações de um motor trifásico de seis terminais

3.1.2 Ligação série-paralelo

Este tipo de ligação exige nove terminais no motor, e é usado com tensões nominais duplas, sendo a segunda o dobro da primeira.

Existem basicamente dois tipos de religações para estes motores: estrela / duplo-estrela e triângulo / duplo-triângulo.

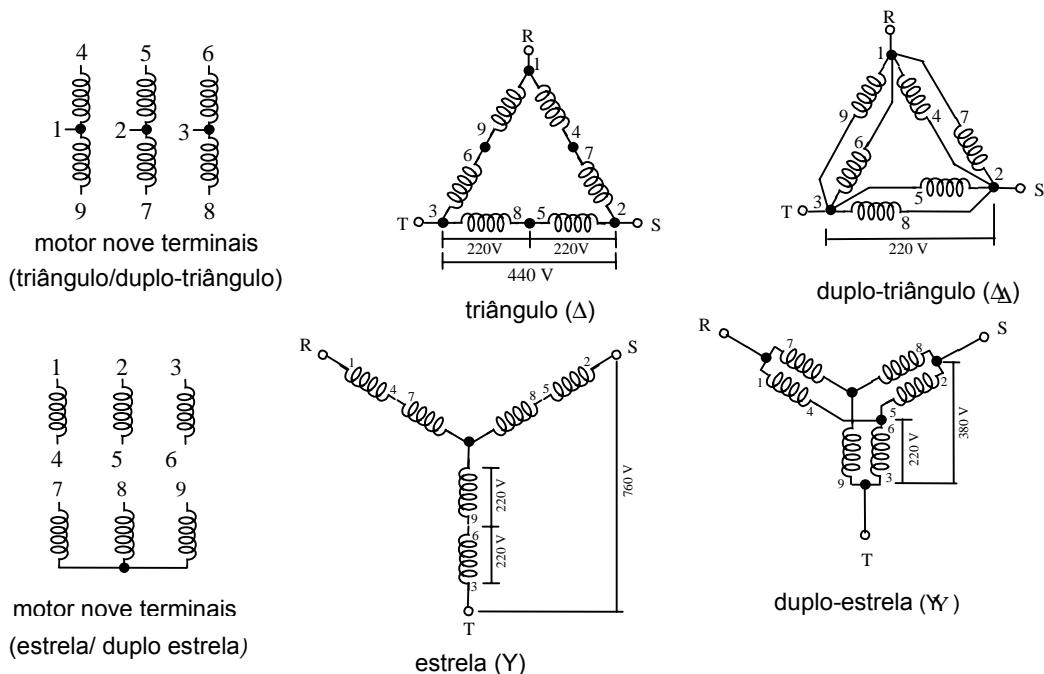


Figura 11 – Bobinas e ligações de um motor trifásico de nove terminais

Os motores de doze terminais não possuem ligações internas entre bobinas, o que possibilita os quatro tipos de religação externamente no motor. As possíveis são 220, 380, 440 e 760*V (*somente para partida).

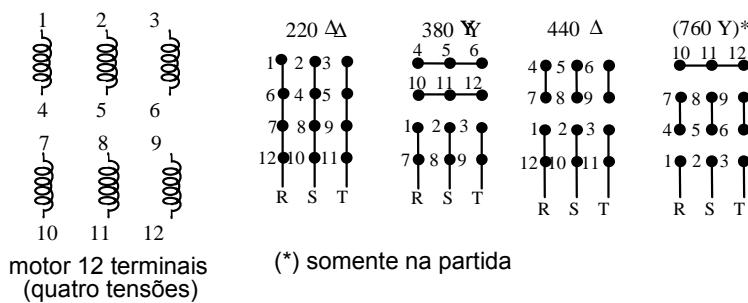


Figura 12 – Bobinas e ligações de um motor trifásico de doze terminais

3.2 CORRENTES NO MOTOR TRIFÁSICO

O motor trifásico é um consumidor de carga elétrica equilibrada. Isto significa que todas as suas bobinas são iguais, ou seja, têm a mesma potência, são para mesma tensão e, consequentemente, consomem a mesma corrente. Logo, as correntes medidas nas três fases sempre terão o mesmo valor.

Internamente as correntes nas bobinas de um mesmo motor sempre serão iguais, independentemente para qual tensão este for conectado. Já na rede (externamente, nos terminais de alimentação) os valores serão diferentes para cada tensão.

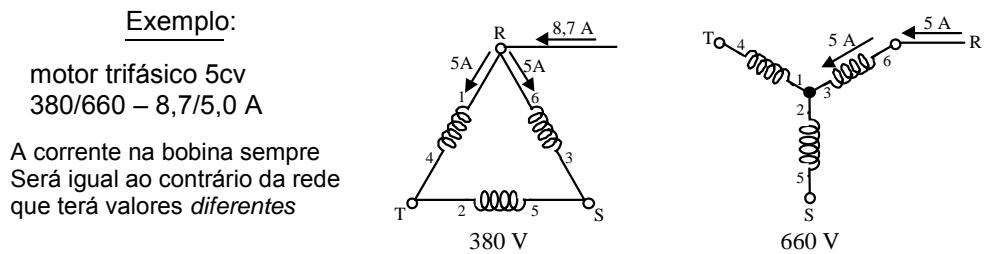


Figura 13 – Comportamento da corrente nas ligações estrela e triângulo

3.2.1 Corrente nominal (In)

A corrente nominal é lida na placa de identificação do motor, ou seja, aquela que o motor absorve da rede quando funcionando à potência nominal, sob tensão e freqüência nominais.

Quando houver mais de um valor na placa de identificação, cada um refere-se a tensão ou a velocidade diferente.

3.2.2 Corrente de partida (Ip/In)

Os motores elétricos solicitam da rede de alimentação, durante a partida, uma corrente de valor elevado, da ordem de 6 a 10 vezes a corrente nominal. Este valor depende das características construtivas do motor e não da carga acionada. A carga influencia apenas no tempo durante o qual a corrente de acionamento circula no motor e na rede de alimentação (tempo de aceleração do motor).

A corrente é representada na placa de identificação pela sigla Ip/In (corrente de partida / corrente nominal).

Atenção: Não se deve confundir com a sigla IP , que significa *grau de proteção*.

3.3 ROTAÇÃO DO MOTOR TRIFÁSICO

3.3.1 Invertendo a rotação

Em qualquer motor trifásico, a inversão do sentido de rotação é feita trocando-se na “alimentação” duas fases quaisquer entre si (uma permanece inalterada), diferentemente dos motores monofásicos de fase auxiliar, onde é trocada a ligação do motor (5 por 6).

3.3.2 Determinando a rotação (rpm)

A rotação de um motor elétrico trifásico (rotor tipo gaiola) é determinada pelo número de pólos do motor e pela freqüência da rede elétrica. A tensão elétrica não influencia na rotação (a menos que se aplique tensão muito inferior à nominal, o que refletirá na potência e no torque do motor, neste caso podendo até queimá-lo).

Atenção: A quantidade de pólos de um motor é por fase.

3.3.3 Velocidade síncrona (ns)

É a velocidade do campo magnético girante formado internamente no motor. Através dela pode-se saber o valor da rotação do motor.

A equação que determina a rpm (rotações por minuto) é:

$$ns = \frac{2 \cdot 60 \cdot f}{p}$$

Onde: ns = velocidade síncrona em rpm
f = freqüência da rede em Hz
p = número de pólos.

Exemplo: Em um motor de 2 pólos em rede de 60 Hz a rotação será de 3600 rpm.

3.3.4 Velocidade assíncrona (n)

Um pouco inferior à velocidade síncrona, a velocidade assíncrona é a rotação medida no eixo do motor. Em síntese, é a verdadeira rotação do motor, descontado-se as perdas; daí o nome de motor assíncrono (em português assíncrono significa fora de sincronismo, no caso entre a velocidade do campo magnético e a do eixo do motor). O valor lido na placa dos motores, portanto valor nominal, é o valor da velocidade assíncrona.

3.3.5 Escorregamento (s)

É a diferença entre a velocidade do campo magnético (velocidade síncrona) e a rotação do motor, sendo também chamado de *deslizamento*.

O escorregamento de um motor normalmente varia em função da carga: quando a carga for zero (motor em vazio) o escorregamento será praticamente nulo; quando for a nominal, o escorregamento também será o nominal.

O escorregamento pode ser dado em rpm ou em %. *Exemplo:* motor de quatro pólos – 60 Hz - 1746 rpm. O escorregamento é de 54 rpm ou 3% ($n_s = 1800$ rpm).

Na placa de identificação geralmente é informada a rpm nominal (a plena carga) e não o escorregamento do motor, havendo necessidade de calculá-lo caso interesse.

3.4 TORQUE

Torque é a medida do esforço necessário para se girar um eixo. Freqüentemente é confundido com “força”, que é um dos componentes do torque. É o produto da distância e da força, também conhecido por conjugado, momento, par e binário.

$$T = F \times d \quad \text{Onde:} \quad T = \text{Torque em mkgf}$$

$$F = \text{Força em kgf}$$

$$d = \text{distância em m}$$

Quando se coloca uma carga a ser movimentada por um motor, a força que ele pode fazer estará ligada diretamente ao comprimento da alavanca a partir do centro do eixo. Logo, não se pode determinar um valor fixo para a força de um motor.

Quando se especifica a força relacionando-a com o comprimento da alavanca, ou seja, determina o torque deste motor, é possível saber qual a carga máxima que este poderá açãoar para cada alavanca construída.

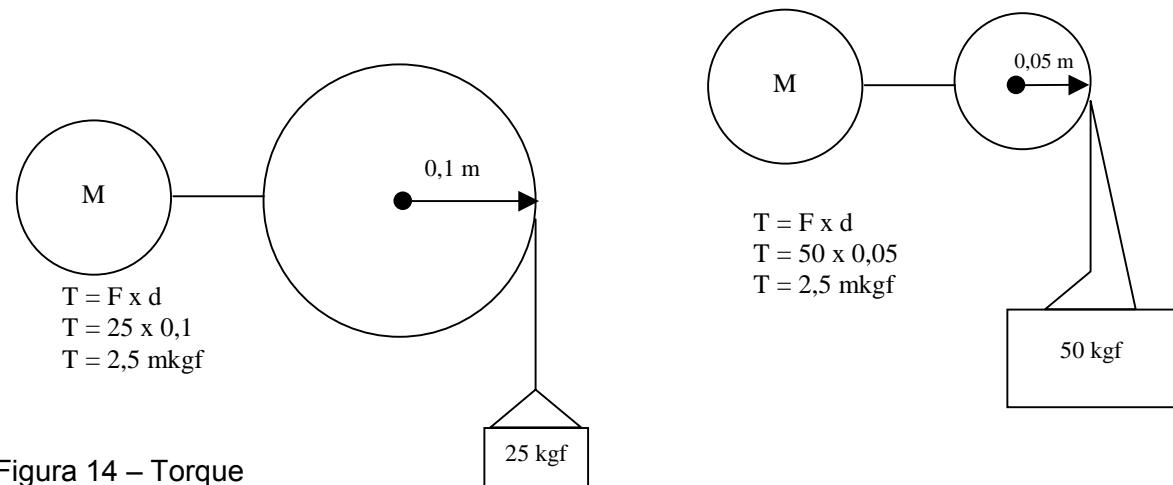


Figura 14 – Torque

O mesmo motor pode erguer cargas muito diferentes dependendo da alavanca do sistema. Porém, deve-se observar que o torque do motor não seja ultrapassado.

3.5 POTÊNCIA MECÂNICA

A potência mede a rapidez com que a energia é aplicada ou consumida. Para levantar uma carga de 45 kgf a uma altura de 100 m, a energia necessária será de:

$$E = 45 \text{ kgf} \times 100 \text{ m} = 4500 \text{ kgfm}$$

Quando se usa um motor elétrico capaz de erguer esta carga em 30 segundos, a potência necessária será de:

$$P = 4500 \text{ kgfm} / 30 \text{ s} = 150 \text{ kgfm/s}$$

A unidade mais usual para potência é o cv (cavalo-vapor), equivalente a 75 kgfm/s. Assim, a potência do motor acima será:

$$P = \frac{150}{75} = 2 \text{ cv}$$

Observação: A unidade de medida de energia mecânica, kgfm, é a mesma usada para conjugado, mas trata-se de grandezas de diferente natureza que não devem ser confundidas, pelo que se costuma representá-las invertidas: conjugado: mkgf e energia mecânica: kgfm.

3.6 POTÊNCIA ELÉTRICA

A potência elétrica absorvida por uma carga monofásica resistiva é calculada multiplicando-se a tensão pela corrente ($P = U \times I$).

Em um sistema trifásico, a potência em cada fase será dada da mesma forma ($P_f = U_f \times I_f$), como se tivesse um sistema monofásico independente. A potência total será a soma das três fases ($P = 3P_f = 3 \times U_f \times I_f$), tanto no circuito estrela como no triângulo.

O mais comum quando se fala de circuitos trifásicos é usar os valores de linha, e não os de fase como feito anteriormente. Sabendo, então, que em um circuito triângulo $U_f = U_l$ e $I_l = I_f \times \sqrt{3}$, em um circuito estrela a $I_l = I_f$ e $U_l = U_f \times \sqrt{3}$ e que $\sqrt{3} \times \sqrt{3} = 3$, tem-se em qualquer caso:

$$P = U_f \times I_f \times 3 \rightarrow P = U_f \times \sqrt{3} \times I_f \times \sqrt{3} \rightarrow P = U_l \times I_l \times \sqrt{3} \rightarrow P = U_l \times I_l \times \sqrt{3}$$

Esta expressão é válida para circuitos formados por resistências. Em circuitos reativos, como nos motores (reatância indutiva - XI), onde existe defasagem, esta deve ser levada em conta, ficando a expressão assim:

$$P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi$$

Onde: P = potência em Watts (W)

U = tensão de linha em Volts (V)

I = corrente de linha em Ampères (A)

$\cos\phi$ = cosseno do ângulo de defasagem entre U e I

Para expressar a potência elétrica em cv (cavalo-vapor) ou HP (Horse-Power), a relação é: 1 cv \cong 736 W; 1 HP \cong 746 W.

Observações: – esta expressão é para cargas trifásicas equilibradas;

– $\cos\phi$ é o F.P. (fator de potência);

– na placa dos motores está impressa a potência mecânica (no eixo).

3.7 RENDIMENTO (η)

A energia elétrica absorvida da rede por um motor elétrico é transformada em energia mecânica disponível no eixo. A potência ativa fornecida pela rede não será cedida na totalidade como sendo potência mecânica no eixo do motor.

A potência cedida sofre uma diminuição relativa as perdas que ocorrem no motor. O rendimento define a eficiência desta transformação sendo expresso por um número (<1) ou em percentagem.

$$\eta = \frac{P_{\text{fornecida (mecânica)}}}{P_{\text{solicitada (elétrica)}}}$$

A potência fornecida (disponível no eixo) é calculada por: $P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi \times \eta$

A potência recebida (rede) é calculada por: $P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi$

Exemplo 1: Qual é a potência fornecida por um motor trifásico, com rendimento de 90%, que recebe uma potência de 15,5 kW?

$$P = 15,5 \text{ kW} \times 0,90$$

$$P = 13,95 \text{ kW}$$

Exemplo 2: Qual é o rendimento de um motor trifásico em plena carga que tem os seguintes dados de placa: $P = 5,4 \text{ kW}$; $U = 380 \text{ V}$; $I = 9,5 \text{ A}$; $\text{F.P.} = 0,92$?

$$P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi \times \eta$$

$$5,4 \text{ kW} = 380 \text{ V} \times 9,5 \text{ A} \times \sqrt{3} \times 0,92 \times \eta$$

$$\eta \cong 0,94 \text{ ou } 94\%$$

3.8 FATOR DE SERVIÇO

Fator de serviço é um multiplicador que, quando aplicado à potência nominal do motor elétrico, indica a carga que pode ser acionada continuamente sob tensão e freqüência nominais e com limite de elevação de temperatura do enrolamento.

Os valores de rendimento (η), fator de potência (FP) e velocidade podem diferir dos valores nominais, mas o conjugado, a corrente de rotor bloqueado e o conjugado máximo (Cmáx) permanecem inalterados.

A utilização do fator de serviço implica uma vida útil inferior àquela do motor com carga nominal. O fator de serviço não deve ser confundido com a capacidade de *sobre carga momentânea* que o motor pode suportar. Para este caso, o valor é geralmente de até 60% da carga nominal durante 15 segundos.

Exemplo 1: motor 5 cv e FS 1,10

Carga máxima admissível no eixo = $5 \text{ cv} \times 1,10 = 5,5 \text{ cv}$

Exemplo 2: motor In 8,7A e FS 1,15

Corrente máxima admissível = $8,7 \text{ A} \times 1,15 = 10,005 \text{ A}$

Exemplo 3: motor com In 12,4A e FS 1,00

Corrente máxima admissível = $12,4 \text{ A} \times 1,00 = 12,4 \text{ A}$

3.9 REGIME DE SERVIÇO

Cada tipo de máquina exige uma condição de carga diferente do motor. Um ventilador ou uma bomba centrífuga, por exemplo, solicita carga contínua, enquanto uma prensa punctionadora, um guindaste ou uma ponte rolante solicita carga alternada (intermitente).

O regime de serviço define a regularidade da carga a que o motor é submetido. A escolha do tipo do motor deve ser feita pelo fabricante da máquina a ser acionada, comprando o motor mais adequado a seu caso. Quando os regimes padrões não se enquadram exatamente com o perfil da máquina, deve escolher um motor para condições no mínimo mais exigentes que a necessária.

Os regimes padronizados estão definidos a seguir:

- regime contínuo (S1)
- regime de tempo limitado (S2)
- regime intermitente periódico (S3)

- regime intermitente periódico com partidas (S4)
- regime intermitente periódico com frenagem elétrica (S5);
- regime de funcionamento contínuo com carga intermitente (S6)
- regime de funcionamento contínuo com frenagem elétrica (S7);
- regime de funcionamento contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade de rotação (S8);
- regimes especiais.

Nas placas dos motores consta seu tipo de regime (Sx). Alguns regimes são acompanhados de dados suplementares (Exemplo: S2 60 minutos).

3.10 CLASSE DE ISOLAMENTO

É a determinação da temperatura máxima de trabalho que o motor pode suportar continuamente sem ter prejuízos em sua vida útil.

A classe de cada motor é em função de suas características construtivas. As classes de isolamento padronizadas para máquinas elétricas são:

CLASSE A - 105°C; CLASSE E - 120°C; CLASSE B - 130°C; CLASSE F - 155°C; CLASSE H - 180°C.

3.11 GRAU DE PROTEÇÃO (IP)

É a indicação das características físicas dos equipamentos elétricos, referenciando-se a permissão da entrada de corpos estranhos para seu interior. É definido pelas letras IP seguidas por dois algarismos que representam:

1º algarismo: indica o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos e contato acidental

- 0 - sem proteção
- 1 - corpos estranhos de dimensões acima de 50 mm
- 2 - corpos estranhos de dimensões acima de 12 mm
- 4 - corpos estranhos de dimensões acima de 1 mm
- 5 - proteção contra acúmulo de poeiras prejudicial ao equipamento
- 6 - proteção total contra a poeira

2º algarismo: indica o grau de proteção contra a penetração de água no interior do equipamento:

- 0 - sem proteção
- 1 - pingos de água na vertical

- 2 - pingos de água até a inclinação de 15º com a vertical
- 3 - água de chuva até a inclinação de 60º com a vertical
- 4 - respingos de todas as direções
- 5 - jatos de água de todas as direções
- 6 - água de vagalhões
- 7 - imersão temporária
- 8 - imersão permanente

Exemplo: grau de proteção IP54: proteção completa contra toques, acúmulo de poeiras nocivas e respingos de todas as direções.

3.12 CATEGORIA

Um motor elétrico não apresenta o mesmo conjugado para diferentes rotações. À medida que vai acelerando, o valor do conjugado altera, adquirindo valores que vão depender das características de construção do motor (normalmente do formato do rotor). A variação do conjugado não é linear e não existe relação de proporcionalidade com a rotação.

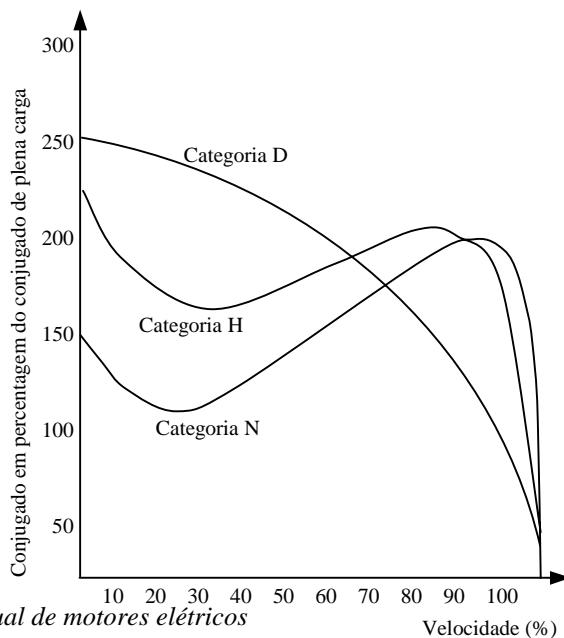
Existem três categorias de conjugados definidos por norma que determinam a relação do conjugado com a velocidade e a corrente de partida dos motores trifásicos, sendo cada uma adequada a um tipo de carga.

Categoria N – conjugado de partida normal, corrente de partida normal, baixo escorregamento. A maior parte dos motores encontrados no mercado pertencem a esta categoria, e são indicados para o acionamento de cargas normais como bombas e máquinas operatrizes.

Categoria H – conjugado de partida alto, corrente de partida normal, baixo escorregamento.

Empregado em máquinas que exigem maior conjugado na partida como peneiras, transportadores carregadores, cargas de alta inércia e outros.

Categoria D – conjugado de partida alto, corrente de partida normal, alto escorregamento (superior a 5%). Usado em prensas concêntricas e máquinas semelhantes, onde a carga apresenta picos periódicos, em elevadores e cargas que necessitem de conjugados de partida muito altos e corrente de partida limitada.



Fonte: WEG. *Manual de motores elétricos*

Figura 15 – Conjugado

3.13 TOLERÂNCIAS

Um motor elétrico não deve ter o rendimento alterado de maneira considerável quando funcionando com tensões 10% acima ou abaixo do valor nominal, desde que tenha a freqüência no valor nominal. Se a freqüência variar ao mesmo tempo da tensão, o somatório das duas variações não deve ultrapassar o limite de 10%.

Para a freqüência o valor limite é de 5%, tanto superior como inferior. Esses valores são determinados por normas específicas.

Um motor elétrico trifásico pode ser ligado em freqüências diferentes, desde que se observem as variações das características que ocorrerão. Aliás, isto é feito com muita intensidade em máquinas que necessitam controle de velocidade.

Exemplo: Ligando-se um motor para 50 Hz em 60 Hz:

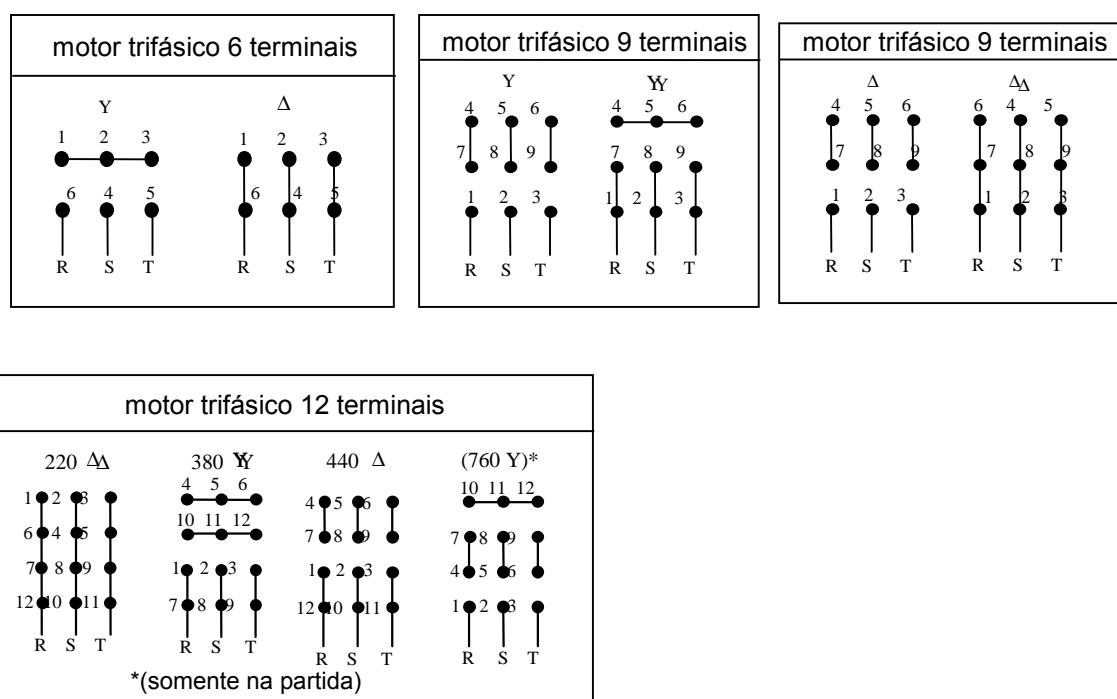
- a potência é a mesma;
- a corrente nominal é a mesma;
- a corrente de partida diminui em 17%;
- o conjugado de partida diminui em 17%;
- o conjugado máximo diminui em 17%;
- a velocidade nominal aumenta em 20%.

Tabela 1 – Efeitos provocados pela variação de tensão no motor

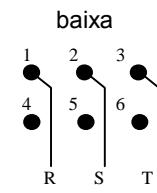
Efeito aproximado da variação da tensão			
Desempenho do motor	tensão 20% acima da nominal	tensão 10% acima da nominal	tensão 20% abaixo da nominal
Conjugado de partida e conjugado máximo	aumenta 44%	aumenta 21%	diminui 19%
Corrente de partida	aumenta 25%	aumenta 10 a 12%	diminui 10 a 12%
Corrente de plena carga	diminui 11%	diminui 7%	aumenta 11%
Escorregamento	diminui 30%	diminui 17%	aumenta 23%
Rotação	aumenta 1,5%	aumenta 1%	diminui 1,5%
Rendimento	pequeno aumento	aumenta 1%	diminui 2%
Fator de potência	diminui 5 a 15%	diminui 3%	aumenta 1%
Temperatura	diminui 5°C	diminui 3°C	aumenta 6°C
Ruído magnético sem carga	aumento perceptível	ligeiro aumento	ligeira diminuição

Fonte: WEG. *Manual de motores elétricos*.

3.14 ESQUEMAS DE LIGAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS



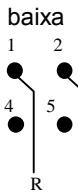
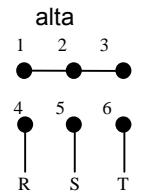
motor de duas velocidades com enrolamentos separados



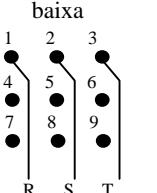
alta



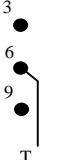
motor Dahlander



motor de três velocidades com enrolamentos separados



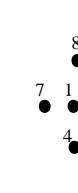
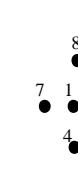
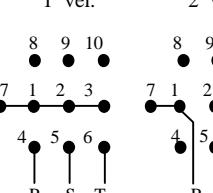
média



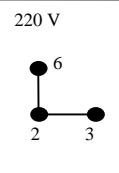
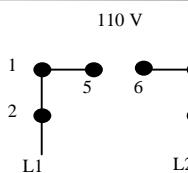
alta



motor três velocidades com enrolamento Dahlander e comum



motor monofásico de fase auxiliar



Para inverter a rotação, troca-se 5 por 6.

4 SISTEMAS DE PARTIDA

Ao ligar um motor elétrico em uma rede, deve-se obrigatoriamente seguir algumas recomendações da concessionária local e de normas técnicas, a fim de conseguir que todo o conjunto funcione com o máximo rendimento. As maneiras de ligar um motor são basicamente divididas em dois grupos: partida direta e partida indireta. Já as formas de comandar os motores são variadas, e não existe um esquema definido, somente padrões (normas) de instalação.

4.1 PARTIDA DIRETA

A partida direta consiste em energizar o motor com a tensão de funcionamento desde o instante inicial. É o sistema mais simples, fácil e barato de instalar, sendo também aquele que oferece o maior conjugado de partida do motor. Porém, neste sistema, a corrente de partida do motor é grande, fato que impossibilita sua aplicação com motores de potência muito elevada.

Existem limites de potência para cada tensão de rede, conforme determinação da concessionária local, sendo na maioria dos casos de 5 cv nas redes de 220/127 V e de 7,5 cv nas redes de 380/220 V.

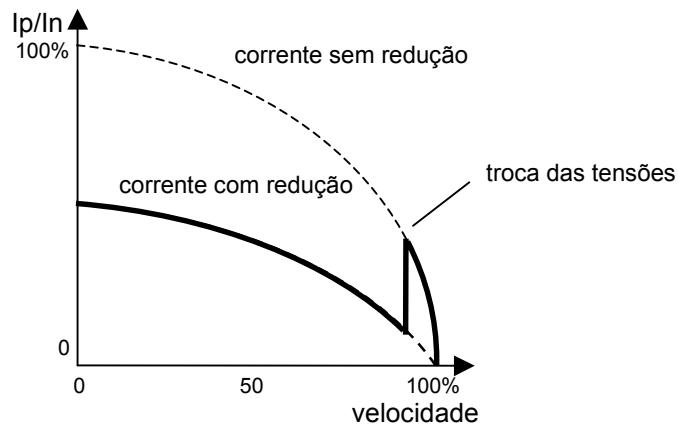
4.2 PARTIDA INDIRETA

A alta corrente de partida solicitada por motores trifásicos pode causar queda de tensão e sobrecarga na rede, aquecimento excessivo dos condutores e uma série de outros fatores prejudiciais à instalação elétrica. Isso piora à medida que aumenta a potência dos motores. Nesses casos, deve-se ter a preocupação de reduzir a corrente de partida do motor, aplicando-lhe uma tensão inferior à nominal no instante da partida. Assim, a potência do motor fica reduzida e, consequentemente, sua corrente. Depois que o motor atinge rotação nominal eleva-se sua tensão ao valor correto. Desta forma, não haverá grande pico de corrente na partida.

São sistemas mais caros e trabalhosos, além do inconveniente de o motor não poder partir com plena carga, devido à redução do conjugado. As reduções de corrente, potência e conjugado são proporcionais ao quadrado da redução da tensão, isto é: reduzindo a tensão duas vezes reduz-se a corrente, a potência e o conjugado quatro vezes.

Esses sistemas só terão efeito se forem comutados corretamente, ou seja, somente quando o motor atingir rotação nominal troca-se para a tensão plena. Caso contrário, o segundo pico de corrente que ocorre no momento em que o motor passa a receber a tensão nominal será muito alto, tornando o sistema sem função.

