

6

Instalações para Força Motriz e Serviços de Segurança

Os circuitos de distribuição para instalações de motores, aquecimento, solda elétrica ou equipamentos industriais diversos deverão ser separados dos circuitos de iluminação, podendo os circuitos alimentadores ser comuns a ambos.

6.1 Instalações de Motores

6.1.1 Generalidades

Motor elétrico é a máquina capaz de transformar a energia elétrica em mecânica, usando, em geral, o princípio da reação entre dois campos magnéticos. A potência mecânica no eixo é expressa em hp¹ (horsepower) ou cv (cavalo-vapor), ou mesmo em kW. A potência elétrica de entrada é igual aos hp do motor divididos pelo rendimento, que é da ordem de 80% para os motores médios e ainda maior para os grandes motores.

A corrente aparente nominal do motor, em ampères, pode ser obtida por meio da seguinte expressão ²:

$$I = \frac{\text{hp} \times 746}{\text{Tensão} \times \text{Fator de Potência} \times \text{Rendimento}} \quad \text{ou} \quad I = \frac{\text{cv} \times 736}{V \times \cos \theta \times \eta}$$

V = volts entre fases; \cos = fator de potência; η = rendimento.

Observação: Se o motor for trifásico, aparece o fator $\sqrt{3}$ no denominador.

EXEMPLO

Motor de 15 hp (11,18 kW), trifásico, de 220 volts entre fases, fator de potência 90% e rendimento de 80%. Qual a corrente?

$$I = \frac{15 \times 746}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,9 \times 0,8} = 40 \text{ A}$$

6.1.2 Classificação dos motores

Os motores podem ser classificados como:

a) De corrente contínua, que, de acordo com o campo, podem ser:

- motor Shunt (paralelo);
- motor-série.

b) De corrente alternada, que, de acordo com a rotação, podem ser:

- síncronos — acompanham a velocidade síncrona;
- assíncronos (de indução) — giram abaixo do sincronismo;
- diassíncronos ou universais — giram ora abaixo, ora acima do sincronismo.

6.1.3 Aplicação dos motores

Os motores de corrente contínua são aplicados em locais em que a fonte de suprimento de energia elétrica é a de corrente contínua, ou quando se exige a fina variação da velocidade. A aplicação mais difundida dos motores de corrente contínua é na tração elétrica (bondes, ônibus, trens etc.), especialmente o motor-série, pelas inúmeras vantagens que oferece.

Os motores de corrente alternada são os mais encontrados, por ser de corrente alternada a quase totalidade das fontes de suprimento de energia.

Para potências pequenas e médias e em aplicações em que não haja necessidade de variar a velocidade, é quase exclusivo o emprego do motor assíncrono (de indução), por ser mais robusto e de mais fácil fabricação (menor custo).

Exemplo: ventiladores, compressores, elevadores, bombas etc.

Esse tipo de motor é conhecido como “rotor em gaiola”, pelo fato de seu rotor ser laminado e ligado em curto-circuito. Tais motores podem ser monofásicos ou trifásicos, sendo que os monofásicos têm o inconveniente de exigir um dispositivo de partida (capacitores, enrolamento de partida etc.), já que, na partida, seu torque seria nulo. É essa a razão pela qual sempre se deve preferir o motor de indução trifásico, pois, assim, eliminase uma fonte de possíveis defeitos.

Há também motores de indução com rotor bobinado (anéis). Eles são trifásicos, e as bobinas estão ligadas a uma resistência variável também trifásica – ligação em estrela –, com a finalidade de se diminuir a corrente de partida. No início do funcionamento, essa resistência variável deve estar com seu valor máximo, e, à proporção que o motor aumenta a rotação, ela vai sendo retirada até se estabelecer o curto-circuito com a rotação plena.

Atualmente, com a difusão dos inversores frequência que permitem operar os motores de indução com velocidade variável, os motores de indução passaram a ser mais utilizados nos locais das instalações onde há necessidade de velocidade variável, passando a substituir os motores de corrente contínua (para mais detalhes, ver item 6.1.15).

Como já foi dito, os motores assíncronos giram abaixo do sincronismo de acordo com a relação a seguir, conhecida pelo nome de deslizamento:

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

em que:

S = deslizamento, variando de 3 a 6%;

n_s = rotação síncrona;

n = rotação do motor.

Para grandes potências, usam-se mais frequentemente os motores síncronos, cujo grande inconveniente é o de exigir uma fonte de corrente contínua para o campo. Tais motores giram rigorosamente dentro do sincronismo, de acordo com o número de polos e a frequência, segundo a fórmula:

$$N = \frac{120f}{p}$$

em que:

N = número de rpm (rotações por minuto);

f = frequência da rede em ciclos por segundo;

p = número de polos.

Assim, temos o quadro de rotações síncronas (Tabela 6.1).

Os motores síncronos podem também ser utilizados no melhoramento do fator de potência de uma instalação, desde que sejam superexcitados (capacitivos).

Os motores diassíncronos, também chamados universais, funcionam com corrente contínua ou alternada e encontram a sua melhor aplicação nos aparelhos eletrodomésticos.

Tabela 6.1 Rotações síncronas

Polos	Frequência (c/s)	
	50	60
2	3 000	3 600
4	1 500	1 800
6	1 000	1 200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
14	428,6	514,2
16	375	450
18	333,3	400
20	300	360

6.1.4 Identificação dos motores

Os motores elétricos possuem uma placa identificadora, colocada pelo fabricante, a qual, pelas normas, deve ser fixada em local bem visível.





Para se instalar adequadamente um motor, é imprescindível que o instalador saiba interpretar os dados da placa, que são:

- marca comercial e tipo, modelo e número de carcaça;
- tensão nominal;
- número de fases;
- tipo de corrente (contínua ou alternada);
- frequência;
- potência nominal;
- corrente nominal;
- rotação nominal;
- regime de trabalho;
- classe do isolamento ou aquecimento permissível;
- letra-código ou a relação I_p/I_n ;
- fator de serviço (f.s.);
- grau de proteção (IP);
- ligações.

O fator de serviço (f.s.) é o multiplicador que, aplicado à potência nominal de um motor, indica a carga que pode ser acionada continuamente, sob tensão e frequência nominais e com um determinado limite de elevação de temperatura do

enrolamento. Esse fator, citado na norma NBR 17094:2008, tem sido pouco utilizado pelos fabricantes de motores elétricos.

O grau de proteção é um código padronizado, formado pelas letras IP seguidas de um número de dois algarismos: o primeiro número define o tipo de proteção do motor contra a entrada de água e o segundo contra objetos sólidos.

GENERAL		ELECTRIC	
MOTOR DE INDUÇÃO			
HP 1	MOD. B5K182AG104 N.º		
FASES	VOLTS 220/380	CICLOS 60/50	
CICLOS 60	CICLOS 50		
RPM 1.715	RPM 1.425		
AMP. 3,2/1,85	AMP. 3,9/2,25		
FS 1,25	FS 1		
REGIME CONTÍNUO	ISOL. CLASSE A		
TIPO K	CARCAÇA 182	CÓD. J	CATEG. B
LIGAÇÕES			
	Tensão Inferior (Triângulo)		Tensão Superior (Estrela)
			
	LINHA		LINHA

Exemplos de placa de motor.

Figura 6.1

Exemplo: um motor de 15 cv (11 kW), com corrente nominal de 40 A, fator de serviço 1,25, poderá sofrer a seguinte sobrecarga:

$$1,25 \times 40 = 50 \text{ ampères} \quad \text{ou} \quad 1,25 \times 15 = 18,75 \text{ cv (13,98 kW)}$$

Esse dado deve ser considerado no dimensionamento dos condutores e das proteções.

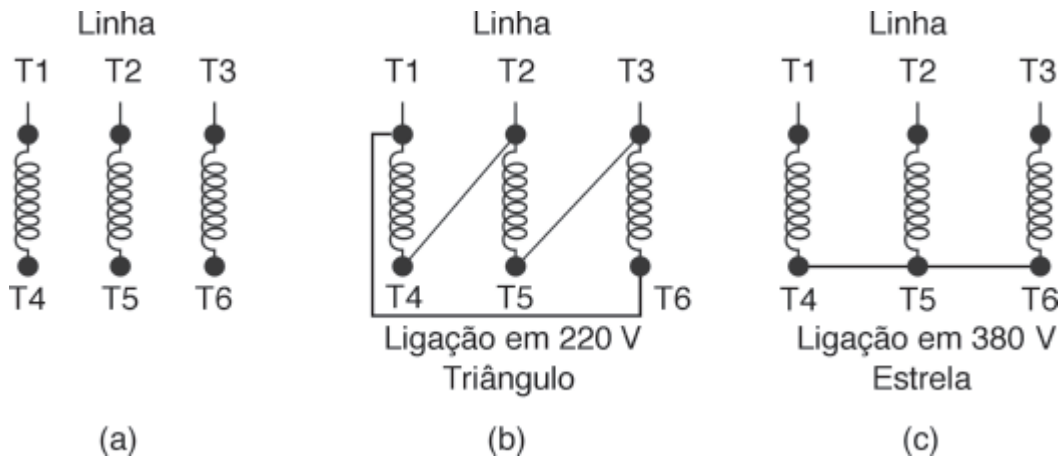
Ligação dos motores

Os terminais dos motores de corrente alternada podem ser em bornes ou chicotes, devidamente marcados (com letras ou números) e encerrados na caixa de ligações, permitindo ao instalador ligá-los à rede, de acordo com o esquema que o fabricante habitualmente fornece na placa. Na Figura 6.1, vemos a placa de um motor da General Electric e uma da WEG, com as respectivas indicações para a sua ligação à rede.

Quando não há indicação na placa, somos obrigados a identificar os terminais.

Os motores trifásicos de origem americana, para 220/380 volts, podem ter os terminais das bobinas identificados da seguinte maneira: sempre os terminais 1-2-3 são para ligação à linha; acrescentando 3 a cada um, temos o outro terminal das bobinas do motor. Assim, temos as bobinas descritas a seguir.

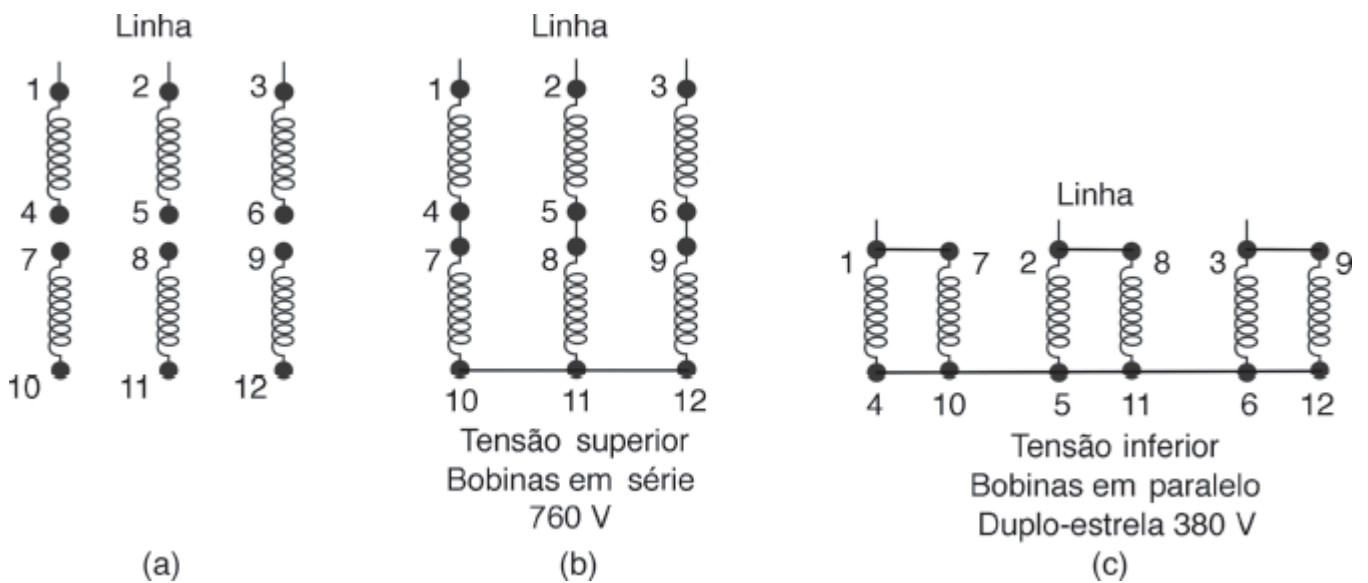
Para ligação na tensão inferior, usa-se a ligação em triângulo, e, para tensão superior, a ligação é em estrela (Figura 6.2).



Ligação de motores.

Figura 6.2

Para motores trifásicos, americanos, de 760/380 volts, podemos ter a seguinte identificação: os terminais 1-2-3 são ligados à linha; pelo processo anterior, temos as seguintes bobinas (Figura 6.3).



Ligação em estrela.

Figura 6.3

Estes motores podem ser ligados em triângulo ou em estrela: quando se usa a tensão superior (440 V), a ligação é em série; quando se usa a tensão inferior (220 V), a ligação é em paralelo (Figura 6.4).

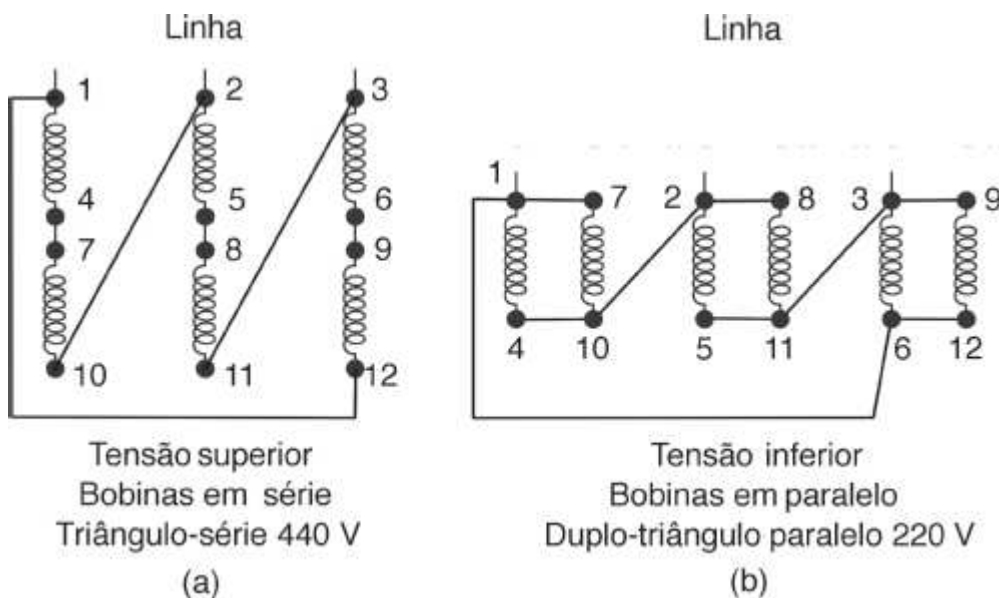


Figura 6.4

Os motores de origem alemã têm as bobinas marcadas com as letras $U-V-W$ (entradas) e $X-Y-Z$ (saídas), sendo que a linha é designada por $R-S-T$.

Classe de isolamento

Classe de isolamento define a temperatura admissível de operação de um motor. Estabelece o nível térmico máximo em que o motor poderá operar sem que seja afetada sua vida útil, sendo definido de acordo com os tipos de materiais isolantes utilizados na sua fabricação. O isolante, por sua vez, deve ser adequado para suportar a temperatura máxima, a do ponto mais quente. A Tabela 6.2 apresenta as classes de isolamento empregadas em máquinas elétricas e os respectivos limites de temperatura conforme a NBR 17094:2008.

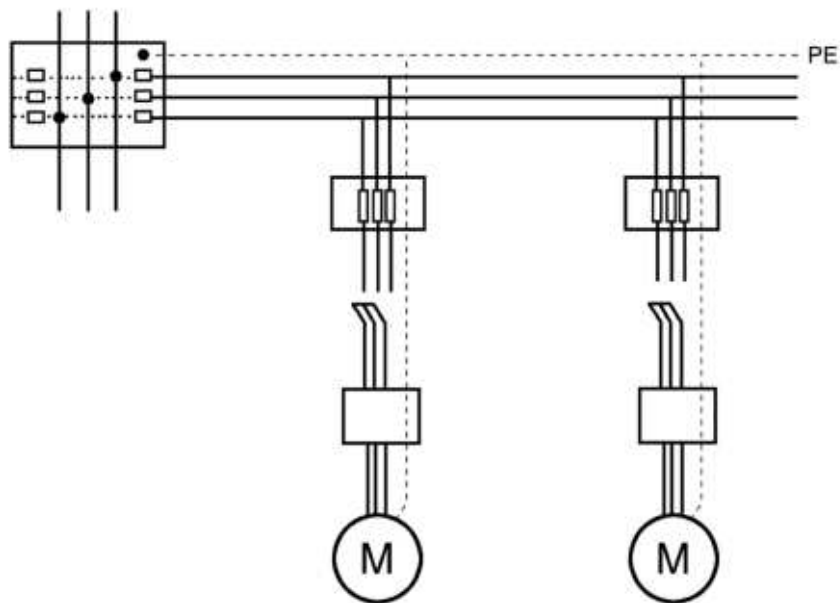
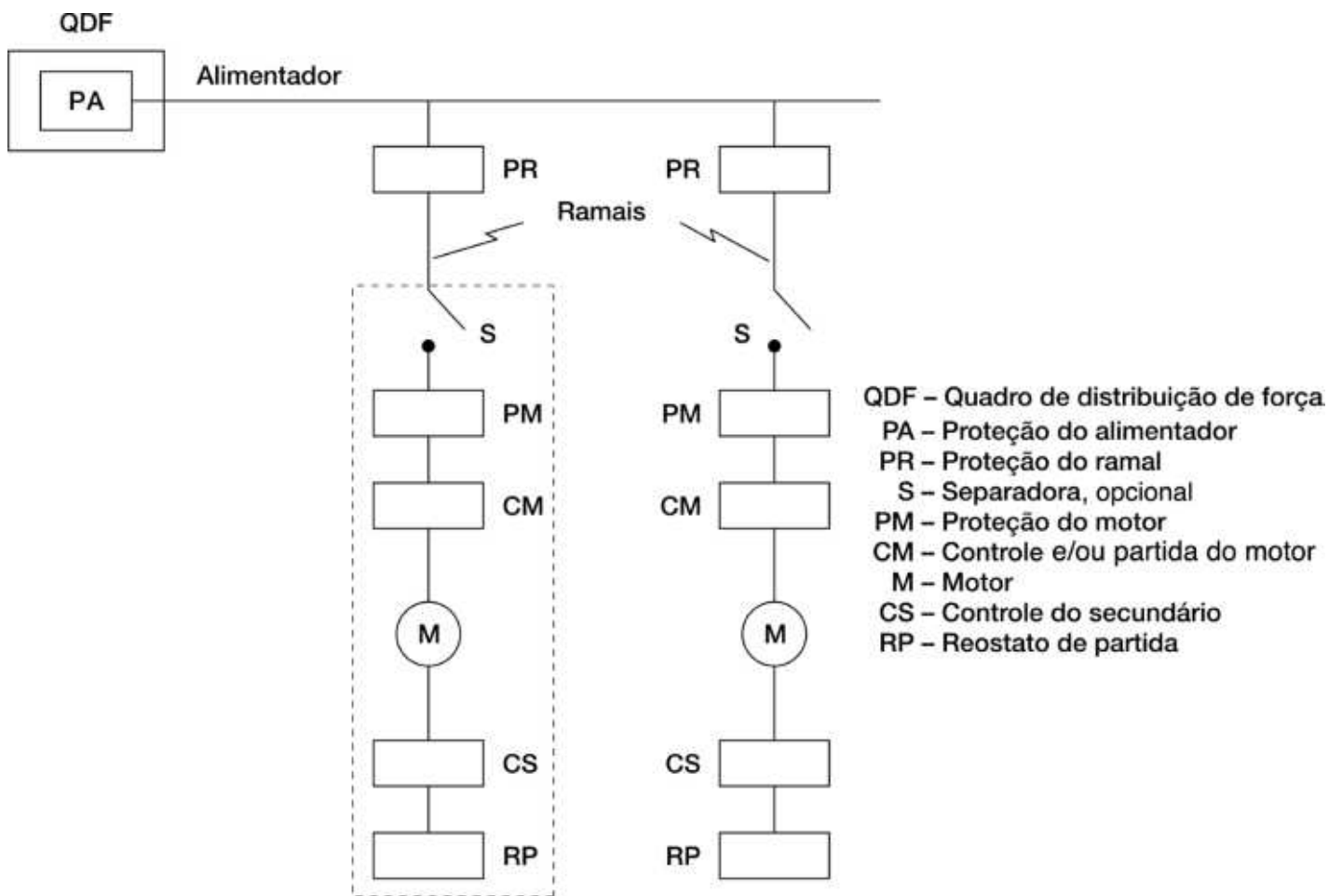
Os motores normalmente disponíveis no mercado são fabricados nas classes B e F.

Tabela 6.2 Classes de isolamento

Classe	Temperatura-limite (°C)
A	105
E	120
B	130
F	155
G	180

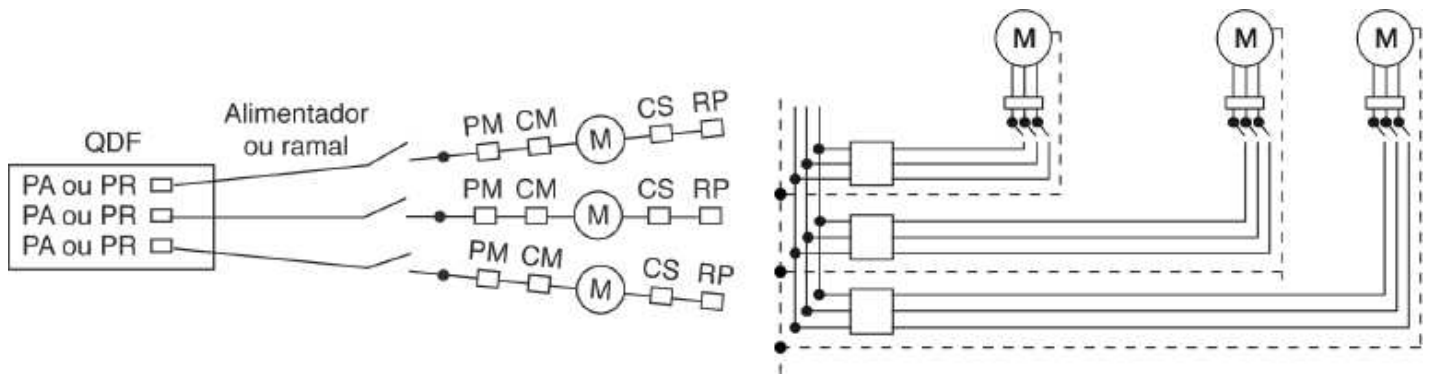
6.1.5 Esquemas típicos para instalação de motores

As figuras a seguir apresentam exemplos de esquemas para instalação de motores.



Alimentação linear e esquema trifilar.

