

4.5.3 PARTIDA COMPENSADA

Seu projeto de comando de um acionamento de partida estrela-triângulo foi finalizado e outro projeto de comando já está em sua mesa, à espera, pois a empresa recebeu uma encomenda de um projeto de uma **Laminadora**. Toda especificação foi concluída pela engenharia, assim como o projeto mecânico. Agora é preciso fazer o projeto do comando elétrico e essa tarefa foi atribuída a você. Assim sendo, o setor de engenharia encaminhou-lhe a seguinte especificação técnica:

A especificação técnica para o projeto de comando elétrico da Laminadora contém:

a) **Sistema de alimentação:**

- sistema trifásico a quatro fios e terra (PE), tensão de fase-fase de 220 V.

b) **Motor utilizado:**

- motor de indução trifásico, modelo W21;
- potência: 20 cv;
- tensão/frequência: 220 V - 60 Hz;
- quatro polos;
- tempo de partida: 6 s;
- fator de serviço (FS): 1,15;
- corrente nominal (I_n): 52,6 A;
- I_p/I_n : 6,3;
- tap de partida = 80%.

c) **Requisitos de projeto:**

- botão de partida;
- botão de parada de emergência;
- proteção contra curto-circuito e sobrecarga;
- desligamento automático na condição de sobrecarga;
- em caso de desacionamento por sobrecarga, o acionamento seguinte deve ser manual.

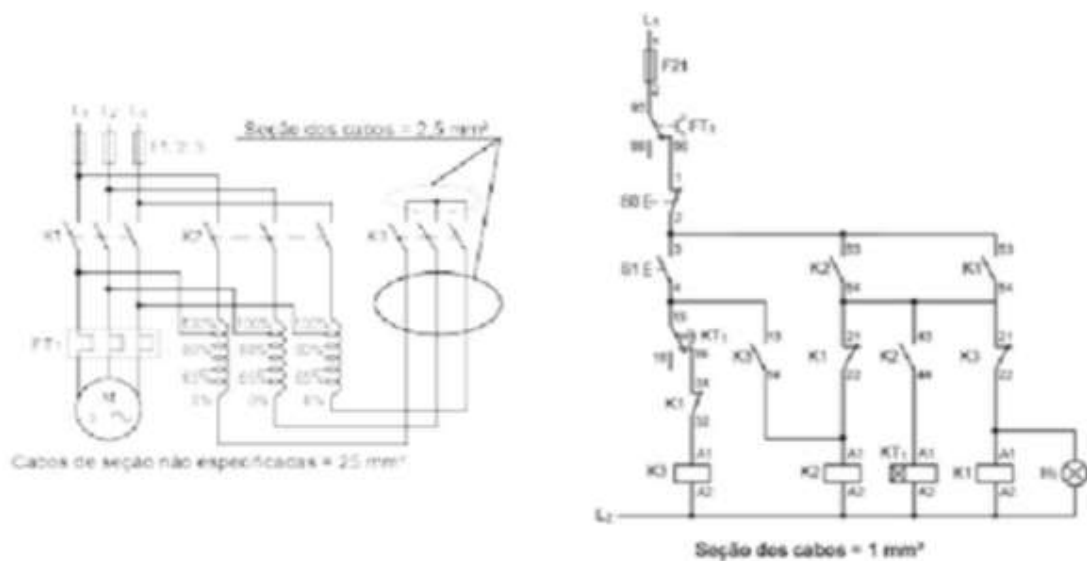
Você já tem todas as informações de entrada de projeto para construir o comando elétrico para uma **Laminadora**. Já estudou, no livro sobre manutenção industrial, os diversos modelos de acionamento de motores. Assim sendo, com esse conhecimento, deve escolher o melhor modelo para esta aplicação.

Você aprendeu que a partida direta não pode ser usada devido ao limite de potência do motor. Quanto à partida estrela-triângulo, sua aplicação não é viável porque esse modelo só pode partir em vazio ou com um conjugado de carga muito pequeno. Dessa forma, a opção é implementar o acionamento por partida compensadora (ou compensada).