Essa comutação pode ser feita através de chave manual diretamente pelo operador – que deverá estar orientado – ou automaticamente por um temporizador.



Fonte: WEG. *Manual de motores elétricos*.

Figura 16 – Gráfico pico de corrente

Os tipos de partida com tensão reduzida mais convencionais são: partida estrela-triângulo, partida série-paralelo, partida compensadora e *soft-starter* (chave de partida suave).

4.2.1 Partida compensadora

Aplicável em todos os motores trifásicos, desde que funcionem com a tensão da rede elétrica local, não interessando o tipo de ligação nem o número de terminais. A redução da tensão é feita com um autotransformador de partida trifásico, alimentado-se o motor com um percentual da tensão da rede, até sua aceleração total. Após isso, o transformador é retirado do circuito e o motor recebe tensão total. Os valores mais usuais disponíveis na saída dos autotrafos são 50, 65 e 80%.

Na partida compensada, os valores da corrente na rede e no motor são diferentes, por terem tensões diferentes. A maior corrente será no motor, por ter a menor tensão, já que a potência de entrada é a mesma de saída (considerando um transformador ideal).

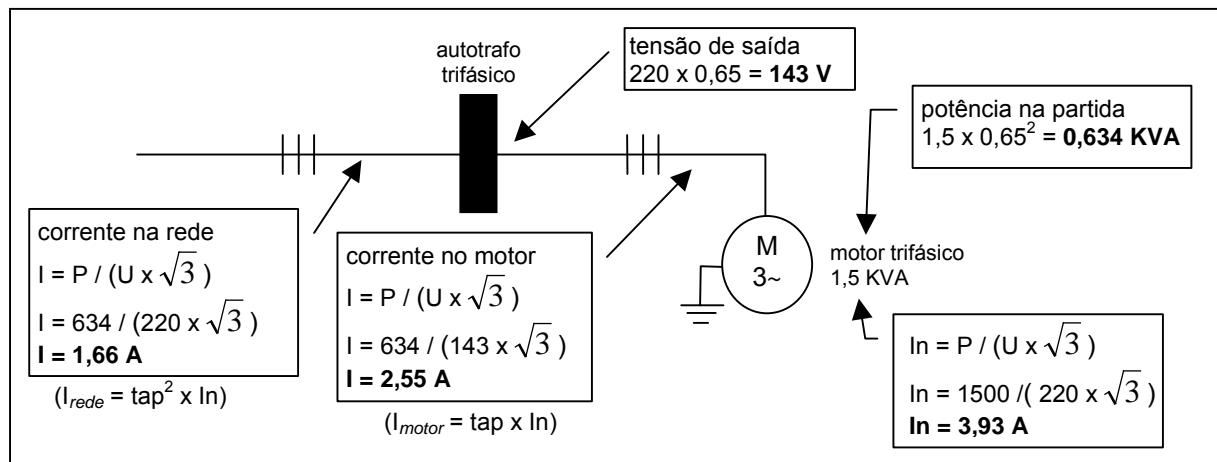


Figura 17 – Esquematização de uma partida compensada

A partida compensada – embora tenha as desvantagens do custo elevado, de ocupar grande espaço físico e ter o número de partidas por hora limitado devido ao autotrafo – é bem mais eficiente que os outros sistemas tradicionais e é indicado para máquinas que necessitem partir com carga.

Na partida, os valores da potência, corrente (rede) e conjugado reduzem proporcionalmente ao quadrado da redução da tensão. A corrente no motor diminui conforme a saída do autotransformador.

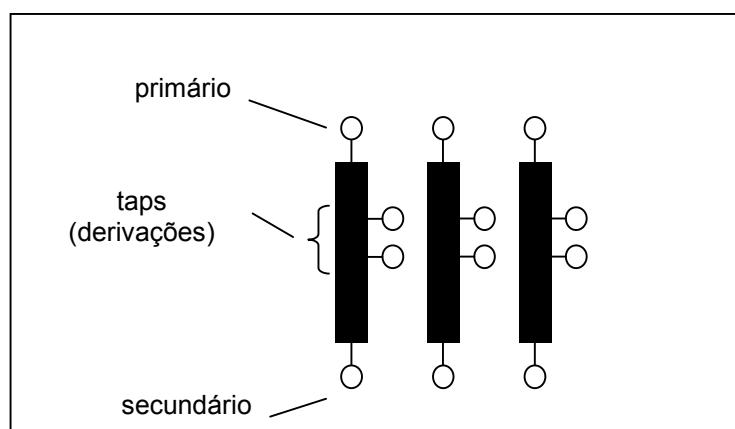


Figura 18 – Autotrafo trifásico

Tabela 2 – Comportamento da corrente no auto-transformador

Taps	Correntes		
	primário	taps	secundário
80%	$0,64 \times I$	$0,80 \times I$	$0,16 \times I$
65%	$0,42 \times I$	$0,65 \times I$	$0,23 \times I$
50%	$0,25 \times I$	$0,50 \times I$	$0,25 \times I$
fórmulas	$(\text{tap})^2$	(tap)	$(\text{tap}) - (\text{tap})^2$

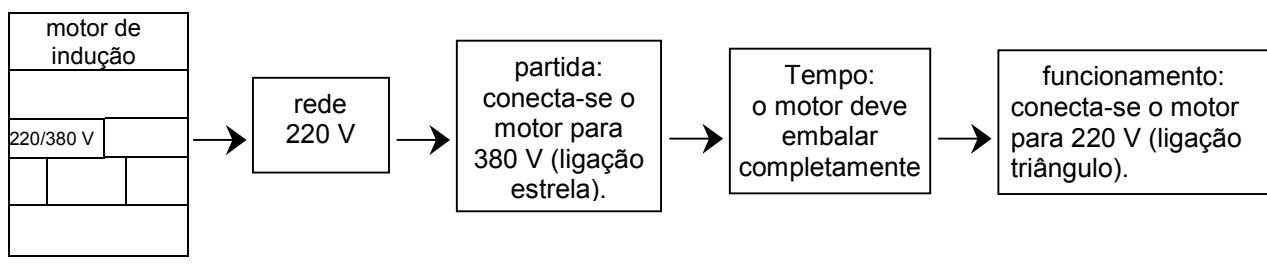
4.2.2 Partida série-paralelo

Sistema possível para motores de 9 e/ou 12 terminais. Divide-se em dois tipos: série-paralelo triângulo, aplicável às redes de 220 V, e série-paralelo estrela, para redes de 380 V.

A partida do motor é feita com as bobinas conectadas em série, fazendo com que a tensão se divida entre elas. Depois que o motor atinge rotação nominal, faz-se a troca das ligações para paralelo, recebendo, assim, cada bobina a tensão total. A corrente de partida fica reduzida em quatro vezes, e o mesmo acontece com o conjugado e a potência. Assim, é extremamente recomendado fazer a partida a vazio e somente em máquinas com baixo conjugado resistente de partida.

4.2.3 Partida estrela-triângulo

Esse sistema é usado nos motores para duas tensões com relação Y-Δ e no mínimo seis terminais, devendo obrigatoriamente a menor delas coincidir com a tensão da rede. O que se faz é uma ligação “errada” (de forma proposital e controlada), onde se conecta o motor para a maior tensão (Y) no momento da partida, aplicando-lhe a menor tensão (rede - Δ). Depois de embalar por completo, trocam-se as ligações para que fiquem corretas.



Placa de identificação

Figura 19 – Esquematização de uma partida estrela-triângulo para uma rede 220 V

Uma partida estrela-triângulo oferece redução de três vezes do pico de corrente. Em igual proporção ocorre a redução do conjugado do motor, fato que indica uma partida sem carga.

O sistema não é recomendado em máquinas que exigem grande torque inicial.

4.2.4 **Soft-starter (partida suave)**

É um sistema microprocessado projetado para acelerar, desacelerar e proteger motores elétricos de indução trifásicos, fornecendo aumento e/ou redução progressiva da tensão ao motor, através de tiristores.

Com esta chave é possível ajustar os valores de torque e corrente em função da solicitação da carga acionada, ou seja: a corrente exigida será a mínima necessária para o aceleramento do motor. A instalação e a regulagem de sistemas totalmente eletrônicos é feita acompanhando-se o manual do equipamento; já a reparação de defeitos no *soft-starter* requer bastante conhecimentos na área eletrônica.

Com a chave *soft-starter* é possível ter ajuste da tensão de partida por tempo pré-definido, pulso de tensão na partida para cargas com alta inércia; proteções contra falta de fase e sobrecorrente, faixa de limitação da corrente, rampas de aceleração e desaceleração etc. Para a aquisição correta, é importante saber o número de partidas por hora necessário antes da instalação. Em paralelo ao *soft-starter* usa-se um contator (*by-pass*) que faz a alimentação do motor após terminado o processo de partida, evitando desgaste dos componentes.

Exemplos de aplicação: ventiladores e exaustores, bombas centrífugas e dosadoras, agitadores, misturadores, centrífugas de açúcar, esteiras transportadoras e compressores.

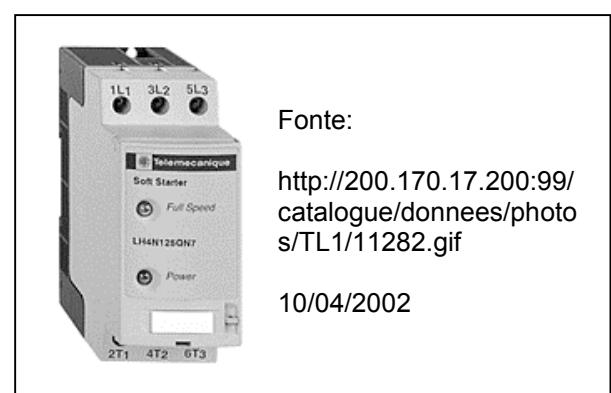


Figura 20 – Chaves *soft-starter*

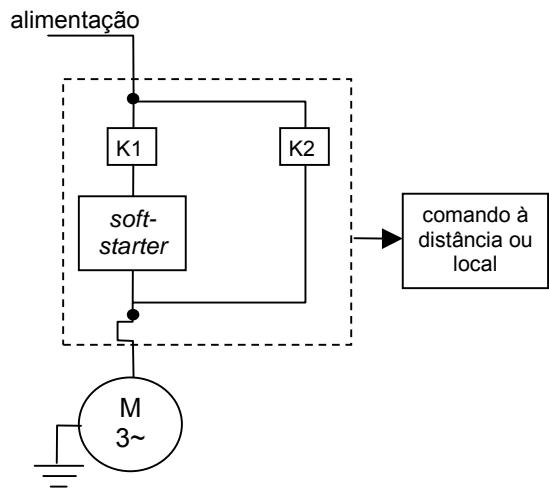


Figura 21 – Esquematização do funcionamento de uma partida *soft-starter*

5 REDES ELÉTRICAS

A energia elétrica entregue pela empresa fornecedora local deverá ser conduzida ao interior das fábricas para alimentação de máquinas, iluminação etc. As redes elétricas são construídas de forma a atender as necessidades de cada local, como, por exemplo, o arranjo das máquinas (*lay-out*) e a distribuição de circuitos.

As redes podem ser aéreas ou subterrâneas, através de cabos ou barramentos.

5.1 REDES AÉREAS

Os fios e cabos são esticados através de isoladores fixos no teto ou na parede. É um sistema de baixíssimo custo mas de pouca aplicação, ficando restrito a algumas pequenas empresas.

Exemplo de identificação de rede aérea

3~ – N – 380 V – 60 Hz – #4
N _____
R _____
S _____
T _____

Onde:
3~ = 3 condutores fase (RST)
N = condutor neutro
380 V = tensão de linha nominal
60 Hz = freqüência nominal da rede
#4 = seção dos condutores

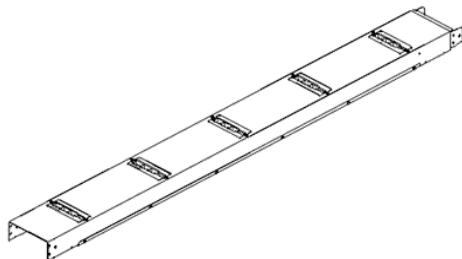
Figura 22 – Representação de uma rede elétrica

5.2 ELETROCALHA (BUS-WAY)

Eletrocalha é um sistema modular formado de barras condutoras geralmente de alumínio, onde são feitas as tomadas de energia. O conjunto é composto por uma série de peças padronizadas que possibilitam as mais diversas formas de montagem.

Descrição dos módulos com desenhos

a – Módulos retos



RSD - Reta Standard de Distribuição

RSA - Reta Standard de Alimentação

RED - Reta Especial de Distribuição

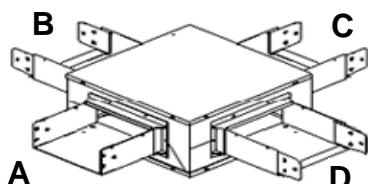
REA - Reta Especial de Alimentação

Fonte: <http://www.flexmaster.com.br> 26/04/2002

Figura 23 – RSD

As retas standard têm 2 m de comprimento. As RSD possuem aberturas de 40 em 40 cm, na face oposta à tampa, para a conexão de cargas. As RSA não apresentam estas aberturas; destinam-se, exclusivamente aos circuitos de alimentação. As retas especiais (RED e REA) são retas, com tamanho inferiores a 2 m, feitas sob encomenda. Possuem quatro barras condutoras para 100, 225, 400 ou 800 A. Sob encomenda, são fornecidas com 5 barras (Neutro e Terra separados).

b - Módulos horizontais



São todos montados a partir de caixa standard (padrão), acrescida dos respectivos canais:

CHD (curva horizontal à direita) - possui os canais A e D

CHE (curva horizontal à esquerda) - possui os canais A e B

THD ("T" horizontal à direita) - possui os canais A, C e D

THE ("T" horizontal à esquerda) - possui os canais A, B e C

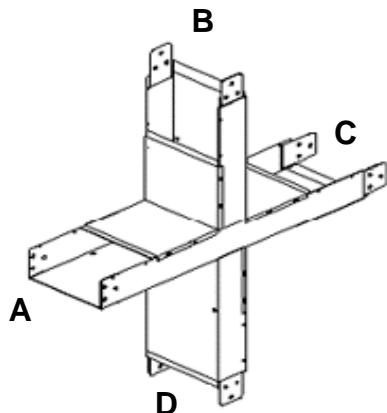
THC ("T" horizontal central) - possui os canais A, B e D

CRH (cruzeta horizontal) - possui os canais A, B, C e D

Fonte: <http://www.flexmaster.com.br> 26/04/2002

Figura 24 – CRH

c - Módulos verticais



CVA (curva vertical ascendente) - possui as saídas A e B

CVD (curva vertical descendente)- possui as saídas A e D

TVA ("T" vertical ascendente) - possui as saídas A, B e C

TVD ("T" vertical descendente) - possui as saídas A, C e D

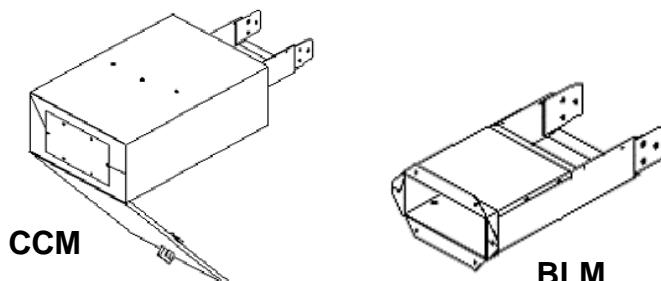
TVC ("T" vertical central) - possui as saídas A, B e D

CRV (cruzeta vertical) - possui as saídas A, B, C e D

Fonte: <http://www.flexmaster.com.br> 26/04/2002

Figura 25 – CRV

d - Módulos de entrada



BLM - Bocal de ligação macho

BLF - Bocal de ligação fêmea

CCM - Caixa de cabos macho

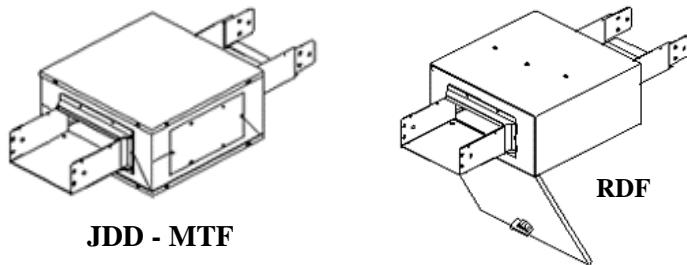
CCF - Caixa de cabos fêmea

Estes módulos servem de elementos de alimentação dos barramentos. São especialmente dotados de conexões aptas a receber contato com condutores de cobre.

Fonte: <http://www.flexmaster.com.br> 26/04/2002

Figura 26 – CCM e BLM

e - Módulos intermediários



RDF - Redução com fusíveis

MTF - Módulo de transposição de fases

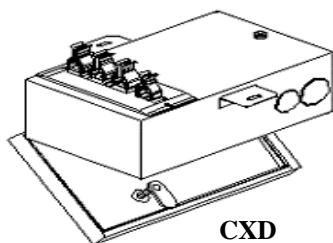
JDD - Junta de dilatação

A RDF é usada na troca da seção dos barramentos (de 400 para 100 A, por exemplo). A MTF altera a seqüência de fases. A JDD é para compensar a dilatação linear das barras.

Fonte: <http://www.flexmaster.com.br> 26/04/2002

Figura 27 – JDD-MTF e RDF

f - Módulos de saída



CXD - Caixa de derivação

CXD/CP - Caixa de derivação com proteção

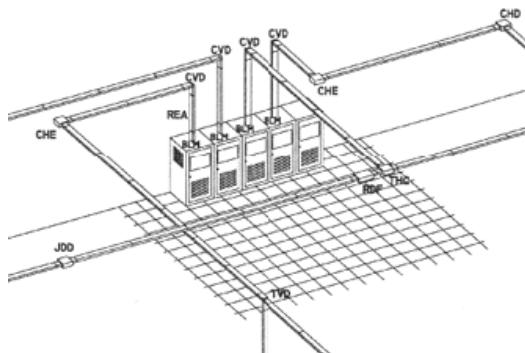
São utilizados para a ligação de cargas à linha de distribuição, pelo sistema *plug-in*.

Possuem enxufes (contatos de pressão) isolados da caixa por uma placa de resina fenólica cuja conformação impede a ligação da caixa de forma errônea. As caixas de derivação são fixadas ao barramento por meio de braçadeiras adequadas que as acompanham. São fabricadas para as seguintes correntes: 25, 63, 100 e 200 A.

São fornecidas com bases para fusíveis (Diazed para caixas 25 e 63A e NH para caixas 100 e 200A). As CXD/CP possuem sistema de proteção das pessoas contra contatos accidentais.

Fonte: <http://www.flexmaster.com.br> 26/04/2002

Figura 28 – CXD



Fonte: <http://www.flexmaster.com.br> 26/04/2002

Figura 29 – Exemplo de rede montada com o sistema *bus-way*

5.3 ELETROCALHAS E LEITOS PARA CABOS

As eletrocalhas e os leitos para cabos constituem um sistema condutor e distribuidor de fios e cabos bastante versátil, podendo atender às mais diversas situações, devido à grande quantidade de acessórios disponíveis e à variedade de medidas.

Proporcionam fácil acesso à rede elétrica, tanto para a manutenção como para a ampliação. Não é necessária a fixação dos cabos às calhas para quase todas as situações.

São fabricados com chapas totalmente lisas, com chapas perfuradas ou, ainda, com barras espaçadas e sustentadas por duas guias. Alguns modelos são próprios para instalação no piso (rede subterrânea).



Fonte: <http://www.mopa.com.br/htm/leito01.htm> 10/04/2002

Figura 30 – Eletrocalhas

6 COMPONENTES ELÉTRICOS INDUSTRIALIS

Este capítulo trata dos componentes mais destacados para as atividades de um eletricista industrial, observando características genéricas. Dados mais completos de um componente são obtidos diretamente com o fabricante através de catálogos.

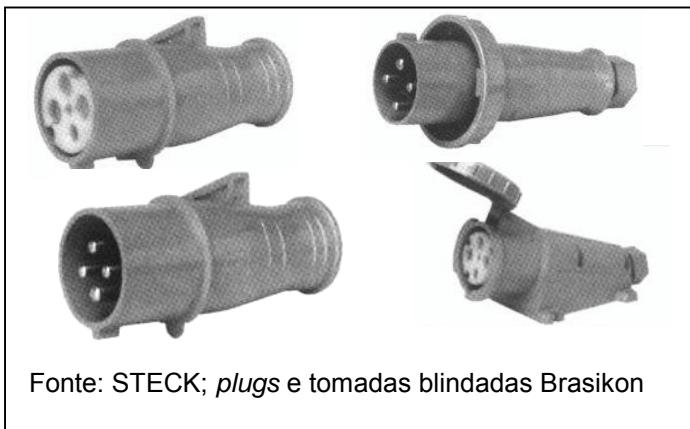
6.1 TOMADA INDUSTRIAL

A tomada industrial é usada na alimentação de máquinas que requerem correntes de valores maiores, normalmente acima de 16 A. Existem em diversas formas físicas e com variado número de pólos (3F + N + T, 2F + N, 3F + N etc.).

Os tipos de tomadas mais usados são:

- tomadas para ambientes normais (IP – 00)
- tomadas para ambientes especiais (IP – 44, IP – 67 etc.):
 - modelo à prova de explosão
 - modelo à prova de umidade, gases, vapores e pó
 - modelo à prova de explosão.

Na instalação destas tomadas é importante criar um padrão para a conexão dos fios evitando-se problemas com seqüência de fases e outros condutores.



Fonte: STECK; *plugs e tomadas blindadas Brasikon*



Fonte: PIAL LEGRAND; material elétrico para instalações

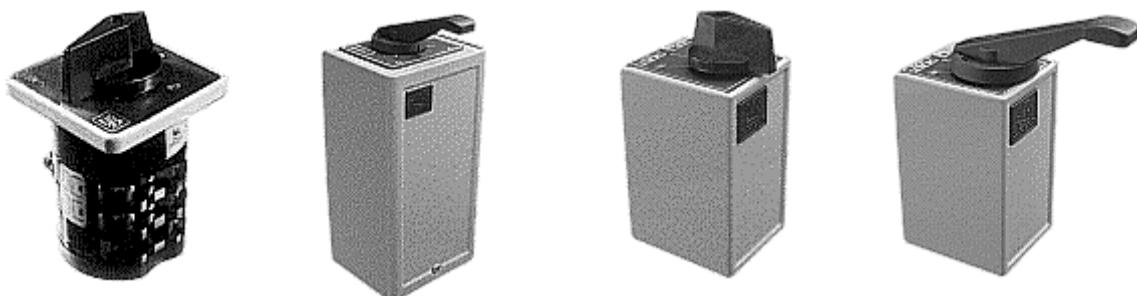
Figura 31 – Tomadas e plugues industriais

6.2 CHAVES MANUAIS

Para comandar um motor elétrico, é necessário um dispositivo de manobra que o ligue e/ou desligue quando se desejar.

Existem vários tipos de componentes para esse fim, cada um com sua empregabilidade, vantagens e desvantagens. As chaves manuais são exemplos de dispositivos de manobras para motores elétricos, sendo talvez a maneira mais simples e econômica de se fazer.

Fisicamente variam conforme sua aplicação e fabricante. O funcionamento elétrico das chaves manuais, ou seja, como são fechados seus contatos internos, dependerá da aplicação da chave. Elas poderão ser específicas para determinada máquina ou aplicáveis em situações gerais.



Fonte: <http://www.margirius.com.br> 20/10/2001

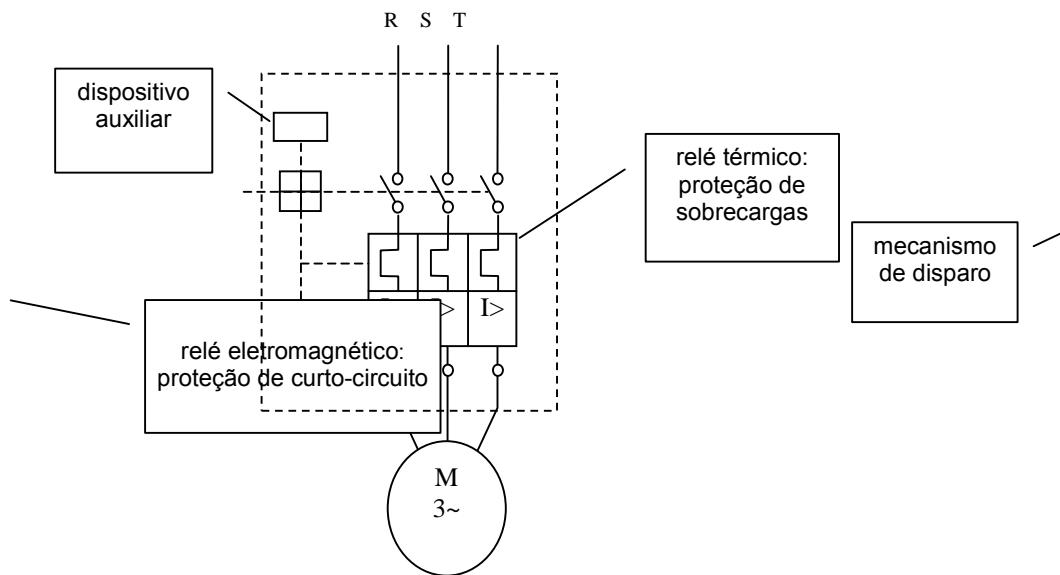
Figura 32 – Chaves manuais

6.3 DISJUNTOR MOTOR

O disjuntor motor é utilizado para conduzir ou interromper um circuito sob condições normais, assim como interromper correntes sob condições anormais do circuito (curto-circuito; sobrecarga e queda de tensão). Nesses disjuntores a corrente é ajustada no valor exato do motor. O acionamento destes componentes é manual, através de botões ou alavanca.

Alguns dispositivos auxiliares podem ser acoplados a esses disjuntores para atender a finalidades específicas. Exemplos:

- bloco de contatos auxiliares usado para sinalização (elétrica ou sonora), intertravamento etc.;
- bobina de impulso, usada para desligamento a distância etc.
- bobina de subtensão, usada para desligamento a distância, proteção de quedas de tensão etc.



Símbolos dos dispositivos auxiliares	
	bobina auxiliar
	bobina de impulso
	bobina de subtensão

Figura 33 – Disjuntor motor

6.4 BOTOEIRAS, PEDALEARAS E FIM DE CURSOS

Estes são os interruptores usados nos circuitos elétricos industriais. As botoeiras são instaladas em portas de quadro de comando, em frente de máquinas etc. As pedaleiras são utilizadas em máquinas onde o operador liga e/ou desliga o equipamento com o pé. Já os fins de curso tem a maior aplicação como limitadores de deslocamento e proteção de máquinas.

Cada cor de botão indica um tipo de atividade, conforme descrito por norma, sendo que cada empresa pode criar seu próprio padrão. O mais comum é utilizar vermelho para as funções Emergência e/ou desliga e verde e preto para ligar.



Fim de curso com rolete;

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL3/XC1AC126.gif>



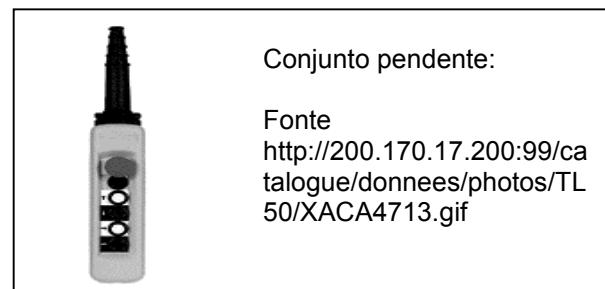
Fim de curso com pino:

Fonte
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL3/30165.gif>



Pedaleira:

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/23134.gif>



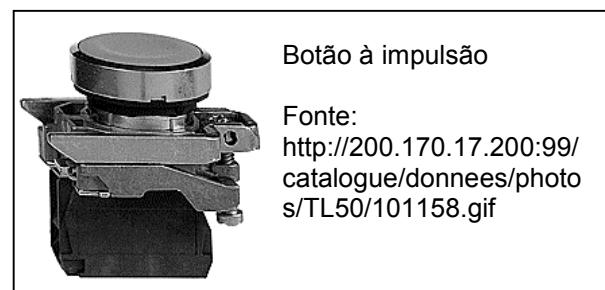
Conjunto pendente:

Fonte
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/XACA4713.gif>



Botoeiras dupla isolação, para circuitos auxiliares.

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/22223.gif>



Botão à impulsão

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/101158.gif>



Manipulador:

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/101189.gif>



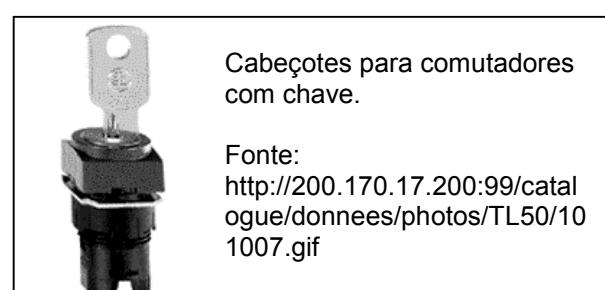
Comutadores

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/101167.gif>



Botão emergência soco

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/101175.gif>



Cabeçotes para comutadores com chave.

Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL50/10007.gif>

Figura 34 – Componentes (Fabricação TELEMECANIQUE)

6.5 SINALIZADORES

Os sinalizadores são usados quando há necessidade de indicar um estado da máquina ou da instalação.

Existem os sinalizadores sonoros e os luminosos. Como sinalizador sonoro usa-se geralmente sirene ou campainha (*buzzer*). Na sinalização luminosa são variados os tipos de sinaleiros existentes; são usados nas portas de quadros de comando, na frente de máquinas, na parte superior das máquinas etc. A cor do sinalizador pode indicar alguma função específica.



Figura 35 – Sinalizadores

6.6 SENsoRES

Sensores são componentes que realizam uma comutação elétrica sem haver contato físico. Podem atuar pela aproximação de algum material, ou, ainda, pela variação de alguma grandeza física, como temperatura e pressão.

São diversos os tipos de sensores, cada um com sua característica de acionamento. Os sensores *indutivos* atuam pela aproximação de materiais metálicos; já os sensores *capacitivos* atuam com a aproximação de qualquer tipo de material.

Existem também os *sensores magnéticos*, que fazem a comutação elétrica mediante a presença de um campo magnético externo, proveniente de um imã permanente ou de um eletroímã. Os *sensores ópticos* atuam quando ocorre a interrupção dos raios de luz provenientes de um emissor para um receptor, devidamente alinhados.

Alguns sensores têm seu nome relacionado com a grandeza física que determina seu acionamento, como, por exemplo, *pressostato*, *termostato*, *fluxostato*, *vacuostatos*, *tacostatos*, etc.

