



**UFPR**



# TE243

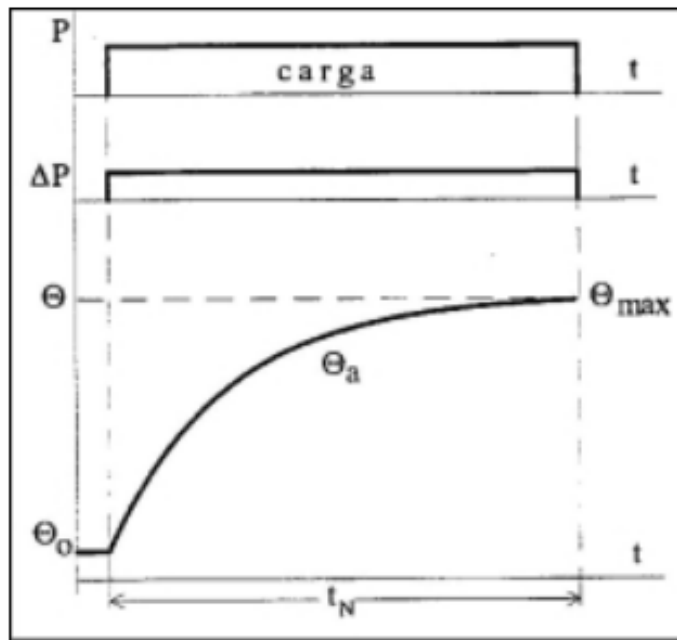
## Eletricidade Aplicada II

Capítulo 6 – Instalações para  
Força Motriz e Serviço de  
Segurança


# 1. Generalidades

- A NBR 5410 trata especificamente de circuitos que alimentam motores em aplicações industriais e similares normais;
- São consideradas aplicações industriais e similares normais aquelas que envolvem motores de indução com rotor de gaiola, de potência nominal unitária não superior a 150 kW, operados em regime S1, excluídas as aplicações de motores com potência não superior a 1,5 kW que acionem aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais;
- Assume-se que as características dos motores, bem como do regime S1, são aquelas definidas na ABNT NBR 7094.

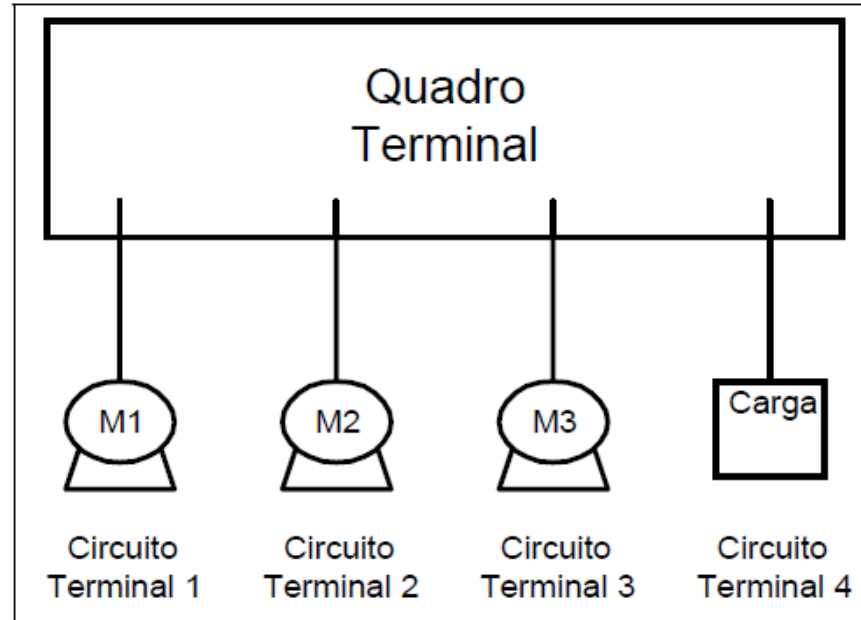
- No REGIME CONTÍNUO S1, o motor aciona uma carga constante durante um tempo suficientemente longo para ele atingir sua temperatura de equilíbrio térmico;
- A elevação de temperatura  $\Theta_m$ , indicada na Figura, é o máximo valor que ela pode atingir para aquela carga. Ela varia com a carga no eixo do motor, mas não poderá nunca ser superior à temperatura correspondente à classe de isolamento térmico do motor.



- Portanto, para se considerar que um motor opera em regime contínuo S1 é necessário que ele opere pelo menos o tempo suficiente para atingir a temperatura de equilíbrio térmico;
- A partir daí, é comum seu funcionamento se prolongar por várias horas, dias, ou meses, sem interrupções;
- Os exemplos clássicos de máquinas que trabalham em regime S1 são os ventiladores, exaustores, bombas de movimentação de produtos nas indústrias químicas e refinarias, compressores de ar, bombas de alimentação de caldeiras a vapor, etc.

- 
- A NBR 5410 ainda estabelece:
    - Limitação das perturbações devidas à partida de motores;
    - Dimensionamento dos circuitos de motores;
    - Proteção contra correntes de sobrecarga;
    - Proteção contra correntes de curto-circuito;
    - Circuitos de comando de motor

- Existem três configurações básicas para alimentação de motores que operam em condições normais. A primeira delas é a dos circuitos terminais individuais, isto é, para cada circuito terminal um motor, conforme mostrado na Figura.



- O tipo da instalação ilustrado na figura anterior é o caso típico encontrado em sistemas industriais e comerciais de maior porte;
- Uma outra configuração muito utilizada para alimentação de motores, e outras cargas de força, é por circuito de distribuição com derivações para circuitos terminais específicos apresentado a seguir.

# Quadro de distribuição

Circuito de Distribuição

Circuitos de Distribuição que alimentam outras cargas



Circuito Terminal 1



Circuito Terminal 2



Circuito Terminal 3



- A terceira e última configuração de circuitos para motores é o circuito terminal com várias cargas;
- Um único circuito terminal alimenta vários motores à semelhança dos circuitos de iluminação ou de tomadas para uso geral;
- Esse tipo de alimentação só deve ser aplicado quando os motores forem de pequeno porte, da ordem de 1 cv.