Vamos relembrar um pouco sobre a chave compensadora

A chave compensadora alimenta as bobinas do motor com tensão reduzida na partida. Essa redução é feita com uso de um autotransformador dotado de alguns *taps* (normalmente 50%, 65% e 80%), seu enrolamento fica em série com o motor, dividindo a tensão da linha e, como consequência, a corrente de partida.

Depois de realizada a partida, o motor recebe a tensão nominal da linha. Veja a seguir um diagrama elétrico de uma partida compensadora para atender ao projeto.



Pode-se observar que o circuito de potência é composto, basicamente, por:

- a) três contatores;
- b) um relé térmico; e
- c) um autotransformador.

Vamos agora relembrar como se comporta o conjugado com esse tipo de acionamento. Veja a seguir.

Conjugado do motor com acionamento por chave compensadora

Você sabe que o torque (conjugado) varia proporcionalmente com a tensão aplicada ao motor. E esse tipo de acionamento está diretamente relacionado ao *tap* do autotransformador usado. Você sabe que o torque é representado, matematicamente, pela equação:

$$T = Z \times V^2$$

Sendo

- T = torque (conjugado)
- Z = constante do motor
- V = tensão do motor

Veja, na tabela a seguir, qual é a redução do conjugado nominal em função do *tap* do autotransformador.

Tabela 12 - Relação de transformação x percentual nominal do conjugado

| TAP DE TRANSFORMAÇÃO | K | PERCENTAGEM DE CONJUGADO NOMINAL |
|----------------------|------|----------------------------------|
| 50% | 0,5 | 25% |
| 65% | 0,65 | 42,25% |
| 80% | 0,8 | 64% |

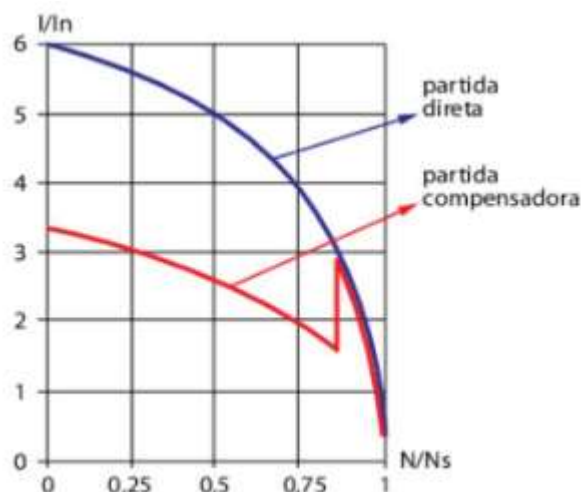
Esta partida é utilizada geralmente para motores acima de 15 cv. Ela é feita em três estágios:

1º estágio: inicialmente os autotransformadores são colocados em estrela e, em seguida, o motor é ligado à rede por intermédio de um dos *taps* do autotransformador. A partida é feita com tensão reduzida de acordo com a relação de transformação (K);

2º estágio: antes de passar para a tensão plena, a ligação estrela é aberta. Essa operação é feita quando se atinge a velocidade de equilíbrio no final do estágio anterior;

3º estágio: ao se colocar o motor à plena carga, o autotransformador é desligado do circuito.

Veja a seguir o comportamento da corrente de partida da chave compensadora em relação à partida direta.



Dimensionamento do circuito de potência da chave compensadora

O dimensionamento do circuito de potência consiste em dimensionar os três contadores (K1, K2 e K3), o relé térmico e os fusíveis. Vamos iniciar pelo dimensionamento do contador K1.

Dimensionar o contador K1

Como pode ser observado pelo diagrama, o contador recebe a corrente nominal, quando está em regime pleno. Dessa forma, a corrente mínima para especificar o contador é $I_{ctm} = 1,1 \times I_n = 1,1 \times 52,6 = 57,9 \text{ A}$.

Para dimensionar e codificar o contador de acordo com o código do fabricante, vamos utilizar sua corrente mínima, $I_{ctm} = 57,9 \text{ A}$, e seguir o mesmo procedimento utilizado no acionamento de partida direta, como você já aprendeu e que se encontra neste mesmo capítulo.

Veja a seguir como se procede para dimensionar o contador K2.

Dimensionar o contador K2

Como pode ser observado no diagrama, o contador recebe a corrente proporcional ao *tap* (K) do autotransformador. Dessa forma, a corrente mínima para especificar o contador é:

Onde:

- I_n = corrente nominal do motor; e
- K = índice de redução de tensão associado ao *tap* do autotransformador.

