

# CHAVES DE PARTIDA

Prof. Marcos Fergütz  
julho/2017

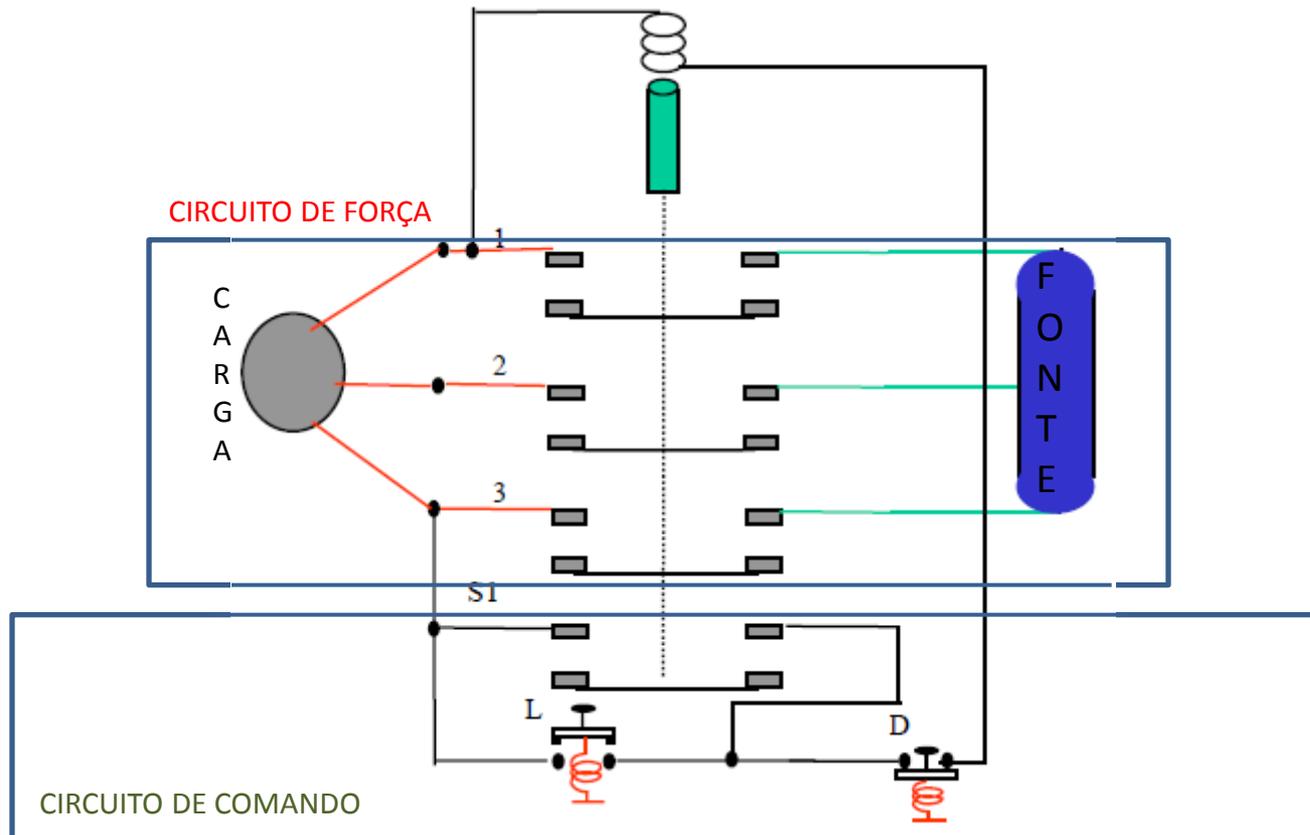
# TIPOS DE CIRCUITOS

- CIRCUITO DE POTÊNCIA

CIRCUITO QUE OPERA À CORRENTE NOMINAL DA CARGA A SER ACIONADA.

- CIRCUITO DE COMANDO

CIRCUITO QUE OPERA A LÓGICA DE ACIONAMENTO DAS CARGAS, PROPORCIONANDO SEGURANÇA AO SISTEMA.



# SIMBOLOGIA

ELEMENTO	ABNT/IEC	OUTROS
Fusível		
Contato normalmente aberto (NA)		
Contato normalmente fechado (NF)		
Comutador		
Contato temporizado no fechamento		
Contato temporizado na abertura		
Comando de fechamento manual		
Comando de abertura manual		
Contator ou relé com acionamento eletromecânico		
Contator com contato NA		
Contator com retardo para operar		
Relé térmico		
Comando por temperatura de fechamento		
Lâmpada de sinalização		
Comando NA de relé térmico		
Comando NF de relé térmico		

# SIMBOLOGIA

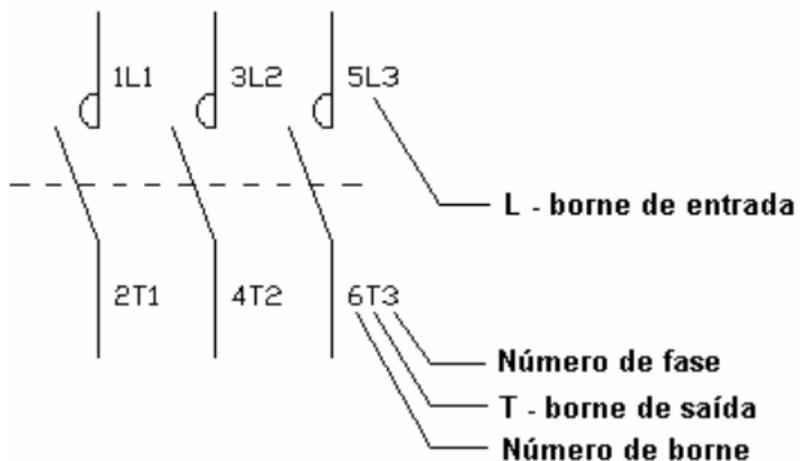
## Símbolos literais segundo NBR 5280

Símbolo	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, pára-raios, disparadores, relés
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acústicos e ópticos
K	Contatores	Contatores de potência e auxiliares
M	Motores	
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
S	Dispositivos de manobra, seletos auxiliares	Dispositivos e botões de comando e de posição (fim-de-curso) e seletos
T	Transformadores	Transformadores de distribuição, de potência, de potencial, de corrente, autotransformadores

<http://gilmario.pesqueira.ifpe.edu.br>

# IDENTIFICAÇÃO DOS CONTATOS

- CONTATOS PRINCIPAIS ou DE FORÇA



Fonte: Imagem do Google

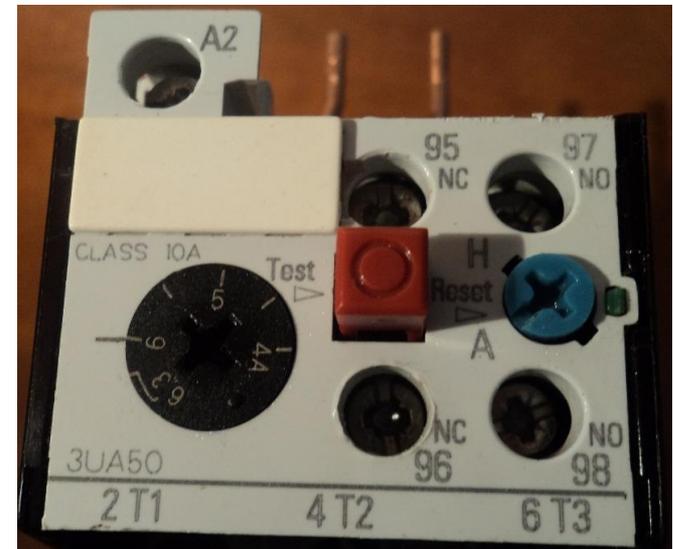
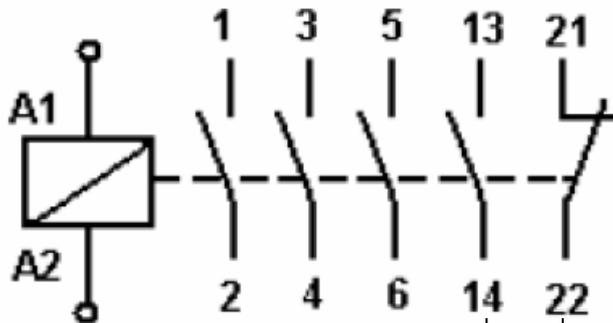
- ALIMENTAÇÃO DA BOBINA DOS DISPOSITIVOS → A1 e A2

- **CONTATO AUXILIAR (SINALIZAÇÃO E COMANDO)**

**X Y**

DÍGITO DE FUNÇÃO → 1 e 2 PARA CONTATO NORMALMENTE FECHADO (NF) (imediate)  
3 e 4 PARA CONTATO NORMALMENTE ABERTO (NA) (imediate)  
5 E 6 PARA CONTATO NORMALMENTE FECHADO (NF) (retardado)  
7 e 8 PARA CONTATO NORMALMENTE ABERTO (NA) (retardado)

DÍGITO DE SEQUÊNCIA (1, 2, 3...)