A ligação de um sensor a um circuito divide-se basicamente em dois tipos: sensores para ligação direta – devendo-se observar sua tensão e corrente máxima – e sensores para ligação indireta, devendo-se ligar com relés apropriados, onde estarão os contatos para comutação.

Para os sensores de proximidade, a distância para acionamento varia conforme modelo e fabricante. Em sensores que necessitam de alimentação deve-se observar se são para AC ou DC.

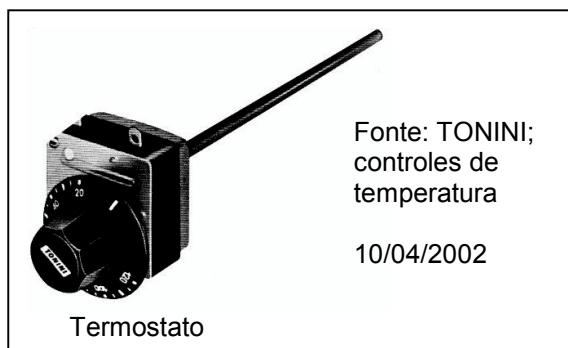


Figura 36 – Sensores

6.7 CONTATOR

Um contator nada mais é que uma chave liga e desliga, sendo que seu acionamento é eletromagnético ao invés de manual, ou seja, ocorre através de um eletroímã.

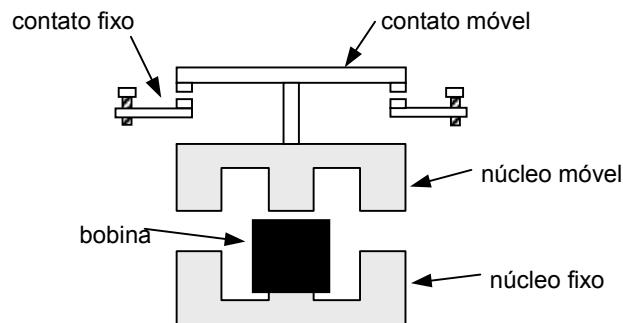
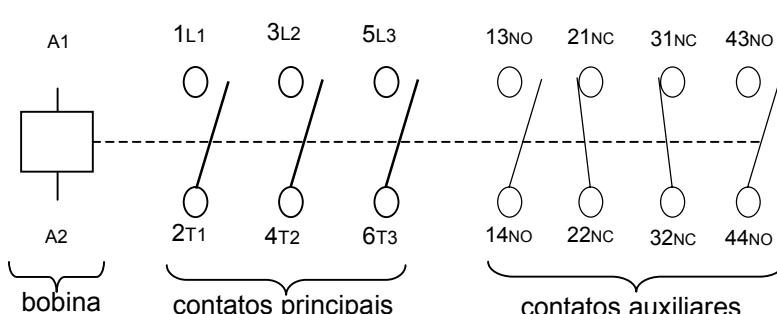
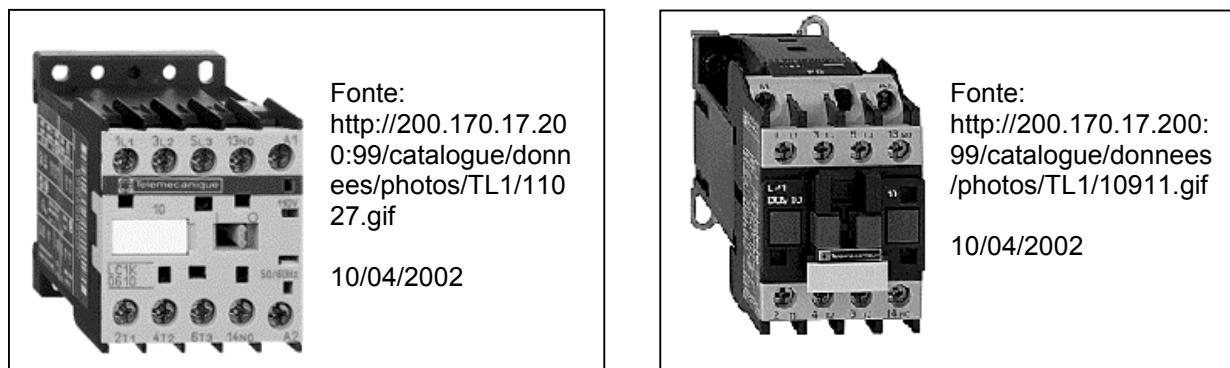


Figura 37 – Contator: esquema de funcionamento



Identificações utilizadas nos contatos auxiliares:

NC = normally closed (normalmente fechado)

NO = normally open (normalmente aberto)

1-2 = contato normalmente fechado

Figura 39 – Identificação padrão para contatos e bobina

Embora o alto custo dos contatores, muitas são as vantagens de usá-los no lugar de chaves manuais. Com eles é possível:

- comando à distância de grandes cargas através de pequenas correntes;
- velocidade de abertura e fechamento dos contatos elevada;
- automatização de circuitos;
- etc.

Exemplo de circuito:

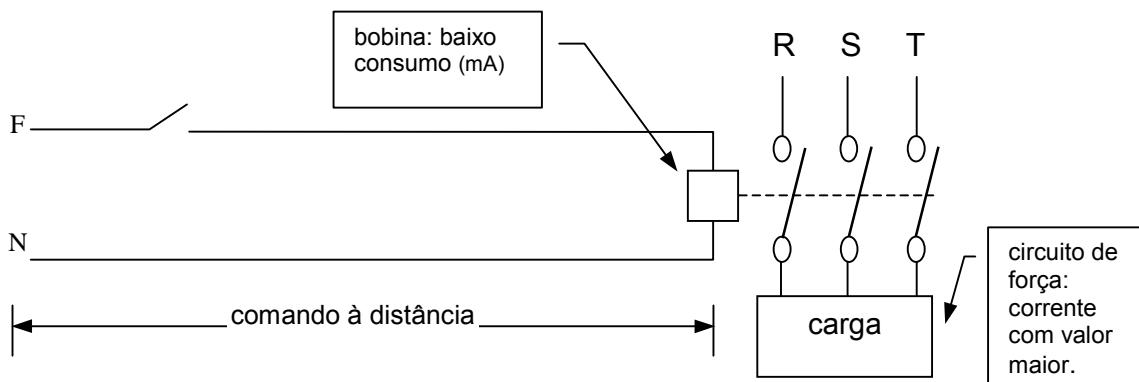


Figura 40 – Acionamento com contator

A tensão em que será energizada a bobina do contator vem impressa junto à ela. Existem, para acionamento em CA 60 Hz, desde 24 até 600 V; para acionamento em CC desde 12 até 440 V. Estes limites podem variar conforme o fabricante e/ou modelo.

Um contator poderá ter 2, 3 ou 4 contatos principais (embora o mais comum sejam 3), onde serão chamados de contatores bipolares, tripolares ou tetrapolares. Já a quantidade de contatos auxiliares, bem como a condição NA – NF, varia muito. Alguns modelos de contatores trazem inclusive a possibilidade de acrescentar-se através de blocos aditivos frontais e/ou laterais, outros contatos auxiliares.

Os contatores podem ter somente um dos tipos de contatos (auxiliares ou principais) ou ambos. Assim, classificam-se como contatores (ou ainda: de força, ou principal, ou bi, tri, tetrapolar) aqueles que possuem os contatos principais (mesmo que tenham também contatos auxiliares) e, contatores auxiliares aqueles que aí sim, só possuem contatos auxiliares. Este último exercerá funções apenas no circuito de comando da instalação, como por exemplo, aumentar o número de contatos auxiliares disponíveis de um contator tripolar (ligando-os em paralelo). Com função semelhante à dos contatores auxiliares existem os relés de comando que mudam basicamente só na aparência física.

Dependendo do tipo de carga que um contator aciona, o desgaste de seus contatos será mais rápido ou mais lento. Para que a vida útil de um contator seja a maior possível, os limites de corrente são determinados em função do tipo de carga que os contatos acionarão, assim um único contator poderá acionar diferentes potências dependendo do que for a carga. Isto é chamado de categoria de emprego, e são divididas em 2 grupos:

Categorias de corrente alternada:

AC1 = cargas resistivas ($\cos\phi \geq 0,95$);

AC2 = motores de anel ($I_p/I_n \approx 2,5$);

AC3 = motores com rotor em curto ($I_p/I_n \approx 7,0$);

AC4 = motores com acionamento intermitente (liga, desliga e freia constantemente);

AC14 = circuitos de comando até 72 VA;

AC15 = circuitos de comando superiores à 72 VA;

Categorias de corrente contínua:

DC1 = cargas resistivas;

DC2 = motores CC, de excitação paralela, funcionamento normal;

DC3 = motores CC, de excitação paralela, com frenagem, ... ;

DC4 = motores CC, de excitação série, funcionamento normal;

DC5 = motores CC, de excitação série, com frenagem, ... ;

DC13 = circuitos de comando DC.

A posição ideal de funcionamento de um contator é com sua base fixa na vertical; porém, há certa tolerância. Os valores mudam de marca a marca nas faixas de 22,5 a 30°. As demais posições podem ser consultadas nos catálogos de fabricantes.

Além da categoria de emprego, da tensão da bobina e do número de contatos, existem outras características a serem observadas na escolha de um contator tais como corrente de emprego (I_e), tensão de emprego (U_e), tensão nominal de isolamento (U_i), Potência nominal de emprego (KW ou cv ou Hp), corrente térmica máxima (I_{th}), entre outros.

É importante saber ainda que, as partes de um contator (bobina, contatos) são vendidas separadas para eventuais necessidades de reposição.

6.8 RELÉ TÉRMICO DE SOBRECARGA

É um componente utilizado para proteger os motores elétricos de sobrecargas. Existem basicamente dois tipos: Bimetálico e Eletrônico. Os bimetálicos possuem três elementos pelos quais passa a corrente do motor. Quando é excedido o limite de corrente, ocorre o curvamento dos elementos bimetálicos por efeito Joule e isso faz com que seja acionado um contato auxiliar que comuta de posição, motivo pelo

qual os relés térmicos devem ser usados com contatores ou componentes de acionamento semelhante.

Os relés térmicos eletrônicos são instalados da mesma maneira que os bimetálicos, porém através de TCs fazem a leitura da corrente, tendo estes valores monitorados por um circuito eletrônico. Se os limites forem ultrapassados o circuito comuta o contato auxiliar.

Cada relé térmico de sobrecarga é fabricado para uma faixa de corrente, sendo necessária sua regulagem conforme a carga acionada. Os relés térmicos têm características de ação retardada, suportando sem problemas os picos de corrente da partida dos motores elétricos. Após atuarem, é necessário fazer o rearme do relé. A maioria desses componentes possui sinalizador de armado/desarmado.

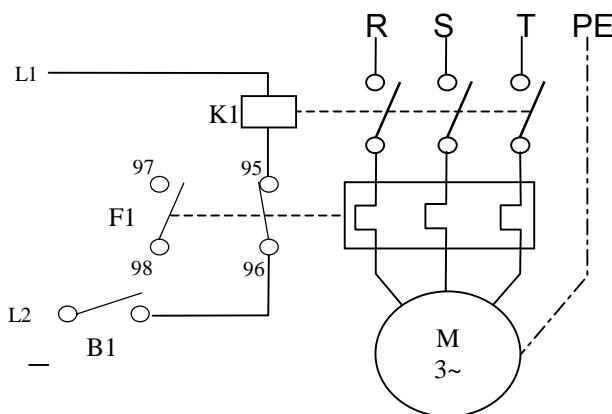


Figura 41 – Instalação do relé térmico de sobrecarga



Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL1/11304.gif>



Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL1/11050>



Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL1/10922.gif>

Figura 42 – Relés térmicos de sobrecarga

6.9 TEMPORIZADORES

Os temporizadores possuem funcionamento semelhante a um contator auxiliar, diferenciando-se na comutação dos contatos que não ocorrem simultaneamente a energização ou desenergização de sua bobina. O atraso (tempo) pode ser regulado de acordo com a necessidade da instalação.

Os temporizadores mais usados são eletrônicos ou pneumáticos. Alguns modelos são motorizados. Nem todos temporizadores necessitam de alimentação individual. Alguns são usados como blocos aditivos e outros simplesmente ligados em série (como se fosse um interruptor simples) com o componente a temporizar. Quanto ao funcionamento os tipos mais comuns são:

- Temporizador com retardo na energização (ao trabalho – *ON-delay*)

Energizando-se a bobina, os contatos levam um tempo predeterminado para mudar de posição. Ao desligar, instantaneamente os contatos assumem a posição normal.

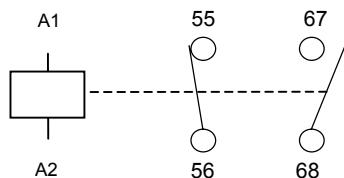


Figura 43 – Temporizador *ON-delay* com contatos separados



Figura 44 – Temporizador *ON-delay* com contatos comutadores

- Temporizador com retardo na desenergização (ao repouso – *OFF-delay*)

Energizando-se a bobina, os contatos instantaneamente mudam de posição. Quando desenergizada, seus contatos demoram um tempo pré-ajustado para retornar à posição normal.

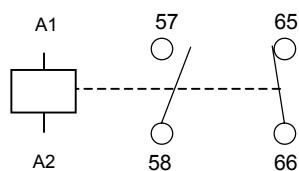


Figura 45 – Temporizador *OFF-delay*

c) Temporizador estrela-triângulo

Construído especialmente para os sistemas de partida estrela-triângulo automático, proporciona que haja maior segurança na comutação do motor da ligação de partida para a de funcionamento, já que oferece defasagem nas trocas de ligações, garantindo, assim, que o contator triângulo só entre quando o contator estrela estiver fora e o arco elétrico, extinto.

Quando energizada sua bobina, o contato estrela instantaneamente é acionado (ligando o contator estrela). Decorrido o tempo de ajuste, o contato retorna à posição inicial e, após alguns milisegundos (50 ms geralmente), aciona o contato triângulo (ligando então o contator triângulo). Permanece assim até que seja desenergizado.

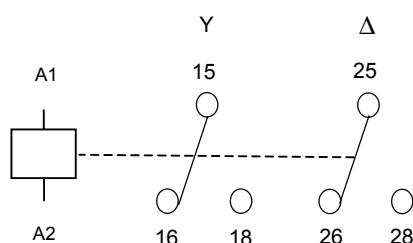


Figura 46 – Temporizador estrela-triângulo

d) Temporizador cíclico

Quando energizado, mantém-se abrindo e fechando seus contatos nos tempos ajustados ininterruptamente até que seja desligado. Possui funcionamento semelhante a um pisca-pisca.



Fonte:
SIEMENS - CD Dispositivos de Controle e Distribuição



Fonte:
http://www.weg.com.br/controles/prod/capacitores/cp_temporizador.jpg



Fonte:
TELEMECANIQUE,
Catálogo de produtos

Figura 47 - Temporizadores

6.10 RELÉ FALTA DE FASE

Este relé é um componente eletroeletrônico que monitora um circuito elétrico verificando a presença, ou não, das três fases. Desliga-o caso isso ocorra, evitando que a máquina funcione com falta. Alguns modelos verificam também a presença do neutro, sendo então chamados de *relé falta de fase e neutro*.

A ligação desses componentes exige um circuito apropriado com dispositivos de controle a distância integrado (contator, por exemplo), pois a atuação ocorre com a modificação da posição de um contato auxiliar, que então deve atuar em um circuito de comando. Normalmente o contato que deve ser conectado em série ao circuito é o contato NA (normalmente aberto), pois fecha assim que recebe os condutores energizados da rede elétrica.

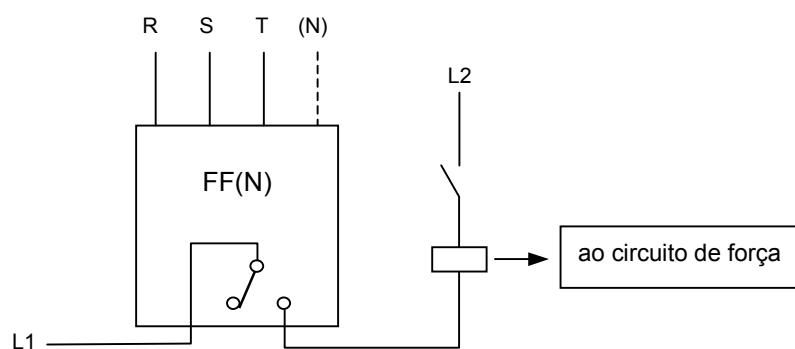


Figura 48 – Esquema básico para a ligação de um relé falta de fase

6.11 AUTOTRANSFORMADOR DE PARTIDA TRIFÁSICO

Usado na partida indireta do tipo compensada, este autotransformador é responsável pela diminuição da tensão aplicada no motor no instante inicial. O valor da tensão de saída desses autotransformadores é expresso em percentagem, normalmente nos valores 65 e 80%.

Os autotransformadores têm a seguinte identificação em seus terminais:

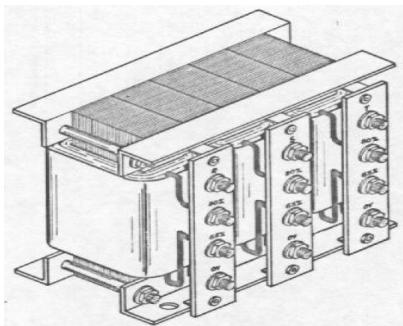
R, S, T → bornes de alimentação do autotransformador

65 ou 80% → bornes de saída

0 (zero) ou **Y** (estrela) → bornes que devem ser curto-circuitados no momento da partida, ou seja, deve-se ligar as bobinas em estrela.

No dimensionamento do autotransformador devem ser levados em conta: a tensão nominal da rede, a potência nominal do motor, o número máximo de partidas por hora (normalmente 10 para motores de baixa potência), o tempo aproximado de cada partida e os *taps* de saída necessários.

Os autotransformadores são providos de um microtermostato, que deve ser conectado ao circuito auxiliar para que impossibilite o uso do equipamento quando a temperatura atingir valor elevado (em torno de 110°C).

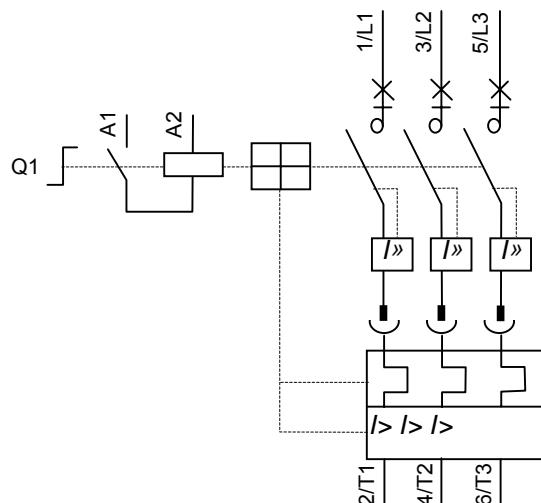


Fonte: <http://www.isotrans.com.br/image6.jpg> 10/04/2002

Figura 49 – Autotransformador de partida trifásico

6.12 INTEGRAL

Integral é um aparelho que une vários componentes de acionamento e proteção de motores elétricos em um único conjunto. O integral possui contatos de força acionados eletromagneticamente, proteção de curto circuito e proteção de sobrecarga. Portanto, deve ser adquirido de acordo com o motor a ser acionado, ou seja, com regulagens de proteção dentro da faixa exigida para o motor que será usado.



Fonte: TELEMECANIQUE. Manual do Contator-disjuntor integral 18

Figura 50 – Esquema de ligação do contator-disjuntor integral sem reversão



Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL1/13213.gif>



Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL1/13191.gif>

Figura 51 – Contator-disjuntor integral com e sem reversão

6.13 INVERSOR DE FREQÜÊNCIA

Componente que varia a freqüência elétrica, usado para o controle de velocidade dos motores elétricos de indução trifásicos.

A alimentação desses aparelhos pode ser monofásica ou trifásica, dependendo de sua construção. Em geral, podem ser programados para os valores máximo e mínimo de freqüência de saída, conforme necessidade da instalação.

A variação da velocidade é geralmente feita a partir de um potenciômetro de referência externo. O esquema de ligação e as características como potência de acionamento, tensão de entrada e saída, variação da freqüência e outros são encontrados no manual que acompanha o aparelho.



Fonte:
<http://200.170.17.200:99/catalogue/donnees/photos/TL2/14560.gif>



Fonte:
http://www.weg.com.br/contents/prod/automacao/autom_01.jpg

Figura 52 – Inversores de freqüência

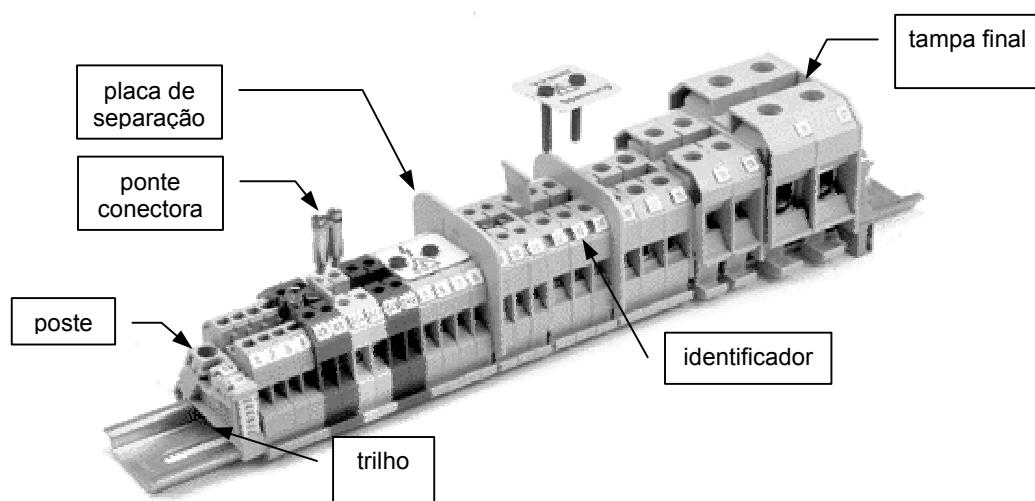
6.14 CONECTOR SAK

É o modelo de conector mais utilizado em quadros de comando. Destina-se principalmente à interligação dos circuitos elétricos que estão em diferentes locais, como, por exemplo, no cofre e no painel da máquina. Os modelos podem ter pequenas diferenças conforme o fabricante mas são formados basicamente com as características mostradas na tabela a seguir.

Tabela 3 – Conectores SAK

Conectores tipo SAK				
materiais de fabricação X características	melanina (Krg): cor marrom, temperatura de trabalho (máx.): 130°C, bastante rígido (por consequência, fácil de quebrar).			
	poliamida 6.6 (PA): cor bege, temperatura de trabalho (máx.): 100°C, bastante flexível.			
modelos	conector de passagem (normal), conector para aterramento (verde-amarelo) e conector porta fusível (fusível de vidro).			
principais tamanhos	tamanho	fio (mm ²)	cabo (mm ²)	corrente (A)
	2,5	0,5 – 4,0	0,5 – 2,5	27
	6	0,5 – 10,0	0,5 – 6,0	47
	16	2,5 – 25,0	4,0 – 16,0	87
	35	6,0 – 50,0	10,0 – 35,0	143
acessórios	tampa final, placa de separação, ponte conectora, poste (garra de fixação) e identificadores.			
fixação	engate rápido em trilho DIN35 e/ou TS-32			

Fonte: SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção.*



Fonte: <http://www.conexel.com.br>

Figura 53 – Conectores SAK

6.15 CANALETAS PARA QUADRO DE COMANDO

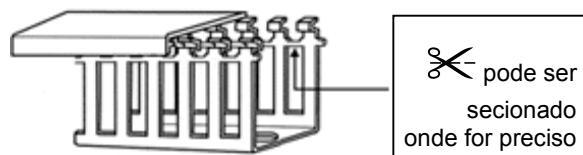
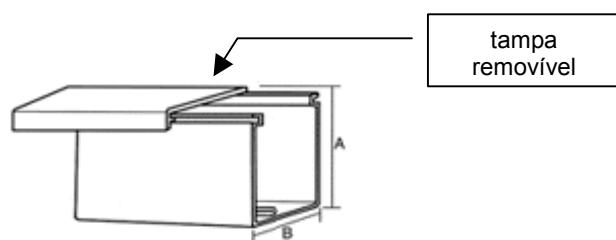
Estas canaletas são usadas para a proteção de cabos e fios em painéis de comando e em máquinas operatrizes. Protegem também todos os condutores instalados e distribuídos nas instalações elétricas em geral.

São fabricadas geralmente em PVC rígido na cor cinza. Existem os modelos: fechada, semifechada e aberta.

Tabela 4 – Tamanhos comerciais de canaletas

Comprimento	largura (mm)	altura (mm)
2 metros	15	20
	20	20
	30	30
	30	50
	50	50
	80	50
	110	50
	150	50
	30	80
	50	80
	80	80

Fonte: SENAI-DN. *Tabelas e diagramas elétricos*.



Fonte: <http://www.reimold.com.br>

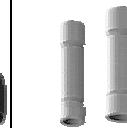
Figura 54 – Canaletas

6.16 TERMINAIS

Uma conexão realizada com cabo flexível não oferece boa garantia de contato. Para que isso aconteça de forma mais eficiente, utilizam-se terminais prensados nas pontas desses condutores.

São diversos os tamanhos e modelos existentes, variando conforme o fabricante.

Tabela 5 – Terminais isolados

Terminais pré-isolados						
						
macho e fêmea	macho e fêmea	olhal	anel	pino	luva	forquilha (garfo)

Cor da isolação X Condutor (Ref.: CRIMPER)

vermelho	azul	amarelo
0,25 – 1,50 mm ² (22 – 16 AWG)	1,10 – 2,60 mm ² (16 – 14 AWG)	2,70 – 6,00 mm ² (12 – 10 AWG)

As características dimensionais dos terminais podem ser diferentes de um fabricante para outro; a conexão aos cabos é feita com o alicate prensa terminais (existem vários modelos).

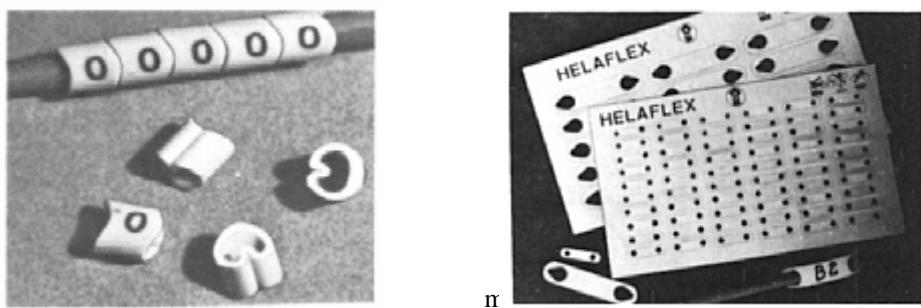
Fonte: CRIMPER; terminais pré-isolados

6.17 IDENTIFICADORES

Usados em conectores, condutores e em vários outros componentes, os identificadores auxiliam na montagem de uma instalação completamente mapeada, ficando muito fácil executar qualquer tipo de serviço posterior.

São vários os modelos, cores e tamanhos existentes, tendo cada um sua aplicação. Os identificadores trazem impressos letras, números e símbolos, atendendo a mais diversificada necessidade.

Os identificadores utilizados em condutores são também chamados de anilhas.

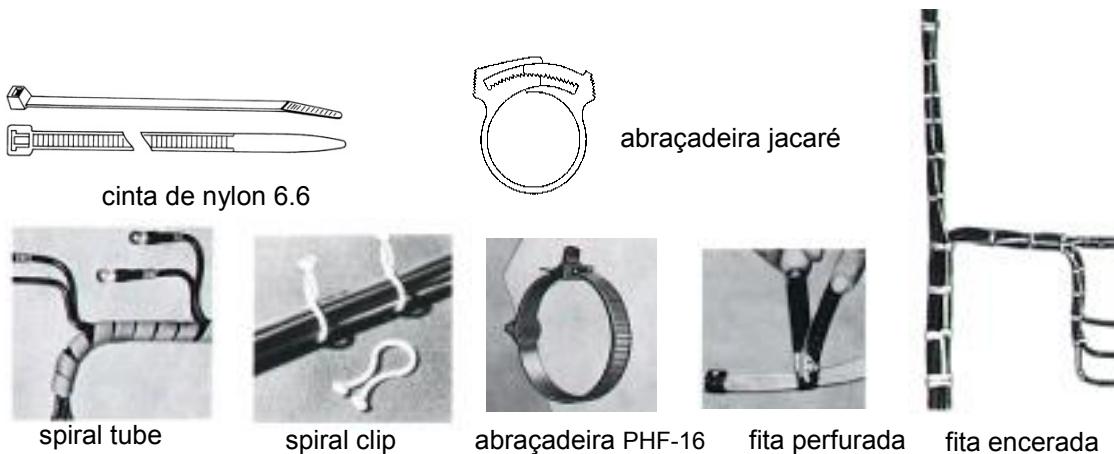


Fonte: HELLMANN; Líder mundial em acessórios para cabos e fios
 Figura 55 – Identificadores

6.18 ACESSÓRIOS PARA CABLEAMENTO

Quando se tem vários fios ou cabos passando por determinado local dentro ou fora de um quadro de comando, esses condutores são amarrados uns aos outros formando o que se chama de chicote.

A amarração pode ser feita usando-se vários tipos de dispositivos, como mostra a figura:



Fonte: HELLMANN; Líder mundial em acessórios para cabos e fios
 Figura 56 – Acessórios para cableamento (chicote)

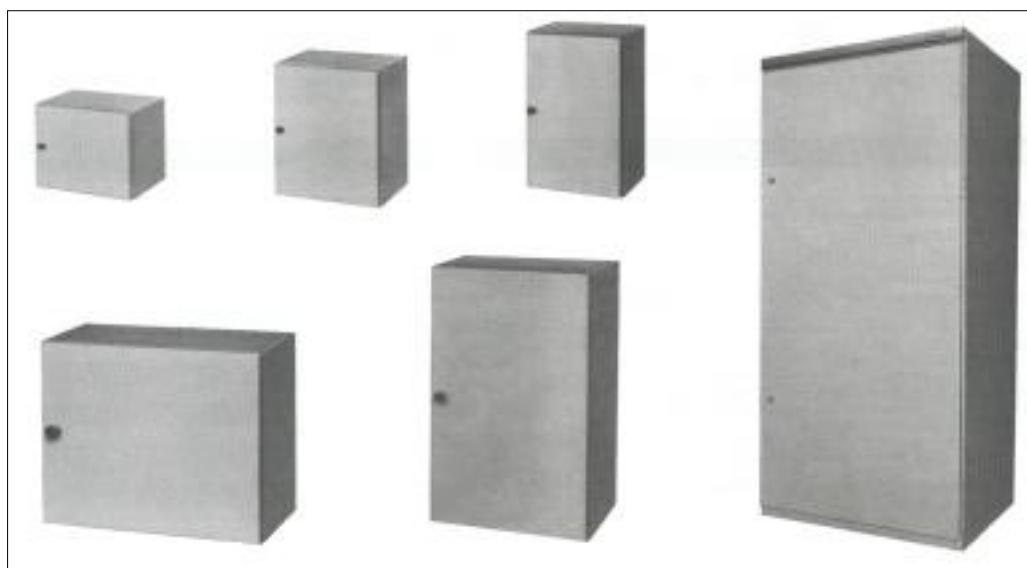
6.19 ARMÁRIOS PARA QUADROS DE COMANDO

Os armários são caixas construídas normalmente em chapa de aço revestida com tinta, nas quais ficam as partes principais de uma instalação industrial, protegendo e armazenando grande parte dos componentes.

