

COMANDOS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS

TEORIA

Prof. Daniela de Lima Odorício
março - 2020

1. INTRODUÇÃO

Acionamento Convencional

São acionamentos que utilizam partidas convencionais de motores, e para isso utilizam dispositivos eletromecânicos para (a partida) o acionamento de um motor.

Ex.: Contatores eletromecânicos, interruptores mecânicos

Acionamento Eletrônico

São acionamentos que utilizam a partida eletrônica de motores, através de dispositivos eletrônicos para acioná-los.

Ex.: Soft-starters, inversores de frequência

2. DISPOSITIVOS

Em comandos elétricos são utilizados dispositivos de proteção para motores:

- Fusíveis
- Relé Térmico
- Disjuntores
- Disjuntores Motores

Os dispositivos de comando, sinalização e auxiliares:

- Botões e Chaves Manuais
- Contatores
- Relés Temporizadores
- Relés Protetores
- Sinalizadores Visuais e Sonoros

E Os Motores CA

- Motor Monofásico
 - Assíncrono (Indução)
 - Gaiola de Esquilo
 - Split-Phase
 - Capacitor de Partida
 - Capacitor Permanente
 - Pólos Sombreados
 - Capacitor de dois Valores
 - Rotor Bobinado
 - Repulsão
 - Síncrono
 - Relutância
 - Histerese
- Motor Trifásico
 - Assíncrono (Indução)
 - De Gaiola
 - De Anéis
 - Síncrono
 - Imã Permanente
 - Pólos Salientes
 - Pólos Lisos

2.1 Dispositivos de Proteção

Os dispositivos de proteção tem como finalidade a proteção de equipamentos, circuitos eletroeletrônicos, máquinas e instalações elétricas, contra alterações da tensão de alimentação e intensidade da corrente elétrica.

2.1.1 Fusíveis

A principal função é a proteção contra curto- circuito (aumento repentino da intensidade de corrente elétrica ocasionado por falha no sistema de energia ou operação máquina/operador).

Conforme as Normas DIN 57636 e VDE 0636, os fusíveis são componentes cuja função principal é a proteção dos equipamentos e fiação (barramentos) contra curto-circuito, atuando como limitadores das correntes de curto-circuito.

2.1.1.1 Classificação de Fusíveis Quanto à Faixa de Interrupção e Categoria de Utilização

A IEC [International Electrotechnical Commission] define 2(duas) letras para denominar a classe funcional dos fusíveis, sendo que a primeira letra é para a **Faixa de Interrupção**, ou seja, qual o tipo de sobrecorrente o fusível irá atuar. E a segunda letra é para a **Categoria de Utilização**, para indicar o tipo de equipamento o fusível irá proteger.

1ª Letra

Faixa de Interrupção:

Letra “**g**”: Atuação para sobrecarga e curto, fusíveis de capacidade de interrupção em toda faixa;

Letra “**a**”: Atuação apenas para curto-circuito, fusíveis de capacidade de interrupção em faixa parcial.

2ª Letra

Categoria de Utilização:

Letra “**L/G**”: Cabos e Linhas/Proteção de uso geral

Letra “**M**”: Equipamentos de manobra

Letra “**R**”: Semicondutores

Letra “**B**”: Instalações de minas

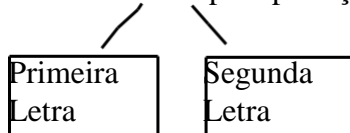
Letra “**Tr**”: Transformadores

Os principais fusíveis utilizados no mercado, são:

gL / gG: Fusível para proteção de cabos e uso geral (atuação para sobrecarga e curto)

aM: Fusível para proteção de motores

aR: Fusível para proteção de semicondutores



2.1.1.2 Classificação de Fusíveis Quanto à Velocidade de Atuação

✓ Ultra – Rápidos (Ultra-Fast acting)

Utilizados para a proteção de circuitos eletroeletrônicos, principalmente para a proteção de componentes semicondutores, onde pequenas variações de corrente em curtíssimo espaço de tempo fazem o fusível atuar.

✓ Rápidos (fast acting)

Também utilizados para a proteção de circuitos com semicondutores e sua atuação é rápida suficiente para limitar o aumento da corrente num curto intervalo de tempo.







✓ Normal (normal acting)

A atuação do fusível é mediana, tem como objetivo de proteção de circuito eletroeletrônico e circuito elétrico, utilizado de forma mais geral onde a proteção do circuito não necessite um tempo muito curto de atuação. Utilizado normalmente em circuitos com baixa indutância.

✓ Retardado (time-delay acting)

São fusíveis de atuação lenta. Utilizados para a proteção de circuitos elétricos, e tem como principal objetivo a proteção de circuitos com cargas indutivas (ex.: motor). Esta característica permite que o fusível não atue no pico de corrente provocado pela partida do motor.

2.1.1.3 Tipos de Fusíveis

<p>Fusível de Vidro</p> 	<p>Fusível Tipo Cartucho</p> 	<p>Fusível Automotivo</p> 	<p>Fusível Tipo D (DIAZED)</p> 
<p>Fusível Tipo NH</p> 	<p>Fusível para Média Tensão</p> 	<p>Elo Fusível</p> 	<p>Chave Seccionadora</p> 

Os Fusíveis utilizados em acionamentos de motores são do tipo D e NH. Recomenda-se, por questões econômicas, que o tipo D seja utilizado para correntes de até 63A e que o tipo NH seja utilizado para correntes acima de 63A.

O fusível tipo D (Diazed) pode ser de ação rápida ou retardada, são construídos para valores de no máximo 200 A. A capacidade de ruptura é de 70kA com uma tensão de 500V.

Valores padrões de corrente nominais dos fusíveis tipo D:

2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 35, 50 e 63A.

Fusíveis D



Conjunto

	Tamanho	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (100 Pcs) Kg
	DII	2 a 25	TFW25	5
	DIII	35 a 63	TFW63	8,4
	DII	2	FDW-2S	2,7
		4	FDW-4S	
		6	FDW-6S	
		10	FDW-10S	
		16	FDW-16S	
		20	FDW-20S	
	DIII	25	FDW-25S	3,6
		35	FDW-35S	5,6
		50	FDW-50S	6,2
		63	FDW-63S	6,4
	DII	2 a 25	APW25	3
	DIII	35 a 63	APW63	3,6
	DII	2	PAW2	1,3
		4	PAW4	
		6	PAW6	
		10	PAW10	
		16	PAW16	
		20	PAW20	
	DIII	25	PAW25	1,2
		35	PAW35	2,1
		50	PAW50	1,9
		63	PAW63	1,7
	DII	2 A 25	BAW 25 ¹	8,9
			BSW 25 ²	8
			BAW 63 ¹	14,6
	DIII	35 A 63	BSW63 ²	13

1) BAW - Com base para fixação rápida em trilho DIN 35mm

2) BSW - Sem base para fixação rápida em trilho DIN 35mm

Acessórios

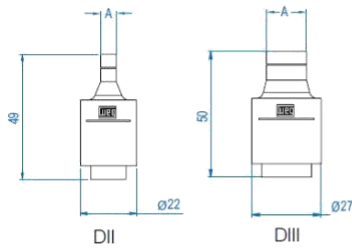
	DII	2 A 25	CPFW 25	3,6
	DIII	35 A 63	CPFW 63	4,5
	DII e DIII	2 A 63	CPAW2-63	1,6

Fonte: Catálogo de Fusíveis WEG

Fusíveis D

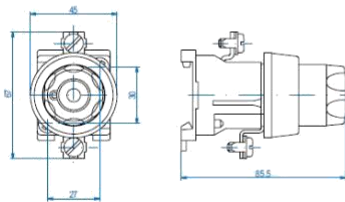
Dimensões (mm)

Fusível

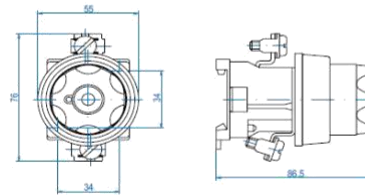


Tamanho	Corrente Nominal (A)	Tipo	Cor do sincronizador	Dimensão A
DII	2	FDW-2S	Rosa	6
	4	FDW-4S	Marrom	6
	6	FDW-6S	Verde	6
	10	FDW-10S	Vermelho	8
	16	FDW-16S	Cinza	10
	20	FDW-20S	Azul	12
DIII	25	FDW-25S	Amarelo	14
	35	FDW-35S	Preto	16
	50	FDW-50S	Branco	18
	63	FDW-63S	Cobre	20

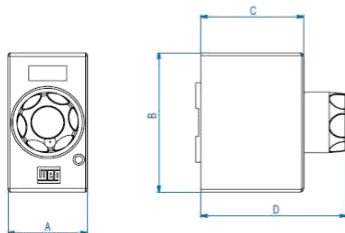
Base DII



Base DIII



Capa de Proteção



Dimensões do conjunto com a capa de proteção

Tamanho	A máx	B máx	C máx	D máx
DII	43	74,7	53,5	83
DIII	51	90,5	53,5	83

Fonte: Catálogo de Fusíveis WEG

O fusível tipo NH pode ser de ação rápida ou retardada, sua construção permite valores padronizados de corrente que variam de 6 a 1000A e sua capacidade de ruptura é sempre superior a 70kA com uma tensão máxima de 500V.

Valores padrões de corrente nominais dos fusíveis tipo NH: 6, 10, 16, 20, 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 224, 250, 315, 355, 400, 500, 630, 800, 1000 e 1250A.


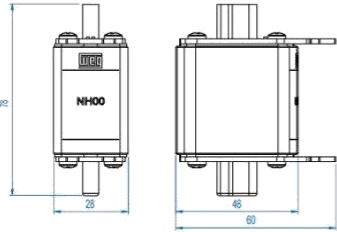
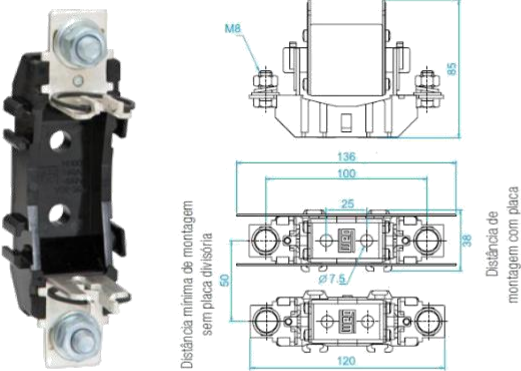


Fusível NH


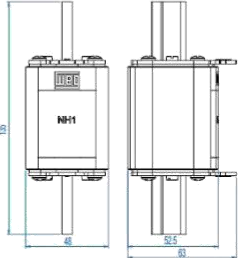
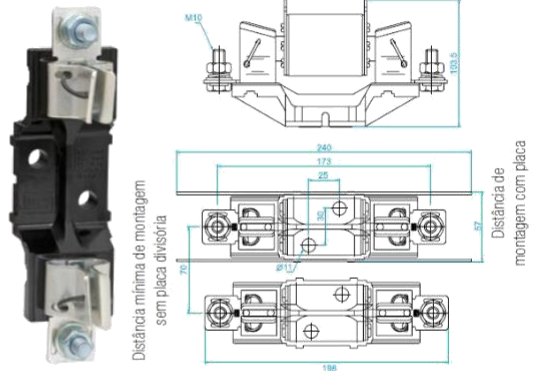


Base para Fusível NH

Punho Saca Fusível NH




Fusíveis NH

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		
Dimensões (mm):			
			
BASE Tipo BNH00 Peso: 0,18 Kg			
Dimensões (mm):			
			
ACESSÓRIOS Punho Saca Fusível Tipo PSFNH Peso 0,16 Kg		Placa Divisória  Tipo PDNH00	

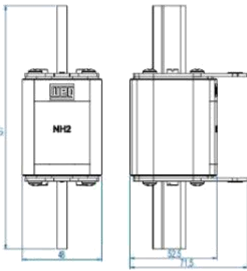
NH1			
Fusível			
Tamanho 1	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	50	FNH1-50U	0,4
	63	FNH1-63U	
	80	FNH1-80U	
	100	FNH1-100U	
	125	FNH1-125U	
	160	FNH1-160U	
	200	FNH1-200U	0,45
	224	FNH1-224U	
	250	FNH1-250U	
Dimensões (mm):			
			
BASE Tipo BNH1 Peso: 0,50 Kg			
Dimensões (mm):			
			
ACESSÓRIOS Punho Saca Fusível Tipo PSFNH Peso 0,16 Kg		Placa Divisória  Tipo PDNH1	

Fonte: Catálogo de Fusíveis WEG

Fusíveis NH

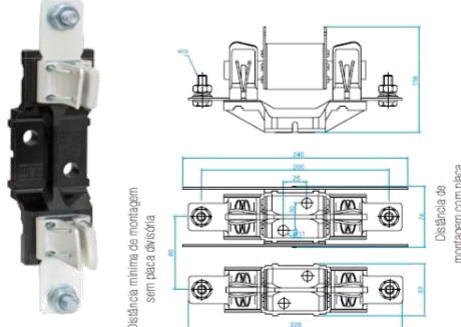
NH2			
Fusível			
Tamanho 2	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (Kg)
	125	FNH2-125U	0,5
	160	FNH2-160U	
	200	FNH2-200U	
	224	FNH2-224U	0,6
	250	FNH2-250U	
	*300	FNH2-300U	
	*315	FNH2-315U	
	*355	FNH2-355U	
*400	FNH2-400U		

Dimensões (mm):





BASE
Tipo BNH2 Peso: 0,68 Kg


Dimensões (mm):



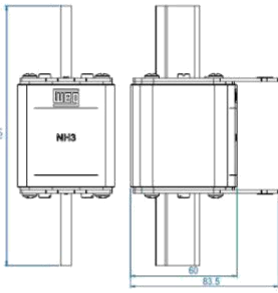
Distância mínima de montagem sem placa divisória

Distância de montagem com placa

ACESSÓRIOS		
Punho Saca Fusível		Placa D
Tipo PSFNH		
Peso 0,16 Kg		Tipo PDNH2

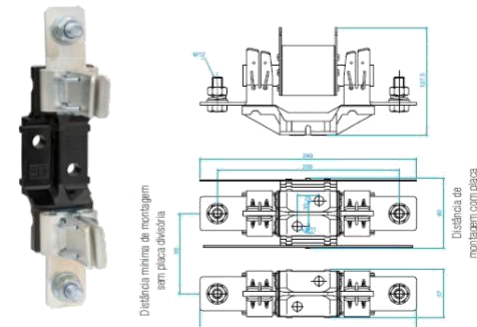
NH3			
Fusível			
Tamanho 3	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (Kg)
	315	FNH3-315U	0,65
	355	FNH3-355U	
	400	FNH3-400U	0,8
	425	FNH3-425U	
	*500	FNH3-500U	1,04
	*630	FNH3-630U	1,18

Dimensões (mm):





BASE
Tipo BNH3 Peso: 0,90 Kg

Dimensões (mm):



Distância mínima de montagem sem placa divisória

Distância de montagem com placa

ACESSÓRIOS		
Punho Saca Fusível		Placa D
Tipo PSFNH		
Peso 0,16 Kg		Tipo PDNH3

Fonte: Catálogo de Fusíveis WEG

2.1.1.4 Dimensionamento de Fusíveis

No dimensionamento de fusíveis, recomenda-se que sejam observados, no mínimo, os seguintes pontos:

1º Critério de escolha do Fusível - Devem suportar o pico de corrente (I_p) dos motores durante o tempo de partida (T_P) sem se fundir. Com o valor de I_p e T_P determina-se pelas curvas características dos fusíveis fornecidas pelos fabricantes o valor necessário do fusível, 1o critério.