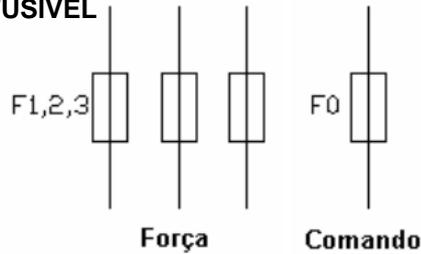
Fonte: Imagem do Google

SEGUNDO CONTATO (2) → NF (1 e 2)

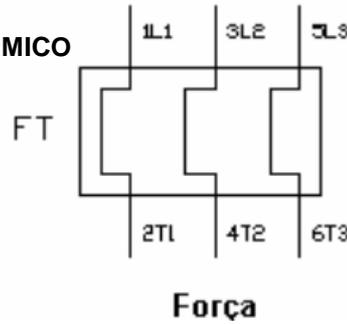
PRIMEIRO CONTATO (1) → NA (3 e 4)

# IDENTIFICAÇÃO DE COMPONENTES NOS DIAGRAMAS ELÉTRICOS

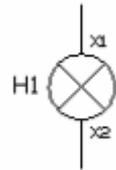
## • FUSÍVEL



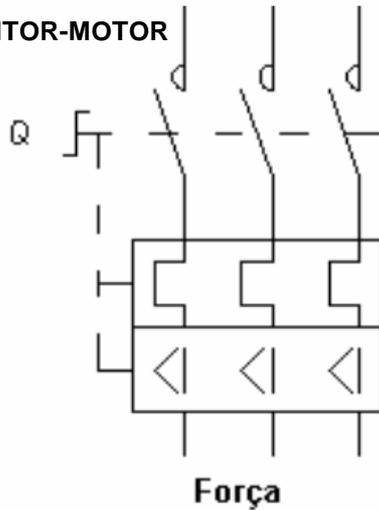
## • RELÉ TERMICO



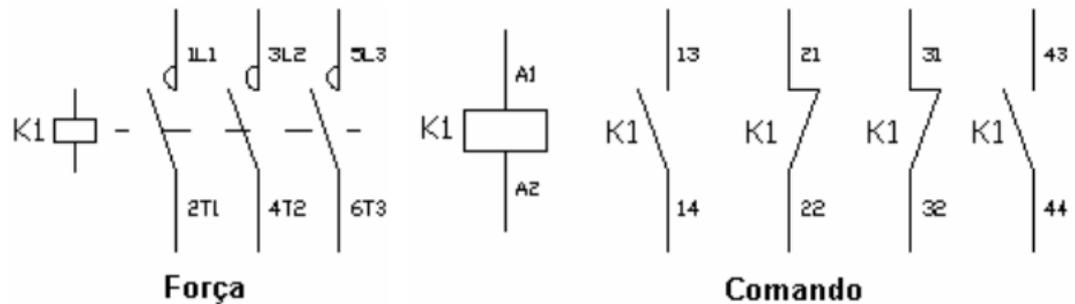
## • SINALEIRO



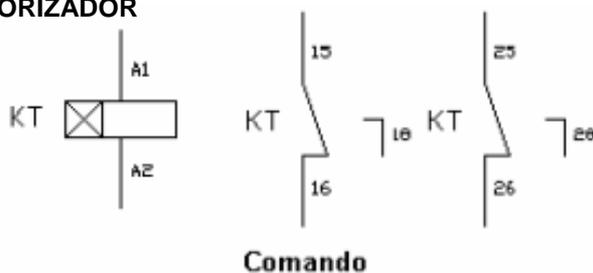
## • DISJUNTOR-MOTOR



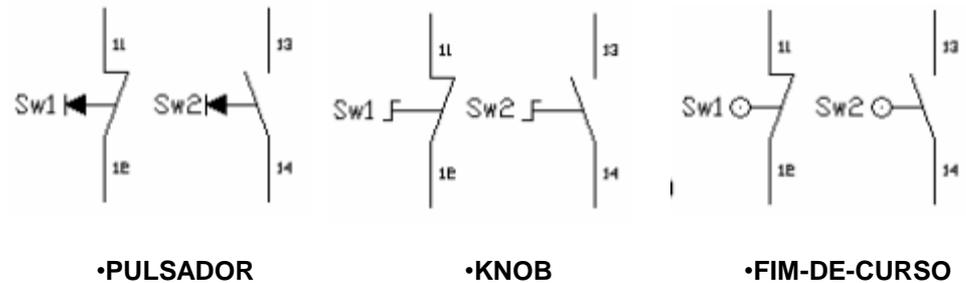
## • CONTADOR



## • TEMPORIZADOR



## • CHAVES



## • PULSADOR

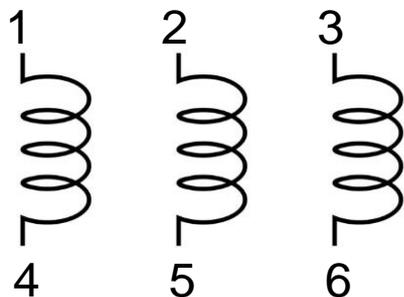
## • KNOB

## • FIM-DE-CURSO

# LIGAÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

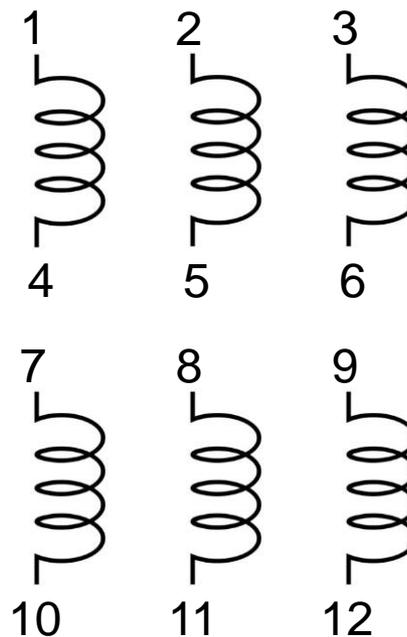
- Quantidade de Terminais

## Motor de 6 terminais



Ligação 220v ou 380V

## Motor de 12 terminais

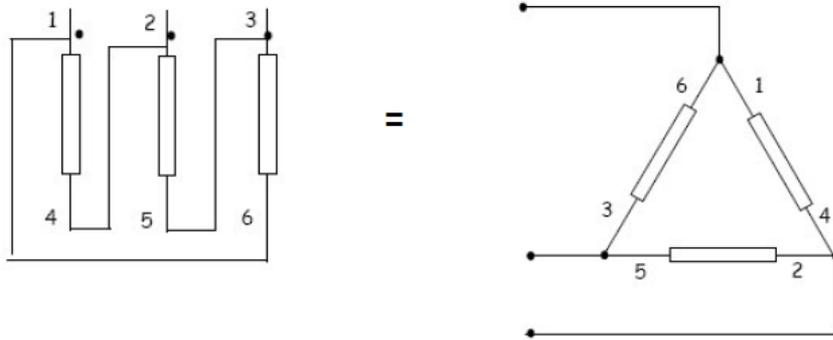


Ligação 220v, 380V, 440V ou 760V

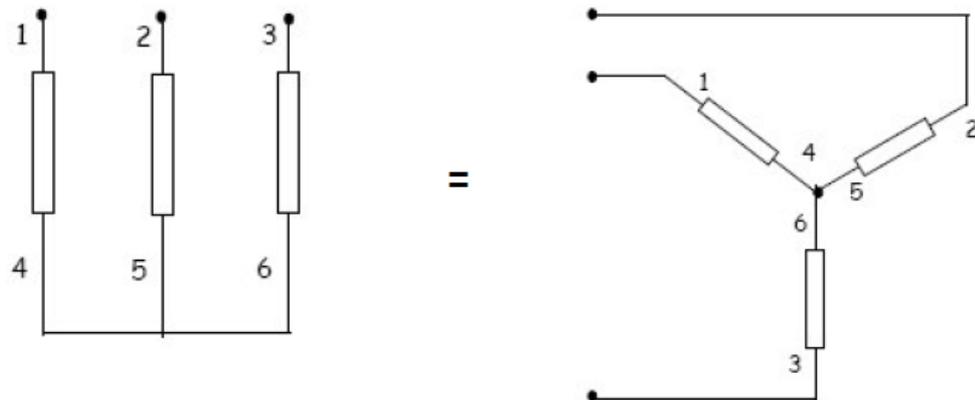
# ESQUEMAS DE LIGAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS

## MOTOR COM 6 TERMINAIS

### Ligação em triângulo (220 V)

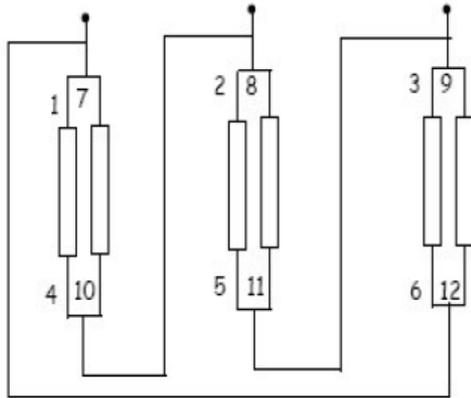


### Ligação em estrela (380 V)

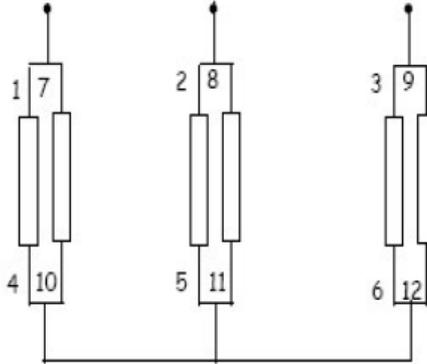


# MOTOR COM 12 TERMINAIS

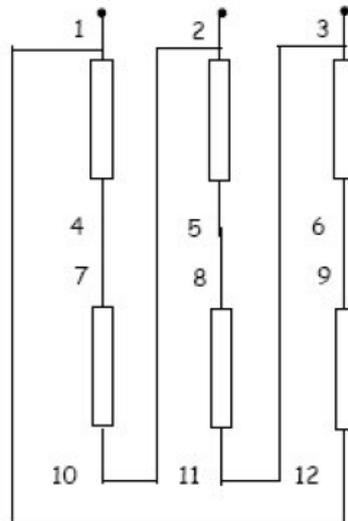
**$\Delta$  paralelo (220 V)**



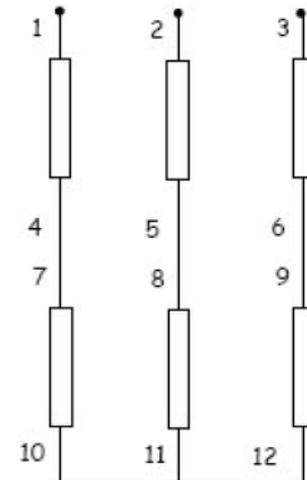
**Y paralelo (380 V)**



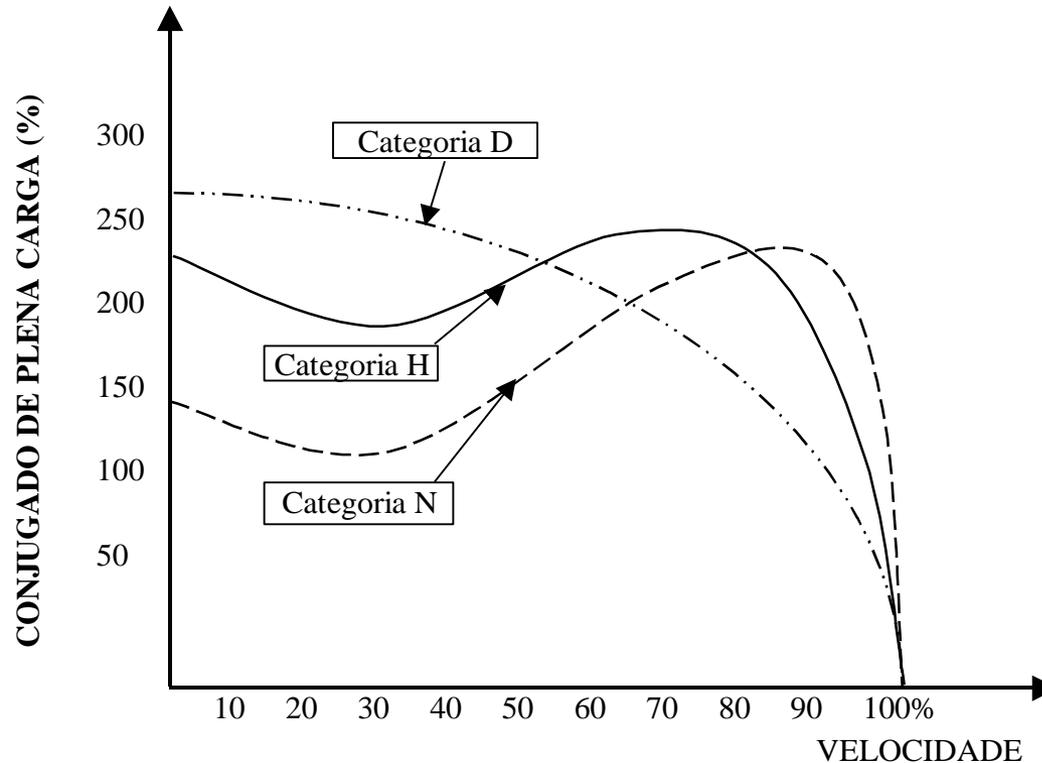
**$\Delta$  série (440 V)**



**Y série (760 V)**



# CATEGORIAS DE CONJUGADOS



- **Categoria N** – Conjugado de partida normal, corrente de partida normal e baixo escorregamento. Constituem a maioria dos motores encontrados no mercado. Acionam bombas e máquinas operatrizes.
- **Categoria H** – Conjugado de partida alto, corrente de partida normal e baixo escorregamento. Usado para cargas que necessitam de maior conjugado na partida, como peneiras, transportadores, carregadores e cargas de alta inércia.
- **Categoria D** – Conjugado de partida alto, corrente de partida normal e alto escorregamento sendo usado em prensas onde a carga apresenta picos periódicos.

**WEG** **CE**  
NBR.7094

~ 3 132S 04/00 AV30252

MOTOR INDUCAO - GAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz 60	CAT N
kW(HP-cv)		7.5(10)	RPM min <sup>-1</sup> 1760
ES SE 1.15	ISOL INSL B	$\Delta$ K	lp/ln 7.8
380/660 V		15.2/8.77 A	
REC DUTY S1	MAX AMB	ALT	m

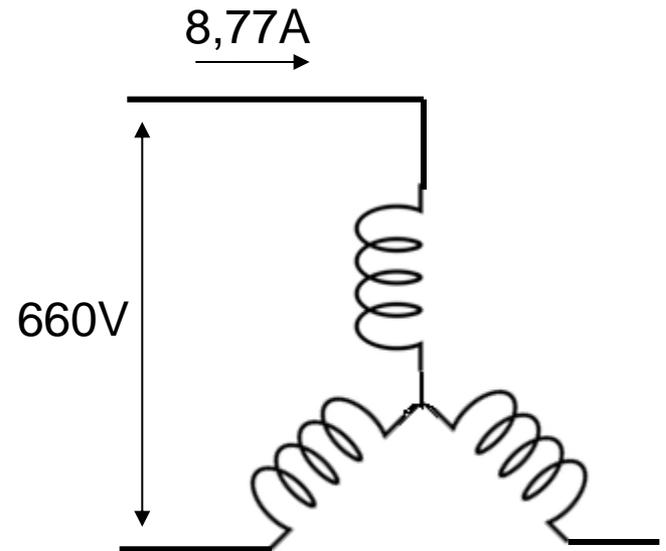
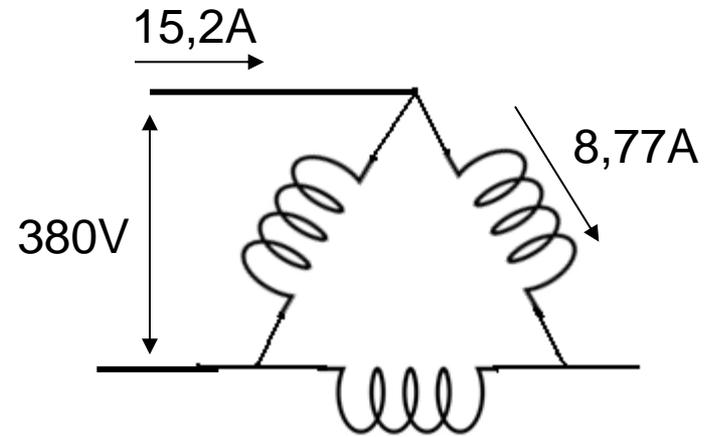
  

380 V	660 V

6308-ZZ A BASE DE LITIO 58.0 Kg  
6207-ZZ

**PNCEE**  
REND.% = 89%  
COS  $\varphi$  0.84

INMETRO



# TIPOS DE CARGA

- CONJUGADO RESISTENTE DA CARGA

É o conjugado requerido pela carga a ser acionada, sendo, portanto, dependente do tipo de carga a ser acoplada ao eixo do motor. Como regra geral, todas as cargas podem ser representadas pela seguinte expressão:

$$C_c = C_o + K_c \cdot n^x$$

Onde:

- $C_c \Rightarrow$  *Conjugado resistente da carga em Nm;*
- $C_o \Rightarrow$  *Conjugado da carga para a rotação zero em Nm;*
- $n \Rightarrow$  *rotação do eixo em rpm;*
- $K_c \Rightarrow$  *Constante que depende da carga;*
- $x \Rightarrow$  *parâmetro que depende da carga, podendo assumir os valores -1, 0, 1 ou 2.*