São diversos os tamanhos e modelos existentes. Algumas empresas constroem as caixas para quadros de comando em formatos especialmente desenvolvidos para suas máquinas. Os modelos mais tradicionais (formato de caixa) são também chamados de cofres. Existem outros modelos, como, por exemplo, os púlpitos, geralmente usados em linhas de produção para um controle centralizado.

A parte interna, na maioria das vezes de cor laranja, onde são fixados todos os componentes, é chamada de chassi ou placa de montagem. As portas das caixas devem ser furadas ou recortadas, de acordo com a necessidade de cada instalação, pois, quando novas, são inteiras, sem nenhum recorte.

O aterramento desses armários é de fundamental importância para a questão de segurança da instalação elétrica ao operário.



Fonte: SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção*.

Figura 57 – Quadros de comando

6.20 FUSÍVEIS

Fusível é um elemento de proteção que deve atuar em caso de curto-circuito. Os fusíveis utilizados na proteção de circuitos com motores são do tipo retardado (tipo g), isto porque a fusão do elo não ocorre instantaneamente após ser ultrapassada a corrente nominal do fusível, podendo nem queimar, dependendo da duração e do valor atingido. Isto é para que o elo não rompa com o pico de partida dos motores.

Quando o valor de corrente ultrapassa em cerca de 10 vezes ou mais a capacidade nominal do fusível, a atuação é praticamente instantânea.

Atenção: Nunca se deve substituir um fusível sob carga (corrente), pois o arco elétrico provocado pode machucar e causar sérios danos.

6.20.1 Fusível Diazed

Diazed é o modelo de fusível utilizado em instalações industriais nos circuitos com motores. É do tipo retardado e fabricado para correntes de 2 a 100 A.

O conjunto de proteção Diazed é formado por: tampa, anel de proteção – ou, alternativamente, cobertura de proteção –, fusível, parafuso de ajuste e base unipolar ou tripolar (com fixação rápida ou por parafusos).

O fusível possui na extremidade um indicador que tem a cor correspondente à sua corrente nominal, que é a mesma cor do parafuso de ajuste. O indicador desprende-se em caso de queima, podendo ser visto pelo visor da tampa. Seu interior é preenchido com uma areia especial, de quartzo, que extingue o arco voltaico em caso de fusão.

O parafuso de ajuste tem a função de não permitir a substituição do fusível por outro de maior valor, já que o diâmetro da extremidade que fica em contato com este é diferente para cada corrente (exceção para 2, 4 e 6 A, quando o parafuso tem a mesma bitola, embora diferenciado nas cores). A fixação deste parafuso é feita com uma chave especial chamada de chave para parafuso de ajuste (ou chave rapa).

Na base, a conexão do fio fase deve ser no parafuso central, evitando que a parte rosada fique energizada quando sem fusível.

Tabela 6 – Código de cores dos fusíveis Diazed

Corrente nominal (A)		Código de cor
Base 25	2	Rosa
	4	marrom
	6	verde
	10	vermelho
	16	cinza
	20	azul
	25	amarelo
Base 63	35	preto
	50	branco
	63	cobre
Base 100	80	prata
	100	vermelho

Fonte: SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção*



Fonte: SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção.*

Figura 58 – Componentes de um conjunto de segurança Diazed

6.20.2 – Fusível NH

O fusível NH é usado nos mesmos casos do Diazed, porém é fabricado de 6 a 1.250 A.

O conjunto é formado por fusível e base. A colocação e/ou retirada do fusível é feita com o punho saca-fusível. Existe nele um sinalizador de estado (bom/queimado), porém não em cores diferentes, como no Diazed.



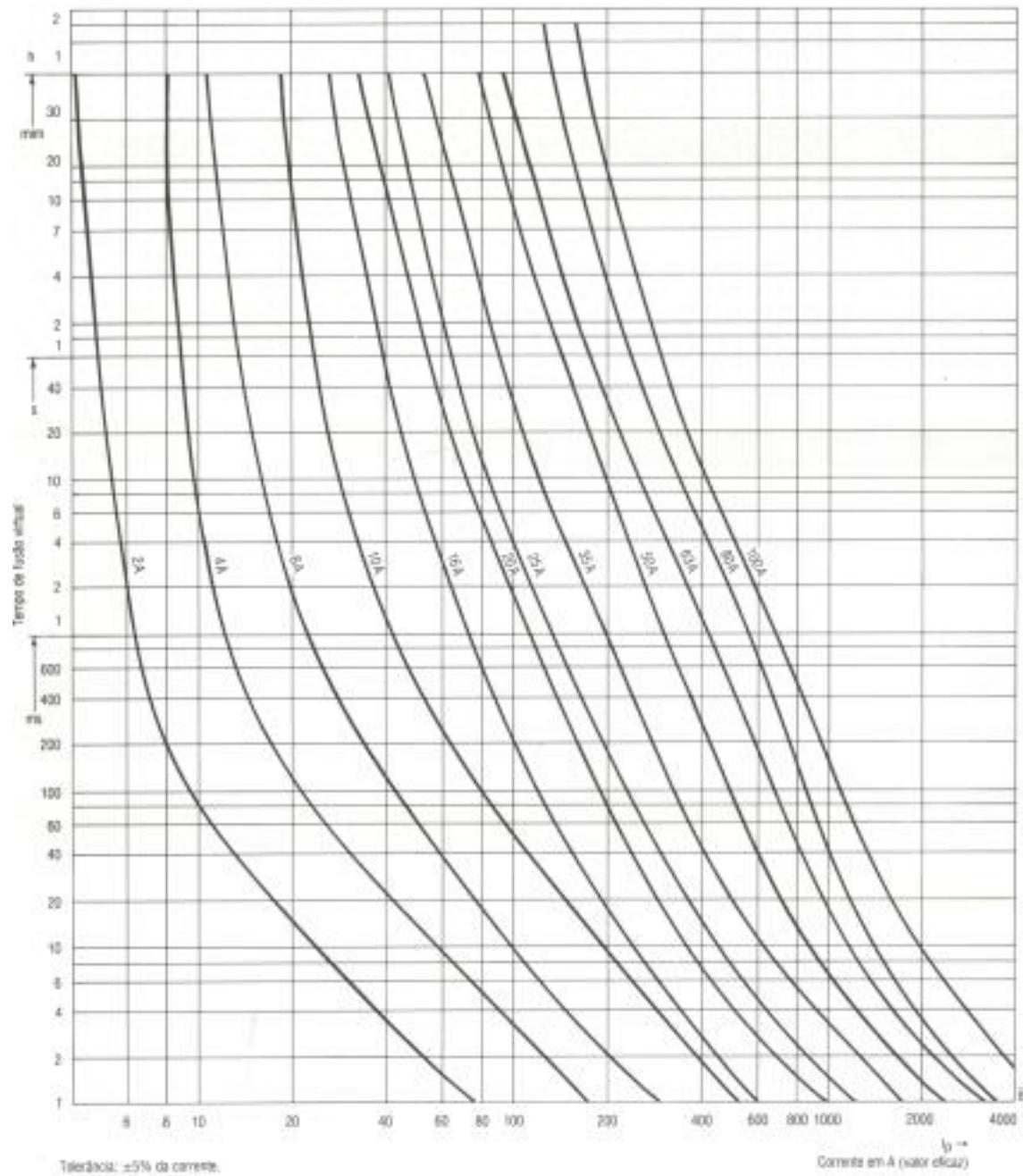
Fonte: SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção.*

Figura 59 – Componentes de um conjunto de segurança NH

6.20.3 Dimensionando um fusível

Para determinar o fusível de um circuito que terá um motor elétrico, deve-se conhecer a corrente nominal (I_n) do motor, a corrente de partida (I_p/I_n) e o tempo que o motor leva para acelerar totalmente.

Com base nisso consulta-se o gráfico tempo X corrente, na figura a seguir, fornecido pelo fabricante de fusíveis.



Fonte: SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção.*

Figura 60 – Curva característica tempo/corrente: fusíveis Diazed

Exemplo 1: motor trifásico $I_n = 10\text{ A}$; $I_p/I_n = 7,1$; tempo de partida = 5 s.

- a corrente de partida será: $10 \times 7,1 = 71\text{ A}$;
- o fusível que suporta este valor por 5 s é o de 20 A;
- como 20 A é maior que a I_n (10 A), usa-se então o fusível de 20 A.

Observação: Há casos em que a corrente do motor é maior que a encontrada para o fusível no gráfico. Usa-se, então, o primeiro superior à corrente nominal (I_n) do motor.

Exemplo 2: motor trifásico $I_n = 12 \text{ A}$; $I_p/I_n = 5,2$; tempo de partida = 10 s; com sistema de partida para redução do pico de corrente em 4 vezes (25%).

- a corrente de partida será: $12 \times 5,2 / 4 = 15,6 \text{ A}$;
- o fusível que suporta este valor por 10 s é o de 6 A;
- como 6 A é menor que a corrente nominal do motor ($I_n = 12 \text{ A}$), deve-se usar o fusível ligeiramente superior, que é o de 16 A.

Importante: Existem fusíveis de atuação rápida que não são indicados para proteção de motores. Alguns são fisicamente idênticos aos fusíveis Diazed® e NH, mas não podem ser utilizados, pois queimarão no momento da partida. O contrário também deve ser observado: não instalar fusíveis retardados em equipamentos que exijam fusíveis rápidos.

6.21 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

CLP é o componente que substitui a parte lógica tradicional de uma instalação, o chamado circuito de comando, onde há contatos auxiliares, temporizadores, intertravamentos etc., e faz isso via *software*; quase sempre é possível sua interação com um microcomputador.

Fisicamente o CLP é formado por um circuito eletrônico, por entradas e por saídas. As entradas são os terminais onde se ligam todos os componentes que dão instruções ao circuito, determinando o que deve ser feito com base em uma programação pré-realizada (*software*). Incluem-se os interruptores, fim-de-curso, pedaleiras, sensores, contatos do relé térmico de sobrecarga etc. Nas saídas são ligados os componentes que seriam acionados em um circuito de comando tradicional, como, por exemplo, contatores, lâmpadas, solenóides etc. As entradas e saídas podem ser analógicas (valores variáveis) ou digitais (valores não variáveis, ou seja, ligado ou desligado, tudo ou nada).

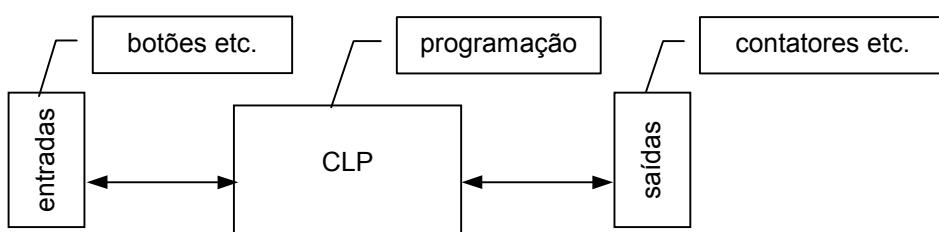


Figura 61 – Estrutura básica de um comando com CLP

Os CLPs trazem a vantagem de reduzir e facilitar a instalação física, excluindo os componentes da parte de comando, como os temporizadores e relés de comando (ou contador auxiliar). Além disso, qualquer mudança da parte lógica não implicará em mudança das ligações, sendo alterada somente a programação do CLP (*software*).

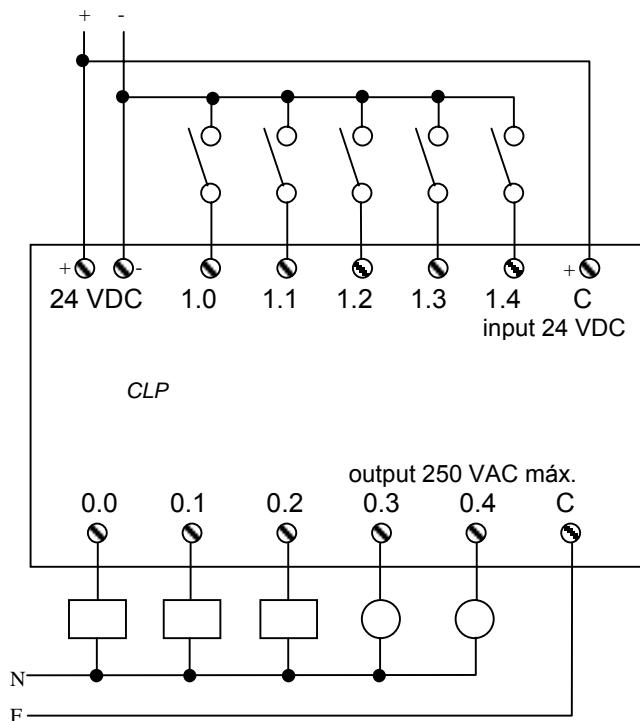


Figura 62 – Ligação básica das entradas e saídas (digitais) em um CLP

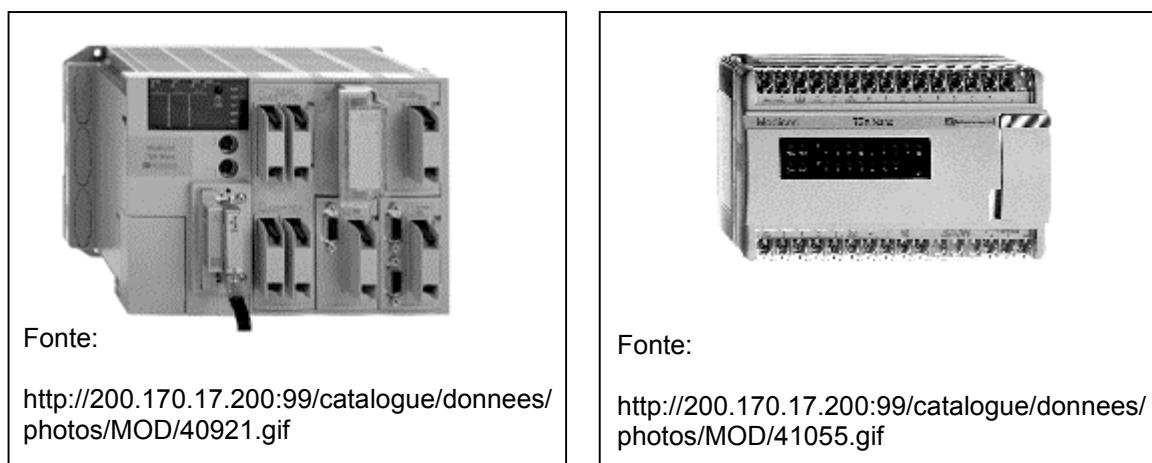
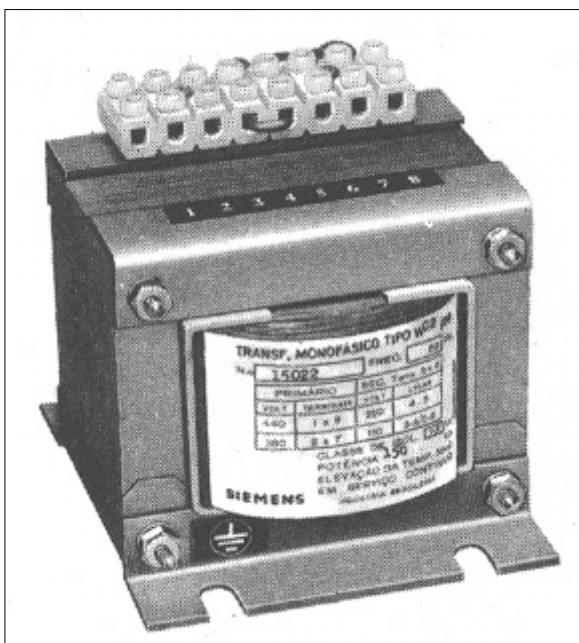


Figura 63 – Controladores Lógicos Programáveis (Fabricante TELEMECANIQUE)

6.22 TRANSFORMADOR DE COMANDO

Usado na alimentação dos circuitos de comando, servem para fornecer um valor de tensão desejado e também isolar elétricamente esses circuitos da rede elétrica. Geralmente possuem várias opções de entrada e saída de tensão permitindo ligação nos valores desejados. É importante aterrizar um dos condutores da saída do transformador e também colocar fusíveis tanto no primário como no secundário.



Fonte: SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção.*
Figura 64: transformador de comando.

7 SIMBOLOGIA

Ao desenharmos um circuito elétrico, onde aparecem vários componentes, representamos esses através de símbolos, com o objetivo de facilitar a construção do desenho. Embora existam normas que padronizam esses símbolos, a realidade é que encontramos nas indústrias uma variedade muito grande de símbolos para um mesmo componente pois algumas empresas preferem criar simbologia própria do que seguir determinada norma. Apesar de tudo, com uma boa observação, é possível para o profissional da área decifrar todos os símbolos que eventualmente se possa encontrar.

A simbologia a seguir é a adotada para este manual.

Letra	Utilização
B	botoeira, fim de curso, chave de comando em geral
C	capacitor
D	contator auxiliar, temporizador
F	dispositivo de proteção
H	sinalizador
K	contator principal
M	motor
N	retificadores e baterias
R	resistência
S	sensor
T	transformadores

Símbolo	Descrição
	botoeira sem retenção
	botoeira com retenção
	fim de curso
	contato auxiliar
	contato relé térmico de sobrecarga
	termostato
	pressostato
	temporizador com retardo na energização (ON-delay)
	temporizador com retardo na desenergização (OFF-delay)
	temporizador YΔ - contatos
	contator - bobina
	temporizador YΔ - bobina
	temporizador com retardo na energização - bobina
	temporizador com retardo na desenergização - bobina
	cruzamento com ligação
	cruzamento sem ligação
	fusível
	aterramento
	sinalização visual (lâmpada)
	sinalização sonora (buzzer)
	resistência elétrica
	bobina (indutor)
	capacitor
	diodo retificador
	conector
	instrumento de medição

Símbolo	Descrição
	relé térmico de sobrecarga
	disjuntor tripolar
	contator - contatos principais
	chave seccionadora tripolar
	autotransformador trifásico de partida
	motor monofásico
	motor trifásico
	motor trifásico duas velocidades - Dahlander
	motor trifásico duas velocidades - enrolamentos separados
	motor trifásico de rotor bobinado
	freio mecânico na desenergização
	freio mecânico na energização

8 SISTEMAS DE PARTIDA PARA MOTORES TRIFÁSICOS – ESQUEMAS

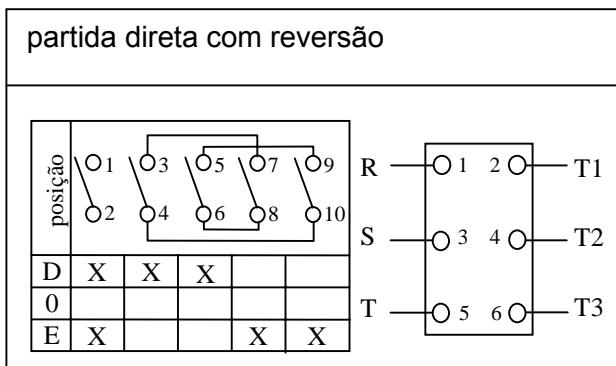
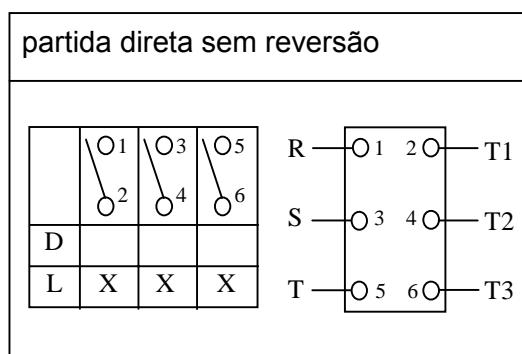
Basicamente existem duas maneiras para dar partida em um motor elétrico trifásico: ligação direta a plena tensão ou ligação indireta com tensão reduzida. Para isso, há necessidade de um circuito elétrico para fazer o acionamento. O circuito é de acionamento manual ou automático.

A seguir, apresenta-se uma série de diagramas básicos que mostram como funciona cada tipo de circuito.

Para a utilização em alguma máquina, muito provavelmente será necessário fazer algumas alterações nos circuitos de comando quando se tratar de instalações automáticas.

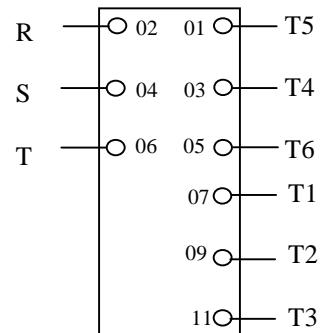
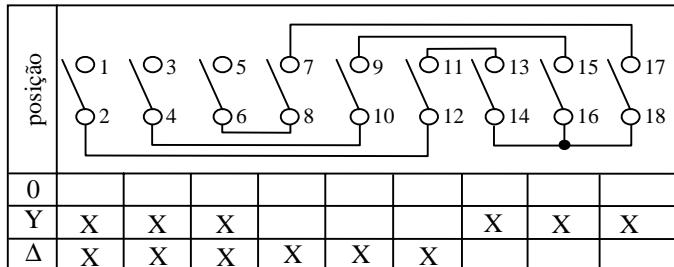
8.1 PARTIDAS MANUAIS

8.1.1 Partida direta

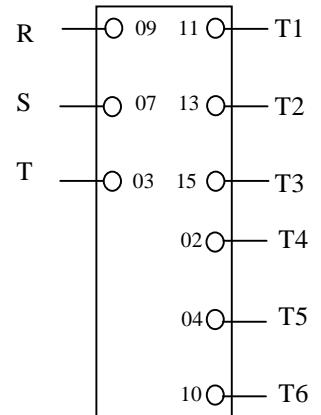
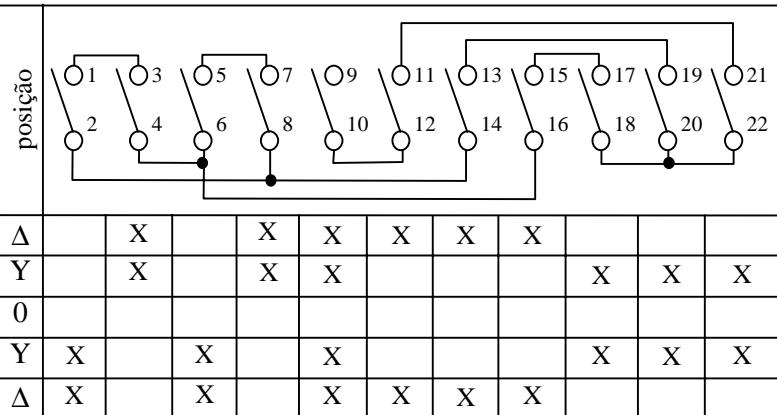


8.1.2 Partida estrela-triângulo

partida estrela-triângulo sem reversão

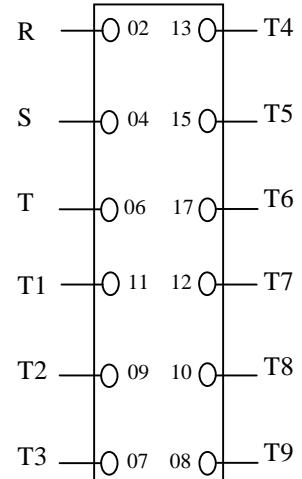
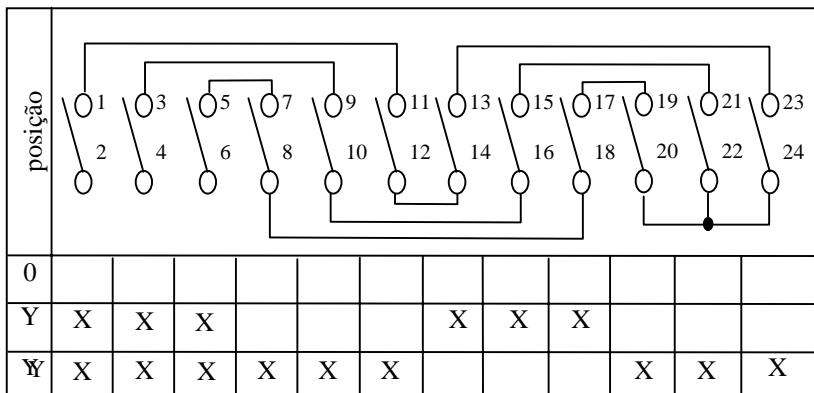


partida estrela-triângulo com reversão

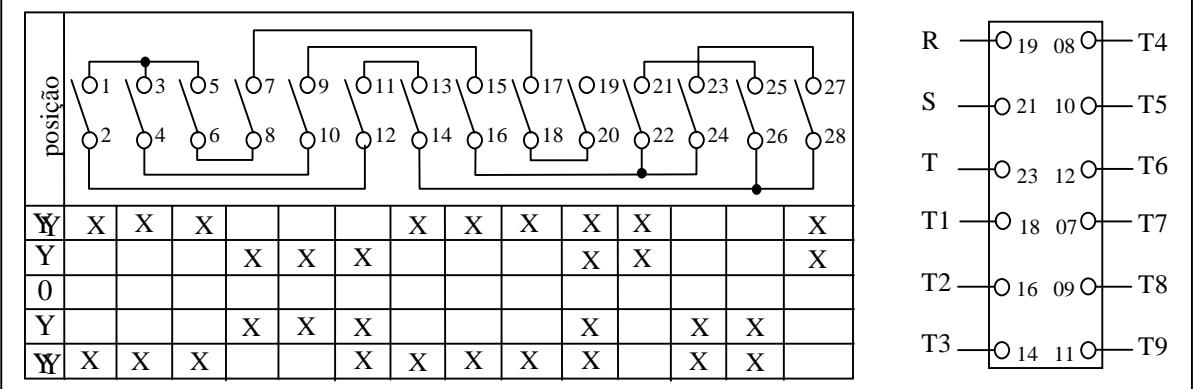


8.1.3 Partida série-paralelo

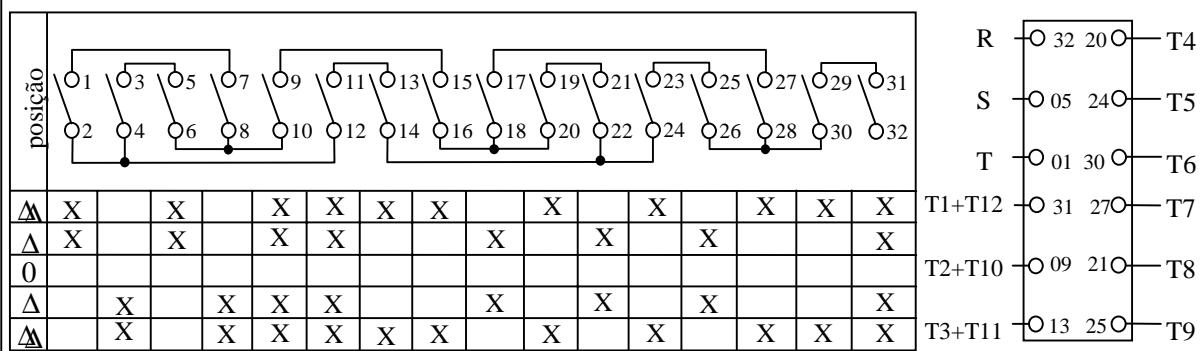
partida série-paralelo estrela sem reversão



partida série-paralelo estrela com reversão



partida série-paralelo triângulo com reversão



Observações:

- na partida estrela, quando usado motor 12 pontas, fecham-se em curto os terminais 10, 11 e 12;
- na partida triângulo, se usado motor 9 pontas triângulo, basta desprezar os terminais 10, 11 e 12 (ver 3.1.2 Ligação série-paralelo).

