

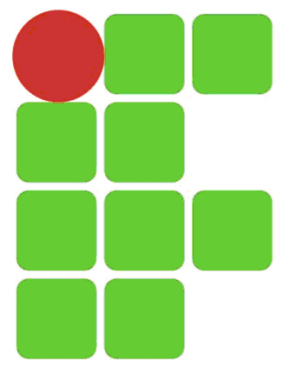
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE
Campus Mossoró

DIRETORIA ACADÊMICA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ELETROTÉCNICA

CHAVES DE PARTIDA PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUÇÃO

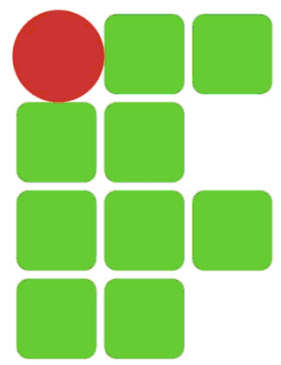
Disciplina: Máquinas e Acionamentos Elétricos

Prof.: Hélio Henrique



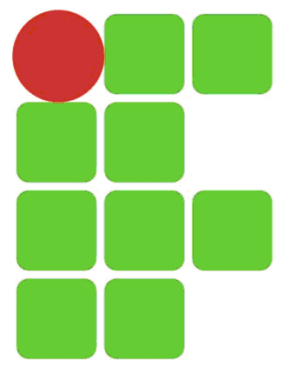
PARTIDA DIRETA

- O motor recebe tensão plena;
- Valores de conjugado (torque) e corrente de partida são plenos.
- Conseqüências:
 - Queda de tensão acentuada;
 - O sistema deverá ser superdimensionado (elevação de custos);
 - Desobediência às normas vigentes que delimitam a queda de tensão da rede.



PARTIDA DIRETA

- Restrições:
 - Motores com potência máxima de 7,5 cv;
 - A corrente do motor deve ser bem inferior à da rede;
 - As instalações elétricas devem ter capacidade para conduzir a corrente de partida (tempo curto) e a corrente nominal (regime permanente);
 - Os motores devem partir sem carga (a vazio). Somente depois de se ter atingido a rotação nominal é que a carga poderá ser aplicada.



PARTIDA DIRETA

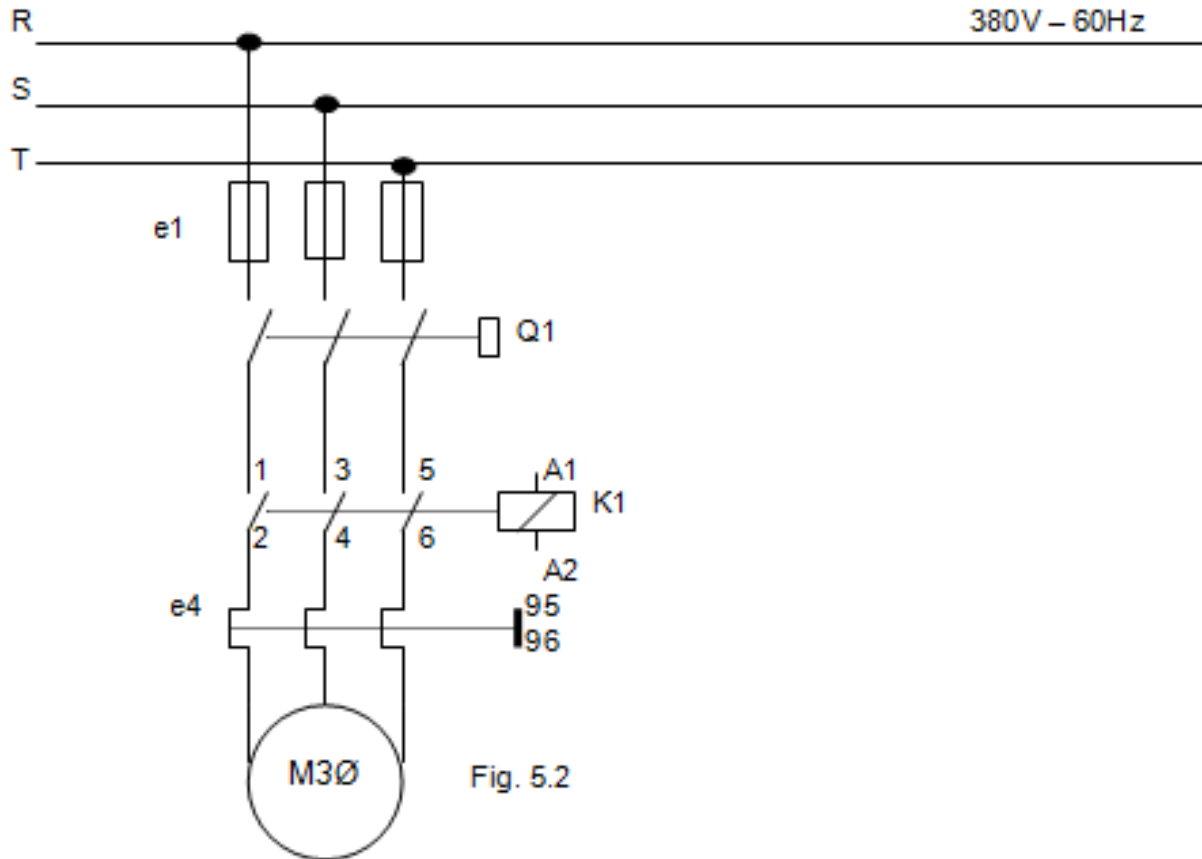
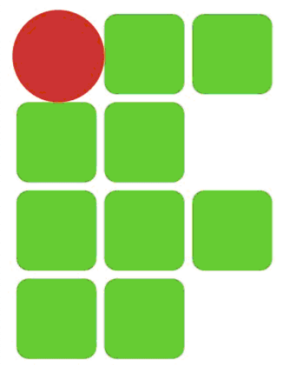


Fig. 1 - Diagrama de Força



PARTIDA DIRETA

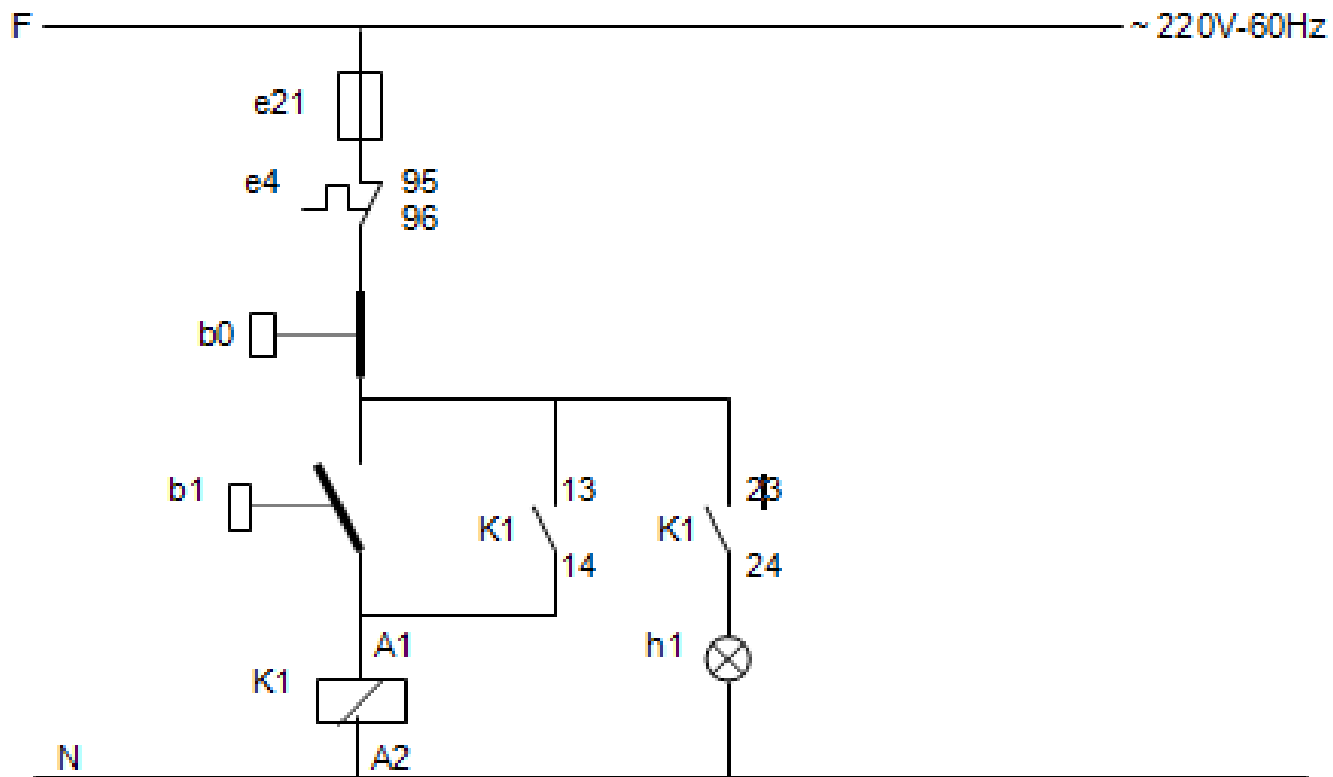
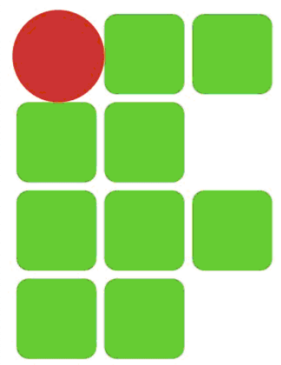


Fig. 2 - Comando local ou a distância por botoeiras

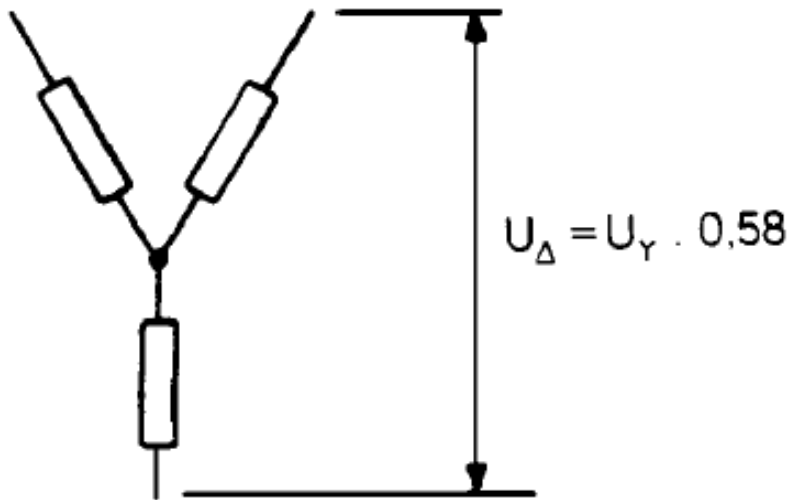


PARTIDA ESTRELA- TRIÂNGULO

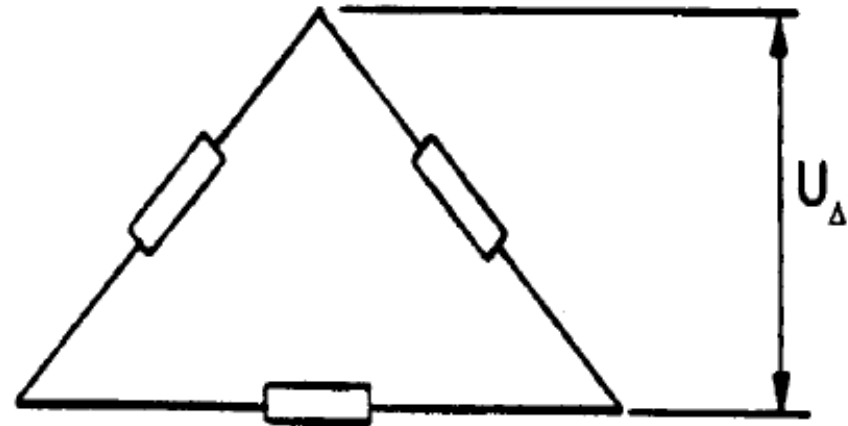
- Partida com redução de tensão e conseqüente, redução de corrente;
- Na partida executa-se a ligação *estrela* no motor (apto a receber tensão de *estrela* – U_Y), porém ele é alimentado com tensão de triângulo (U_Δ), ou seja, com a tensão da rede (fig. 4 (a)). Assim, as bobinas do motor recebem 58% () da tensão que deveriam receber.
- No instante em que o motor atinge aproximadamente 90% da sua velocidade nominal é feito a comutação, passando o motor a ser ligado em *triângulo*, assim as bobinas passam a receber a tensão nominal (fig. 4 (b)).



PARTIDA ESTRELA- TRIÂNGULO

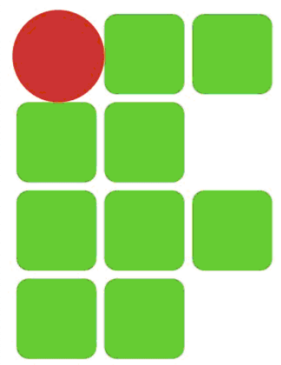


(a)



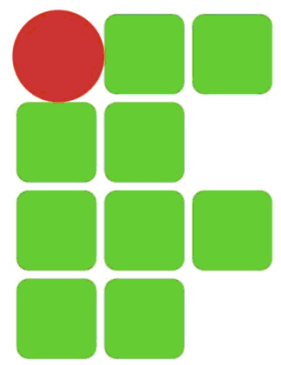
(b)

Fig. 4 – (a) Ligação em *estrela* com tensão de *triângulo*;
(b) Ligação em *triângulo* com tensão de *triângulo*.



PARTIDA ESTRELA- TRIÂNGULO

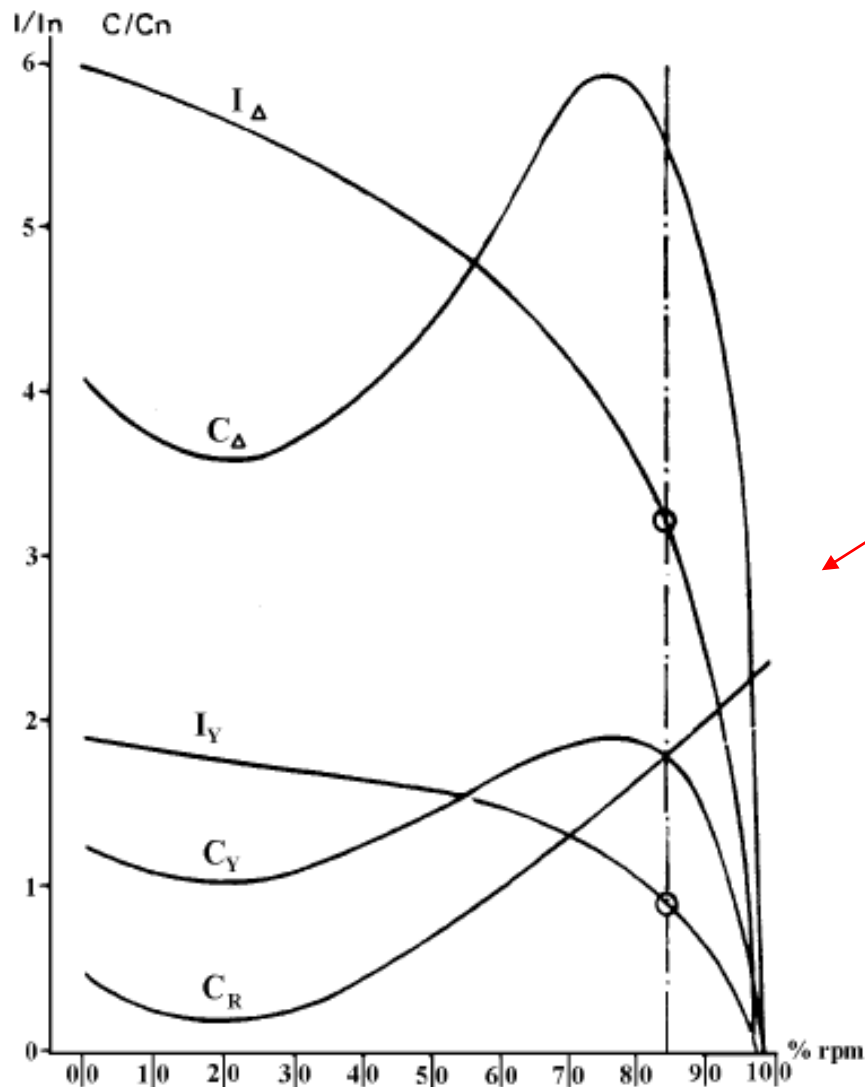
- Este tipo de chave proporciona redução da corrente de partida para aproximadamente 33% de seu valor, em comparação com a *Partida Direta*;
- Condições:
 - Os motores devem ser trifásicos, com duas tensões de ligação (estrela e triângulo) e ter no mínimo 6 terminais;



PARTIDA ESTRELA- TRIÂNGULO

- Condições:
 - A tensão de alimentação deve corresponder à tensão de ligação em triângulo do motor;
 - Assim como na *Partida Direta*, os motores devem partir sem carga (a vazio), porque na ligação em estrela ocorre também uma redução no torque de partida, proporcional a redução da corrente de partida.