## 1) CONJUGADO CONSTANTE :

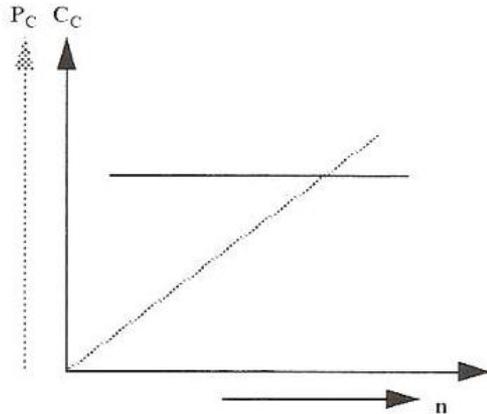
Para este tipo de carga o parâmetro  $x$  é zero ( $x=0$ ). Portanto:

$$C_c = C_o + K_c \cdot n^x \Rightarrow C_c = C_o + K_c$$

Nas máquinas deste tipo, o conjugado permanece constante durante a variação de velocidade e a potência aumenta proporcionalmente com a velocidade. Logo:

$$P_c = (C_o + K_c) \cdot n$$

Onde :  $k_c$  = constante que depende da carga.  
 $P_c$  = Potência de carga



$C_c$  = Conjugado resistente - Constante  
 $P_c$  = Potência - Proporcional ao número de rotações ( $n$ )

Exemplos de cargas com conjugados constantes:

- Compressores a pistão;
- Talhas;
- Guindastes;
- Bombas a pistão;
- Britadores;
- Transportadores contínuos.

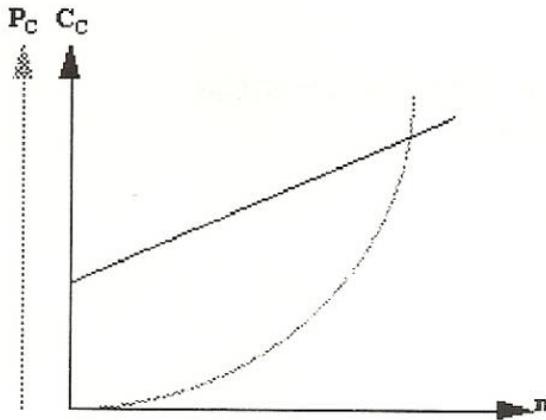
## 2) CONJUGADO LINEAR:

Neste grupo o parâmetro  $x$  é igual a 1 ( $x=1$ ). Então:

$$C_c = C_o + K_c \cdot n^x \Rightarrow C_c = C_o + K_c \cdot n$$

Nestes tipos de máquinas o conjugado varia linearmente com a rotação e a potência com o quadrado da rotação. Portanto:

$$P_c = C_o \cdot n + k_c \cdot n^2$$



$C_c$  = Conjugado resistente proporcional a  $n$   
 $P_c$  = Potência proporcional a  $n^2$

Calandra  
Centrífuga  
Moinho de Bolas

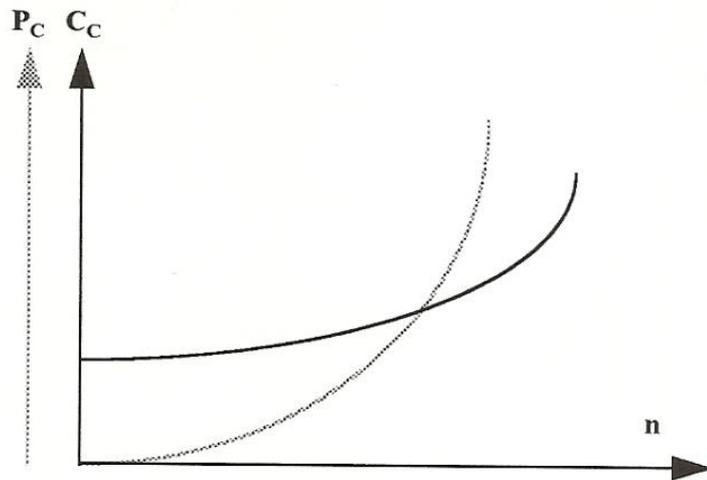
### 3) CONJUGADO QUADRÁTICO:

Neste caso temos  $x=2$  e o conjugado é dado por:

$$C_c = C_o + K_c \cdot n^x \Rightarrow C_c = C_o + K_c \cdot n^2 \Rightarrow \text{Parabólico}$$

Neste caso o conjugado varia com o quadrado da rotação e a potência com o cubo da rotação. Logo:

$$P_c = C_o \cdot n + k_c \cdot n^3$$



Exemplos de cargas com conjugado quadrático:

- Bombas centrífugas;
- Ventiladores;
- Misturadores centrífugos.

$C_c$  = Conjugado resistente proporcional a  $n^2$

$P_c$  = Potência proporcional a  $n^3$

#### 4) CONJUGADO HIPERBÓLICO:

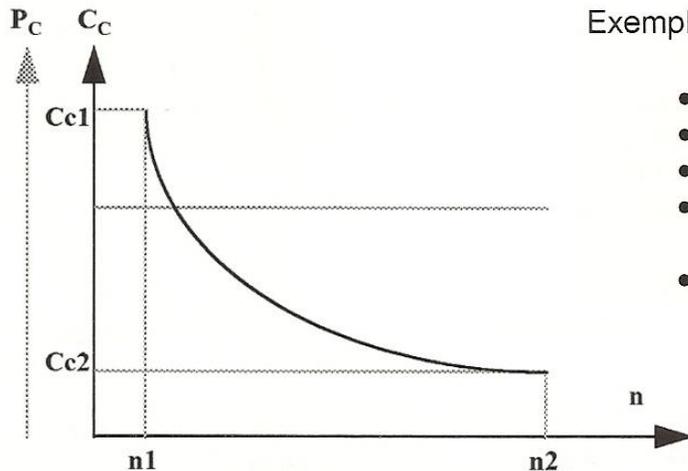
Neste caso temos  $x = -1$ , e o conjugado é dado por:

$$C_c = k_c / n = \text{Hiperbólico}$$

Neste tipo de carga a constante  $C_0$  pode ser considerada nula. Pela expressão (2.2.8) percebe-se que para  $n=0$  o conjugado seria infinito, o que não tem sentido físico. Este fato na prática não acontece porque a rotação da máquina só pode variar entre um limite mínimo ( $n_1$ ) e máximo ( $n_2$ ).

A potência neste caso permanece constante, isto é, não varia com a rotação, ou seja:

$$P_c = k_c = \text{Constante}$$



$C_c$  = Conjugado resistente proporcional a  $n^{-1}$

$P_c$  = Potência constante

Exemplos de cargas com conjugado hiperbólico:

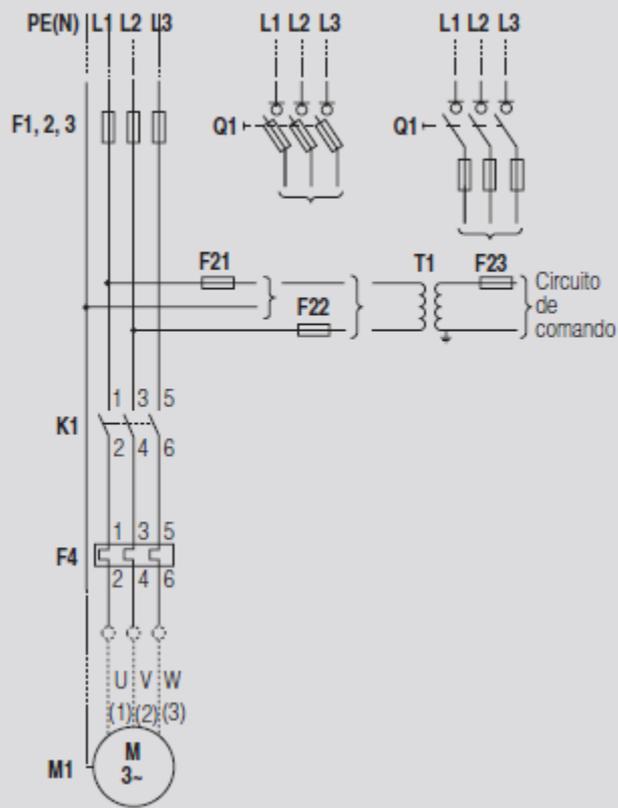
- Bobinadeira de papel (normalmente usa-se motor CC);
- Bobinadeira de pano (normalmente usa-se motor CC);
- Descascador de toras;
- Tornos (análise feita com conjugado constante, com elevado  $n^\circ$  de manobras em geral motores dupla velocidade);
- Bobinadeira de fios.