## Quadro Terminal

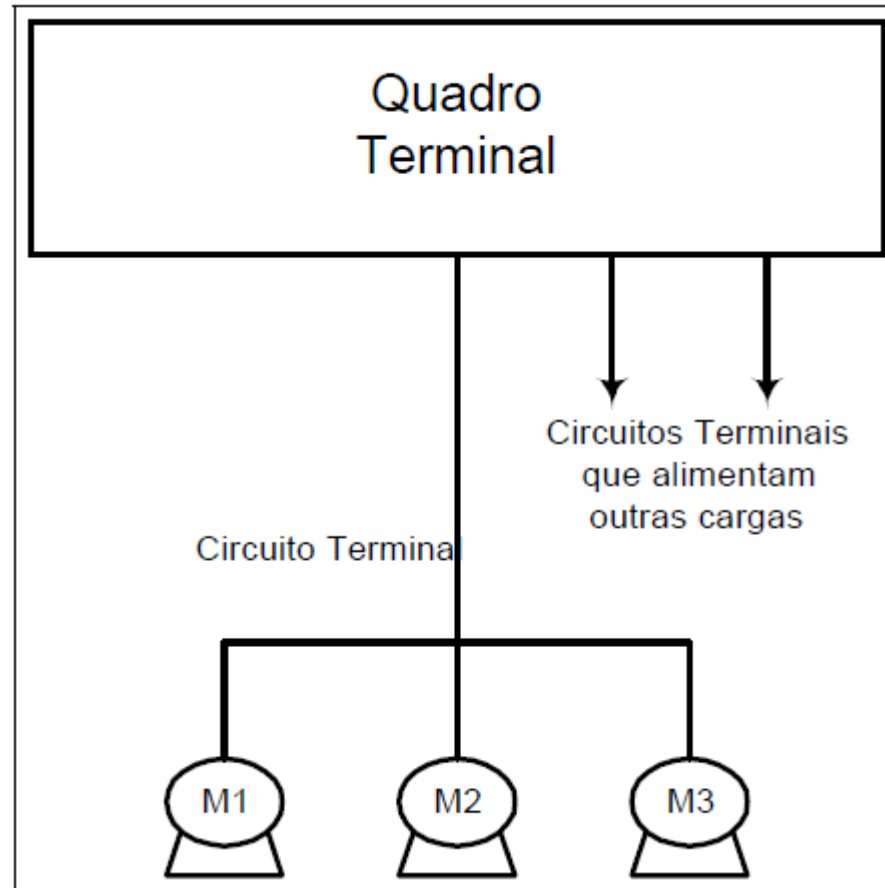
Circuito Terminal

Circuitos Terminais  
que alimentam  
outras cargas

M1

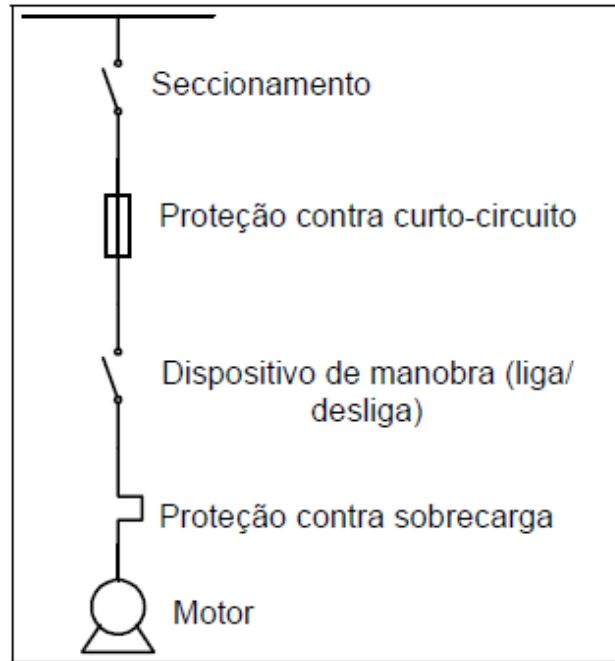
M2

M3



- Os circuitos terminais de motores exigem dispositivos específicos que os diferem dos circuitos comuns para alimentação e tomadas. Na origem do circuito terminal deve existir um dispositivo de seccionamento que só deve ser operado sem carga, isto é, com o motor desligado. Sua finalidade é promover o seccionamento para fins de manutenção do circuito;
- Em seguida, deve existir o dispositivo de proteção contra correntes de curto circuito. Destaca-se que são os condutores que devem ser protegidos, e não o motor propriamente dito.

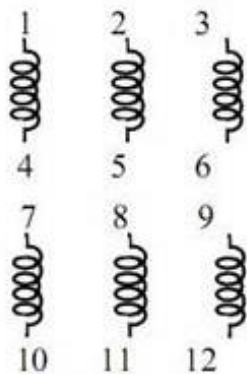
- A proteção dos condutores deve ser completada com a utilização de dispositivos de proteção contra correntes de sobrecargas, que devem proteger principalmente as bobinas do enrolamento do motor.
- Por fim, o circuito terminal deve contar com um dispositivo de manobra para ligar e desligar o motor de forma segura, tarefa típica dos contadores. A próxima figura mostra esquematicamente o circuito terminal de alimentação de um motor.



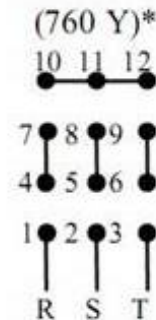
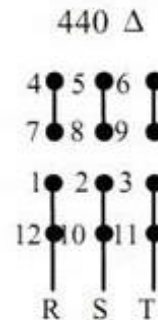
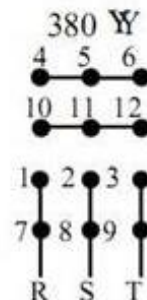
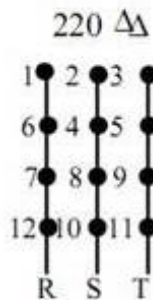
- Para atender às exigências funcionais do circuito terminal do motor, existem algumas montagens clássicas dos dispositivos:
  - seccionador / fusível / relé térmico / contator;
  - seccionador-fusível / relé térmico / contator;
  - disjuntor termomagnético / contator.

## 2. Ligação dos Motores

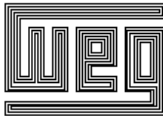



- Os terminais dos motores CA podem ser em bornes ou chicotes, devidamente marcados (letras e números) e encerrados na caixa de ligações, permitindo ao instalador ligá-los à rede, de acordo com o esquema que o fabricante habitualmente fornece na placa




motor 12 terminais  
(quatro tensões)



(\*) somente na partida

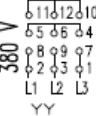
 		 <b>PNCEE</b>		00022
NBR.7094		REND.%= 92.5% cos $\psi$ 0.87		
~ 3 250S/M		11/01 AY53872		
MOTOR INDUCAO - GAICOLA INDUCT. MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz 60	CAT N	FS SF 1.00
kW(HP-cv) 75(100)		RPM min 1775		
ISOL INSL F $\Delta$ 180 K	Ip/In 8.8	IP55	ALT m	
220/380/440 V		245/142/123 A		
REG DUTY S1	MAX AMB			
 6314-C3 POLYREX EM-ESSO 6314-C3 27 g 9789 h		462 kg		

220 V




$\Delta$

380 V



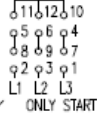
YY

440 V

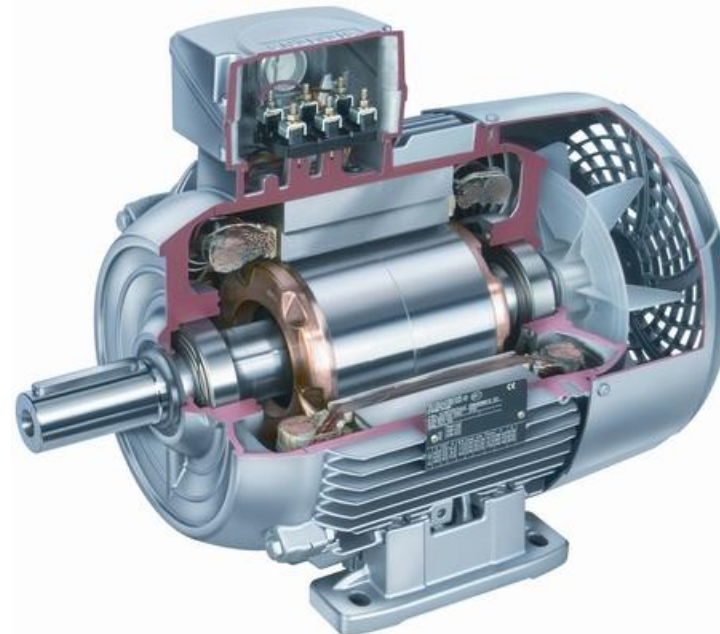
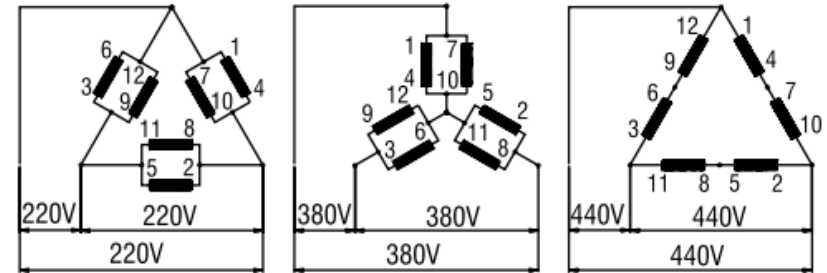


$\Delta$

760 V



Y ONLY START  
SOMENTE PARTIDA





## 4. Dimensionamento dos condutores do circuito terminal

- O dimensionamento dos condutores do circuito terminal do motor deve atender aos critérios de capacidade de corrente e da máxima queda de tensão;
- A corrente do motor a ser considerada é a corrente nominal do motor, obtida em catálogos ou determinada pela seguinte relação:

$$I_{NM} = \frac{P_{mec} \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot U \cdot fp \cdot \eta}$$

Sendo:

- $P_{mec}$  = potência mecânica do motor [cv];
- $U$  = tensão nominal de alimentação do motor [V];
- $fp$  = fator de potência do motor;
- $\eta$  = rendimento do motor;
- $I_{NM}$  = corrente nominal do motor [A].

- Como o motor pode ter um fator de serviço (FS) maior que 1, a capacidade de condução do condutor (IZ) deve ser superior ao valor da corrente nominal corrigida pelo fator de serviço para o caso de um circuito terminal que alimente um único motor;
- A norma ABNT NBR 7094/1996, define fator de serviço como um multiplicador que, quando aplicado à potência nominal do motor, indica a carga que pode ser acionada continuamente sob tensão e frequência nominais. Entretanto, a utilização do fator de serviço implica em vida útil inferior àquela do motor com carga nominal.

$$I_Z \geq FS \times I_{NM}$$

- Para motores com mais de uma potência, como ocorre em alguns casos, o condutor selecionado deve suportar a pior condição possível. Ou seja, deve-se adotar o de maior seção. Em caso de motores que trabalhem em ciclos de operação com potência variável ou de forma intermitente, a capacidade de condução do condutor deve ser superior à máxima corrente absorvida durante o ciclo de operação.

- Se um circuito terminal alimenta mais de um motor, deve-se considerar o somatório de correntes, segundo a relação seguinte:

$$I_Z = \sum_{i=1}^n FSi \cdot I_{Mi}$$

Sendo:

- $FSi$  = fator de serviço do motor  $i$ ;
- $I_{Mi}$  = corrente nominal do motor  $i$ .

- Para circuitos terminais em instalações residenciais e comerciais que alimentam motores e outras cargas, deve-se considerar a corrente dessas cargas, conforme mostra a relação seguinte:

$$I_Z \geq \sum_{i=1}^n FS_i \cdot I_{Mi} + \sum_{j=1}^n I_{Cj}$$

sendo  $I_{Cj}$  a corrente da carga  $j$ .