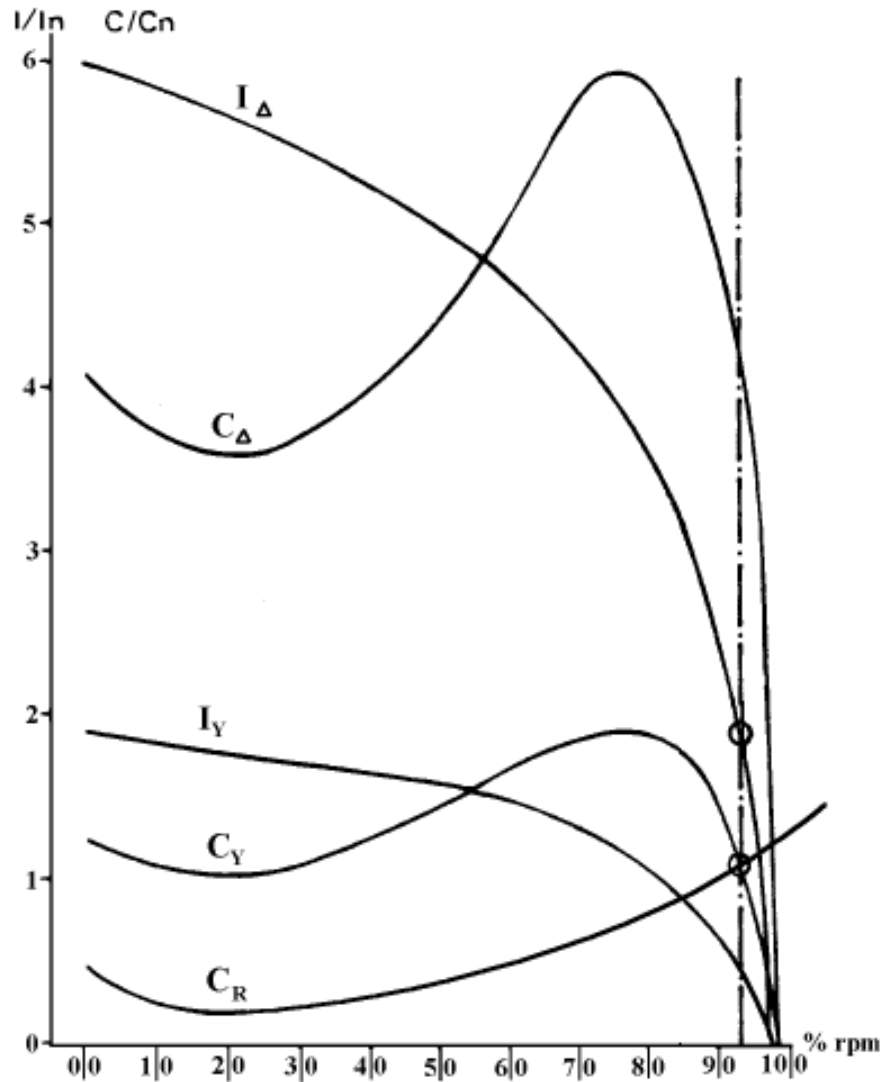
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



Não recomendada.

Fig. 5 – Comportamento da corrente na Partida Estrela-Triângulo.

PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



Recomendada.

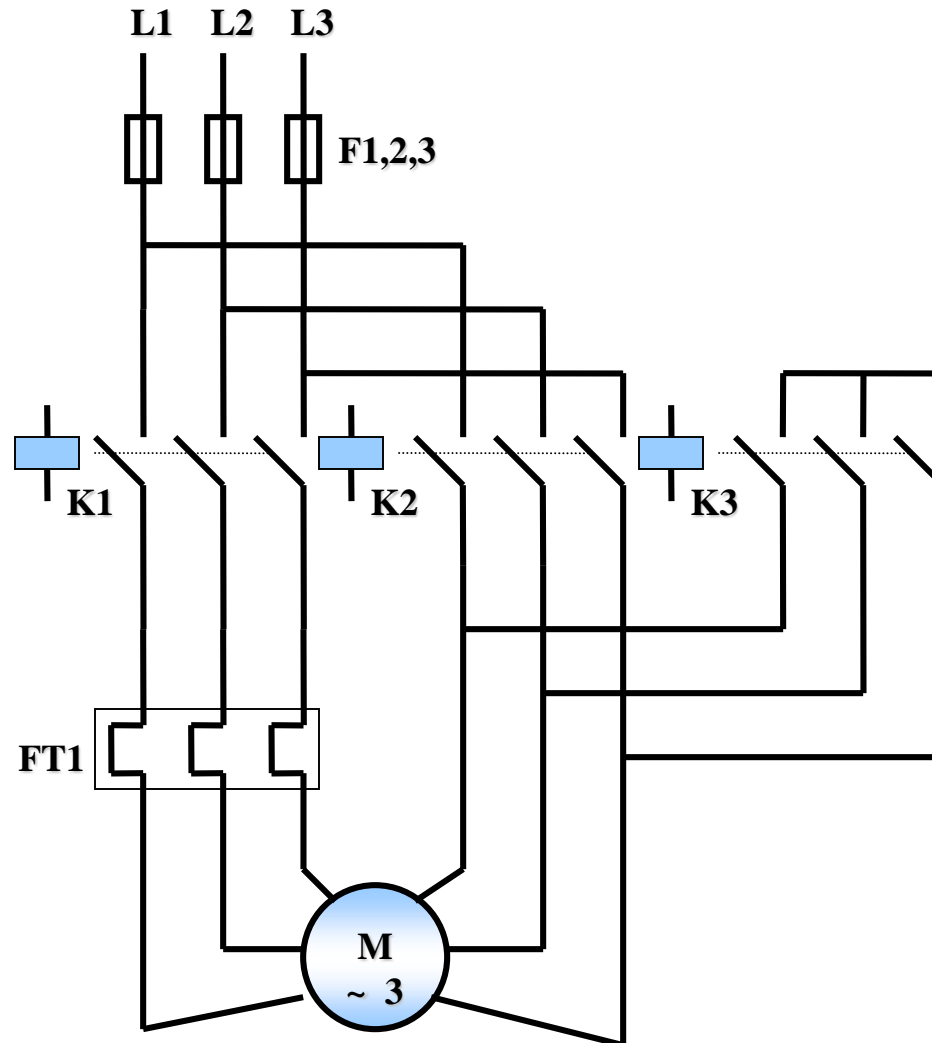
Fig. 6 – Comportamento da corrente na Partida Estrela-Triângulo.

PARTIDA ESTRELA- TRIÂNGULO

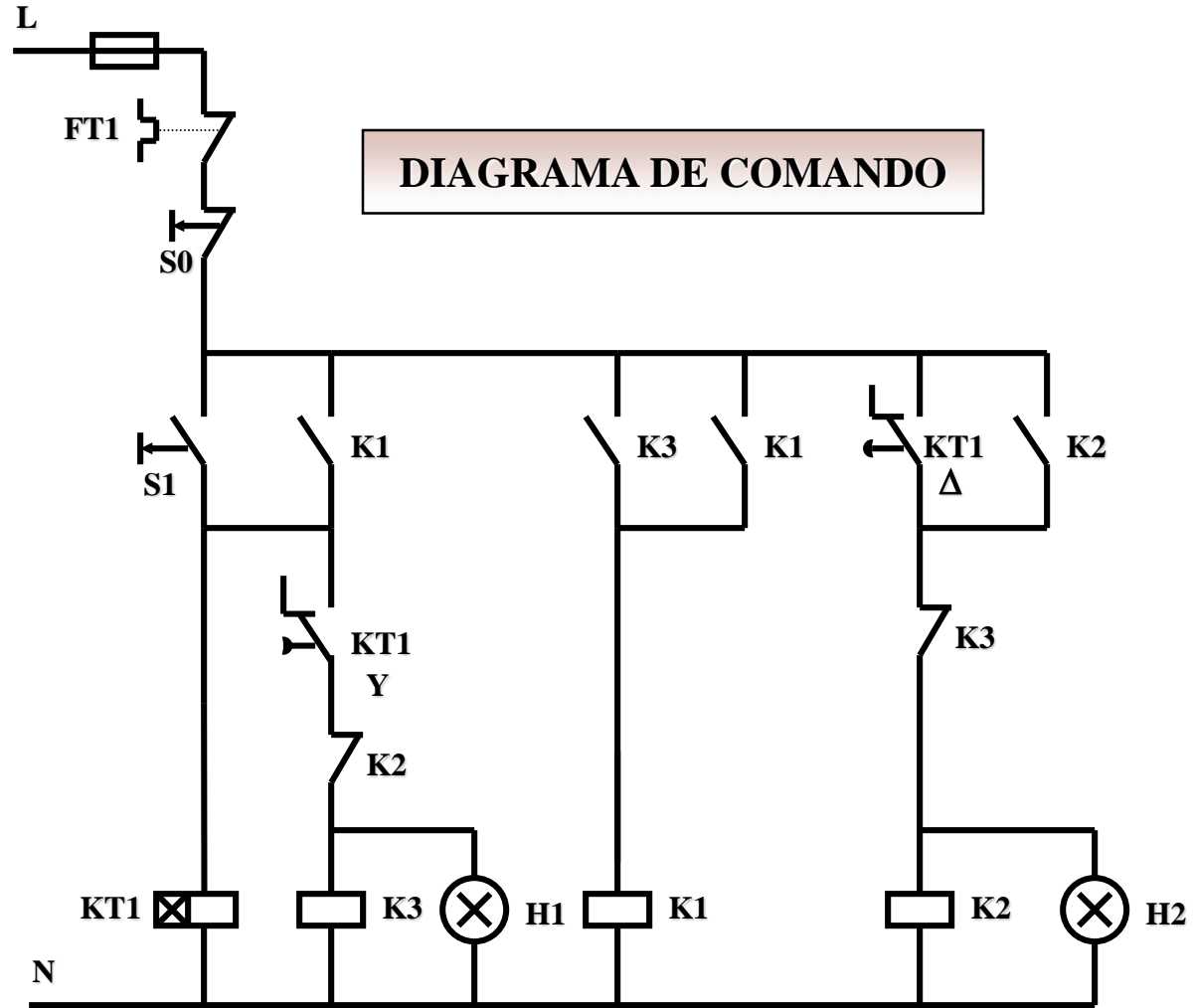
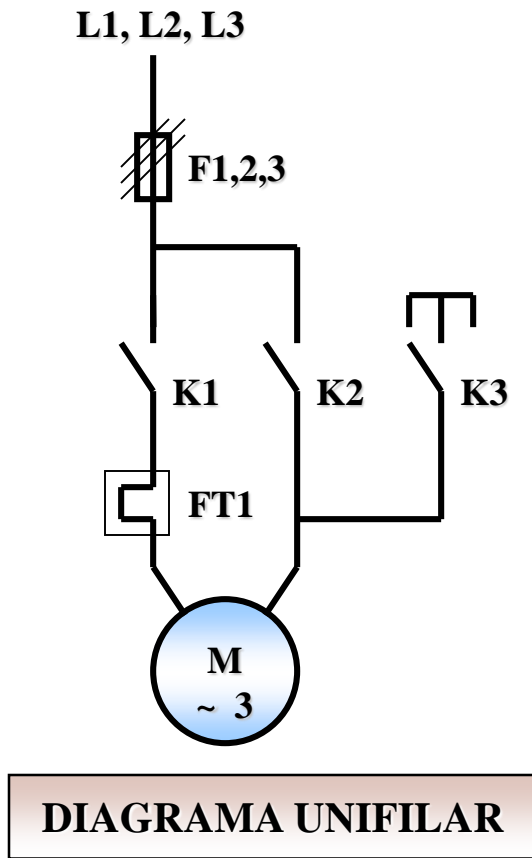
- Aplicações: serras de fita circular, ventiladores, furadeiras e esmeris.

PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO

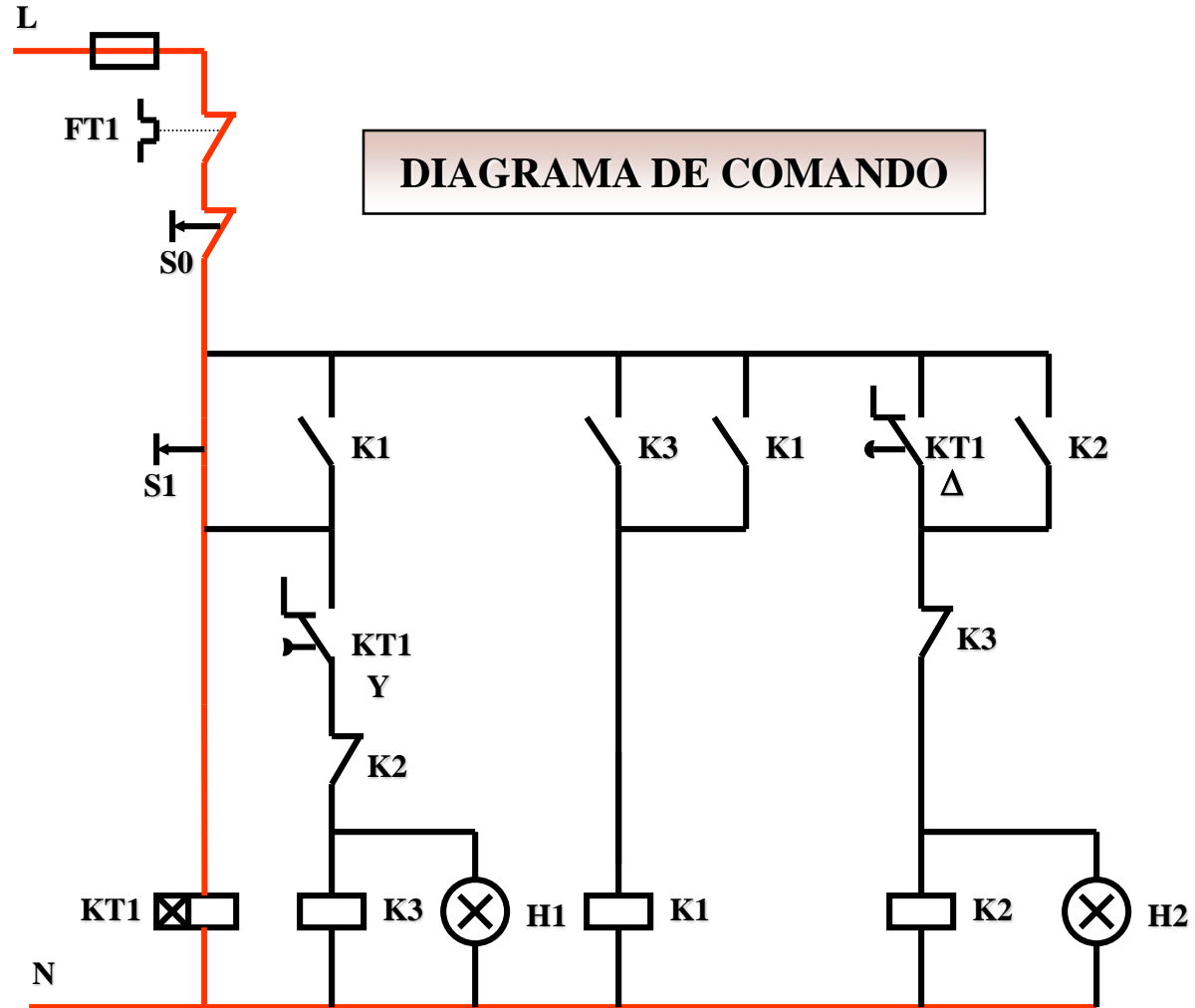
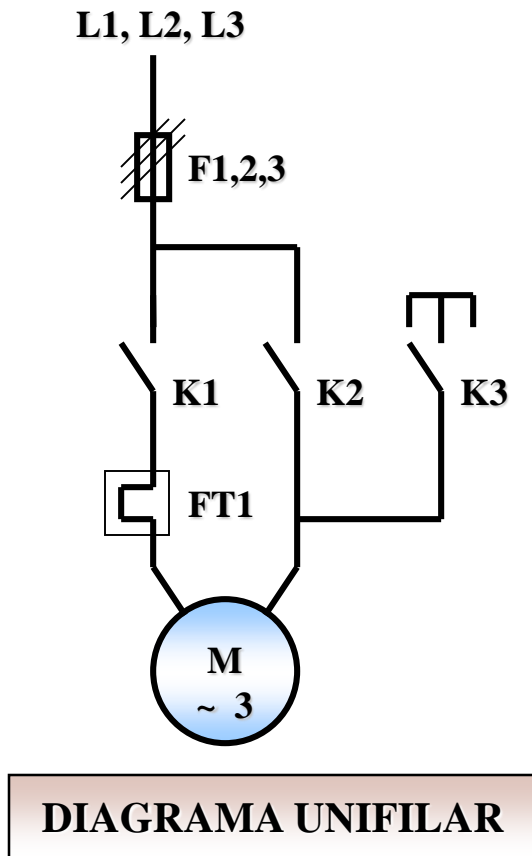
DIAGRAMA DE TRIFILAR