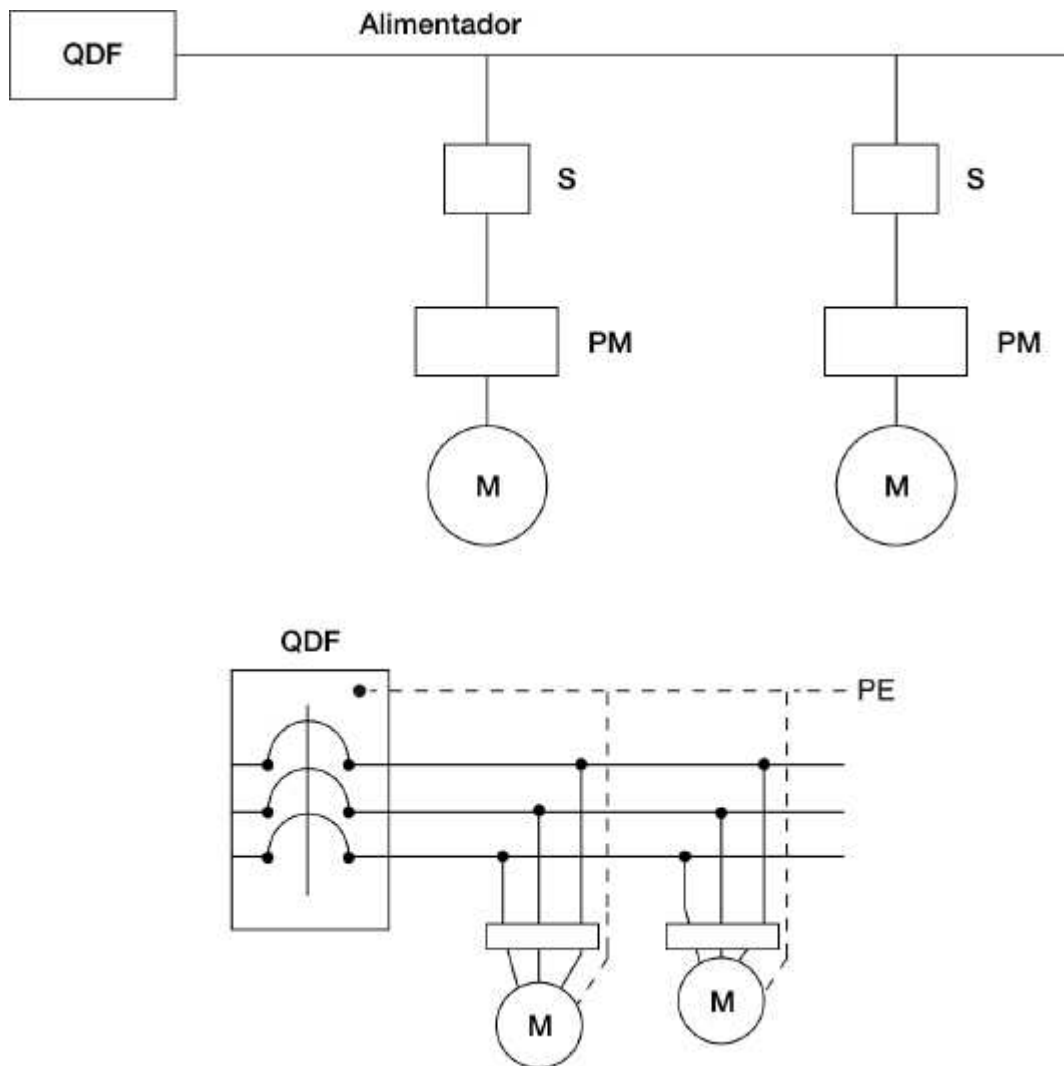
Figura 6.5



Alimentação radial individual e esquema em diagrama trifilar.

Figura 6.6

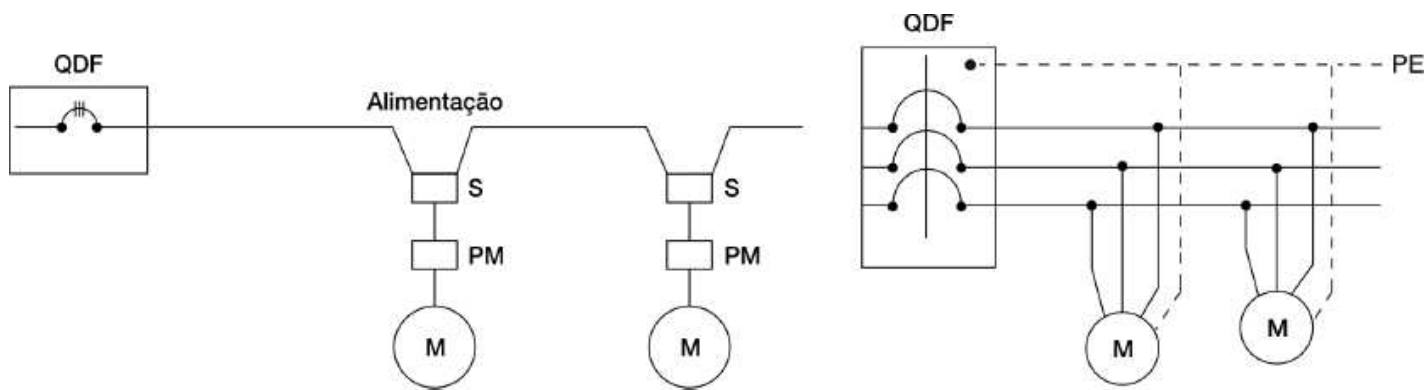
Observação: Este esquema é usado quando as posições dos motores no terreno são muito afastadas ou quando as potências são bastante diferentes.



Alimentação linear com ramais curtos e esquema em diagrama trifilar.

Figura 6.7

Observação: Usado quando os ramais podem ser curtos (menores que 8 m). Sob certas condições, pode-se suprimir a proteção do ramal.



Alimentação linear sem ramal de motor e diagrama trifilar.

Figura 6.8

Observação: Usado quando os motores ficam junto ao alimentador. Não há necessidade de proteção do ramal.

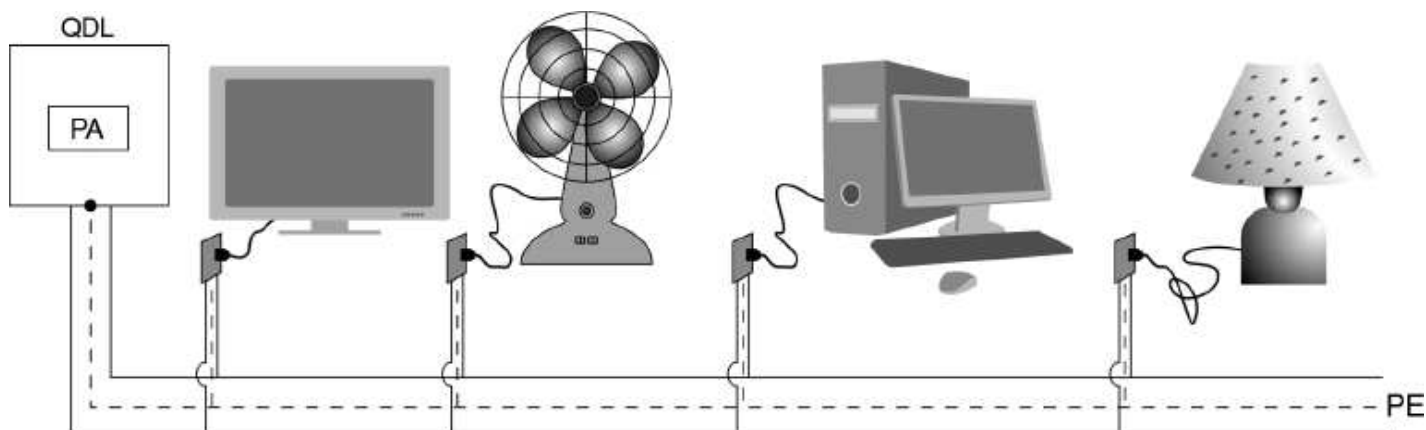


Diagrama bifilar de alimentação de pequenos aparelhos.

Figura 6.9

6.1.6 Circuitos alimentadores – dimensionamentos

Dimensionamento pela capacidade de corrente

Os condutores de circuito terminal que alimentam um ou mais motores devem possuir uma capacidade de condução de corrente igual ou maior que a soma das correntes nominais de cada motor, multiplicadas pelos respectivos fatores de serviços (f.s.).

$$I (\text{alimentador}) \geq \sum_{i=1}^n \text{f.s.}_i \times I_{ni}$$

EXEMPLO

Um alimentador deve abastecer os seguintes motores trifásicos:

- elevador social – 10 cv (4 polos);
- elevador de serviço – 7,5 cv (4 polos);
- bomba-d'água – 5 cv (2 polos);
- bomba de recalque de esgotos – 1 cv (2 polos);
- exaustor – 1 cv (2 polos).

Todos os motores são de indução, com rotor em gaiola e partida direta, tensão 220 volts – 60 Hz, sendo o de 10 cv com f.s. = 1,25 e os demais com f.s. = 1,0.

Qual a capacidade de corrente desse alimentador?

Solução

Pela Tabela 6.8, tiram-se as seguintes correntes aparentes:

Motor	Corrente (ampères)
10 cv	26,6
7,5 cv	20,6
5 cv	13,7
1 cv	3,34

$$I (\text{alimentador}) = 1,25 \times 26,6 + 20,6 + 13,7 + 3,34 + 3,34 = 74,23 \text{ A}$$

Pela Tabela 3.6, verifica-se que deve ser usado, no mínimo, o cabo de 25 mm², supondo que sejam utilizados método de instalação B1 e condutores de cobre com isolamento PVC 70 °C.

Dimensionamento pela queda de tensão

Como já foi visto, a queda de tensão admissível pela NBR 5410:2004 para circuitos de força é de 5%. Assim, podemos atribuir, por exemplo, uma queda de tensão de 3% nos alimentadores e de 2% nos ramais.

As seguintes equações podem ser utilizadas:

- Para circuitos monofásicos ou para corrente contínua:

$$S = \frac{2 \rho \Sigma Il}{u}$$

- Para circuitos trifásicos:

$$S = \frac{\sqrt{3} \rho \Sigma Il}{u}$$

em que:

S = seção em mm²;

$$\rho = \text{resistividade do cobre} = \frac{1 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2}{56 \text{ m}} \text{ (cobre) ou } \frac{1 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2}{32 \text{ m}} \text{ (alumínio)}$$

I = corrente aparente nominal \times f.s.;

u = queda de tensão absoluta;

l = comprimento em metros;

Σ = somatório.

Destaca-se que a corrente I deve ser multiplicada pelo f.s. do motor, se houver.

Devemos observar também que, durante a partida dos motores, a queda de tensão não pode ultrapassar 10% da tensão nominal.

Tabela 6.3 Escolha do condutor em função dos ampères \times metros – sistemas monofásico e bifásico

Sistemas monofásicos ou corrente contínua								
Dimensionamento dos condutores pela máxima queda de tensão								
Tensões nominais	127 V	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%

220 V	0,58%	1,16%	1,74%	2,32%	2,90%	3,48%	4,06%
Condutor de PVC/70 série métrica	Ampères × metros Condutores singelos de cobre — modo de instalar de A-B-C-D (Tabela 3.6)						
(mm ²)							
1,5	53	106	159	212	266	319	372
2,5	89	177	266	354	443	531	620
4	142	283	425	566	708	850	991
6	212	425	637	850	1 062	1 275	1 487
10	354	708	1 062	1 416	1 770	2 124	2 478
16	566	1 133	1 699	2 266	2 832	3 399	3 965
25	885	1 770	2 655	3 541	4 426	5 311	6 196
35	1 239	2 478	3 718	4 957	6 196	7 435	8 674
50	1 770	3 541	5 311	7 081	8 852	10 622	12 392
70	2 478	4 957	7 435	9 914	12 392	14 871	17 349
95	3 364	6 727	10 091	13 454	16 818	20 181	23 545
120	4 249	8 497	12 746	16 995	21 244	25 492	29 741
150	5 311	10 622	15 933	21 244	26 555	31 865	37 176

Tabela calculada pela fórmula: $S = \frac{2\rho\Sigma I l}{u}$ em que $\rho = \frac{1 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2}{56 \text{ m}}$, I = corrente na linha em ampères (considerando o f.s. = 1); l = distância em metros; u = queda de tensão admissível em volts.

Tabela 6.4 Escolha dos condutores em função dos ampères × metros – sistema trifásico

Sistemas monofásicos ou corrente contínua Dimensionamento dos condutores pela máxima queda de tensão								
Tensões nominais	220 V	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%
	380 V	0,58%	1,16%	1,74%	2,32%	2,90%	3,48%	4,06%
Condutor de PVC/70 série métrica	Ampères × metros							
(mm ²)	Condutores singelos de cobre — modo de instalar de E-F (Tabela 3.6)							
1,5	106	213	320	426	533	639	746	
2,5	178	355	533	711	888	1 066	1 244	
4	284	568	853	1 137	1 421	1 705	1 990	
6	426	853	1 279	1 705	2 132	2 558	2 985	
10	711	1 421	2 132	2 842	3 553	4 264	4 974	
16	1 137	2 274	3 411	4 548	5 685	6 822	7 959	
25	1 776	3 553	5 329	7 106	8 882	10 659	12 435	

35	2 487	4 974	7 461	9 948	12 435	14 923	17 410
50	3 553	7 106	10 659	14 212	17 765	21 318	24 871
70	4 974	9 948	14 923	19 891	24 871	29 845	34 819
95	6 751	13 501	20 252	27 003	33 753	40 504	47 255
120	8 527	17 054	25 582	34 109	42 636	51 163	59 690
150	10 659	21 318	31 977	42 636	53 295	63 954	74 613

Tabela calculada pela fórmula: $S = \frac{\sqrt{3} \rho \Sigma I l}{u}$ em que $\rho = \frac{1 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2}{56 \text{ m}}$;

I = corrente na linha em ampères (considerando o f.s. = 1); l = distância em metros; u = queda de tensão admissível em volts.

EXEMPLO

Se no exemplo anterior admitimos as seguintes distâncias ao QDF:

- elevador: 30 m;
- bomba-d'água: 10 m;
- exaustor e bomba de recalque: 5 m;

temos:

$$S = \frac{\sqrt{3} (26,6 \times 30 + 20,6 \times 30 + 13,7 \times 10 + 2 \times 3,34 \times 5)}{56 \times 220 \times 0,04} = 5,6 \text{ mm}^2$$

Então, será usado o cabo de 25 mm² pelo critério da capacidade de corrente, pois a bitola do cabo é maior do que pela queda de tensão.

Proteção dos circuitos alimentadores contra curtos-circuitos

A capacidade nominal do dispositivo de proteção do circuito alimentador de motores deverá ser menor ou igual à proteção do ramal de maior capacidade, mais a soma das correntes nominais dos motores restantes, multiplicadas pelo f.s., se houver.

Simbolicamente,

$$I (\text{proteção do alimentador}) \leq I (\text{proteção do ramal de maior capacidade}) + \text{f.s.} \cdot I (\text{motores restantes})$$

6.1.7 Circuitos dos ramais – dimensionamentos

Dimensionamento pela capacidade de corrente

Os condutores dos ramais para motores elétricos deverão ser maiores ou iguais ao fator de serviço multiplicado pela corrente nominal do motor para serviço contínuo.

Simbolicamente:

$$I (\text{ramal}) \geq \text{f.s.} \times I (\text{motor})$$

Dimensionamento pela queda de tensão

Usa-se a mesma expressão dos alimentadores, atribuindo-se, por exemplo, uma queda de tensão de 2%.

Proteção dos ramais contra curtos-circuitos

A capacidade de proteção dos dispositivos de proteção dos ramais de motores deverá ficar compreendida entre 150 e 300% da corrente nominal do motor, conforme o tipo do motor.

A Tabela 6.5 apresenta a percentagem a ser usada pelos dispositivos de proteção em função do tipo de motor, do método de partida e da letra-código.

Tabela 6.5 Proteção dos ramais dos motores

Tipo do motor	Método de partida	Motores sem letra-código (%)	Motores com letra-código		
			Letra	%	
Monofásicos, trifásicos de rotor em gaiola e síncronos	A plena tensão	300	A	150	
			B até E	250	
			F até V	300	
	Com tensão reduzida	Corrente nominal	A	150	
			Até 30 A – 250%	B até E	200
			Acima de 30 A – 200%	F até V	250
Trifásicos de anéis	—	150	—	—	

Observação:

- 1) Essa capacidade poderá ser aumentada até 400% em condições de partida muito severas.
- 2) Essa proteção poderá ser dispensada nas mesmas condições descritas para os ramais de iluminação e também quando o ramal for menor que 8 m.

Nos motores de origem americana, encontra-se na sua placa a letra-código, que indica a relação entre a potência em kVA demandada da rede por hp de potência do motor no teste e o rotor preso. Na placa apresentada na Figura 6.1, encontra-se J como letracódigo do motor. Nos motores nacionais, é usada a relação I_p/I_n , conforme a Tabela 6.8.

A Tabela 6.6 nos fornece as diversas letras-código.

Tabela 6.6 Letra-código

Letracódigo	kVA/hp com rotor preso
A	de 0 a 3,14
B	de 3,15 a 3,54
C	de 3,55 a 3,99
D	de 4,0 a 4,49
E	de 4,5 a 4,99
F	de 5,0 a 5,59
G	de 5,6 a 6,29
H	de 6,3 a 7,09
J	de 7,1 a 7,99

K	de 8,0 a 8,99
L	de 9,0 a 9,99
M	de 10 a 11,19
N	de 11,2 a 12,49
P	de 12,5 a 13,99
R	de 14,0 a 15,99
S	de 16,0 a 17,99
T	de 18,0 a 19,99
U	de 20,0 a 22,39
V	de 22,4 em diante

6.1.8 Proteção contra sobrecarga e curto-circuito dos motores

Dispositivos usados:

- Relés térmicos não ajustáveis, fazendo parte integrante do motor.
- Chaves magnéticas com relés térmicos (contator-motor), usadas na partida e na proteção dos motores. Os relés são instalados nos condutores-fase.
- Disjuntores-motores.
- Disjuntores.
- Fusíveis de ação retardada em todos os condutores do ramal não ligados à terra. Podem-se usar fusíveis comuns, desde que o motor parta com tensão reduzida (fusíveis gC, gA e aM).

6.1.9 Ajuste da proteção dos motores contra sobrecargas

Os motores utilizados em regime contínuo devem ser protegidos contra sobrecargas por um dispositivo integrante do motor, ou um dispositivo de proteção independente, geralmente com relé térmico com corrente nominal ou de ajuste igual ou inferior ao valor obtido multiplicando-se a corrente nominal de alimentação a plena carga do motor (I_n), conforme abaixo:

Fator de serviço do motor (f.s.)	Ajuste da corrente do relé ³
1,0 até 1,15	$I_n \times f.s.$
> 1,15	$(I_n \times f.s.) - 5\%$

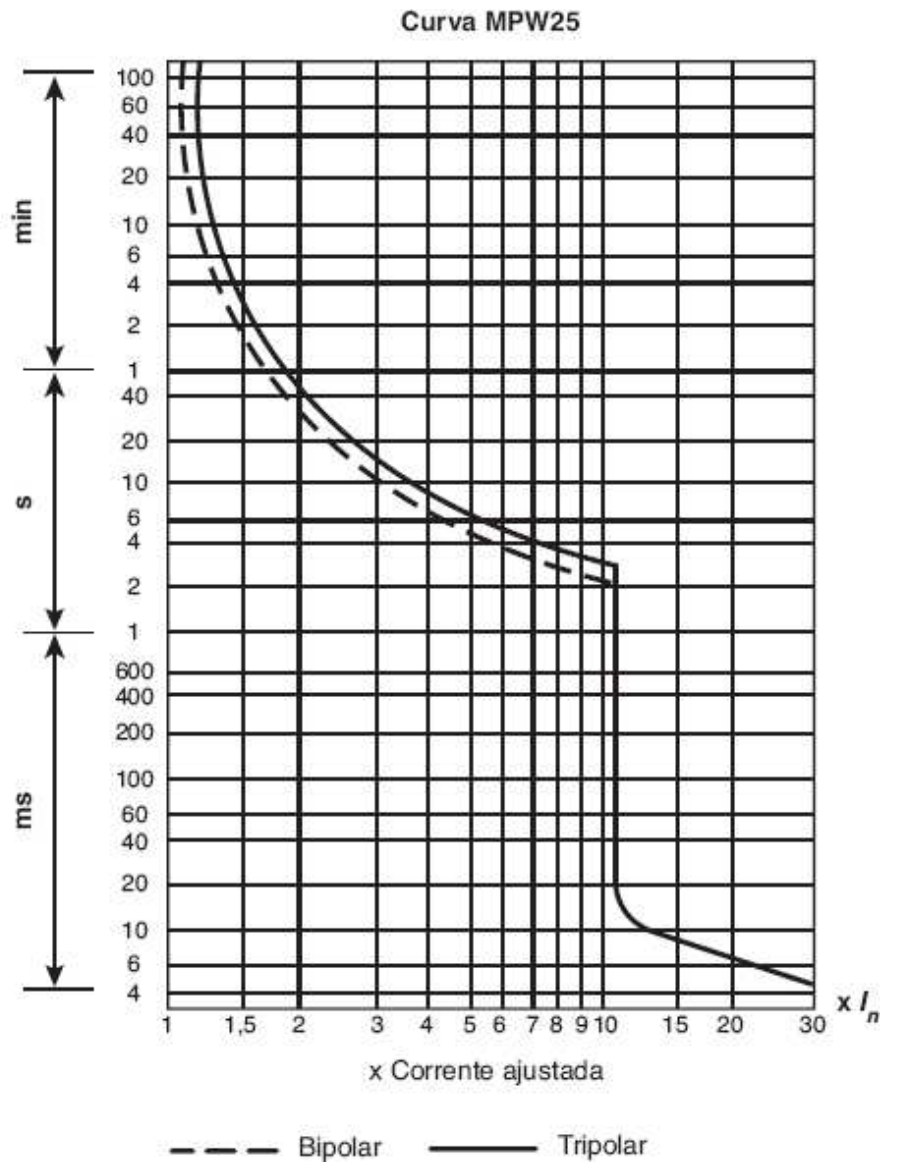
Para motores até 1 cv, com partida normal, próximo à máquina acionada, o dispositivo de proteção do ramal é o suficiente.

Usamos para proteção de motores os fusíveis comuns ou disjuntores térmicos. Os fusíveis, para atenderem bem ao fim a que se destinam, devem ter certo retardo a fim de que não atuem com a corrente de partida, que pode atingir 10 vezes a corrente nominal. Os relés térmicos são dispositivos, em geral, ligados em série com os circuitos de controle das chaves magnéticas, desligando-as quando a corrente atinge determinado valor.

O disjuntor-motor é um equipamento que permite a partida e a proteção dos motores de modo compacto, além de possuir alta capacidade de interrupção. A proteção é assegurada por meio de disparadores térmicos ajustáveis, possuindo mecanismo diferencial com sensibilidade para falta de fases. A Tabela 6.7 apresenta as características técnicas de um disjuntor-motor. A Figura 6.10 mostra um disjuntor-motor com a curva de atuação típica.