2º Critério de escolha do Fusível – devem ser especificados com uma corrente superior a 20% acima do valor nominal da corrente (I_n) do circuito que irá proteger. Este procedimento permite preservar o fusível do envelhecimento prematuro, mantendo a vida útil do fusível.

$$I_F \geq 1,2 * I_n$$

3º Critério de escolha do Fusível – devem proteger também os dispositivos de acionamento (contatores e relés térmicos) evitando assim a queima destes. Para isso verifica-se o valor máximo do fusível admissível na tabela dos contatores e relés.

Obs.: I_{Fmax} é lido nas tabelas fornecidas pelos fabricantes

$$I_F \leq I_{FMÁX}$$

Contator	CWM09	CWM9	CWM12	CWM18	CWM25	CWM32	CWM40	CWM50	CWM65	CWM80	CWM95	CWM105
Fusível Máx. (A)	20	25	25	35	50	63	63	100	125	125	200	200

Tabela 5.1.1

Contator	CWME150	CWME185	CWME205	CWME250	CWME309	CWME420	CWME550	CWME700
Fusível Máx. (A)	250	250	315	315	500	630	800	1000

Tabela 5.1.2

Contator	CW107	CW177	CW247	CW297	CW330	CW334
Fusível Máx. (A)	224	250	315	400	500	630

Tabela - 5.1.3

Fonte: Módulo 1 – Comando e Proteção WEG

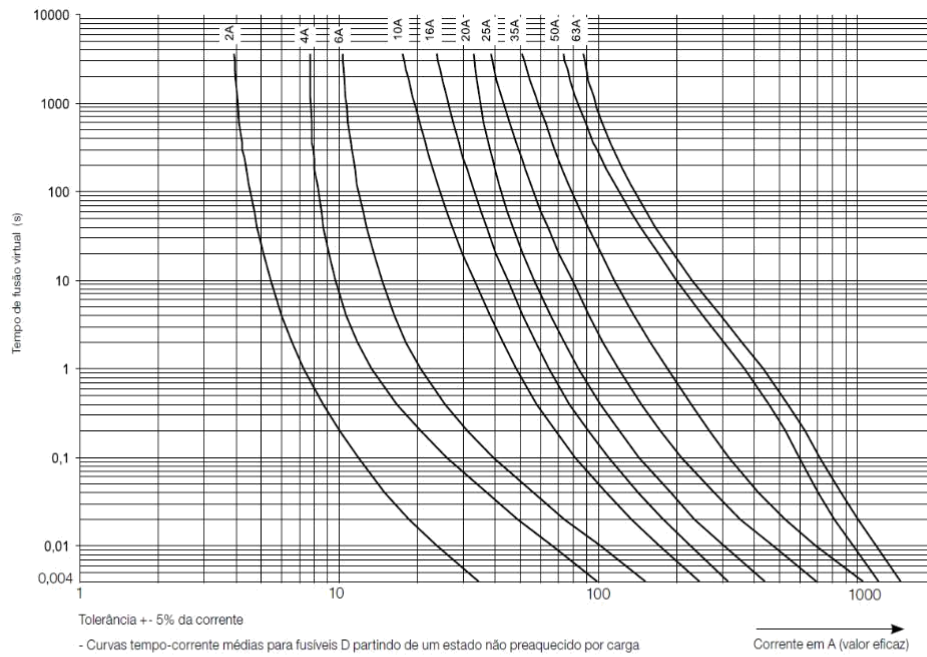
RELÉ	FAIXA DE AJUSTE	FUSÍVEL MÁXIMO ($I_{F \text{ máx}}$)
RELE	0,28...0,40	2
	0,40...0,63	2
	0,56...0,80	2
	0,80...1,20	4
RW 17D	1,20...1,80	6
	1,80...2,80	6
	2,80...4,00	10
	4,00...6,30	16
	5,60...8,00	20
	7,00...10,0	25
	0,28...0,40	2
RW 27D	0,40...0,63	2
	0,56...0,80	2
	0,80...1,20	4
	1,20...1,80	6
	1,80...2,80	6
	2,80...4,00	10
	4,00...6,30	16
	5,60...8,00	20
	7,00...10,0	25
	8,00...12,5	25
	10,0...15,0	35
	11,0...17,0	35
	15,0...23,0	50
	22,0...32,0	63
	25,0...40,0	80
RW 67D	32,0...50,0	100
	40,0...57,0	100
	50,0...63,0	100
	57,0...70,0	125
	63,0...80,0	125
RW 117.1D	75,0...97,0	200
RW 117.2D	90,0...115,0	250
	75,0...97,0	200
RW 307D	90,0...115,0	250
	100,0...150,0	315
	140,0...215,0	355
	200,0...310,0	500
RW 407D	275,0...420,0	710
	320,0...480,0	800
	400,0...600,0	1000
	560,0...840,0	1250

Tabela 5.1.4 – Fusível máximo dos Relés WEG

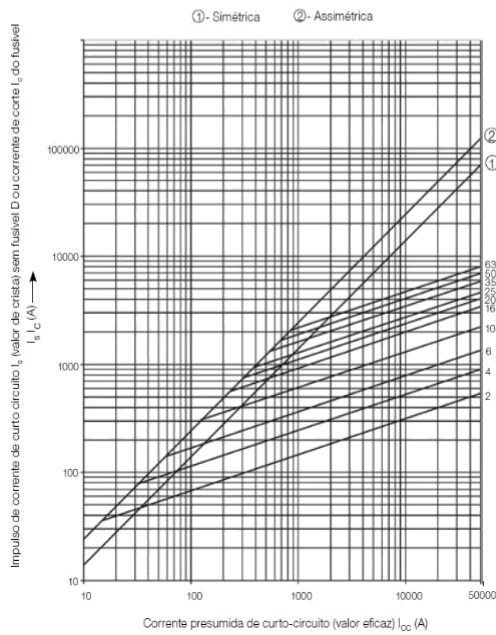
A seguir são apresentadas as Curvas Características dos Fusíveis D e , que são curvas Tempo x Corrente de Fusíveis.

Curvas Características "D"

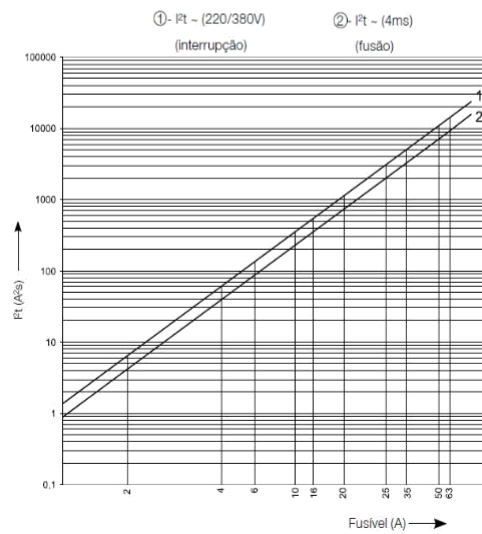
Curva Tempo x Corrente



Curva de Limitação de Corrente



Curva de Seletividade

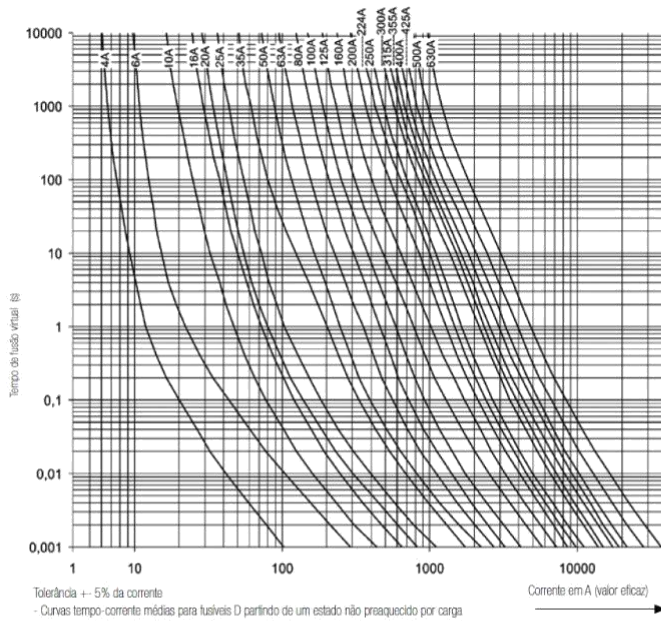


Fonte: Catálogo de Fusíveis WEG

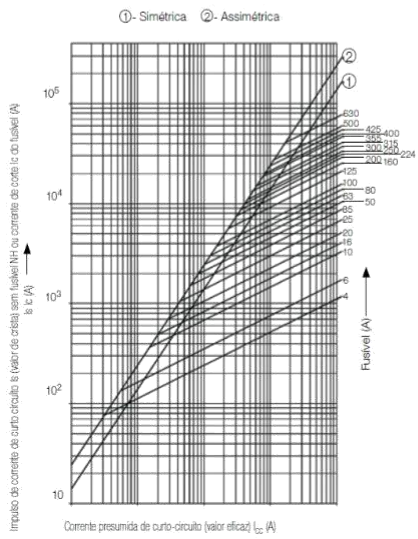
Curvas Características "NH"



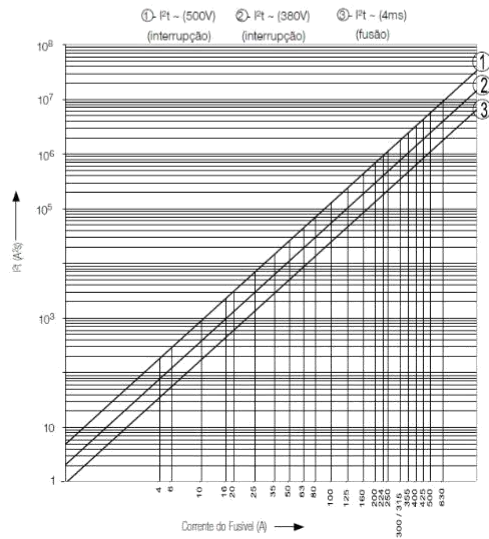
Curva Tempo x Corrente



Curva de Limitação de Corrente



Curva de Seletividade




Fonte: Catálogo de Fusíveis WEG

Exemplos:



Do catálogo de Contatores e Relé de Sobrecarga abaixo, observa-se a indicação do Fusível para utilização como dispositivo de proteção. Lembrando que $IF \leq IF_{MÁX}$.

Contatores:

CE




C US

		CWC07	CWC09	CWC012	CWC016	CWC025	
		CA/CC: -10/-01 (4pólos): 2P/2R= -00-22 ou 4P= -00-40				CA: -00	
						 3)	
AC-3	I _e máx. (U _e ≤ 440V) (A)	7	9	12	16	25	
	Potência 60Hz	220V cv	2	3	4	6	8,7
		380V cv	4	5	7,5	10	16,8
		440V cv	5	6	7,5	10	16,8
		690V cv	5	6	7,5	10	16,8
Man. / hora a plena carga		600					
AC-4 I _e máx. (U _e ≤ 440V)		A	2,8	3,5	4,5	5	9
AC-1 Carga resistiva I _e = I _{th}		A	18	20	22	22	35
Fusível máximo (gL/gG)		A	20	20	25	35	50
Dimensões ³⁾ (Larg./Alt./Prof.)		mm	45/58/52			45/58/60	
Peso CA/CC		kg	(CA) 0,181 / (CC) 0,198			0,200	
Contatos auxiliares		Integrado	-10/-01			-	
		Montagem frontal	BFC0-20, BFC0-11, BCF0-02, BFC0-40, BFC0-22, BFC0-04, BFC0-31, BFC0-13 ⁵⁾			BFC025-11, BFC025-20, BCF025-02	
Bloco Antiparasita (Supres. Sobreensões)		RC (50/60Hz)	RCC0-1 D49, RCC0-2 D53, RCC0-3 D55, RCC0-4 D63, RCC0-5 D84, RCC0-6 D73				
		Varistor (CA/CC)	VRC0-1 E1, VRC0-2 E34, VRC0-3 E38, VRC0-4 E41, VRC0-5 D73				
		Diodo (CC)	DICO-1 C33			-	
Intertravamento Mecânico (Montagem frontal)		BICO					-
Jogos de Contatos Principais (reposição)		CA: JCC0*-3P.10 ou JCC0*-3P.01 / CC: JCCB0*-3P.10 ou JCCB0*-3P.01 ⁴⁾					JCC025-3P
Bobinas (reposição)		BRC-016*** ²⁾				BRC-025*** ²⁾	



Fonte: Catálogo WEG

Relé Térmico:

CE



C US

RW27-1D									
		Montagem direta ao contator Montagem em trilho com adaptador BF27D Versões: Tripolar: RW27-1D3 Bipolar: RW27-1D2							
Dimensões	Largura	mm	45						
	Altura	mm	79,5						
		Profundidade	mm						92
Peso		kg	0,147						
Accessórios				Base de Fixação Individual: BF27D					

Fonte: Catálogo WEG

2.1.2 Relé

É um dispositivo utilizado para a proteção de circuitos/equipamentos contra sobrecarga (aumento da intensidade da corrente elétrica de forma gradual). E diferentemente em relação aos fusíveis, que atuam uma única vez, os relés atuam diversas vezes durante a sua vida útil.