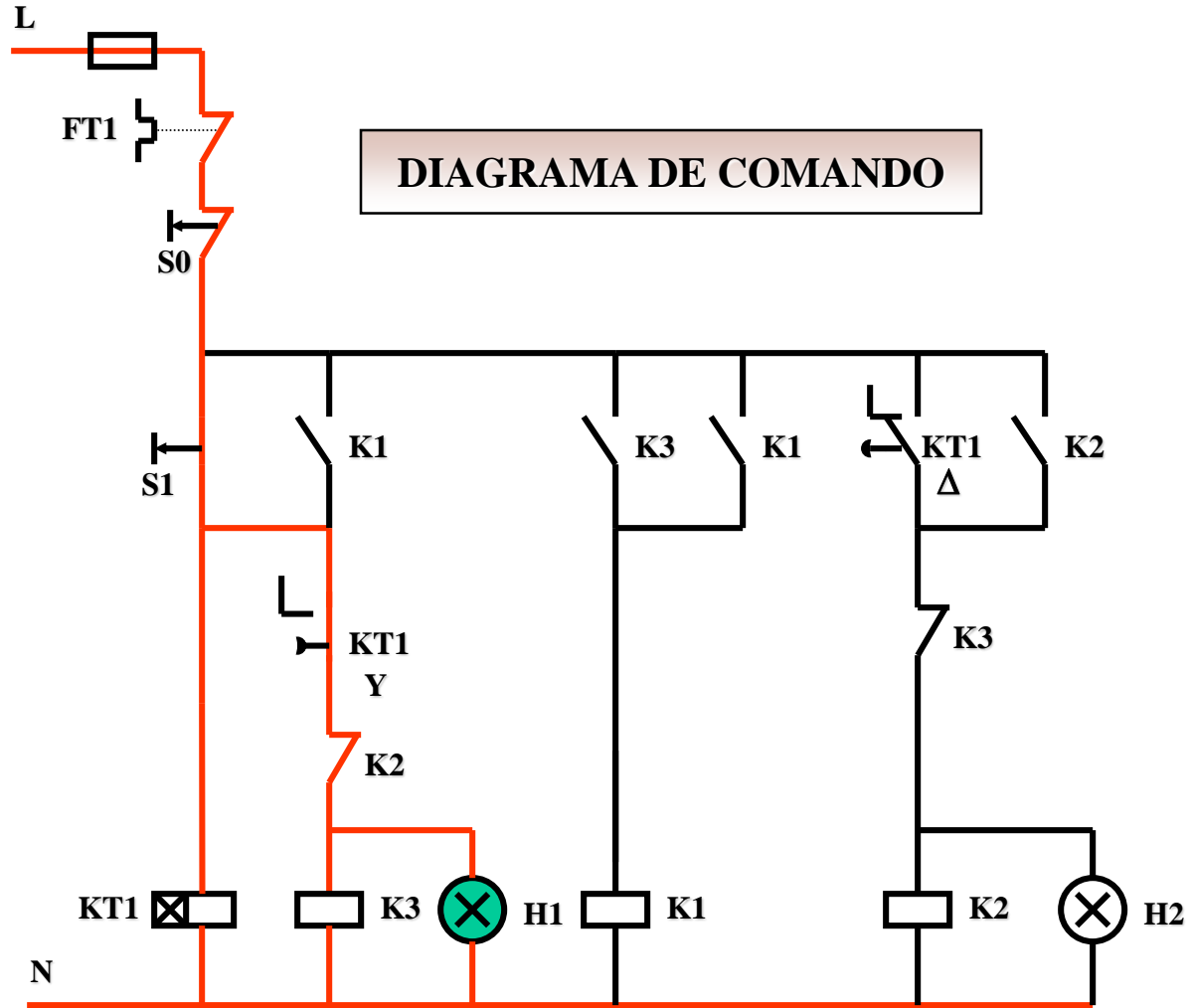
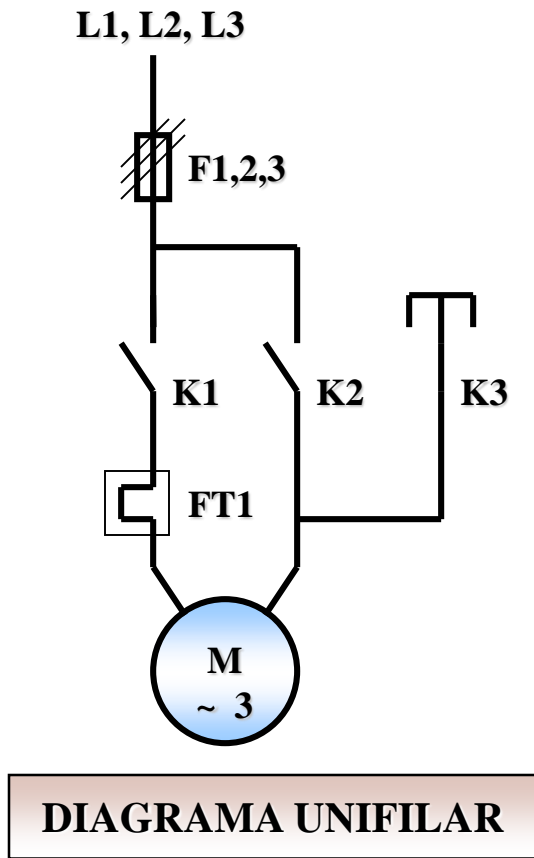
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



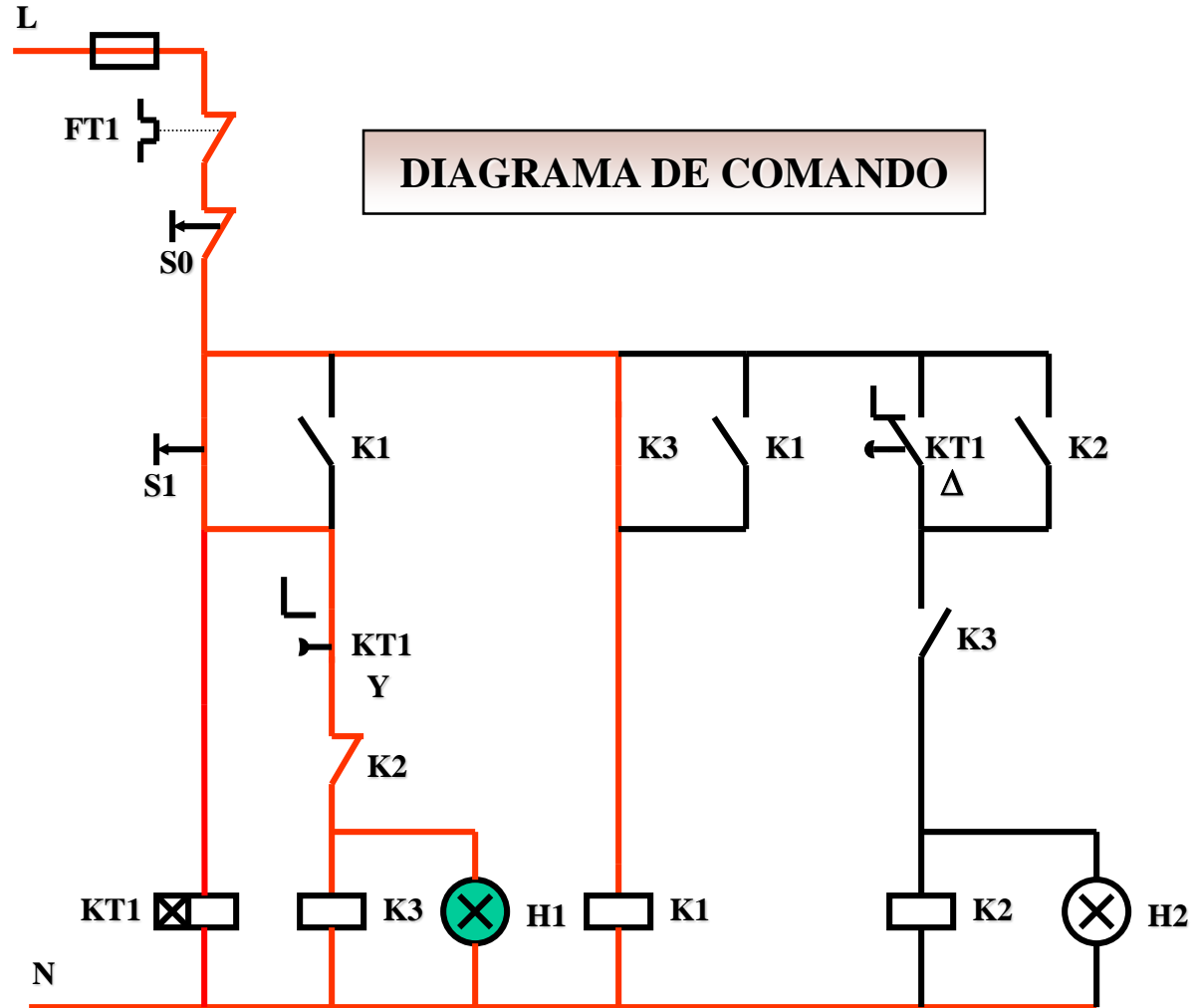
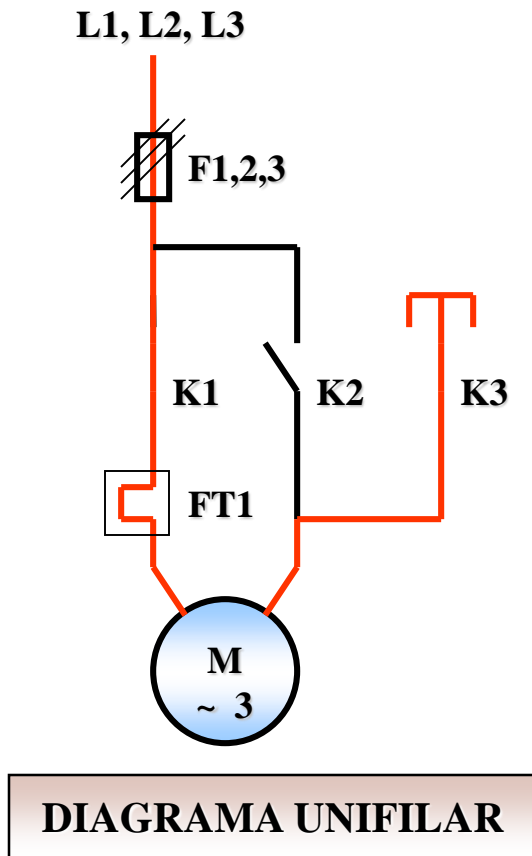
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



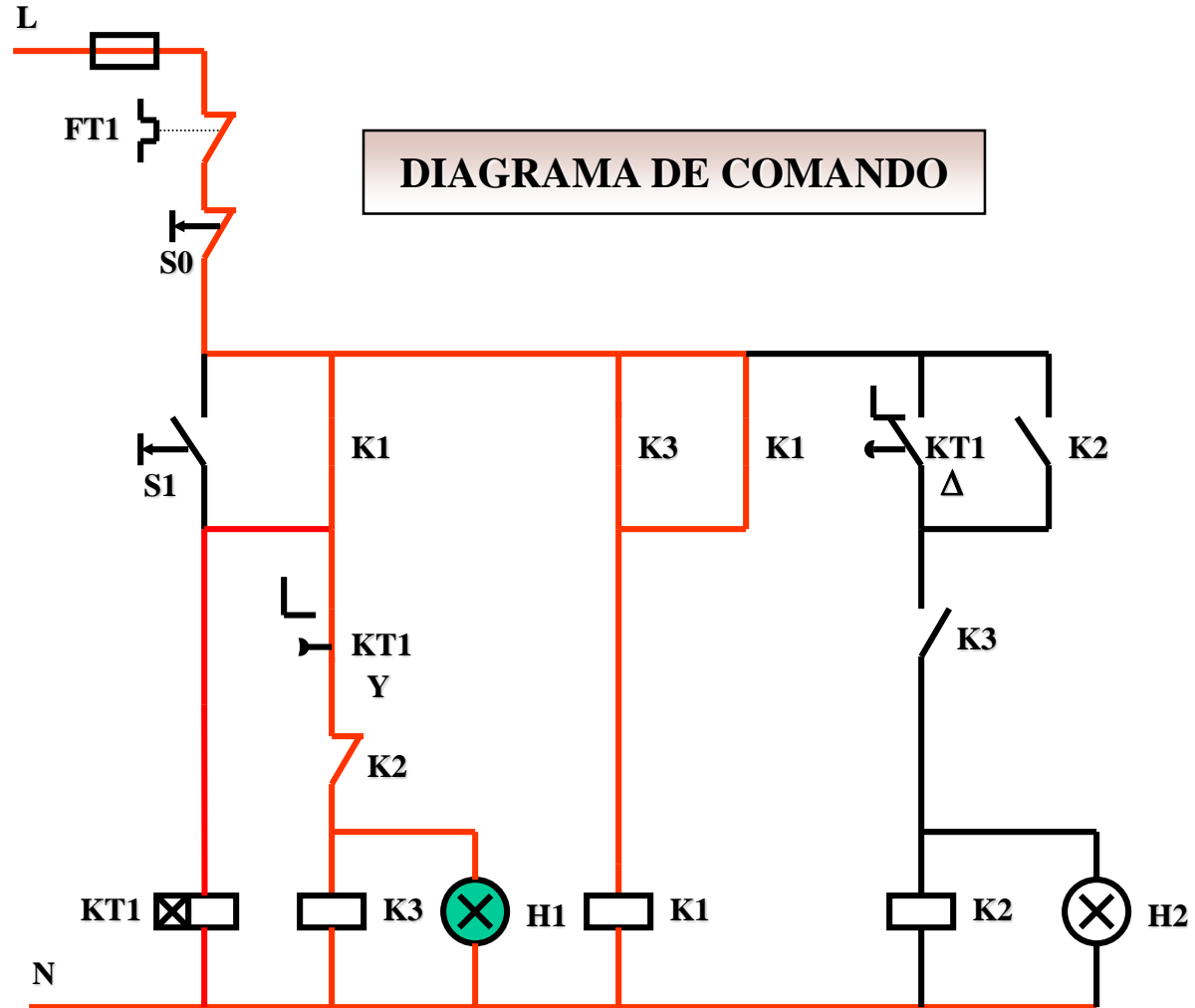
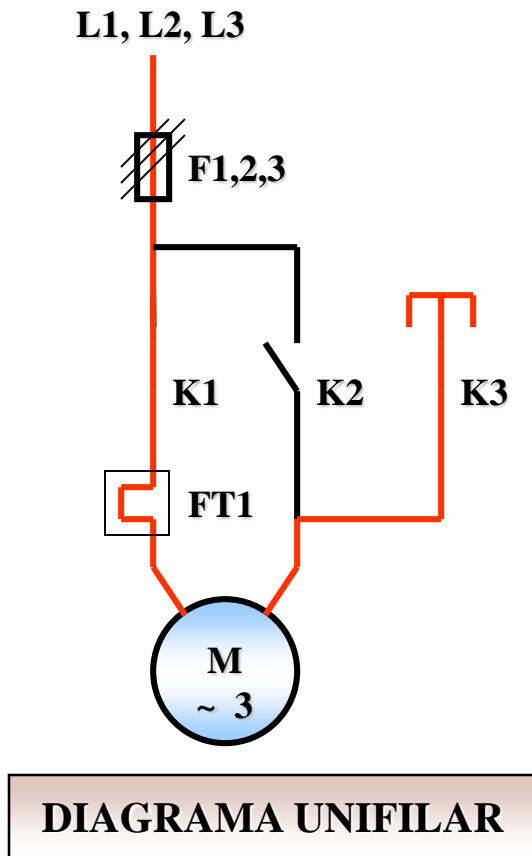
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