8.1.4 Partida compensada

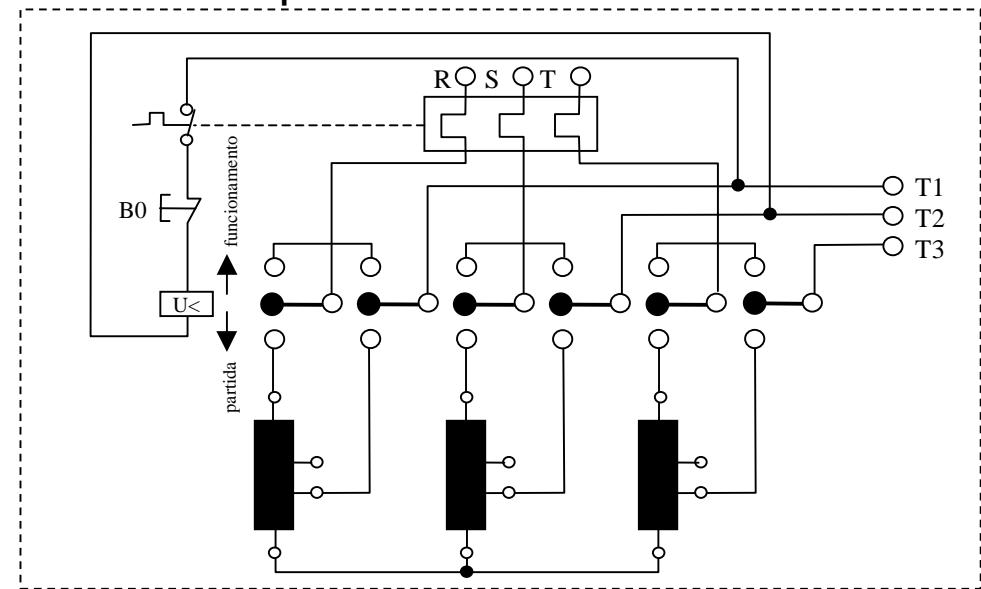
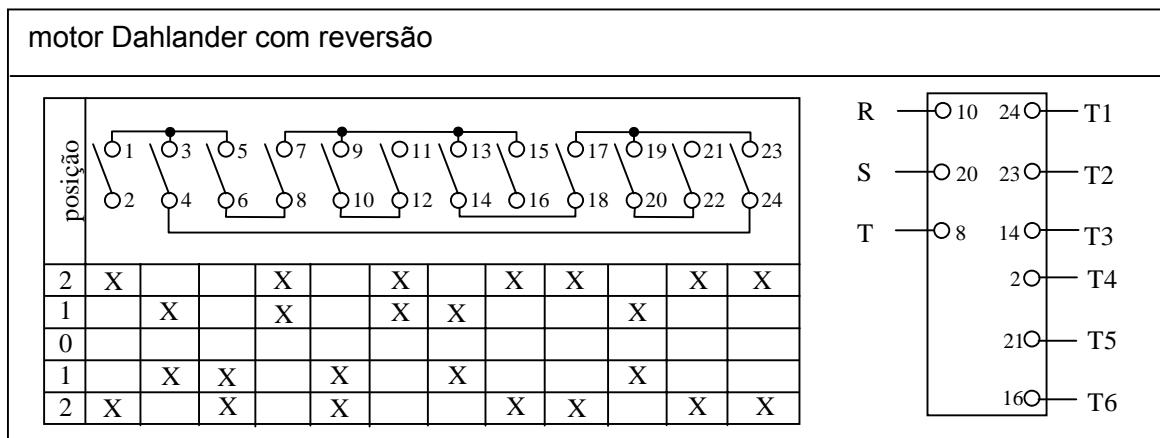
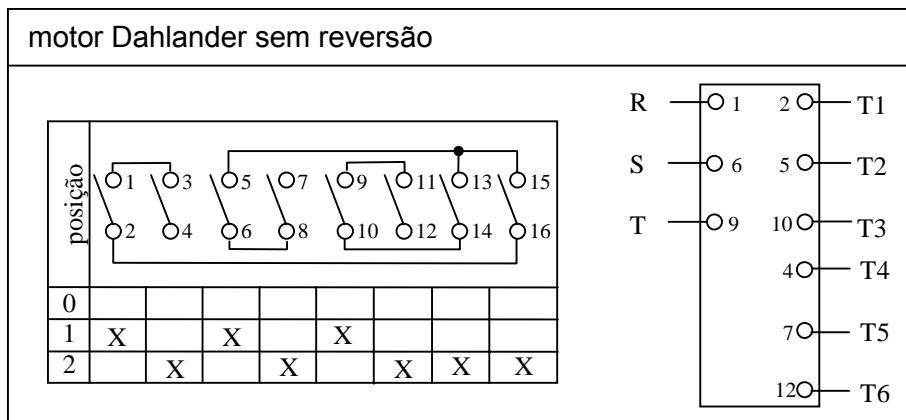


Figura 66 – Diagrama elétrico da lógica de funcionamento

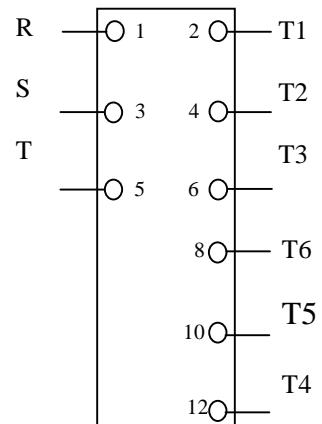
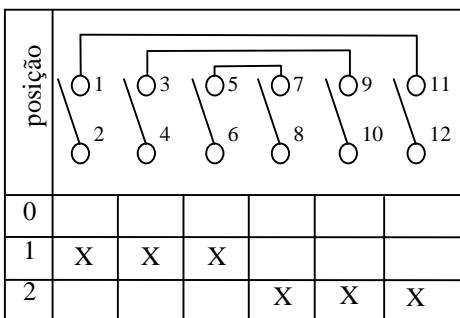
Observações:

- a alimentação deve ser feita nos terminais R, S e T, e o motor conectado aos terminais T1, T2 e T3;
- devem ser observados a potência do motor e o número máximo de partidas por hora indicado para a chave, a fim de não superaquecer o transformador, o que pode provocar sua queima;
- o *tap* de saída pode ser trocado para a posição desejada;
- a chave deve permanecer na posição *partida* até que o motor atinja sua velocidade nominal; após isso, deve ser trocada para a posição *marcha* (rapidamente);
- algumas chaves têm seus componentes (contatos e/ou transformador) imersos em óleo isolante para refrigeração e/ou eliminação do arco elétrico;
- o relé térmico de sobrecarga deve ser ajustado para a I_{n} do motor. Atenção para os casos onde se emprega o relé térmico ligado a TCs, pois a relação de transformação deve ser considerada.

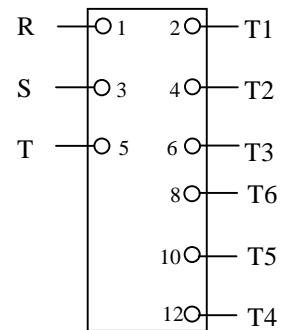
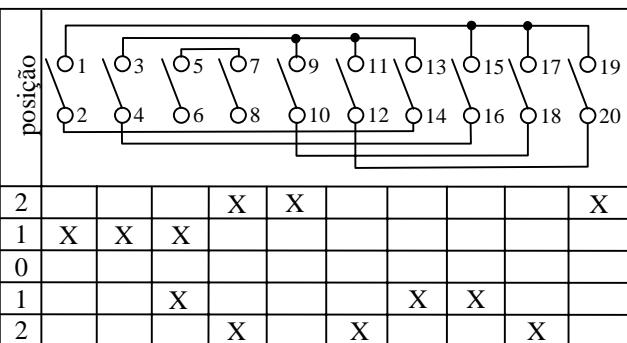
8.1.5 Partida de motores de múltiplas velocidades



motor de duas velocidades com enrolamentos separados sem reversão



motor de duas velocidades com enrolamentos separados com reversão



8.2 PARTIDAS AUTOMÁTICAS

8.2.1 Partida direta

Circuito de força: partida direta sem reversão

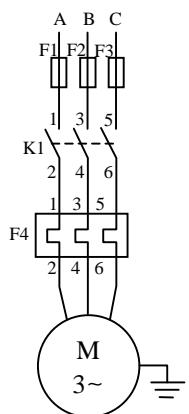
Circuitos de comando:

- 01 – um botão liga e outro desliga;
- 02 – dois botões ligam e dois desligam;
- 03 – comando com sinalização ligado, desligado e relé térmico de sobrecarga desarmado.

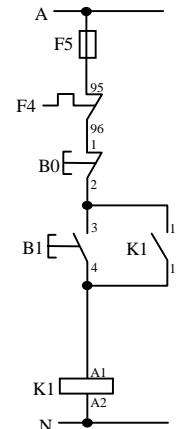
Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3: I_{partida} \times 5 \text{ seg.}$

$\Rightarrow K1: I_n \times FS; \Rightarrow F4: I_n (x FS).$

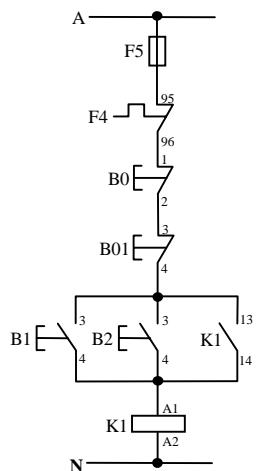
Força



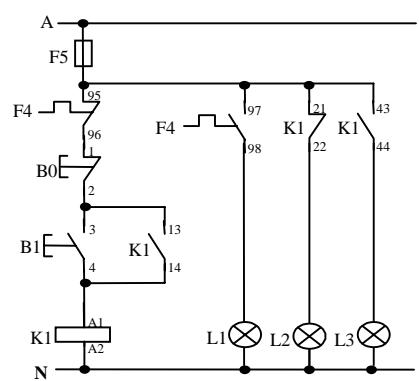
Comando 01



Comando 02



Comando 03



Círculo de força: partida direta com reversão

Circuitos de comando: 01 – reversão simples

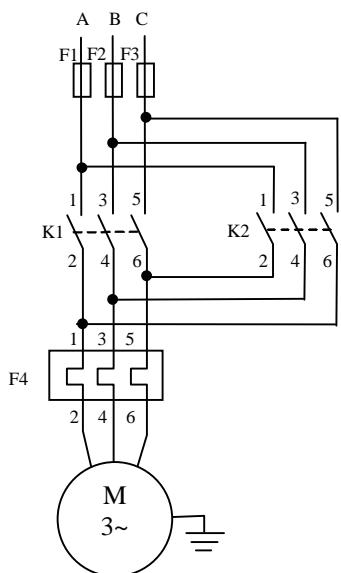
02 – reversão instantânea

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3: I_{partida} \times 5 \text{ seg.}$

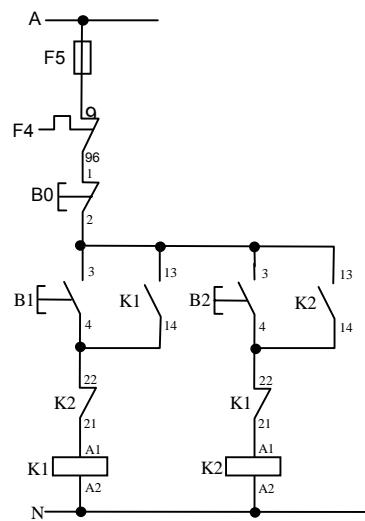
$\Rightarrow K1 \text{ e } K2: I_n \times FS$

$\Rightarrow F4: I_n (x FS).$

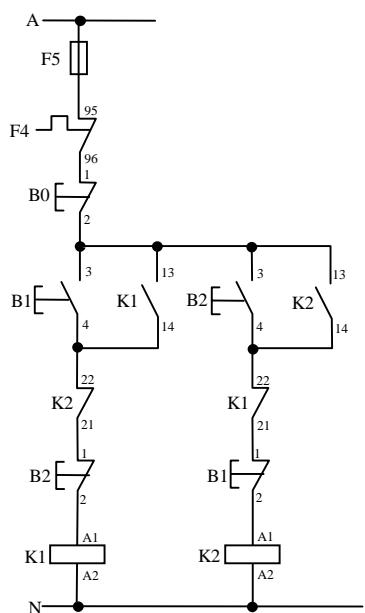
Força



Comando 01



Comando 02



8.2.2 Partida estrela-triângulo

Círculo de força: partida estrela-triângulo sem reversão

Circuitos de comando: 01 – circuito com temporizador ON-delay e sinalização partida/funcionamento;

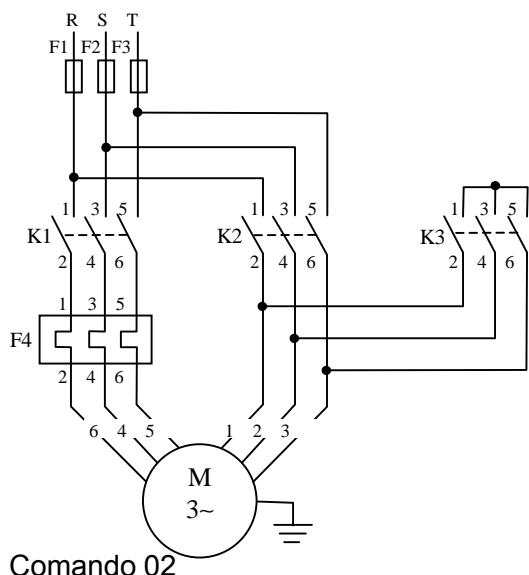
02 – circuito com temporizador YΔ e sinalização partida/funcionamento;

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, \text{ e } F3^{(*)}: (I_{\text{partida}} / \sqrt{3}) \times 15 \text{ seg.}$

$\Rightarrow K1 \text{ e } K2: (I_n / \sqrt{3}) \times FS$

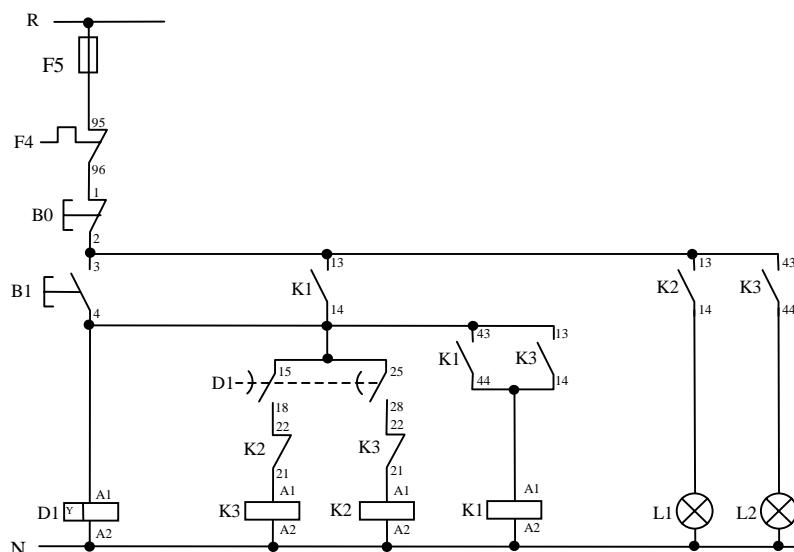
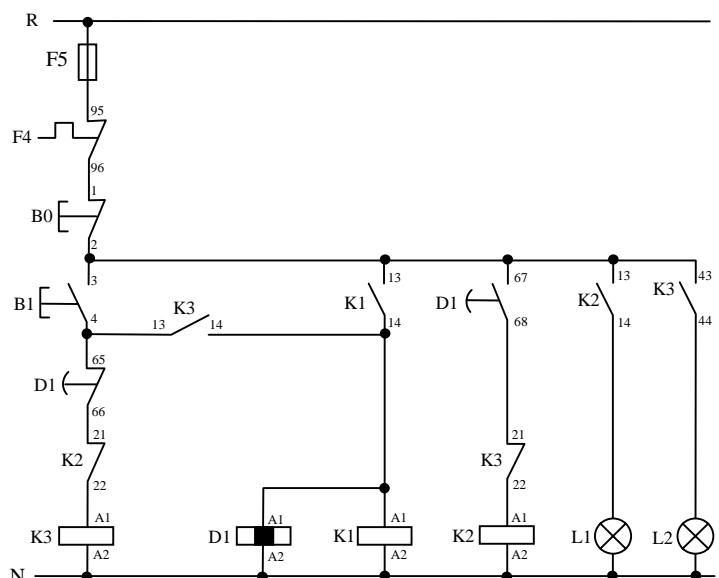
$\Rightarrow K3: (I_n / 3) \times FS; \Rightarrow F4: (I_n / \sqrt{3}) (x FS).$

Força



Comando 02

Comando 01



Observação:

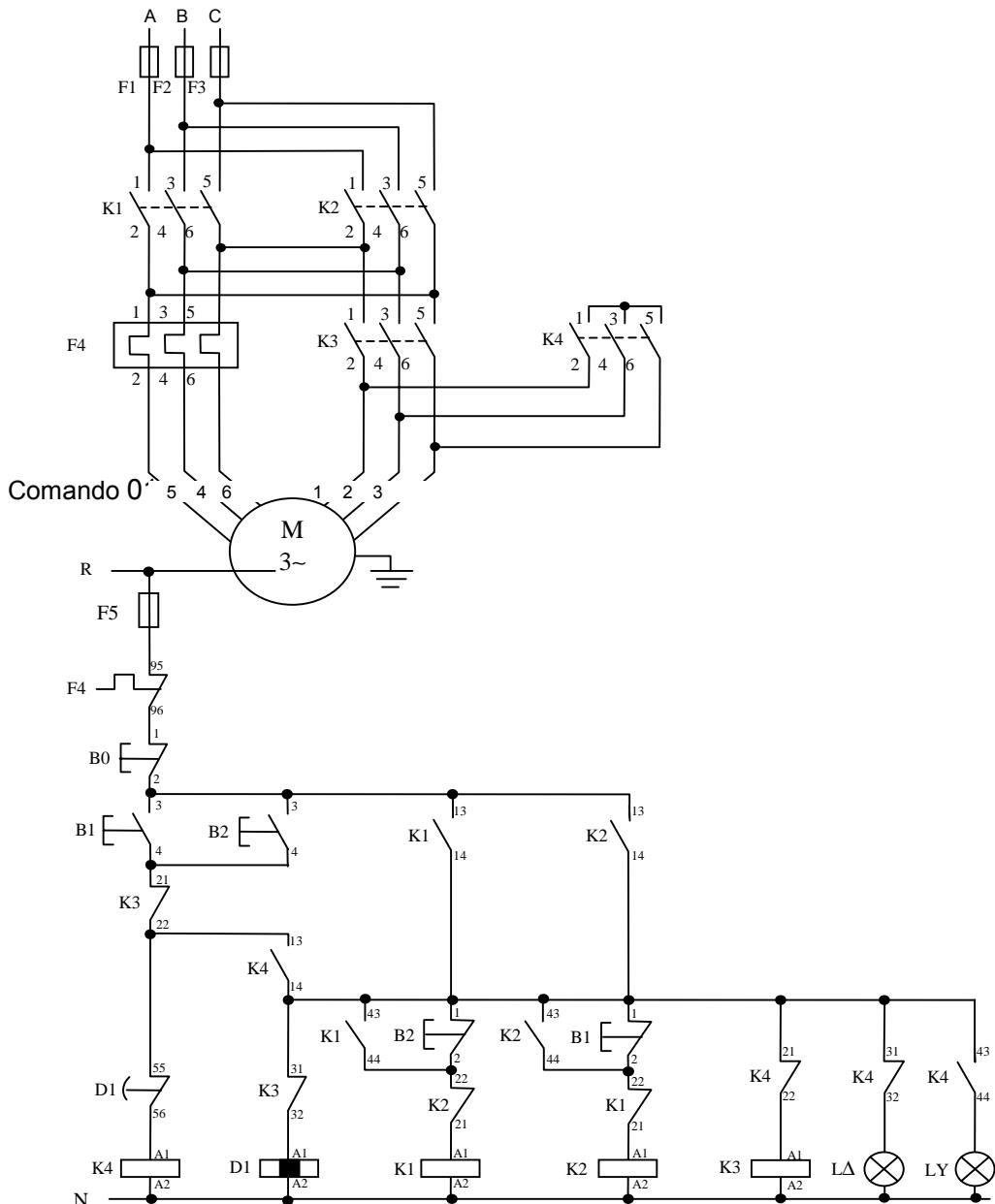
No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior à corrente nominal do motor (ver 6.20.3 Dimensionando um fusível).

Círcuito de força: partida estrela-triângulo com reversão

*Circuitos de comando: 01 – circuito com reversão simples e sinalização
partida/funcionamento*

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^{(*)}: (I_{partida} / \sqrt{3}) \times 15 \text{ seg.}$
 $\Rightarrow K1 \text{ e } K2: I_n \times FS$
 $\Rightarrow K3: (I_n / \sqrt{3}) \times FS$
 $\Rightarrow K4: (I_n / 3) \times FS$
 $\Rightarrow F4: (I_n / \sqrt{3}) \times FS.$

Força



*Observação: * No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior à corrente nominal do motor (ver 6.20.3 Dimensionando um fusível).*

8.2.3 Partida série paralelo

Círculo de força: partida série-paralelo estrela sem reversão

Círculo de comando: 01 – circuito com temporizador *ON-delay*

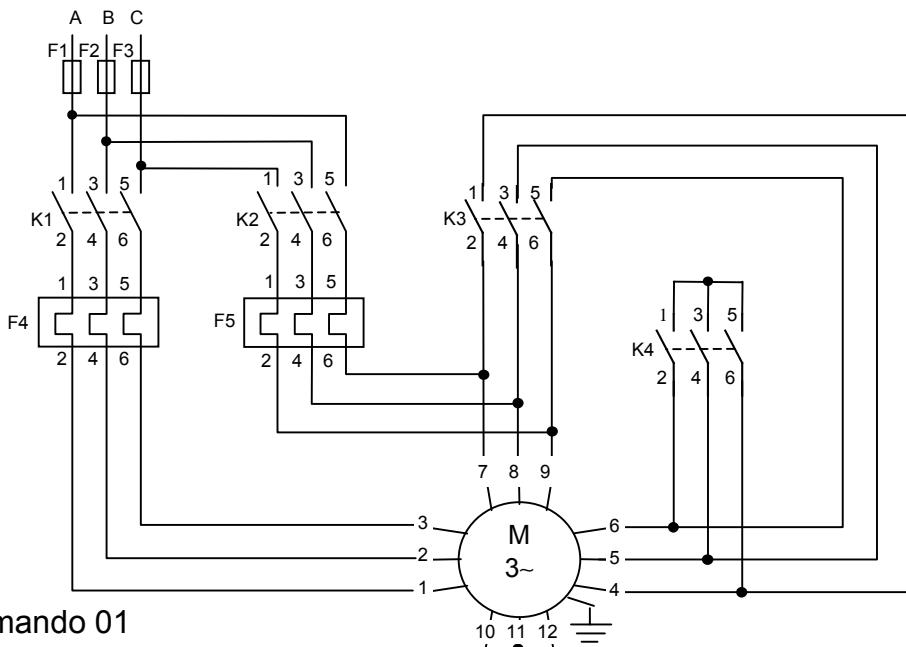
Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^{(**)}: (I_{partida}/4) \times 15 \text{ seg.}$

$\Rightarrow K3: (In / 4) \times FS$

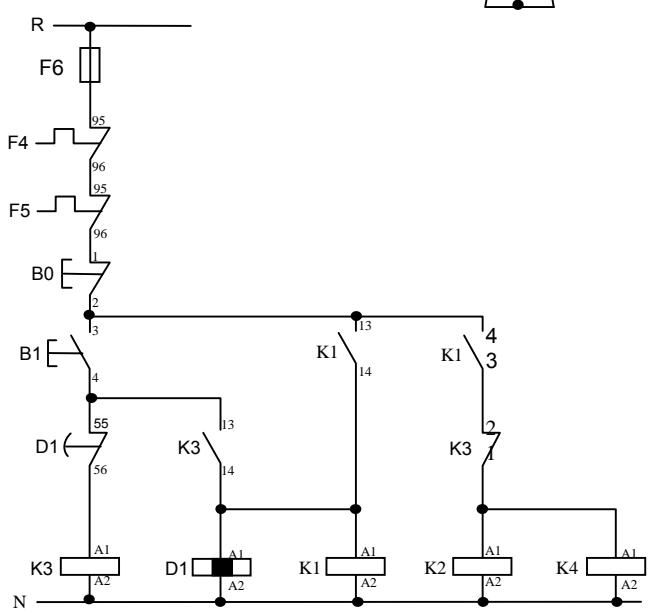
$\Rightarrow K1, K2 e K4: (In / 2) \times FS$

$\Rightarrow F4 e F5: (In / 2) (x FS).$

Força ^(*)



Comando 01



Observações:

- * O esquema de força refere-se a motores 12 pontas (4 tensões – 220, 380, 440 e 760 V). Para motores 9 terminais estrela (ver 3.1.2 *Ligaçāo séríe-paralelo*), basta desprezar os números de terminais 10, 11 e 12 no esquema. ** No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior à corrente nominal do motor (ver 6.20.3 *Dimensionando um fusível*).

Círculo de força: partida série-paralelo estrela com reversão

Círculo de comando: 01 – circuito com reversão simples

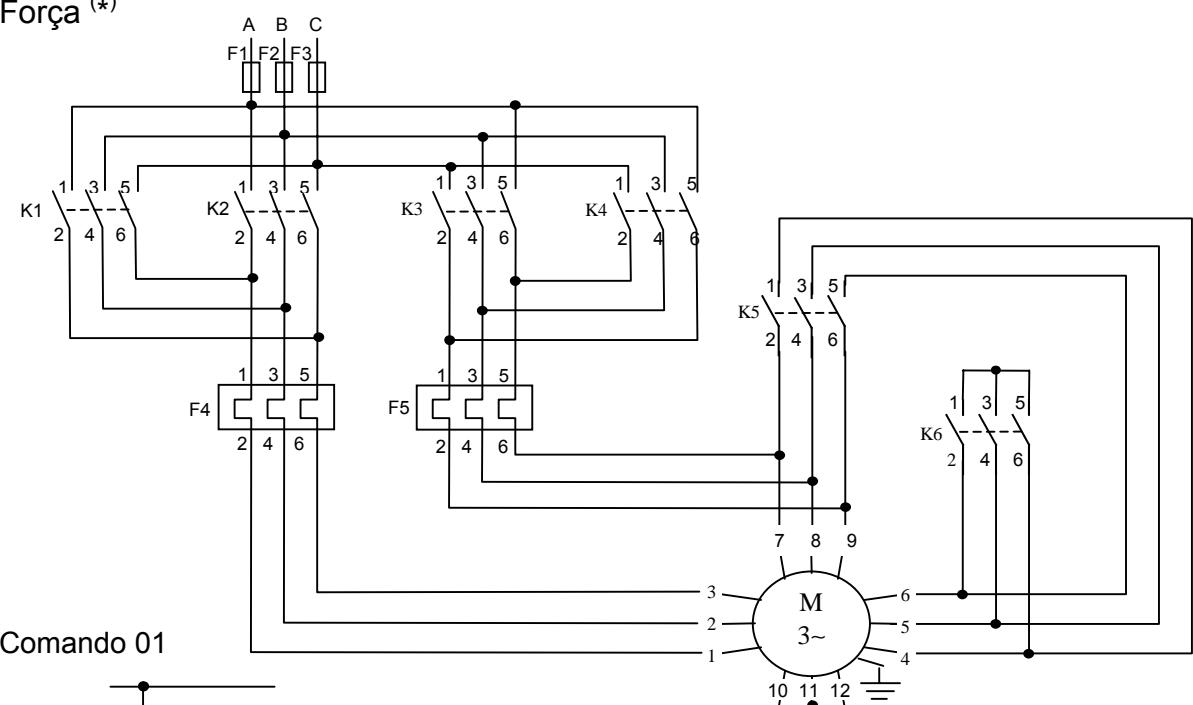
Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^{(**)}$: (Ipartida / 4) x 15 seg.

⇒ F4 e F5: (ln / 4) (x FS)

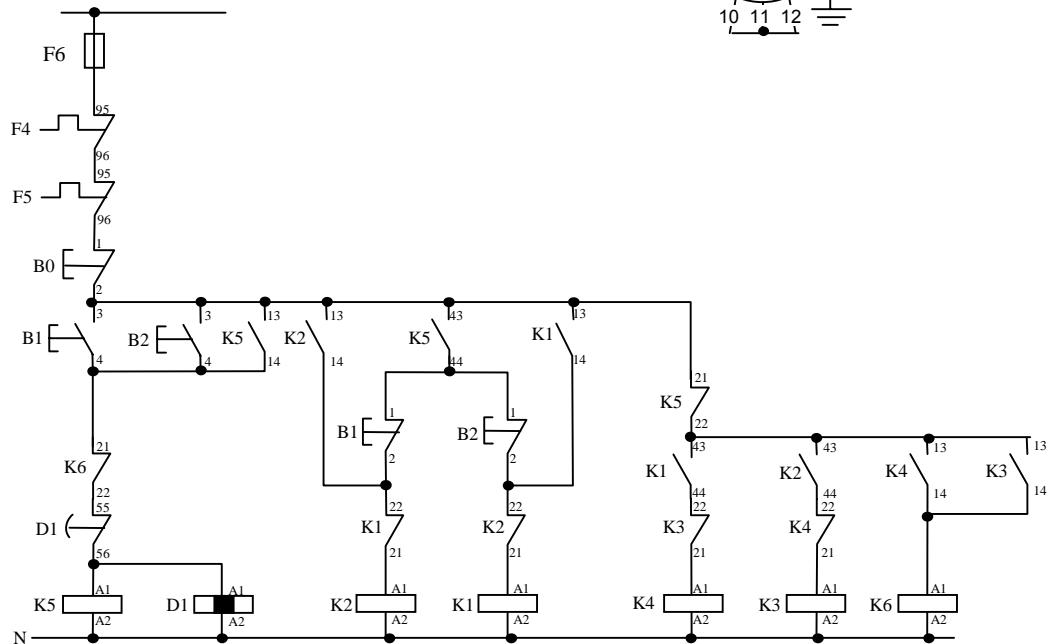
⇒ K1, K2, K3, K4 e K6: $(\ln / 4) \times FS$

⇒ K5: $(\ln / 4) \times FS.$;

Força (*)



Comando 01



Observações:

- * O esquema de força refere-se a motores 12 pontas (4 tensões – 220, 380, 440 e 760 V). Para motores 9 terminais estrela (ver 3.1.2 *Ligaçāo séríe-paralelo*), basta desprezar os números de terminais 10, 11 e 12 no esquema.

** No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior à corrente nominal do motor (ver 6.20.3 *Dimensionando um fusível*).

Círculo de força: partida série-paralelo triângulo sem reversão

Circuitos de comando: 01 – circuito com temporizador ON-delay

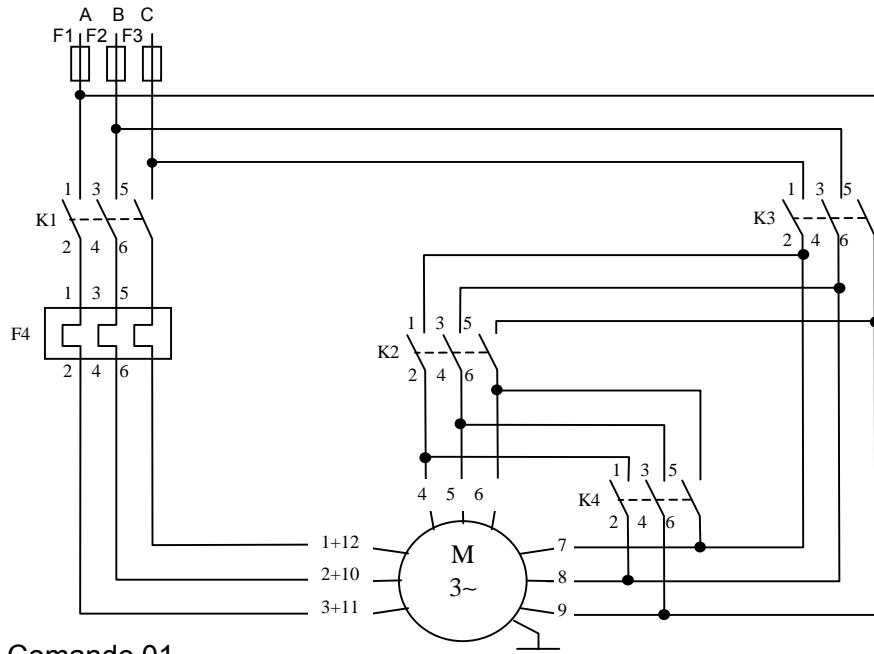
Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^{(**)}: (I_{partida} / 4) \times 15 \text{ s}$

$\Rightarrow K1, K3 e F4: (I_n / 2) \times FS$

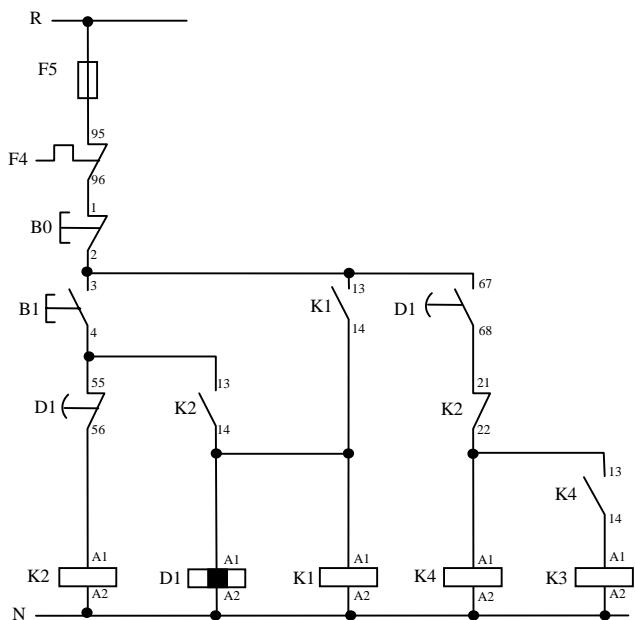
$\Rightarrow K2: I_n / (4 \times \sqrt{3}) \times FS$

$\Rightarrow K4: I_n / (2 \times \sqrt{3}) \times FS$.