- Uma vez determinada a seção do condutor pelo critério da capacidade de corrente, deve-se verificar se ele atende às condições impostas pela queda de tensão. Em situações normais, a queda de tensão total entre a origem da rede de baixa tensão e os terminais do motor deve ser inferior a 4% em instalações alimentadas por rede pública de baixa tensão, e a 7% em instalações alimentadas por transformadores próprios;
- Durante o processo de partida do motor, a queda de tensão máxima permitida é de 10% entre a origem da instalação e os terminais do dispositivo de partida do motor, e as demais condições devem ser respeitadas.

- O cálculo da queda de tensão na partida deve ser feito com o valor da corrente de partida e considerando-se fator de potência de 0,3. Nas condições de operação considera-se o fator de potência nominal do motor. Assim, não é possível utilizar as tabelas de queda de tensão dos fabricantes, pois elas são elaboradas considerando fatores de potência de 0,95 e 0,8. Portanto, no caso dos motores, a queda de tensão deve ser calculada através da expressão seguinte:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (r \cos\theta + X \sin\theta)$$

sendo:

- $\Delta U$  = queda de tensão [V];
- L = comprimento do circuito [km];
- I = corrente do circuito [A] (corrente nominal do motor, em situação de regime, ou corrente de partida do motor);
- r = resistência elétrica do condutor ( $\Omega/\text{km}$ );
- X = reatância indutiva do condutor ( $\Omega/\text{km}$ );
- $\cos \Phi$  = fator de potência – pode ser o nominal do motor, durante o regime, ou 0,3 durante a partida;



- A resistência de um condutor é fornecida pelo fabricante. Já a reatância indutiva dos condutores depende da maneira de sua instalação. Para nossos cálculos, vamos considerar valores médios apresentados na Tabela a seguir;
- Ressalta-se que todos os conceitos utilizados no dimensionamento de condutores de circuitos “normais” também são válidos para o dimensionamento dos circuitos de motores (maneira de instalar, fatores de correção, etc). Também é importante considerar que norma NBR 5410 exige uma seção mínima de  $2,5 \text{ mm}^2$  para os circuitos de força.

**Tabela 13.1:** Resistência e reatância indutiva dos condutores.

<b>Seção [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>R [Ω/km]</b>	<b>X<sub>L</sub> [Ω/km]</b>
1,5	14,48	0,17
2,5	8,87	0,16
4	5,52	0,16
6	3,69	0,15
10	2,19	0,15
16	1,38	0,14
25	0,87	0,14
35	0,63	0,13
50	0,46	0,13
70	0,32	0,12
95	0,23	0,11
120	0,19	0,10
150	0,15	0,09
185	0,12	0,08
240	0,09	0,07
300	0,07	0,06
400	0,06	0,06
500	0,05	0,05

## Exercício 1:

- Dimensionar os cabos de cobre com isolação PVC para alimentar um motor elétrico trifásico de 20 cv, 380 V. Os condutores são instalados em eletroduto de PVC embutido em alvenaria. A temperatura ambiente é de 30°C e há somente um circuito no eletroduto. A queda de tensão na partida é de, no máximo, 10% e na operação de 7%. O comprimento do circuito é de 40 m.
- Dados do motor:
- $I_p/I_{NM} = 8,3$ ;  $FS = 1,25$ ;  $\eta = 89\%$ ;  $f_p = 0,86$

## Exercício 2:

- Um circuito terminal alimenta 3 motores trifásicos, M1, M2 e M3. Dimensionar os condutores de cobre com isolamento PVC desse circuito terminal.
- Dados do problema:
  - $U = 220 \text{ V}$ ;
  - $L = 45 \text{ m}$ ;
  - 1 circuito no eletroduto;
  - Eletroduto de PVC instalado em alvenaria;
  - Temperatura ambiente de  $30^{\circ}\text{C}$ ,
  - Queda de tensão percentual na partida de 10% e em regime de 4%.

Dados dos motores:

	<b>Motor 1</b>	<b>Motor 2</b>	<b>Motor 3</b>
	Potência: 0,75 cv	Potência: 0,25 cv	Potência: 0,5 cv
	$I_p = 6,2 \times I_{NM}$	$I_p = 4,7 \times I_{NM}$	$I_p = 5,5 \times I_{NM}$
	$f_p = 0,85$	$f_p = 0,75$	$f_p = 0,83$
	$\eta = 75\%$	$\eta = 62\%$	$\eta = 69\%$
	$FS_1 = 1,25$	$FS_2 = 1,35$	$FS_3 = 1,25$

### Exercício 3:

- Dimensionar os cabos de cobre com isolação PVC para alimentar um motor elétrico trifásico de 50 cv, 220 V. Os condutores são instalados em eletroduto de PVC embutido em alvenaria.
- A temperatura ambiente é de 30°C e há somente um circuito no eletroduto. A queda de tensão na partida é de, no máximo, 10% e na operação de 5%. O comprimento do circuito é de 95 m.
- Dados do motor:  $I_p/I_{NM} = 7,6$ ;  $FS = 1,15$ ;  $\eta = 92,2\%$ ;  $f_p = 0,87$

## Exercício 4:

- Repetir o Exercício 3 considerando que o motor parte com o uso de uma chave compensadora de tap 65%.

## 5. Proteção contra curto-circuito.

- A NBR 5410 prescreve que todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente, quando pelo menos um dos condutores for percorrido por uma corrente de curto-circuito.
- A interrupção deve ocorrer em um tempo suficientemente curto para evitar as deteriorações dos condutores. A norma aceita a utilização de fusíveis ou disjuntores para proteção exclusiva contra curto-circuitos.



- As formas construtivas mais comuns dos fusíveis aplicados nos circuitos de motores são os do tipo D e NH;
  - O fusível tipo D é recomendado para uso residencial e industrial, uma vez que possui proteção contra contatos acidentais, podendo ser manipulado por pessoas não especializadas;
  - Os fusíveis NH devem ser manuseados por pessoas qualificadas, sendo recomendados para ambientes industriais e similares.
- A NBR 5410 recomenda a proteção de circuitos terminais de motores por fusíveis com capacidade nominal dada por:

$$I_{NF} = I_P \cdot k$$

Sendo:

- $I_{NF}$  = corrente nominal do fusível [A];
- $I_p$  = corrente de partida do motor [A];
- $k$  = fator determinado pela Tabela 2.

## Tabela 2

$I_p$ [A]	k
$I_p \leq 40$	0,5
$40 < I_p \leq 500$	0,4
$I_p > 500$	0,3



- Para a proteção de motores por disjuntores magnéticos:

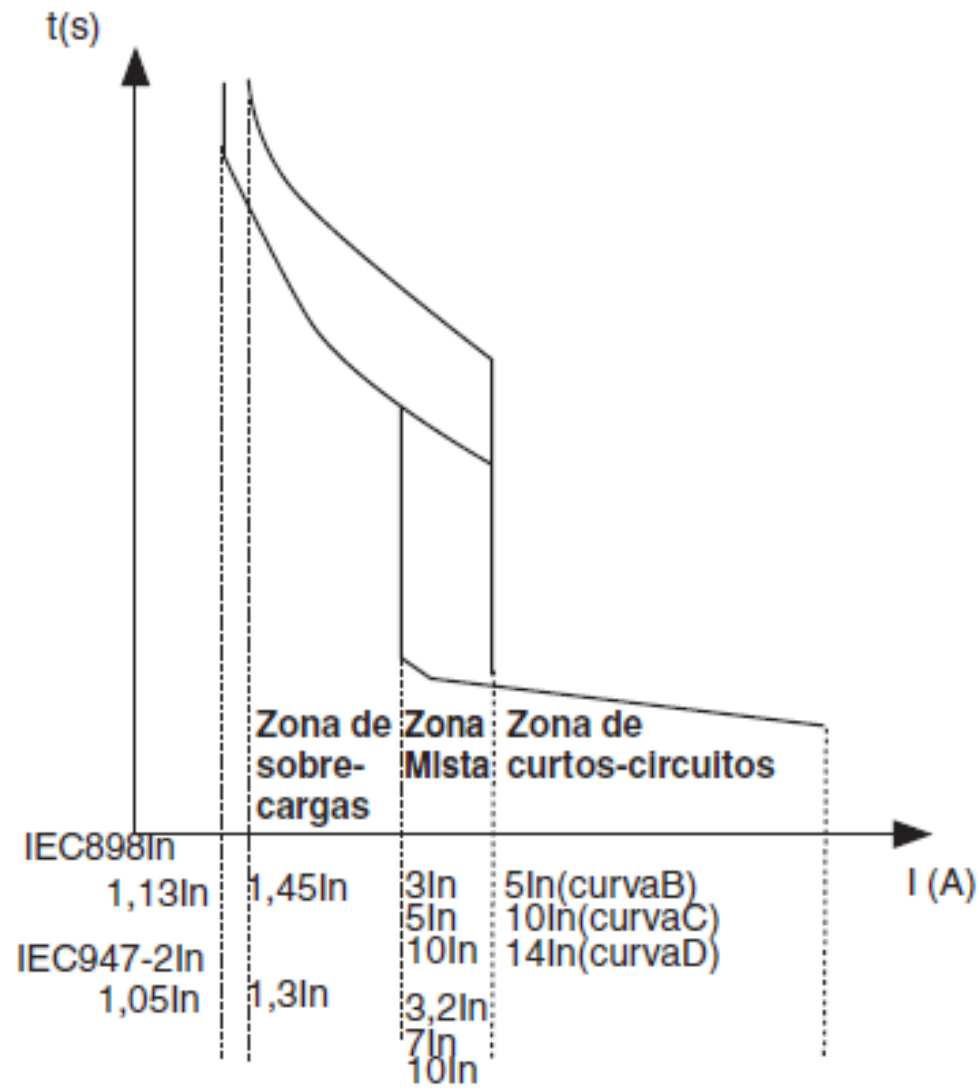
$$I_P \leq I_{DM} \leq 12 \cdot I_{NM}$$

Ou

$$I_{ND} = 1,25 \cdot I_{NM}$$


Sendo:

- $I_{DM}$  = corrente de disparo magnético [A];
- $I_{ND}$  = corrente nominal do disjuntor [A];



## Exercício 5:

- Para o motor do exercício 1, determinar os valores nominais do fusível tipo NH e do disjuntor termomagnético.