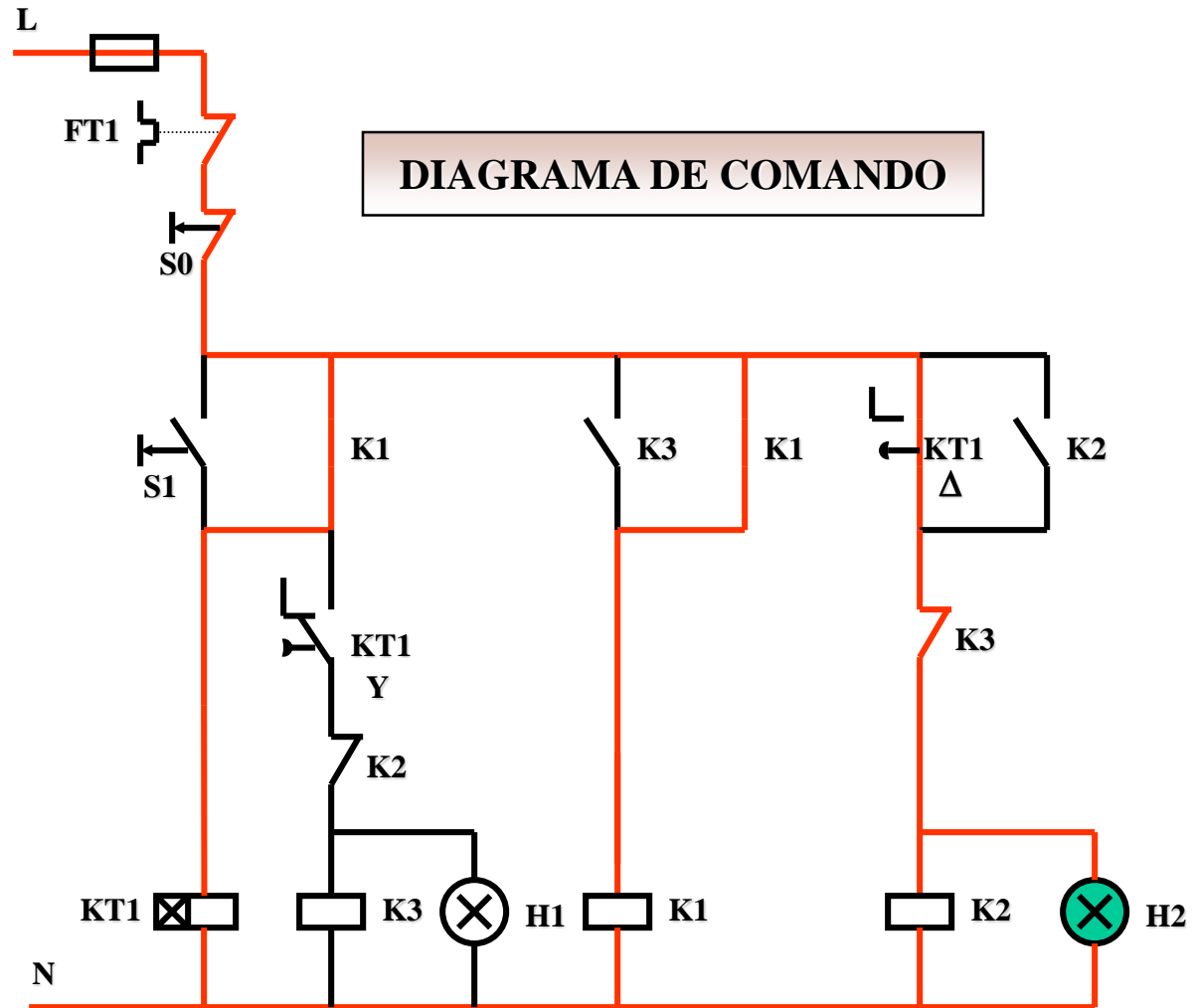
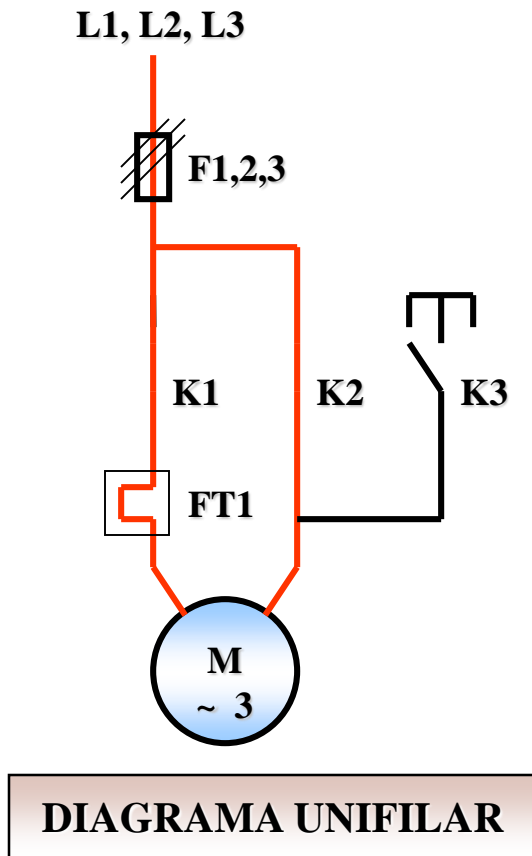
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



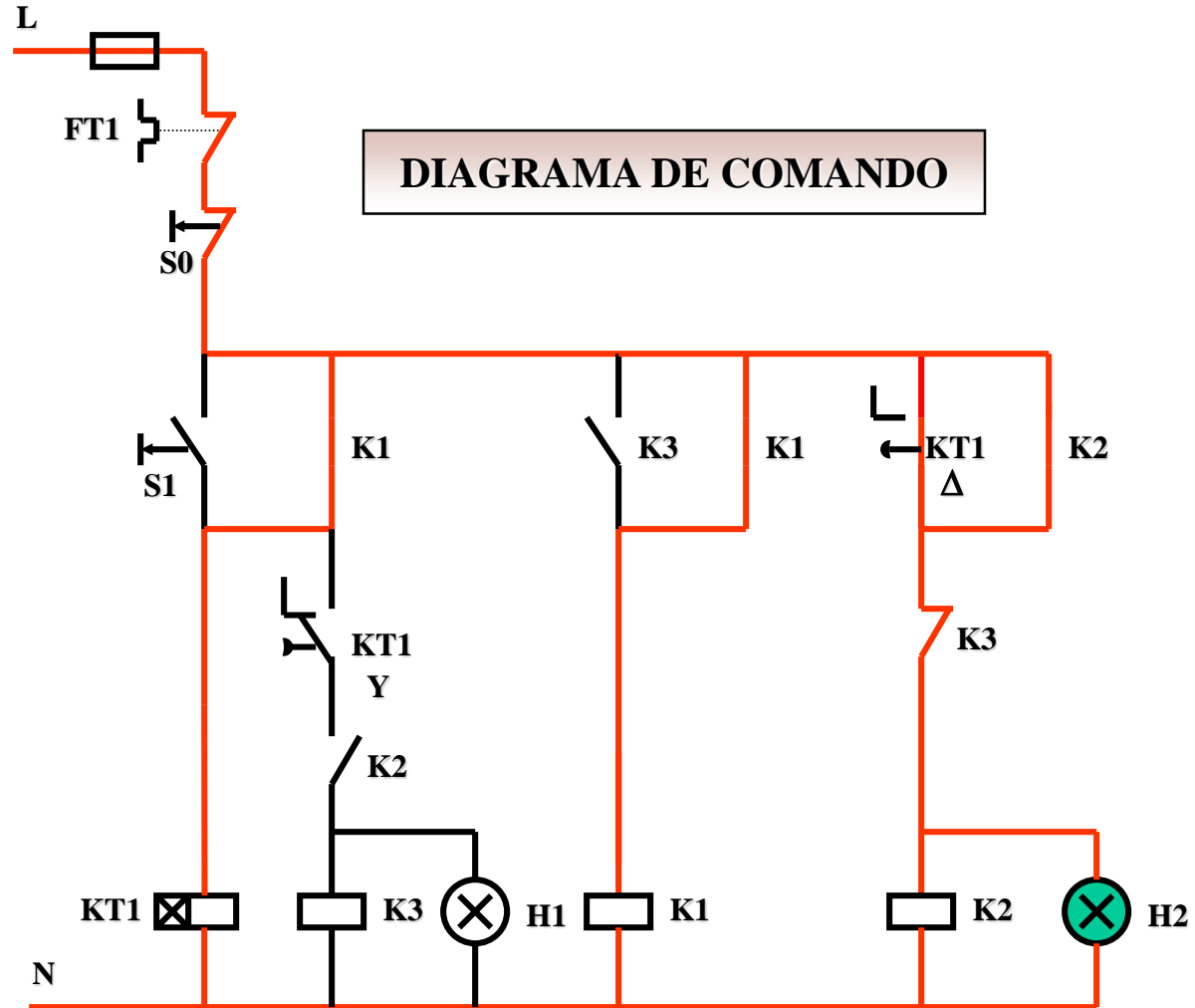
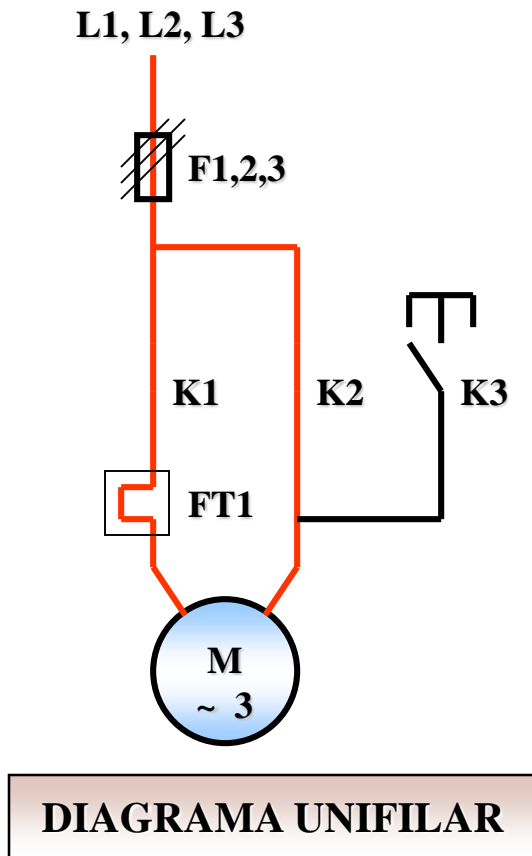
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



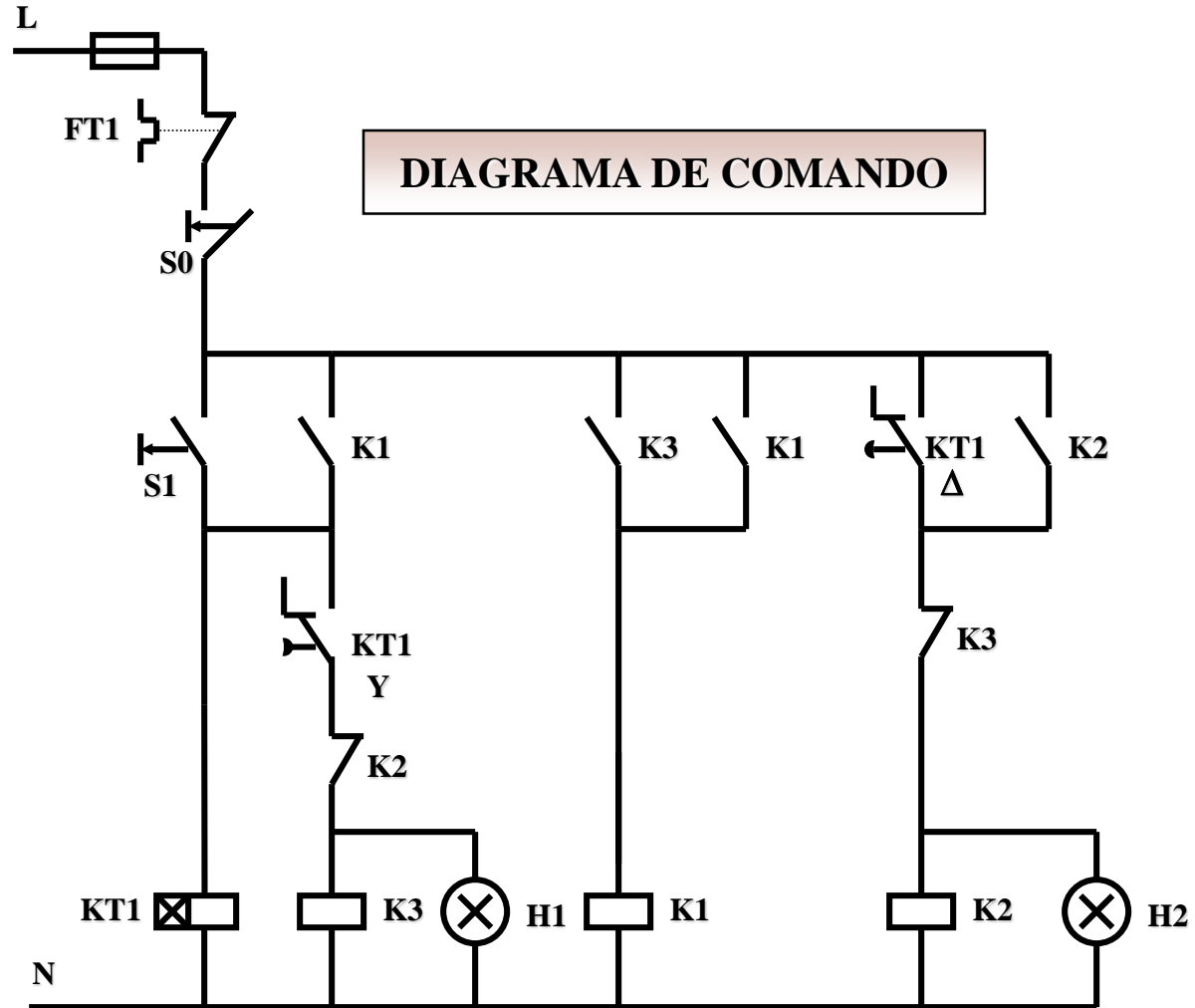
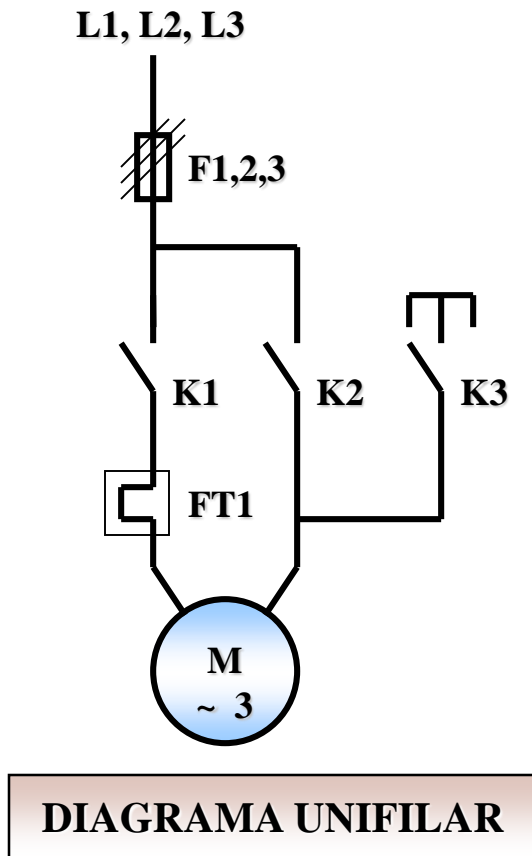
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO

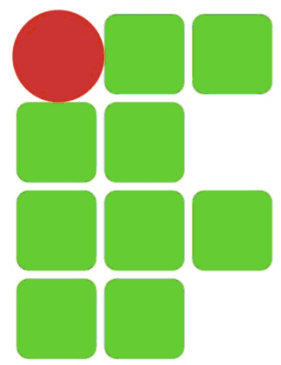


PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO



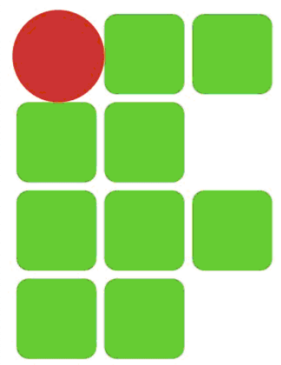
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO





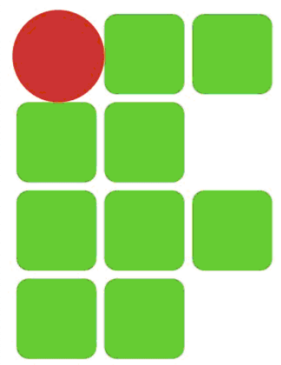
PARTIDA COMPENSADORA

- Tem como finalidade, reduzir a corrente de partida do motor;
- A tensão é reduzida, através de um transformador ou autotransformador;
- Depois de um tempo pré-estabelecido, o autotransformador é excluído do circuito;
- A redução da corrente de partida depende do TAP:
 - TAP 65% → redução para 42% do seu valor de partida direta;
 - TAP 80% → redução para 64% do seu valor de partida direta .