Tabela 6.7 Disjuntor-motor termomagnético MPW – proteção contra sobrecarga e curto-circuito (WEG)

Tabela orientativa para seleção da proteção de motores trifásicos 60 Hz-4 polos ²						Corrente nominal In(A)	Faixa de ajuste da corrente nominal  In(A)	Disparo magnético instantâneo  Im(A)
220-240 V cv/kW	380-415 V cv/kW	440-480 V cv/kW	500 V cv/kW	500-600 V cv/kW	600 V cv/kW			
–	–	–	–	–	–	0,16	0,1 ... 0,16	2,08
–	–	–	–	–	0,16/0,12	0,25	0,16 ... 0,25	3,26
–	–	0,16/0,12	0,16/0,12	0,16/0,12	0,25/0,18	0,4	0,25 ... 0,4	5,2
–	0,16/0,12	0,25/0,18	0,25/0,18	0,33/0,25	0,33/0,25	0,63	0,4 ... 0,63	8,2
0,16/0,12	0,33/0,25	0,33/0,25	0,5/0,37	0,5/0,37	0,75/0,55	1	0,63 ... 1	13
0,33/0,25	0,6/0,37	1/0,75	1/0,75	1/0,75	1,5/1,1	1,6	1 ... 1,6	20,8
0,6/0,37	1/0,75	1,5/1,1	1,5/1,1	1,5/1,1	2/1,5	2,5	1,6 ... 2,5	32,5
1/0,75	2/1,5	2/1,5	2/1,5	3/2,2	4/3	4	2,5 ... 4	52
0,6/0,1	3/2,2	4/3	4/3	0,5/0,37	5,5/4	6,3	4 ... 6,3	82
3/2,2	6/4,5	7,5/5,5	5,5/4	7,5/5,5	10/7,5	10	6,3 ... 10	130
4/3	7,5/5,5	7,5/5,5	10/7,5	10/7,5	12,5/9,2	12	8 ... 12	166
5/3,7	10/7,5	12,5/9,2	12,5/9,2	15/11	15/11	16	10 ... 16	208



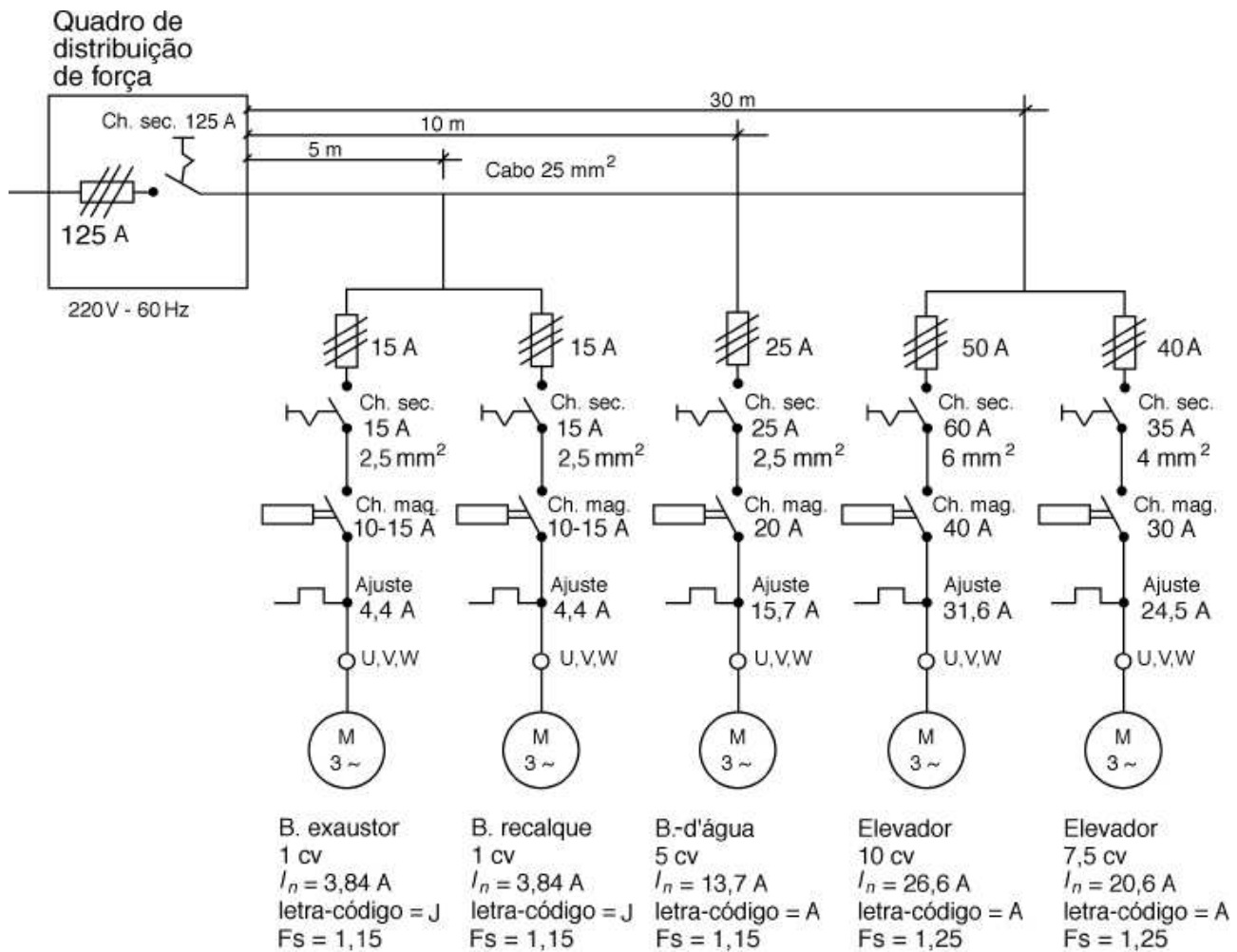
Disjuntor-motor e curva de atuação a frio. (Cortesia WEG)

Figura 6.10

EXEMPLO

Determinar a regulagem das chaves magnéticas de proteção dos motores, listados abaixo, e o valor de proteção dos ramais da instalação de motores indicada na Figura 6.11.

Motor 3 ϕ 220 V, 60 H ₃ , 1800 rpm	Letra-código	Fator de serviço (f.s.)
10 cv (7,36 kW)	A	1,25
7,5 cv (5,52 kW)	A	1,25
5 cv (3,68 kW)	A	1,15
1 cv (0,74 kW)	J	1,15



Exemplo de dimensionamento de uma instalação de motores.

Figura 6.11

1. Proteção dos motores (ajustagem da chave magnética):

Motor	Ajustagem
10 cv (7,36 kW)	$0,95 \times 1,25 \times 26,6 = 31,6$ ampères
7,5 cv (5,52 kW)	$0,95 \times 1,25 \times 20,6 = 24,5$ ampères
5 cv (3,68 kW)	$1,15 \times 13,7 = 15,7$ ampères
1 cv (0,74 kW)	$1,15 \times 3,84 = 4,4$ ampères

2. Proteção dos ramais:

Motor	Amperagem	Fusível indicado
10 cv (7,36 kW)	$1,5 \times 1,25 \times 26,6 = 49,9$	50 ampères
7,5 cv (5,52 kW)	$1,5 \times 1,25 \times 20,6 = 38,6$	40 ampères
5 cv (3,68 kW)	$1,5 \times 1,15 \times 13,7 = 23,6$	25 ampères
1 cv (0,74 kW)	$3,0 \times 1,15 \times 3,8 = 13,3$	15 ampères

3. Proteção do alimentador:

$$50 + (1,25 \times 20,6) + (1,15 \times 13,7) + 2 \times (1,15 \times 3,8) = 101,6$$

6.1.10 Dispositivos de seccionamento e controle dos motores

Os dispositivos de seccionamento devem atuar sobre os condutores vivos da instalação, em sua origem.

Nos sistemas em que há condutor terra e neutro separados, o neutro não pode ser seccionado; em nenhum sistema o condutor terra pode ser seccionado.

Cada motor deverá ser dotado da chave separadora individual colocada antes do seu dispositivo de proteção, exceto quando há vários motores acionando as diversas partes de uma mesma máquina, caso em que se usa uma única chave para o conjunto.

Os dispositivos de controle dos motores devem ser capazes de partir e parar os motores mesmo que estes estejam travados.

Capacidade das chaves separadoras:

- a) Para motores fixos em geral, a capacidade da chave deverá ser, pelo menos, de 115% da corrente nominal do motor.
- b) Para motores de potência igual ou inferior a 1,5 kW (2 cv) e tensão inferior a 300 V, o controle pode ser feito por interruptores de uso geral, mas com capacidade de corrente igual ou superior ao dobro da corrente nominal do motor.

6.1.11 Partida de Motores

Em quase todas as concessionárias de fornecimento de energia elétrica, permite-se partida direta – a partida com a tensão de abastecimento – para motores até 5 cv (4 kW).

Acima dessa potência, usam-se dispositivos que diminuem a tensão aplicada aos terminais dos motores e, dessa maneira, limita-se a corrente de partida. Tais dispositivos são:

1. Chave estrela-triângulo (ver Figura 6.12)

Essa chave, que pode ser manual ou automática, aplica-se quando o motor é de indução, trifásico e com rotor em gaiola. Estudaremos o funcionamento de uma chave desse tipo usando os equipamentos da marca Siemens, conforme diagrama da Figura 6.12(b).

Diagrama de força

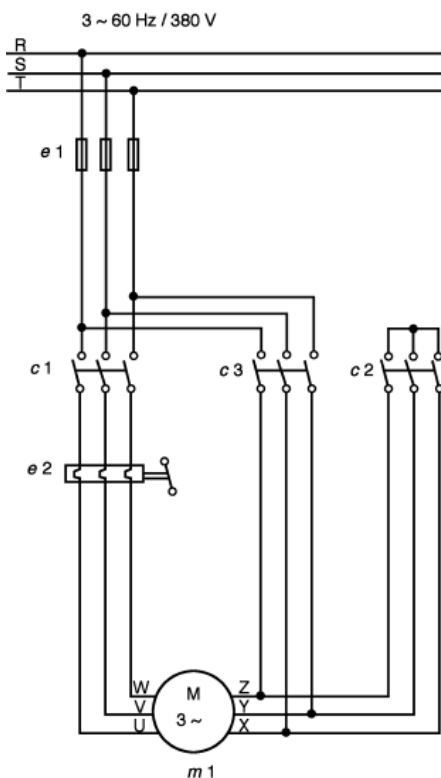
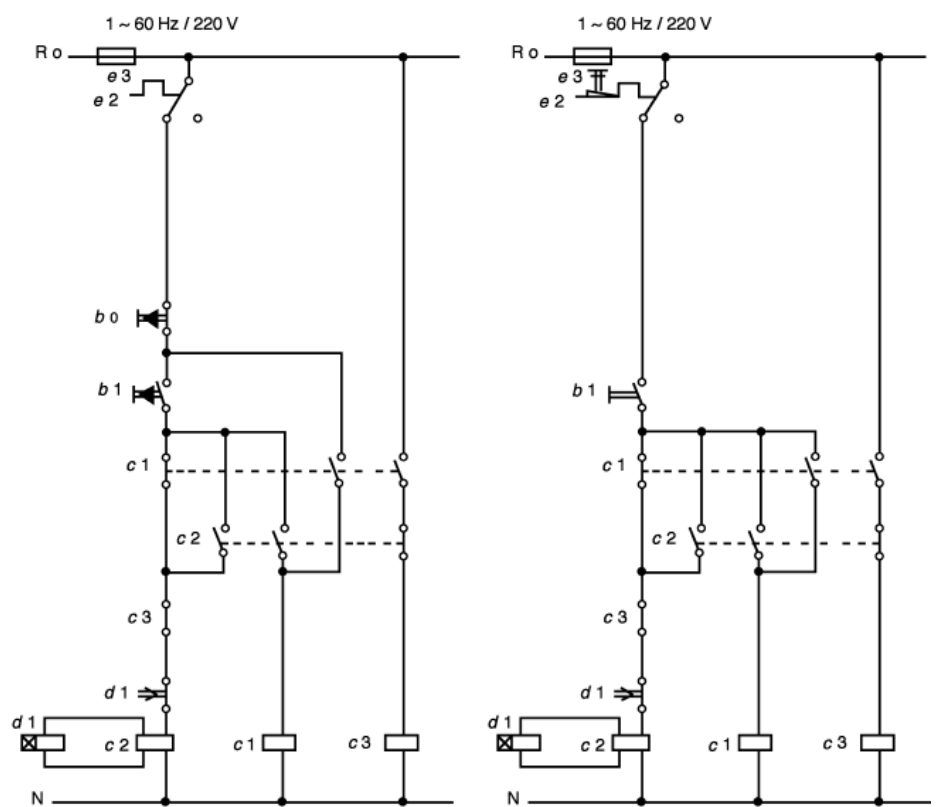


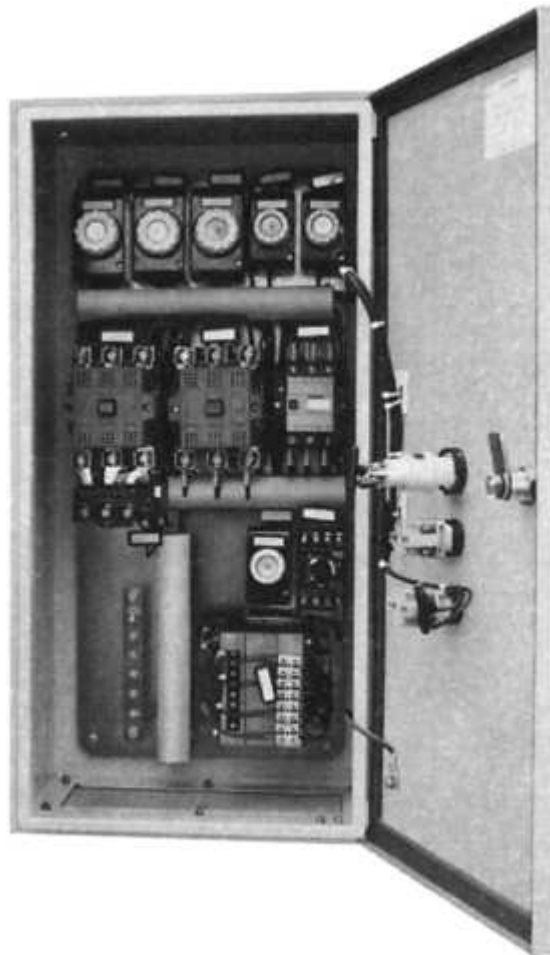
Diagrama de controle



Acionamento por botão

Acionamento por chave

Figura 6.12a



Chave estrela-triângulo automática.

Figura 6.12b

a) Acionamento por botão. O acionamento dessa chave pode ser por botão ou chave. No acionamento por botão, a operação é a seguinte:

O botão de comando $b1$ aciona o contactor estrela $c2$ e, ao mesmo tempo, o dispositivo de retardamento $d1$; o contato fechador de $c2$ atua sobre o contato de $c1$, fechando a bobina $c1$ do contactor da rede. Assim, o motor parte em estrela.

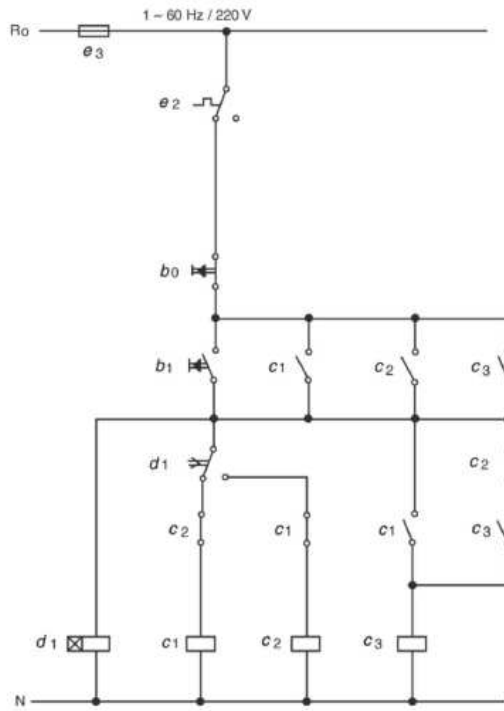
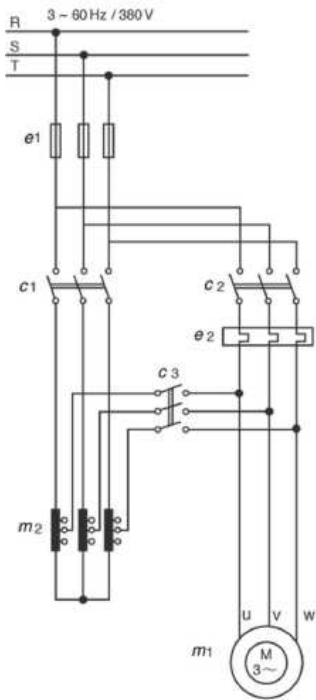
Decorrido o tempo de retardamento, o contato abridor $d1$ opera, e o contactor estrela $c2$ é desligado. Quando o contato abridor de $c2$ abre, fecha o contactor triângulo $c3$, pois o contato fechador de $c1$ já estava fechado quando $c1$ ligou. O motor opera em triângulo. Se quisermos parar o motor, acionamos o botão $b0$, interrompendo o contactor de rede $c1$. O contato fechador de $c1$ abre-se; o contactor triângulo é desligado, e o motor para.

b) Acionamento por chave. O dispositivo de comando $b1$ liga e desliga os contactores como no acionamento por botão.

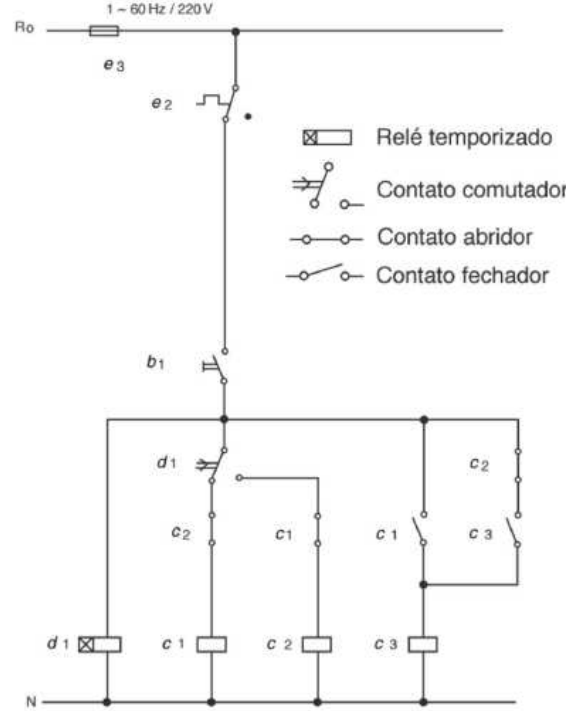
2. Compensador ou autotransformador de partida (ver Figura 6.13)

Diagrama de força

Diagramas de controle



Acionamento por botão



Acionamento por chave

- ☒ Relé temporizado
- ⇄ Contato comutador
- Contato abridor
- Contato fechador

Diagramas de partida automática de motores com autotransformador (Siemens).

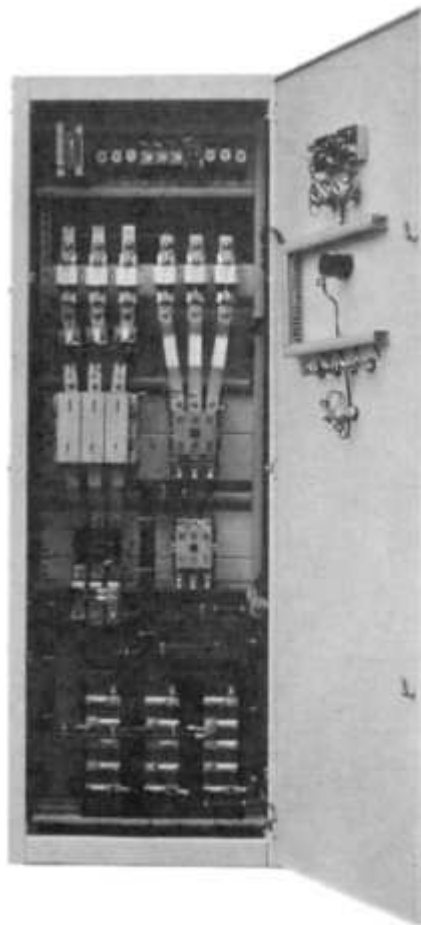
Figura 6.13a

a) Acionamento por botão. O botão de comando b1 aciona a bobina de c1 e o relé temporizado d1. Assim, fecha-se o contato fechador de c1, e a bobina de c3 é energizada. O motor parte com tensão reduzida, e fecha-se o contato fechador e o contato de selo de c3.

Decorrido o tempo pré-ajustado, o relé d1 comuta a ligação; então, abre-se o contato fechador, e fecha-se o abridor de c1; energiza-se a bobina c2. Assim, abre-se o contato abridor de c2; a bobina de c3 é desenergizada, e o motor parte com tensão plena.

Quando se deseja parar o motor, aciona-se o botão b0, o que desenergiza a bobina c2 e o relé comutador, parando-se o motor.

b) Acionamento por chave. A chave de comando b1 liga e desliga como no acionamento a botão.



Chave de partida com autotransformador (Siemens).

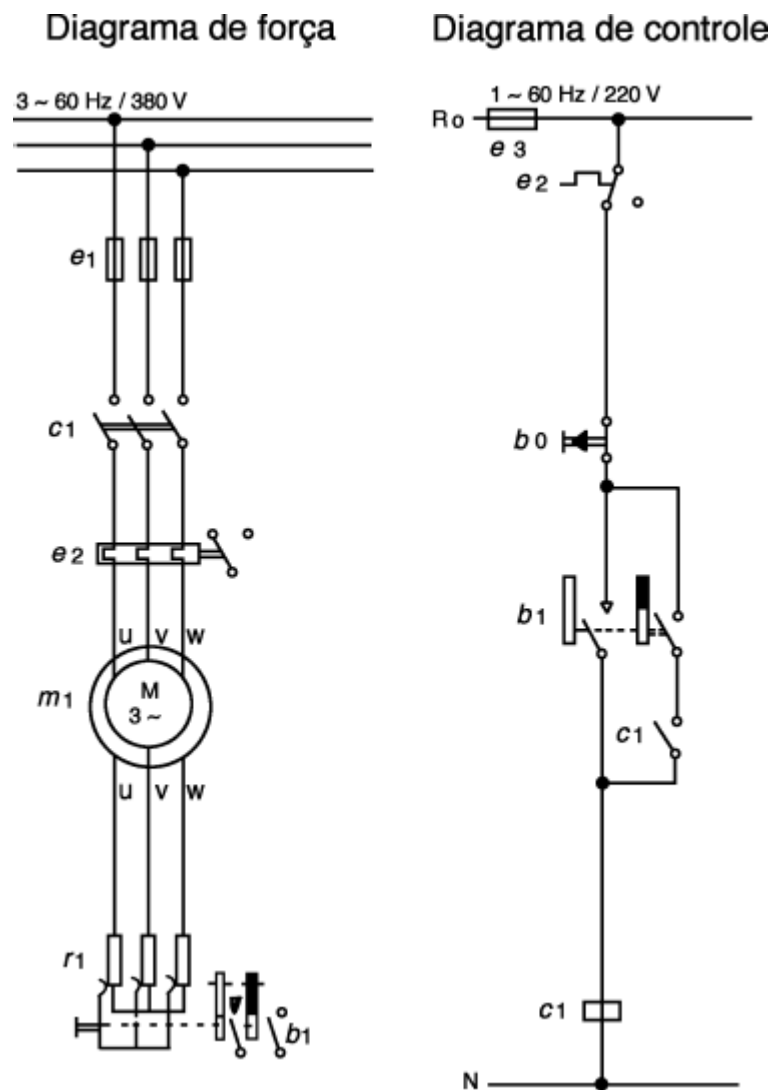
Figura 6.13b

3. Partida de motores trifásicos com rotor de anéis (ver Figura 6.14)

Os motores trifásicos de indução, com o rotor bobinado, podem partir suavemente com reostato de partida ligado ao rotor.