NH 00			
Fusível			
Tamanho 00	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	4	FNH00-4U	0,2
	6	FNH00-6U	
	10	FNH00-10U	
	16	FNH00-16U	
	20	FNH00-20U	
	25	FNH00-25U	
	35	FNH00-35U	
	50	FNH00-50U	
	63	FNH00-63U	
	80	FNH00-80U	
	100	FNH00-100U	
	125	FNH00-125U	
	160	FNH00-160U	

## 6. Proteção contra sobrecargas.

- O relé térmico é o dispositivo mais indicado para proteção contra sobrecarga;
- A norma NBR 5410 recomenda que o relé térmico seja ajustado para a corrente nominal do motor multiplicada pelo fator de serviço.;
- Para os motores ligados em triângulo é preciso uma certa atenção para ajustar o relé, que tanto pode estar sujeito à corrente de linha como a uma corrente de fase.

- A corrente de ajuste do relé térmico é obtida pela seguinte relação:

$$I_{ajuste} = FS \cdot I_{NM}$$

Sendo:

- $I_{ajuste}$  = corrente de ajuste do relé térmico [A];
  - FS = fator de serviço do motor;
  - $I_{NM}$  = corrente nominal do motor [A].
- 
- A Tabela 3 indica modelos de relés térmicos fabricados pela Siemens com as respectivas faixas de ajuste disponíveis, indicando os fusíveis D ou NH recomendados para a proteção contra curto-circuitos.

<b>Relé</b>	<b>Faixa de ajuste [A]</b>	<b>Fusíveis máximo (D ou NH) - [A]</b>
3UA50 00-0A	0,1 – 0,16	05
3UA50 00-0C	0,16 – 0,25	1
3UA50 00-0E	0,25 – 0,4	1,6
3UA50 00-0G	0,4 – 0,63	2
3UA50 00-0J	0,63 – 1	4
3UA50 00-1A	1 – 1,6	6
3UA50 00-1C	1,6 – 2,5	6
3UA50 00-1E	2,5 – 4	10
3UA50 00-1G	4 – 6,3	16
3UA50 00-1J	6,3 – 10	16
3UA50 00-1K	8 – 12,5	16
3UA52 00-0G	0,4 – 0,63	2
3UA52 00-0J	0,63 – 1	4
3UA52 00-1 <sup>A</sup>	1 – 1,6	6
3UA52 00-1C	1,6 – 2,5	6
3UA52 00-1E	2,5 – 4	10
3UA52 00-1G	4 – 6,3	16
3UA52 00-1J	6,3 – 10	25
3UA52 00-2 <sup>A</sup>	10 – 16	25
3UA52 00-2C	16 – 25	25
3UA55 00-1J	6,3 – 10	25
3UA55 00-2 <sup>A</sup>	10 – 16	35
3UA55 00-2B	12,5 – 20	50
3UA55 00-2D	20 – 32	63
3UA55 00-2R	32 – 40	63
3UA58 00-2D	20 – 32	63
3UA58 00-2F	32 – 50	100
3UA58 00-2P	50 – 63	125
3UA58 00-2U	63 – 80	160
3UA58 00-8W	70 – 88	160
3UA60 00-2W	63 – 90	160
3UA60 00-3H	90 – 120	224
3UA61 00-3H	90 – 120	224/300
3UA61 00-3K	120 – 150	224/300
3UA62 00-3H	90 - 120	300
3UA62 00-3K	120 – 150	224/300
3UA62 00-3M	150 – 180	224/300
3UA66 00-3C	160 - 250	224/300



## Exercício 6:

- Para o motor do exercício 1, ajustar e escolher um relé térmico apropriado.

CE

RW27-1D

Montagem direta ao contator  
 Montagem em trilho com adaptador BF27D  
 Versões:  
 Tripolar: RW27-1D3  
 Bipolar: RW27-1D2




Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gU/gG) <sup>1)</sup>
RW27-1D3-D004	0,28...0,4	2
RW27-1D3-D063	0,4...0,63	2
RW27-1D3-D008	0,56...0,8	2
RW27-1D3-D012	0,8...1,2	4
RW27-1D3-D018	1,2...1,8	6

Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gU/gG) <sup>1)</sup>
RW27-1D3-D028	1,8...2,8	6
RW27-1D3-U004	2,8...4	10
RW27-1D3-D063	4...6,3	16
RW27-1D3-U008	5,6...8	20
RW27-1D3-U010	7...10	25

Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gU/gG) <sup>1)</sup>
RW27-1D3-D125	8...12,5	25
RW27-1D3-U015	10...15	35
RW27-1D3-U017	11...17	35
RW27-1D3-U023	15...23	50
RW27-1D3-U032	22...32	63

C UL US

Dimensões	Largura	mm	45
	Altura	mm	79,5
	Profundidade	mm	92
Peso	kg		0,147
Accessórios			 Base de Fixação Individual: BF27D

## Exercício 7:

- Dois motores trifásicos de 220 V são alimentados por circuitos terminais distintos. Esses circuitos contam com condutores de cobre com isolação PVC instalados em eletrodutos de PVC embutidos em alvenaria. Em cada eletroduto não há mais nenhum circuito e a temperatura ambiente é de 30°C. Dimensionar os condutores, fusíveis NH e relés térmicos dos dois circuitos.

Dados dos motores:

<b>Motor 1</b>	<b>Motor 2</b>
Potência: 25 cv	Potência: 40 cv
$I_p = 9,0 \times I_{NM}$	$I_p = 7,8 \times I_{NM}$
$f_p = 0,85$	$f_p = 0,88$
$\eta = 90,4\%$	$\eta = 91\%$
$FS_1 = 1,15$	$FS_1 = 1,15$
$\Delta U\%_{partida} = 10\%$	$\Delta U\%_{partida} = 10\%$
$\Delta U\%_{operação} = 4\%$	$\Delta U\%_{operação} = 4\%$
$L = 40 \text{ m}$	$L = 25 \text{ m}$

## 6. Partida de motores

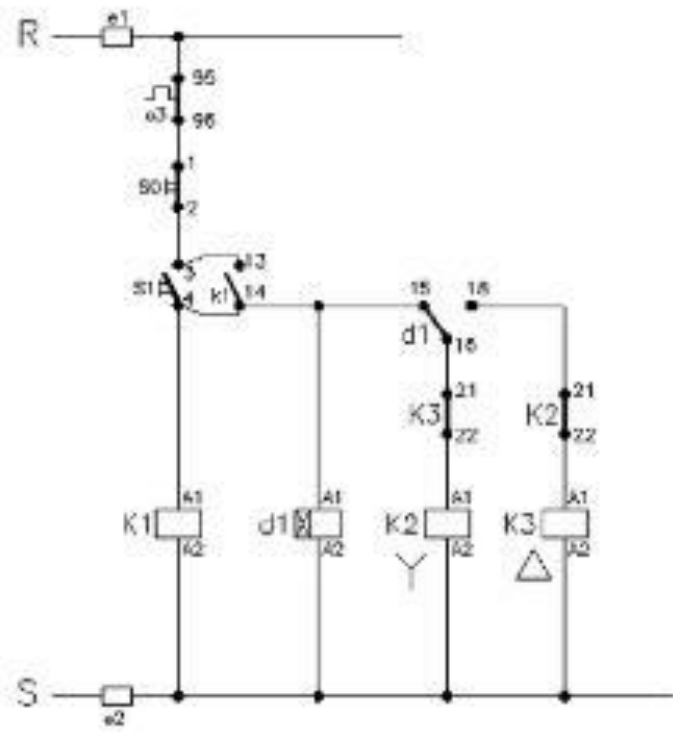
- Chave estrela-triângulo
  - Destina-se à partida de motores trifásicos com rotor em gaiola e tem como objetivo diminuir os efeitos da partida na instalação elétrica.
  - Para a partida com chave estrela - triângulo é fundamental que o motor tenha seis terminais acessíveis e disponha de dupla tensão, por exemplo, 220/380V, 380/660V ou 440/760V.
  - O motor é inicialmente ligado em estrela até que alcance uma velocidade próxima da velocidade de regime, quando então essa conexão é desfeita e o motor é ligado em triângulo.