PARTIDA COMPENSADORA

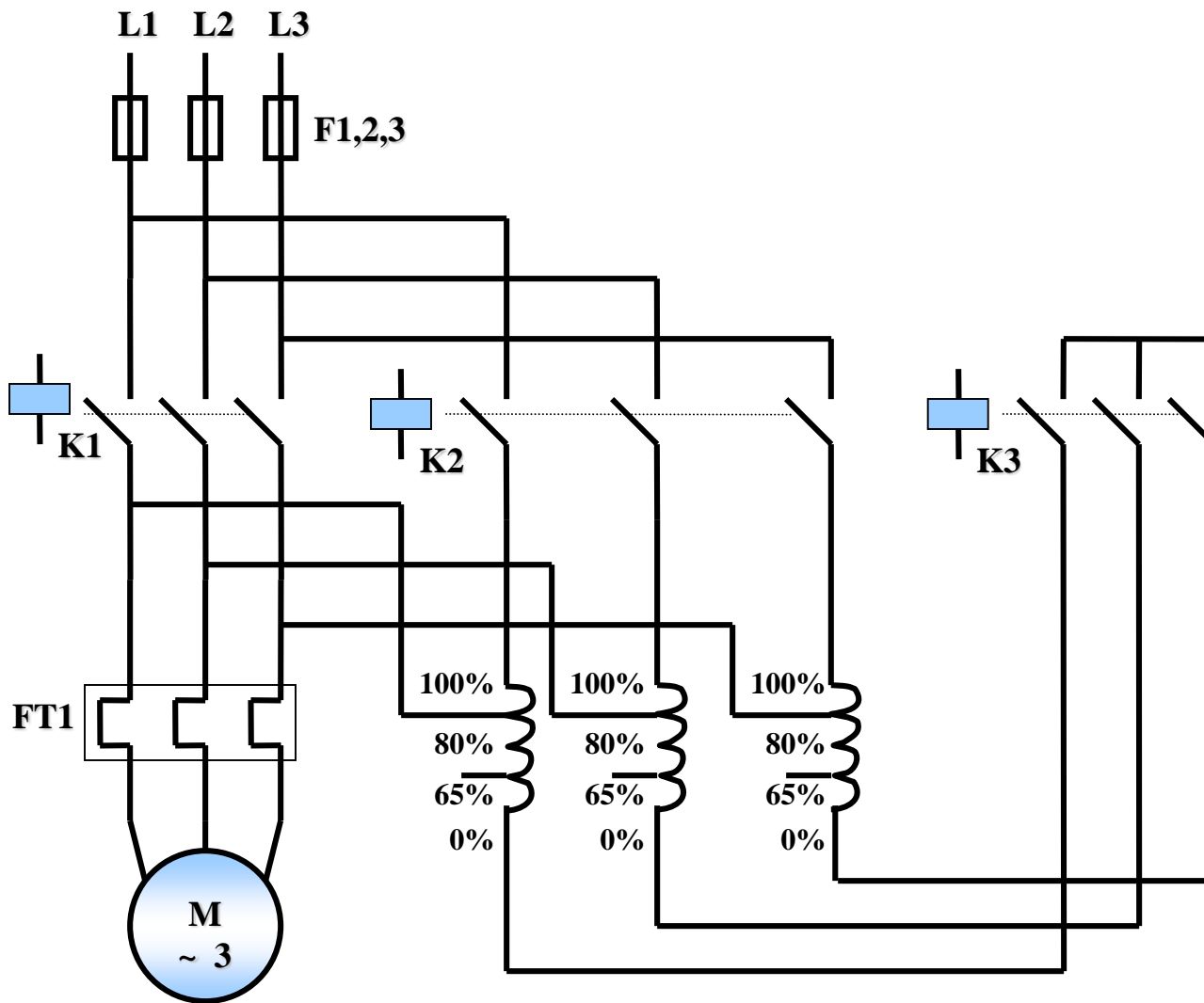
- Pode ser usada para motores que partem com carga;
- Condições:
 - O autotransformador deverá ter potência igual ou superior a do motor;
 - O conjugado resistente de partida da carga deve ser inferior à metade do conjugado de partida do motor;
 - É indicada para motores de potência elevada, que acionam cargas com alto índice de atrito.



PARTIDA COMPENSADORA

- Aplicações : britadoras e máquinas acionadas por correia.

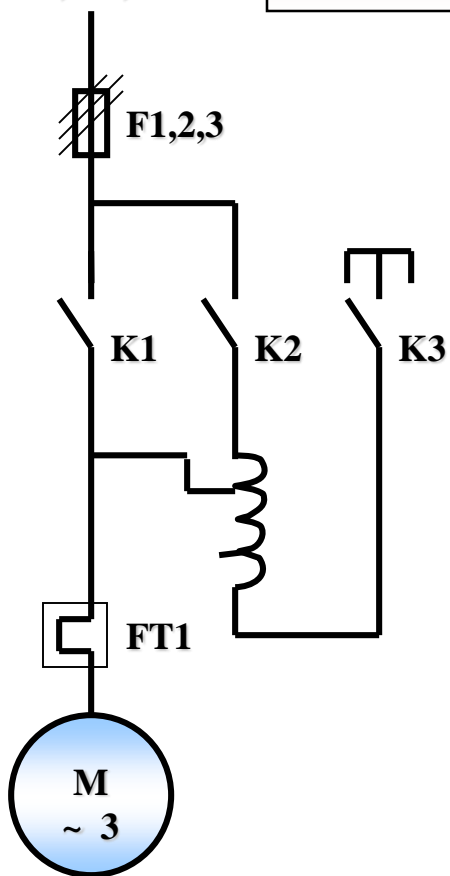
PARTIDA COMPENSADORA



PARTIDA COMPENSADORA

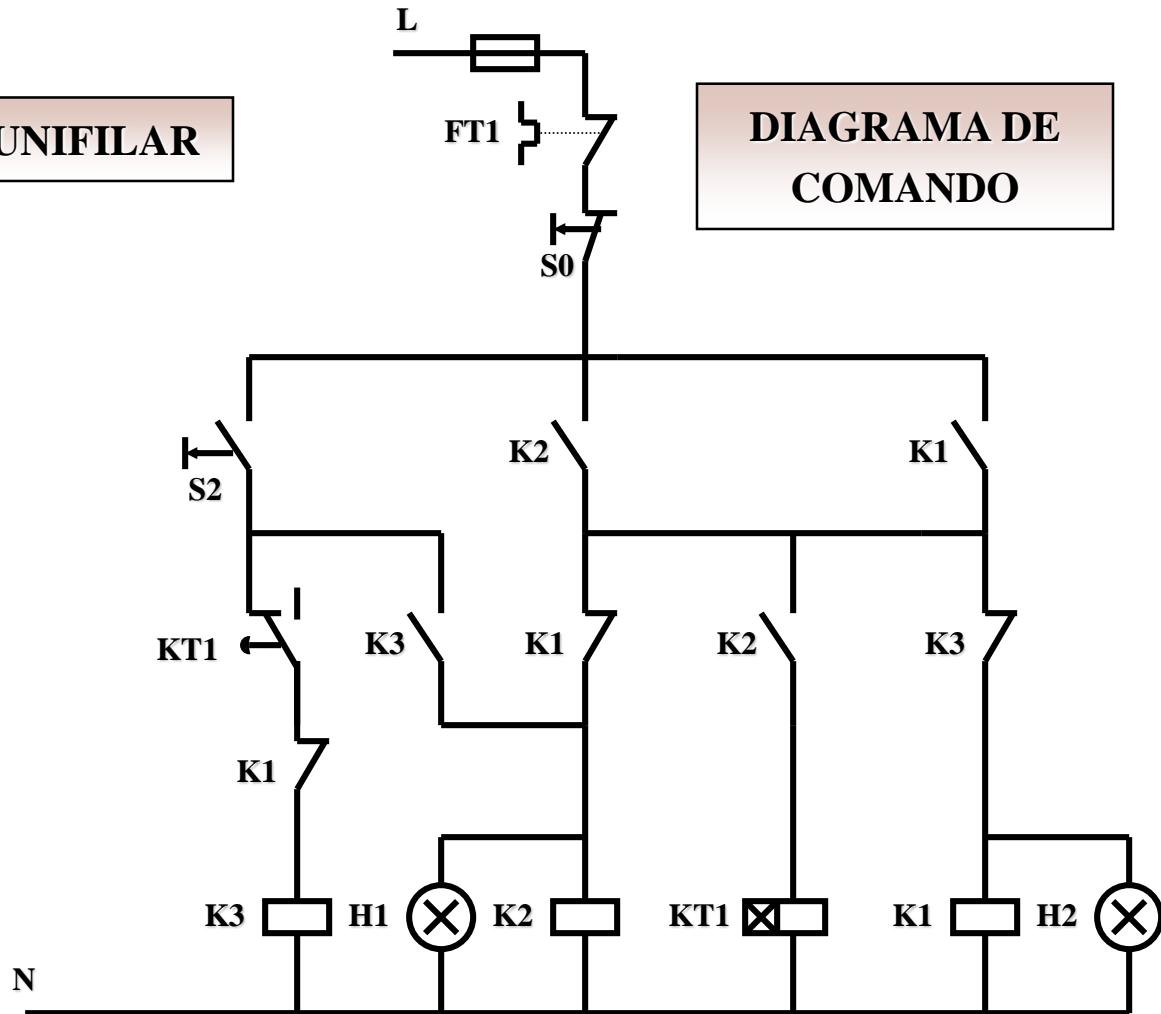
L1, L2, L3

DIAGRAMA UNIFILAR

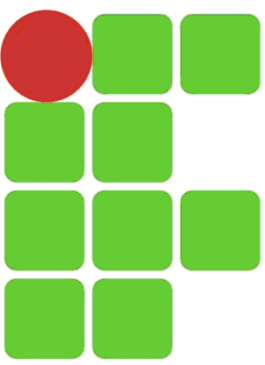


L

DIAGRAMA DE COMANDO



PARTIDA COMPENSADORA



L1, L2, L3

DIAGRAMA UNIFILAR

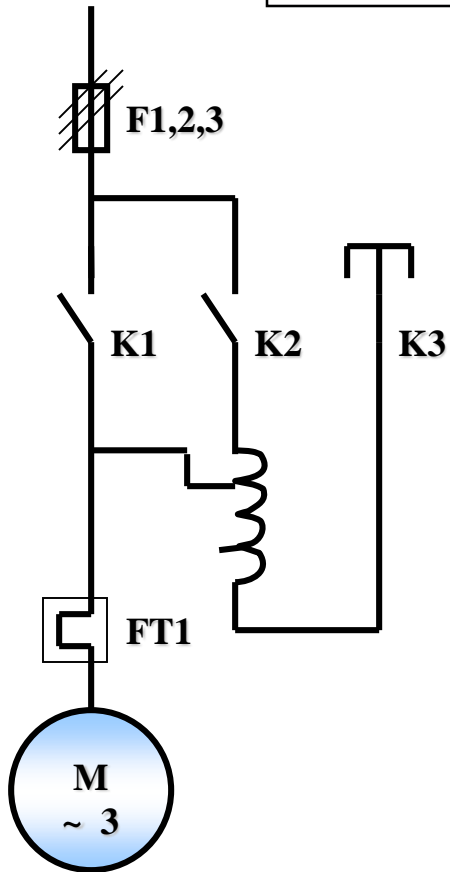
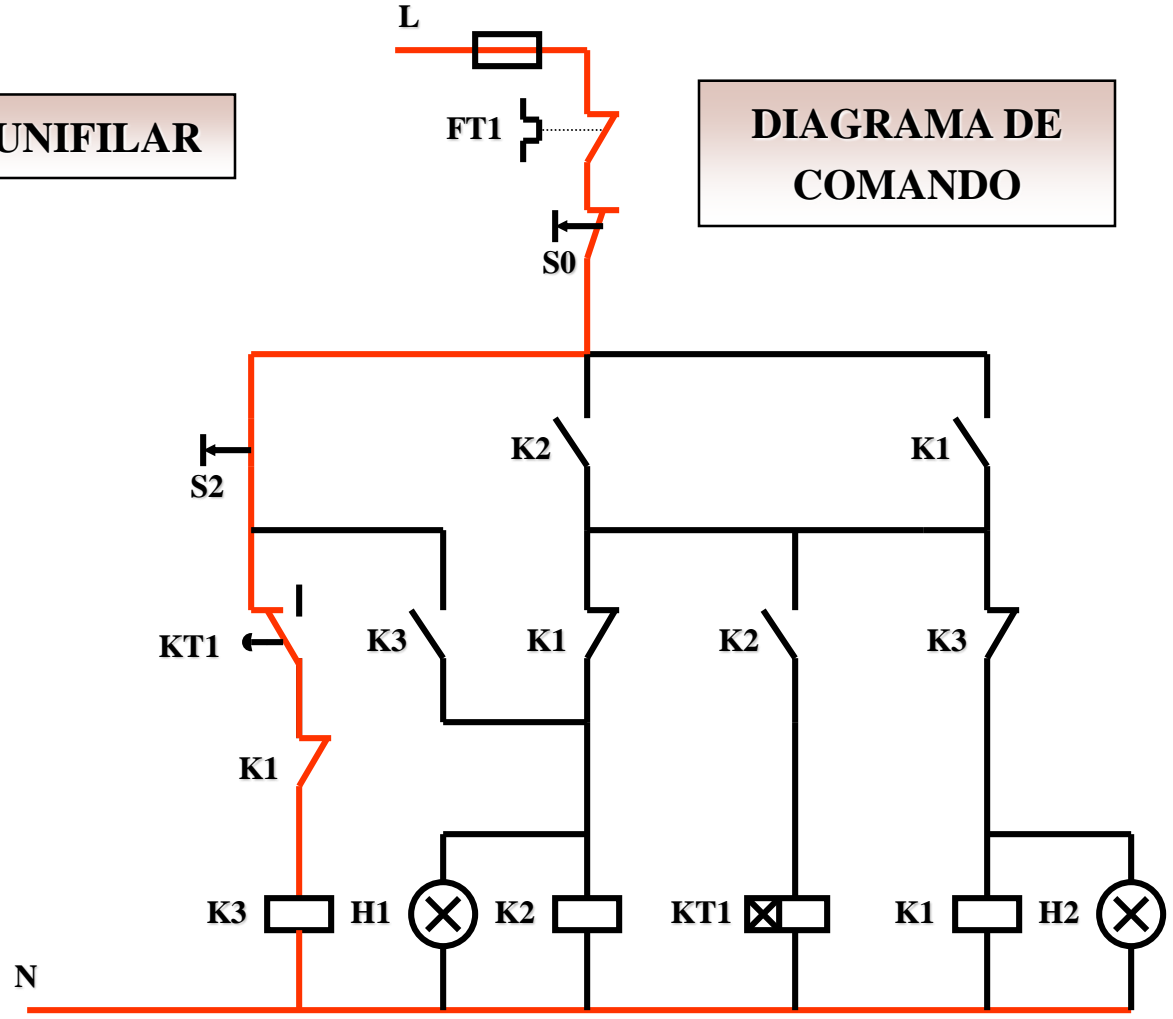


DIAGRAMA DE COMANDO



PARTIDA COMPENSADORA

L1, L2, L3

DIAGRAMA UNIFILAR

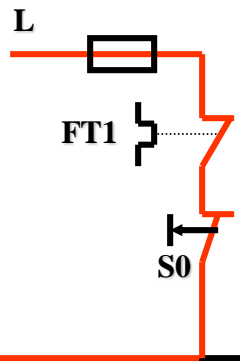
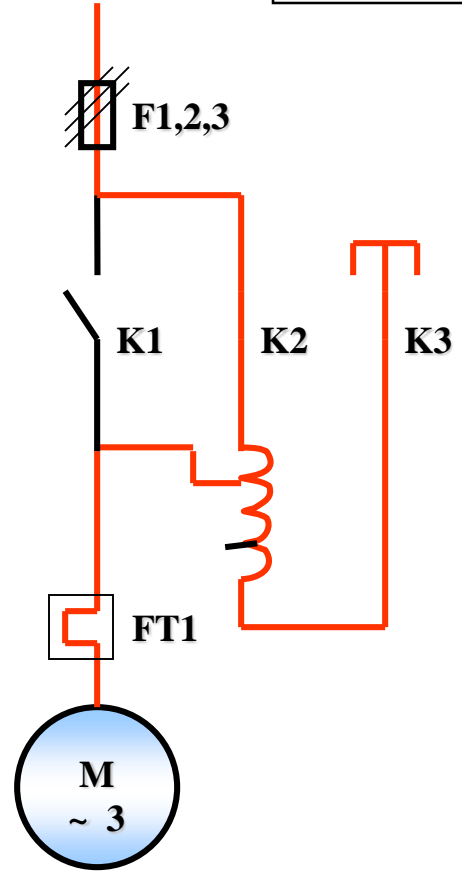
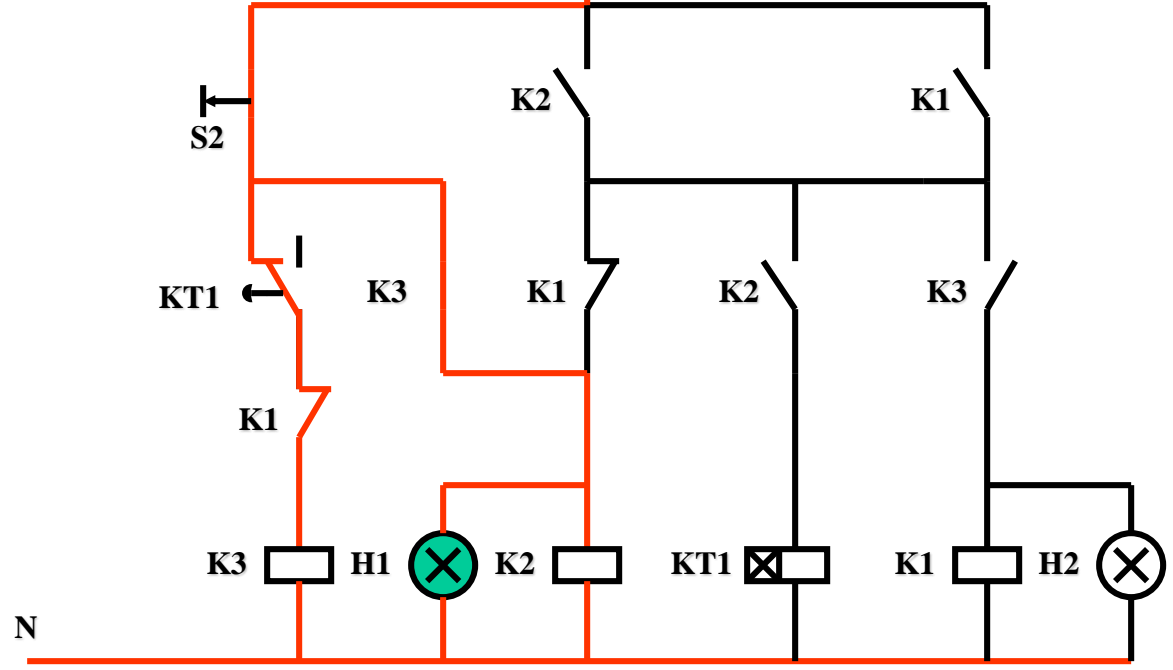