Na Figura 6.14, vemos um motor trifásico com rotor de anéis, com reostato de partida manual e chave auxiliar *b1*. Ligando-se *r1* na posição 1, o contactor *c1* é ligado à rede, fechando-se o contato de selo *c1* e provocando a partida do motor.

Para desligar o motor, basta acionar o botão desligador *b0*.



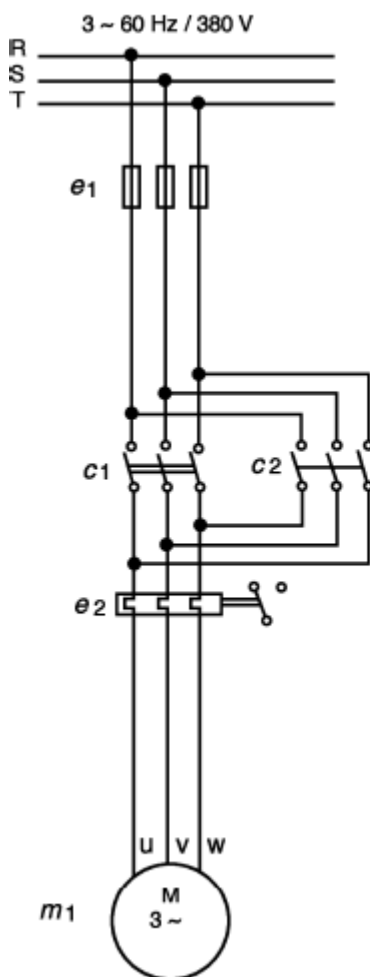
Partida de motores trifásicos com rotor de anéis (Siemens).

Figura 6.14

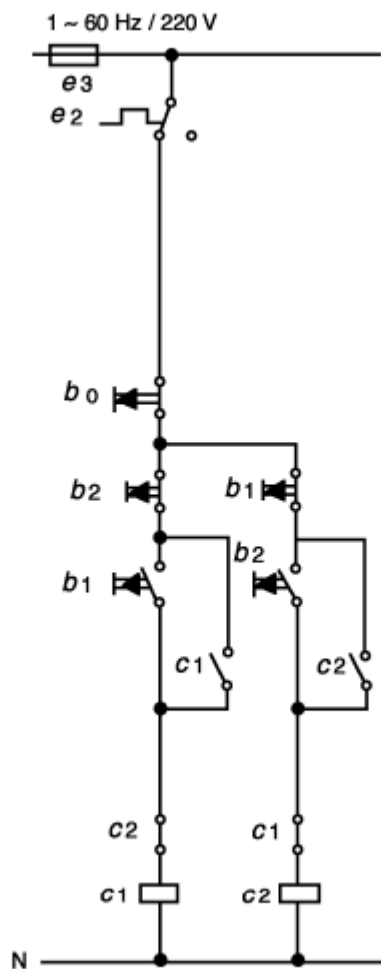
4. Inversão do sentido de rotação de motores trifásicos (ver Figura 6.15)

Acionamento por botão. Quando o botão *b1* é acionado, energiza-se a bobina do contactor *c1*, e abre-se o contato fechador de *c1*; o motor parte com o sentido de rotação, por exemplo, para a direita.

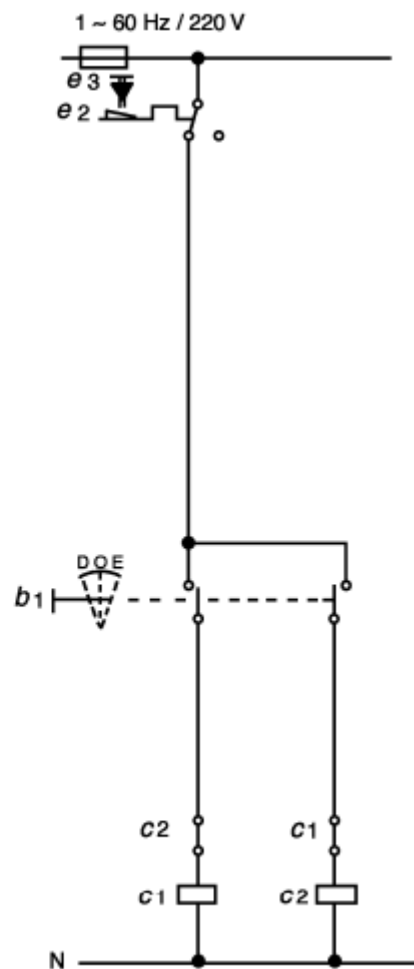
Diagrama de força



Diagramas de controle



Acionamento por botão



Acionamento por chave

Inversão do sentido de rotação de motores (Siemens).

Figura 6.15

Quando se aciona o botão b_2 , o contactor c_1 “DESLIGA”, por meio do contato abridor de c_2 , e o contactor c_2 “LIGA” por meio do contato fechado por botão de comando. A ordem “LIGA” para o contactor c_2 só é efetivada quando o contato abridor do contactor c_1 estiver fechado. O motor é frenado e passa a girar no sentido contrário, por exemplo, para a esquerda.

5. Soft-starter, inversores de frequência

Conforme foi visto no item 6.1.3, a rotação de um motor de CA é proporcional à frequência de alimentação; para um motor de indução, a rotação obedece à seguinte equação:

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

em que:

N = rotação [rpm]

f = frequência da rede [Hz]

p = número de polos

s = escorregamento

Assim vemos que a melhor maneira de variar a velocidade de um motor de indução é por meio da variação da frequência de alimentação. Os inversores de frequência estáticos (Figura 6.16) transformam a tensão da rede, de amplitude e frequência constantes, em uma tensão de amplitude e frequência variáveis. Essa fonte de frequência variável aplicada ao motor permite o controle da sua velocidade.

Para que o motor trabalhe em uma faixa de velocidades, não basta variar a frequência de alimentação; deve-se variar também a amplitude da tensão de alimentação, de maneira proporcional à variação de frequência. Assim, o fluxo e o torque do motor permanecem constantes. Portanto, há um ajuste contínuo de velocidade e torque com relação à carga mecânica, enquanto o escorregamento do motor é mantido constante (para mais detalhes, ver item 6.1.15).

A variação da relação V/f é feita linearmente até a frequência nominal do motor. Acima dessa, a tensão, que é igual à nominal do motor, permanece constante e há apenas a variação da frequência de alimentação. O torque fornecido pelo motor, portanto, é constante até a frequência-base de operação; como a potência é o resultado do produto do torque pela rotação, a potência útil do motor cresce linearmente até a frequência nominal e permanece constante acima desta.

Os soft-starters (Figura 6.16) são chaves de partida estática destinadas à aceleração, desaceleração e proteção de motores de indução que, com o ajuste adequado das variáveis, adaptam o torque produzido à necessidade da carga. Esse controle permite que se faça a partida do motor de modo suave (soft-starter), evitando uma corrente de partida elevada. A Figura 6.17 apresenta um esquema de acionamento típico do soft-starter. A Figura 6.18 mostra uma comparação do valor da corrente para partida direta, com chaves estrela-triângulo e com soft-starter.

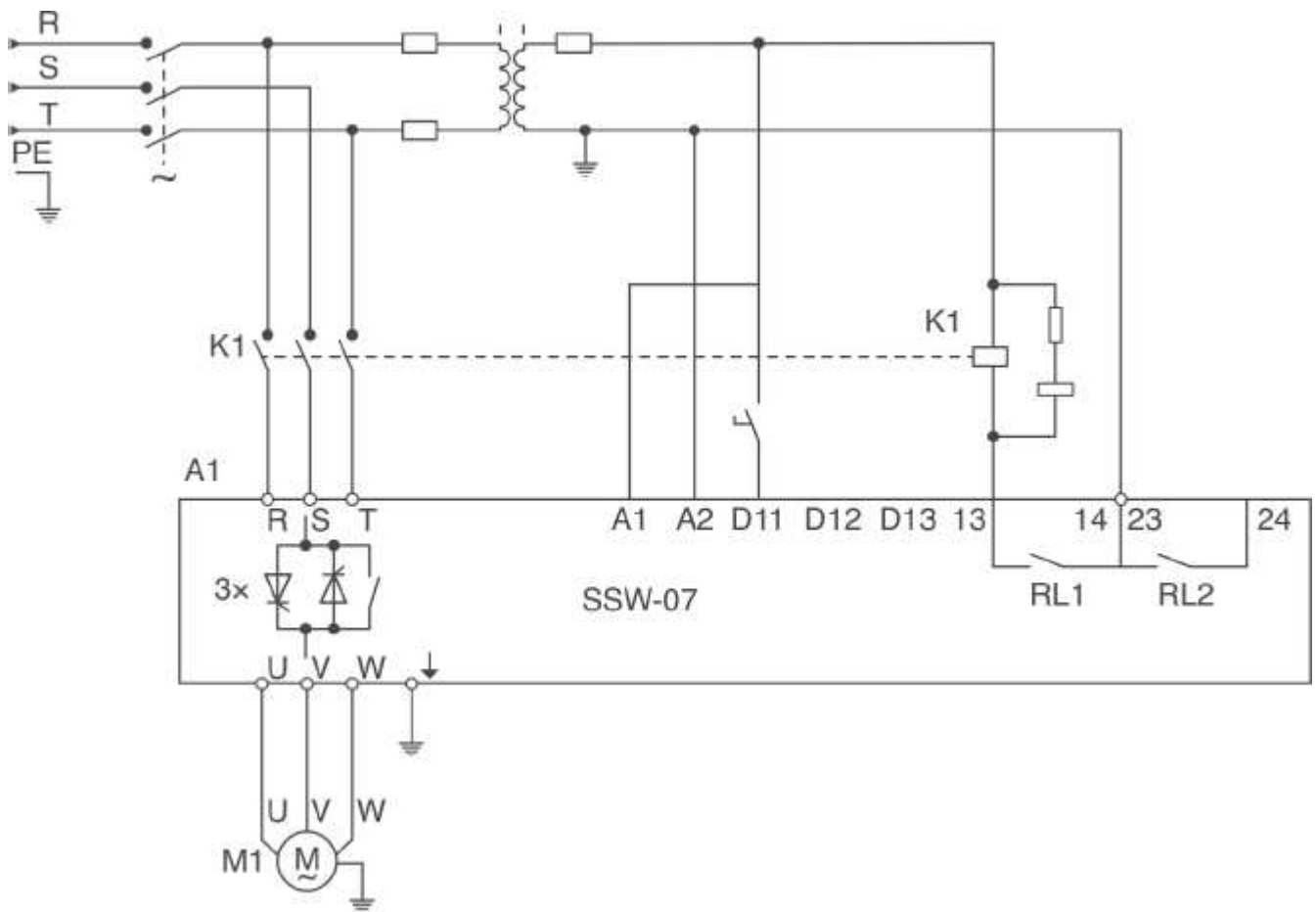
São aplicados em:

Bombas centrífugas, ventiladores, exaustores, compressores de ar, refrigeração, refinadores de papel, serras e plainas, moinhos e transportadores de carga.



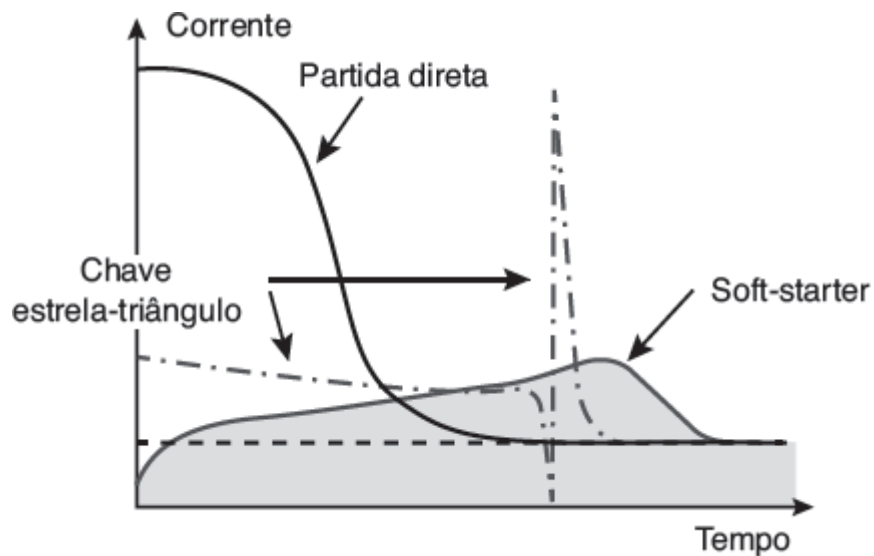
Inversor de frequência e soft-starter. (Cortesia WEG.)

Figura 6.16



Esquema de acionamento típico do soft-starter. (Cortesia WEG.)

Figura 6.17



Comparação de correntes de partida.

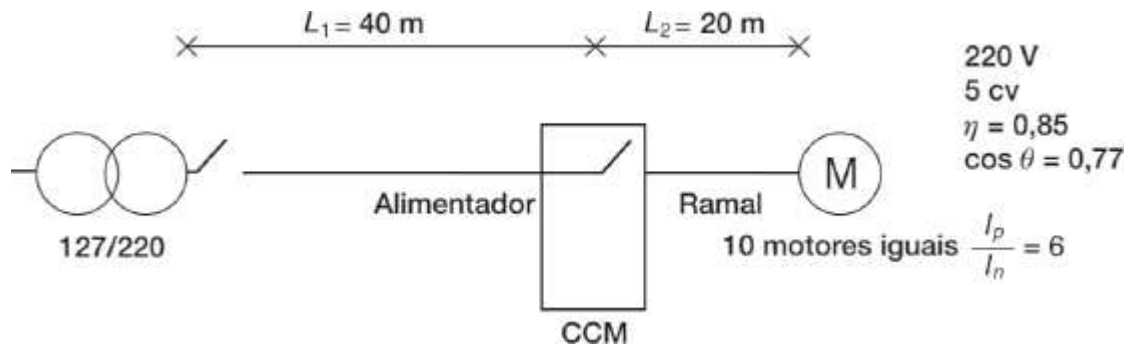
Figura 6.18

6.1.12 Queda de tensão na partida do motor

Conforme a NBR 5410:2004, o dimensionamento dos condutores que alimentam motores deve ser tal que a queda de tensão nos terminais dos dispositivos de partida não seja maior que 10% da tensão nominal, e deve ser considerado que o fator de potência do motor com rotor bloqueado seja igual a 0,3.

Exemplo de dimensionamento de circuito BT por queda da tensão durante a partida de um motor, considerando os demais em operação

Considere todos os circuitos trifásicos constituídos de condutores de cobre com isolamento de PVC/70 °C, instalados em eletrodutos isolantes, na temperatura ambiente de 30 °C, cujos dados se encontram a seguir:



Circuito	S (mm ²) (1)	R (2) (Ω/km)	X (2) (Ω/km)
Motor	2,5	8,89	–
Alimentador	70	0,322	0,0963

(1) Da tabela da NBR 5410.

(2) Do catálogo do fabricante.

Cálculos das grandezas nominais de cada motor

$$I_n = 14,9 \text{ A, de acordo com a Tabela 6.8}$$

$$\cos \theta = 0,77; \text{ sen } \theta = 0,63$$

$$N = \frac{cv \times 0,736}{N \times \cos \theta} \frac{5 \times 0,736}{0,85 \times 0,77} = 5,6 \text{ kVA}$$

$$P = N \times \cos \theta = 5,6 \times 0,77 = 4,3 \text{ kW}$$

$$Q = N \times \text{sen } \theta = 5,6 \times 0,63 = 3,5 \text{ kvar}$$

Motor na partida

Considere: $I_{partida} = 6 \times I_{nominal}$, $\cos \theta = 0,3$ e $\text{sen } \theta = 0,9$

$$I_p = 6 \times 14,9 = 89,4 \text{ A}$$

$$P_p = \sqrt{3} \times V \times I \cos \theta = \sqrt{3} \times 220 \times 89,4 \times 0,3 = 10,2 \text{ kW}$$

$$Q_p = \sqrt{3} \times V \times I \text{sen } \theta = \sqrt{3} \times 220 \times 89,4 \times 0,95 = 32,3 \text{ kvar}$$

No CCM:

$$P = P_p + \Sigma P \text{ (demais motores)} = 10,2 + 9 \times 4,3 = 48,9 \text{ kW}$$

$$Q = Q_p + \Sigma Q \text{ (motores)} = 32,3 + 9 \times 3,5 = 63,8 \text{ kvar}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{Q}{P} = \frac{63,8}{48,9} = 1,3 \text{ então } \cos \theta = 0,60 \text{ e } \operatorname{sen} \theta = 0,79$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \theta} = \frac{48,9 \times 10^3}{\sqrt{3} 220 \times 0,60} = 214 \text{ A}$$

Cálculo da queda de tensão no alimentador

$$\Delta V_1 = \sqrt{3} \times I \times L_1 (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta)$$

$$\Delta V_1 = \sqrt{3} \times 214 \times \frac{40}{1000} (0,322 \times 0,6 + 0,0963 \times 0,79)$$

$$\Delta V_1 = 3,98 \text{ V}$$

No motor:

$$\Delta V_m = \sqrt{3} \times I \times L_2 (R \cos \theta)$$

$$\Delta V_m = \sqrt{3} \times 89,4 \times \frac{20}{1000} \times 8,89 \times 0,3$$

$$\Delta V_m = 8,24 \text{ V}$$

A queda de tensão durante a partida será:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_m = 3,98 + 8,24 = 12,2 \text{ V} = 5,55\% \text{ de } 220 \text{ V}$$

Logo, $\Delta V < 10\%$ de V_n

6.1.13 Potência necessária de um motor

A escolha de um motor para uma determinada aplicação é uma tarefa que exige o conhecimento de inúmeros dados relativos à operação que se tem em vista. Assim, por exemplo, podemos necessitar de uma operação contínua com carga estável (caso das bombas-d'água) ou operação contínua com carga variável (caso dos compressores de ar); também podemos ter operações descontínuas, com variação e inversão de rotação. Em suma, é um problema que deve ser estudado em detalhe pelo instalador.

Para fixar ideias, calculemos a potência necessária para motor de guincho, de acordo com os dados do esquema da Figura 6.19:

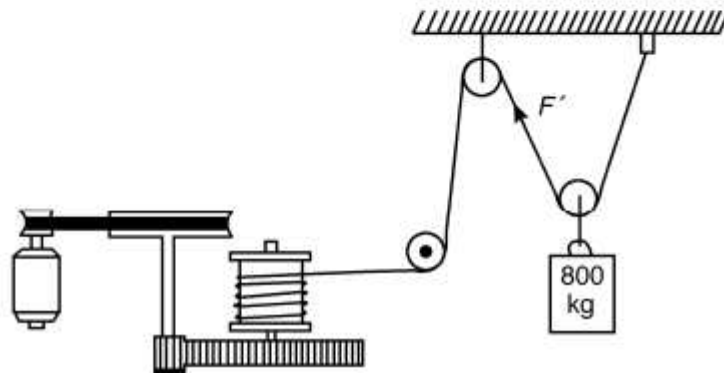
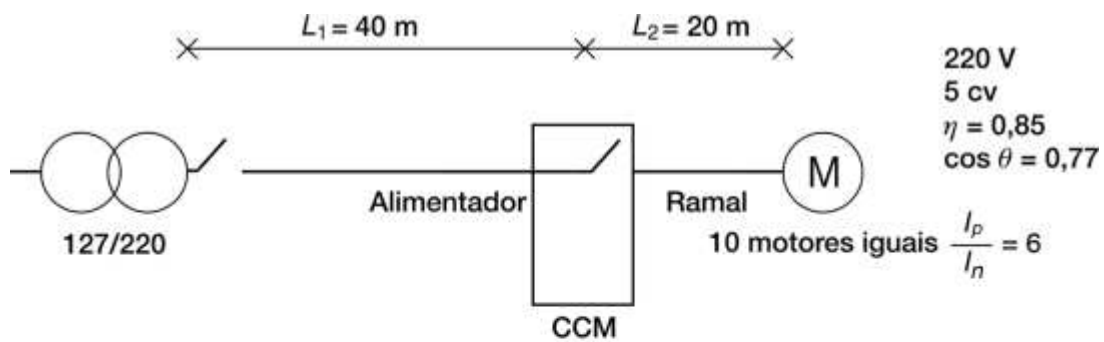


Figura 6.19

- Relação de engrenagens = $\frac{1}{10} = 0,1$;
- Rendimento da transmissão mecânica: 45%;
- Carga = 800 kg (incluindo o peso do cabo e roldana);
- Velocidade do cabo = 45 metros por minuto (a da carga será a metade);
- Diâmetro do tambor: 0,40 m;
- Diâmetro do volante: 0,60 m;
- Diâmetro da polia do motor: 0,15 m.

$$P = \frac{F \times V}{75}$$

em que:

P = potência em cv;

F = força em kg;

V = velocidade em m/s.

Aplicando os dados:

A força necessária $F' = \frac{800}{2} = 400$ kg, considerando o η da transmissão mecânica = 0,45

$$\text{então: } F = \frac{400}{0,45}$$

Logo, a potência será:

$$P = \frac{890 \times 45}{75 \times 60} = 8,9 \text{ cv}$$

Qual a rotação necessária do motor?

- Rotação do tambor:

$$\eta_1 = \frac{V}{\pi \cdot d} = \frac{45}{3,14 \times 0,40} = 36 \text{ rpm}$$

- Rotação do volante:

$$n_2 = \frac{36}{0,1} = 360 \text{ rpm}$$

- Rotação do motor:

$$n = 360 \times \frac{0,60}{0,15} = 1440 \text{ rpm}$$

Motor escolhido: 10 cv (7,45 kW) – como não é rotação padrão em 60 Hz, temos de escolher um motor de 1 740 rpm – 4 polos ou um de 1 165 rpm – 6 polos, fazendo ajustes nos diâmetros das polias.

6.1.14 Regras práticas para a escolha de um motor

Embora o assunto mereça um estudo mais profundo, em especial para grandes potências, podemos sugerir a seguinte sequência para se escolher um motor:

- Dados sobre a fonte de energia: contínua ou alternada, monofásica ou trifásica, frequência de 50 ou 60 ciclos/segundo.
- Potência necessária: deverá ser a mais próxima possível da exigência da carga – nem muito acima (baixo rendimento) nem muito abaixo (sobrecarga).