- Durante a partida em estrela, o conjugado e a corrente de partida ficam reduzidos a  $1/3$  de seus valores nominais;
- Um motor só pode partir através de uma chave estrela - triângulo quando o conjugado na ligação estrela for superior ao conjugado da carga do eixo;
- Devido ao baixo conjugado de partida a que fica submetido o motor, as chaves estrela - triângulo são mais adequadas para motores com partida em vazio.

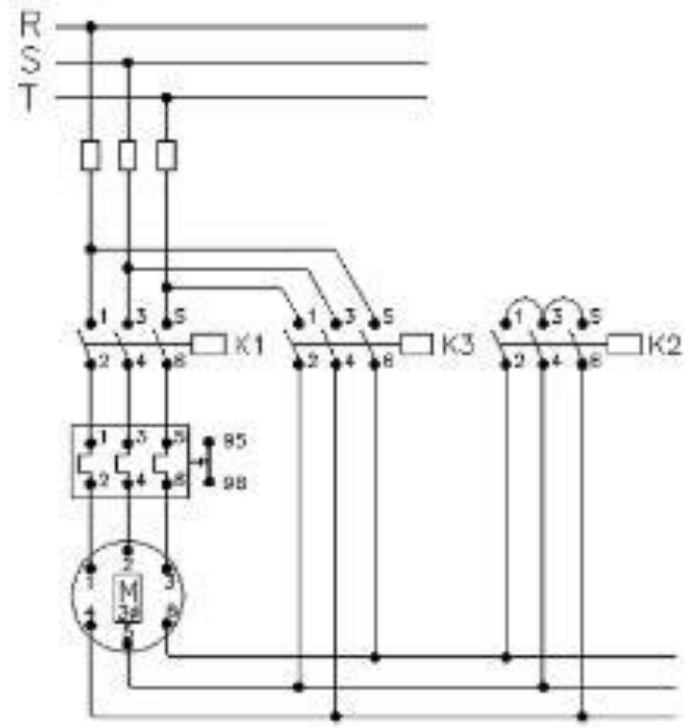
# Partida $Y \rightarrow \Delta$ automática

## Diagramas

### Comando



### Potência

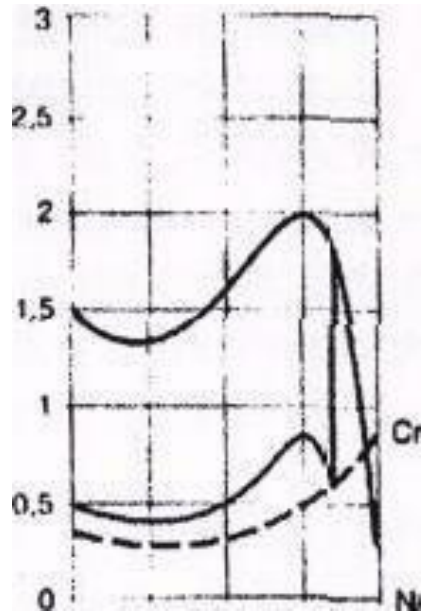
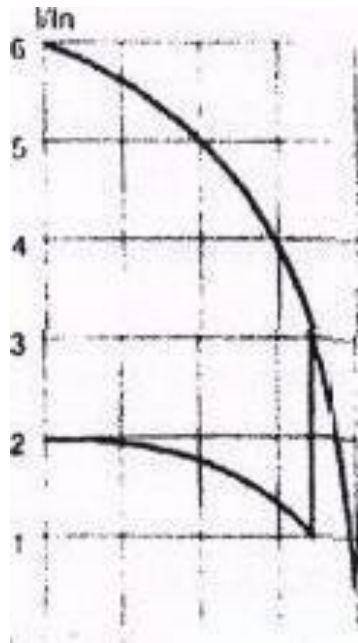


## Vantagens:

- Custo reduzido;
- Elevado número de manobras;
- Corrente de partida reduzida a  $1/3$  da nominal;
- Dimensões relativamente reduzidas.

## Desvantagens:

- Aplicação específica a motores com dupla tensão nominal e que disponham de seis terminais acessíveis ;
- Conjugado de partida reduzido a  $1/3$  do nominal;
- A tensão da rede deve coincidir com a tensão em triângulo do motor;
- O motor deve alcançar pelo menos, 90% de sua velocidade de regime para que, durante a comutação, a corrente de pico não atinja valores elevados, próximos, portanto, da corrente de partida com acionamento direto.



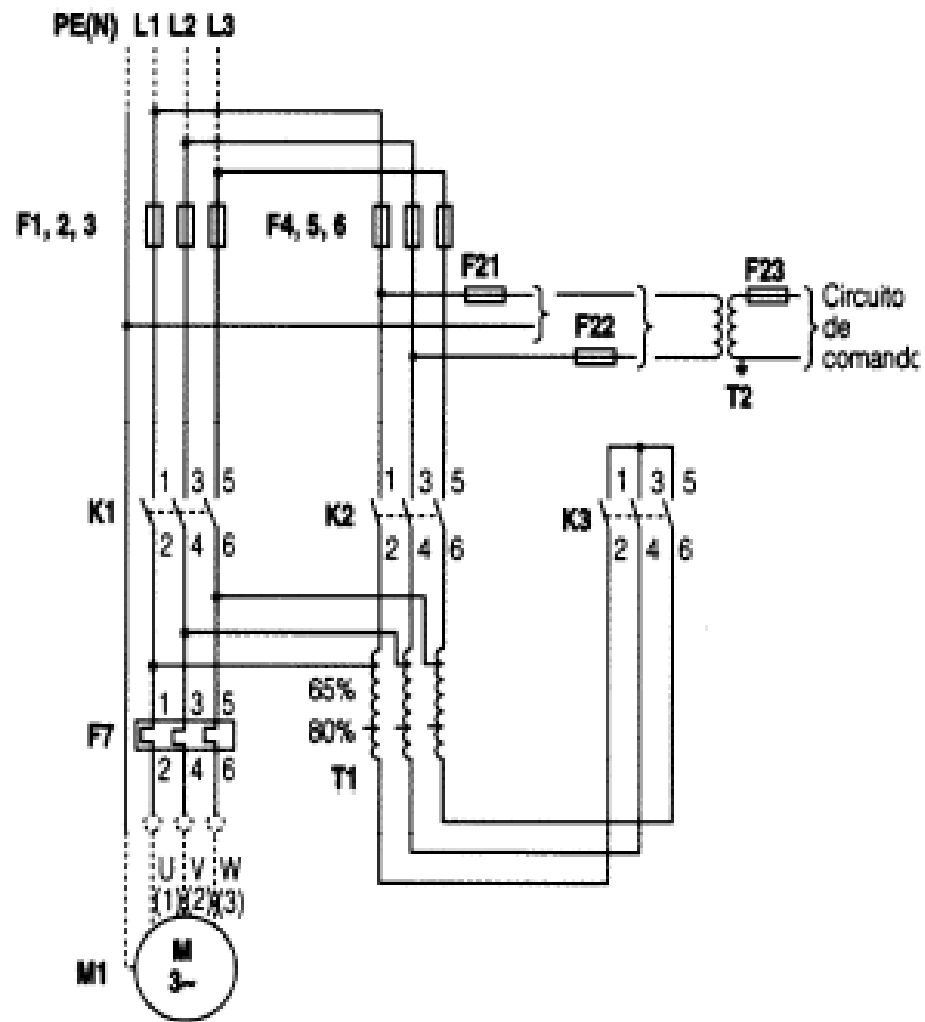


- Partida por autotransformador ou compensadora
  - O motor é alimentado a tensão reduzida através de um autotransformador, que é desligado do circuito no final da partida.
  - A tensão é reduzida em 80 % ou 65 % ( $K= 0,8$  ou  $0,65$ )
  - Corrente de partida reduzida de  $K^2$ ;
  - A partida é feita em três tempos:
    - no primeiro tempo, o autotransformador é ligado em estrela e em seguida o motor é ligado à rede, por intermédio de uma parte dos enrolamentos do autotransformador. A partida é feita com uma tensão reduzida, que é função da relação de transformação;