Os relés podem ser do tipo eletromagnéticos e térmicos.

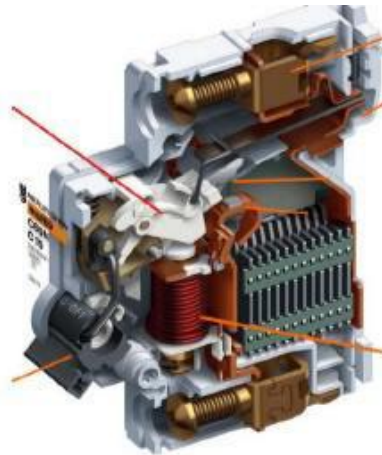
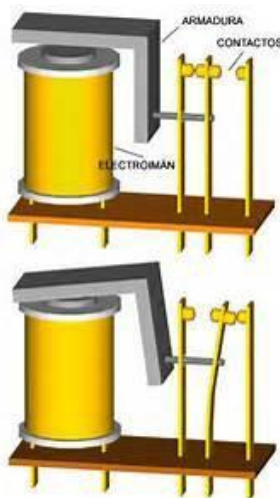
2.1.2.1 Relé Eletromagnético

Sua atuação é eletromagnética, sendo provocada pela circulação da corrente elétrica numa bobina.

Os tipos de relés mais comuns são:

Relé de mínima tensão

Relé de máxima corrente



Relé eletromagnético (Bobina)

Os relés de mínima tensão monitoram a tensão mínima admissível (limiar mínimo de tensão), são regulados aproximadamente em 80% do valor nominal da tensão. Quando a tensão for inferior a este limiar, o relé atua e interrompe o circuito de alimentação.

O relé de máxima corrente é utilizado para monitorar a circulação de corrente e quando ocorre o aumento de corrente acima do valor determinado, o relé atua e interrompe o circuito de alimentação.

2.1.2.2 Relé Térmico

Os relés térmicos tem como princípio de atuação a deformação de um bimetálico. O bimetálico é formado por duas lâminas de metais diferentes (tipicamente ferro e níquel) cujo coeficiente de dilatação é diferente, e com o aumento da temperatura provocado pelo aumento da circulação de corrente pelo bimetálico este se deforma.



Fonte: Catálogo Siemens

Relé Térmico de sobrecarga RW

Relés de Sobrecarga RW

**Sensibilidade contra falta de fase;
Compensação de temperatura;
Classe de disparo 10;
Tecla multifunção programável:
RW27 / 67 / 117**



A: Somente rearme automático.
 AUTO: Rearme automático, desligamento pelo botão e função teste.
 HAND: Rearme manual, desligamento pelo botão e função teste.
 H: Somente rearme manual.



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. (gL/gG) ¹⁾	Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gL/gG) ¹⁾	Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gL/gG) ¹⁾	Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gL/gG) ¹⁾
RW27-1D3-D004	0,28...0,4	2	RW27-1D3-D028	1,8...2,8	6	RW27-1D3-D125	8...12,5	25	RW27-1D3-U023	15...23	50
RW27-1D3-C063	0,4...0,63	2	RW27-1D3-U004	2,8...4	10	RW27-1D3-U015	10...15	35	RW27-1D3-U032	22...32	63
RW27-1D3-D008	0,56...0,8	2	RW27-1D3-D063	4...6,3	16	RW27-1D3-U017	11...17	35			
RW27-1D3-D012	0,8...1,2	4	RW27-1D3-U008	5,6...8	20	RW27-1D3-U023	15...23	50			
RW27-1D3-D018	1,2...1,8	6	RW27-1D3-U010	7...10	25						

Dimensões	Largura	mm	45
	Altura	mm	79,5
	Profundidade	mm	92
Peso	kg		0,147

Acessórios	Base de Fixação Individual: BF27D
------------	--------------------------------------



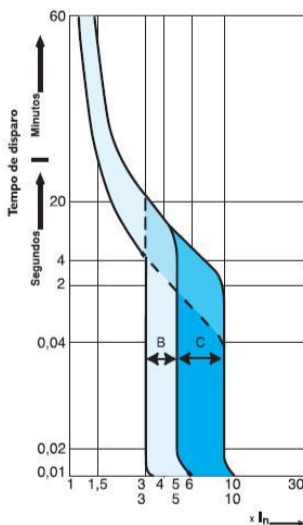
Fonte: Catálogo WEG

2.1.3 Disjuntores

Protegem contra curto-circuito e sobrecarga (proteção térmica e magnética). Com correntes que variam de 2 a 70A, podem ser monopolar, bipolar, tripolar ou tetrapolar. A sua corrente nominal deve ser menor ou igual à corrente máxima admitida pelo condutor da instalação a ser protegida.



Fonte: Catálogo WEG



As Curvas de disparo, são normalizadas pela Norma IEC 60898.

Disjuntor de Curva B

O disjuntor de curva B tem como característica o disparo instantâneo para correntes entre 3 a 5 vezes a corrente nominal. Indicado para circuitos com características resistivas ou com grandes distâncias de cabos.

Disjuntor de Curva C

O disjuntor de curva C tem o disparo instantâneo para correntes entre 5 a 10 vezes a corrente nominal. Indicado para circuitos com cargas indutivas.

Fonte: Catálogo WEG

2.1.4 Disjuntores Motores

Como os disjuntores, protegem contra curto-circuito e sobrecarga (proteção térmica e magnética). Possuem *knob* para o ajuste da proteção da intensidade de corrente (ajuste da proteção térmica), este ajuste possibilita uma melhor atuação no caso de sobrecarga em relação a disjuntores como o térmico fixo. Foram desenvolvidos para a proteção de motores, podem ser construídos apenas para a proteção de curto-circuito (magnéticos) ou termomagnéticos (curto-circuito e sobrecarga).






Fonte: Catálogo WEG

Exemplo de utilização de Disjuntor Motor:

Motor trifásico de 3CV IV pólos 220v, carcaça 90L. Corrente nominal (I_n) de 8,18A (Catálogo WEG).

- ✓ Disjuntor de 10 A classe C (faixa de atuação de corrente de curto de 5 a 10 vezes a corrente nominal) ou classe D (faixa de atuação de corrente de curto acima de 10 vezes a corrente nominal)
- ✓ Disjuntor Motor WEG (MPW 16-3-U010) ajustando o térmico em 8,5A.
- ✓ Disjuntor Motor SIEMENS (3RV10 11-1JA10) ajustando o térmico em 8,5A.

Conclusão: Para ambos os disjuntores motores, a atuação de sobrecarga ocorrerá a partir de 8,5A, enquanto que para o disjuntor convencional, será a partir de 10A, ou seja, o ajuste do térmico dos disjuntores motores permite a atuação da proteção para valores próximos da nominal do motor.

		MPW16 até 16A		MPW25 até 32A		
						
Corrente Nominal Máxima $I_{max}(I_p)$		16A		32A		
Número de pólos		3		3		
Curto-Circuito Instantâneo		13 x le máx	13 x le máx	12 x le máx	12 x le máx	19 x le máx
Tensão de Trabalho U_p		690V	690V	690V	690V	690V
Frequência de Trabalho		50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Tensão de Isolação U_i		690V	690V	690V	690V	690V
Tensão de impulso nominal suportável U_{mp}		6kV	6kV	6kV	6kV	6kV
Categoria de Utilização	IEC 60 947-2 (Disjuntor-motor)	A	A	A	A	A
	IEC 60 947-4-1 (Partida de Motores)	AC-3	AC-3	AC-3	AC-3	AC-3
Teste de Trip		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Proteção de Sobrecarga		Sim	Não	Sim	Não	Sim
Sensibilidade à falta de fase		Sim	Não	Sim	Não	Sim
Indicação de Trip		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Classe de Disparo		10	-	10	-	10
Máxima frequência de manobra	Operações./hora	15	15	15	15	15
Vida Mecânica	Número de operações	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Vida Elétrica	Número de operações	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Compensação de temperatura		-20...+60°C	-	-20...+60°C	-	-20...+60°C
Dimensões	Largura (mm)	45	45	45	45	45
	Altura (mm)	90	90	97	97	97
	Profundidade (mm)	77	77	98	98	98
Tipo da Proteção		Termomagnética	Magnética	Termomagnética	Magnética	Termomagnética
Faixa de ajuste da corrente nominal  $I_n(A)$		Referências		Referências		
0,1...0,16		MPW16-3-C016	MPW16i-3-C016	MPW25-3-C016	MPW25i-3-C016	MPW25t-3-C016
0,16...0,25		MPW16-3-C025	MPW16i-3-C025	MPW25-3-C025	MPW25i-3-C025	MPW25t-3-C025
0,25...0,4		MPW16-3-D004	MPW16i-3-D004	MPW25-3-D004	MPW25i-3-D004	MPW25t-3-D004
0,4...0,63		MPW16-3-C063	MPW16i-3-C063	MPW25-3-C063	MPW25i-3-C063	MPW25t-3-C063
0,63...1		MPW16-3-U001	MPW16i-3-U001	MPW25-3-U001	MPW25i-3-U001	MPW25t-3-U001
1...1,6		MPW16-3-D016	MPW16i-3-D016	MPW25-3-D016	MPW25i-3-D016	MPW25t-3-D016
1,6...2,5		MPW16-3-D025	MPW16i-3-D025	MPW25-3-D025	MPW25i-3-D025	MPW25t-3-D025
2,5...4		MPW16-3-U004	MPW16i-3-U004	MPW25-3-U004	MPW25i-3-U004	MPW25t-3-U004
4...6,3		MPW16-3-D063	MPW16i-3-D063	MPW25-3-D063	MPW25i-3-D063	MPW25t-3-D063
6,3...10		MPW16-3-U010	MPW16i-3-U010	MPW25-3-U010	MPW25i-3-U010	MPW25t-3-U010
10...16		MPW16-3-U016	MPW16i-3-U016	MPW25-3-U016	MPW25i-3-U016	MPW25t-3-U016
16...20				MPW25-3-U020	MPW25i-3-U020	MPW25t-3-U020
20...25				MPW25-3-U025	MPW25i-3-U025	MPW25t-3-U025
25...32				MPW25-3-U032	MPW25i-3-U032	MPW25t-3-U032
32...40						
40...50						
50...65						
55...75						
70...90						
80...100						

Fonte: Catálogo WEG

2.1.5 Cálculos de Dimensionamento para Utilização dos Dispositivos de Proteção

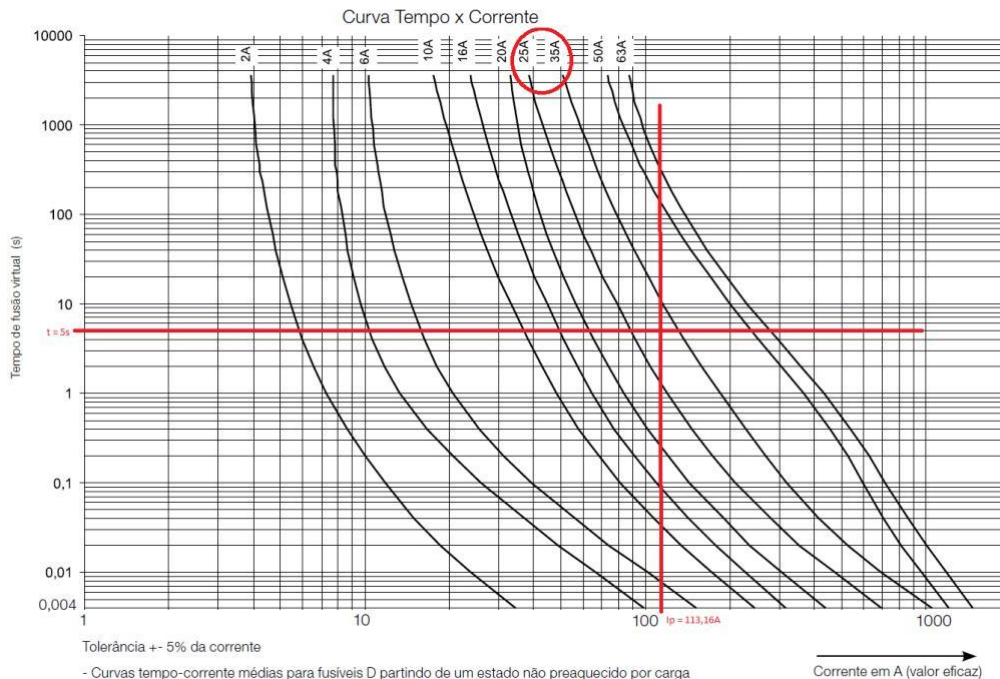
✓ Dimensionamento de Fusível

Ex.: Dimensionar os fusíveis para proteger o motor WEG, de 5cv, 220V/60Hz, IV pólos, supondo o seu tempo de partida (T_p) seja de 5s (segundos) em partida direta:

a) Resolvendo pelo primeiro critério, tem-se:

Do catálogo de motores WEG: $\frac{I_p}{I_n} = 8,2 \therefore Logo : I_p = 8,2 * I_n$

Sendo, $I_n = 13,8 A$; Tem-se que, $I_p = 113,16 A$;



Fonte: Catálogo WEG

Observa-se que ao cruzar os valores de tempo ($t = 5s$) x Corrente ($I_p = 113,16A$), no gráfico acima, observa-se que o fusível mais adequado para utilização na proteção deste motor é o de 35A, pois a corrente de proteção dimensionada é maior que 25A e menor que 35A. $I_F = 35 A$

b) Analisando pelo 2º critério, de que a corrente $I_F = 1,2 * I_n$ $I_F = 1,2 * 13,8$ $I_F = 16,56 A$

Comparando os 1ºs e 2ºs critérios, observa-se que o Fusível de 35 A satisfaz ambas as situações.