Fórmulas:

$$P = \frac{F \times V}{75} = \frac{C \times N}{716}$$

em que:

- P = potência em cv;
- F = força em kg;
- V = velocidade em m/s;
- C = conjugado em kgm;
- N = rotação em rpm.

$$P = \frac{T \times N}{5\,250}$$

em que:

- P = potência em hp;
- T = conjugado ou torque em lb · ft;
- N = rotação em rpm.

- Velocidade do motor: precisamos saber se o acoplamento do motor à máquina acionada é direto ou indireto (engrenagens, caixas redutoras, polias com correias ou cabos). Os dados da placa do motor referem-se à rpm em plena carga; em vazio, a rotação dos motores de indução é ligeiramente superior. Os motores de corrente contínua tipo série não podem partir em vazio. Na Tabela 6.7(b), temos as velocidades síncronas em função do número de polos e da frequência (60 Hz). Na maioria dos motores, emprega-se a rotação constante. Por exemplo, bombas, compressores, ventiladores, tornos etc.

Quando há necessidade de variar a rotação, pode-se usar: para pequenas potências (fração de cv), reostato divisor de tensão, e, para maiores potências, motores de corrente contínua ou de indução com rotor bobinado. Se o motor aciona a máquina operatriz por meio de correia, deve-se manter a correia razoavelmente frouxa, pois correias muito apertadas se

estragam, além de trazer danos aos mancais e ao motor; elas aumentam a potência necessária à máquina. Correias em V devem ser preferidas. Para motores maiores que 1/2 cv (0,37 kW), duas ou mais correias em V em paralelo dão melhores resultados. Evitar escolher polias muito pequenas, pois nestas a superfície de contato pode ser insuficiente, causando deslizamento e redução na vida das correias. A Tabela 6.7(a) ajudará na escolha das polias para as diferentes velocidades na máquina operatriz. Esta tabela é para um motor de 1 750 rpm.

- d) “Torque” ou conjugado: precisamos saber se o motor parte em vazio ou em carga, para escolhermos um motor de baixo ou alto conjugado de partida. Segundo a ABNT, os motores de baixo conjugado de partida são da categoria B (K para a NEMA), e os de alto conjugado de partida, da categoria C (KG para a NEMA).

Exemplos de baixo conjugado na partida (categoria B ou K): ventiladores, bombas centrífugas, serras, tornos, transportadoras sem carga, compressores centrífugos etc.

Exemplos de alto conjugado na partida (categoria C ou KG): bombas e compressores recíprocos, transportadoras com carga etc.

Conjugado máximo: deve-se escolher sempre um motor com um “torque” máximo pelo menos 30% maior que os picos de carga.

A Tabela 6.8 informa os conjugados máximos dos motores de 60 Hz, com uma velocidade.

É evidente que, para a escolha mais criteriosa do motor, necessitamos conhecer o comportamento da carga. Durante a fase de partida, isto é, desde o repouso até a velocidade nominal, o motor deverá desenvolver um conjugado, que terá de ser a soma do conjugado da carga e do conjugado de aceleração.

$$C_M = C_c + C_a$$

em que:

C_M = conjugado do motor;

C_c = conjugado da carga;

C_a = conjugado de aceleração.

Na rotação nominal, $C_a = 0$ e, na desaceleração, C_a é negativo.

- e) Tipo da carcaça: conforme o ambiente em que vai ser usado, o motor deve ser especificado com as seguintes características:
- à prova de explosão: destina-se a trabalhar em ambiente contendo vapores combustíveis de petróleo, gases naturais, poeira metálica, explosivos etc.;
 - totalmente fechado: idem, em ambiente contendo muita poeira, corrosivos e expostos ao tempo;
 - à prova de pingos: para ambientes normais de trabalho razoavelmente limpos, tais como residências, edifícios, indústrias etc.

Tabela 6.7a Diâmetro de polias de máquinas

2 polos — 3 600 rpm

0,75	0,55	71a2	7,2	3 420	2,46	1,42	74	0,81	5,5	180	0,158	0,0022
1	0,75	71b2	8,2	3 440	3,34	1,93	76	0,76	6,2	180	0,208	0,0025
1,5	1,1	80a2	11,4	3 450	4,67	2,70	78	0,82	6,1	180	0,315	0,0048
2	1,5	80b2	12,5	3 455	6,51	3,76	78	0,76	6,3	180	0,415	0,0056
3	2,2	90S2	17	3 490	9,18	5,30	83	0,76	8,3	180	0,619	0,0100
5	4	100L2	24	3 490	13,7	7,90	84	0,83	9,0	180	1,02	0,0170
7,5	5,5	112M2	42	3 480	19,2	11,5	88	0,83	7,4	180	1,54	0,0322
10	7,5	132S2	64	3 475	28,6	16,2	81	0,85	6,7	180	2,05	0,0640
15	11	132M2	78	3 500	40,7	23,5	87	0,82	7,0	180	3,07	0,0836

4 polos — 1 800 rpm

0,5	0,37	71a4	7	1 680	1,94	1,12	71	0,70	4,2	200	0,213	0,0035
0,75	0,55	71b4	8	1 690	3,10	1,79	72	0,66	4,5	200	0,318	0,0041
1	0,75	80a4	11,6	1 715	3,84	2,22	76	0,65	5,7	200	0,420	0,0087
1,5	1,1	80b4	12,2	1 685	5,37	3,10	76	0,73	5,2	200	0,635	0,0094
2	1,5	90S4	16,5	1 720	5,95	3,44	87	0,74	6,6	200	0,835	0,0180
3	2,2	90L4	20,3	1 720	9,52	5,50	83	0,73	6,6	200	1,23	0,0250
5	4	100L4	26,5	1 720	13,7	7,90	84	0,83	7,0	200	2,07	0,0300
7,5	5,5	112M4	44,6	1 735	20,6	11,9	86	0,81	7,0	200	3,10	0,0650
10	7,5	132S4	64	1 740	26,6	15,4	86	0,85	6,6	190	4,11	0,1440
15	11	132L4	83,1	1 760	45,0	26,0	87	0,75	7,8	190	6,12	0,2100

6 polos — 1 200 rpm

0,5	0,37	80a6	10,8	1 160	2,30	1,33	67	0,62	4,6	190	0,308	0,0091
0,75	0,55	80b6	11,2	1 150	3,26	1,88	70	0,63	4,2	180	0,465	0,0095
1	0,75	80c6	12	1 130	3,65	2,11	72	0,73	3,8	170	0,631	0,0110
1,5	1,1	90S6	16,3	1 160	5,13	2,96	80	0,72	4,7	170	0,927	0,0220
2	1,5	90L6	18,7	1 150	7,45	4,30	75	0,70	5,1	170	1,25	0,0260
3	2,2	100L6	26	1 150	10,2	5,87	81	0,70	5,9	170	1,88	0,0490
5	4	132S6	57,5	1 160	14,9	8,60	85	0,77	6,0	160	3,07	0,1150
7,5	5,5	132Ma6	70	1 150	21,1	12,2	86	0,79	6,4	160	4,68	0,1650
10	7,5	132L6	79,5	1 165	31,0	18,0	85	0,72	6,7	160	6,18	0,2060

8 polos — 900 rpm

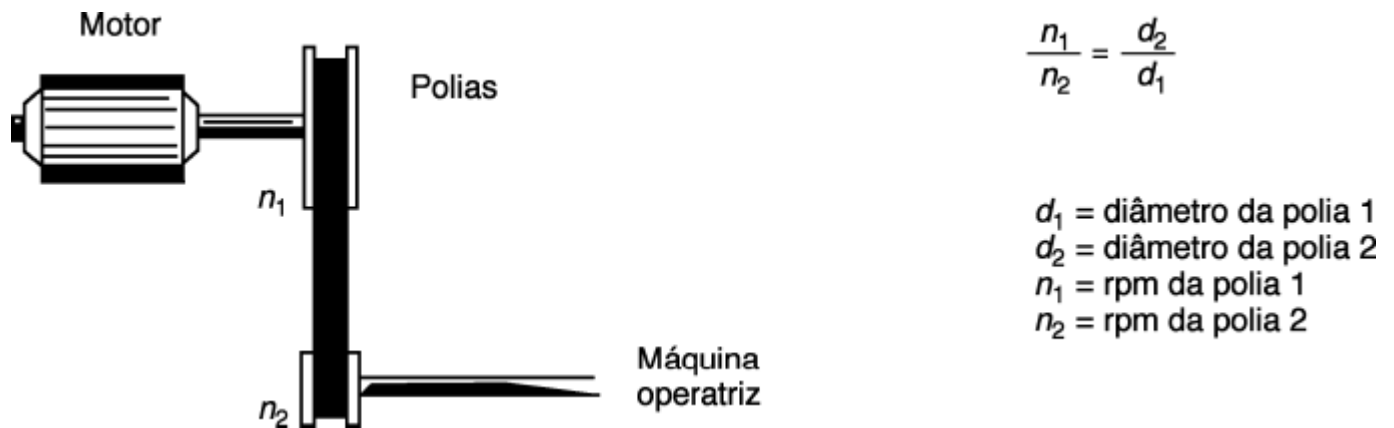
0,5	0,37	80c8	12	860	2,80	1,60	61	0,57	3,4	175	0,417	0,0110
0,75	0,55	90S8	16,3	865	4,70	2,70	66	0,50	3,5	175	0,620	0,0220
1	0,75	90L8	16,7	865	5,00	2,90	68	0,56	4,0	175	0,828	0,0260
1,5	1,1	100La8	22,5	860	7,10	4,10	74	0,54	4,5	175	1,25	0,0390
2	1,5	100L8	26	845	7,00	4,00	77	0,72	4,1	130	1,69	0,0490
3	2,2	112M8	38	860	13,5	7,73	77	0,60	3,8	130	2,50	0,0680
5	4	132M8	71,5	860	18,8	10,9	78	0,67	5,1	130	4,20	0,1640

6.1.15 Controle da velocidade dos motores de indução e de corrente contínua

Os controles das velocidades dos motores de indução e de CC podem ser obtidos pelos seguintes processos:

O motor é acionado pela energia elétrica da rede, com velocidade constante e um sistema mecânico que pode ser por engrenagens ou polias com correias (ver Tabela 6.7(a)), que varia a velocidade da máquina operatriz.

Por sistemas mecânicos – polias

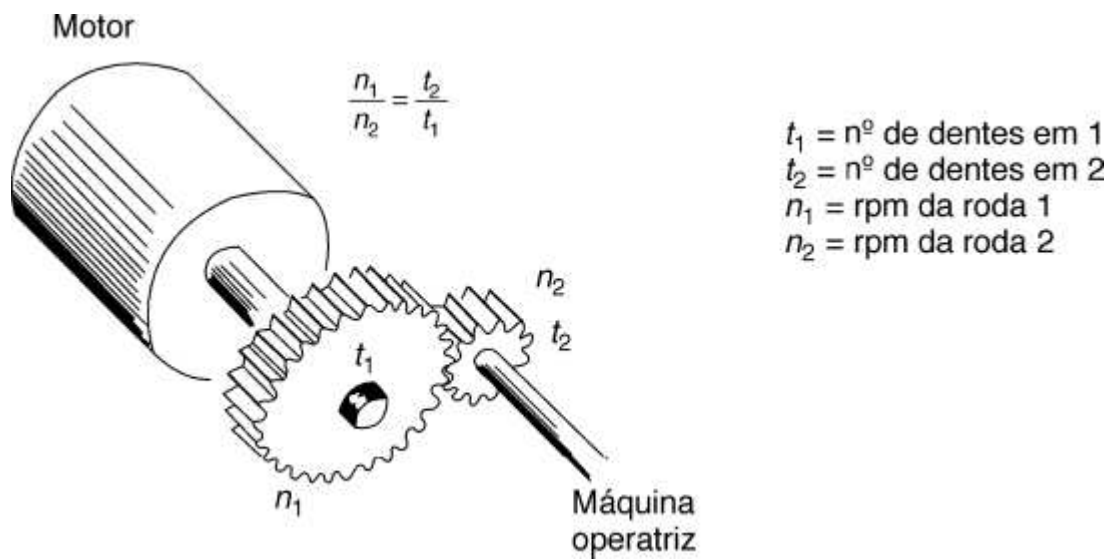


Acionamento por polias.

Figura 6.20

Por sistemas mecânicos – engrenagens

Neste sistema, a variação da velocidade da máquina operatriz pode ser feita por meio de uma caixa de mudanças semelhante à dos automóveis, em que a rotação constante do motor pode variar por meio de engrenagens de diferentes diâmetros, imersas em óleo (Figura 6.21).



Acionamento por engrenagem.

Figura 6.21

Pela variação do campo dos motores de corrente contínua

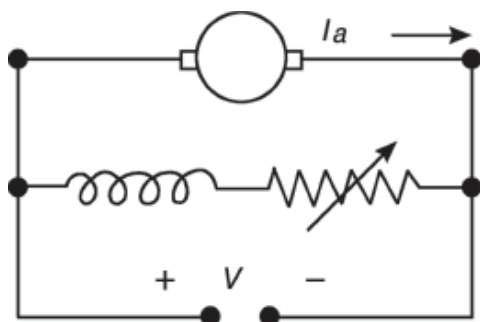
Neste sistema, consegue-se variar a rotação dos motores de corrente contínua (em série ou paralelo), variando-se a corrente aplicada no campo ou na armadura.

É uma aplicação de equações para os motores CC:

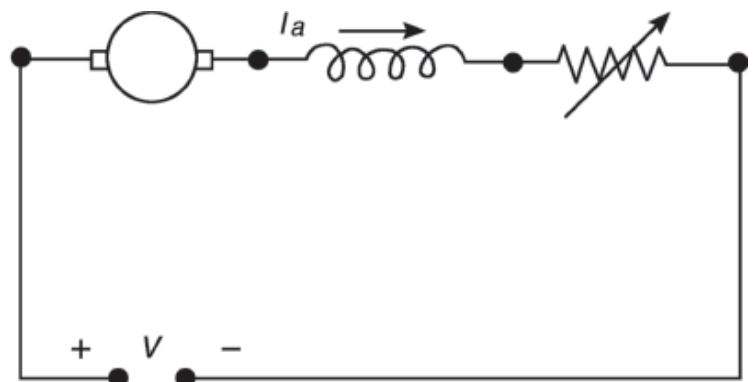
$$E = C \cdot N \cdot \varphi \quad \text{e} \quad V = E + RI_a$$

em que:

- E = força contraeletromotriz;
- C = constante da máquina;
- N = rotação da máquina;
- φ = fluxo magnético do campo;
- V = tensão aplicada;
- R = soma das resistências do circuito da armadura;
- I_a = corrente da armadura.



Tensão contínua
Motores *Shunt* (paralelos)



Tensão contínua
Motores em série

Controle da velocidade de motores.

Figura 6.22

Pela variação da resistência nos rotores dos motores de indução com rotor bobinado (motores de anéis)

Neste sistema, pode-se variar a velocidade assíncrona, intercalando-se resistências variáveis no circuito do rotor bobinado, desde um máximo (rotação mínima) até um mínimo, quando o rotor é curto-circuitado (rotação máxima).

Também se poderia variar a rotação do motor de indução, conectando-se um reostato em série no circuito do estator, o que ocasionaria a variação da tensão do estator, alterando-se o “escorregamento”.

Tal solução é pouco indicada devido ao excessivo aquecimento quando se aplicam tensões abaixo da nominal.

Pela introdução do SCR (Silicon Controlled Rectifier) nos sistemas industriais

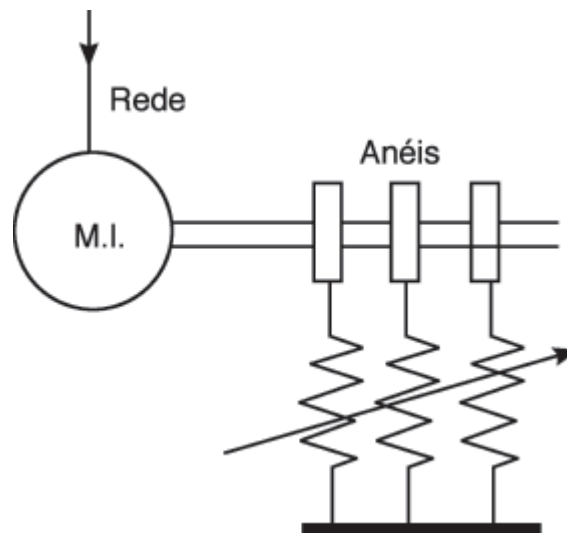
Trata-se de uma ponte retificadora controlada, responsável pela alimentação da armadura dos motores de CC.

Esse sistema tem alto rendimento (90%), ampla faixa de variação de velocidade, torque constante em toda a faixa de variação etc.

Pelo variador eletromagnético

Um motor de velocidade constante é acoplado à carga por meio de uma embreagem eletromagnética. A excitação da bobina da embreagem tem a sua tensão controlada por um SCR, e, em consequência, consegue-se variar tanto o torque acoplado à carga quanto a velocidade.

Embora seja muito usado, esse método apresenta certas limitações, como, por exemplo, baixo rendimento, manutenção das bobinas e pouca precisão na regulação da velocidade.



Varição da velocidade de motores de indução (rotor bobinado).

Figura 6.23

Pela variação do número de polos

Já foi visto que a rotação das máquinas síncronas baseia-se na relação:

$$N_s = \frac{120f}{p} \quad (\text{ver item 6.1.3})$$

e que as máquinas assíncronas (motor de indução) giram abaixo dessa rotação por meio da relação:

$$N_s = \frac{120t}{p}(1-s) \quad \text{ou} \quad N = N_s(1-s)$$

Desse modo, para variar a rotação de uma máquina, podemos mudar o número de polos “p”, que pode ser feito com ou sem paralisação da máquina e em poucas etapas, ou ainda pela regulagem do escorregamento “s”, a qual pode ser feita pela variação de tensão no estator, por meio de um SCR. Como esse método resulta em grande aquecimento e vibrações, é empregado somente em casos especiais.

Pela variação de frequência – inversor de frequência

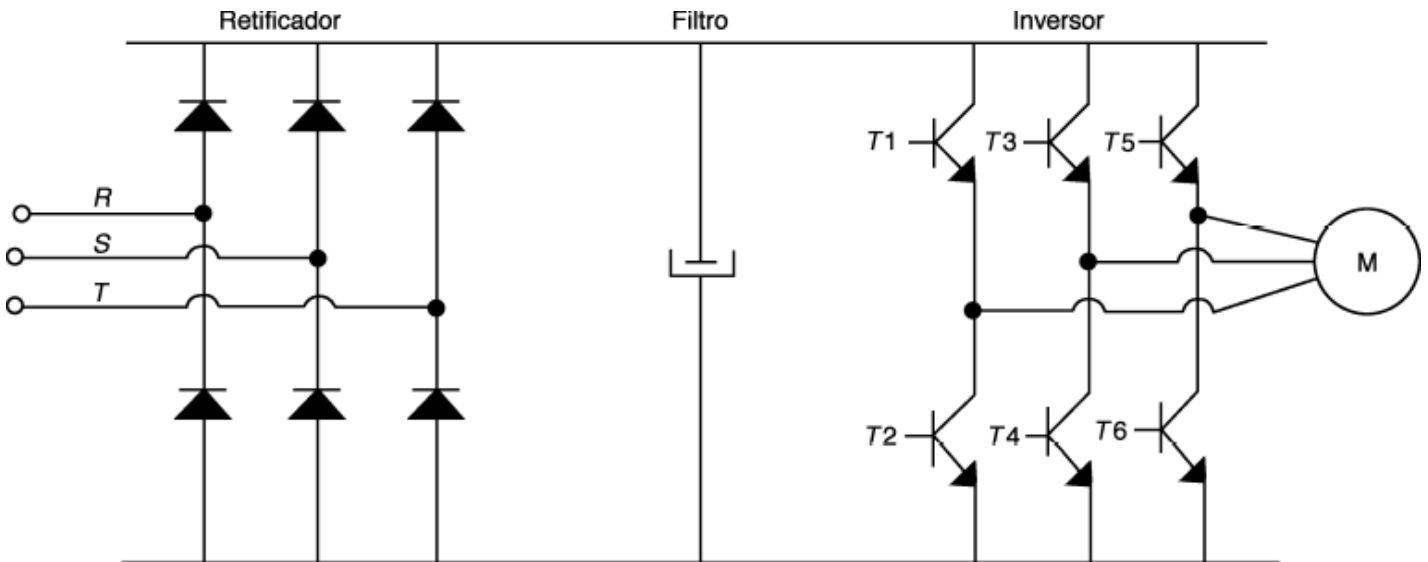
Os motores de indução são equivalentes a um transformador no qual o primário é o estator do motor, e o secundário, o rotor.

O fluxo alternado “ ϕ_1 ” resultante da tensão alternada V_1 no estator induz uma f.e.m. no rotor, a qual produz um fluxo “ ϕ_2 ”, que é proporcional à tensão V_2 e inversamente proporcional à frequência:

$$\phi_2 \propto \frac{V_2}{f}$$

Para um fluxo constante, a relação $\frac{V_2}{f}$ deve ser constante a fim de que se tenha um torque constante. A tensão U_2 não pode ser medida, mas pode ser calculada conhecendo-se todas as componentes do “circuito equivalente” do motor.

É possível fazer a conversão de frequência aplicada ao motor por meio do circuito simplificado a seguir:



Acionamento por variação de frequência.

Figura 6.24

Como funciona:

Na rede de entrada, a frequência é fixa (60 Hz) e a tensão é transformada pelo retificador de entrada em contínua pulsada (onda completa).

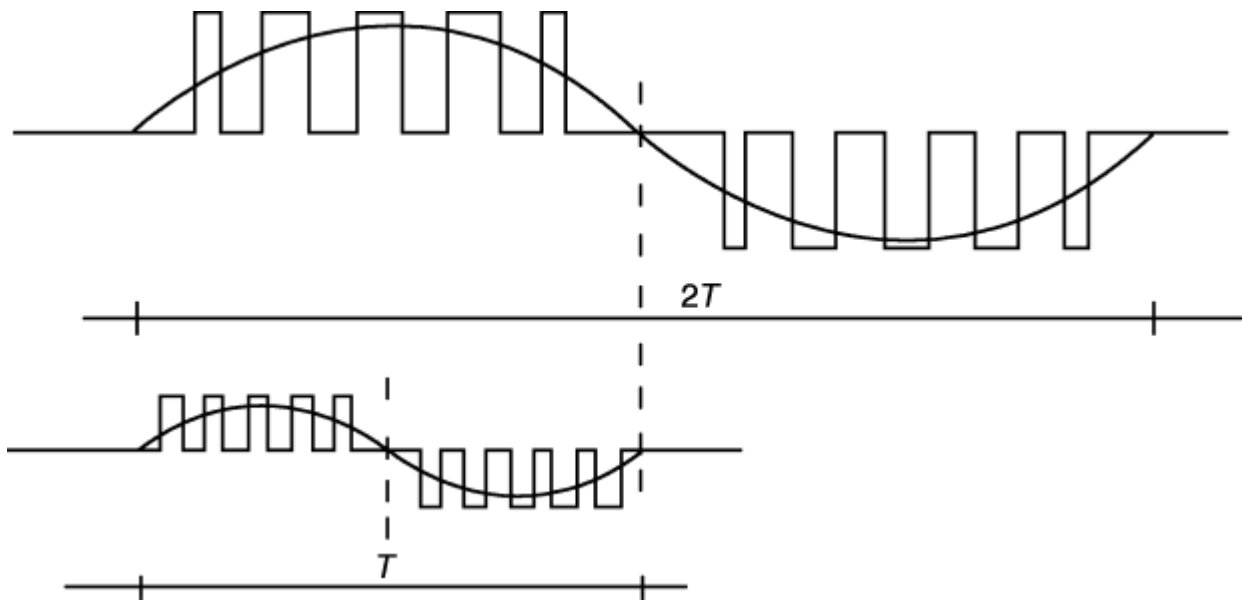
O capacitor (filtro) transforma-a em tensão contínua pura de valor aproximado de:

$$V_{dc} = \sqrt{2} \times V_{rede}$$

Essa tensão contínua é conectada ciclicamente aos terminais de saída pelos transistores T_1 a T_6 , que funcionam no modo corte ou saturação (como uma chave estática).