Força (*)



Comando 01



Observações:

- * O esquema de força refere-se a motores 12 pontas (4 tensões – 220, 380, 440 e 760 V). Para motores 9 terminais triângulo (ver 3.1.2 Ligação série-paralelo), basta desprezar os números de terminais 10, 11 e 12 no esquema. ** No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior à corrente nominal do motor (ver 6.20.3 Dimensionando um fusível).

Círculo de força: partida série-paralelo triângulo com reversão

Circuitos de comando: 01 – circuito com temporizador ON-delay

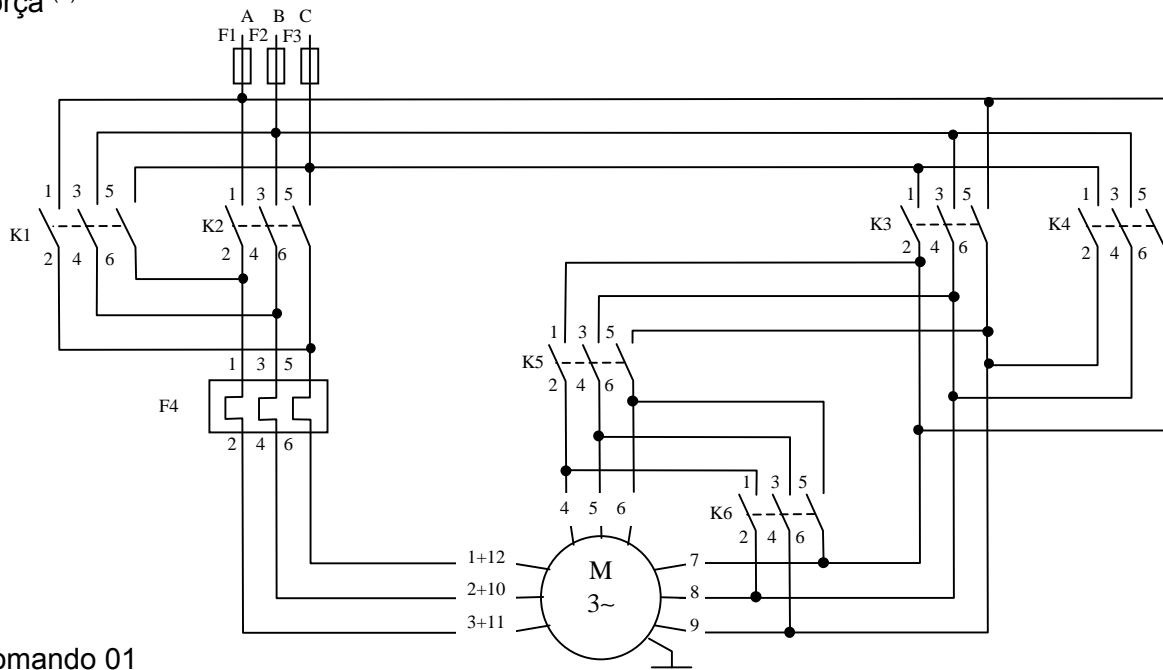
Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, \text{ e } F3^{(**)}$: $(\text{Ipartida} / 4) \times 15 \text{ s}$

⇒ K5: $\ln / (4 \times \sqrt{3}) \times FS$

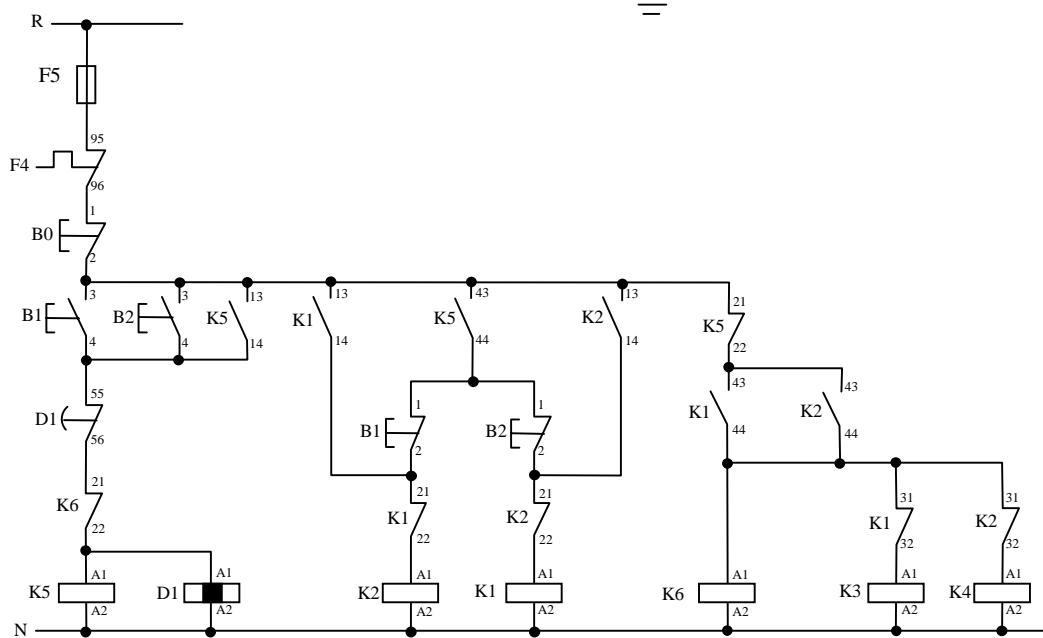
⇒ K1, K2, K3, K4 e F4: $(ln / 2) \times FS$

⇒ K6: $\ln / (2 \times \sqrt{3}) \times FS.$

Força (*)



Comando 01



Observações:

- * O esquema de força refere-se a motores 12 pontas (4 tensões – 220, 380, 440 e 760 V). Para motores 9 terminais triângulo (Ver 3.1.2 *Ligaçāo séríe-paralelo*), basta desprezar os números de terminais 10, 11 e 12 no esquema.
 - ** No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior à corrente nominal do motor (Ver 6.20.3 *Dimensionando um fusível*).

8.2.4 Partida compensada

Círculo de força: partida compensada sem reversão

Círcito de comando: 01 – circuito com temporizador ON-delay e sinalização de partida/funcionamento;

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, \text{ e } F3^{(*)}$: $(I_{partida} \times 0,64) \times 15 \text{ seg.}$

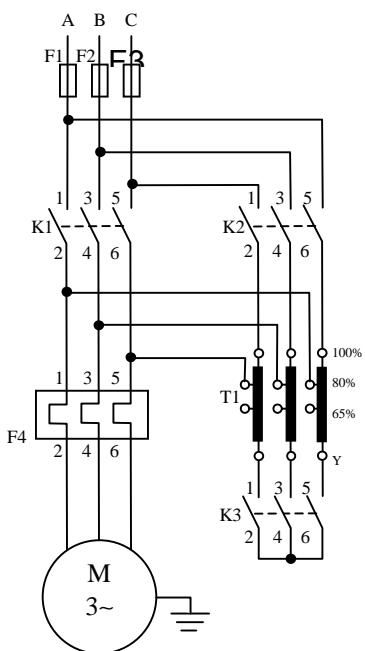
⇒ K1: (ln) x FS

⇒ K2^(**): (ln x 0,64) x FS

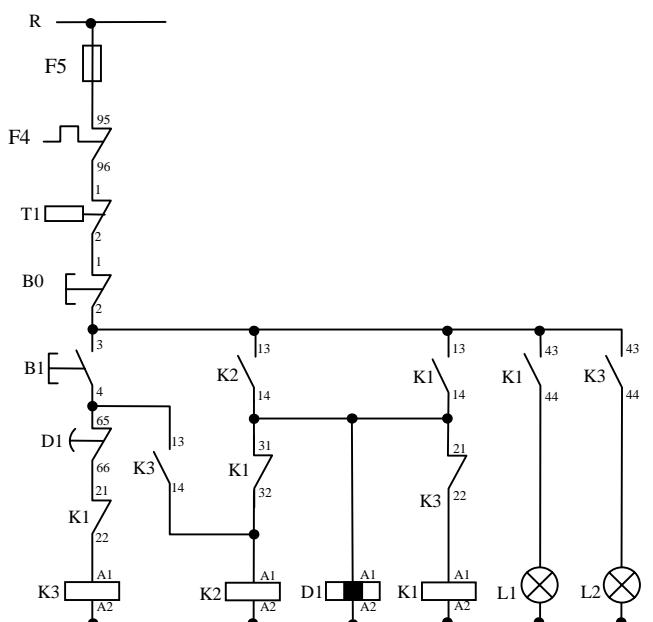
⇒ K3^(**): (ln x 0,23) x FS

⇒ F4: $\ln(x)$ FS.

Força



Comando 01



Observações:

- * No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior a corrente nominal do motor (ver 6.20.3 *Dimensionando um fusível*).

** Os valores dos componentes são para um autotransformador com *taps* de 65 e 80% (para outros valores, ver 4.2.1 *Partida compensadora*).

Círculo de força: partida compensada com reversão

Círculo de comando: 01 – circuito para reversão simples

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^{()}: (I_{partida} \times 0,64) \times 15 \text{ seg.}$*

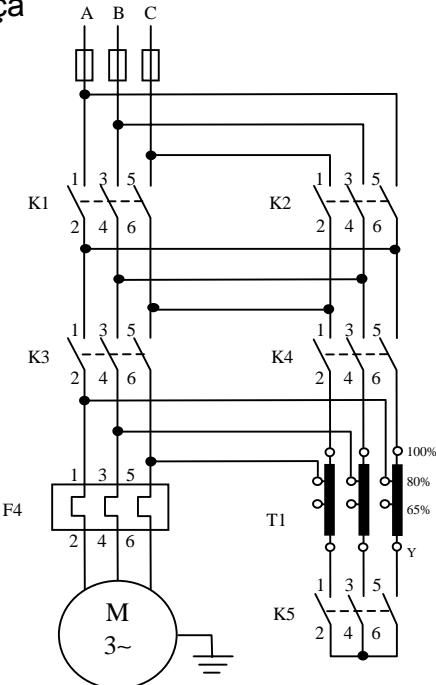
$\Rightarrow K1, K2 \text{ e } K3: I_n \times FS$

$\Rightarrow K4^{(**)}: (I_n \times 0,64) \times FS$

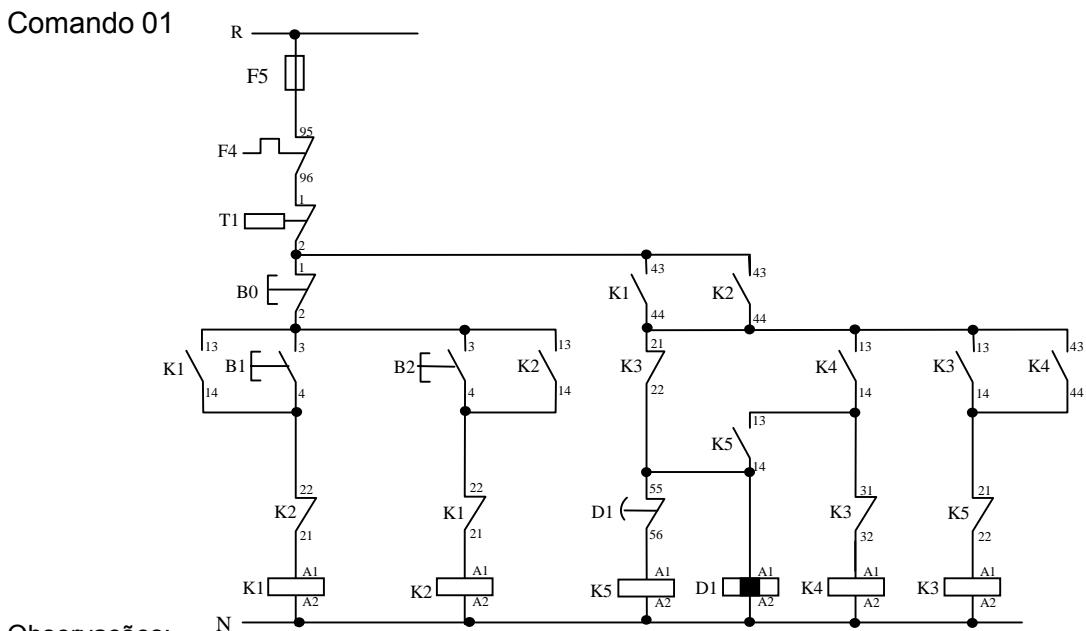
$\Rightarrow K5^{(**)}: (I_n \times 0,23) \times FS$

$\Rightarrow F4: I_n (x FS).$

Força



Comando 01



Observações:

* No dimensionamento dos fusíveis, o valor encontrado não deve ser inferior à corrente nominal do motor (ver 6.20.3 *Dimensionando um fusível*).

** Os valores dos componentes são para um autotransformador com *taps* de 65 e 80% (para outros valores, ver 4.2.1 *Partida compensadora*).

8.2.5 Partida de motor de múltiplas velocidades

Círculo de força: motor Dahlander sem reversão

Círculo de comando: 01 – um botão liga em baixa, um em alta e um desliga

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^*:$ Ipartida(maior) x 5 s

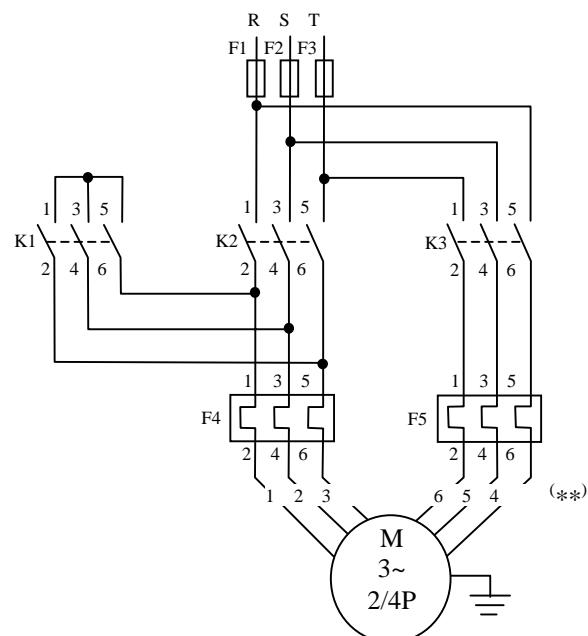
$\Rightarrow K1 \text{ e } K3: In(alta) \times FS$

$\Rightarrow K2: In(baixa) \times FS$

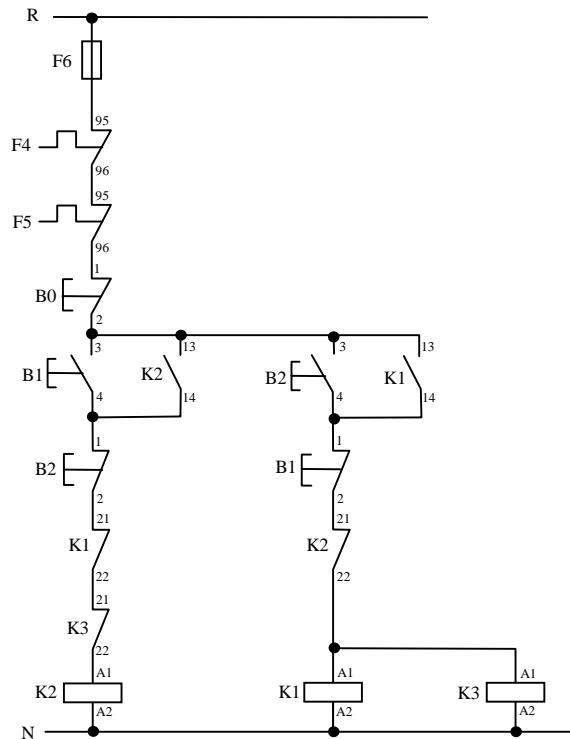
$\Rightarrow F4: In(baixa) (x FS)$

$\Rightarrow F5: In(alta) (x FS).$

Força



Comando 01



Observações:

* As velocidades 1 e 2 têm correntes diferentes: considerar a maior delas.

** Deve ser conferida junto ao motor a seqüência correta das fases, para que o sentido de rotação seja igual nas duas velocidades.

Círculo de força: motor Dahlander com reversão

Círculo de comando: 01 – comando para troca simples de velocidades e rotações

Dimensionamento dos componentes: ⇒ F1, F2, e F3 (): Ipartida (maior) x 5 s*

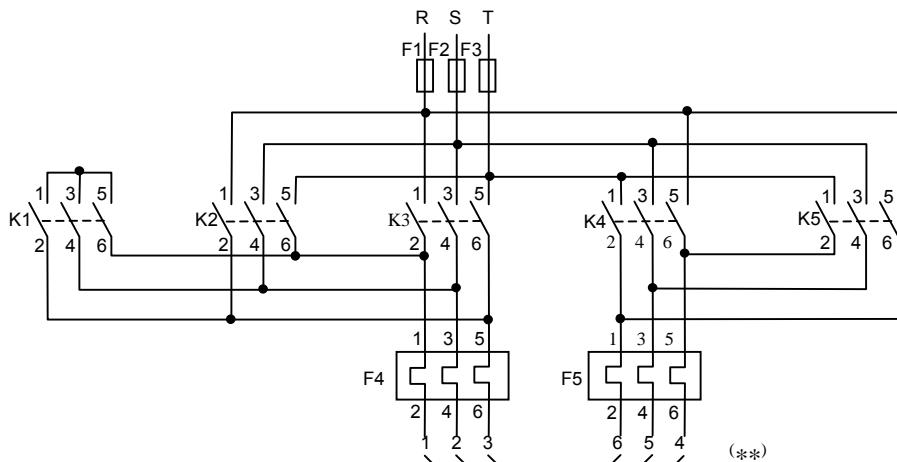
⇒ F4: In(baixa) (x FS)

⇒ K2 e K3: In(baixa) x FS

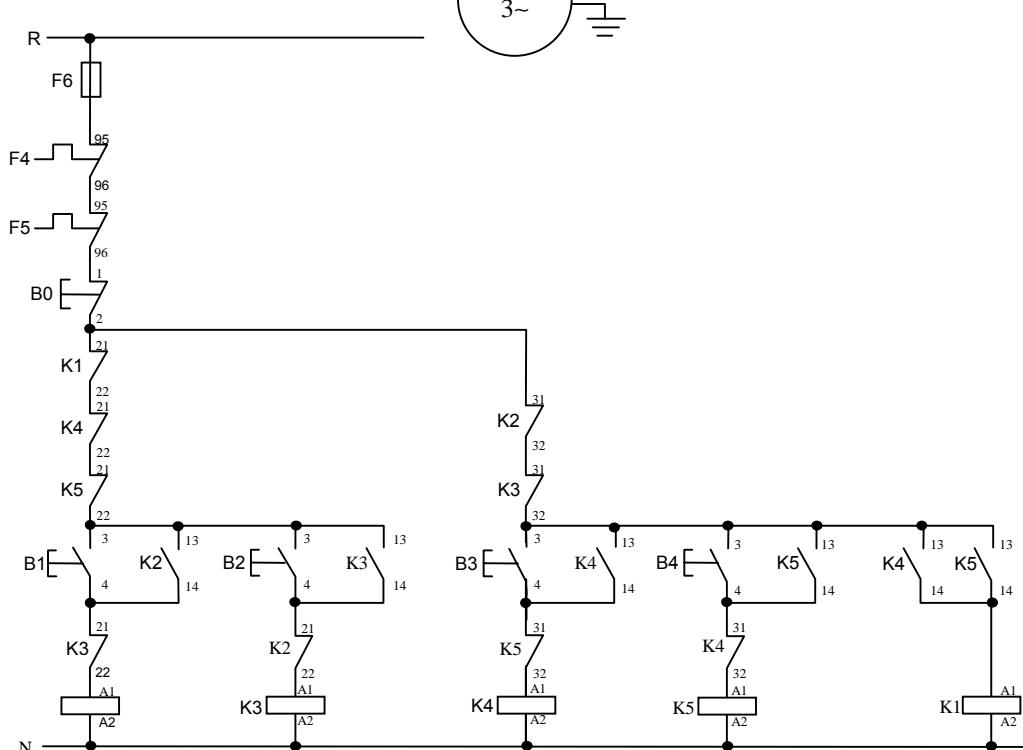
⇒ F5: In(alta) (x FS)

⇒ K1, K4 e K5: In(alta) x FS.

Força



Comando 01



Observações:

* As velocidades 1 e 2 têm correntes diferentes: considera-se a maior delas. ** Deve ser conferida junto ao motor a seqüência correta das fases, para que o sentido de rotação seja igual nas duas velocidades.

Círculo de força: motor de dupla velocidade com enrolamentos separados, sem reversão

Circuitos de comando: 01 – troca simples de velocidade

02 – troca instantânea de velocidade

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^*:$ Ipartida (maior) x 5 s

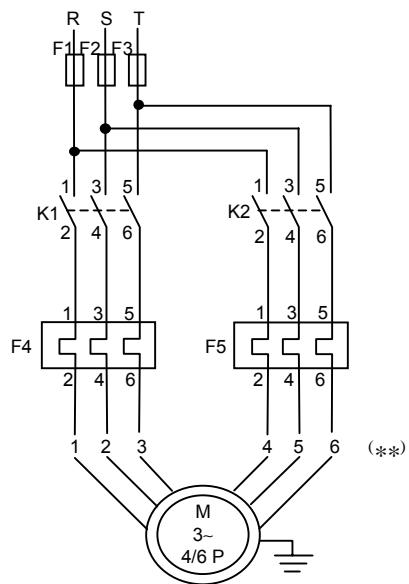
$\Rightarrow K1: In(baixa) \times FS$

$\Rightarrow K2: In(alta) \times FS$

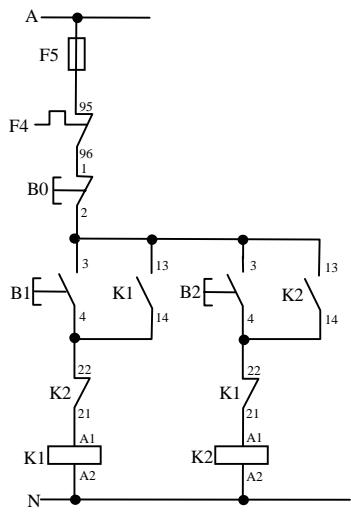
$\Rightarrow F4: In(baixa) (x FS)$

$\Rightarrow F5: In(alta) (x FS).$

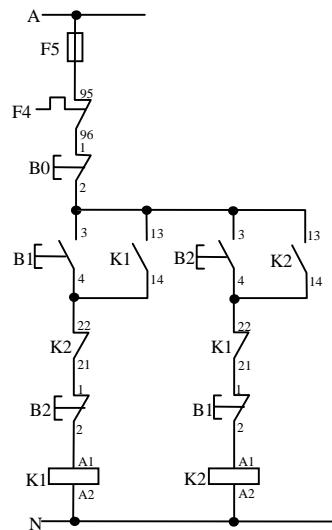
Força



Comando 01



Comando 02



Observações:

* As velocidades 1 e 2 têm correntes diferentes: considera-se a maior delas.

** Deve ser conferida junto ao motor a seqüência correta das fases, para que o sentido de rotação seja igual nas duas velocidades.

Círculo de força: motor de dupla velocidade com enrolamentos separados com reversão

Círculo de comando: 01 – comando para troca simples do sentido de rotação e instantânea para mudança de velocidades

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3^*:$ Ipartida (maior) x 5 s

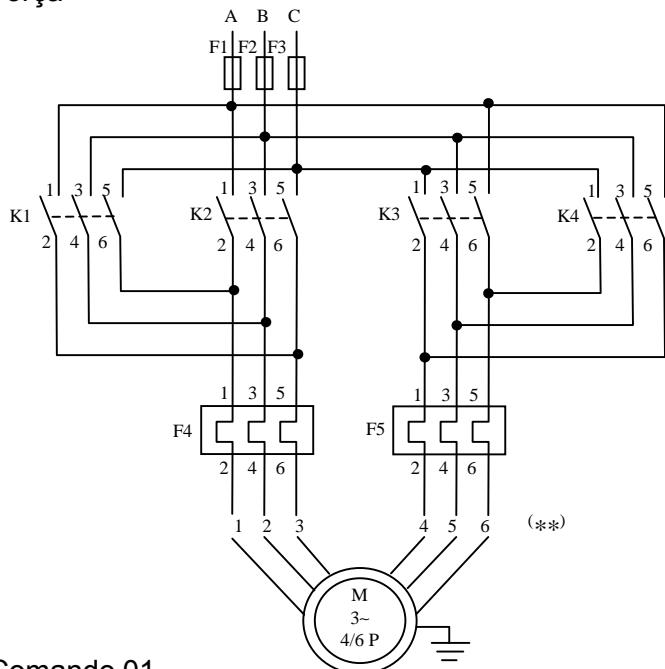
$\Rightarrow K1 e K2:$ In(baixa) x FS

$\Rightarrow K3 e K4:$ In(alta) x FS

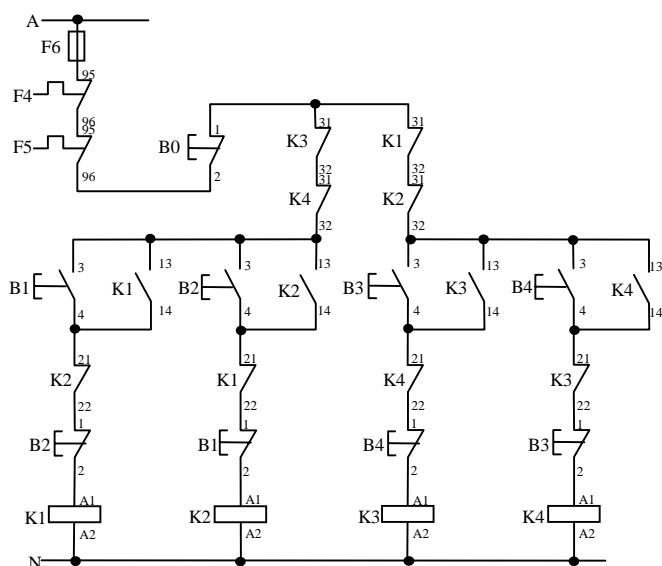
$\Rightarrow F4:$ In(baixa) (x FS)

$\Rightarrow F5:$ In(alta) (x FS).

Força



Comando 01



Observações:

* As velocidades 1 e 2 têm correntes diferentes: considera-se a maior delas.

** Deve ser conferida junto ao motor a seqüência correta das fases, para que o sentido de rotação seja igual nas duas velocidades.

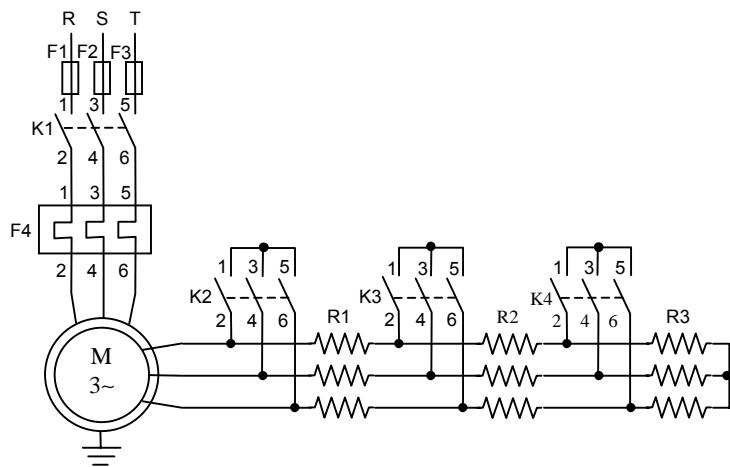
8.2.6 Partida de motor de anéis (rotor bobinado)

Círculo de força: motor de rotor bobinado

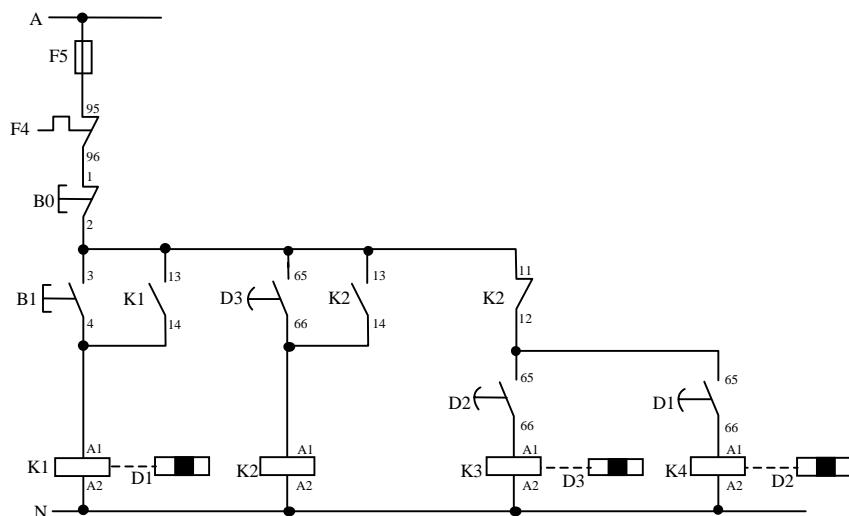
Círculo de comando: 01 – aceleração automática por temporizadores

Dimensionamento dos componentes: ver: 2.1.4 Motor de anéis.

Força



Comando 01



8.2.7 Frenagens para motores elétricos

Círcuito de força: motor com freio mecânico por energização

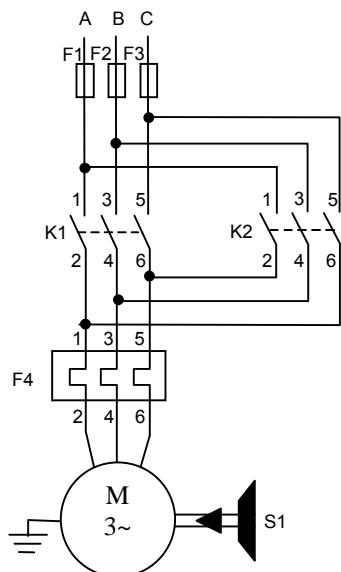
Círculo de comando: 01 – um botão liga para direita, um para a esquerda e um desliga.