✓ Dimensionamento do Relé e Contator

c) Considerando pelo 3º critério, deve-se verificar se o relé e o contator para esta aplicação são compatíveis com este fusível como fusível máximo, ou seja, se $IF \leq IF_{MÁX}$

Para o caso de equipamentos WEG, o Contator a ser utilizado seria o modelo CWM18 e o relé seria o modelo RW27D (11....17A)

O Relé térmico pode ser dimensionado pela corrente nominal do motor que está protegendo.

Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gL/gG) ¹⁾
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

Para esta situação, tem-se: $I_n = 13,8A \rightarrow$ Corrente Nominal do Motor de 5cv

Utilizando a Tabela de relés térmicos WEG, pode-se utilizar: **RW17 – 2D3U015** ou **RW17 – 2D3U017**

RW27-2D3U015 ou **RW27-2D3U017**



Código	Faixas de Ajuste (A)	Fusível. máx. (gL/gG) ¹⁾
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

Versões:
- Tripolar: RW17-2D3
- Bipolar: RW17-2D2



2)

Código	Faixas de Ajuste(A)	Fusível. máx. (gL/gG) ¹⁾
RW17-2D3-U010	7...10	25
RW17-2D3-D125	8...12,5	25
→ RW17-2D3-U015	10...15	35
RW17-2D3-U017	11...17	35
RW17-2D3-U023	15...23	50
RW17-2D3-U032	22...32	63

Peso : 0,150Kg

✓ Dimensionamento do Disjuntor Motor

O Disjuntor Motor também pode ser dimensionado pela corrente nominal do motor que está protegendo.

Utilizando a Tabela de disjuntor Motor WEG temos: MPW16-3-U016

MPW16 até 16A	
Corrente Nominal Máxima $I_{max}(I_n)$	16A
Número de pólos	3
Curto-Circuito Instantâneo	13 x I _e máx 13 x I _e máx
Tensão de Trabalho U_n	690V 690V
Frequência de Trabalho	50/60Hz 50/60Hz
Faixa de ajuste da corrente nominal $I_n(A)$	Referências
	MPW16-3-U010 MPW16I-3-U010
→	MPW16-3-U016 MPW16I-3-U016

Fonte: Catálogo WEG

2.2 Dispositivos de Comando

2.2.1 Botoeiras e Chaves Manuais

Para o acionamento de um motor, necessita-se de um dispositivo que realize a operação de ligar e desligar o motor elétrico, como por exemplo as chaves manuais ou os botões manuais (botoeiras).

As chaves manuais são os dispositivos de manobra mais simples e de baixo custo para realizar o acionamento do motor elétrico, podem acionar diretamente um motor ou acionar a bobina de um contator.

Sua operação é bastante simples e funcionam como um interruptor que liga ou desliga o motor, normalmente utilizam-se de alavancas para realizar esta operação de liga/desliga.

✓ Chaves



✓ Botoeiras

A botoeira é uma outra forma de acionamento de motores por meio manual e servem para energizar ou desenergizar contadores, a partir da comutação de seus contatos NA (Normalmente Aberto) ou NF (Normalmente Fechado).

Existem diversos modelos e podem variar quanto ao formato, cor, tipo de proteção do acionador, quantidade e tipos de contatos.

As botoeiras podem ser do tipo pulsante ou com intertravamento. As botoeiras com intertravamento mantêm a posição de NA ou NF toda vez que é acionada (pressionada), ou seja, permanecem na nova posição até o próximo acionamento. Já as botoeiras pulsantes permanecem na nova posição apenas durante o tempo em que o botão está pressionado.



Exemplos de Botoeiras (botões de comando)

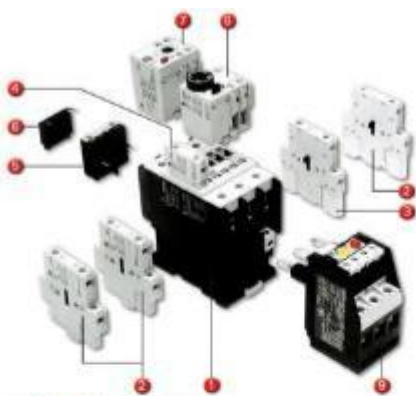
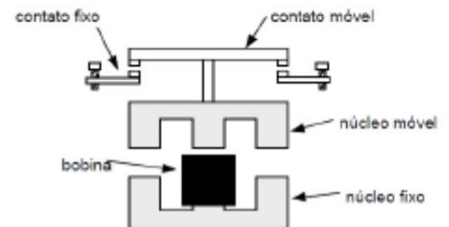


IDENTIFICAÇÃO DE BOTÕES – IEC 73 e VDE 0199

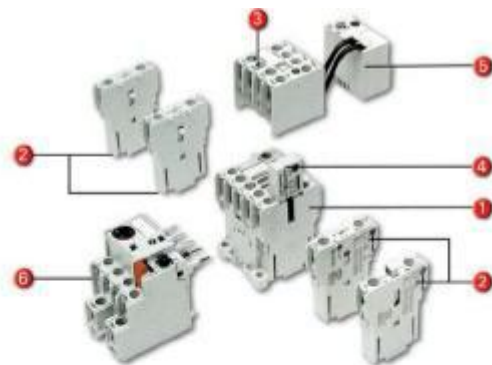
Cores	Significado	Aplicações Típicas
	<ul style="list-style-type: none"> Parar, desligar. Emergência. 	<ul style="list-style-type: none"> Parada de um ou mais motores. Parada de unidades de uma máquina. Parada de ciclo de operação. Parada em caso de emergência. Desligar em caso de sobreaquecimento perigoso.
 ou 	<ul style="list-style-type: none"> Partir, ligar, pulsar. 	<ul style="list-style-type: none"> Partida de um ou mais motores. Partir unidades de uma máquina. Operação por pulsos. Energizar circuitos de comando.
	<ul style="list-style-type: none"> Intervenção. 	<ul style="list-style-type: none"> Retrocesso. Interromper condições anormais.
 ou 	<ul style="list-style-type: none"> Qualquer função, exceto as acima. 	<ul style="list-style-type: none"> Reset de relés térmicos. Comando de funções auxiliares que não tenham correlação direta com o ciclo de operação da máquina.

2.2.2 CONTADORES

Os contadores são chaves de operação não manual, sendo que seu acionamento é proveniente da ação eletromagnética. Os contatos NA ou NF do contador são acionados quando a bobina (eletromagnética) é energizada, assim os contatos permanecem na nova posição apenas durante o tempo em que a bobina está energizada, quando a bobina é desenergizada os contatos retornam em seu estado normal. Os contadores são chaves que possibilitam o acionamento de motores à distância, aumentando a segurança durante o processo do acionamento do motor.



1. Contator
2. Blocos de contatos auxiliares laterais
3. Intertravamento mecânico
4. Bloco de contato auxiliar frontal
5. Temporizador eletrônico
6. Bloco supressor
7. Bloco de retenção mecânica
8. Temporizador pneumático
9. Relé de sobrecarga



1. Contator
2. Blocos de contatos auxiliares laterais
3. Bloco de contato auxiliar frontal
4. Bloco supressor
5. Temporizador eletrônico
6. Relé de sobrecarga

Categoria de Emprego dos Contatores

✓ Alimentação em Corrente Contínua (CC)

Alimentação	Categoria de Emprego	Aplicações Típicas
CC	DC – 1	Cargas não indutivas ou pouco indutivas, (fornos de resistência)
CC	DC – 3	Motores CC com excitação independente: partindo, em operação contínua ou em chaveamento intermitente. Frenagem dinâmica de motores CC.
CC	DC – 5	Motores CC com excitação série: partindo, operação contínua ou em chaveamento intermitente. Frenagem dinâmica de motores CC.
CC	DC – 6	Chaveamento de lâmpadas incandescentes

✓ Alimentação em Corrente Alternada (CA)

Alimentação	Categoria de Emprego	Aplicações Típicas
CA	AC - 1	Manobras leves; carga ôhmica ou pouco indutiva (aquecedores, lâmpadas incandescentes e fluorescentes compensadas)
CA	AC - 2	Manobras leves; comando de motores com anéis coletores (guinchos, bombas, compressores). Desligamento em regime.
CA	AC – 3	Serviço normal de manobras de motores com rotor gaiola (bombas, ventiladores, compressores). Desligamento em regime.*
CA	AC – 4	Manobras pesadas. Acionar motores com carga plena; comando intermitente (pulsatório); reversão a plena marcha e paradas por contracorrente (pontes rolantes, tornos, etc.).
CA	AC – 6b	Chaveamento de bancos de capacitores
CA	AC - 14	Controle de pequenas cargas eletromagnéticas $\leq 72VA$)
CA	AC - 15	Controle de cargas eletromagnéticas ($> 72VA$)

* A categoria AC – 3 pode ser usada para regimes intermitentes ocasionais por um período de tempo limitado como em *set-up* de máquinas; durante tal período de tempo limitado o número de operações não pode exceder 5 por minuto ou mais que 10 em um período de 10 minutos.

✓ Dimensionamento dos Contatores

Para realizar o dimensionamento de contatores devem ser observadas a categoria de emprego (regime de emprego) e a corrente nominal de operação da carga a ser acionada.

Exemplo: Determine o contator necessário para acionar o motor WEG de 5cv, alimentação trifásica 220V/60Hz, IV pólos em condições de partida direta e regime AC-3:

Sendo, $I_n=13,8 A$;

a) Usando Contatores WEG:

Contatores Modulares CWM - Tripolares/Tetrapolares

Bobinas em Corrente Alternada (CA): 50/60Hz ou 60Hz ²⁾
 Bobinas em Corrente Contínua (CC) ²⁾



		CWM9		CWM12		CWM18		CWM25		CWM32		
		CA: -10/-01/-11/-22 CC: -10/-01/-11/-22 (4 pólos): 2P/2R= -00-22 4P= -00-40		CA: -10/-01/-11/-22 CC: -10/-01/-11/-22 (4 pólos): 2P/2R= -00-22 4P= -00-40		CA: -10/-01/-11/-22 CC: -10/-01/-11/-22 (4 pólos): 2P/2R= -00-22 4P= -00-40		CA: -10/-01/-11/-22 CC: -10/-01/-11/-22		CA: -00/-10/-01/-11/-22 CC: -00/-10/-01/-11/-22		
AC-3 Serviço normal de manobras de motores com rotor gaiola com desligamento em regime	le máx. (U _e ≤ 440V) (A)	9		12		18		25		32		
	Potência 60Hz	220V cv	3		4		6		8,7		12,5	
		380V cv	5,4		7,5		10		16,8		20	
440V cv	6		8,7		12,5		16,8		20			
AC-4 Manobras pesadas. Acionar motores com carga plena, comando intermitente, reversão a plena marcha e	le máx. (U _e ≤ 690V) (A)	5		7		8		12		16		
	Potência 60Hz	220V cv	1,5		2		2		4		6	
		380V cv	3		4		5		7,5		10	
440V cv	3		5		6		7,5		12,5			
AC-1 Manobras de cargas resistivas puras ou pouco indutivas	Carga resistiva I _e = I _n (A)	25		25		32		45		60		
	Potência 60Hz	220V cv	9,5		9,5		12		17		22,5	
		380V cv	16,5		16,5		21		29,5		39,5	
440V cv	19		19		24		34		45,5			
Nº de pólos ⁶⁾		3 pólos 4 pólos		3 pólos 4 pólos		3 pólos 4 pólos		3 pólos		3 pólos		
Fusível máximo (gL/gG) ¹⁾		A 25		25		30		50		63		
Cons. Bobina (CA em 60Hz) "Ligar" / "Ligada" VA		45/6		45/6		45/6		45/6		88/9		
Peso CA/CC kg		0,295/0,51		0,295/0,51 0,295/ -		0,295/0,51 0,295/ -		0,295/0,51		0,52/0,62		
Dimensões	Largura mm	45		45		45		45		55		
	Altura mm	81		81		81		81		87		
	Profundidade CA/CC mm	85/115		85/115		85/ - 85/115		85/ -		85/115 98/120		
Acessórios		BCXMF10 (1NA) BCXMF01 (1NF) BCXMF10 (1NA) BCXMF01 (1NF)		BCXMF10 (1NA + 1NF) BCXMF01 (1NF) BCXMF10 (1NA) BCXMF01 (1NF)		BCXML11 (1NA + 1NF) BCXML20 (2NA) BCXML11 (1NA + 1NF) ³⁾ BCXML20 (2NA) ³⁾		BLIM9-105 Para CWM 9 a 105				
Contatos Auxiliares ⁵⁾	Integrado			-10/-01								
	Mont.Frontal (+29mm)	BCXMF10, BCXMF01, BCXMF10, BCXMF01										
	Mont.Lateral (+12,4mm)	BCXML11, BCXML20, BCXML11, BCXML20										
Bloco Antiparasita (Supressores de surto)	RC (50/60Hz) A1/A2	BAMRC4 D53 (24-48Vca), BAMRC5 D55 (50-127Vca), BAMRC6 D63 (130-250Vca)										
	Diodo A1/A2	BAMD10 C33 (12-600Vcc)									- ⁴⁾	
	Varistor (50/60Hz) A1/A2	BAMV1 D68 (270-380Vca) , BAMV2 D73 (400-510Vca)										
Intervtamento Mecânico Mont.Lateral		BLIM9-105										
Jogos de Contatos Principais (reposição)		JC CWM9-3P ⁷⁾		JC CWM12-3P ⁷⁾		JC CWM18-3P ⁷⁾		JC CWM25-3P		JC CWM32-3P		
Bobinas (reposição)	Corrente Alternada (CA)	BCA4-25*** ²⁾									BCA4-40*** ²⁾	
	Corrente Contínua (CC)	BCC-25*** ²⁾									BECC-40*** ²⁾	

b) Usando Contatores Siemens:

Contatores de potência 3RT10, 3TF6



Tabela de escolha

Tamanho		50							
Tipo / execução de contatos auxiliares (para completar o tipo □□ com a tensão / frequência de comando, veja tabela verso) (bloco de contatos auxiliares, veja em acessórios)		Acionamento em corrente alternada							
		3RT10 23-1A□□0	3RT10 24-1A□□0	3RT10 25-1A□□0	3RT10 26-1A□□0				
		Acionamento em corrente contínua							
		3RT10 23-1B□□0	3RT10 24-1B□□0	3RT10 25-1B□□0	3RT10 26-1B□□0				
Categoria de emprego AC-3 / AC-2 (manobra de motores com rotor em curto-circuito e rotor bobinado)									
Corrente nominal de serviço I_e (até 440 V)		9 A	12 A	17 A	25 A				
Potências de motores trifásicos padronizados (NBR 5432 / 1983)		220 / 230 V	4 cv / 3 kW	4 cv / 3 kW	6 cv / 4 kW	7,5 cv / 5,5 kW			
		380 / 400 V	5 cv / 4 kW	7,5 cv / 5,5 kW	10 cv / 7,5 kW	15 cv / 11 kW			
		440 V	6 cv / 4,5 kW	10 cv / 7,5 kW	12,5 cv / 10 kW	15 cv / 11 kW			
Categoria de emprego AC-1 (manobra de cargas resistivas – $\cos \varphi \geq 0,95$)									
Corrente nominal de serviço I_e a 40°C (até 690 V)		40 A	40 A	40 A	40 A				
Fusível máximo ¹⁾ (DIAZED ou NH)		25 A	25 A	25 A	35 A				
Dimensões (mm)		Contator		Contator com relé de sobrecarga		Contator		Contator com relé de sobrecarga	
		L	45 (65) ⁴⁾	45 (65) ⁴⁾	45 (65) ⁴⁾	45 (65) ⁴⁾	45 (65) ⁴⁾	45 (65) ⁴⁾	45 (65) ⁴⁾
		H	85	143	85	143	85	143	85
		P	91 ⁵⁾ (140) ³⁾⁵⁾	96 ⁵⁾ (140) ³⁾⁵⁾	91 ⁵⁾ (140) ³⁾⁵⁾	96 ⁵⁾ (140) ³⁾⁵⁾	91 ⁵⁾ (140) ³⁾⁵⁾	96 ⁵⁾ (140) ³⁾⁵⁾	91 ⁵⁾ (140) ³⁾⁵⁾

3. TIPOS DE PARTIDA

3.1 Partida Direta

Adotado para motores com potência < 7,5 cv com carga total (nominal) ou (sem carga, carga mínima ou baixo conjugado).

Especificação do Contator:

K1 → In (motor)

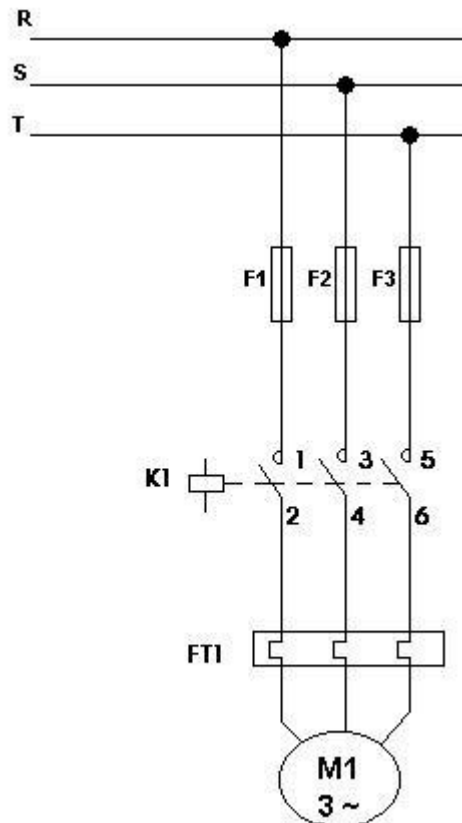
$$I_F \geq 1,2 * I_n \quad (\text{motor})$$

$$I_F \leq I_{Fm\acute{a}x} \quad (\text{K1})$$

$$I \leq I_{Fm\acute{a}x} \quad (\text{FT1})$$

$$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n}\right) * I_n$$

I_n



3.2 Partida Estrela-Triângulo

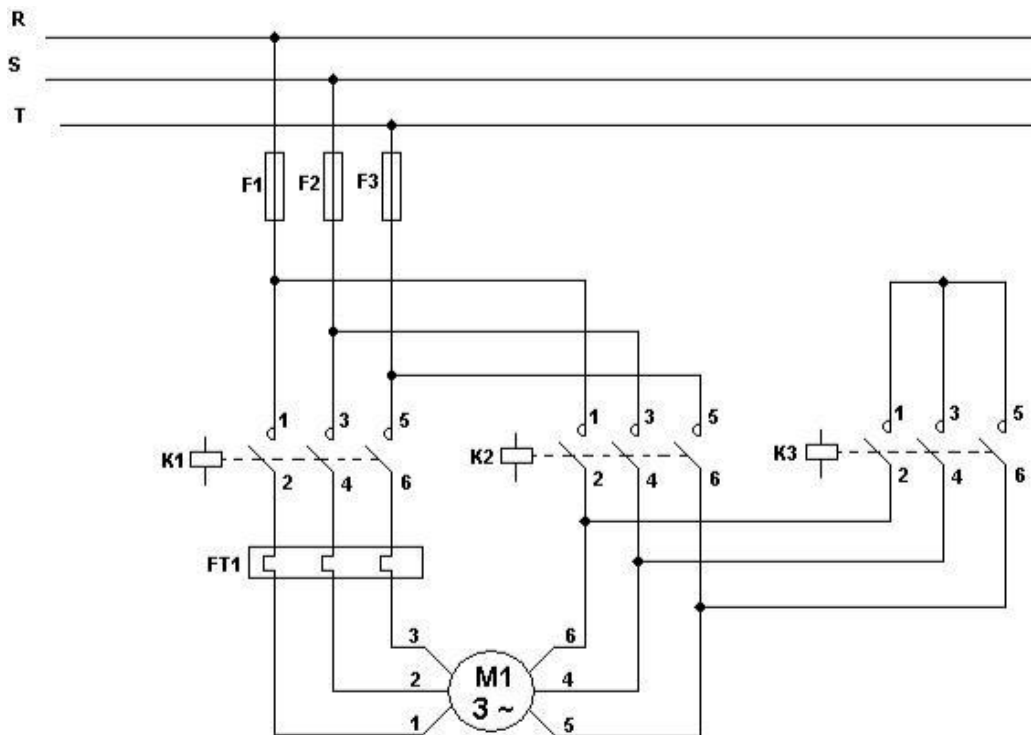
Vantagens:

- ✓ Baixo Custo em relação à partida com Chave Compensadora;
- ✓ Pequeno espaço de ocupação dos componentes;
- ✓ Sem limite máximo de manobra.

Desvantagens:

- ✓ O motor tem que atingir 90% da rotação nominal, caso contrário o pico de corrente de partida é quase o mesmo da partida direta;
- ✓ O motor tem que ter ao menos seis terminais de conexão;
- ✓ O valor de tensão de rede deve coincidir com o valor de tensão da ligação triângulo do motor;
- ✓ Deve acionar o motor com carga baixa (baixo conjugado resistente) ou a vazio.

Adotado para motores com potência $P \geq 7,5$ cv a vazio (sem carga), carga mínima ou baixo conjugado de partida.



Especificação dos Contatores:

Corrente nominal do contator e Relé Térmico:

$$K1 \text{ e } K2 \rightarrow I_n (\text{motor}) * 0,577$$

$$K3 \rightarrow I_n (\text{motor}) * 0,33$$

$$IFT1 \rightarrow I_n (\text{motor}) * 0,577$$

$$I_f \leq 1,2 * I_n \quad (\text{motor})$$

$$I_f \leq I_{Fm\acute{a}x} \quad (K1)$$

$$I_f \leq I_{Fm\acute{a}x} \quad (FT1)$$

A corrente de pico de partida do motor:

$$I_p = \left(\frac{P}{I_n} \right) * I_n * 0,33$$

3.3 Partida Chave Compensadora

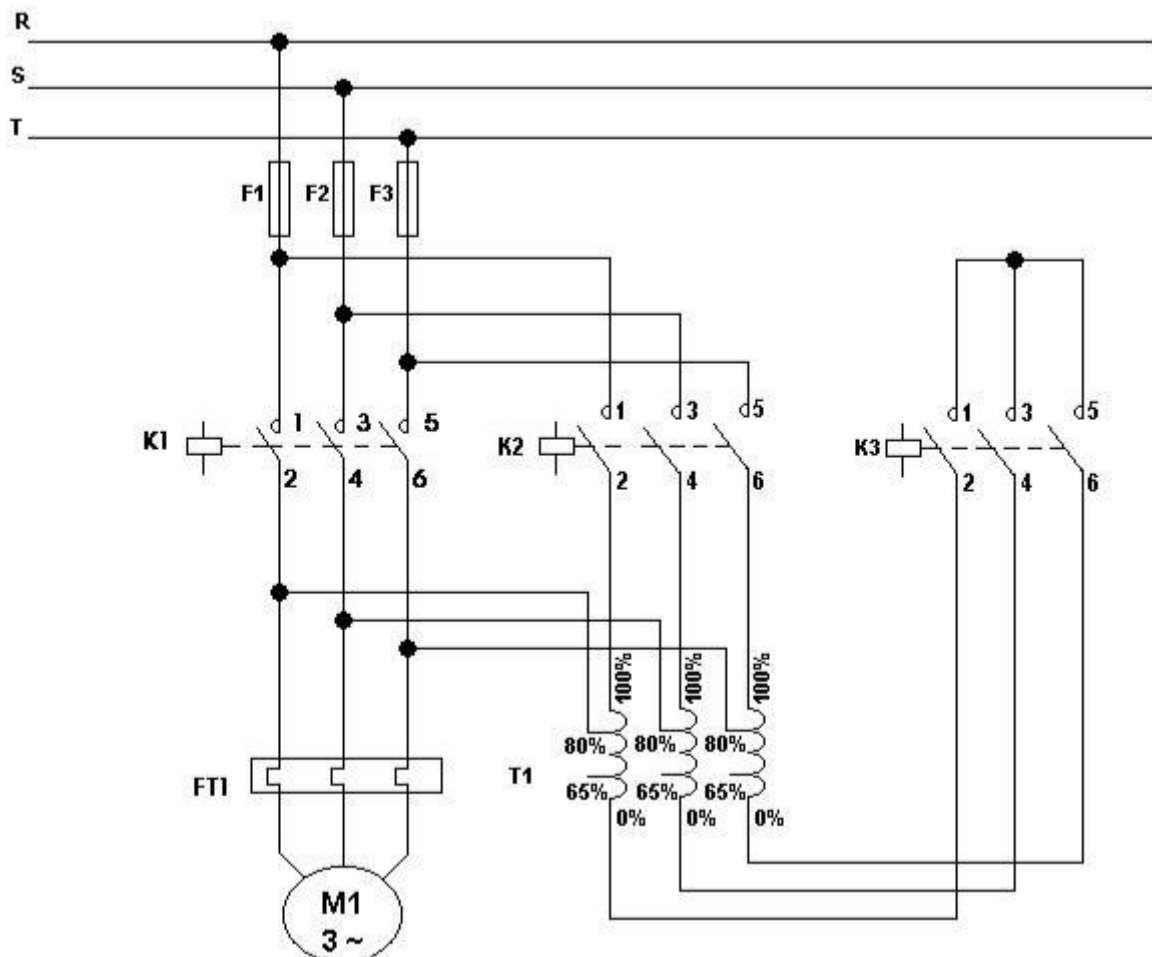
Vantagens:

- ✓ Na comutação do TAP de partida para a tensão da rede, o motor não é desligado e o segundo pico é reduzido;
- ✓ Para que o motor possa partir satisfatoriamente, é possível variar o TAP de partida 65%, 80%, 85% ou até 90% da rede;
- ✓ O valor da tensão da rede pode ser igual ao valor de tensão da ligação triângulo ou estrela do motor;
- ✓ O motor necessita de três bornes externos.

Desvantagens:

- ✓ Limitação de manobras;
- ✓ Custo mais elevado devido ao auto-transformador;
- ✓ Maior espaço ocupado no painel devido ao tamanho do auto-transformador.

Adotado para motores com potência $P \geq 7,5$ cv com carga nominal, plena carga ou conjugado de partida elevado.



Especificação dos Contatores:

Tap's do Autotransformador (%Vn)	Fator de Redução (K)	IK2 (K ²)	IK3 (K-K ²)
85	0,85	0,72xIn	0,13xIn
80	0,80	0,64xIn	0,16xIn
65	0,65	0,42xIn	0,23xIn
50	0,50	0,25xIn	0,25xIn

Corrente nominal do contator e Relé Térmico:

- K1 → In (motor)
- K2 → In (motor) * K²
- K3 → In (motor) * (K-K²)
- IFT1 → In (motor)

$$I_F \geq 1,2 * I_n \quad (\text{motor})$$

$$I_F \leq I_{Fm\acute{a}x} \quad (\text{K1})$$

$$I_F \leq I_{Fm\acute{a}x} \quad (\text{FT1})$$

A corrente de pico de partida do motor:

$$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n} \right) * I_n * K$$

4. EXERCÍCIOS DE DIMENSIONAMENTO DE FUSÍVEIS, RELÉS TÉRMICOS, DISJUNTORES MOTORES E CONTADORES

4.1 Dimensionar os dispositivos de proteção e comando (fusível, relé térmico, disjuntor motor e contator) para um motor de 75cv IV pólos 380V – 60Hz (Tabela WEG) com tempo de partida em 10s em regime AC3 – Serviço normal de manobras.