O controle desses transistores é feito pelo circuito de comando, de modo que se obtenha um sistema de tensão pulsada, cujas frequências fundamentais estão defasadas de 120° . A tensão e a frequência de saída são escolhidas de maneira que a tensão V_2 seja proporcional à frequência f , para que o fluxo ϕ_2 seja constante e o torque também o seja.

As tensões de saída têm forma de onda senoidal, conforme se pode notar na Figura 6.25 para duas frequências diferentes (período T e $2T$).



Tensão de saída.

Figura 6.25

A tensão de saída varia de acordo com um método de modulação conhecido como PWM senoidal, o que possibilita uma corrente senoidal no motor para uma frequência de modulação de 2 kHz.

Esse sistema de controle permite o acionamento de motores de indução com frequências compreendidas entre 1 e 60 Hz com um torque constante, sem aquecimentos anormais nem vibrações exageradas. Outras vantagens são:

- rendimento de 90% em toda a faixa de velocidades;
- fator de potência de 96%;
- acionamento de cargas de torque constante ou variável;
- faixa de variação de velocidade podendo chegar a 1:20;
- eliminação de correntes de partidas elevadas (partida em rampa);
- aplicação em motores normalizados etc.

6.2 Instalações Elétricas para Serviços de Segurança

A NBR 5410 denomina “serviços de segurança” as instalações elétricas que – por motivos seja de segurança, seja econômicos ou administrativos – não podem sofrer interrupções.

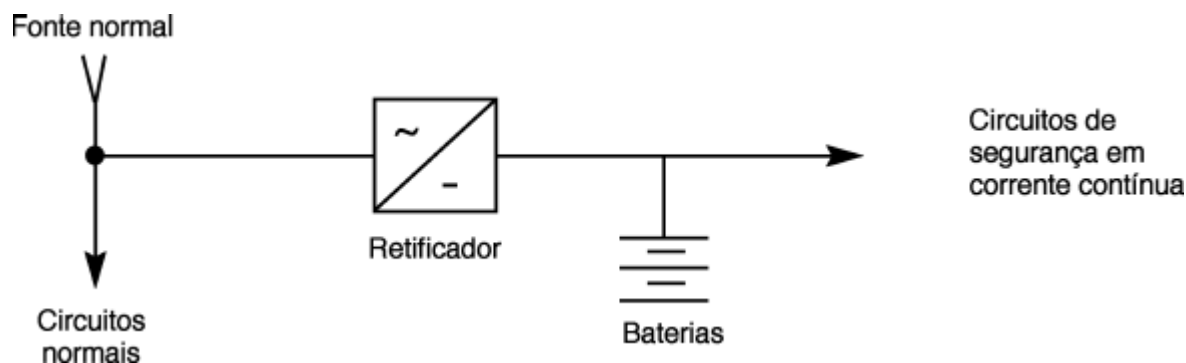
Tais instalações são classificadas em quatro tipos:

a) Instalações de segurança sem seccionamento

Neste tipo, as cargas ligadas às instalações de segurança estão permanentemente alimentadas pela fonte de segurança, tanto em serviço normal (concessionária) como em caso de falha da alimentação normal. Esse é o caso dos equipamentos conhecidos por *no-break* (sem interrupção), muito usados em instalações de computadores, salas de operação de hospitais etc., ou em dispositivos de segurança (contra incêndio, roubo etc.).

Existem *no-breaks* estáticos e *no-breaks* dinâmicos: os estáticos usam componentes eletrônicos (retificadores e inversores), que transformam a corrente alternada em contínua e vice-versa, sem usar máquinas rotativas; os dinâmicos usam máquinas rotativas para as transformações de energia.

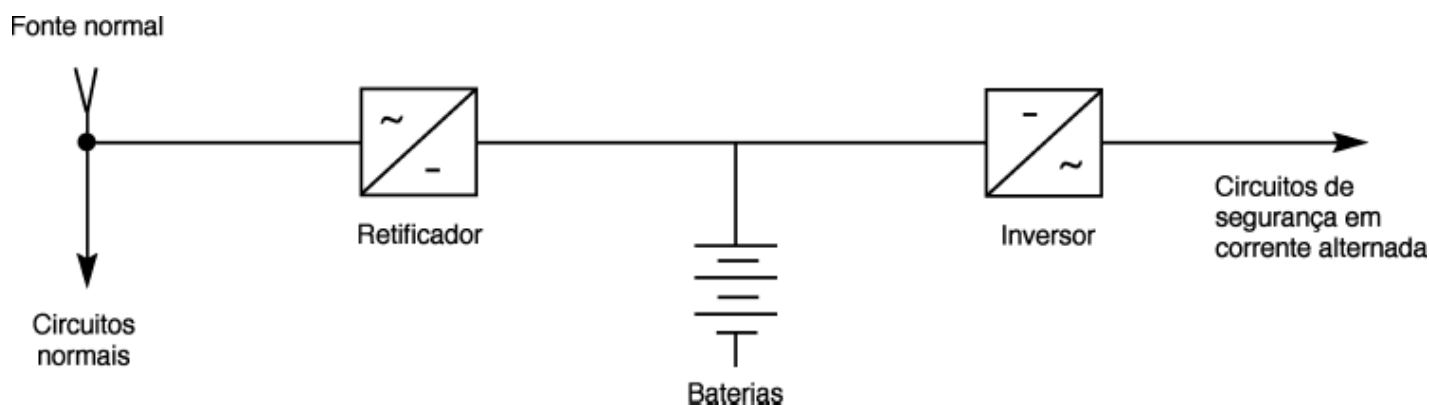
A Figura 6.26 apresenta o esquema de uma instalação de um *no-break* estático, no qual a carga de segurança pode operar em corrente contínua.



Instalação de segurança: esquema de um *no-break* estático, operando em corrente contínua.

Figura 6.26

A Figura 6.27 mostra o esquema de um *no-break* estático, cuja carga opera somente em corrente alternada; daí termos de converter a corrente contínua das baterias e retificadores em corrente alternada. Para isso, usa-se um inversor.



Instalação de segurança: esquema de um *no-break* estático, operando em corrente alternada.

Figura 6.27

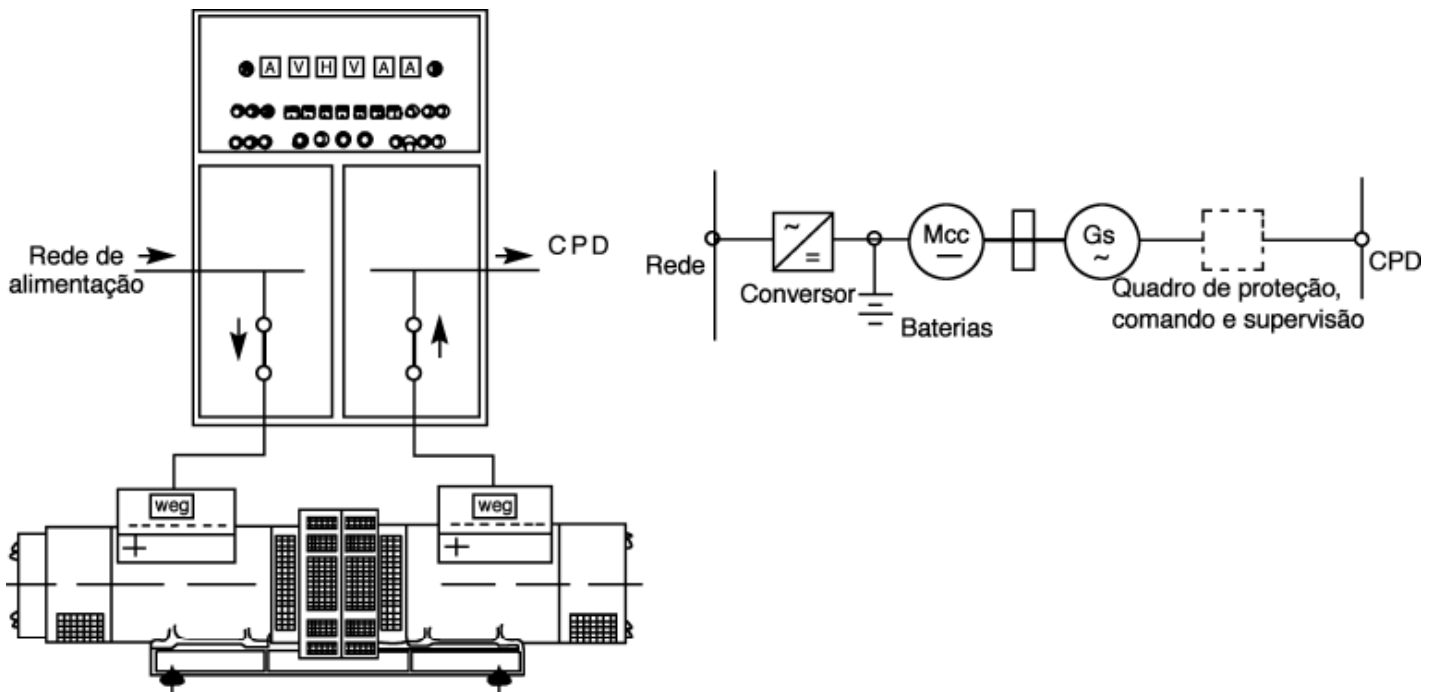
Normalmente, as baterias dão uma autonomia de 20 a 30 minutos à carga. Caso a interrupção do fornecimento de energia da fonte normal leve mais que esse tempo, há necessidade de se utilizar um grupo motor-gerador que substitua essa fonte. Tal é o esquema da Figura 6.29, em que o grupo está permanentemente em funcionamento.

Na Figura 6.28, vemos o esquema de um *no-break* rotativo da WEG muito utilizado em instalações de computadores (CPD). Há um volante para absorver as oscilações de tensão.

Em instalações mais sofisticadas, onde é exigida maior confiabilidade, podem-se usar dois *no-breaks* em paralelo ou com *by-pass* simples (Figuras. 6.30 e 6.31), ou ainda é possível intercalar um grupo motor-gerador.

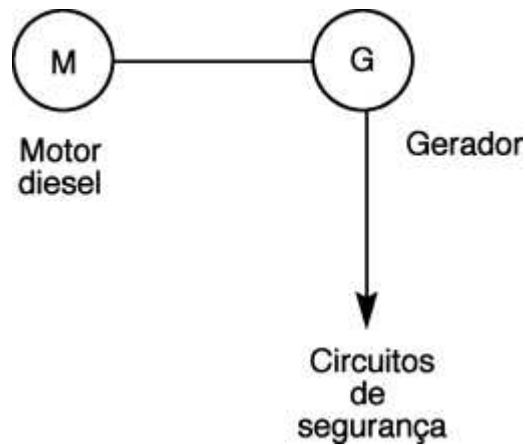
b) Instalações de segurança permanentes, com seccionamento

Nessas instalações há dois tipos de fonte: normal e de segurança. Ocorrendo uma falha de alimentação normal, a fonte de segurança é ligada automaticamente, restabelecendo-se a alimentação dos circuitos de segurança em breve intervalo (de 2 a 10 segundos). Esse é o exemplo típico de gerador de emergência com partida e transferência automática. Deve ser usado em locais onde haja expressiva aglomeração de pessoas, como teatros, cinemas, grandes lojas etc., em que a interrupção da iluminação ou dos elevadores pode comprometer a segurança (ver Figura 6.32).



No-break rotativo da Eletromotores WEG S.A.

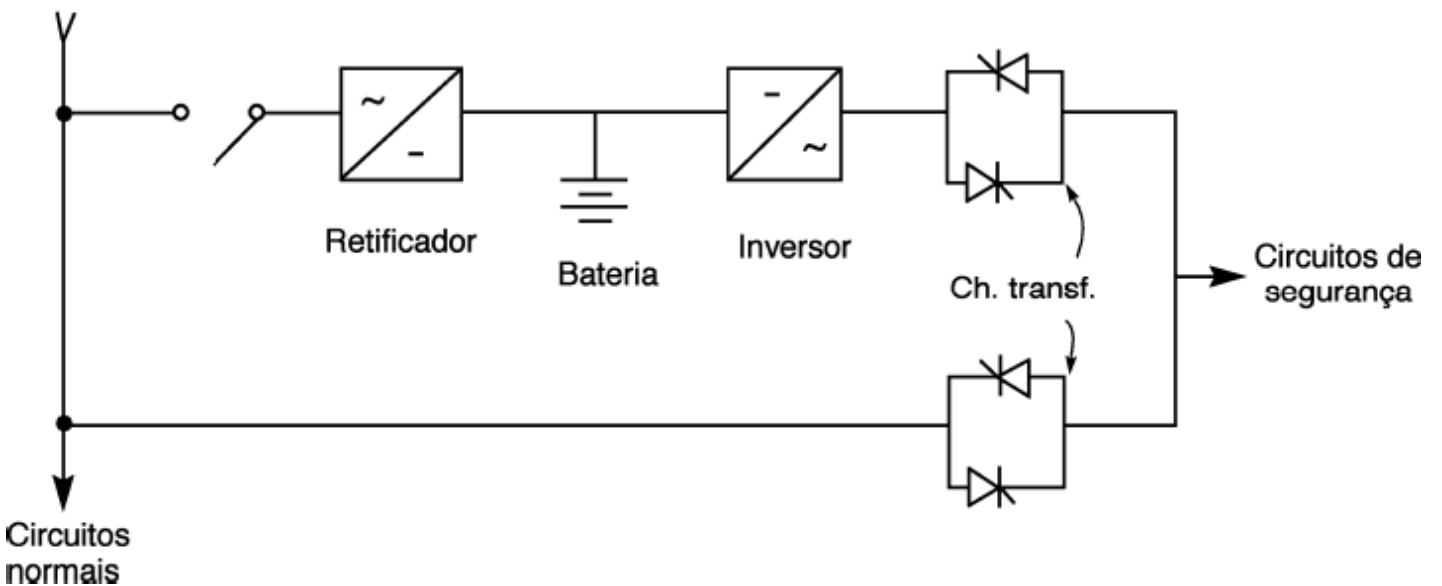
Figura 6.28



Instalação de segurança: esquema de uma instalação com grupo motor-gerador.

Figura 6.29

Fonte normal



Instalação de segurança: um no-break estático, em by-pass, operado por chaves de transferência estática.

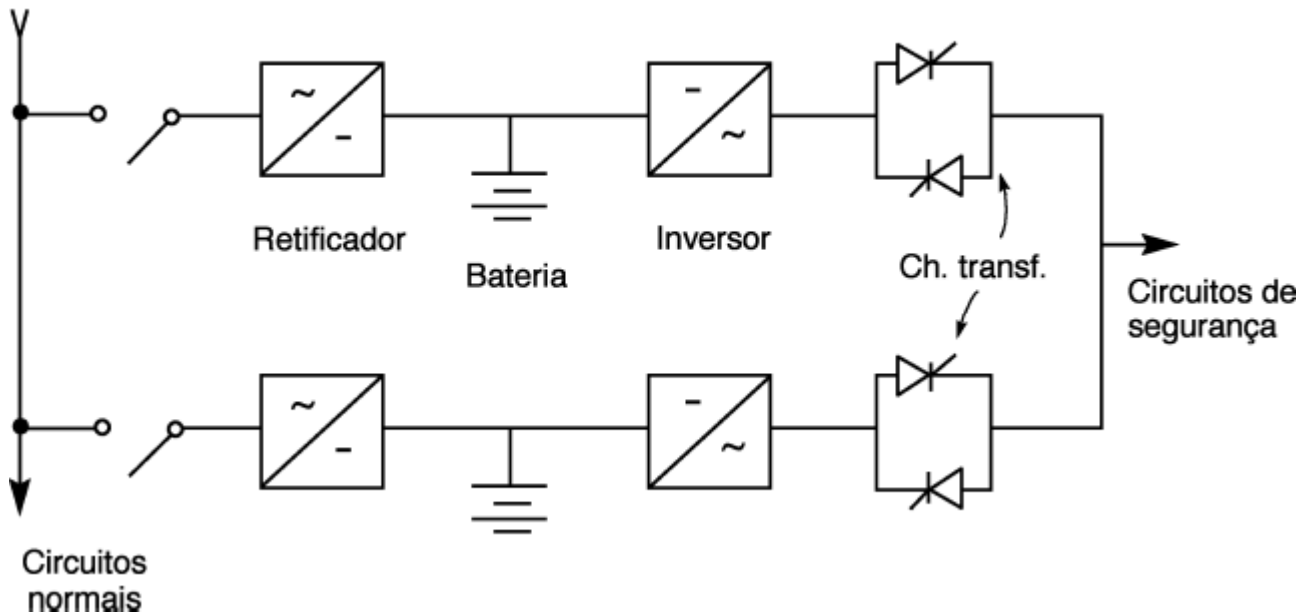
Figura 6.30

c) Instalações de segurança não permanentes

Nesse tipo de instalação, os circuitos de segurança não estão permanentemente ligados, o que somente acontece quando ocorre falha no abastecimento normal. Desse modo, a confiabilidade é bem menor; por isso, é usado em locais de menor aglomeração de pessoas, como hotéis, museus, salas de aula etc.

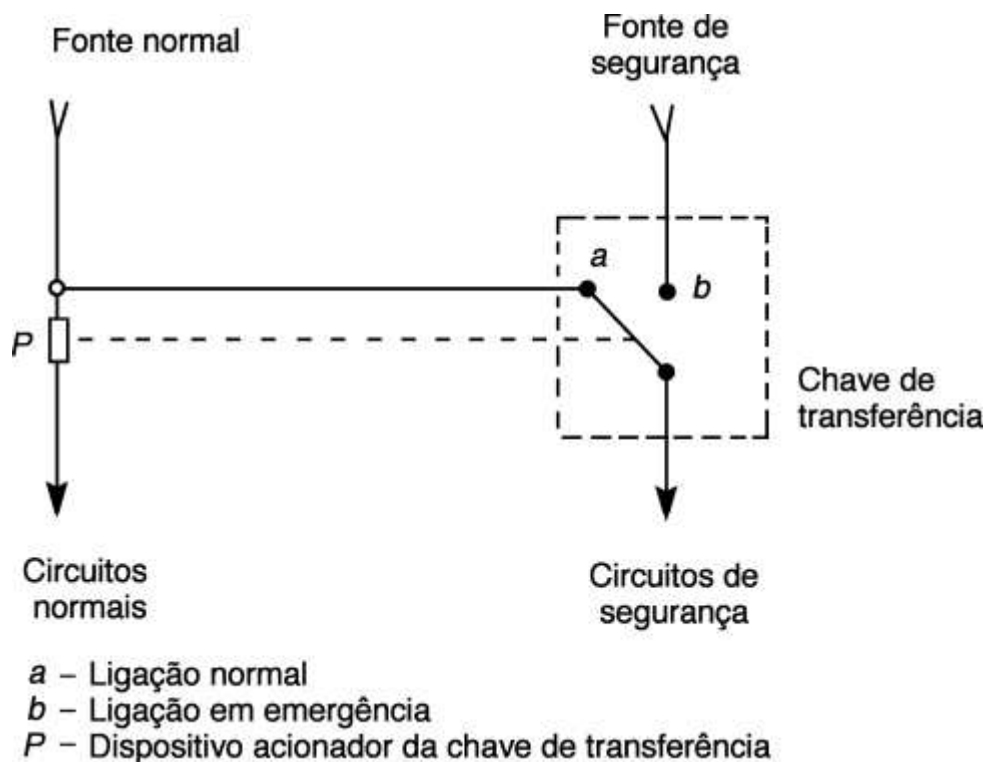
Um exemplo típico desse sistema é o da iluminação de emergência de escadas, caixas de banco etc., com fonte de bateria e carregador (retificador) sempre ligados (em flutuação), de modo que, ocorrendo uma falha na rede normal, somente sejam acesas as lâmpadas ligadas aos circuitos de segurança (Figura 6.33).

Fonte normal



Instalação de segurança: esquema de dois *no-breaks* em paralelo, operando por chave de transferência estática.

Figura 6.31



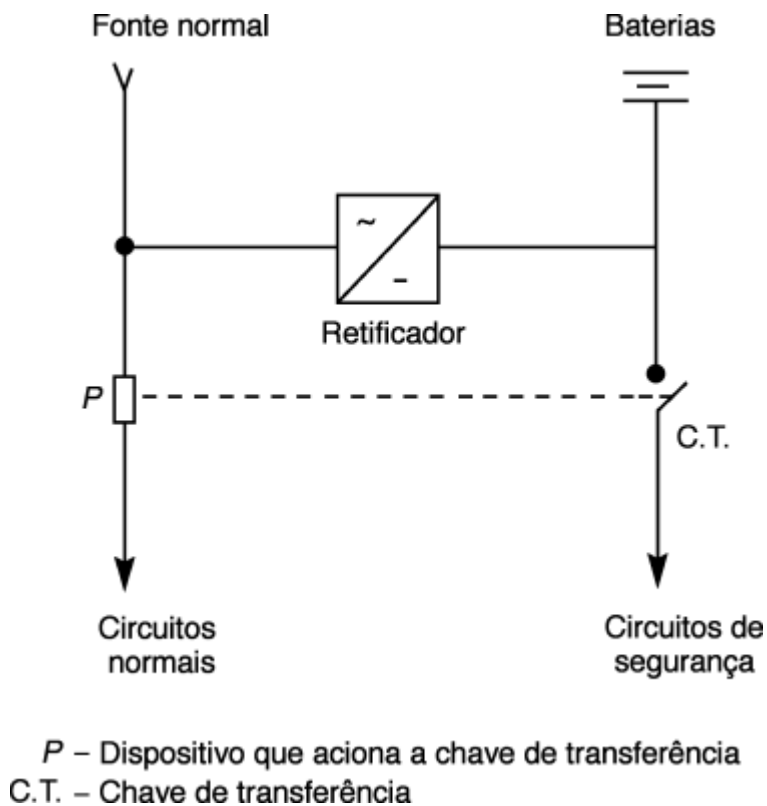
Instalação de segurança permanente, com fonte normal e fonte de segurança.

Figura 6.32

Também se enquadram neste sistema os circuitos de segurança alimentados apenas por gerador de emergência, que parte automaticamente quando há falha na fonte normal (Figura 6.34).