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3: I_{partida} \times 5\ s$

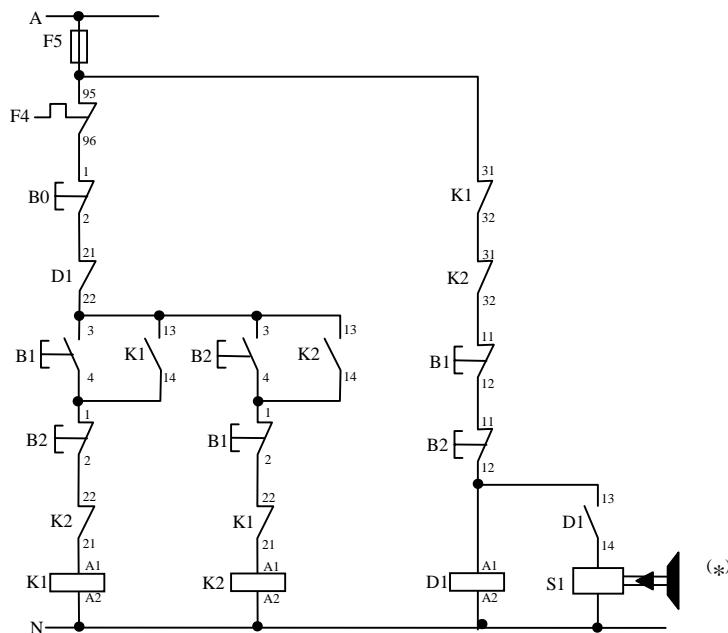
⇒ K1 e K2: In x FS

⇒ F4: $\ln(x)$ FS).

Força



Comando 01



Observação:

- * Deve ser conferido o valor da tensão necessária em S1. Se for diferente do comando, poderá ser usado um transformador.

Círculo de força: motor com freio mecânico por desenergização

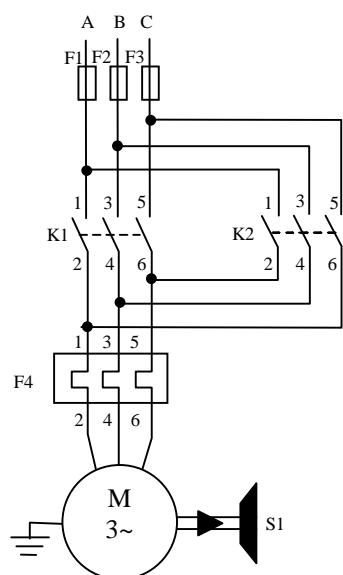
Círculo de comando: 01 – um botão liga para direita, um para a esquerda e um desliga

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3: I_{partida} \times 5 s$

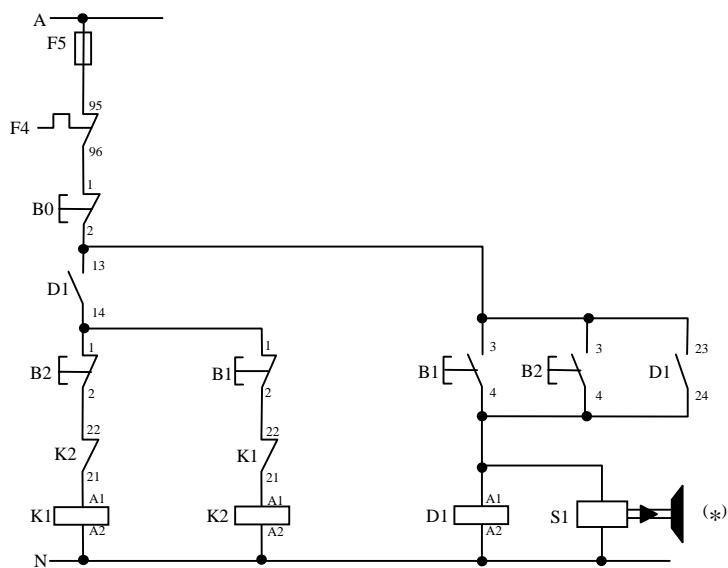
$\Rightarrow K1 \ e \ K2: I_n \times F_S$

$\Rightarrow F4: I_n (x F_S)$

Força



Comando 01



Observação:

* Deve ser conferido o valor da tensão necessária em S1. Se for diferente do comando, poderá ser usado um transformador.

Círculo de força: motor com frenagem por contra corrente

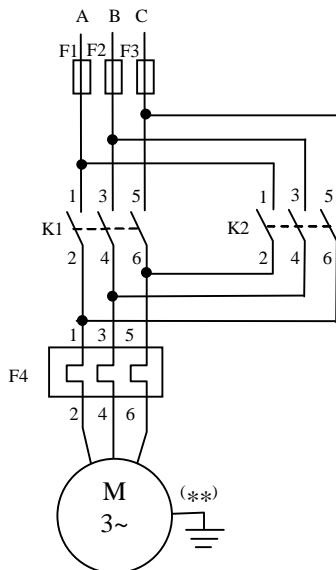
Círculo de comando: 01 – frenagem ao desligar o circuito

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2, e F3: I_{partida} \times 5\ s$

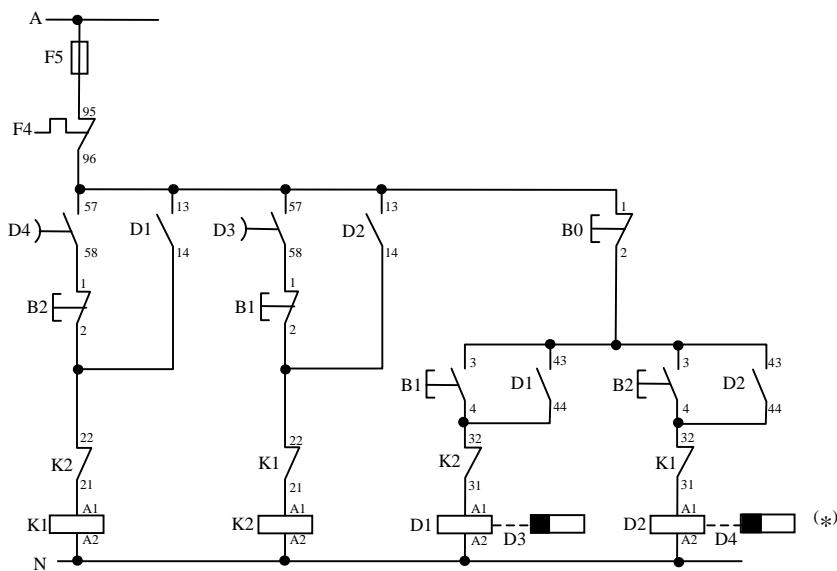
⇒ K1 e K2: $\ln x$ FS

⇒ F4: $\ln(x)$ FS

Força



Comando 01



Observações:

- * O tempo a ser ajustado em D1 e D3 será de acordo com a necessidade da máquina (inércia).
 - ** O motor deverá ter classe de isolação e regime de serviço apropriado para esse tipo de frenagem.

Círculo de força: motor com frenagem por CC

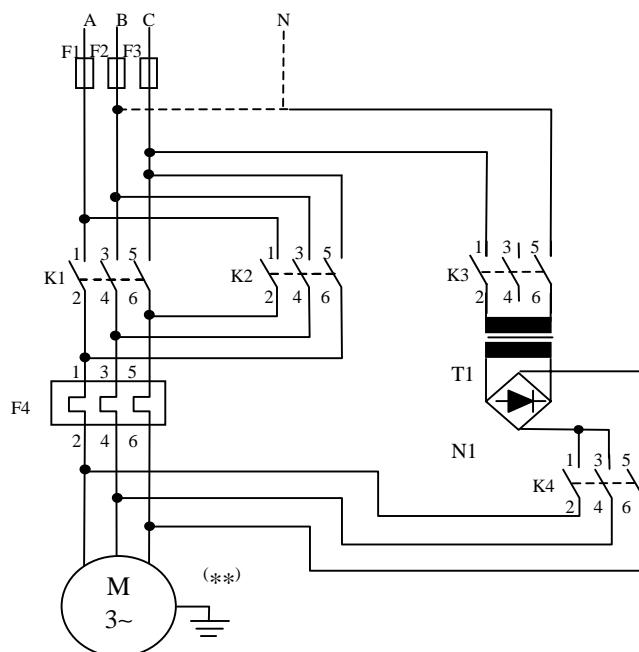
Círcuito de comando: 01 – circuito para frenagem manual através de botão desliga

Dimensionamento dos componentes: $\Rightarrow F1, F2 \text{ e } F3: I_{partida} \times 5 \text{ s}$

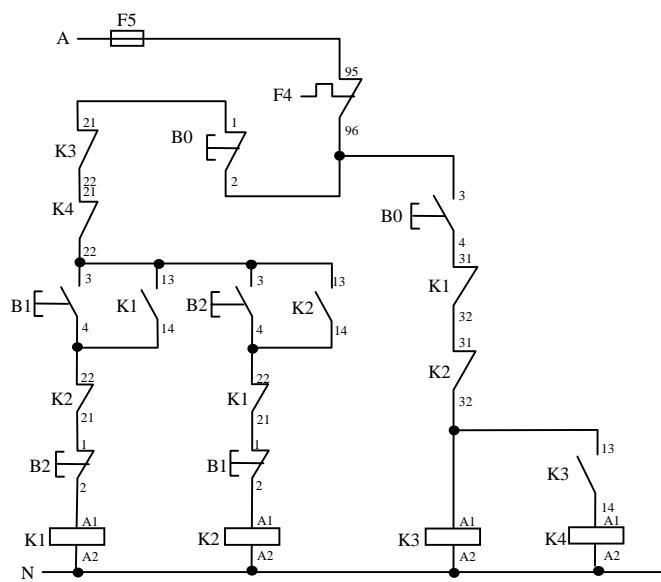
⇒ K1, K2, K3 e K4*: ln x FS

Força

⇒ F4*: In (x FS)



Comando 01



Observações:

- * A tensão DC aplicada no momento da frenagem deve provocar uma corrente no bobinado do motor não superior a I_n do mesmo.

** O motor deverá ter classe de isolamento e regime de serviço apropriado para esse tipo de frenagem.

9 INFORMAÇÕES ÚTEIS

9.1 NORMAS TÉCNICAS

Sigla	Significado
EN	<i>Europäische Norm</i> – Norma Européia
BS	<i>British Standard</i> – Normas Técnicas da Grã-Bretanha (já parcialmente adaptadas à IEC)
CEE	<i>International Commission on Rules for the Approval of Electrical Equipment</i> – normas internacionais, principalmente para materiais de instalação (são parcialmente adotadas nos países escandinavos para dispositivos de manobra de baixa tensão até correntes nominais de 63 A).
CEI	<i>Comitato Elettrotecnico Italiano</i> – Comissão Eletrotécnica Italiana
CENELEC	<i>Comite Européen de Normalisation Eletrotechnique</i> – Comitê Europeu de Normalização Eletrotécnica (secretaria geral em Bruxelas).
DEMKO	<i>Danmarks Elektriske Materielkontrol</i> – repartição dinamarquesa de controle de produtos elétricos que publica normas e concede certificado de conformidade.
KEMA	<i>Keuring van Elektrotechnische Materialen</i> – entidade holandesa de ensaios de produtos elétricos que concede, entre outras, aprovações CSA para fabricantes europeus.
NBN	<i>Belgische Normen</i> – normas técnicas belgas, editadas pelo Instituto Belga de Normas (em partes já adaptada à IEC).
NEMKO	<i>Norges Elektriske Materiellkontrol</i> – repartição norueguesa de controle de produtos elétricos; publica normas e concede certificados.
NEN	<i>Nederlands Norm</i> – normas técnicas holandesas
ÖVE	<i>Österreichischer Verband für Elektrotechnik</i> – Associação Austríaca de Eletrotécnica. As normas ÖVE são amplamente compatíveis com a VDE e IEC.

SEMKO	<i>Svenska Elektriska Materielkontrollanstalten</i> – repartição sueca de controle de produtos elétricos; publica normas e emite certificados.
SEM	<i>Schwedische Elektrotechnische Normen</i> – Normas Eletrotécnicas Suecas
SEV	<i>Schweizerischer Elektrotechnischer Verein</i> – Associação Eletrotécnica Suíça
UTE	<i>Union Technique de l'Électricité</i> – Associação eletrotécnica francesa
EEMAC	<i>Electrical and Electronical Manufacturers Association Canada</i> – Associação Canadense dos Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> – da Comissão Eletrotécnica Internacional participam todos os países industrializados. Algumas recomendações IEC são adotadas na íntegra pelas diversas normas nacionais ou amplamente adaptadas às recomendações IEC.
IS	<i>Indian Standard</i> – normas técnicas hindus (já parcialmente adaptadas à IEC)
JIS	<i>Japanese Industrial Standards</i> – Normas Industriais Japonesas
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i> – Associação Nacional dos Fabricantes de Material Elétrico nos Estados Unidos.
SABS	<i>South African Bureau of Standards</i> – Comissão Sul-Africana de Normas
UL	<i>Underwriters' Laboratories</i> – entidade nacional de ensaios nos Estados Unidos da América, na área de seguros contra incêndio, que realiza, entre outros, os ensaios de produtos elétricos e publica suas prescrições.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas – atua em todas as áreas técnicas do país. No setor eletroeletrônico, as normas estão a cargo do COBEI – Comitê Brasileiro de Eletricidade.
ANSI	<i>American National Standards Institute</i> – Instituto de Normas dos Estados Unidos, que publica normas em quase todas as áreas (não só na área de eletrotécnica). Para dispositivos de manobra de baixa tensão a ANSI adotou amplamente as normas NEMA e UL.
AS	<i>Australian Standards</i> – Normas Técnicas Australianas (em parte, já adaptadas à IEC).
CEMA	<i>Canadian Electrical Manufacturers Association</i> – associação canadense de normas; publica normas e concede certificados.

9.2 CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE MOTORES ELÉTRICOS

Motor monofásico de fase auxiliar – desempenhos médios

Número de pólos	Velocidade aproximada em rpm			
	50 Hertz		60 Hertz	
	em vazio	a carga	em vazio	a plena carga
2	3.000	2.920	3.600	3.500
4	1.500	1.435	1.800	1.730
6	1.000	960	1.200	1.140

Para a velocidade em vazio foi tomada a velocidade de sincronismo, embora na prática esta seja ligeiramente menor.

Potência em cv	Intensidade média absorvida em ampères	
	110 V	220 V
1/6	2,6	1,3
1/4	4,0	2,0
1/3	5,2	2,6
1/2	6,7	3,4
3/4	9,0	4,5
1,0	10,5	5,3
1,5	14,5	7,3
2,0	19	9,5

Tabela de capacitores	
Potência (cv)	Capacitância (μ F)
1/6	de 161 até 193
1/4	de 216 até 259
1/3	de 270 até 324
1/2	de 340 até 408
3/4	de 430 até 516
1	de 540 até 648

Motor trifásico IP55 uso geral – 2 Pólos – 60 Hz

Potência		Rotação (rpm)	Corrente 220 V		Corrente 380 V		Fator de serviço	Massa (kg)
(cv)	(kW)		In(A)	Ip(A)	In(A)	Ip(A)		
1/8	0,09	3400	0,50	2,5	0,29	1,4	1,30	3,4
1/6	0,12	3300	0,57	2,5	0,33	1,4	1,30	3,4
1/4	0,18	3350	0,85	3,9	0,49	2,3	1,35	4,5
1/3	0,25	3300	1,11	5,2	0,64	3,0	1,35	4,5
1/2	0,37	3460	1,50	9,5	0,90	5,5	1,25	9,0
3/4	0,55	3445	2,40	14,0	1,40	8,0	1,30	9,0
1,0	0,75	3640	3,20	24,0	1,80	14,0	1,30	15,0
1,5	1,10	3490	4,30	36,0	2,50	21,0	1,20	15,0
2,0	1,50	3480	5,70	50,0	3,30	29,0	1,20	21,0
3,0	2,20	3435	8,70	71,0	5,00	41,0	1,15	23,5
4,0	3,00	3470	10,40	75,0	6,00	43,0	1,15	29,0
5,0	3,70	3480	12,8	106,0	7,4	62,0	1,15	38,0
6,0	4,50	3480	15	125,0	8,7	72,0	1,15	38,0
7,5	5,50	3470	21,00	135,0	12,20	80,0	1,15	52,0
10,0	7,50	3470	28,00	190,0	16,20	110,0	1,15	57,0
12,5	9,00	3450	16,30	114,0	9,40	66,0	1,15	66,0
15,0	11,00	3520	36,00	302,0	21,00	180,0	1,15	93,0
20,0	15,00	3545	47,00	389,0	27,00	229,0	1,15	107,0
25,0	18,50	3520	59,00	467,0	34,00	270,0	1,15	129,0
30,0	22,00	3505	72,00	445,0	42,00	257,0	1,15	144,0
40,0	30,00	3530	92,00	710,0	53,00	410,0	1,15	255,0
50,0	37,00	3545	116,00	885,0	67,00	511,0	1,15	240,0
60,0	45,00	3540	144,00	984,0	80,00	568,0	1,15	315,0
75,0	55,00	3560	174,0	1260,0	100,00	727,0	1,00	420,0
100,0	75,00	3545	234,00	1200,0	135,00	693,0	1,00	545,0
125,0	90,00	3560	292,0	2350,0	169,00	1356,0	1,00	575,0
150,0	110,00	3570	363,00	2470,0	210,0	1426,0	1,00	703,0
180,0	132,00	3570	420,00	2800,0	242,00	1620,0	1,00	800,0
220,0	162,00	3560	500,00	3050,0	290,00	1760,0	1,00	900,0
270,0	199,00	3560	-	-	370,00	2800,0	1,00	1270,0
300,0	220,00	3565	-	-	410,00	2940,0	1,00	1400,0
350,0	225,00	3565	-	-	455,00	3330,0	1,00	1400,0
400,0	295,00	3565	-	-	525,00	3770,0	1,00	1500,0

Fonte: EBERLE. Motores elétricos trifásicos para uso industrial.

2 pólos – 50Hz

Potência		Rotação (rpm)	Corrente 220 V		Corrente 380 V		Fator de serviço	Massa (kg)
(cv)	(kW)		In(A)	Ip(A)	In(A)	Ip(A)		
1/8	0,09	2850	0,59	2,6	0,34	1,5	1,00	3,4
1/6	0,12	2770	0,64	2,6	0,37	1,5	1,00	3,4
1/4	0,18	2840	0,90	4,1	0,52	2,4	1,00	4,5
1/3	0,25	2820	1,15	5,6	0,66	3,2	1,00	4,5
1/2	0,37	2870	1,70	10,5	0,98	6,0	1,00	9,0
3/4	0,55	2875	2,80	14,5	1,6	8,3	1,00	9,0
1,0	0,75	2895	3,80	26,0	2,20	15,0	1,00	15,0
1,5	1,10	2895	4,80	42,0	3,10	24,0	1,00	15,0
2,0	1,50	2880	6,60	52,0	3,80	30,0	1,00	21,0
3,0	2,20	2890	8,30	73,0	4,80	42,0	1,00	23,5
4,0	3,00	2915	11,00	88,0	6,40	51,0	1,00	29,0
5,0	3,70	2930	13,80	118,0	8,00	68,0	1,00	38,0
6,0	4,50	2900	16,00	140,0	9,3	8,1	1,00	38,0
7,5	5,50	2890	21,00	150,0	12,20	87,0	1,00	52,0
10,0	7,50	2900	28,00	208,0	16,20	120,0	1,00	57,0
12,5	9,00	2880	16,80	124,0	9,70	72,0	1,00	66,0
15,0	11,00	2930	40,00	340,0	23,00	198,0	1,00	93,0
20,0	15,00	2940	50,00	421,0	29,00	243,0	1,00	107,0
25,0	18,50	29,35	60,00	502,0	35,00	290,0	1,00	129,0
30,0	22,00	2905	74,00	515,0	43,00	297,0	1,00	144,0
40,0	30,00	2940	93,00	823,0	54,00	475,0	1,00	255,0
50,0	37,00	2950	116,00	900,0	67,00	520,0	1,00	240,0
60,0	45,00	2960	145,00	1080,0	82,00	624,0	1,00	315,0
75,0	55,00	2960	174,00	1480,0	100,00	854,0	1,00	420,0
100,0	75,00	2950	234,00	1330,0	135,00	768,0	1,00	545,0
125,0	90,00	2960	304,00	2500,0	176,00	1443,0	1,00	575,0
150,0	110,00	2970	363,00	2700,00	210,00	1559,0	1,00	703,0
180,0	132,00	2975	427,00	3045,0	247,00	1758,0	1,00	800,0
220,0	162,00	2970	502,00	3200,0	290,00	1847,0	1,00	900,0
270,0	199,00	2970	-	-	370,00	3090,0	1,00	1270,0
300,0	220,00	2970	-	-	410,00	3320,0	1,00	1400,0
350,0	225,00	2970	-	-	484,00	3470,0	1,00	1400,0
400,0	295,00	2970	-	-	525,00	3930,0	1,00	1500,0

Fonte: EBERLE. Motores elétricos trifásicos para uso industrial.

4 pólos – 60 Hz

Potência		Rotação (rpm)	Corrente 220 V		Corrente 380 V		Fator de serviço	Massa (kg)
(cv)	(kW)		In(A)	Ip(A)	In(A)	Ip(A)		
1/12	0,06	1715	0,55	0,96	0,32	0,55	1,30	3,3
1/8	0,09	1650	0,68	1,90	0,40	1,10	1,30	3,3
1/6	0,12	1705	0,80	3,10	0,46	1,80	1,35	4,5
¼	0,18	1655	1,00	4,20	0,58	2,40	1,35	4,5
1/3	0,25	1710	1,30	6,30	0,75	3,60	1,35	9,0
½	0,37	1685	1,90	9,30	1,10	5,40	1,30	9,0
¾	0,55	1720	2,80	15,20	1,60	8,80	1,30	14,0
1,0	0,75	1710	3,30	20,00	1,90	11,60	1,30	15,0
1,5	1,10	1715	4,70	30,00	2,70	17,30	1,20	21,0
2,0	1,50	1730	6,40	44,00	3,70	25,00	1,20	24,0
3,0	2,20	1720	8,30	50,00	4,80	29,00	1,15	29,0
4,0	3,00	1715	10,00	67,00	5,80	39,00	1,15	32,5
5,0	3,70	1740	13,70	104,00	7,90	60,00	1,15	40,0
6,0	4,50	1730	16,00	120,00	9,20	69,00	1,15	40,0
7,5	5,50	1760	20,00	162,00	11,60	94,00	1,15	54,0
10,0	7,50	1760	25,00	194,00	14,40	112,00	1,15	63,0
12,5	9,00	1750	31,00	234,00	17,90	135,00	1,15	63,0
15,0	11,00	1760	38,00	291,00	22,00	168,00	1,15	103,0
20,0	15,00	1745	48,00	346,00	28,00	300,00	1,15	118,0
25,0	18,50	1745	60,00	464,00	3500	268,00	1,15	146,0
30,0	22,00	1750	74,00	630,00	43,00	364,00	1,15	165,0
40,0	30,00	1765	94,00	648,00	54,00	374,00	1,15	240,0
50,0	37,00	1770	123,00	710,00	71,00	410,00	1,15	271,0
60,0	45,00	1770	146,00	851,00	84,00	491,00	1,15	300,0
75,0	55,00	1770	175,00	1144,00	101,00	660,00	1,00	430,0
100,0	75,00	1770	234,00	1408,00	135,00	813,00	1,00	560,0
125,0	90,00	1775	294,00	1761,00	170,00	1017,00	1,00	630,0
150,0	110,00	1780	348,00	2250,00	201,00	1299,00	1,00	810,0
180,0	132,00	1780	412,00	2678,00	238,00	1547,00	1,00	900,0
220,0	162,00	1775	528,00	2555,00	305,00	1381,00	1,00	990,0
270,0	199,00	1780	-	-	365,00	2340,00	1,00	1330,0
300,0	220,00	1780	-	-	400,00	2700,00	1,00	1400,0
350,0	255,00	1780	-	-	460,00	2800,00	1,00	1520,0
400,0	295,00	1780	-	-	525,00	3340,00	1,00	1580,0

Fonte: EBERLE. Motores elétricos trifásicos para uso industrial.

6 pólos – 60 Hz

Potência		Rotação (rpm)	Corrente 220 V		Corrente 380 V		Fator de serviço	Massa (kg)
(cv)	(kW)		In(A)	Ip(A)	In(A)	Ip(A)		
1/8	0,09	1065	0,70	1,9	0,41	1,1	1,25	4,5
1/5	0,12	1090	1,10	3,1	0,63	1,7	1,30	9,0
1/4	0,18	1115	1,40	4,1	0,80	2,3	1,35	9,0
1/2	0,37	1150	2,00	10,0	1,15	5,8	1,40	14,0
3/4	0,55	1140	2,90	14,0	1,70	8,0	1,30	14,0
1,0	0,75	1150	3,60	17,3	2,00	10,0	1,30	21,0
1,5	1,10	1150	5,00	27,0	2,80	15,6	1,30	23,5
2,0	1,50	1140	6,70	33,0	3,80	19,0	1,25	29,0
3,0	2,20	1150	9,40	50,0	5,40	29,0	1,00	36,0
4,0	3,00	1160	12,50	73,0	7,20	42,0	1,25	50,0
5,0	3,70	1165	15,00	95,0	8,60	55,0	1,30	62,0
6,0	4,50	1170	17,30	116,0	10,00	67,0	1,15	66,0
7,5	5,50	1160	22,00	138,0	12,50	80,0	1,15	66,0
10,0	7,50	1175	28,00	210,0	16,10	121,0	1,15	101,0
15,0	11,00	1170	40,00	344,0	23,00	199,0	1,15	124,0
20,0	15,00	1165	52,00	286,0	30,00	165,0	1,15	163,0
25,0	18,50	1180	66,00	400,0	38,00	231,0	1,15	225,0
30,0	22,00	1175	77,00	412,0	45,00	238,0	1,15	240,0
40,0	30,00	1180	101,00	608,0	58,00	351,0	1,15	300,0
50,0	37,00	1180	125,00	756,0	72,00	436,0	1,00	430,0
60,0	44,00	1175	151,00	630,0	87,00	364,0	1,00	560,0
75,0	55,00	1180	189,00	770,0	109,00	444,0	1,00	632,0
100,0	75,00	1180	248,00	1206,0	143,00	697,0	1,00	770,0
125,0	90,00	1185	304,00	1540,0	176,00	890,0	1,00	880,0
150,0	110,00	1185	376,00	2160,0	217,00	1249,0	1,00	972,0
180,0	132,00	1180	462,00	2285,0	267,00	1320,0	1,00	1035,0
220,0	162,00	1185	535,00	2415,0	309,00	395,0	1,00	1240,0
270,0	199,00	1185	-	-	375,00	2100,0	1,00	1350,0
300,0	220,00	1180	-	-	410,00	2140,0	1,00	1460,0
350,0	225,00	1180	-	-	480,00	2200,0	1,00	1560,0
400,0	295,00	1185	-	-	555,00	3230,0	1,00	1630,0

Fonte: EBERLE. Motores elétricos trifásicos para uso industrial.

8 pólos – 60 Hz

Potência		Rotação (rpm)	Corrente 220 V		Corrente 380 V		Fator de serviço	Massa (kg)
(cv)	(kW)		In(A)	Ip(A)	In(A)	Ip(A)		
1/10	0,07	815	0,66	1,5	0,38	0,87	1,25	9,6
1/8	0,09	825	0,90	2,3	0,52	1,3	1,40	9,6
1/4	0,18	855	1,3	4,7	0,75	2,7	1,40	13
1/3	0,25	860	1,6	5,8	0,70	3,3	1,40	14,5
1/2	0,37	845	1,9	6,4	1,10	3,7	1,40	20
3/4	0,55	865	3,3	13,0	1,19	7,5	1,45	22,5
1	0,75	860	4,5	18,5	2,60	10,6	1,25	27
1,5	1,1	850	6,0	25,0	3,4	14,2	1,25	31
2	1,5	860	7,8	32	4,5	18,5	1,25	35
3	2,2	860	10,8	56	6,2	32	1,20	52
4	3,0	870	13,5	70	7,8	40	1,20	64
5	3,7	870	18,7	110	10,8	64	1,25	92
7,5	4,5	875	17,8	137	10,2	79	1,15	101
10	7,5	865	37	120	22	78	1,15	123
15	11,0	875	44	232	26	134	1,15	170
20	15,0	870	56	312	32	180	1,15	238
25	18,5	870	70	400	40	231	1,15	268
30	22,0	880	83	575	48	332	1,15	314
40	30,0	880	98	544	57	314	1,00	430
50	37,0	880	129	730	75	420	1,00	560
60	45,0	880	156	866	90	500	1,00	620
75	55,0	880	194	1020	112	590	1,00	765
100	75,0	880	260	1400	150	810	1,00	860
125	90,0	880	317	1730	183	1000	1,00	1000
150	110,0	885	-	-	210	1252	1,00	1210
180	132,0	890	-	-	250	1605	1,00	1350
220	162,0	890	-	-	310	1910	1,00	1480
270	199,0	890	-	-	380	2280	1,00	1620
300	220,0	890	-	-	420	2410	1,00	1700

Fonte: EBERLE. Motores elétricos trifásicos para uso industrial.

9.3 LIMITES DOS SISTEMAS DE PARTIDAS

Dispositivos para redução da corrente de partida de motores

de indução trifásicos rotor gaiola e seus limites

(fornecimento em tensão secundária – Padrão RIC CEEE- RS)

Partida	Chave	Tensão da rede	Potência
direta	–	220/127 V	≤ 5 cv
		380/220 V	$\leq 7,5$ cv
indireta manual	estrela-triângulo	220/127 V	$5 < P \leq 15$ cv
		380/220 V	$7,5 < P \leq 25$ cv
	série-paralelo	220/127 V	$5 < P \leq 25$ cv
		380/220 V	$7,5 < P \leq 25$ cv
	compensadora	220/127 V	$5 < P \leq 25$ cv
		380/220 V	$7,5 < P \leq 25$ cv
indireta automática	estrela- triângulo	220/127 V	$5 < P \leq 15$ cv
		380/220 V	$7,5 < P \leq 25$ cv
	série-paralelo	220/127 V	$5 < P \leq 30$ cv
		380/220 V	$7,5 < P \leq 50$ cv
	compensadora	220/127 V	$5 < P \leq 30$ cv
		380/220 V	$7,5 < P \leq 50$ cv

Fonte: CEEE-RS. *Regulamento de instalações consumidoras; Fornecimento de tensão secundária, rede de distribuição aérea.*

9.4 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE DE CONDUTORES

Tabela comparativa escala AWG/MCM X série métrica IEC

PVC/60°C			PVC/70°C	
	AWG/MCM		IEC	
Ampéres	Nº	mm ² aproximados	mm ²	ampéres
			1,5	15,5
15	14	2,09		
			2,5	21
21	12	3,30		
			4	28
30	10	5,27		
			6	36
40	8	8,35		
			10	50
55	6	13,27		
			16	68
70	4	21		
			25	89
95	2	34		
			35	111
			50	134
125	1/0	53		
145	2/0	67		
			70	171
165	3/0	85		
			95	207
195	4/0	107		
			120	239
215	250	127		
			150	272
240	300	152		
			185	310
260	350	177,3		
280	400	202,7		
			240	364
320	500	253,4		
			300	419
355	600	304		
385	700	354,7		
400	750	380		
			400	502
410	800	405,4		
435	900	456		
			500	578
630	1000	506,7		

Nota: Capacidade de condução de corrente admitindo três fios ou cabos Pirastic Antiflam® no eletroduto.