Motor IV pólos 75cv – 380V/660V $T_p = 10s$

$$I_N (380V) = I_N (220V) * 0,577$$

$$I_N (380V) = 176 * 0,577 \therefore I_N (380V) = 101,55A \quad \frac{I_p}{I_N} = 7,2$$

a) Partida Direta:

$$I_p = \frac{I_p}{I_N} * I_N = 7,2 * 101,55 = 731,16 A \quad e \quad T_p = 10 s$$

1º Critério de escolha do Fusível: Com os dados acima e utilizando a curva característica do **Fusível NH**. Encontramos um **Fusível de 200A**.

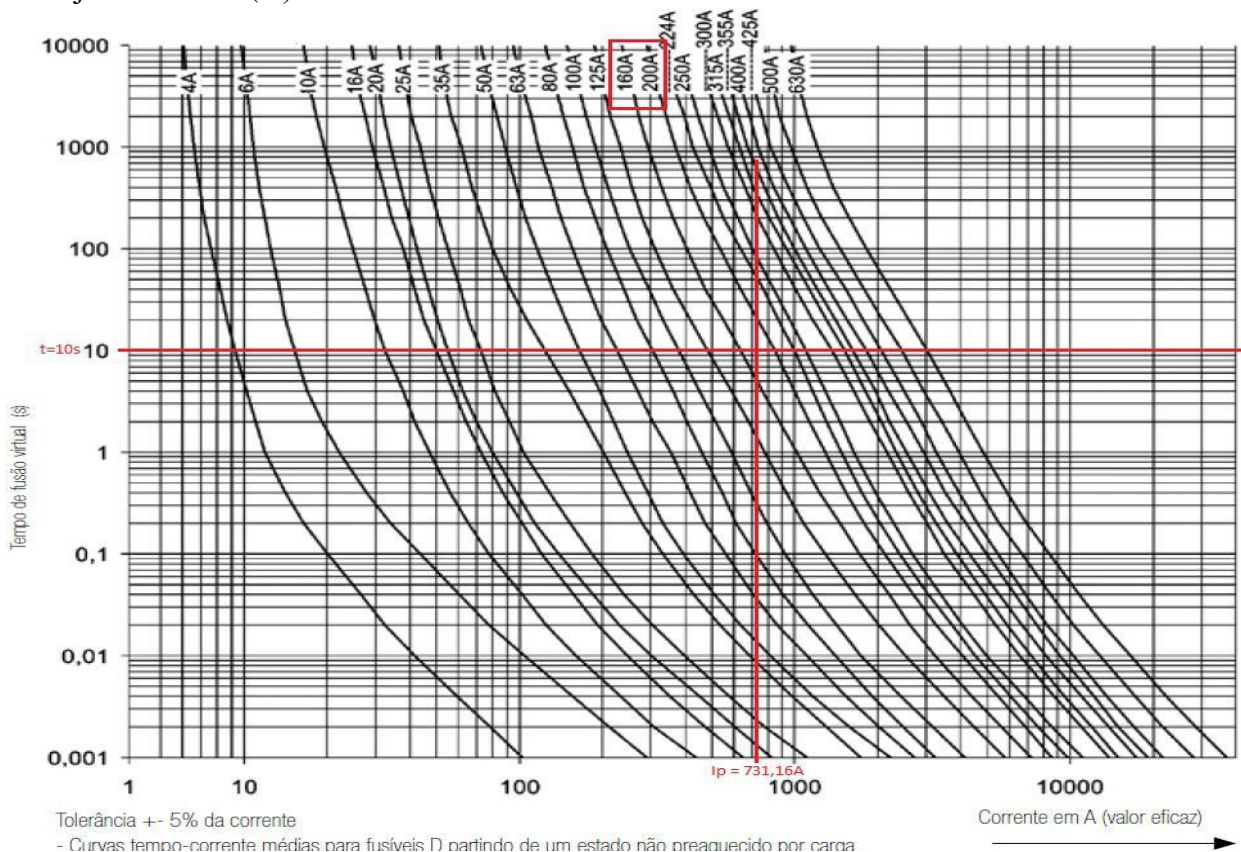
2º Critério de escolha do Fusível: $I_F \geq 1,2 * I_N \quad I_F \geq 1,2 * 101,55 \quad I_F \geq 121,86 A$

3º Critério de escolha do Fusível: $I \leq I_{FMÁX}$

$$I_{FMÁX} (\text{relé térmico}) = 230 A \rightarrow RW117 - 1D3 - U112 \therefore I_{FT1} = I_N = 101,55 A$$

$$I_{FMÁX} (\text{contator}) = 200 A \rightarrow CWM105 \therefore K1 I_N = 101,55 A$$

Disjuntor Motor (I_N) \rightarrow MPW100-3-U100

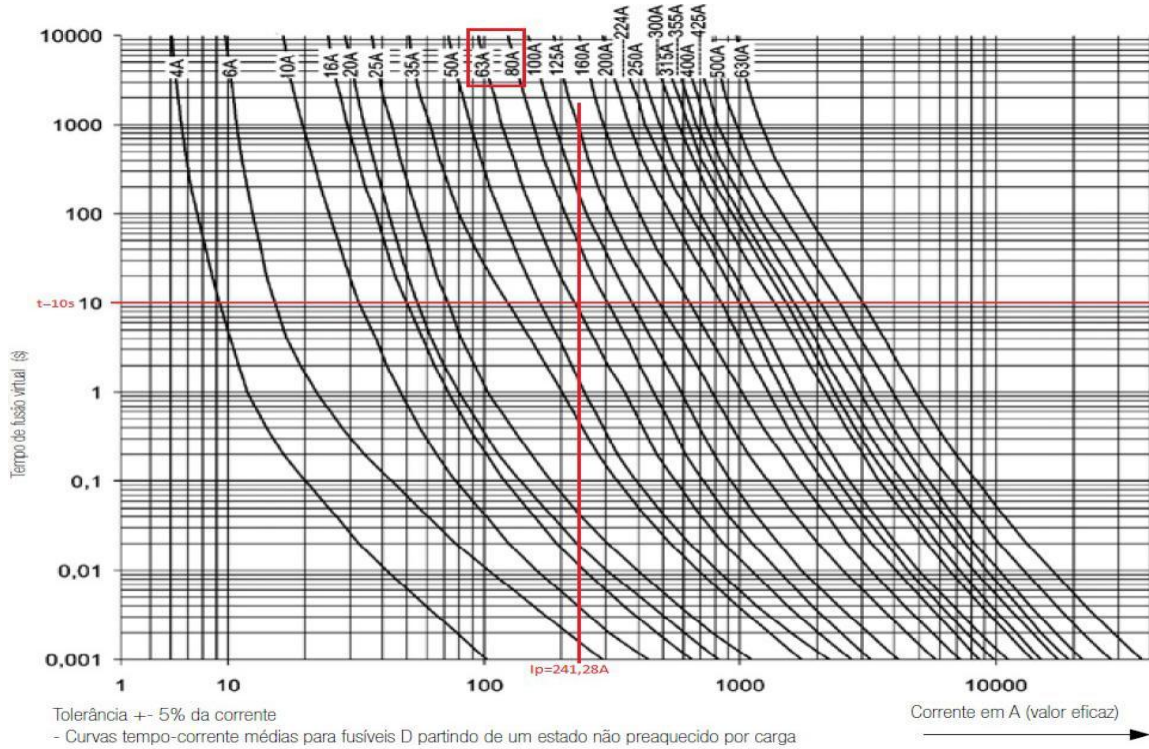


b) Partida Estrela-Triângulo (Y-):

$$I^P = \frac{(I_P) * I^N}{I_N} = 7,2 * 101,55 * 0,33 = 241,28 \text{ A}$$

e $T_P = 10\text{s}$

1º Critério de escolha do Fusível: Com os dados acima e utilizando a curva característica do Fusível NH. Encontramos um **Fusível de 80A**.



2º Critério de escolha do Fusível: $I_F \geq 1,2 * I_N$ $I_F \geq 1,2 * 101,55$ $I_F \geq 121,86 \text{ A}$
Portanto, devido o 2º critério deve-se alterar o **Fusível para 125A**.

3º Critério de escolha do Fusível: $I_F \leq I_{FMÁX}$

Para especificar os Contatores, temos:

$$K 1 = K 2 \quad I_N * 0,577 = 58,59 \text{ A} \quad \rightarrow \text{K1} = \text{K2} \rightarrow \text{CWM65} \quad \therefore I_{FMÁX} = 125 \text{ A}$$

$$K 3 \quad I_N * 0,33 = 33,50 \text{ A} \quad \therefore \text{K3} \rightarrow \text{CWM40}$$

$$I_{FT1} = I_N * 0,577 = 58,59 \text{ A}$$

Relé Térmico \rightarrow RW67 - 2D3 - U063 $I_{FMÁX} = 100 \text{ A}$

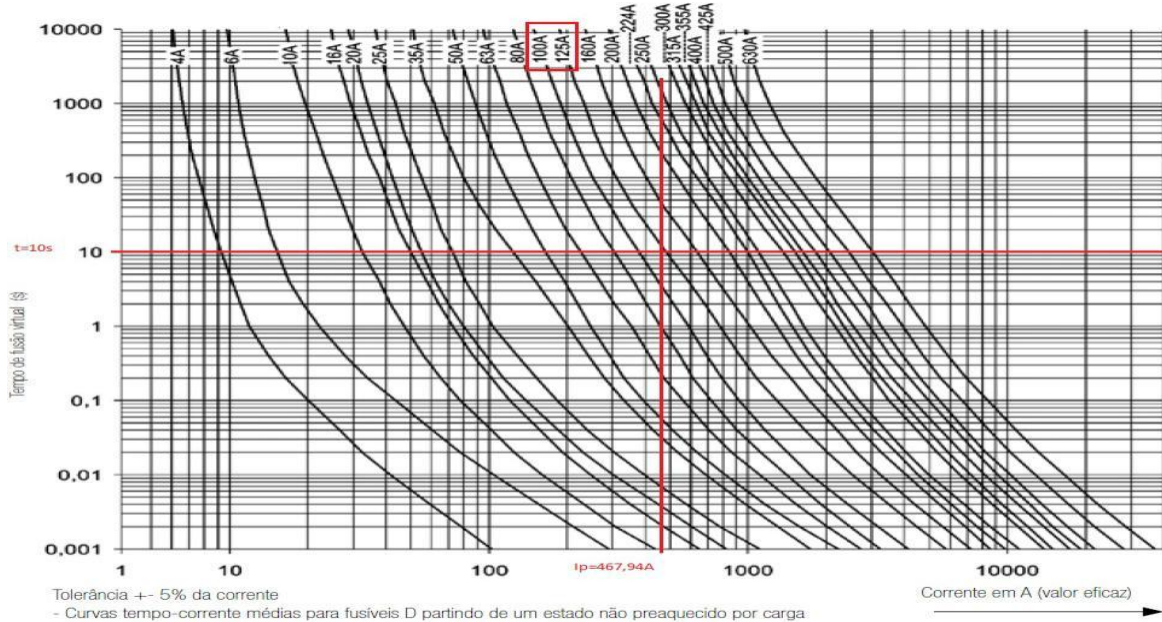
Relé Térmico \rightarrow RW67 - 2D3 - U070 $I_{FMÁX} = 125 \text{ A}$

C) Partida Chave Compensadora com TAP em 80% :

(80%) → K = 0,8

$$I_P = \left(\frac{I_P}{I_N}\right)^2 * I_N = 7,2^2 * 101,55 * (0,8) = 467,94 \text{ A} \quad T_p = 10s$$

1º Critério de escolha do Fusível: Com os dados acima e utilizando a curva característica do Fusível NH. Encontramos um **Fusível de 125A**.



2º Critério de escolha do Fusível: $I_F \geq 1,2 * I_N$ $I_F \geq 1,2 * 101,55$ $I_F \geq 121,86 \text{ A}$
 Portanto, devido o 2º critério deve-se alterar o **Fusível para 125A**.

3º Critério de escolha do Fusível: $I_F \leq I_{FMÁX}$

Para especificar os Contatores, temos:

K 1 $I_N = 101,55 \text{ A}$ → **K1** → **CWM105** ∴ $I_{FMÁX} = 125 \text{ A}$

K 2 $I_N * K^2 = 101,55 * 0,8^2 = 64,99 \text{ A}$ ∴ **K2** → **CWM65**

K 3 $I_N * (K - K^2) = 101,55 * (0,8 - 0,8^2) = 16,25 \text{ A}$ ∴ **K3** → **CWM18**

$I_{FT1} = I_N * 101,55 \text{ A}$ → **Relé Térmico** → **RW117 - 1D3 - U112** $I_{FMÁX} = 230 \text{ A}$

Tabela de Comparação

Dispositivo	Partida Direta	Partida Estrela - Triângulo	Partida Chave Compensadora
Fusível	200A	125A	125A
Contator K1	CWM105	CWM65	CWM105
Contator K2	-	CWM65	CWM65
Contator K3	-	CWM40	CWM18
Relé Termico	RW117-1D3-U112	RW67-2D3-U070	RW117-1D3-U112
Disjuntor Motor	MPW100-3-U100	MPW100-3-U100	MPW100-3-U100

Obs.: A especificação do disjuntor motor, foi seguindo a do fusível para os três tipos de partida.

4.2 Dimensionar os dispositivos de proteção e comando (fusível, relé térmico, disjuntor motor e contator) para um motor de 75cv IV pólos 380V – 60Hz (Tabela WEG) com tempo de partida em 10s em regime AC4 (Manobras pesadas).