DIAGRAMA DE COMANDO



PARTIDA COMPENSADORA

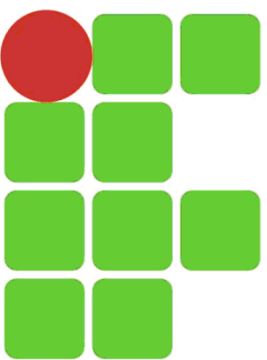


DIAGRAMA UNIFILAR

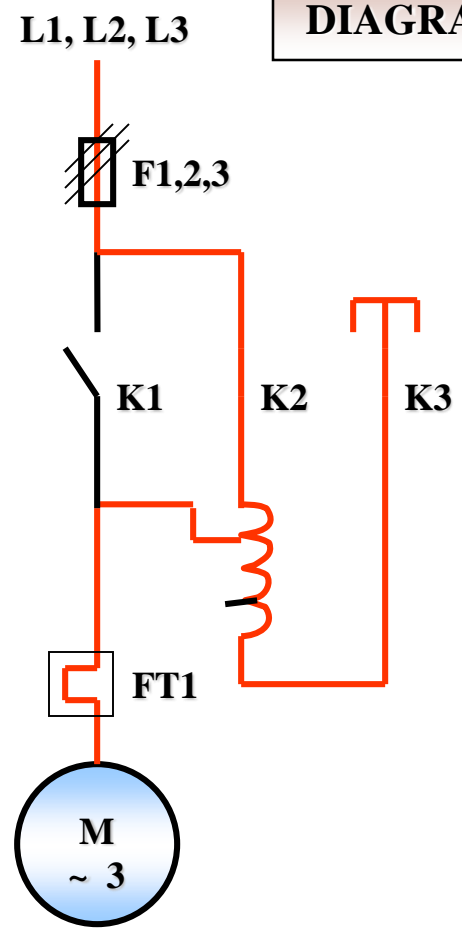
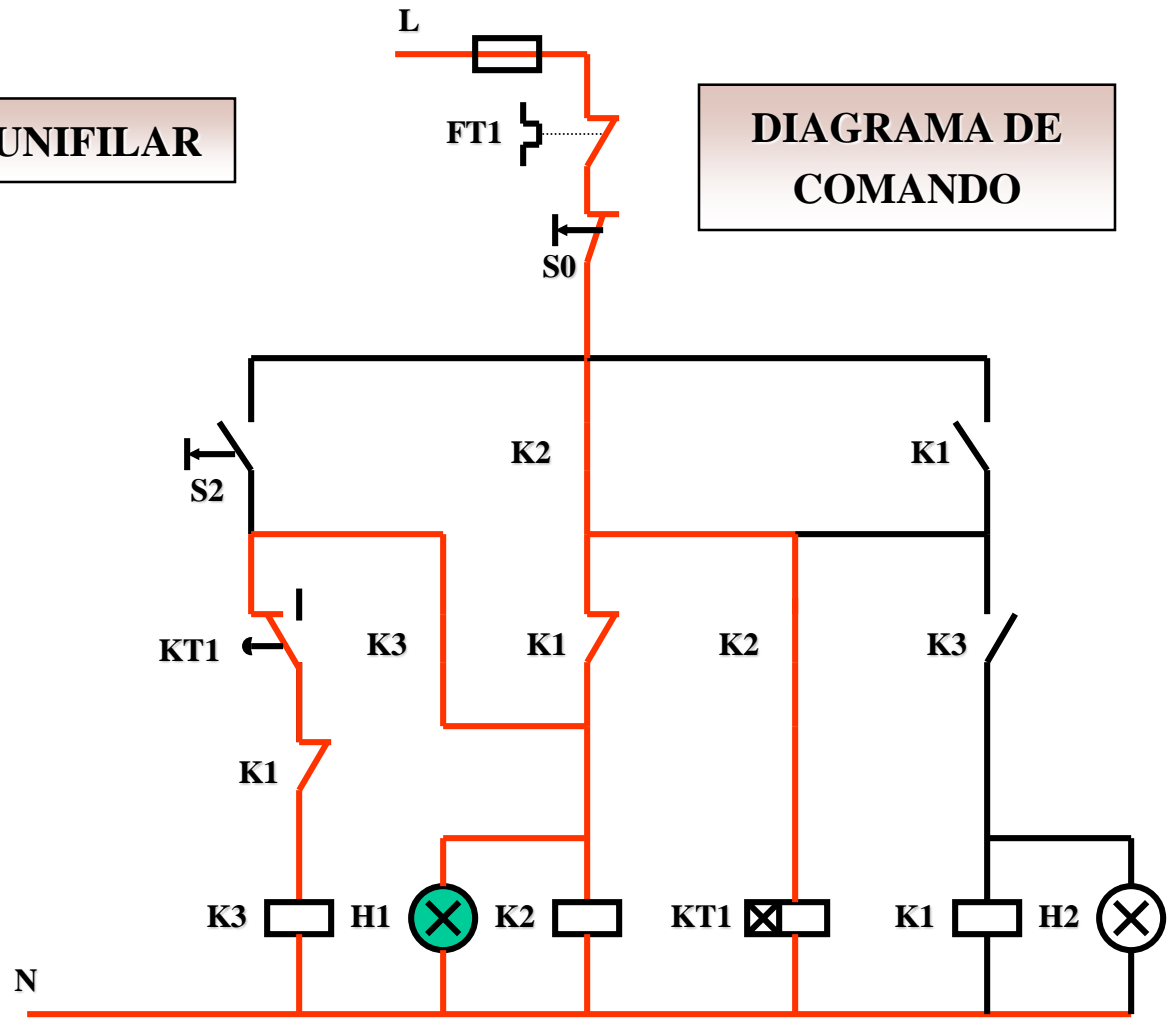


DIAGRAMA DE COMANDO



PARTIDA COMPENSADORA

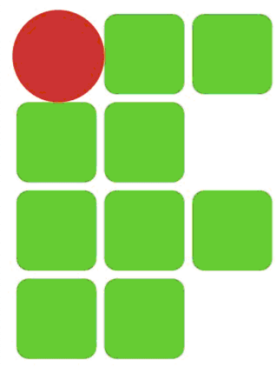
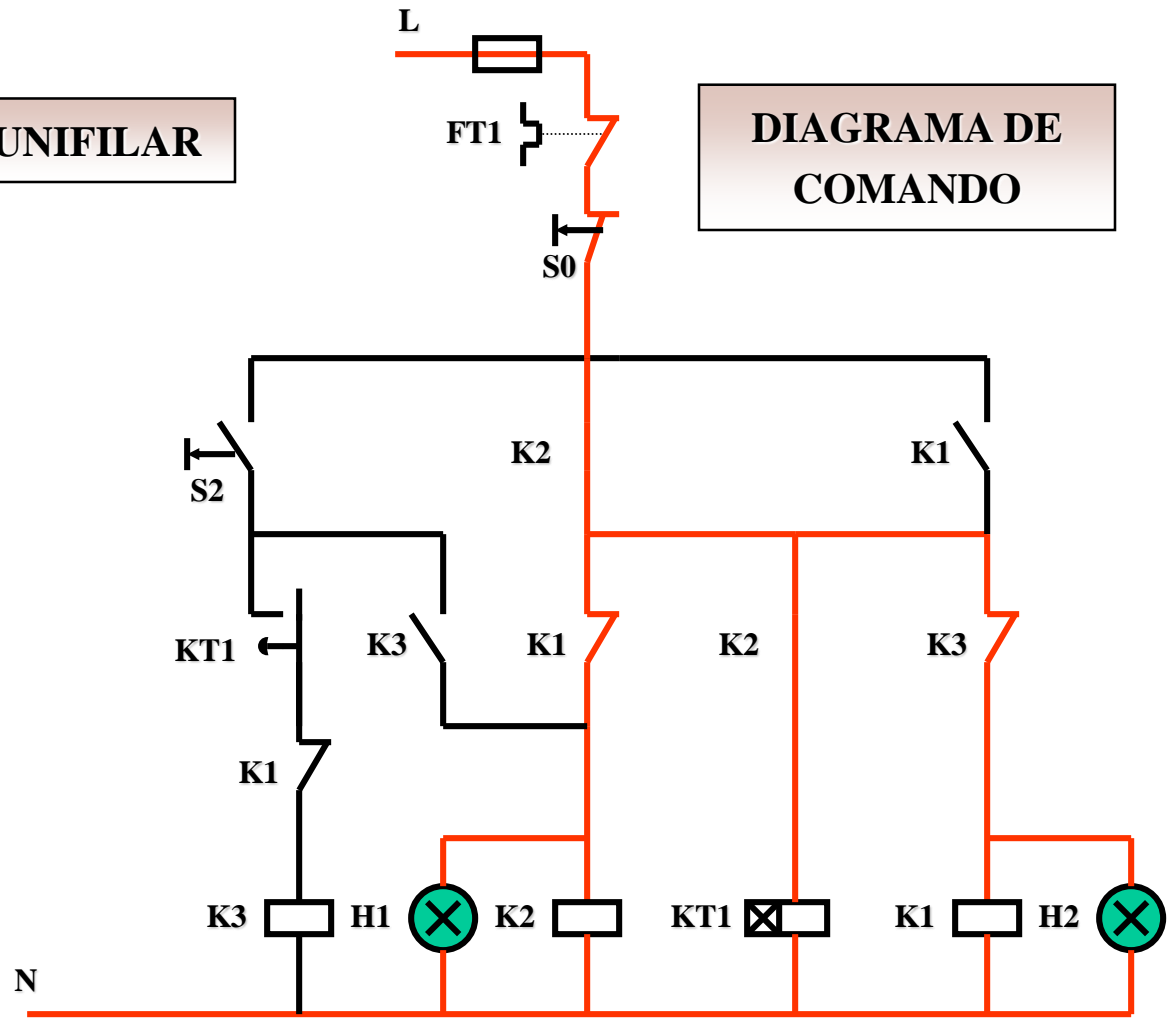
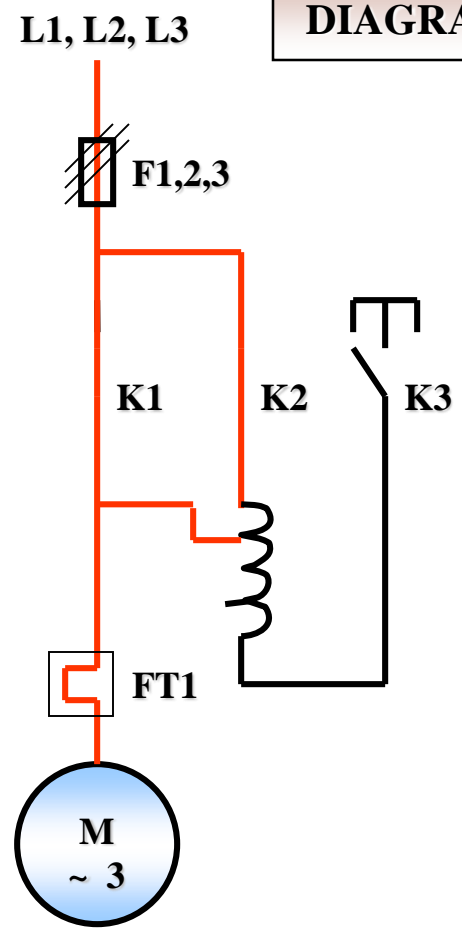


DIAGRAMA UNIFILAR

DIAGRAMA DE COMANDO



PARTIDA COMPENSADORA

L1, L2, L3

DIAGRAMA UNIFILAR

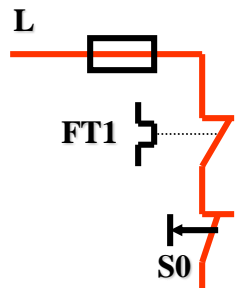
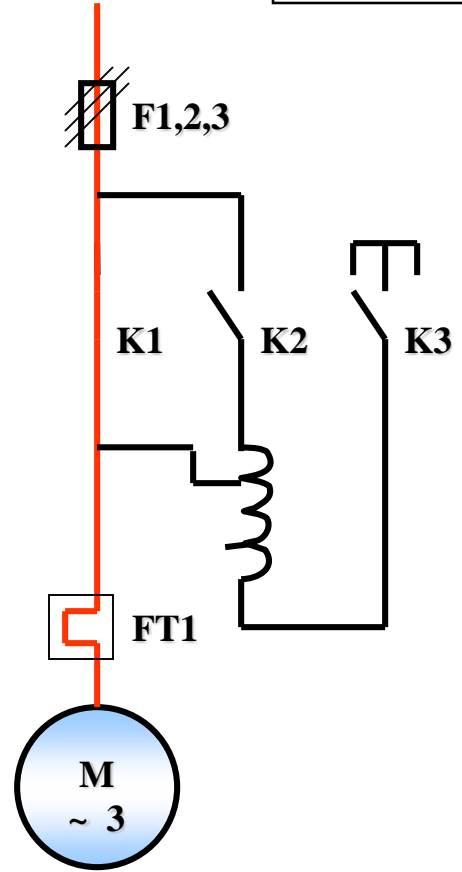
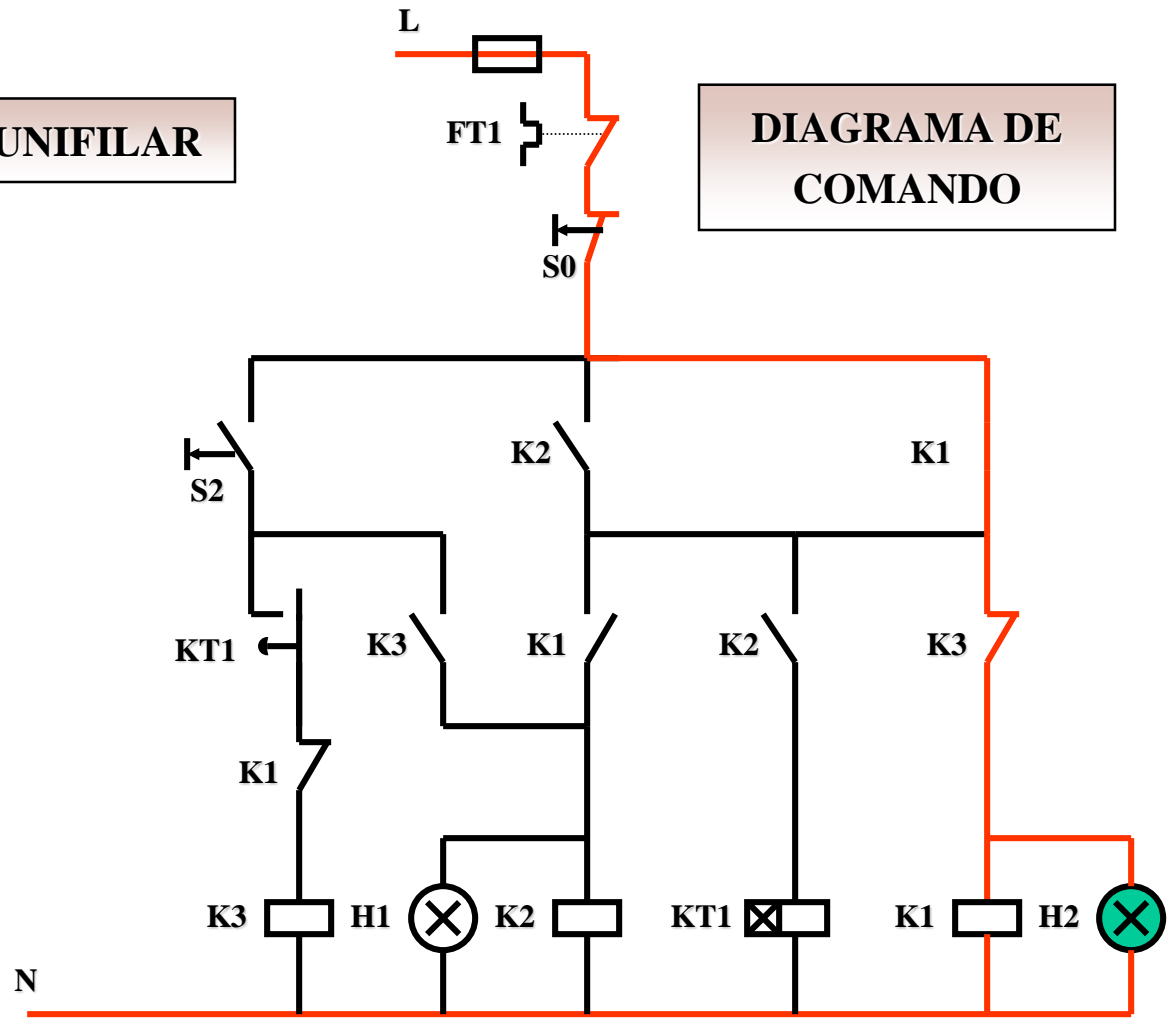