Vamos calcular a corrente mínima do contador I_{ctm} :

$$I_{ctm} = 1,1 \times I_n \times (K^2) = 1,1 \times 52,6 \times 0,8^2 = 37 \text{ A}$$

Para dimensionar e codificar o contator de acordo com o código do fabricante, vamos utilizar sua corrente mínima, $I_{ctm} = 37 \text{ A}$, e seguir o mesmo procedimento utilizado no acionamento de partida direta, como você já aprendeu e que se encontra neste mesmo capítulo.

A seguir, vamos dimensionar o contator K3.

Dimensionar o contator K3

Como podemos constatar pelo diagrama, o contator recebe a corrente proporcional ao *tap* (K) do autotransformador. Dessa forma, a corrente mínima para especificar o contator é:

$$I_{ctm} = 1,1 \times I_n \times (K - K^2)$$

Onde:

- I_n = corrente nominal do motor;
- K = índice de redução de tensão associado ao *tap* do autotransformador.

Vamos calcular a corrente mínima do contator I_{ctm}

$$I_{ctm} = 1,1 \times I_n \times (K - K^2) = 1,1 \times 52,6 \times (0,8 - 0,8^2) = 9,2 \text{ A}$$

Para dimensionar e codificar o contator de acordo com o código do fabricante, vamos utilizar sua corrente mínima, $I_{ctm} = 9,2 \text{ A}$ e seguir o mesmo procedimento utilizado no acionamento de partida direta, como você já aprendeu e que se encontra neste mesmo capítulo.

Vamos agora dimensionar o relé térmico.

Dimensionamento do relé térmico (sobrecorrente)

Como podemos observar no diagrama, o relé térmico (FT1) está operando quando o sistema está à plena carga. Dessa forma, o relé é dimensionado de acordo com a corrente nominal do motor ($I_n = 52,6 \text{ A}$).

A corrente de ajuste é determinada em função do fator de serviço do motor (FS) e é obtida pela fórmula a seguir:

Para o $FS < 1,15$, a corrente de ajuste do relé térmico vale: $IFRT = 1,15 \times I_n$

Para o $FS \geq 1,15$, a corrente de ajuste do relé térmico vale: $IFRT = 1,25 \times I_n$

Conforme a especificação do motor, o fator de serviço vale: $FS = 1,15$. Portanto, para calcular a corrente de ajuste do relé térmico é só aplicar a fórmula: $IFRT = 1,25 \times 52,6 \rightarrow IFRT = 65,7 \text{ A}$.

Para especificar e obter o código do fabricante do relé térmico, vamos utilizar a corrente de ajuste do relé térmico de valor $IFRT = 65,7 \text{ A}$. Considerando-se esse valor, você deve seguir o mesmo procedimento utilizado no acionamento de partida direta, como você já aprendeu e que se encontra neste mesmo capítulo.

Para finalizar o circuito o dimensionamento do circuito de potência, é necessário dimensionar os fusíveis.

Dimensionamento dos fusíveis

A corrente de partida está associada à posição do *tap* do autotransformador no momento do acionamento. No nosso caso, a especificação de entrada define *tap* de 80%, ou seja, $K = 0,8$. Assim sendo, a corrente de partida é dada pela equação: $I_{p'} = K^2 \times I_p$, onde o $I_{p'}$ é a corrente de pico corrigida em função do *tap* do autotransformador.

Veja a seguir o cálculo do $I_{p'}$ do fusível:

$$I_{p'} = K^2 \times I_p \rightarrow I_{p'} = K^2 \times 6,3 \times I_n \rightarrow I_{p'} = 0,8^2 \times 6,3 \times 52,6 \rightarrow I_{p'} = 212 \text{ A}$$

Para dimensionar e especificar o código do fabricante você considera os dados: $T_p = 6 \text{ s}$ (tempo de propagação do motor) e $I_{p'} = 212 \text{ A}$ e segue todo o procedimento do acionamento em partida direta para o dimensionamento de fusível, conforme você já aprendeu neste capítulo.

A seguir você vai receber um novo desafio: **projetar uma partida com motor bobinado**.