Motor IV pólos 75cv – 380V/660V $T_p = 10s$

$$I_N (380V) = I_N (220V) * 0,577$$

$$I_N (380V) = 176 * 0,577 \therefore I_N (380V) = 101,55A \quad \frac{I_P}{I_N} = 7,2$$

a) Partida Direta:

✓ Para especificar o Contator: $K_1 I_N = 101,55 A$

do catálogo WEG CWM250 $\therefore I_e (AC-4) = 110A$ $I_{FMÁX} = 355 A$ (Fusível máximo (gl/gG))

✓ Para especificar o Relé Térmico: $I_{FT1} = I_N = 101,55 A$

do catálogo WEG RW117 – 1D3 – U112 + BF117D $\therefore I_{FMÁX} (relé térmico) = 230 A$

do catálogo WEG RW317 – 1D3 – U150 $\therefore I_{FMÁX} (relé térmico) = 315 A$

b) Partida Estrela-Triângulo:

✓ Para especificar o Contator:

$$K_1 = K_2 \quad I_N * 0,577 \therefore I_{K1=K2} = 58,59 A$$

$K_1 = K_2 \rightarrow$ do catálogo WEG

Contator CWM112 (I_e máx AC-4 = 63A) $I_{FMÁX} = 225 A$ (Fusível máximo (gl/gG))

✓ $K_3 I_N * 0,33 \therefore I_{K3} = 33,51 A$

$K_3 \rightarrow$ do catálogo WEG

Contator CWM80 (I_e máx AC-4 = 37A) $I_{FMÁX} = 125 A$ (Fusível máximo (gl/gG))

✓ Para especificar o Relé Térmico: $I_{FT1} = I_N * 0,577 = 58,59 A$

do catálogo WEG RW67 – 2D3 – U070 + BF672D $\therefore I_{FMÁX} (relé térmico) = 125 A$
(Fusível máximo (gl/gG))

do catálogo WEG RW117 – 2D3 – U080 $\therefore I_{FMÁX} (relé térmico) = 200 A$
(Fusível máximo (gl/gG))

C) Partida Chave Compensadora com TAP em 80% : (80%) $\rightarrow K = 0,8$

✓ Para especificar o Contator:

$$K_1 I_N = 101,55 A \therefore I_{K1} = 101,55 A \text{ do catálogo WEG}$$

Contator CWM250 (I_e máx AC-4 = 110A) $I_{FMÁX} = 355 A$ (Fusível máximo (gl/gG))

$$K_2 I_N * K^2 = 64,99 A \therefore I_{K2} = 101,55 * 0,8^2 = 64,99 A \text{ do catálogo WEG}$$

Contator CWM180 (I_e máx AC-4 = 73A) $I_{FMÁX} = 250 A$ (Fusível máximo (gl/gG))

$$K_3 I_N * (K - K^2) = 16,25 A \therefore I_{K3} = 101,55 * (0,8 - 0,8^2) = 16,25 A \text{ do catálogo WEG}$$

Contator CWM40 (I_e máx AC-4 = 18,5A) $I_{FMÁX} = 63 A$ (Fusível máximo (gl/gG))

✓ Para especificar o Disjuntor Motor: O disjuntor foi colocado no lugar do fusível para as configurações de partida direta, estrela-triângulo e chave compensadora.

do catálogo WEG MPW100-3-U100 para todas as **Partidas**.

Exercícios:

4.3 Dimensionar o fusível, o relé térmico e o(s) contator(s) para os seguintes dados de motores de IV pólos, utilizando os componentes da WEG:

- a) Motor de 3cv, alimentação trifásica 220V e partida direta, regime AC-4, tempo de partida de 5s.
- b) Motor de 5cv, alimentação trifásica 220V e partida estrela-triângulo, regime AC-3, tempo de partida de 6s.
- c) Motor de 10cv, alimentação trifásica 220V e partida chave compensadora 65%, regime AC-3, tempo de partida de 4s.
- d) Motor de 1,5cv, alimentação trifásica 380V e partida direta, regime AC-3, tempo de partida de 8s.
- e) Motor de 7,5cv, alimentação trifásica 380V e partida estrela-triângulo, regime AC-4, tempo de partida de 5s.
- f) Motor de 15cv, alimentação trifásica 380V e partida chave compensadora 85%, regime AC-4, tempo de partida de 6s.
- g) Motor de 10cv, alimentação trifásica 220V e partida chave compensadora 80%, regime AC-3, tempo de partida de 7s.
- h) Motor de 75cv, alimentação trifásica 380V e partida chave compensadora 65%, direta, regime AC-3, tempo de partida de 8s.

4.4 Dimensionar utilizando a tabela Siemens, o(s) valor(es) do(s) contator(es) dos itens de “a” até “h” do exercício anterior. (considere a corrente do regime AC-4 como 50% de AC-3)

5. RELÉS TEMPORIZADORES

Os Relés Temporizadores são dispositivos utilizados durante o processo de acionamento das partidas dos motores. Sua utilização é bastante diversa e depende da aplicação desejada. Os relés temporizadores mais utilizados são:

- Relé de retardo na energização (RE)
- Relé de retardo de desenergização (RD)
- Relé temporizador estrela triângulo
- Relé Cíclico



RE – Retardo na Energização

PE – Pulso de Energização

CI – Cíclico 2 ajustes Início Ligado

CIR - Cíclico 2 ajustes Início desligado

CIL - Cíclico 1 ajuste Início Ligado

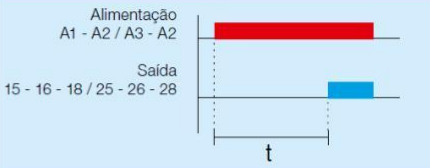
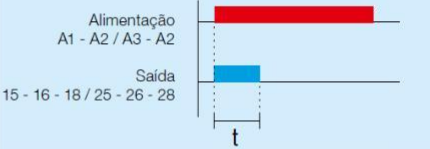
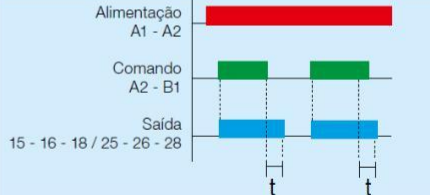
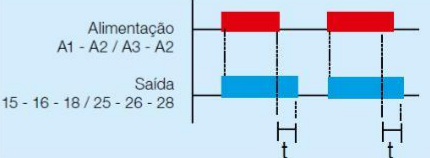
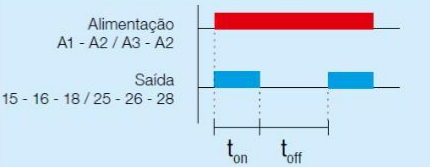
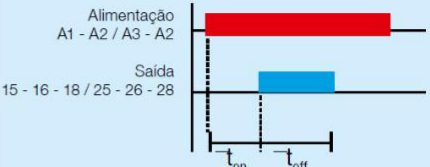
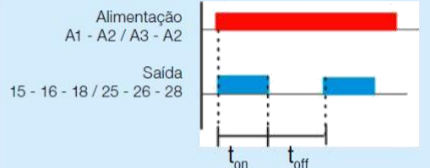
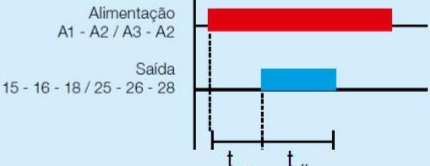
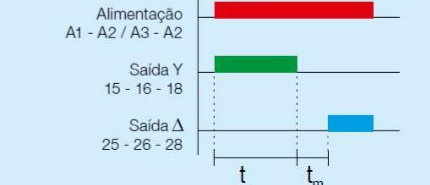
CID - Cíclico 1 ajuste Início desligado

RD – Retardo na Desenergização com comando

RD – Retardo na Desenergização sem comando

ET – Estrela-Triângulo

Funções

Modo de Operação	Diagrama Temporal
<p>RTW RE (Retardo na Energização) – Após a energização do relé, inicia-se a contagem do tempo (t) ajustado no dial. Decorrido este período ocorrerá a comutação dos contatos de saída, os quais permanecem neste estado até que a alimentação seja interrompida.</p>	
<p>RTW PE (Pulso na Energização) – Após a energização do relé, os contatos de saída são comutados instantaneamente e permanecem acionados durante o período (t) ajustado no dial.</p>	
<p>RTW RD (Retardo na Desenergização) – Com o relé alimentado, a partir da energização do terminal de comando os contatos de saída comutam instantaneamente. Ao se retirar o comando, os contatos de saída retornam a condição original após decorrido o período (t) ajustado no dial.</p>	
<p>RTW RDI (Retardo na Desenergização sem comando) – Após a energização do relé, os contatos de saída são comutados instantaneamente, após a desenergização do relé os contatos de saída permanecem acionados durante o período (t) selecionado no dial frontal, após este período a saída é desacionada.</p>	
<p>RTW CI (Cíclico 2 ajustes início ligado) – Após a energização do relé, os contatos de saída são acionados e desacionados ciclicamente com o primeiro ciclo ligado.</p> <p>O dial superior determina o tempo (t_{ON}) em que os contatos permanecem acionados, enquanto que o dial inferior determina o tempo (t_{OFF}) em que os contatos permanecem desacionados.</p>	
<p>RTW CIR (Cíclico 2 ajustes início desligado) – Após a energização do relé, os contatos de saída são acionados e desacionados ciclicamente, com o primeiro ciclo desligado.</p> <p>O dial superior determina o tempo (t_{ON}) em que os contatos permanecem acionados, enquanto o dial inferior (t_{OFF}) determina o tempo em que os contatos permanecem desacionados.</p>	
<p>RTW CIL (Cíclico 1 ajuste Ligado) – Após a energização do relé, os contatos de saída são acionados, após percorrido o tempo selecionado no dial de ajuste os contatos serão desacionados, este comportamento continuará ciclicamente. Uma única seleção determina o tempo ligado e o tempo desligado do relé.</p>	
<p>RTW CID (Cíclico 1 ajuste Desligado) – Após a energização do relé, os contatos de saída permanecem desacionados, após percorrido o tempo selecionado no Dial de ajuste os contatos serão acionados, este comportamento continuará ciclicamente. Uma única seleção determina o tempo Ligado e o tempo Desligado do Relé.</p>	
<p>RTW ET (Estrela-Triângulo) – Após a energização do relé os contatos de saída Estrela comutam instantaneamente, permanecendo acionados durante o período (t) ajustado no dial. Após o tempo (t_m) de 100ms os terminais Triângulo serão então acionados e permanecem neste estado até que a alimentação seja interrompida.</p>	

6. RELÉS PROTETORES

Os relés protetores projetados para a verificação e monitoramento da tensão, são muito importantes em instalações por diversos motivos, como por exemplo a falta de fase, inversão de fase e subtensões que podem danificar um equipamento ocasionando graves prejuízos à empresa.








RPW SF – Protetor Sequência de Fase
RPW FF – Protetor Falta de Fase
RPW FSF – Protetor Falta e Sequência de Fase
RPW SS – Protetor Sub e Sobretensão
RPW PTC – Protetor para monitoramento de temperatura do motor com sonda PTC

7. SINALISADORES VISUAIS E SONOROS

São componentes utilizados para indicar (através de som e/ou visualmente) o estado em que se encontra um painel de comando ou processo automatizado. As informações mais comuns fornecidas através destes dispositivos são: ligado, desligado, falha e emergência.

IDENTIFICAÇÃO DE SINALEIROS SEGUNDO IEC 73 E VDE 0199

Cores	Significado	Aplicações Típicas
	<ul style="list-style-type: none">● Condições anormais, perigo ou alarme.	<ul style="list-style-type: none">● Temperatura excede os limites de segurança● Aviso de paralisação (ex.: sobrecarga)
	<ul style="list-style-type: none">● Atenção, cuidado.	<ul style="list-style-type: none">● O valor de uma grandeza aproxima-se de seu limite
	<ul style="list-style-type: none">● Condição de serviço segura.	<ul style="list-style-type: none">● Indicação de que a máquina está pronta para operar.
	<ul style="list-style-type: none">● Circuitos sob tensão, funcionamento normal	<ul style="list-style-type: none">● Máquina em movimento.
	<ul style="list-style-type: none">● Informações especiais, exceto as acima	<ul style="list-style-type: none">● Sinalização de comando remoto.● Sinalização de preparação da máquina.

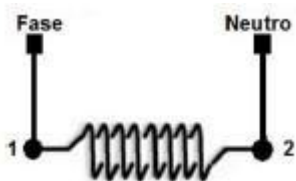
8. SIMBOLOGIA DE COMANDOS

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	botoeira sem retenção		temporizador com retardo na energização - bobina		autotransformador trifásico de partida
	botoeira com retenção		temporizador com retardo na desenergização - bobina		motor monofásico
	fim de curso		cruzamento com ligação		motor trifásico
	contato auxiliar		cruzamento sem ligação		motor trifásico duas velocidades - Dahlander
	contato relé térmico de sobrecarga		fusível		motor trifásico duas velocidades - enrolamentos separados
	temostato		aterramento		
	pressostato		sinalização visual (lâmpada)		
	temporizador com retardo na energização (ON-delay)		sinalização sonora (buzzer)		
	temporizador com retardo na desenergização (OFF-delay)		relé térmico de sobrecarga		
	temporizador Y-Δ - contatos		disjuntor tripolar		
	contator - bobina		contator - contatos principais		
	temporizador Y-Δ - bobina		chave seccionadora tripolar		

9. MOTORES DE INDUÇÃO (ASSÍNCRONO)

MONOFÁSICO Motor monofásico com 2 (dois) terminais

Este motor é alimentado por apenas um valor de tensão, assim a tensão de alimentação indicada na placa do motor deverá ser a mesma da alimentação de rede, e não tem possibilidade de inversão de rotação.