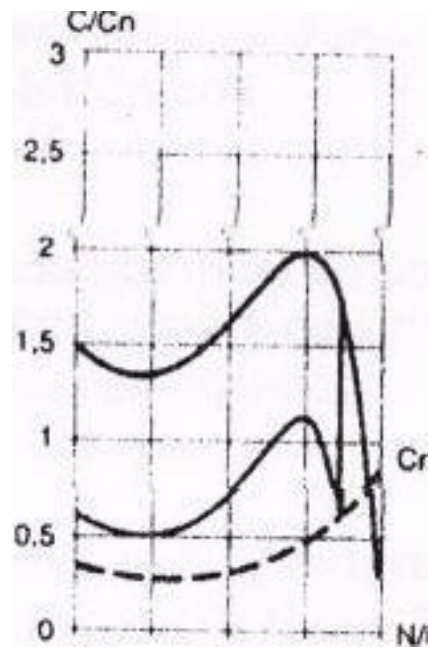
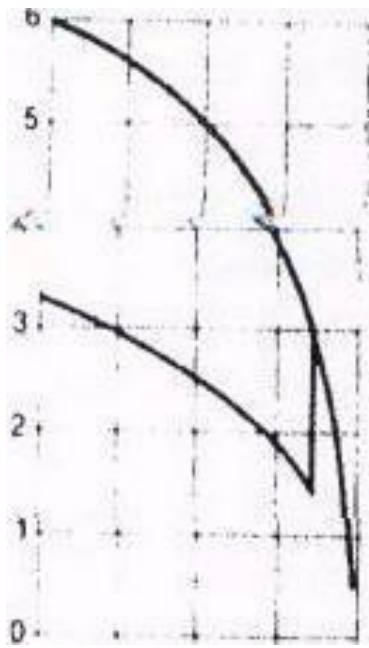
- Partida por autotransformador ou compensadora
  - O motor é alimentado a tensão reduzida através de um autotransformador, que é desligado do circuito no final da partida.
  - A partida é feita em três tempos:
    - no primeiro tempo, o autotransformador é ligado em estrela e em seguida o motor é ligado à rede, por intermédio de uma parte dos enrolamentos do autotransformador. A partida é feita com uma tensão reduzida, que é função da relação de transformação;

- antes de passar à ligação a tensão plena, a ligação em estrela é aberta. A fração do enrolamento ligada à rede constitui então uma indutância ligada em série com o motor. Esta operação é realizada quando se atinge a velocidade de equilíbrio, no final do primeiro tempo;
- a ligação à plena tensão é feita após o segundo tempo, que geralmente é muito curto (uma fração de segundo). As indutâncias ligadas em série com o motor são curto-circuitadas e em seguida o autotransformador é desligado do circuito.

- antes de passar à ligação a tensão plena, a ligação em estrela é aberta. A fração do enrolamento ligada à rede constitui então uma indutância ligada em série com o motor. Esta operação é realizada quando se atinge a velocidade de equilíbrio, no final do primeiro tempo;
- a ligação à plena tensão é feita após o segundo tempo, que geralmente é muito curto (uma fração de segundo). As indutâncias ligadas em série com o motor são curto-circuitadas e em seguida o autotransformador é desligado do circuito.



- O autotransformador poderá ser construído para uma tensão específica de saída, dependendo de cada aplicação;
- Normalmente os valores padronizados são de 50%, 65% e 80% da tensão da linha;
- Na partida com chave compensadora, os valores de corrente são reduzidos proporcionalmente ao quadrado dos tap's da tensão;
- O conjugado é reduzido pelo quadrado da redução da tensão.

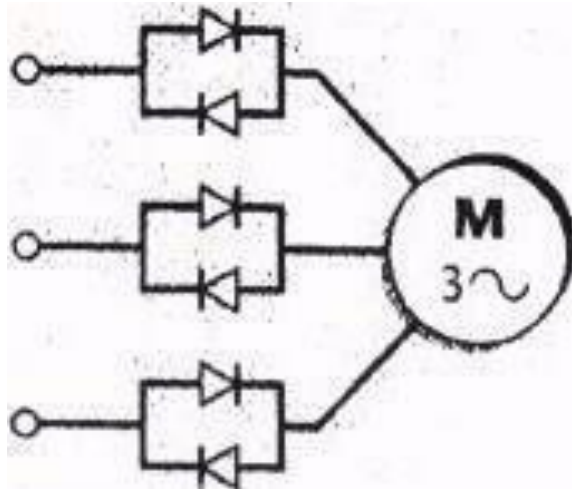


## ○ Partida por soft-starter

- A alimentação do motor é feita por aumento progressivo da tensão, o que permite uma partida sem golpes e reduz o pico de corrente. Este resultado obtém-se por intermédio de um conversor com tiristores, montados 2 a 2 em cada fase da rede;
- A subida progressiva da tensão de saída pode ser controlada pela rampa de aceleração ou dependente do valor da corrente de limitação, ou ligada a estes dois parâmetros;



- Permite partir todos os motores assíncronos. Pode ser curto-circuitado no final da partida por um contator, mantendo o controle do circuito de comando.
- Além do controle da partida, permite ainda:
  - desaceleração progressiva;
  - a parada com frenagem.



## INTERFACE HOMEM-MÁQUINA



HMI-3P

### START

LED que indica que a Soft-Starter iniciou partida ou parada

### RUN

LED indica estado da Soft-Starter:

- Aceleração
- Desaceleração
- Tensão plena
- Em economia de energia

**I** Liga soft-starter

**O** Desliga soft-starter  
Reseta erros na soft-starter

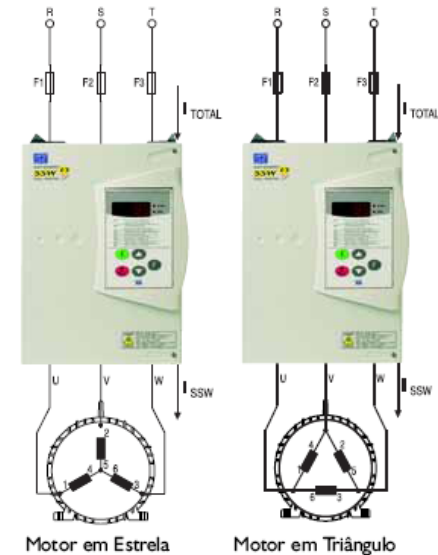
**▲** Incrementa número ou conteúdo do parâmetro

**▼** Decrementa número ou conteúdo do parâmetro

**P** Comuta display entre o número do parâmetro e o seu conteúdo

♦ HMI-3P ⇒ Interface Homem-Máquina destacável, com possibilidade de fixação local ou remota (cabos 1, 2 ou 3 metros).

## Padrão (3 cabos)



Motor em Estrela

Motor em Triângulo

$$I_{\text{Soft-Starter}} = I_{\text{Total consumida}}$$

- Aplicações Típicas:

- Bombas;
- Ventiladores;
- Moinhos;
- Esteiras transportadoras, elevadores, escadas/pontes rolantes;

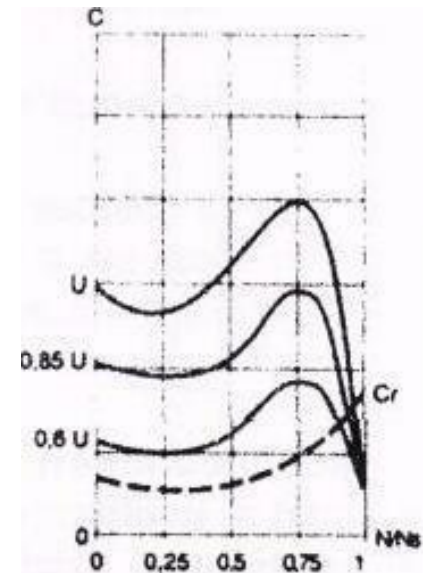
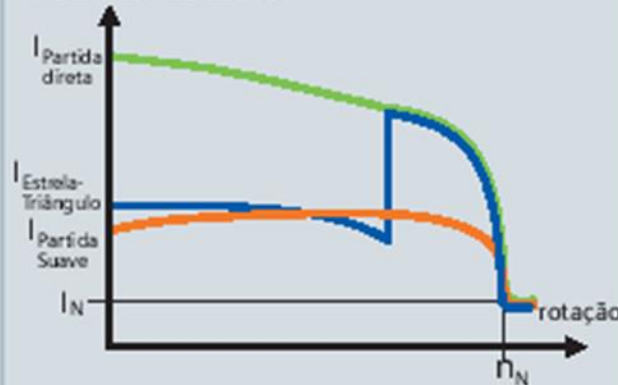


Figura 2

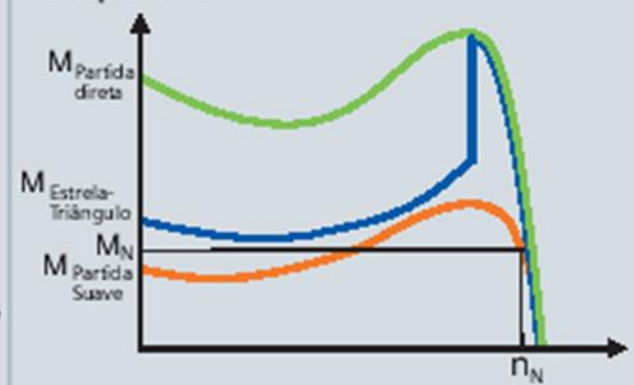
Tensão no motor



Corrente no motor



Torque no motor





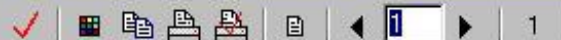
- Principais Vantagens:

- Formas de Partida e Parada;
- Economia de Energia com carga parcial;
- Proteções incorporadas;
- Programação de Comandos;
- Medição de Grandezas Elétricas e Mecânicas
- Corrente de partida próxima a corrente nominal;
- Não existe limitação no número de manobras/hora;
- Torque de partida próximo do torque nominal;

- Desvantagens:

- Maior custo relativo para as de menores potências;
- Introduce harmônicas de tensão e corrente na linha.