# CHAVES DE PARTIDAS

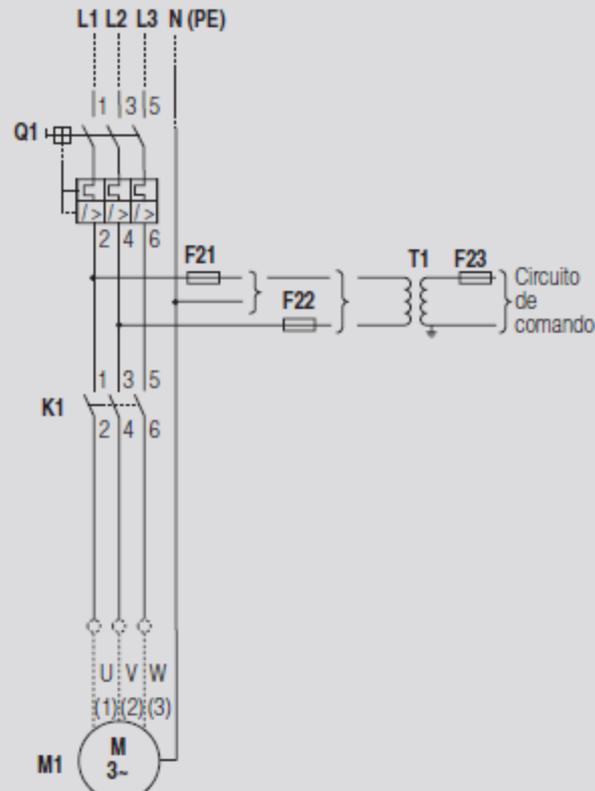
- Norma da Concessionária CELESC
  - Motor até 5cv → Partida Direta (Plena Tensão)
  - Motor Superior a 5cv → Partida com Tensão Reduzida
  
- Métodos de Partida com Tensão Reduzida
  - Partida Estrela-Triângulo
  - Partida com Auto-transformador (Compensadora)
  - Soft-Starter (Partida Suave)
  - Inversor de Frequência