DIAGRAMA DE COMANDO



PARTIDA COMPENSADORA

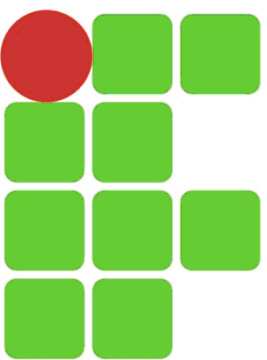


DIAGRAMA UNIFILAR

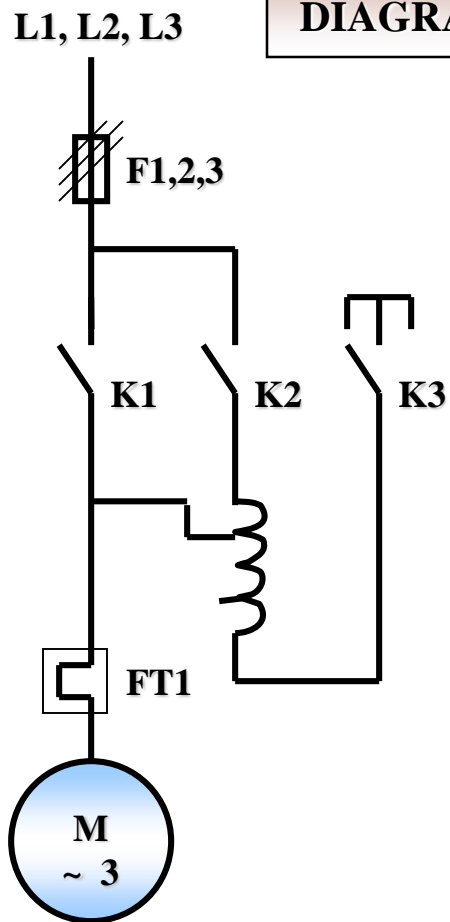
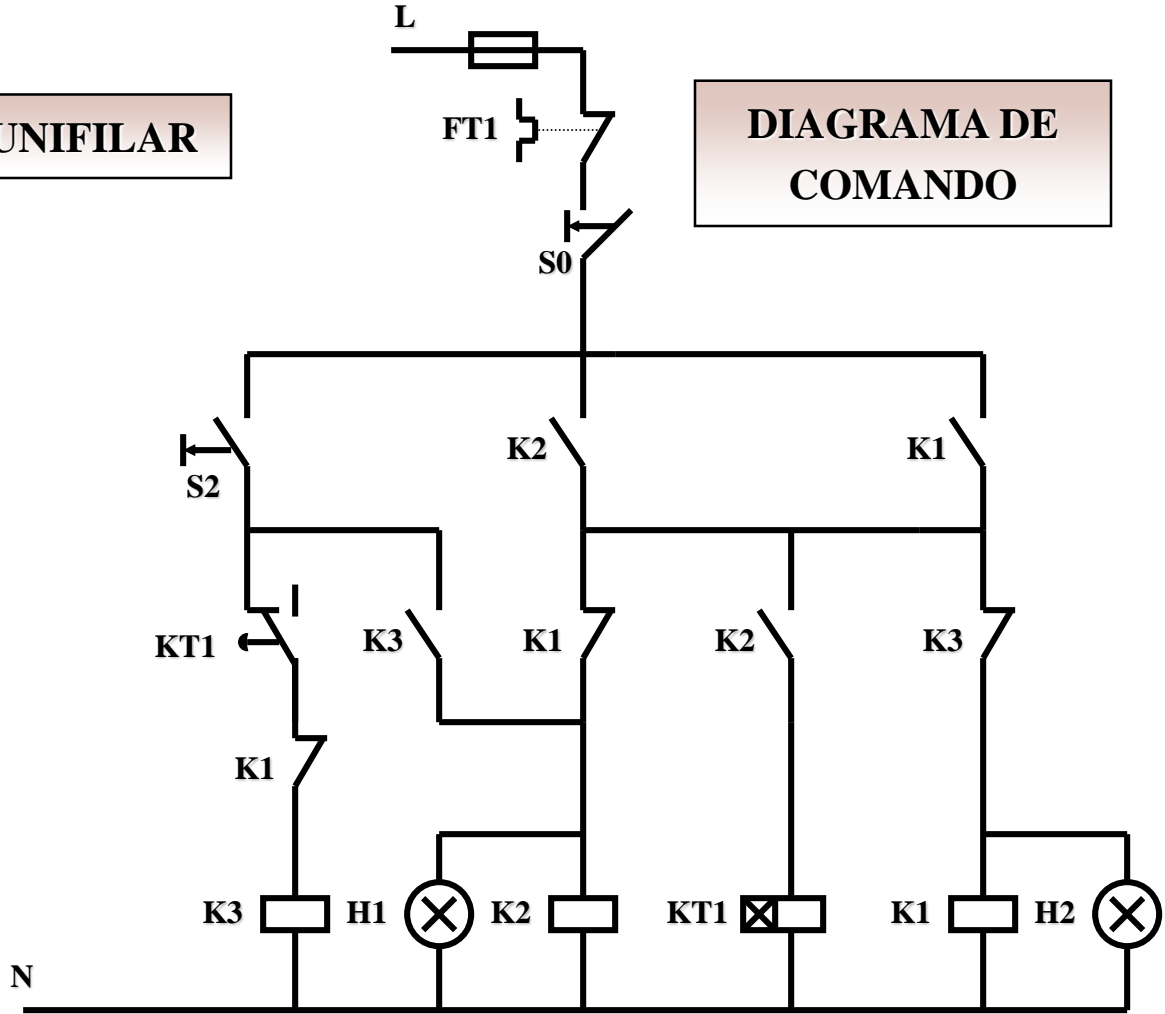
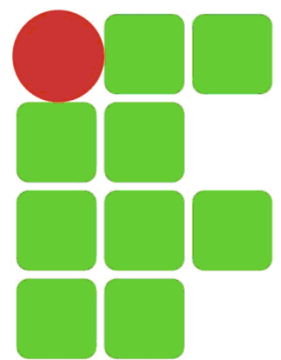


DIAGRAMA DE COMANDO





COMPARAÇÃO ENTRE A ESTRELA-TRIÂNGULO E A COMPENSADORA

	Chave Y- Δ	Chave Compensadora
Vantagens	<ul style="list-style-type: none">• custo reduzido;• elevado n° de manobras;• redução da I_p para 1/3;• dimensões reduzidas.	<ul style="list-style-type: none">• possibilidade de variar o TAP;• utilizando o TAP de 65%, a redução é próxima da que ocorre com a Y-Δ;• na comutação para a plena tensão, não acontece um pico de corrente.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none">• aplicação específica a motores de 2 tensões e 6 terminais;• redução do conjugado de partida do motor para 1/3;• tensão da rede igual à tensão de ligação em Δ;• o motor tem que atingir, pelo menos, 90% da sua velocidade nominal, para se fazer à comutação Y-Δ.	<ul style="list-style-type: none">• maior custo;• dimensões maiores;• limitação no n° de partidas.

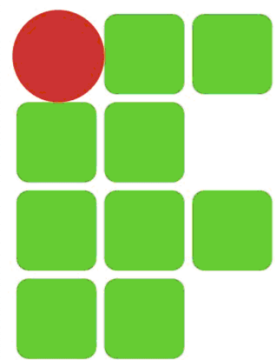


Tabela 1 - Valores de contadores comerciais

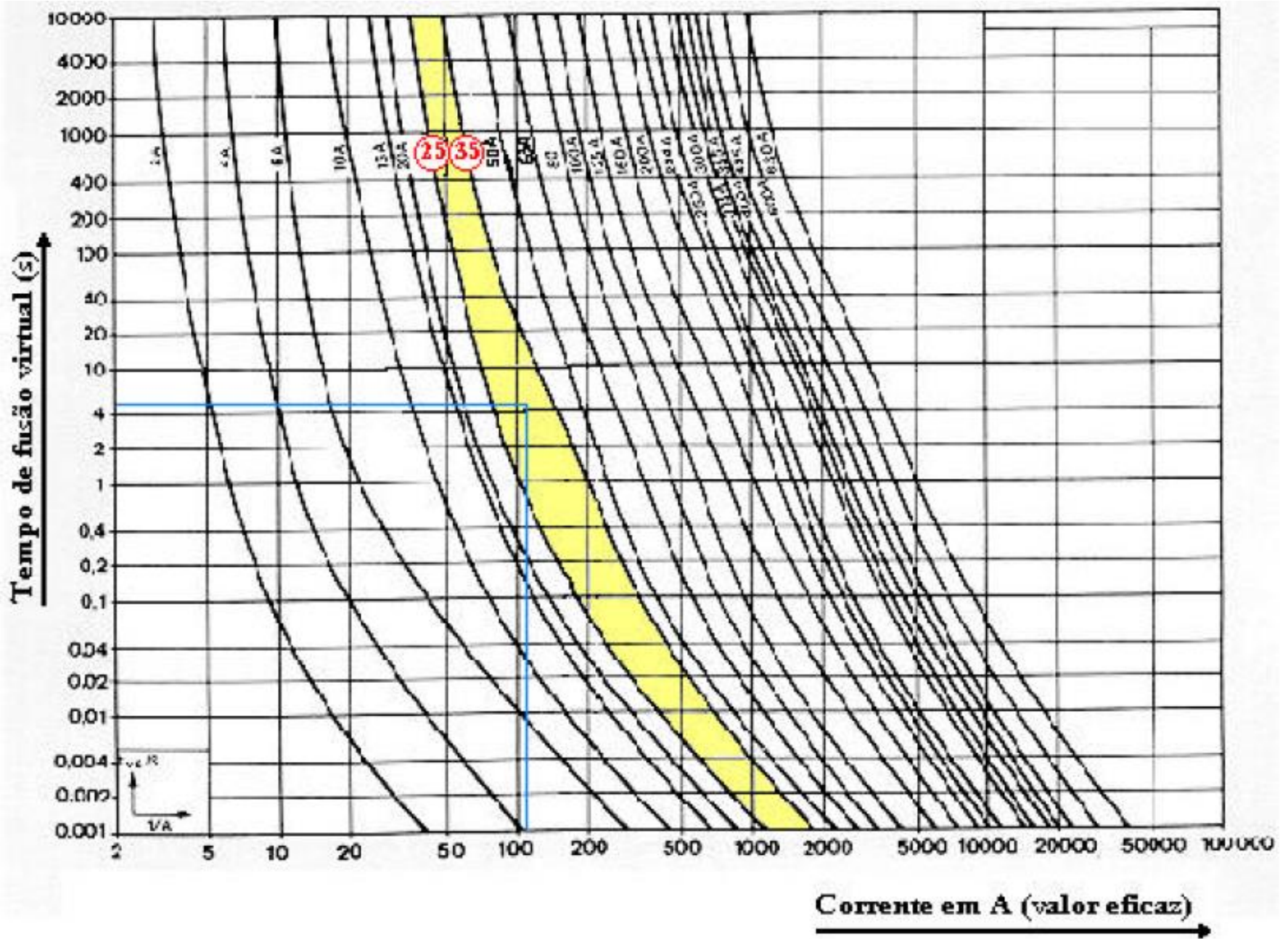
Contador	CWM09	CWM9	CWM12	CWM18	CWM25	CWM32	CWM40	CWM50	CWM65	CWM80	CWM95	CWM105
Fusível Máx. (A)	20	25	25	35	50	50	63	100	125	125	200	200

Contador	CWM150	CWM185	CWM205	CWM250	CWM309	CWM420	CWM550	CWM700
Fusível Máx. (A)	250	250	315	315	500	630	800	1000

Contador	CW07	CW4	CW7	CW17	CW27	CW37	CW47	CW57	CW77	CW107	CW177	CW247
Fusível Máx. (A)	10	16	25	35	50	63	125	125	160	224	250	315

Contador	CW297	CW330	CW334
Fusível Máximo (A)	400	500	630

RELÉ	FAIXA DE AJUSTE	FUSÍVEL MÁXIMO ($I_{F\text{máx}}$)
RW 17D	0,28...0,40	2
	0,43...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
RW 27D	7,00...10,0	25
	0,28...0,40	2
	0,43...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
	5,30...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	
RW 67D	22,0...32,0	63
	25,0...40,0	80
	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 107D	78,0...97,0	200
	90,0...110,0	250
RW 207D	110,0...140,0	315
	140,0...190,0	355
RW 307D	175,0...280,0	400
	200,0...310,0	500
RW 407D	160,0...240,0	355
	200,0...300,0	500
	240,0...360,0	630
	320,0...480,0	800
	400,0...600,0	1000
	560,0...840,0	1250



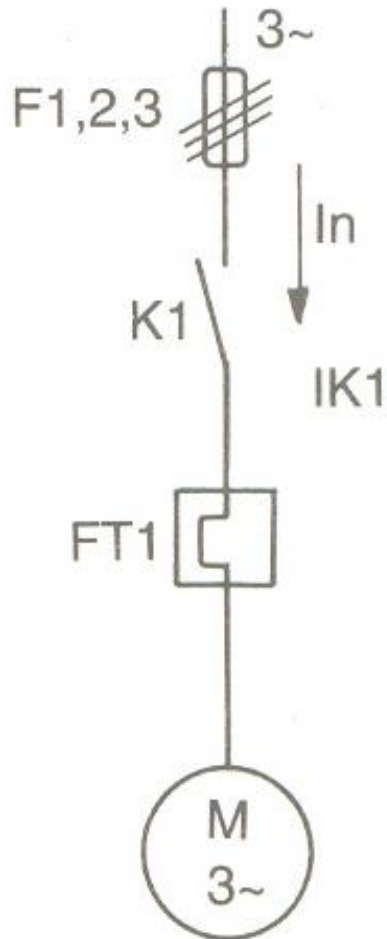
Curvas típicas de fusíveis.