# Eventos registrados



TER 01/11/2005 14:11:51,00 SAG TRANS



[ SAG: Ua RMS: 211,39 Dur.: 90,63ms ] [1870/233,75ms] [Ua -238,99 V]

EMBRASUL RE6000/BH/T/N N.S:96000210 V.S.2,06 ANL 1,36 (100 milissegundos) TER 01/11/2005 14:11:51,00 SAG TRANS

## Ua

Pico: 349,374V

Limites RMS 349,374V

Max: 226,254V

Min: 211,390V

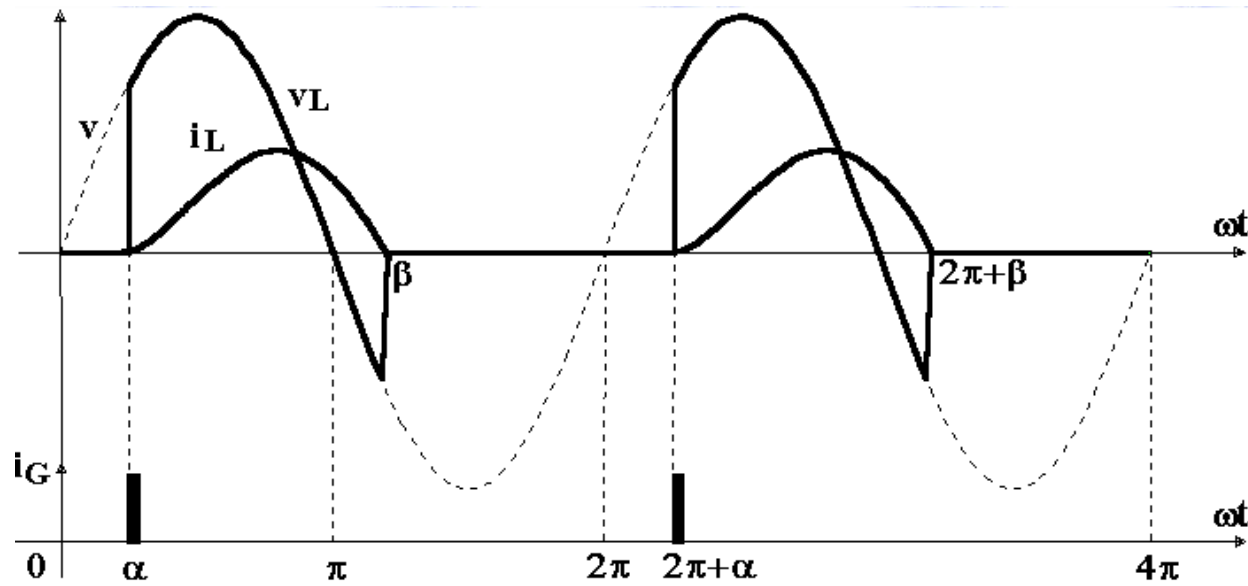
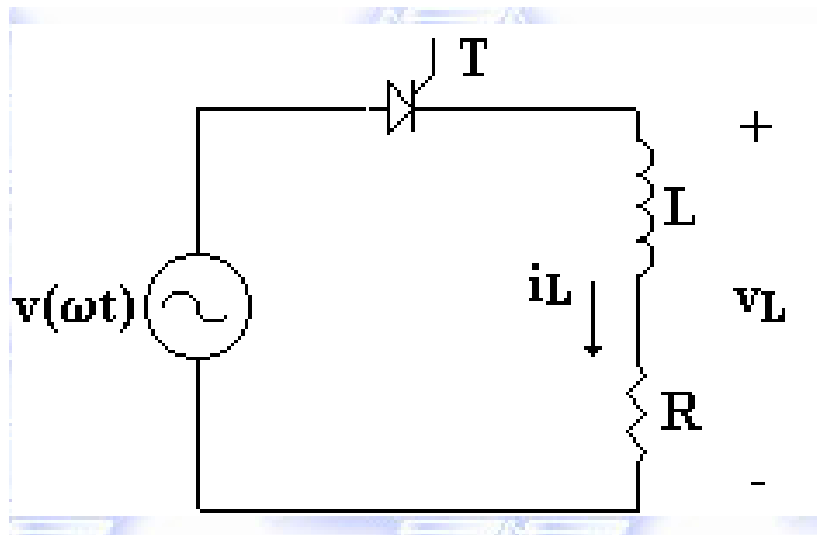


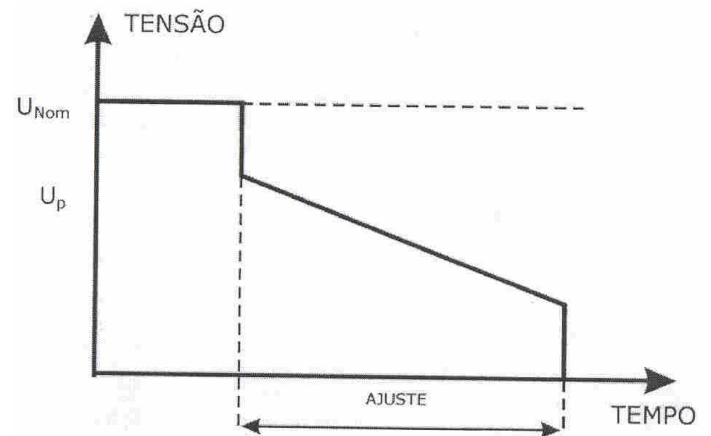
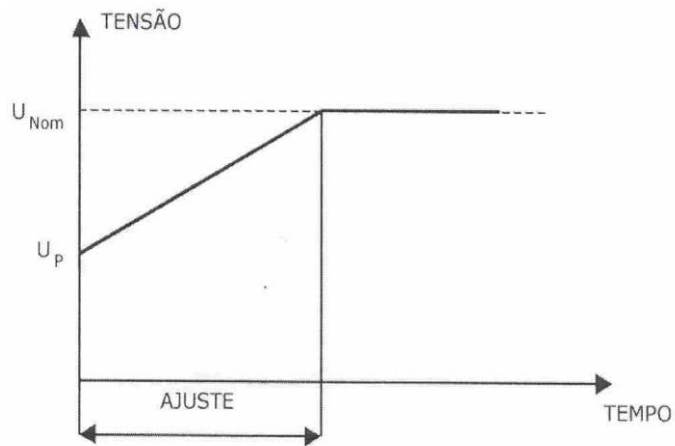
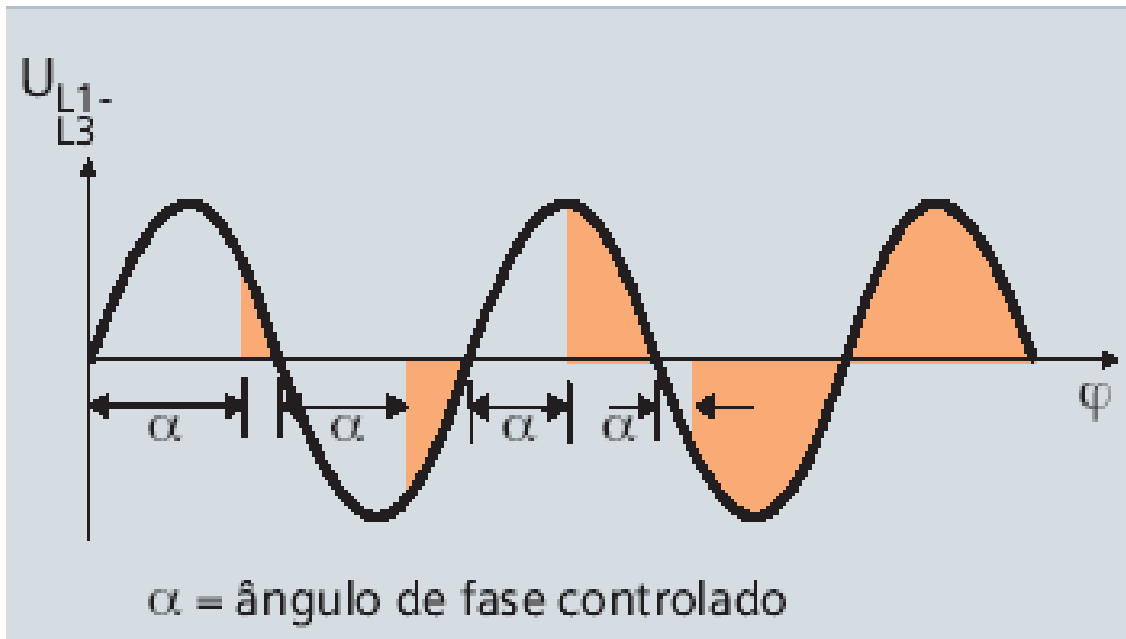
ANL6000