Fonte: PIRELLI. *Catálogo de condutores*.

ANEXO

EXERCÍCIOS – EXEMPLOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAS

a) Compressor



Fonte: <http://www.schulz.com.br>

Figura 65 - Compressor

Projeto 01:

- O compressor utiliza um motor trifásico de 5 cv acionado com partida direta.
- Um botão comutador 90° com retenção liga e desliga o compressor.
- Um pressostato controla para que o motor ligue e desligue automaticamente, conforme estiver a pressão no reservatório, desde que a chave comutadora esteja na posição ligada.

Projeto 02:

- O compressor utiliza um motor trifásico de 10 cv com partida estrela-triângulo automática.
- Um botão comutador 90° com retenção liga e desliga o compressor.
- Um pressostato controla para que o motor ligue e desligue automaticamente, conforme estiver a pressão no reservatório, desde que a chave comutadora esteja na posição ligada.
- O sistema deverá ter proteção contra falta de fase.

b) Motobomba trifásica

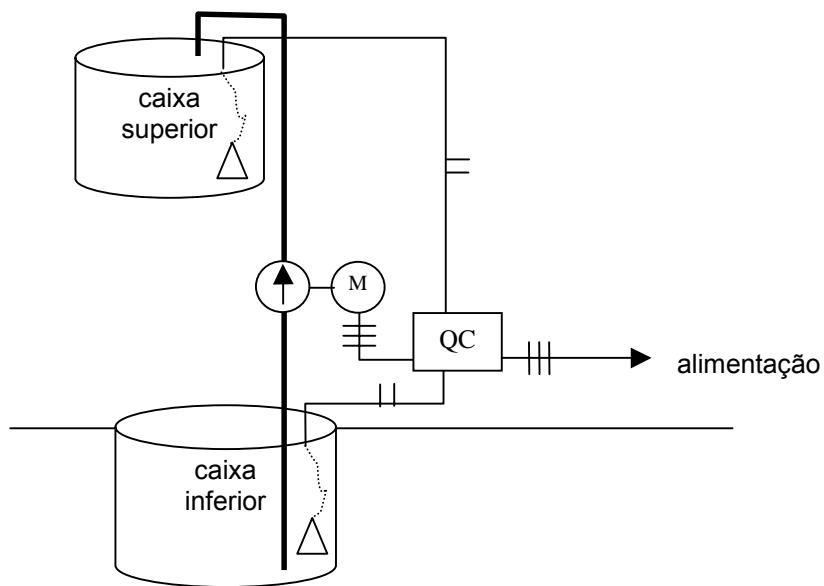


Figura 66 – Motobomba trifásica

Projeto 01:

- A motobomba é acionada automaticamente através de chaves bóia, superior e inferior.
- Somente ligará quando diminuir o nível de água na caixa superior e tiver água na caixa inferior.

Projeto 02:

- A motobomba funcionará nos modos automático e manual.
- Quando em automático, as chaves bóia, superior e inferior farão o acionamento.
- Quando em manual, uma chave liga/desliga faz o comando.
- No automático o motor é ligado somente quando tiver água na caixa inferior e estiver faltando na superior.
- No modo manual, o motor é acionado em qualquer condição.

c) Portão automático

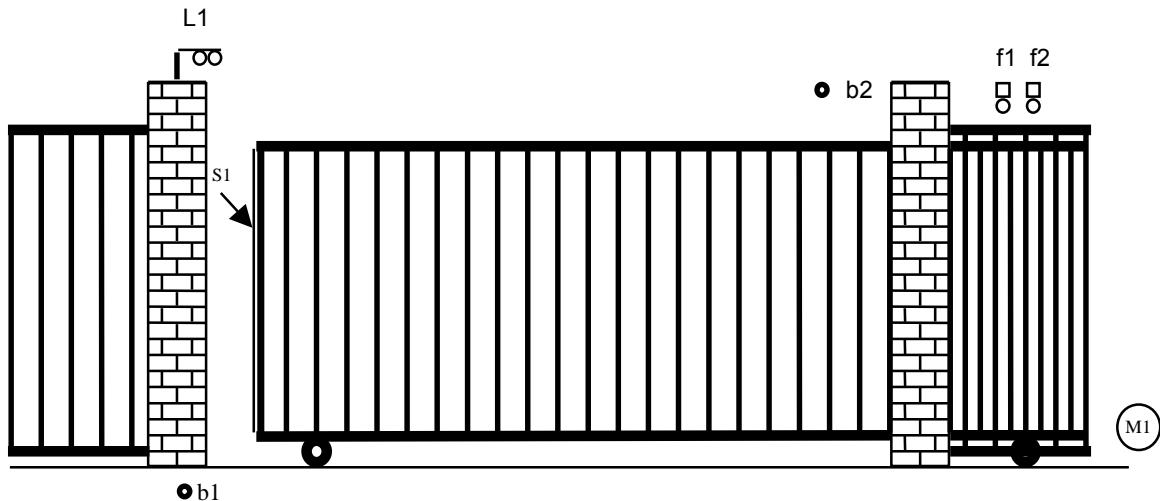


Figura 67 – Portão automático

Projeto 01:

- Quando acionado b1 ou b2, o portão automaticamente começa a abrir.
- Ao alcançar f1, o portão automaticamente retorna; começa, então, a fechar.
- Ao encostar em f2, o portão pára; permanece pronto para um novo acionamento.
- Se alguém acionar b1 ou b2 enquanto o portão abre ou fecha, nada deve acontecer.
- Sempre que o portão estiver aberto, mesmo que parado, a sinalização deverá estar acionada.

Projeto 02:

- Se acionado b1 ou b2 enquanto o portão fecha, este deverá retornar a abrir.

Projeto 03:

- Usando um motor Dahlander, o portão deve abrir com velocidade alta e fechar com velocidade baixa, seguindo as condições do projeto 02.

Projeto 04:

- O portão é controlado pelo porteiro de uma guarita, tanto para abrir como para fechar.
- Normalmente o portão é totalmente aberto, ou fechado, podendo ser interrompido a qualquer momento.
- A sinalização de *cuidado* é acionada 5 segundos antes de o portão começar a abrir, permanecendo ligada até o portão fechar.
- Uma barra de proteção faz com que o portão recomece a abrir caso encostado, evitando que alguém seja apertado pelo portão quando este estiver fechando.

d) Torno universal

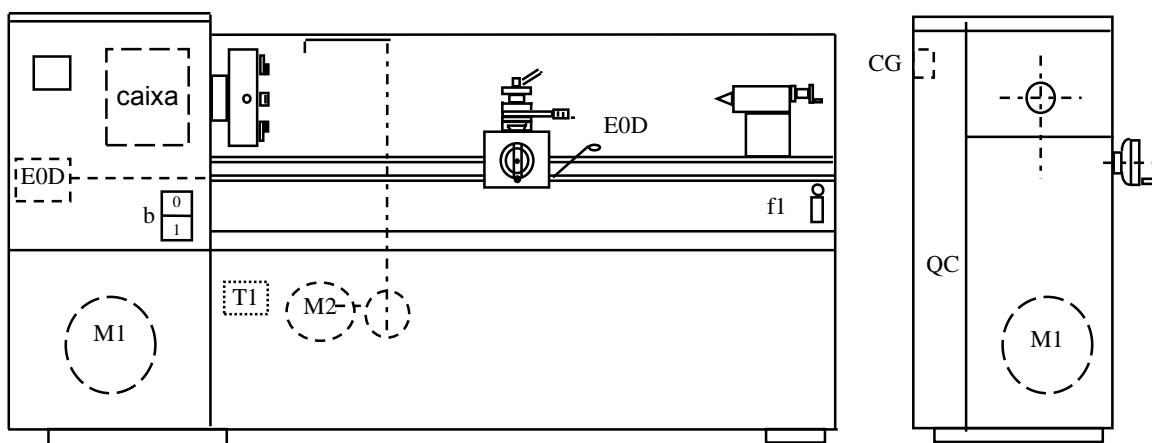


Figura 68 – Torno universal

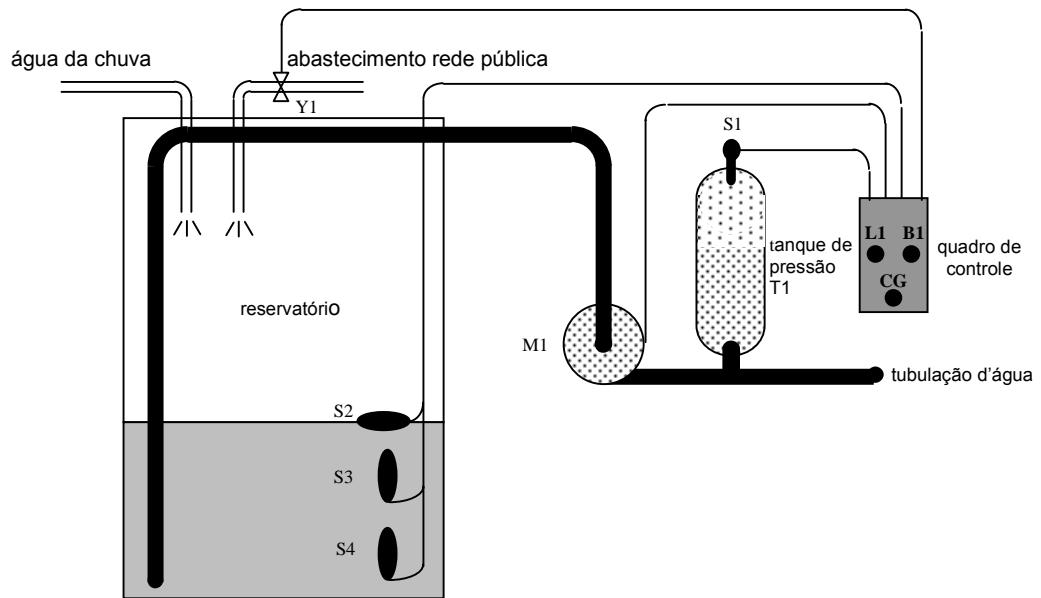
Projeto 01:

- Toda máquina é desligada e/ou ligada através da CG.
- O motor é ligado no sentido de rotação desejada por E0D.
- Ao acionar-se E0D para cima, a árvore deverá girar para trás da máquina, e vice-versa.
- Quando o carro longitudinal alcançar os limites em ambos os sentidos, f1 desliga a árvore.
- O motor da bomba refrigerante é comandado individualmente por b0/1.
- O M2 será alimentado através de uma tomada 3p+T (observar seqüência de fases);
- A troca das velocidades da máquina é mecânica.
- M1 é um motor 4 pólos 380/660 V 2 CV.

Projeto 02:

- Substituir M1 por um motor Dahlander 2/4 pólos 380 V 2 CV.
- A seleção da velocidade do motor é feita por chave de comutação polar manual (1/0/2).

e) Bomba para rampa de lavagem



Fonte: <http://www.siemens.com.br>

Figura 69 – Bomba para rampa de lavagem

Projeto 01:

- Se o reservatório não contiver água, a bomba não pode ser ligada (S4 bloqueia, S3 libera).
- Quando necessário, deve ser automaticamente acionado o suprimento extra (Y1 e S3).
- O abastecimento extra enche até meio tanque.
- Se a pressão em T1 estiver abaixo do mínimo permitido, a bomba é acionada.
- Se a pressão atingir seu valor máximo, a bomba deve ser desligada após curto tempo; isto evita que a bomba fique ligando e desligando rapidamente com o balanço da água e/ou com o bloqueio intermitente do fluxo na tubulação.

Projeto 02:

- Um interruptor permite que se abasteça o reservatório a qualquer instante com o volume desejado.
- Uma sinalização indica quando a bomba está acionada.

f) Esteira transportadora

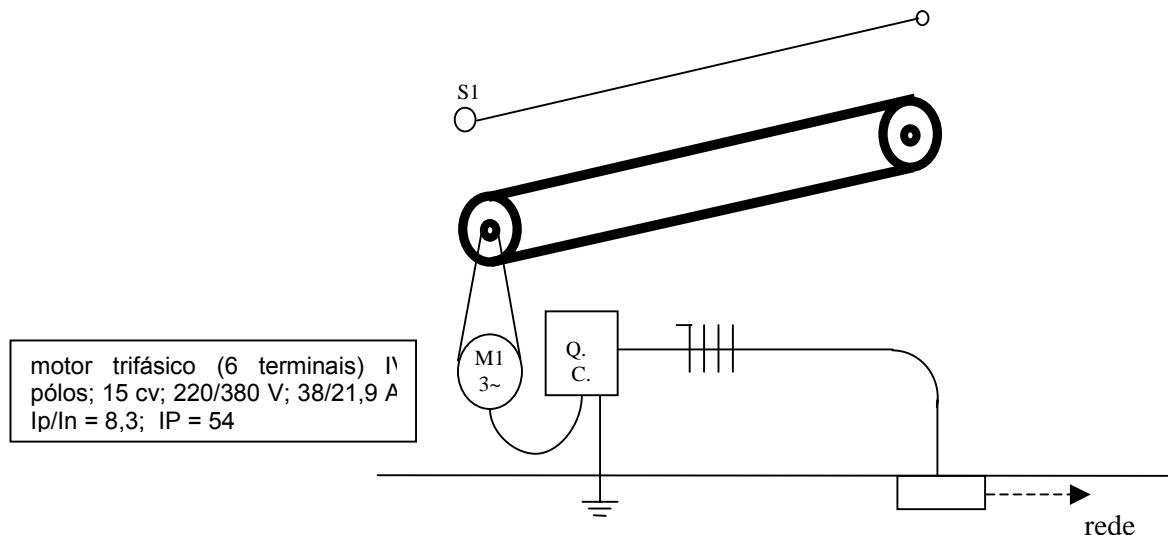


Figura 70 – Esteira transportadora

Projeto 01:

- Deve-se ter um sistema de partida com tensão reduzida (compensada).
- A esteira liga (somente sobe) se pressionado B1.
- A troca de regime será automática em 10 s.
- Há sinalização do regime de funcionamento.
- O circuito é desligado em B0 e/ou S1.
- Há um sistema de emergência com corrente ao longo da esteira (S1).

Projeto 02:

- A esteira liga pressionando-se em B1 ou B2 (sobe ou desce).

g) Secador de peças com ar aquecido

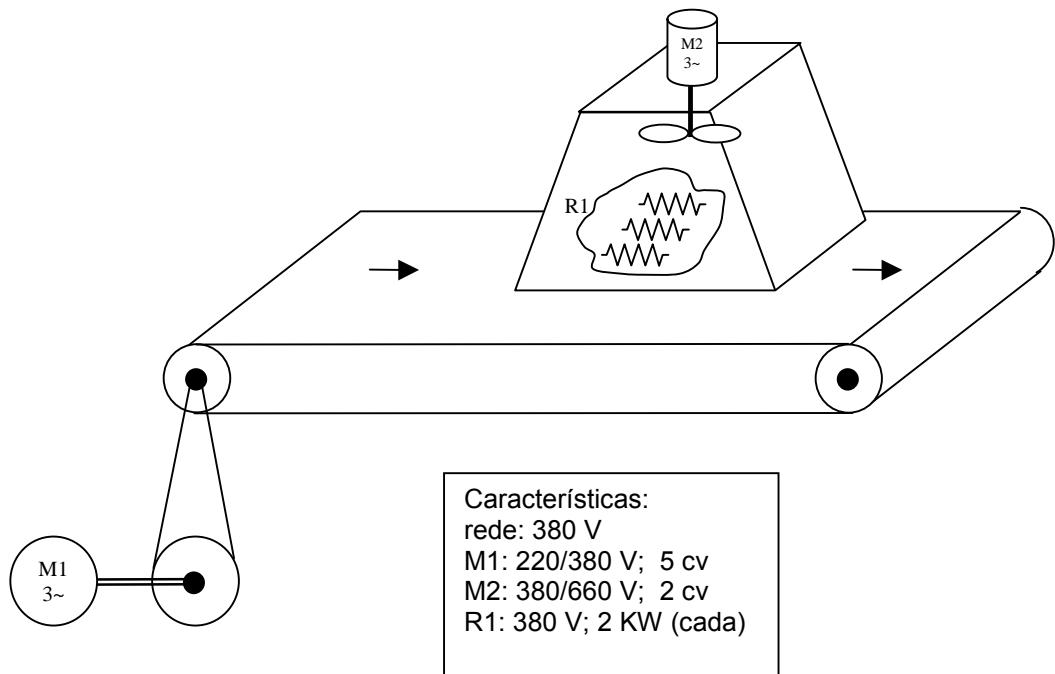


Figura 71 – Secador de peças com ar aquecido

Projeto 01:

- A máquina é acionada por um botão (b1).
- Acionando-se a máquina, somente a esteira começa a rodar.
- Após 10 seg. entra em funcionamento o ventilador.
- Decorridos outros 10 seg. são acionadas as resistências de aquecimento.
- Neste instante a máquina está pronta para operar, devendo ser sinalizada por uma lâmpada.
- Um único botão (tipo soco) desliga a máquina.
- O desarme de qualquer um dos relés térmicos pára toda a máquina.

h) Ventilador / exaustor

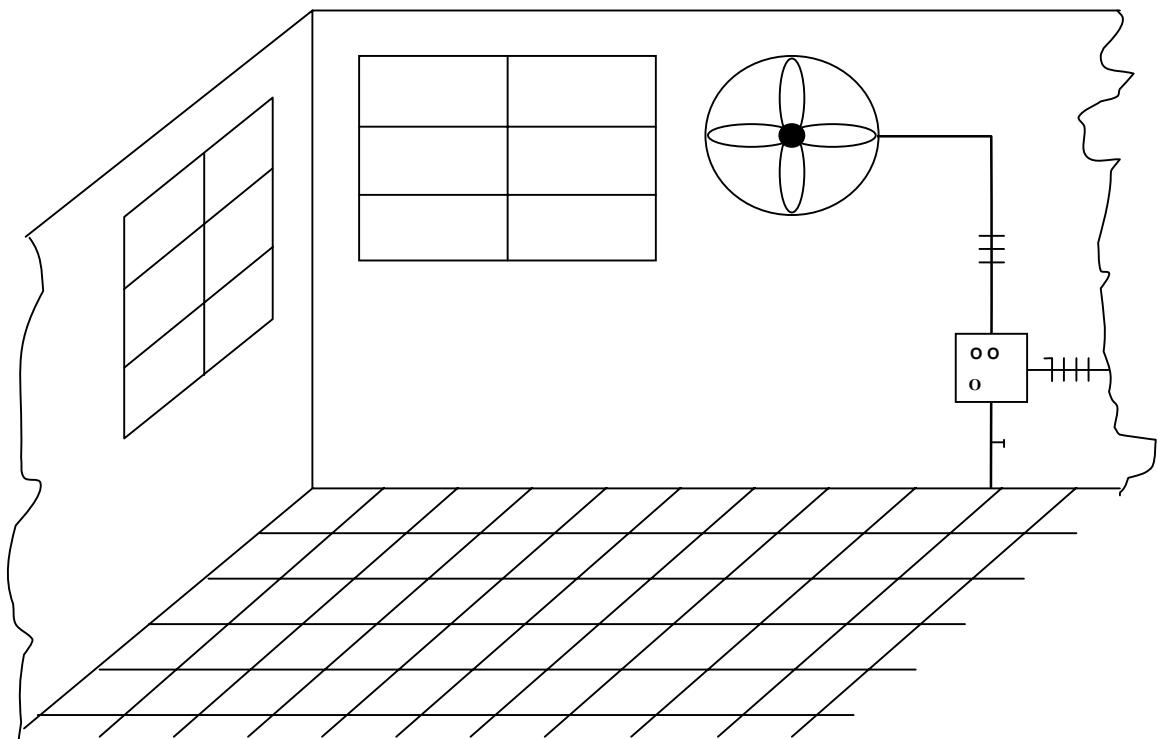


Figura 72 – Ventilador / exaustor

Projeto 01:

- Três botões comandam a instalação.
- Um botão aciona o motor para girar como ventilador.
- Outro botão aciona o motor para girar como exaustor.
- A troca do sentido de rotação só acontece se o motor for desligado.

Projeto 02:

- A troca do sentido de rotação só acontece após 10 seg. do desligamento do motor.

i) Partida consecutiva de ventiladores

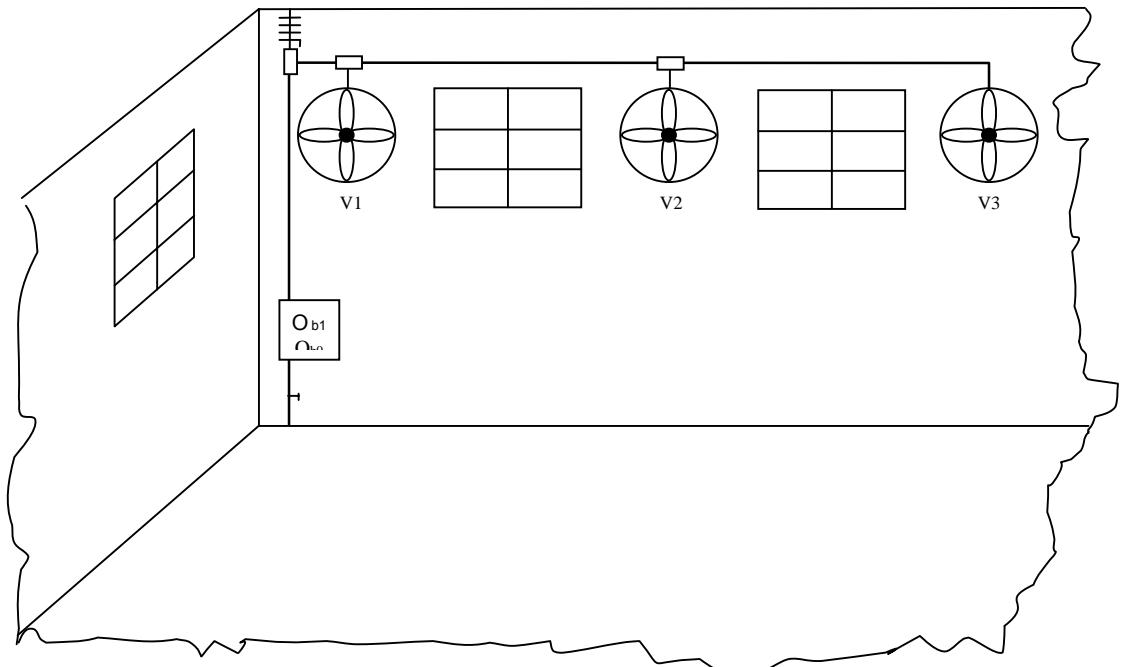


Figura 73 – Partida consecutiva de ventiladores

Projeto 01:

- Os três ventiladores funcionam simultaneamente, porém partem defasados em 10 s
 - Cada motor tem sua proteção de sobrecarga individual.
 - Caso desarme algum dos relés, somente o motor referido não funcionará.
 - Dando-se partida no sistema, cada motor partirá no seu tempo (0, 10 e 20 seg.).
 - Se o relé de algum motor estiver desarmado quando for acionado o circuito, no seu momento não partirá outro motor.
 - Um botão desliga todo o circuito a qualquer instante.

Projeto 02:

- Se o relé de algum motor estiver desarmado quando for acionado o circuito, no seu momento partirá o motor seguinte.

j) Máquina para fabricação de suco

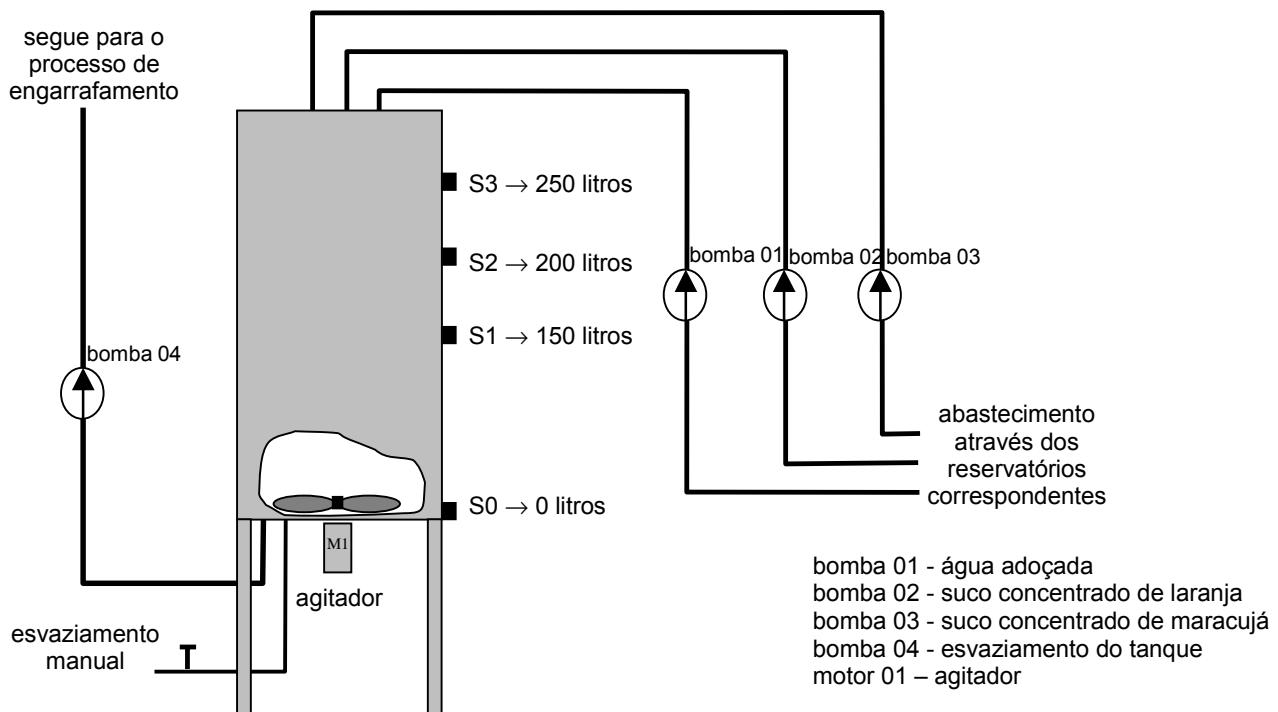


Figura 74 – Máquina para fabricação de suco

Projeto 01:

- Nesta máquina é executado parte do processo de fabricação de suco sabor mix laranja e maracujá, pronto para beber.
- reservatório é abastecido com água adoçada através da bomba 01 até o nível do sensor 01 (150 l).
- A seguir é abastecido com o concentrado de laranja através da bomba 02 até o nível do sensor 02 (50 l).
- Neste momento começa a ser completado o reservatório até o nível do sensor 03 (50 l) através da bomba 03.
- Completado o abastecimento, entra em funcionamento o agitador (M1), ficando ligado por 2 min em um sentido, parado por 30 s e funciona mais 2 min em sentido oposto.
- Decorrido este processo, inicia-se o esvaziamento do tanque através da bomba 04.
- No painel de comando da máquina, cada passo é sinalizado por uma lâmpada devidamente identificada.
- Uma botoeira comutadora define se a máquina funcionará ininterruptamente – ou seja, todo o processamento é iniciado automaticamente ao final de cada

esvaziamento – ou se necessitará ser acionada novamente ao final de cada processo. Para este caso, deve ser acionado um botão início de ciclo.

- Havendo falha em qualquer um dos motores (desarme do relé térmico de sobrecarga) toda a máquina deve parar.
- A máquina deve possuir um botão com chave para ser acionada e um botão tipo soco para parar quando necessário.
- Por qualquer motivo que a máquina seja desligada, deverá reiniciar onde parou, exceto os tempos do agitador, que deverão ser resetados.

ANOTAÇÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, Robert; STEHR, Wilhelm. *Máquinas elétricas*. São Paulo: E.P.U., 1976.
- CEEE-RS. *Regulamento de instalações consumidoras; Fornecimento de tensão secundária, rede de distribuição aérea*. Porto Alegre: 1992.
- CRIMPER. *Catálogo de produtos*.
- DNH. *Alto-falantes* Ex. s.n.t.
- EBERLE. *Motores elétricos trifásicos para uso industrial*. Caxias do Sul: 1998.
- HELLERMANN. *Catálogo de produtos*. São Paulo: 1999/2000.
- _____. *Líder mundial em acessórios para cabos e fios*. São Paulo: s.d.
- HORBACH FILHO, Nelson. *Instalações elétricas*. s.n.t.
- MAMEDE FILHO, João. *Instalações elétricas industriais*. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1989.
- MARTIGNONI, Alfonso. *Ensaios de máquinas elétricas*. Porto Alegre: Globo, 1980.
- _____. *Máquinas de corrente alternada*. Porto Alegre: Globo, 1972.
- PIAL LEGRAND. *Material elétrico para instalações*. São Paulo: 1998/1999.
- PIRELLI. *Catálogo de condutores*. s.d.
- SENAI-DN. *Manutenção de interruptor centrífugo e capacitor para motor monofásico de fase auxiliar*. Rio de Janeiro: 1980.
- _____. *Tabelas e diagramas elétricos*. Rio de Janeiro: 1982.
- SIEMENS. *Compilado para manobra e proteção*. São Paulo: s.d.
- _____. *CD Dispositivos de Controle e Distribuição*, s.n.t.

STECK. *Plugs e tomadas blindadas Brasikon*. São Paulo: s.d.

TELEMECANIQUE. *Catálogo de produtos*, s.n.t.

_____. *Manual do Contator-disjuntor integral 18*, s.n.t.

TONINI. *Controles de temperatura*. São Paulo: s.d.

WEG. *Manual de motores elétricos*. Jaraguá do Sul, s.d.

WESTINGHOUSE. Divisão Blindex. *Comando e sinalização; complementar*. Diadema: s.d.

<http://www.weg.com.br>

<http://www.eberle.com.br>

<http://www.schneider-elettric.com.br>

<http://www.reimold.com.br>

<http://www.siemens.com.br>

<http://www.flexmaster.com.br>

<http://www.schulz.com.br>

<http://www.isotrans.com.br>

<http://www.margirius.com.br>

<http://www.conexel.com.br>