# PARTIDA DIRETA

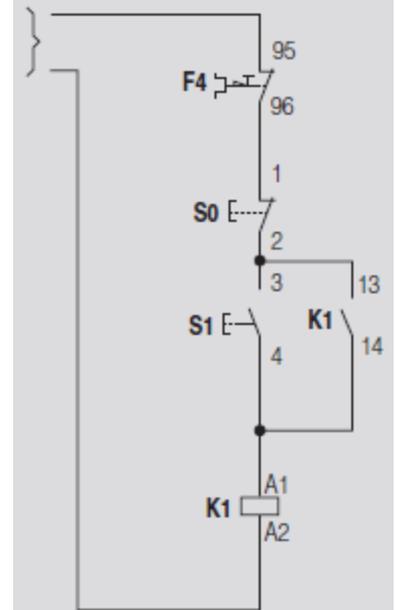
Circuito de potência



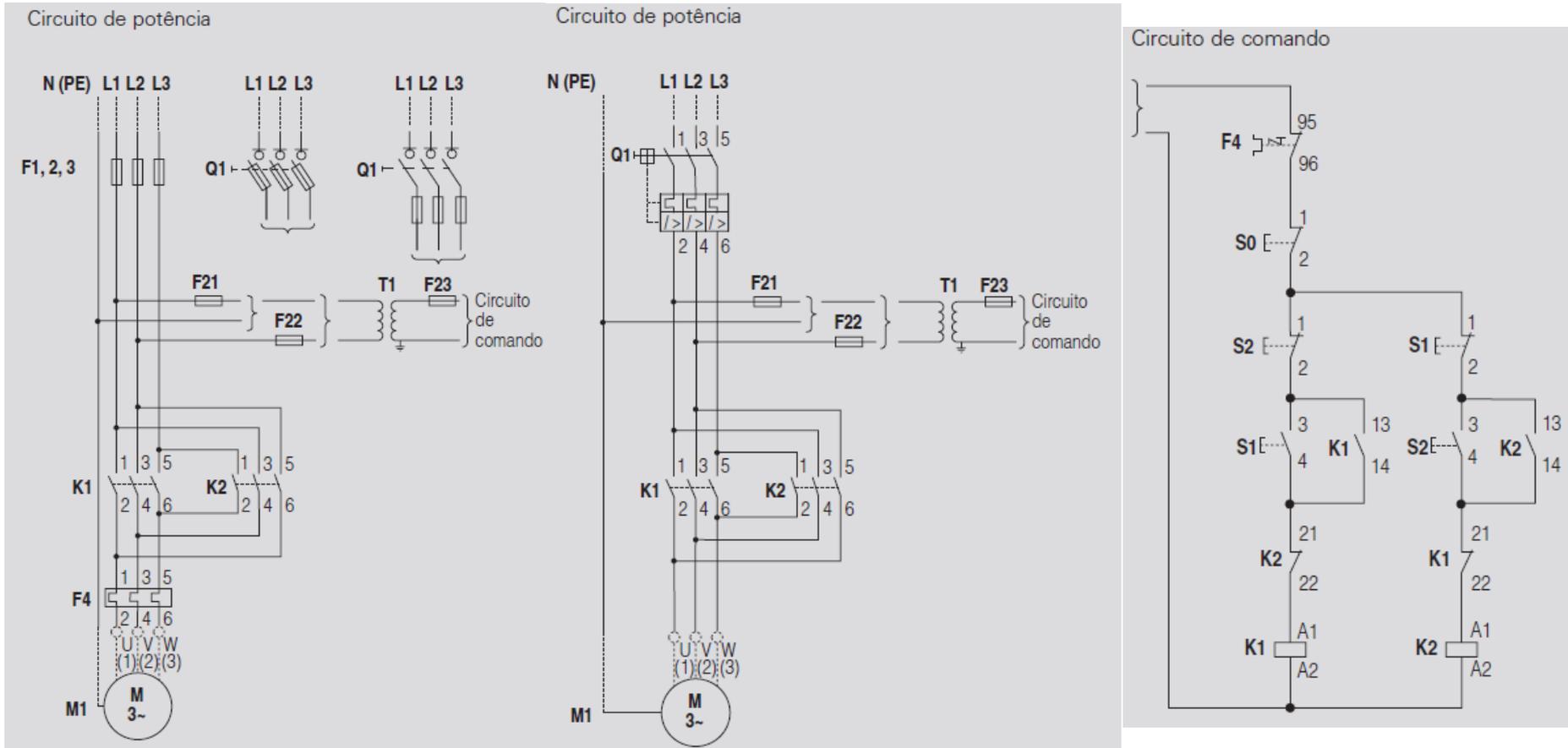
Circuito de potência



Circuito de comando

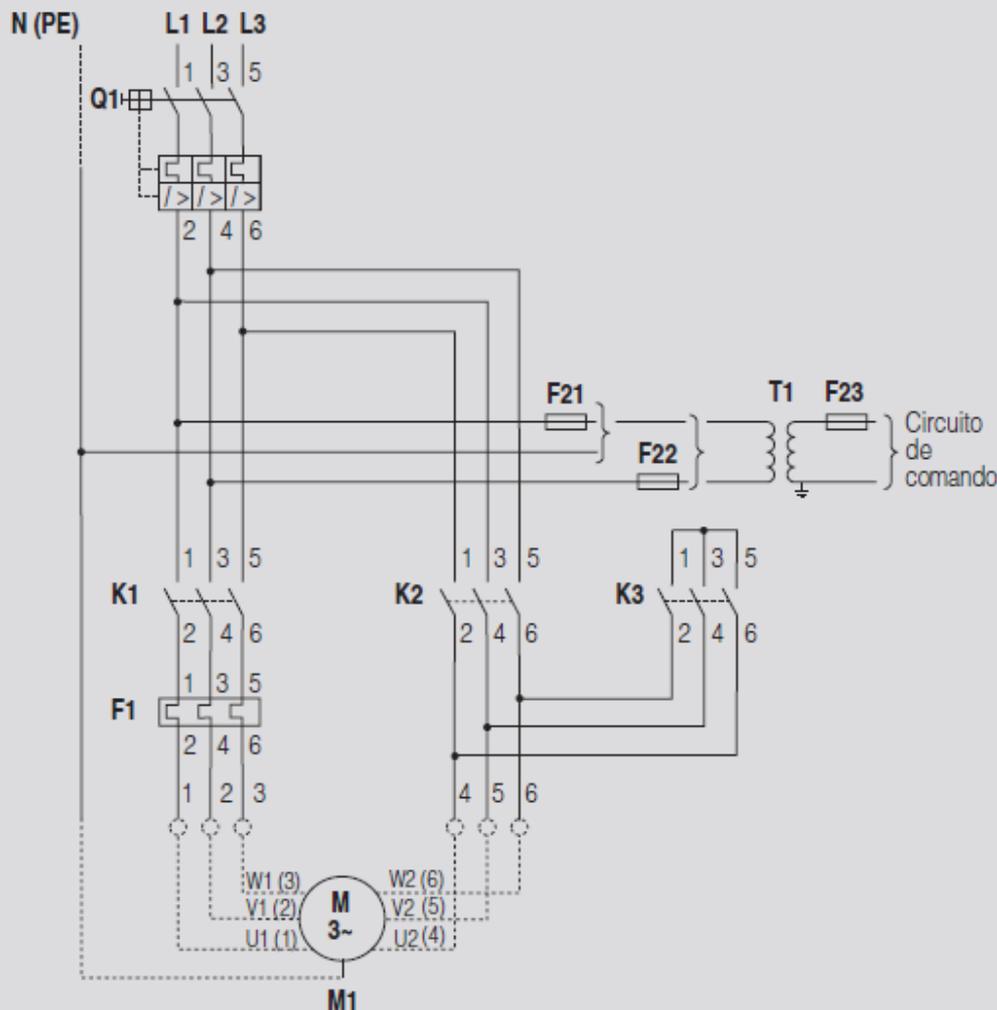


# PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO

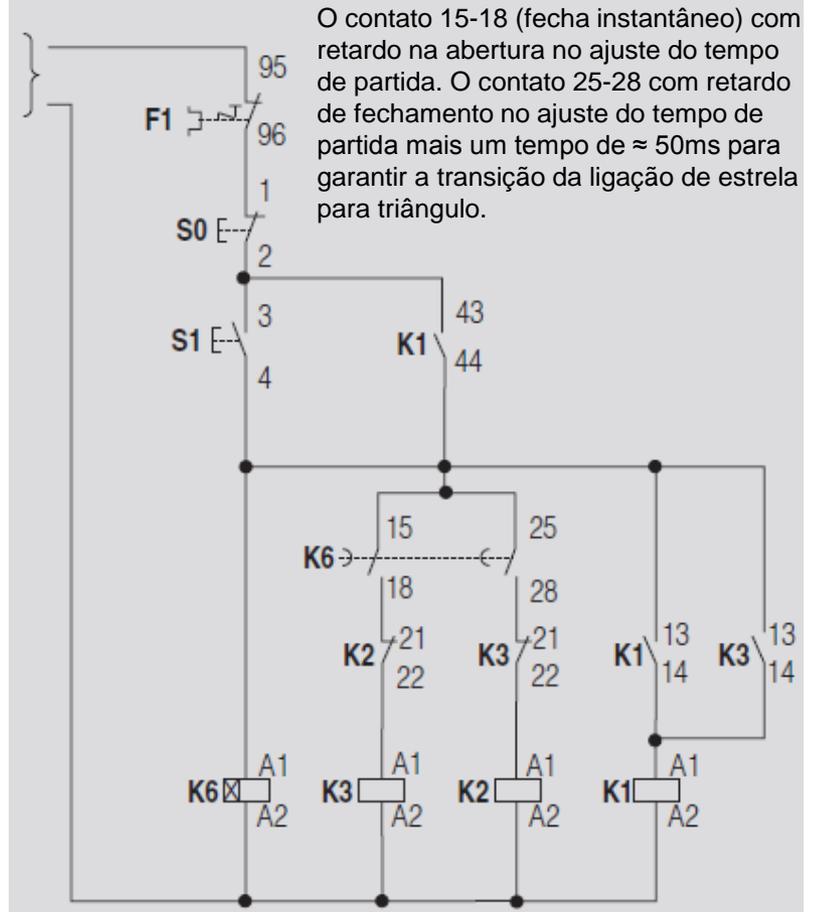


# PARTIDA ESTRELA - TRIÂNGULO

Circuito de potência

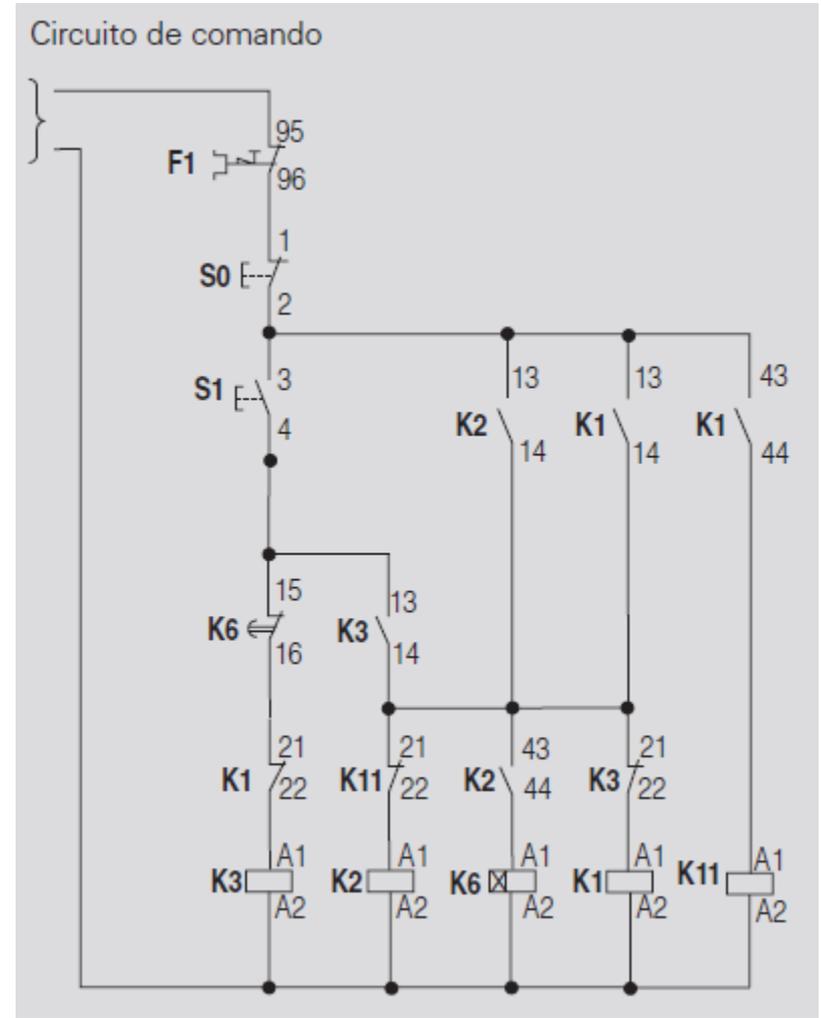
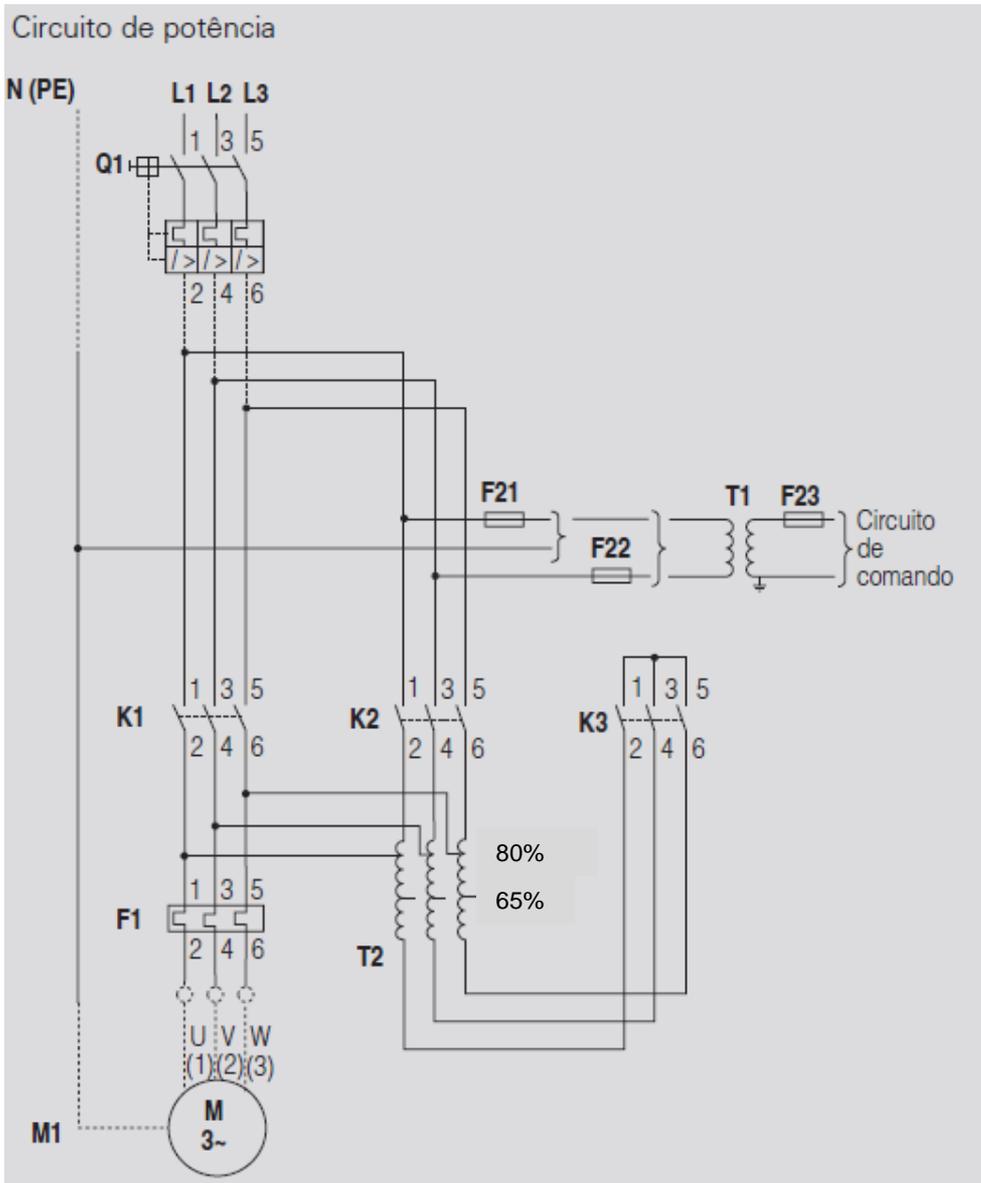