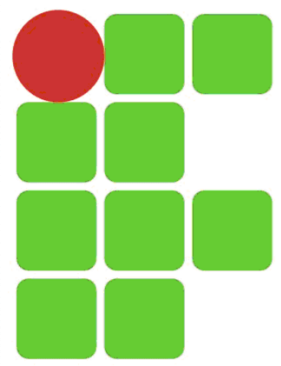


Dimensionamento da Partida Direta

Roteiro de Cálculo

- Contator: $K_1 \rightarrow I_e \geq I_N \cdot 1,15$
- Relé de Sobrecarga: $FT_1 \rightarrow I_N$
- Fusíveis de Força: F1,2,3
 - Com a corrente de partida [$I_P = (I_P / I_N) \cdot I_N$] e o tempo de partida ($T_P = 5s$), consultar a curva característica do fusível e obter o fusível indicado pela referida curva.
 - $I_F \geq 1,20 \cdot I_N$
 - $I_F \leq I_{F \text{ Máx}} K_1$
 - $I_F \leq I_{F \text{ Máx}} FT_1$

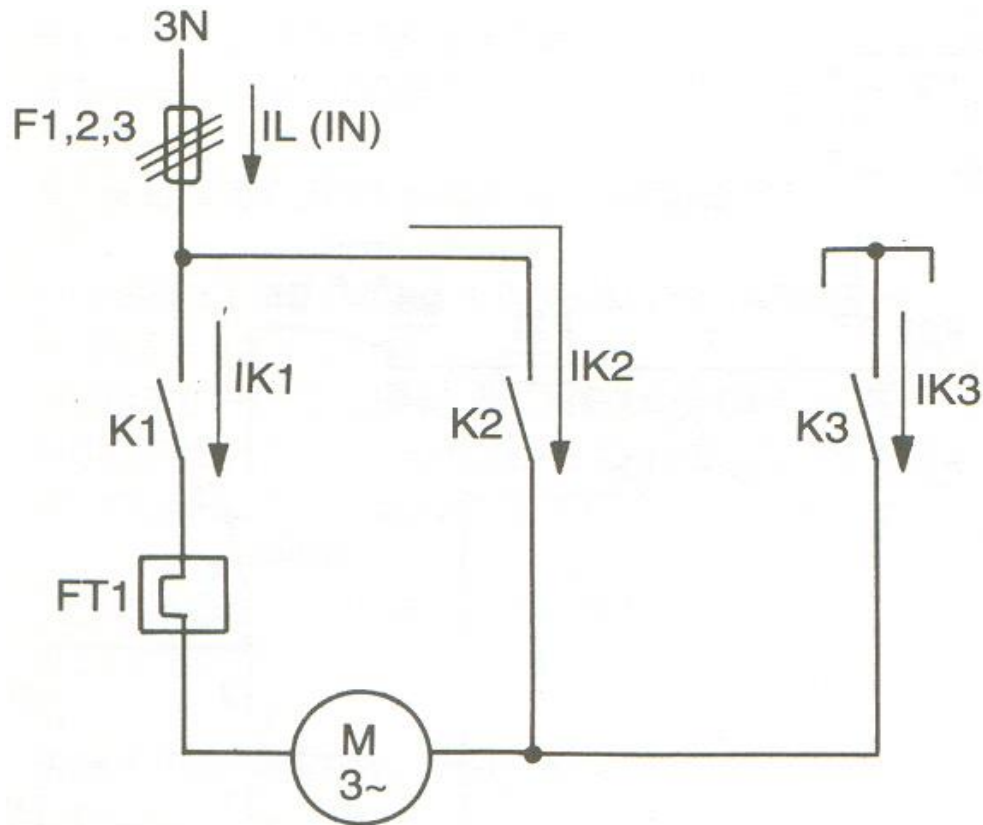




Dimensionamento da Partida Direta

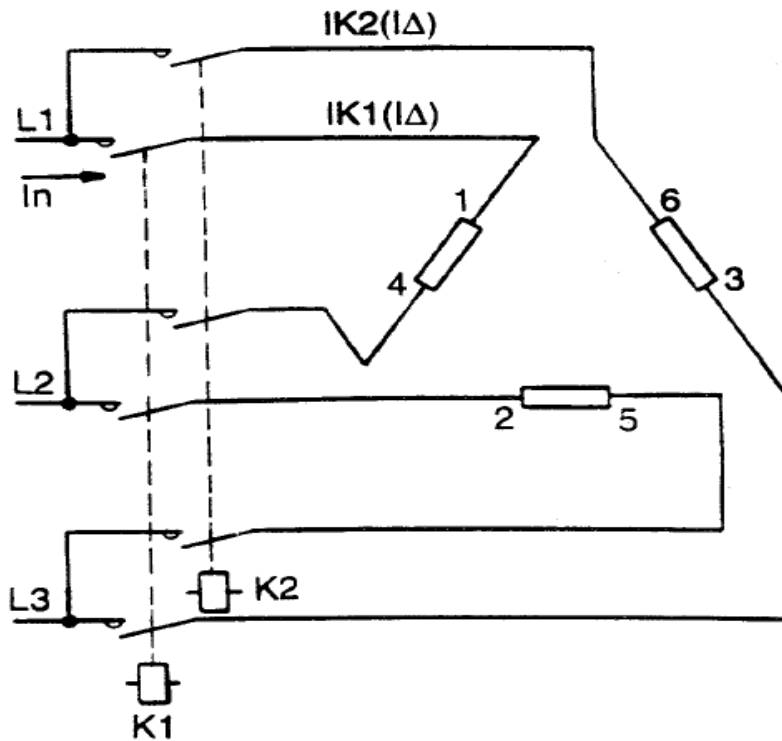
- Exemplo: dimensione os componentes de força de uma partida direta para acionar um motor trifásico de 30 cv, IV pólos, 380 V, 60 Hz, $I_p/I_n = 7,5$; $FP = 0,85$, $\eta = 0,94$.

Dimensionamento da Partida Estrela-Triângulo



Dimensionamento da Partida Estrela-Triângulo

Para os contatores K1 e K2:



Ligação em triângulo.

$$I_L = I_n \quad I_{\Delta} = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

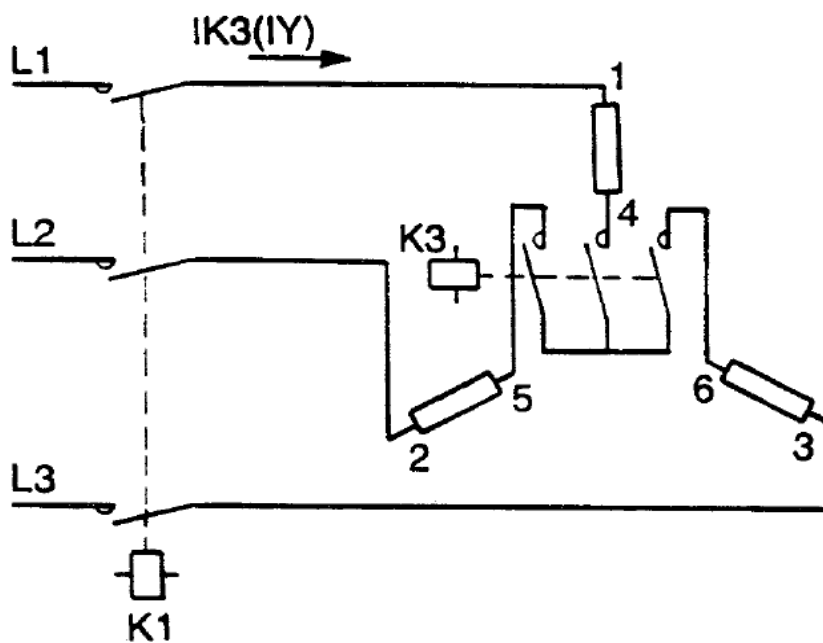
$$I_{\Delta} = I_{K1} = I_{K2} = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = 0,58 \times I_n$$

$$Z = \frac{U_n}{\frac{I_n}{\sqrt{3}}} = \frac{U_n \times \sqrt{3}}{I_n}$$

Dimensionamento da Partida

Estrela-Triângulo

Para o contator K3:

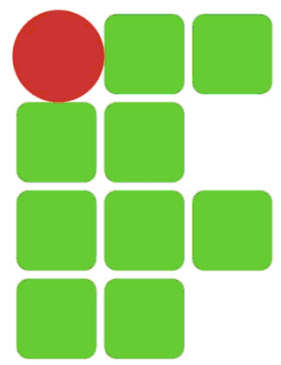


Ligação em estrela.

$$I_Y = \frac{\frac{U_n}{\sqrt{3}}}{Z} = \frac{\frac{U_n}{\sqrt{3}}}{\frac{U_n \times \sqrt{3}}{I_n}}$$

$$I_Y = \frac{I_n}{3} = 0,33 \times I_n$$

$$I_{K3} = 0.33 \times I_n$$



Dimensionamento da Partida

Estrela-Triângulo

Roteiro de Cálculo.

a) Contatores:

$$K_1 \text{ e } K_2 \rightarrow I_e \geq (0,58 \cdot I_N) \cdot 1,15$$

$$K_3 \rightarrow I_e \geq (0,33 \cdot I_N) \cdot 1,15$$

b) Relé de Sobrecarga: $FT_1 \rightarrow 0,58 \cdot I_N$

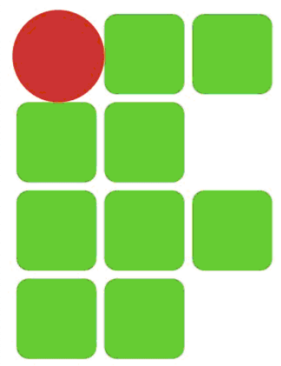
c) Fusíveis de Força: F1,2,3

Com a corrente de partida [$I_p = (I_p / I_N) \cdot I_N \cdot 0,33$] e o tempo de partida ($T_p = 10s$), consultar a curva característica do fusível e obter o fusível indicado pela referida curva.

$$- I_F \geq 1,20 \cdot I_N$$

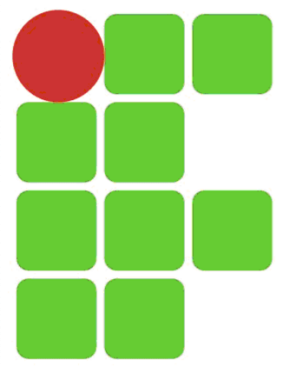
$$- I_F \leq I_{F \text{ Máx}} K_1, K_2$$

$$- I_F \leq I_{F \text{ Máx}} FT_1$$

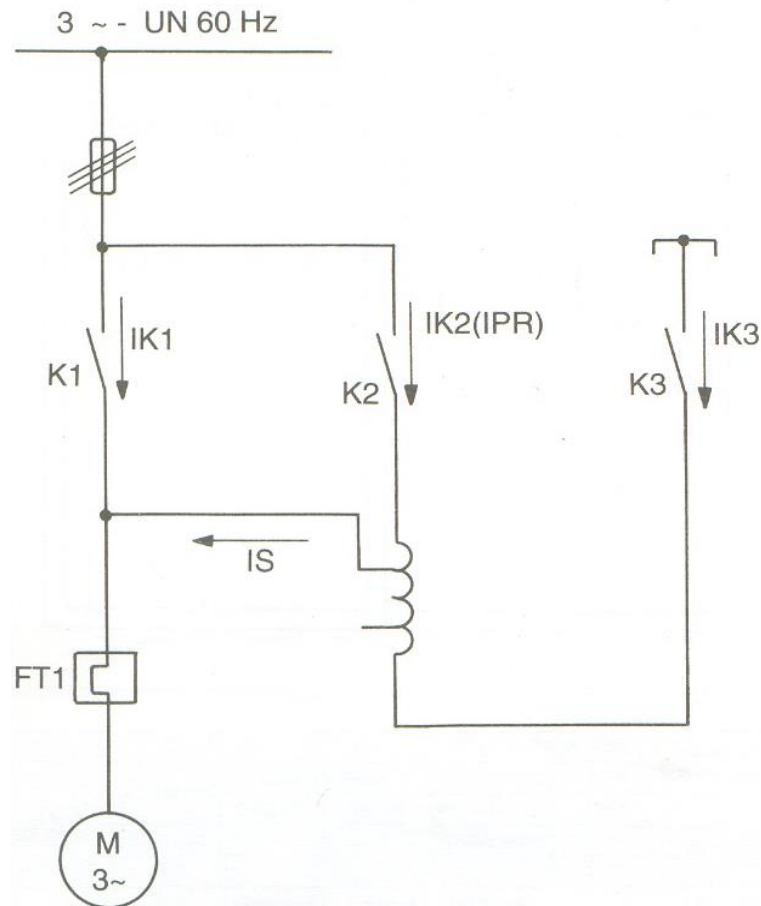


Dimensionamento da Partida Estrela-Triângulo

- Exemplo: dimensione os componentes de força de uma partida estrela-triângulo para acionar um motor trifásico de 30 cv, IV pólos, 380 V, 60 Hz, $I_p/I_n = 7,5$; FP = 0,85, $\eta = 0,94$.



Dimensionamento da Partida Compensadora





Dimensionamento da Partida Compensadora

Contator K1

$$IK1 = I_n$$

Contator K2

Considerando-se “Z” constante tem-se que:

- Em condições normais com tensão nominal (U_n):

$$Z = \frac{U_n}{I_n}$$

- Com tensão reduzida ($U_n \times K$):

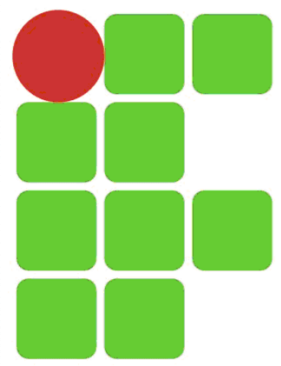
$$Z' = \frac{K \times U_n}{I_s}$$

Como $Z = Z'$, tem-se:

$$\frac{U_n}{I_n} = \frac{K \times U_n}{I_s} \quad \rightarrow \quad I_s = K \times I_n$$

Como a potência a ser dissipada no auto-trafo é a mesma tanto no primário (P_{PR}) como no secundário (P_S), tem-se que:

$$\begin{array}{lll} P_S = U_S \times I_S & U_S = K \times U_n & I_S = K \times I_n \\ P_{PR} = U_{PR} \times I_{PR} & U_{PR} = U_n & I_{PR} = IK2 \end{array}$$



Dimensionamento da Partida Compensadora

$$P_S = P_{PR}$$

$$U_S \times I_S = U_{PR} \times I_{PR}$$

$$(K \times U_n) \times (K \times I_n) = U_n \times IK2$$

$$IK2 = K^2 \times I_n$$

Contator K3

$$IK3 = I_S - I_{PR}$$

Referindo a expressão à “ I_n ”:

$$I_{PR} = IK2 = K^2 \times I_n$$

$$I_S = K \times I_n$$

Logo:

$$IK3 = (K \times I_n) - (K^2 \times I_n)$$

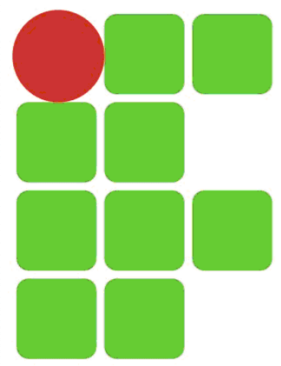
$$IK3 = (K - K^2) \times I_n$$



Dimensionamento da Partida Compensadora

Auto-trafo com Tap's em % de U_n	Fator de redução (K)	Correntes	
		IK2	IK3
85	0,85	$0,72 \times I_n$	$0,13 \times I_n$
80	0,80	$0,64 \times I_n$	$0,16 \times I_n$
65	0,65	$0,42 \times I_n$	$0,23 \times I_n$
50	0,50	$0,25 \times I_n$	$0,25 \times I_n$

Tap 80% (80% da U_n)	Tap 65% (65% da U_n)
$K = 0,80$	$K = 0,65$
$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n} \times I_n \right) \times K^2$	$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n} \times I_n \right) \times K^2$
$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n} \times I_n \right) \times (0,8)^2$	$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n} \times I_n \right) \times (0,65)^2$
$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n} \times I_n \right) \times 0,64$	$I_p = \left(\frac{I_p}{I_n} \times I_n \right) \times 0,42$



Dimensionamento da Partida Compensadora

Roteiro de Cálculo.

Contatores: $K_1 \rightarrow I_e \geq I_N \cdot 1,15$

$K_2 \rightarrow I_e \geq (\text{Tap}^2 \cdot I_N) \cdot 1,15$

$K_3 \rightarrow I_e \geq (\text{Tap} - \text{Tap}^2) \cdot I_N \cdot 1,15$

Relé de Sobrecarga: $FT_1 \rightarrow I_N$

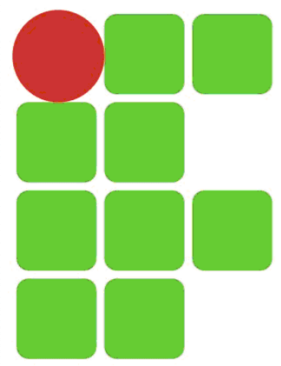
Fusíveis de Força: F1,2,3

- Com a corrente de partida [$I_p = (I_p / I_N) \cdot I_N \cdot \text{Tap}^2$] e o tempo de partida ($T_p = 15\text{s}$), consultar a curva característica do fusível e obter o fusível indicado pela referida curva.

- $I_F \geq 1,20 \cdot I_N$

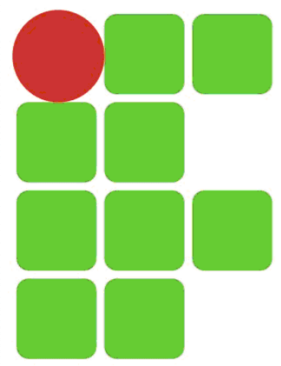
- $I_F \leq I_{F \text{ Máx}} K_1$

- $I_F \leq I_{F \text{ Máx}} FT_1$



Dimensionamento da Partida Compensadora

- Exemplo: dimensione os componentes de força de uma partida compensadora para acionar um motor trifásico de 30 cv, IV pólos, 380 V, 60 Hz, $I_p/I_n = 7,5$; FP = 0,85, $\eta = 0,94$, usando primeiro um TAP de 80%, depois o de 65%.



Trabalho em grupo

- Dimensionar uma os componentes da chave de partida para um motor de 30 cv, 8 pólos, 220 V/60 Hz, $FP = 0,85$, $\eta = 0,9$, $I_p/I_n = 7,5$. quando:
- A partida for direta.
- A partida for estrela-triângulo.
- A partida for compensadora com TAP de 80%.
- A partida for compensadora com TAP de 65%.
- Componentes: máximo de 4 pessoas.
- Prazo: 16/12/2019.