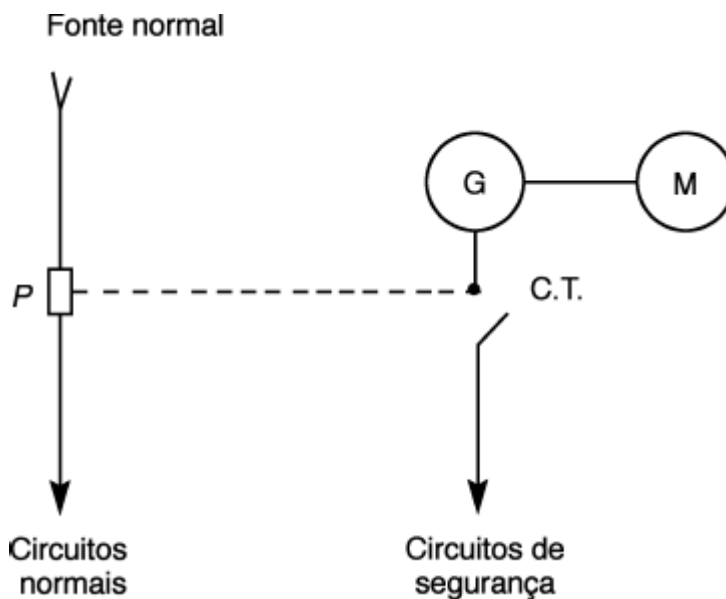
d) Instalações de segurança não automáticas

Este é o tipo de instalação menos sofisticado, em que as falhas do abastecimento normal não necessitam ser prontamente atendidas pela fonte de segurança. Pode ser usado em pequenos hotéis, restaurantes, edifícios etc., onde, ocorrendo interrupção na fonte normal, a fonte de segurança é ligada manualmente.



Instalação de segurança não permanente, usando baterias.

Figura 6.33



Instalação de segurança não permanente, usando gerador de emergência.

Figura 6.34

Tabela 6.9 Resumo das cargas dos quadros parciais e total — item 6.2.1

Quadro geral de cargas (Item 6.2.1)	SE (kVA)
-------------------------------------	----------

Quadro	Normal (kW)	Essencial (kW)	
QL 0	—	1,2	
QL 1	4,22	0,3	
QL 2	24,94	1,2	
QL 3 e (QF 1)	36,62	0,96	
QL 4	20,1	0,18	
QL 5	13,0	0,56	
QL 6	40,9	1,74	
QL 7	22,5	0,72	Fator de Demanda:
QL 10	21,12	0,3	Os primeiros 20 kW 100%
Soma QD	183,4	7,16	Seg. 100 kW 60%
QL 8	5,4	—	Rest. 40%
QL 9	12,64	0,36	
QF 2	7,0	—	
Guaritas	—	4,0	
Ilumin. Est.	4,0	—	
Projetores	3,6	—	
Ilumin. Publ.	—	6,5	
B.-d'água	1,5	—	
B. Incêndio	—	10,0	
Subtotal	217,54	28,02	FP = 0,85
Reserva 30%	65,26	8,40	
Total	282,8	36,42	188,0

Observação: Nos quadros parciais, o fator de demanda é 100%.

6.2.1 Exemplo de uma Instalação de Segurança

Vamos desenvolver um projeto de instalações elétricas para um local onde, por motivos de segurança, deve ser restabelecido o abastecimento com gerador de emergência, poucos segundos após a interrupção da concessionária. Está enquadrado no tipo *b* (Figura 6.32). Trata-se de uma instalação militar, área administrativa, onde o sistema elétrico foi dividido em dois circuitos: normal e essencial. Todos os quadros elétricos possuem dois barramentos, havendo um único quadro de reversões junto ao gerador de emergência (ver Tabela 6.9, apresentada anteriormente).

Há outro sistema possível, com barramento único, mas junto aos disjuntores dos circuitos normais instalam-se contactores que desarmam quando é acionado o gerador de emergência. Esse sistema tem a vantagem de usar um único alimentador para os dois circuitos (normal e essencial), mas com o inconveniente de usar vários contactores e circuito de controle dos contactores.

Na Figura 6.35, é apresentado o diagrama unifilar do quadro geral de distribuição (QGD), de onde partem os alimentadores dos quadros parciais. Nota-se, por exemplo, o quadro QD com dois alimentadores: QD no barramento normal (183 400 W) e QD no barramento essencial (7 160 W). Esses dois alimentadores separados se ligam aos barramentos normal e essencial do QD, à distância de 80 m. Nas Tabelas 6.10 e 6.11, vemos a indicação dos quadros parciais, com as cargas, distâncias, os número de fases, condutores e disjuntores.

Parte da carga é alimentada por rede aérea, na qual também há dois circuitos separados: normal e essencial. Na Figura 6.36, nota-se o detalhe do poste e das redes, inclusive de iluminação pública (IP). Toda a carga do sistema foi resumida no “quadro geral de cargas” (ver Tabela 6.10), onde se tem o resumo da carga normal (217,5 kW), da carga essencial (25,5 kW) para se dimensionar a subestação (SE), no caso, de 225 kVA.

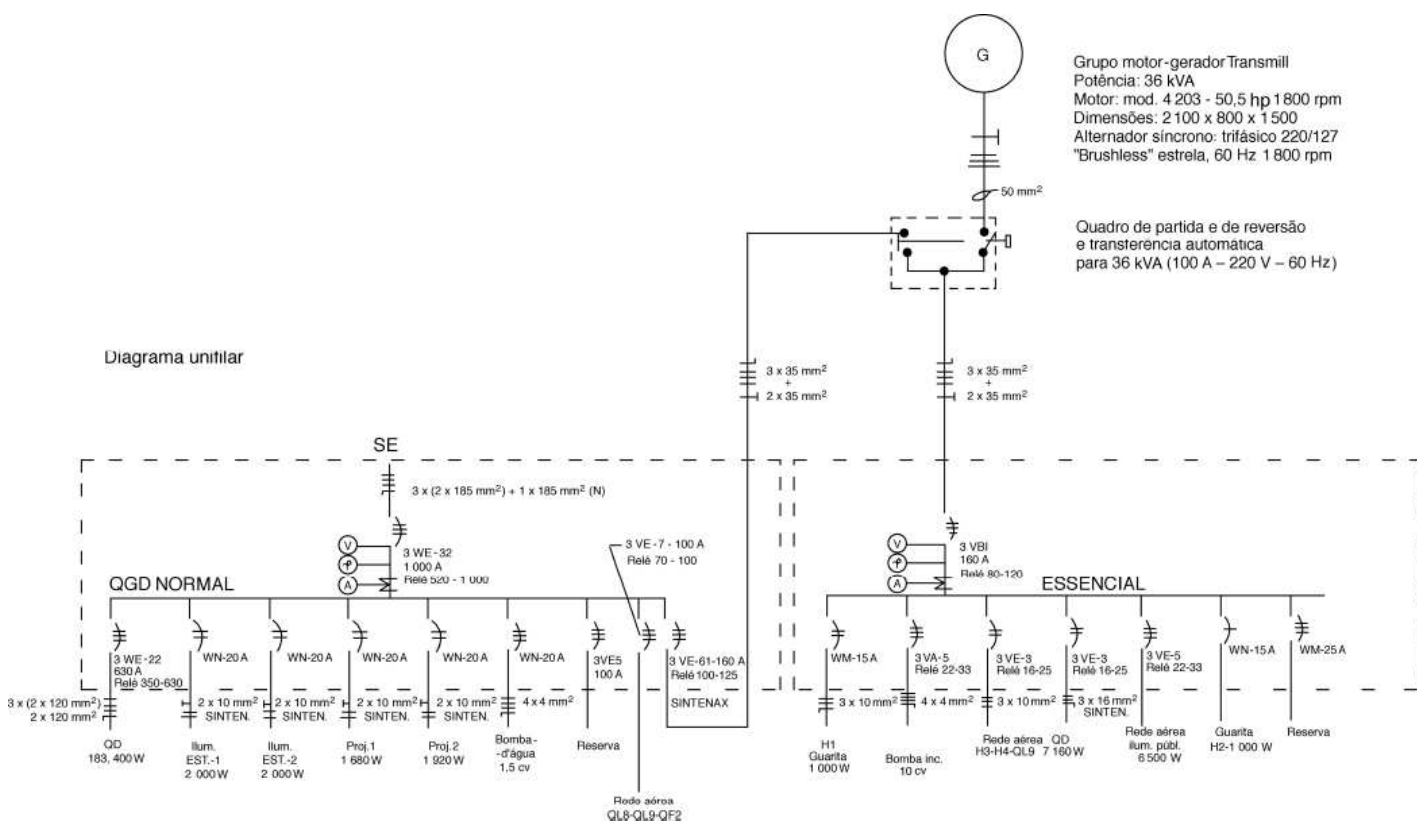


Diagrama unifilar do QGD do item 6.2.1.

Figura 6.35

Tabela 6.10 Do QGD partem os seguintes alimentadores para os quadros

Quadro	Carga (W)	AMP	Dist. (m)	Fases	Condutor (mm ²)	Tipo	Disjuntor (A)
NORMAL	QD	183 400	482	80	3F + N + T	3 x (2 x 120) + 2 x 120	SINTENAX 3WE-22-630 A Relé 350-630
	Estac. 1	2 000	9,0	30	2F + T	2 x 10 + 10	SINTENAX WN-20 A
	Estac. 2	2 000	9,0	130	2F + T	2 x 10 + 10	SINTENAX WN-20 A
	Proj. 1	1 680	7,6	110	2F + T	2 x 10 + 10	SINTENAX WN-20 A
	Proj. 2	1 920	8,7	70	2F + T	2 x 10 + 10	SINTENAX WN-20 A
	B.-d'água	1 500	5,2	40	3F + T	3 x 4 + 2	SINTENAX WN-20 A
	Rede	5 400	24,5	120	3F + N	3 x 50 + 1 x 25	SINTENAX 3VF7-100 A Relé 70-100

	Aérea:	12 640	38,3	240				
	– QL-8	7 000	18,4	240				
	– QL-9							
	– QF-2							
	TOTAL	217 540	572	—	3F + N	$3 \times (2 \times 185) + 185$	SINTENAX	3WE-32-1000 A Relé 520-1000
ESSENCIAL	BL. H1	1 000	4,5	180	2F + T	$2 \times 10 + 10$	SINTENAX	WN-15 A
	BL. H2	1 000	4,5	70	2F + T	$2 \times 10 + 10$	SINTENAX	WN-15 A
	Bomba Inc.	10 CV	28	40	3F + T	$3 \times 4 + 4$	SINTENAX	3VA5-63 A Relé 22-33
	Rede aérea:	2 000	9,1	330	3F + N	$3 \times 10 + 10$	SUPERASTIC	3VE-3 Relé 16-25
	– BL. H3, H4	360	3,0	240	3F + N + T	3×10	SUPERASTIC	3VA-5 Relé 22-33
	– QL-9	6 500	29,5	—		$3 \times 16 + 2 \times 16$	SINTENAX	3VE-3 Relé 16-25
	– Ilum. Públ.	7 160	18,8	80				
	QD							
	TOTAL	25 488	97,4	—	3F + N + T	$3 \times 35 + 2 \times 35$	SINTENAX	3VBI Relé 80-120

A Figura 6.37 apresenta um esquema do QGD normal e do QGD essencial dos armários em que ficam abrigados todos os equipamentos constantes do diagrama unifilar.

A Figura 6.38 mostra um grupo motor-gerador especificado para atender às cargas essenciais, ou seja, aquelas que funcionam ou com a rede normal ou com energia vinda do gerador de emergência. O motor diesel, que aciona o gerador, na partida utiliza baterias semelhantes às de automóvel, tão logo seja cortada a energia normal. À direita da figura, observa-se um armário onde se instalam todos os equipamentos para a partida (exceto as baterias), parada e reversão automática.

Tabela 6.11 Do quadro QD partem os seguintes alimentadores dos quadros parciais

	Quadro	Carga (W)	AMP	Dist. (m)	Fases	Condutor (mm ²)	Tipo	Disjuntor (A)
NORMAL	QL-1	4 220	38,3	18	1F + N + T	$2 \times 6 + 6$	SUPERASTIC	WN-35 A
	QL-2	24 940	69,5	—	3F + N + T	$3 \times 35 + 2 \times 16$	SUPERASTIC	3VE5-100 A Relé 63-80
	QL-3/QF1	36 620	110,9	38	3F + N + T	$3 \times 16 + 2 \times 16$	SUPERASTIC	3VE61-160 A Relé 100-125
	QL-4	20 100	60,9	20	3F + N + T	$3 \times 10 + 2 \times 10$	SUPERASTIC	3VE5-100 A Relé 63-80

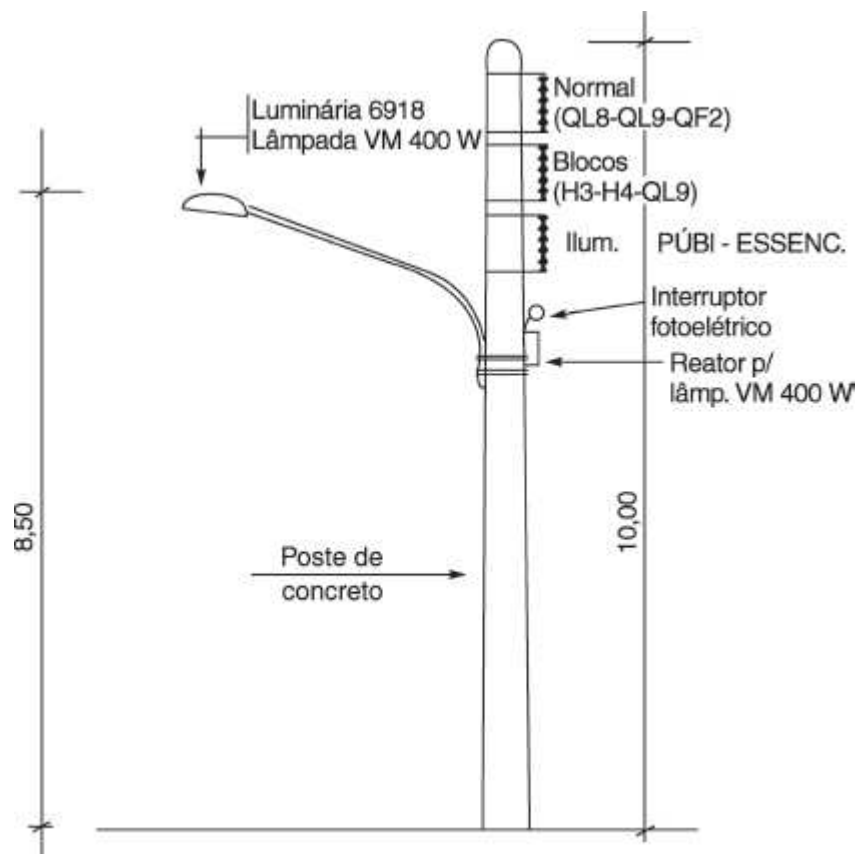
	QL-5	13 000	39,3	4	3F + N + T	$3 \times 35 + 2 \times 16$	SUPERASTIC	3VE4-63 A Relé 45-63
	QL-6	40 900	123,9	25	3F + N + T	$3 \times 16 + 2 \times 16$	SUPERASTIC	3VE61-160 A Relé 125-160
	QL-7	22 500	68,1	50	3F + N + T	$3 \times 16 + 2 \times 16$	SUPERASTIC	3VE5-100 A Relé 63-80
	QL-10	21 120	64,0	41	3F + N + T	$3 \times (2 \times 120) + 2 \times 120$	SUPERASTIC	3VE5-100 A Relé 63-80
	TOTAL	183 400	482	80	3F + N + T	$3 \times (2 \times 120) + 2 \times 120$	SINTENAX	3WE-22-630 A Relé 350-630
ESSENCIAL	QL-1	300	2,72	18	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-16 A
	QL-2	1 200	10,9	—	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-20 A
	QL-3	960	8,7	38	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-16 A
	QL-4	180	1,6	20	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-15 A
	QL-5	560	5,1	4	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-20 A
	QL-6	1 740	15,8	25	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-16 A
	QL-7	720	6,5	50	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-16 A
	QL-10	300	2,72	41	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-16 A
	QL-0	1 200	10,9	65	1F + N + T	$1 \times 2,5 + 2 \times 2,5$	SUPERASTIC	WN-16 A
	TOTAL	7 160	18,8	80	3F + N + T	$3 \times 16 + 2 \times 16$	SINTENAX	3VE3 Relé 16-25

6.2.2 Exemplo de instalação de grupos de emergência para um grande edifício comercial

Como consultores do condomínio do “Edifício Cândido Mendes”, indicamos a firma vencedora da concorrência para a instalação de dois grupos de emergência, com as seguintes características:

- Firma instaladora: STEMAC – Grupos geradores;
- Data: outubro de 1996;
- Situação atual: obra concluída e grupos em operação normal;
- Edifício: Comercial e Faculdade Cândido Mendes, com 41 pavimentos;
- Endereço: Rua da Assembleia, 10 – Rio de Janeiro;

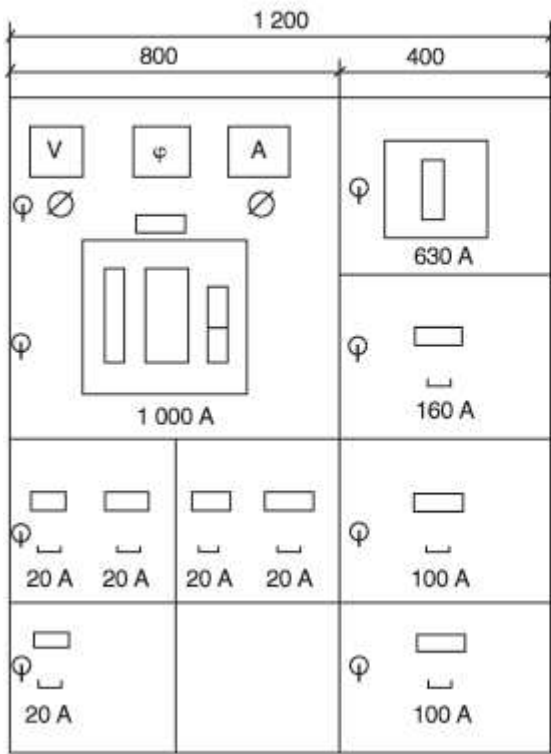
- Grupos instalados: dois de 450 kVA para operação em paralelo (ver Figura 6.35);



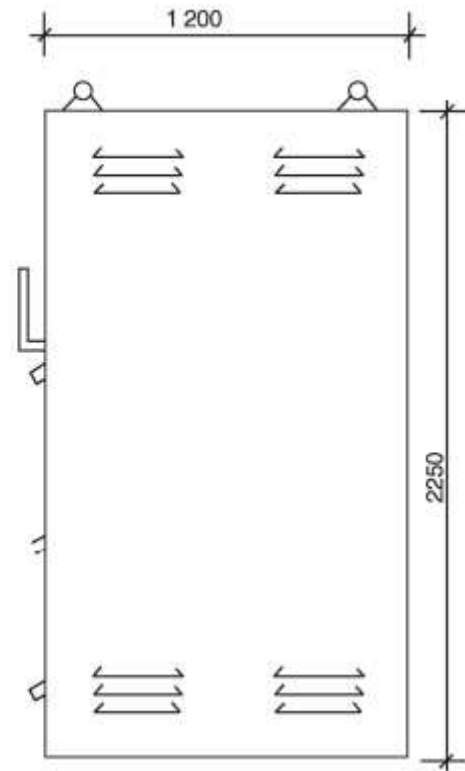
Detalhe do poste da rede aérea do item 6.2.1.

Figura 6.36

QGD - NORMAL

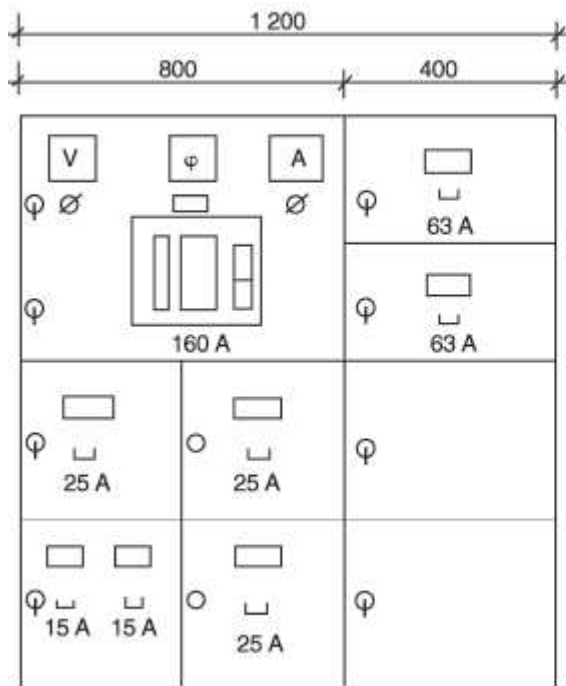


Vista frontal

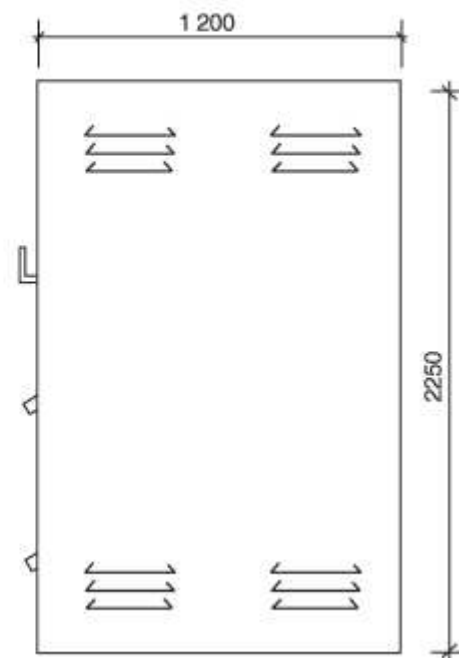


Vista lateral

QGD - Essencial



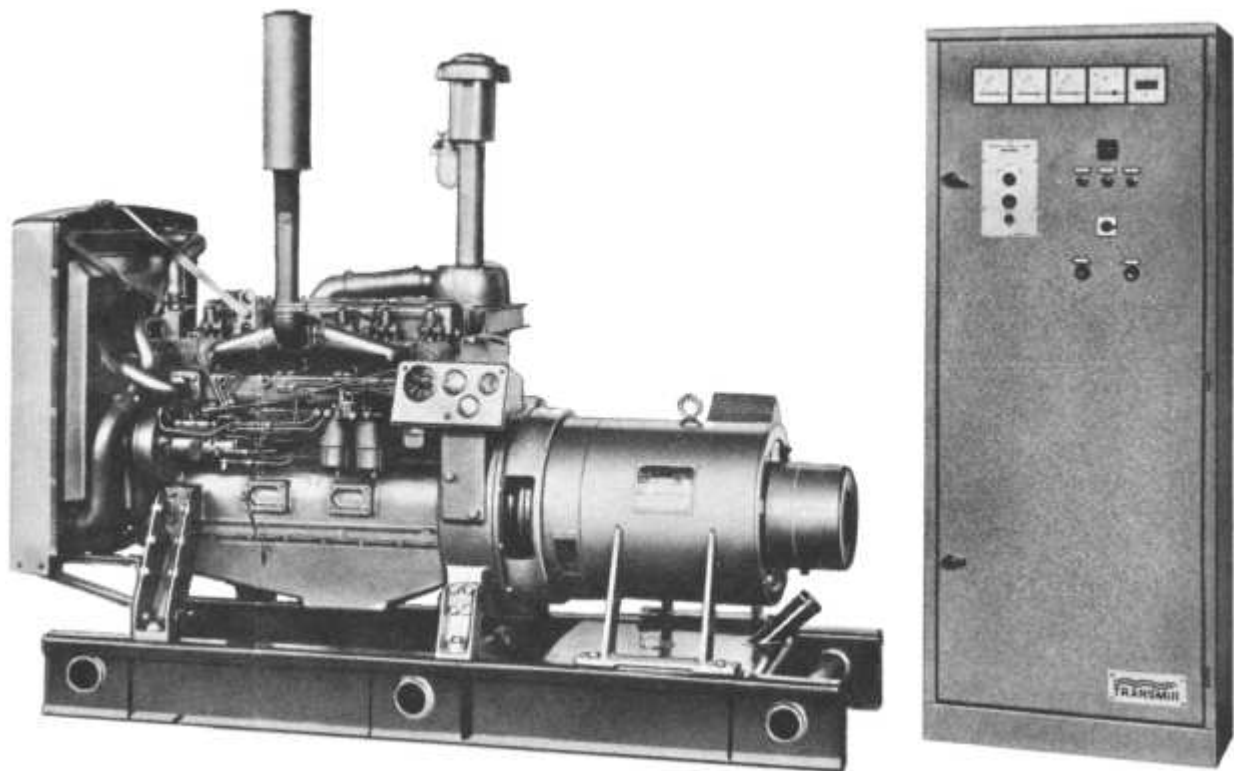
Vista frontal



Vista lateral

Detalhes esquemáticos dos armários do QGD do item 6.2.1.