Automática



23:19





# 7. A escolha de um Motor

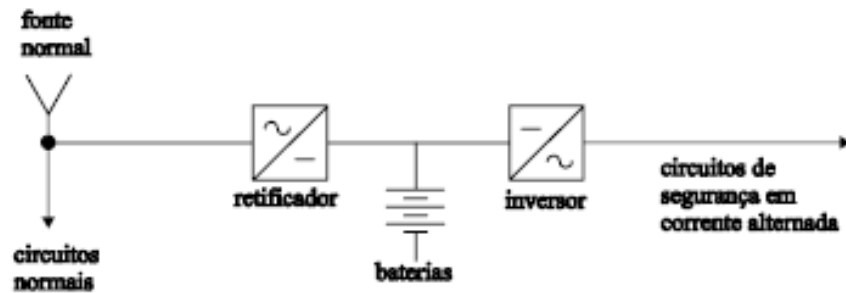
- Tipo da fonte de Energia:
  - CA ou CC;
  - Trifásica ou monofásica;
  - Frequência da rede.
- Potencia necessária: mais próxima possível da necessidade da carga;
- Elevação de temperatura;
- Fator de serviço;



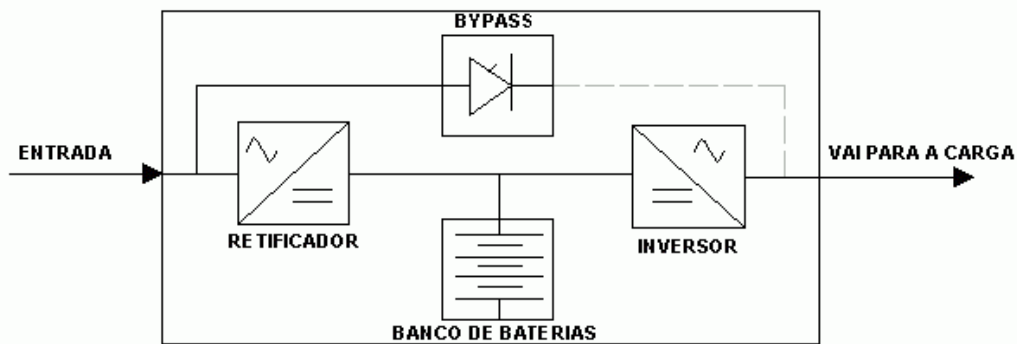
- Velocidade necessária no eixo do motor:
  - Acoplamento direto ou indireto;
  - Variação de velocidade;
  
- Torque:
  - Partida a vazio ou com carga;
  
- Tipo de carcaça:
  - À prova de explosão;
  - Totalmente fechados;
  - À prova de pingos.

## 8. Instalações elétricas para serviços de segurança

- Instalações sem seccionamento:
  - Cargas permanentemente ligadas alimentadas pela fonte de segurança;
  - Ex: cargas conectadas à *no-breaks* como instalações de computadores, salas de operação de hospitais, etc.
  - Baterias tem autonomia de 20 a 30 minutos;
  - Caso a falta de energia seja maior, há a necessidade de grupos motor-gerador;

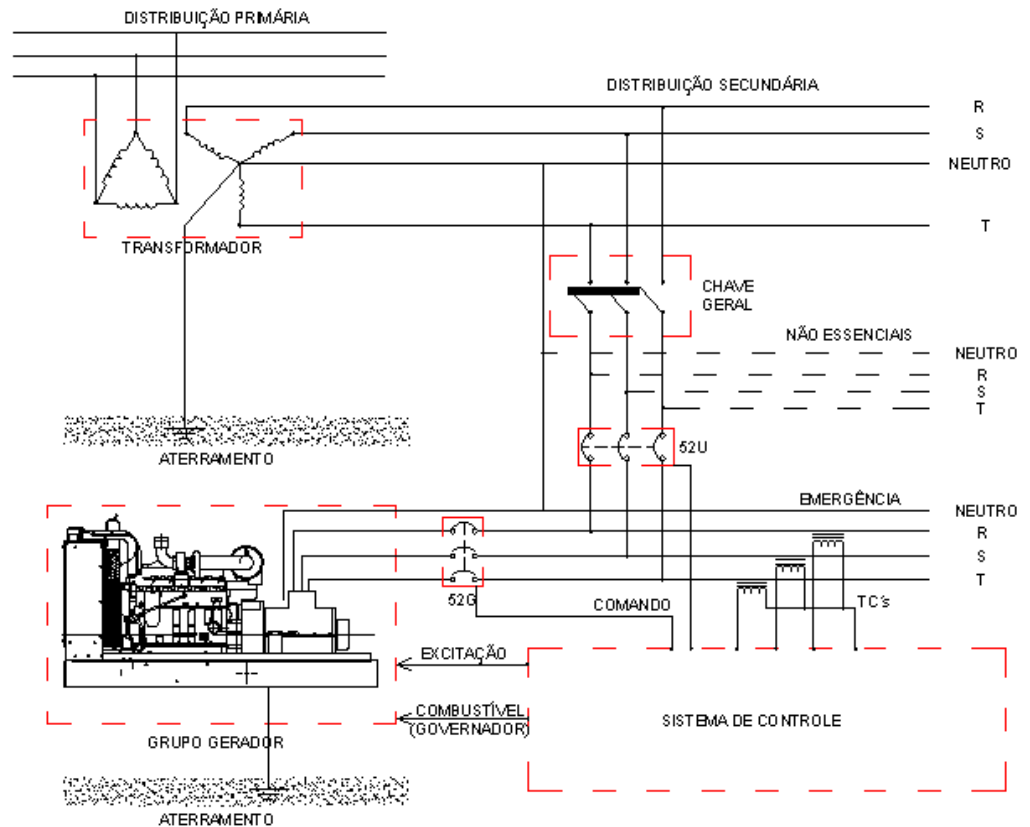
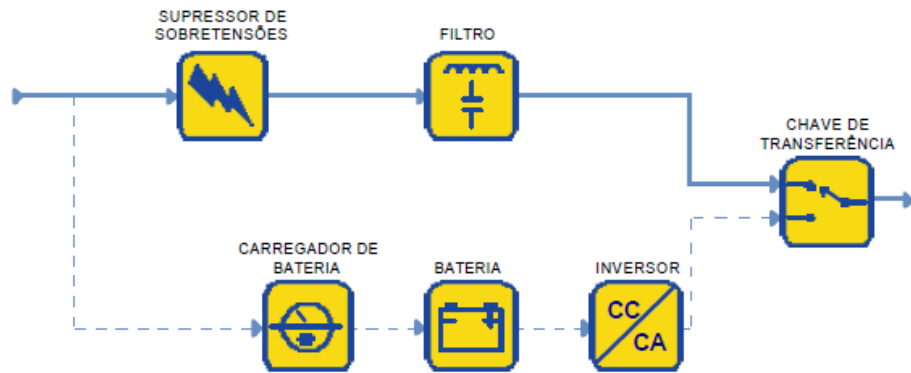


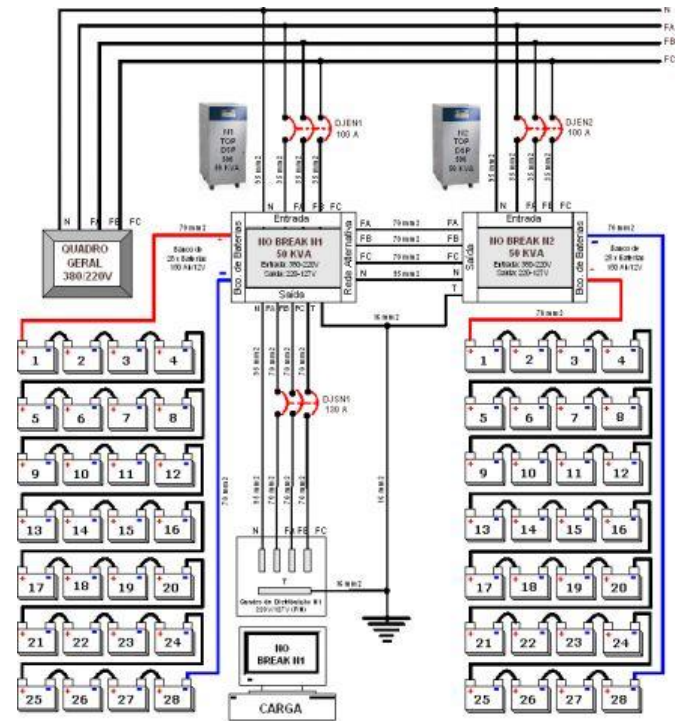
H. Creder. Instalações elétricas. 14ª ed., LTC, 2000, p. 261.



## ○ Instalações com seccionamento:

- Dois tipos de fonte: Normal e de segurança;
- Ocorrendo falta de energia, chave de transferência, liga automaticamente a carga à fonte de segurança (2 a 10 segundos);
- Ex: gerador de emergência compartilhada e transferência automática;
- Recomendado para locais com grande aglomeração de pessoas como shoppings, cinemas, teatros, etc.





- Instalações de segurança não automática:
  - Menos sofisticada;
  - Falhas no fornecimento normal não necessitam ser prontamente atendidas pela fonte de segurança;
  - Adequada para hotéis, restaurantes e edifícios em geral;
  - Fonte de segurança é ligada manualmente.