Circuito de comando



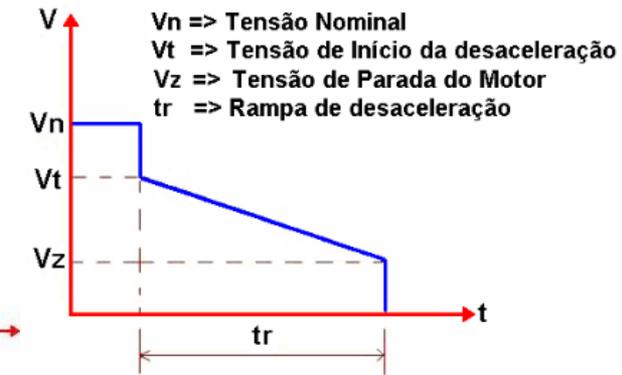
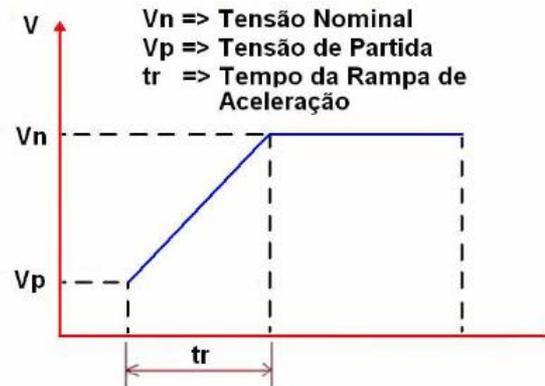
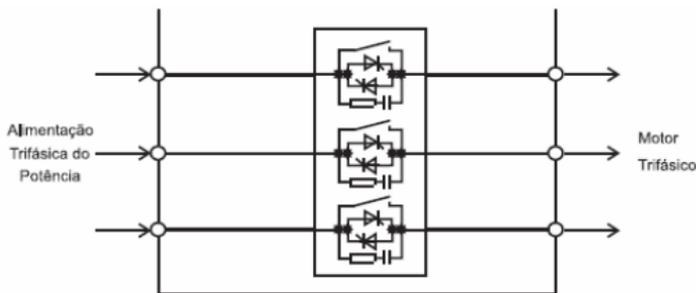
O contato 15-18 (fecha instantâneo) com retardo na abertura no ajuste do tempo de partida. O contato 25-28 com retardo de fechamento no ajuste do tempo de partida mais um tempo de  $\approx 50\text{ms}$  para garantir a transição da ligação de estrela para triângulo.

# PARTIDA COM AUTO-TRANSFORMADOR (COMPENSADORA)



# PARTIDA SUAVE (SOFT-STARTER)

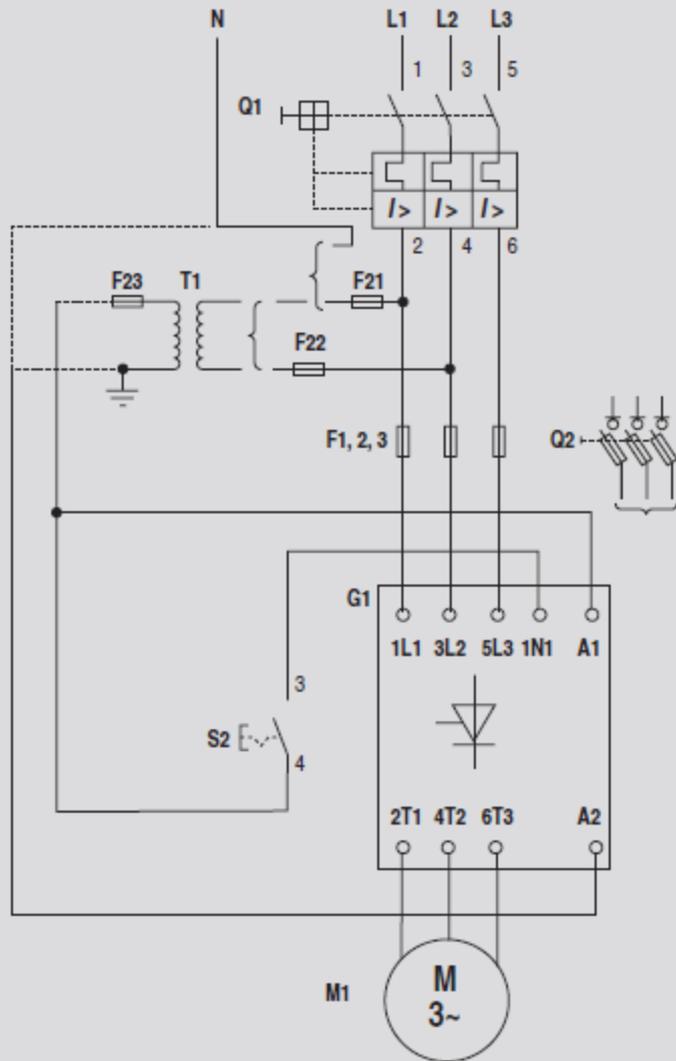
As chaves soft-starters são equipamentos de eletrônica de potência que consistem em elementos de comutação bidirecionais, compostas de pontes de tiristores (de quatro a seis tiristores SCR montados na configuração antiparalelo e acionados por uma placa de controle eletrônico) que atuam como chaves de partida estática, projetadas para regular a rampa de aceleração nas partidas de motores de indução trifásicos (motor de corrente alternada do tipo gaiola), a fim de controlar a corrente de partida da máquina, em substituição às técnicas mais antigas. Os soft-starters atuam também na rampa de desaceleração, nas paradas da máquina e ainda na proteção elétrica do motor. Seu uso é comum em bombas centrífugas, ventiladores, e motores de elevada potência cuja aplicação não exija a variação de velocidade. (<http://www.ebah.com.br>)



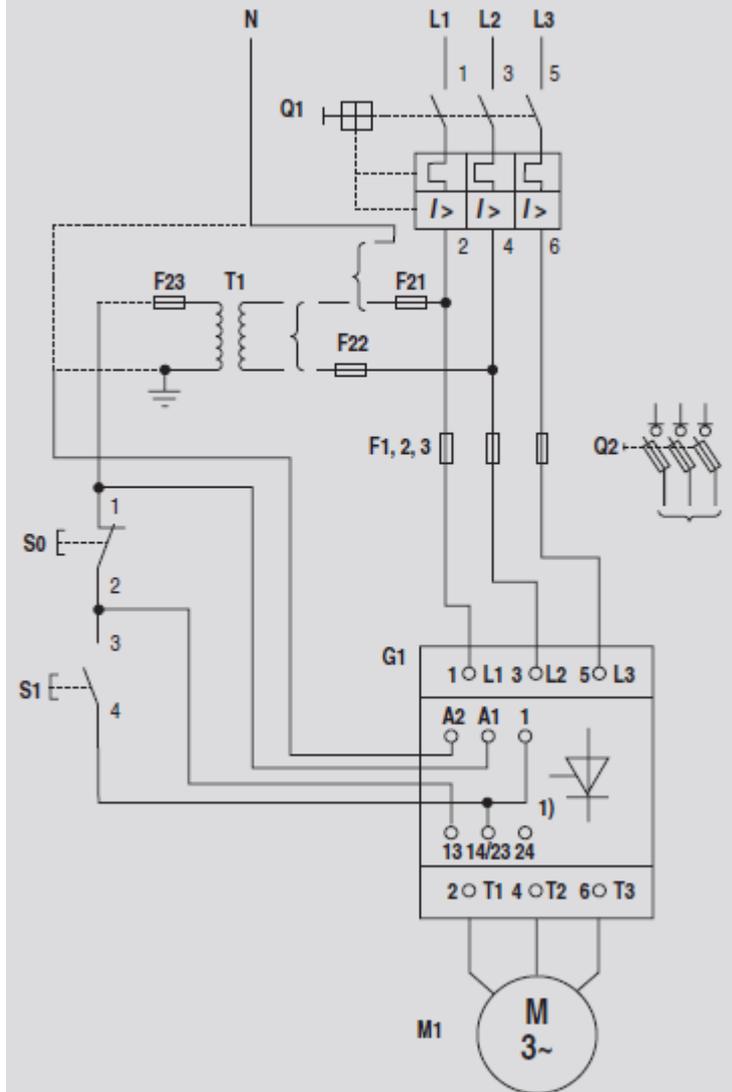


# PARTIDA SUAVE (SOFT-STARTER)

Circuito de potência e de comando  
( para 3RW30 03 a 3RW30 16 )



( para 3RW30 24 a 3RW30 46 )



# INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Equipamento que permite fazer o controle da velocidade, mantendo o torque constante. Para tanto, atua de forma a manter a relação V/F (Tensão/Frequência) constante.