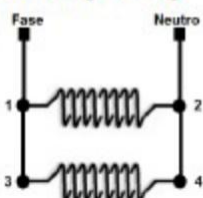


Ligação em 110V ou em 220V (alimentação única)

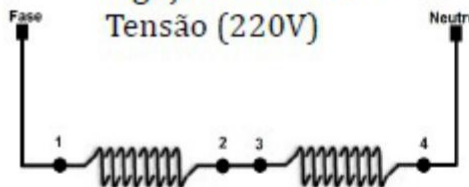
Motor monofásico com 4 (quatro) terminais

Este motor possui o enrolamento dividido em duas partes iguais, podendo ser ligado em dois valores diferentes de tensão, comumente denominados de maior tensão e menor tensão, a tensão maior é duas vezes o valor da tensão menor. $V_{\text{maior}} = 2 * V_{\text{menor}}$

Ligação em Menor Tensão (110V)



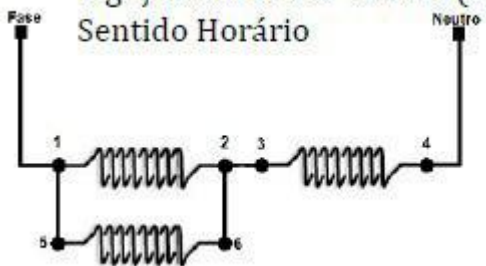
Ligação em Maior Tensão (220V)



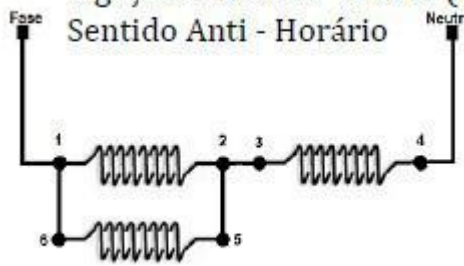
Motor monofásico com 6 (seis) terminais

Este motor tem a possibilidade de ligação em 2 (dois) valores de tensão e permite ainda a inversão do sentido da rotação. A inversão do sentido da rotação não pode ser realizada em movimento (o enrolamento auxiliar com os terminais 5-6 é o enrolamento responsável pela inversão de rotação).

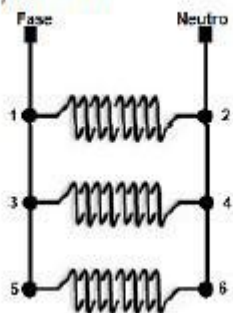
Ligação em Maior Tensão (220V) Sentido Horário



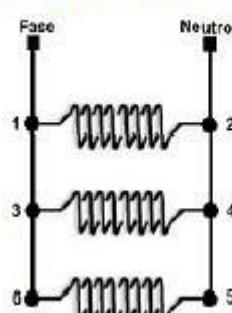
Ligação em Maior Tensão (220V) Sentido Anti - Horário



Ligação em Menor Tensão (110V) Sentido Horário

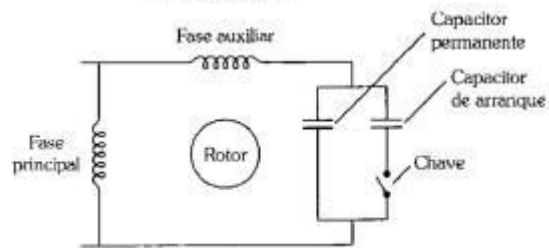
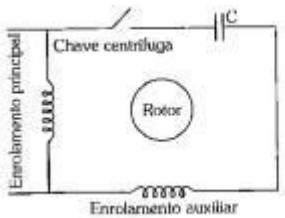
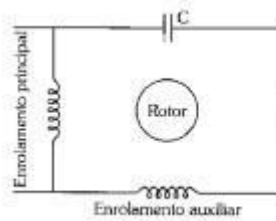
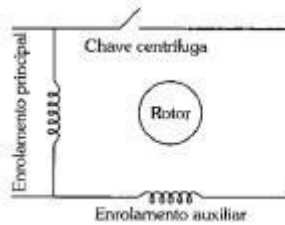


Ligação em Menor Tensão (110V) Sentido Anti - Horário



Tipos de Motores Monofásico



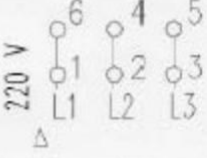
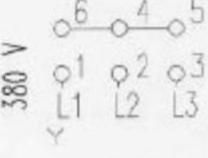



- Motor de Pólos Sombreados
- Motor de Fase Dividida (enrolamento auxiliar acoplado a chave centrífuga)
- Motor de Capacitor de Partida (enrolamento auxiliar + capacitor acoplado a chave centrífuga)
- Motor de Capacitor de Partida Permanente (enrolamento auxiliar + capacitor permanente ligado)
- Motor com Dois Capacitores (enrolamento auxiliar + um capacitor permanente paralelo com outro capacitor com chave centrífuga)

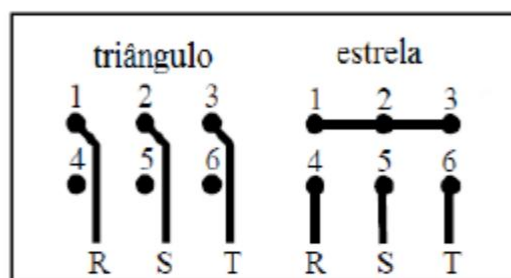
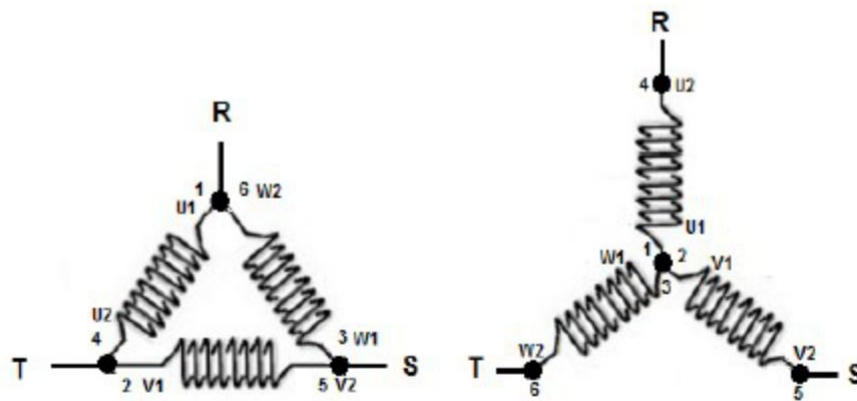


10. MOTOR DE INDUÇÃO (ASSÍNCRONO) TRIFÁSICO




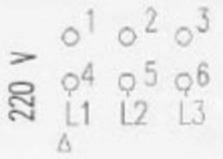



10.1 Motor Trifásico para Ligação Estrela - Triângulo

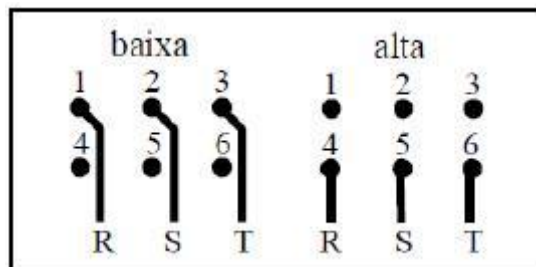
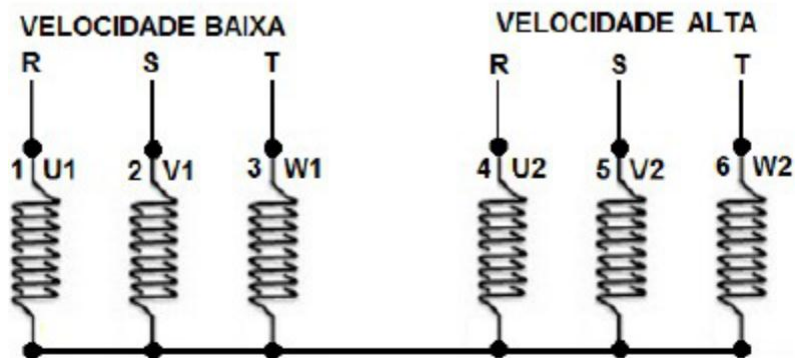
Motor de Dupla Tensão: 220/380V ou 380/660V

			
NBR.7094			
~ 3 100L			
MOTOR INDUÇÃO - GABOLA		HZ 60	CAT N
kW(cv)		3.7(5.0)	RPM 3500
FS 1.15	ISOL B	Δ	k
220/380 V		p/m 8.3	IP55
		13.8/7.99 A	
REG S 1	MAX AMB	ALT	m
 220 V Δ		 380 V Y	
 → 6206-ZZ		A BASE DE LITIO	
 → 6205-ZZ		31.0 Kg	
 INMETRO		REND.% = 83.2% COS ϕ 0.85	
01844			




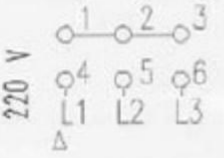





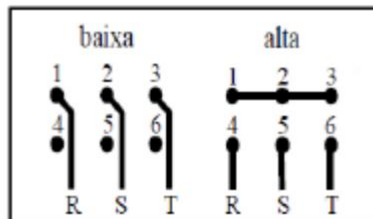
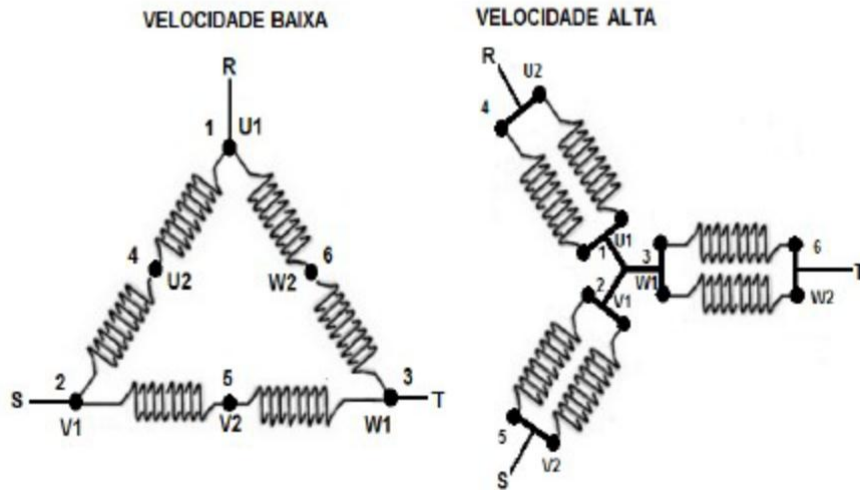
10.2 Motor Trifásico para Ligação Dupla Velocidade – Motor com Bobinas Isoladas

			
NBR.7094			
~ 3 100L			
MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA		Hz 60	CAT N
kW(cv)		3.7(5.0)	RPM 1750/3500
FS 1.15	ISOL B Δ	k	p/in 8.3
220/220 V		13.8/7.99 A	
REG S 1		MAX AMB	ALT m
			
 6206-ZZ  6205-ZZ		A BASE DE LITIO	
			31.0 Kg
		REN.D.%= 83.2%	
INMETRO		cos φ 0.85	



10.3 Motor Trifásico para Ligação Dupla Velocidade – Motor Dahlander

			
NBR.7094			
~ 3 100L			
MOTOR INDUÇÃO – CAIXOLA		HZ 60	CAT N
kW(cv)		3.7(5.0)	RPM 1750/3500
FS 1.15	ISOL B Δ †	k	lp/h 8.3
220/220 V		13.8/7.99 A	
REG S 1	MAX AMB	ALT m	
 220 V Δ		 220 V Δ	
 6206-ZZ A BASE DE LITIO 6205-ZZ		31.0 Kg	
 PNCEE		REND.% = 83.2%	
 INMETRO		COS ϕ 0.85	



10.4 Motor Trifásico para Ligação Quatro Tensões – Motor 12 pontas

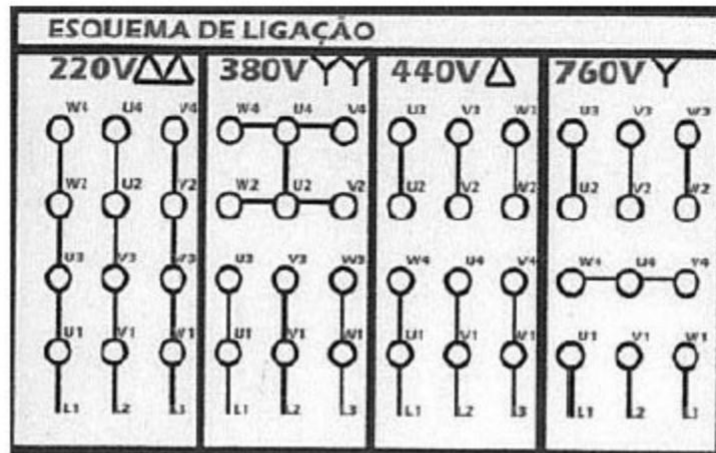


Tabela de equivalências para identificação dos cabos

Identificação dos cabos no diagrama de ligação		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Velocidade única	NEMA MG 1 Parte 2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
	IEC 60034-8	U1	V1	W1	U2	V2	W2	U3	V3	W3	U4	V4	W4
	JIS (JEC 2137) - até 6 terminais	U	V	W	X	Y	Z						
	JIS (JEC 2137) - acima de 6 terminais	U1	V1	W1	U2	V2	W2	U5	V5	W5	U6	V6	W6
Duas velocidades (Dahlander e Duplo enrolamento)	NEMA MG 1 Parte 2 ¹⁾	1U	1V	1W	2U	2V	2W	3U	3V	3W	4U	4V	4W
	IEC 60034-8	1U	1V	1W	2U	2V	2W	3U	3V	3W	4U	4V	4W
	JIS (JEC 2137)	1U	1V	1W	2U	2V	2W	3U	3V	3W	4U	4V	4W

1) A norma NEMA MG 1 Parte 2 define T1 a T12 para dois ou mais enrolamentos, porém a WEG adota 1U a 4W.

BIBLIOGRAFIA

- Catálogos de produtos de acionamentos e comandos da WEG
- Catálogos de produtos de acionamentos e comandos da SIEMENS
- Módulo 1 – Comando e Proteção WEG
- Apresentação de Comandos Elétricos, Carlos T. MATSUMI
- Papenkort, Franz. Esquemas elétricos de comando e proteção. Editora EPU, São Paulo, 1989.
- CLAITON, Moro Fanchi. Acionamentos Elétricos. Editora Érica, São Paulo, 2008.
- CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2001.
- NBR-5410. Instalações Elétricas em Baixa Tensão. Editora ABNT, Brasil, 2007.