Figura 6.37



Potência	Intermitente 28 kVA Contínua 25 kVA	Intermitente 36 kVA Contínua 32 kVA	Intermitente 50 kVA Contínua 45 kVA	Intermitente 80 kVA Contínua 72 kVA	Intermitente 99 kVA Contínua 90 kVA
Motor	Modelo 3.152 de 3 cilindros, de aspiração natural, de 37,5 hp em serviço intermitente e 33 hp em serviço contínuo a 1 800 rpm.	Modelo 4.203 de 4 cilindros, de aspiração natural, de 44 hp em serviço intermitente e 40 hp em serviço contínuo a 1 800 rpm.	Modelo 4.236 de 4 cilindros, de aspiração natural, de 61 hp em serviço intermitente e 55 hp em serviço contínuo a 1 800 rpm.	Modelo 6.358(I) de 6 cilindros, de aspiração natural, de 96 hp em serviço intermitente e 87 hp em serviço contínuo a 1 800 rpm.	Modelo 6.358 T, de 6 cilindros, turbinado, de 125 hp em serviço intermitente e 114 hp em serviço contínuo a 1 800 rpm.
Dimensão	1 800 × 800 × 1 400 mm	2 100 × 800 × 1 500 mm	2 100 × 800 × 1 500 mm	2 400 × 800 × 1 700 mm	2 400 × 800 × 1 700 mm
Peso	1 100 kg	1 200 kg	1 400 kg	1 650 kg	1 800 kg

Grupo motor-gerador dos TRANSMILL — MOTOR PERKINS.

Figura 6.38

- Motor diesel: Cummins – Modelo NTA-G3;
- Gerador: GRAMACO – Mod. 315 com regulador eletrônico de tensão;
- Potência contínua: 435 kVA (661 A), por gerador;
- Tensão: 380/220 V;
- Frequência: 60 c/s;
- Fator de potência: 0,8 (indutivo);
- Fases: 03 ligações-estrela;
- Número de polos: 04;
- Rotação: 1 800 rpm;
- Consumo de combustível: 0,26 l por kWh gerado;
- Quadro de comando: USCA – E30.

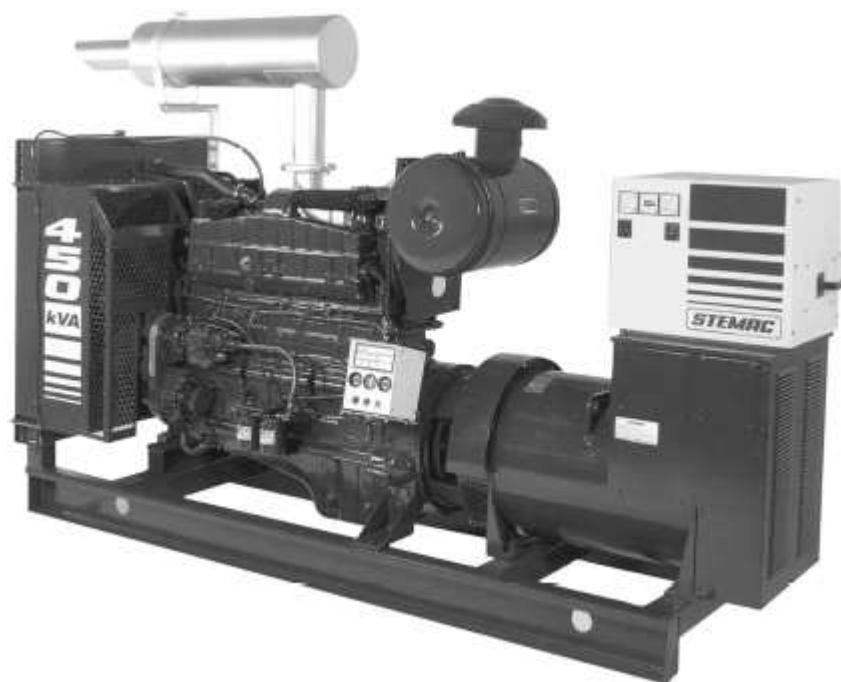
Ver Figura 6.40 — Grupos geradores CUMMINS — Gerador GRAMACOModelo 315.

Cargas Instaladas:

A) QUADRO 1 (EXISTENTE)

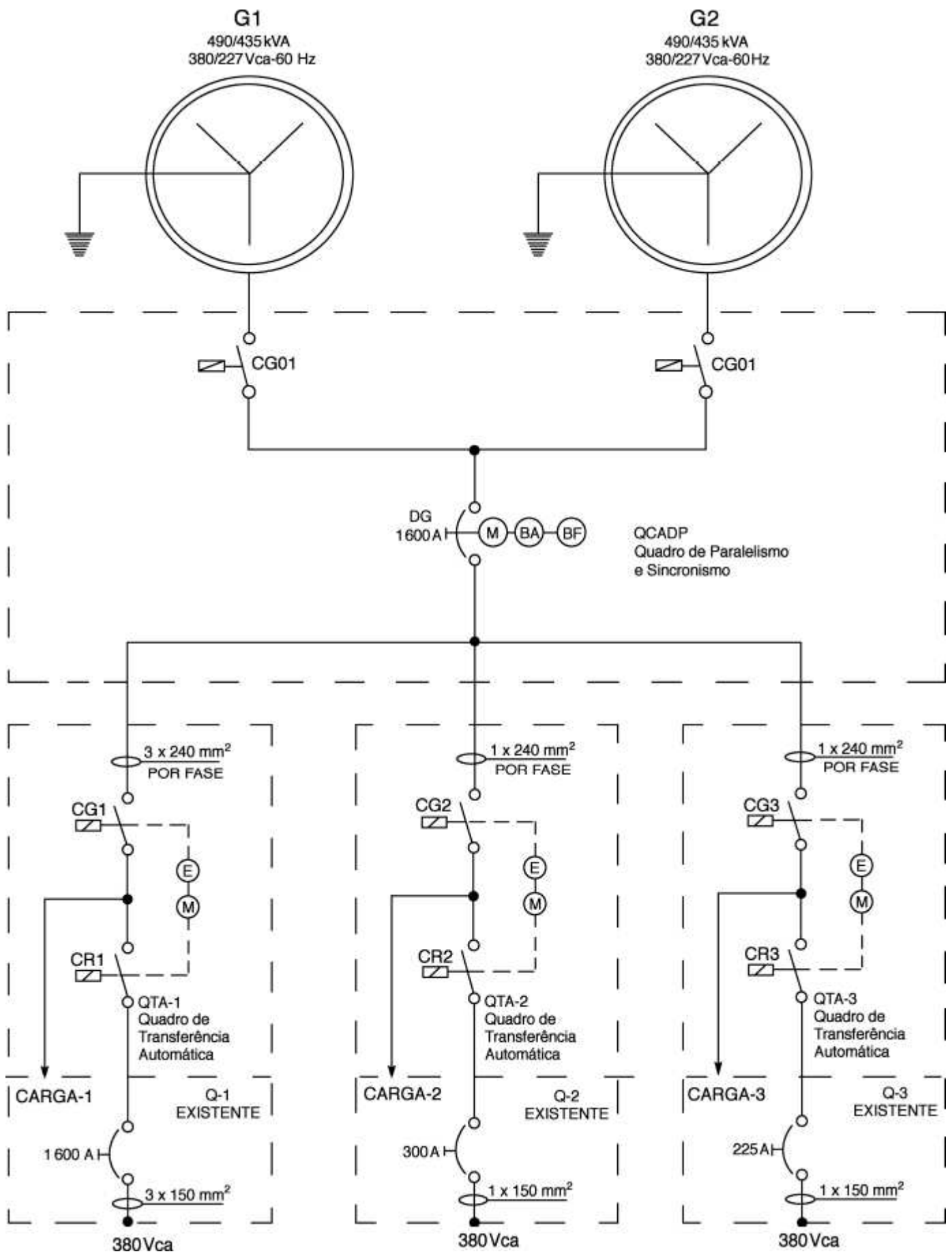
21 elevadores (07 elevadores máx. de cada vez)

- 02 elevadores de 75 hp – 380 V;



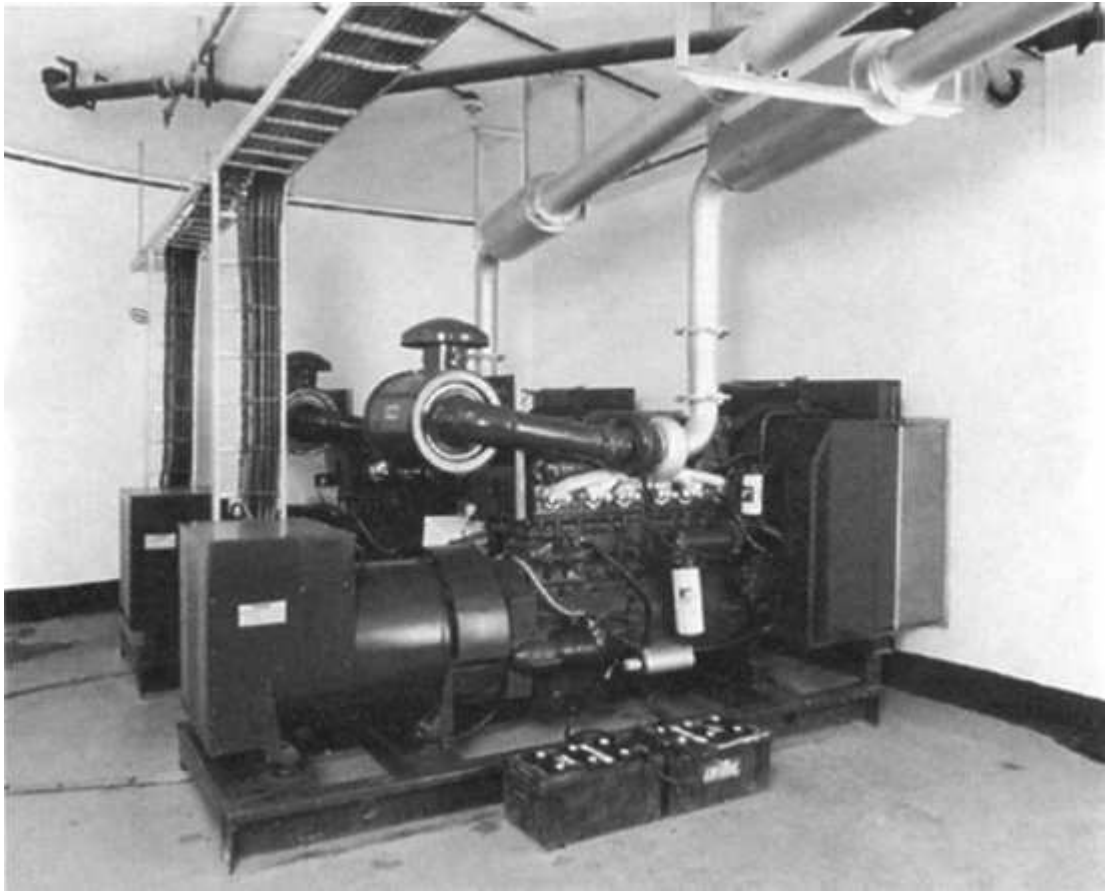
Grupo motor-gerador da STEMAC.

Figura 6.39



Grupos geradores CUMMINS — Gerador GRAMACO modelo 315.

Figura 6.40



Grupo gerador CUMMINS, conforme especificações 6.3.

Figura 6.41

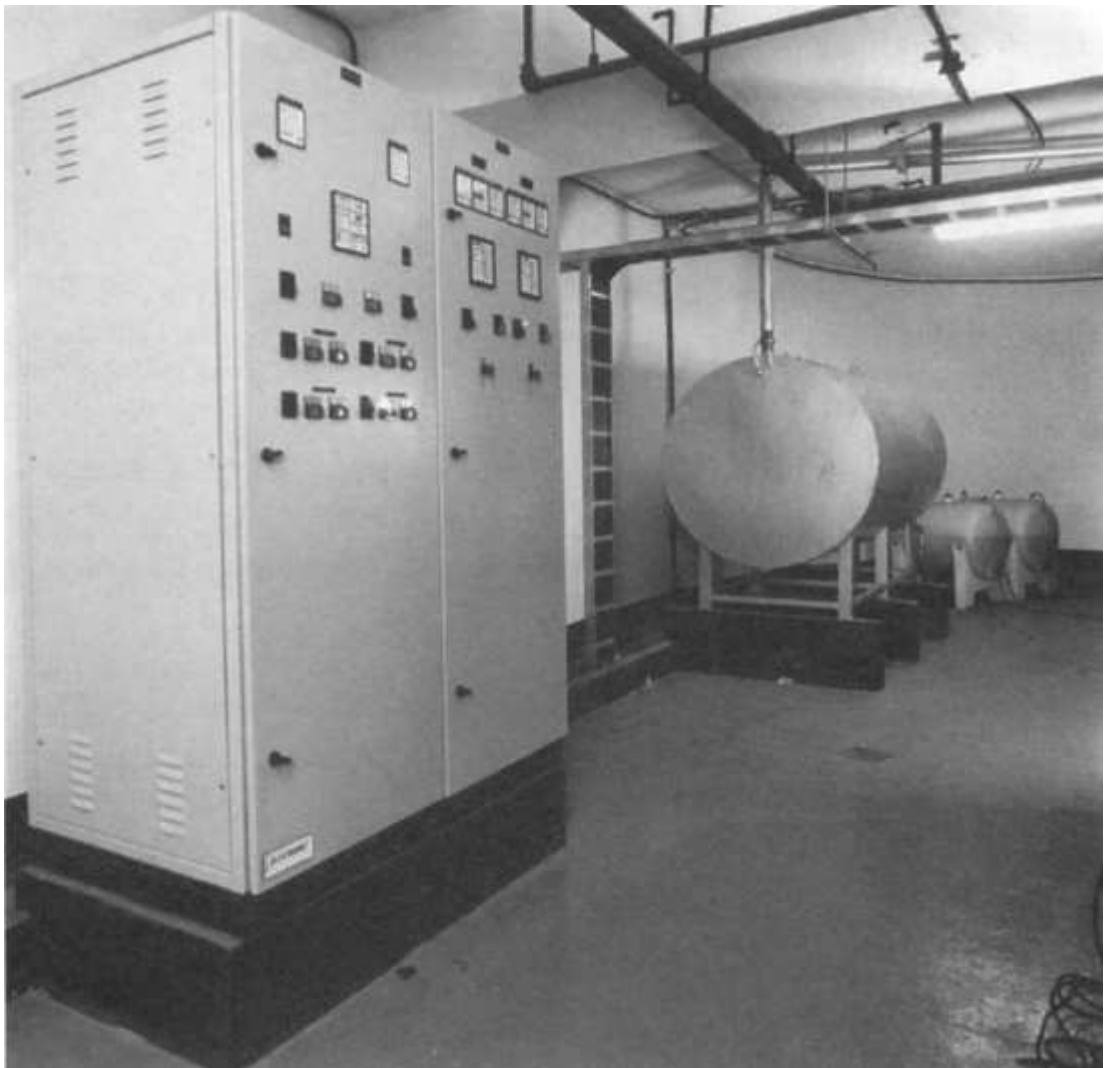


Figura 6.42

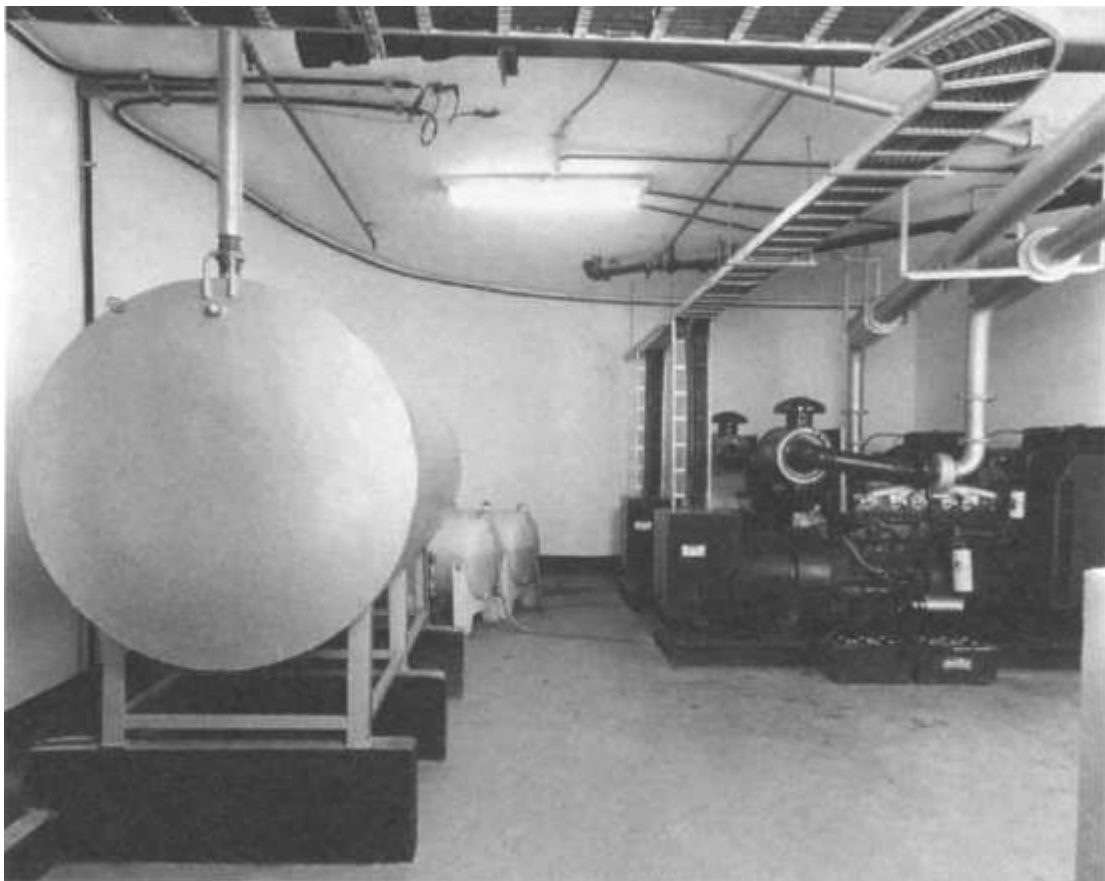
- 01 elevador de 23 hp – 380 V;
- 02 elevadores de 35 hp – 380 V;
- 02 elevadores de 58 hp – 380 V.

Iluminação: 91 kW (30 andares)

- 01 motobomba de comando manual de 100 hp – 380 V;
- 01 motobomba de comando manual de 60 hp – 380 V.

Potência: 616 kVA

Proteção: 1 600 A



Tanques de óleo e cabos de controle e de força.

Figura 6.43

B) QUADRO 2 (EXISTENTE)

- 01 motobomba de 25 hp – 380 V.
Iluminação: 12,8 kW – 220 V
Potência: 37 kVA
Proteção: 300 A

C) QUADRO 3 (EXISTENTE)

- 02 motores de 20 hp – 380 V – escadas rolantes;
- 04 exaustores de 7,5 hp – 380 V.
Iluminação: 34 kW – 220 V
Potência: 109 kVA

Proteção: 225 A

Total das cargas: 762 kVA — fator de potência: 0,85

Resumo

- Instalação de motores: generalidades, classificação dos motores, aplicações, identificação dos motores, esquemas típicos de instalação de motores, ligação de motores, dimensionamento dos circuitos alimentadores e dos ramais pela capacidade de corrente e queda de tensão, proteção contra sobrecarga e curtos-circuitos, dispositivos de seccionamento e controle de motores, partida de motores; chave estrela-triângulo, autotransformador de partida, partida de motores trifásicos com anéis, inversão da rotação. Controle da velocidade de motores.
- Potência necessária de um motor.
- Regras práticas para a escolha de motores.
- Controle da velocidade dos motores de indução e CC.
- Instalações de segurança (ou de substituição): sem seccionamento, permanentes, não permanentes, sem seccionamento e com seccionamento. Exemplo de uma instalação de segurança.

Exercícios de Revisão

1. Deseja-se instalar um motor de 100 cv (75 kW), trifásico com rotor em curto-circuito, tensão 220 V, 6 polos (1 200 rpm). A distância entre o motor e o painel elétrico é de 50 m. Calcular o alimentador pela capacidade de corrente, maneira de instalar nº 1, condutores PVC/70 (cobre).
2. Usar o mesmo exemplo, porém com dimensionamento pela queda de tensão, admitida como de 4%.
3. Supondo, no Exercício 1, o motor partindo com tensão reduzida (letra-código E), qual será a capacidade da chave de proteção do alimentador contra curtos-circuitos?
Usar as Tabelas 6.5 e 10.12.
4. Deseja-se saber a regulação máxima da chave magnética de proteção do motor do Exercício 1, supondo-se que permite elevação de temperatura até 40 °C.
5. Deseja-se escolher um motor em 220 V, cujo torque nominal seja de 6 kgm e que, na partida, a relação TP/TN seja de 160%; rotação 1 200 rpm (6 polos).

¹ Em catálogos de equipamentos e manuais de procedimentos de empresas prestadoras de serviços, os leitores encontrarão também a grafia HP.

² $P_{kW} = P_{hp} \times 0,746$; $P_{kW} = P_{cv} \times 0,736$

³ Esse é um ajuste de referência que deve ser complementado por um ajuste mais “fino” em função da potência do motor e das condições de partida, normalmente efetuado em testes de campo.