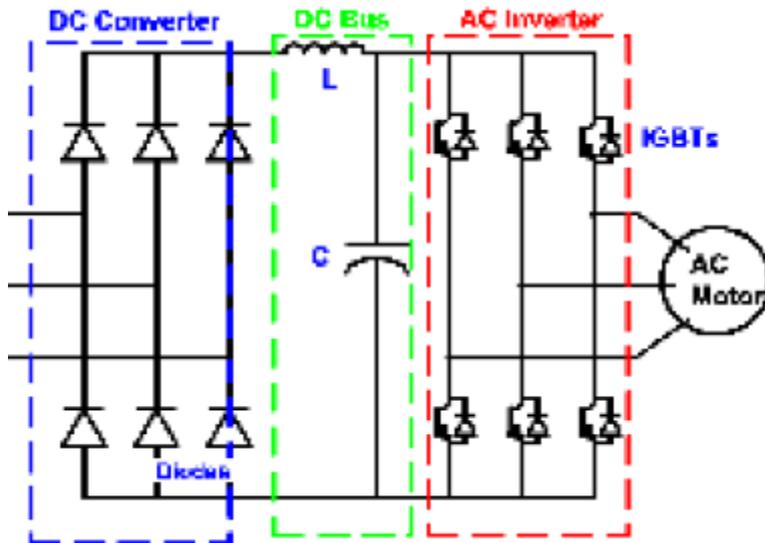
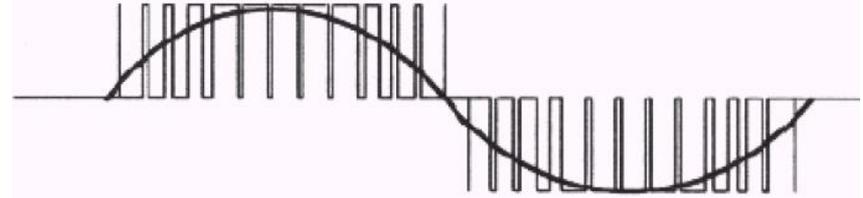


Diagrama de blocos

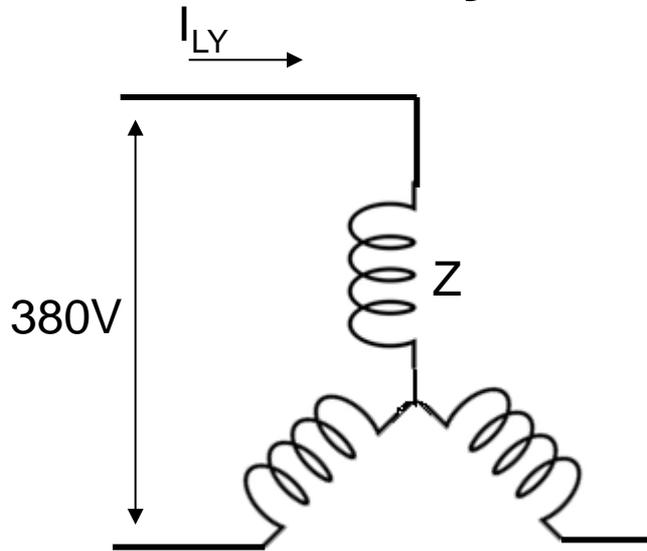


Curva de tensão (pulsada) e corrente (senoidal) na saída do inversor



# PARTIDA ESTRELA – TRIÂNGULO

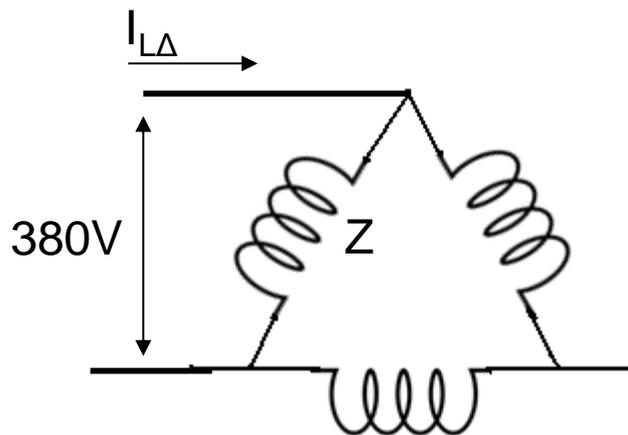
## REDUÇÃO DA CORRENTE DE PARTIDA



$$I_{LY} = \frac{220}{Z} \quad I_{L\Delta} = \frac{\sqrt{3} \times 380}{Z}$$

$$\frac{I_{LY}}{I_{L\Delta}} = \frac{220/Z}{\sqrt{3} \times 380/Z} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot 380} = \frac{1}{3}$$

$$I_{LY} = 0,33 \times I_{L\Delta}$$



# PARTIDA COM CHAVE COMPENSADORA

## REDUÇÃO DA CORRENTE DE PARTIDA NO TAP DE 65%

Para o autotransformador, vale a relação:

$$V_P \times I_P = V_S \times I_S$$

Portanto, para um tap de 65%, tem-se:

$$V_P = V_{L\Delta}$$

$$I_P = I_{L\Delta P}$$

$$V_S = 0,65 \times V_{L\Delta}$$

$$I_S = 0,65 \times I_{L\Delta}$$

Então,  $V_P \times I_P = V_S \times I_S$

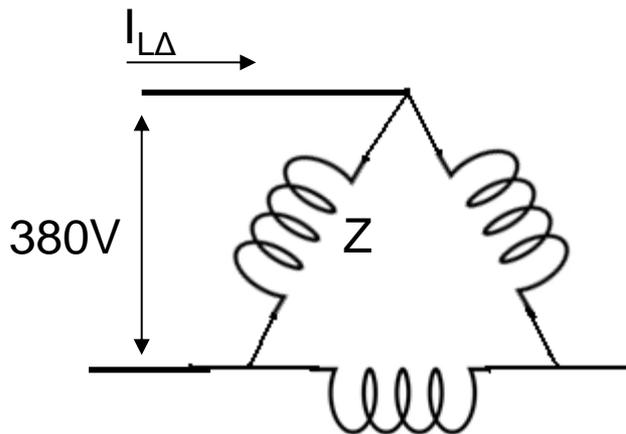
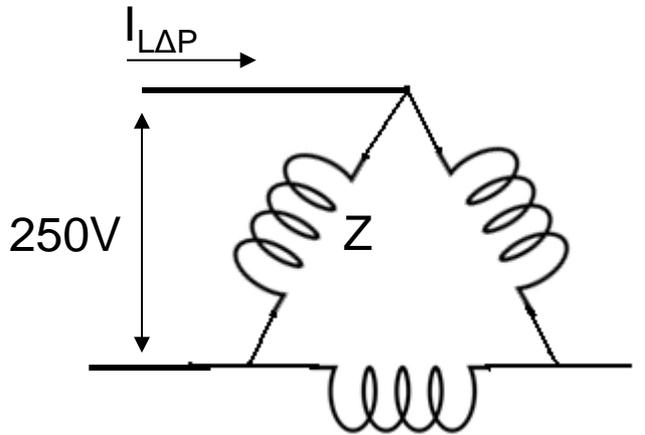
$$V_{L\Delta} \times I_{L\Delta P} = 0,65 \times V_{L\Delta} \times 0,65 \times I_{L\Delta}$$

$$I_{L\Delta P} = 0,65 \times 0,65 \times I_{L\Delta}$$

$$I_{L\Delta P} = 0,42 \times I_{L\Delta}$$

Para chave Estrela/Triângulo:

$$I_{LY} = 0,33 \times I_{L\Delta}$$



## COMPARATIVO

### ESTRELA/TRIÂNGULO

#### -VANTAGENS

- CUSTO REDUZIDO
- ELEVADO NO. DE MANOBRAS
- $I_p = 1/3 I_n$
- BAIXA QUEDA DE TENSÃO NA PARTIDA
- DIMENSÕES REDUZIDAS

#### -DESVANTAGEM

- MOTOR COM DUPLA TENSÃO NOMINAL E PELO MENOS 6 TERMINAIS ACESSÍVEIS

### COMPENSADORA

#### -VANTAGENS

- NO TAP 65% A PARTIDA É SEMELHANTE  $Y/\Delta$
- NA COMUTAÇÃO DA TENSÃO REDUZIDA PARA A NOMINAL NÃO ACARRETA EM ELEVAÇÃO DE CORRENTE DEVIDO À ALTA REATÂNCIA DO AUTOTRAFO
- VARIAÇÃO GRADATIVA DE TAP FACILITA A ADEQUAÇÃO DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO

#### -DESVANTAGEM

- CUSTO SUPERIOR  $Y/\Delta$
- DIMENSÃO SUPERIOR  $Y/\Delta$

