

Disciplina: Eletricidade

Aula Assíncrona
Métodos de Partida de Motores Elétricos

Curso: Engenharia Mecânica

Professor: Paulo Cesar da Silva

E-mail: paulocesar@ifsul.edu.br

Passo Fundo
2024



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- Introdução
- Motor de Indução Trifásico:



 		NBR.7094	
~ 3 132S		04/00 AV30252	
MOTOR INDUÇAO - CAIOIA INDUCTION MOTOR - SOUBREL CAGE		Hz 60	CAT N
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760	
ES SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K	lp/in 7.8 IP55
380/660 V		15.2/8.77 A	
REG DUTY S 1	MAX AMB	ALT	m
380 V 6 4 5 1 2 3 L1 L2 L3 Δ		660 V 6 4 5 1 2 3 L1 L2 L3 Y	
 6308-ZZ  6207-ZZ	A BASE DE LITIO		58.0 Kg
 PNCEE INMETRO		REND.% = 89% cos φ 0.84	

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Introdução**
- Um dos instantes mais críticos é a partida de motores elétricos, pois nesse momento, os motores solicitam uma corrente muito maior do que em serviço contínuo, devido à mudança de um estado de inércia do motor. A isso chamamos de pico de corrente. No instante da partida, essa corrente costuma variar na faixa de **seis a oito** vezes a corrente nominal do motor.

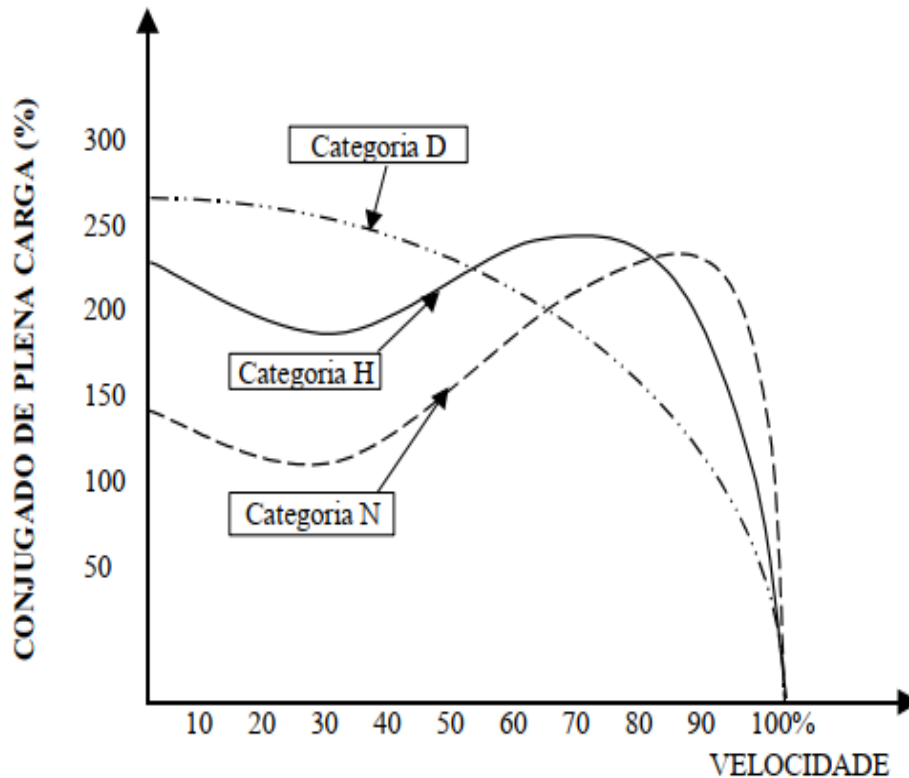
WEG		ALTO RENDIMENTO		CE		
		NBR7094				
1	~ 3 132S	25MAR04		BM20035		
MOTOR INDUCAO - GAIOLA		Hz 60		CAT N		
INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE						
2	kw(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760			
FS 1.15		ISOL INSL B Δ† K		IP55		
SF 220/380/440 V		lp/tn 7.8		26.4/15.3/13.2 A		
3	REG DUTY S1		MAX AMB 40°C		ALT 1000 m	
REND.λ= 91.0		COSφ= 0.82		SFA		
4	 220 V		 380 V		 440 V	
		- ONLY START /		SOMENTE PARTIDA		
6308-ZZ		MOBIL POLYREX EM		64 Kg		
6207-ZZ						
5	00293		PROCEL NBR7094		INMETRO	
		REGULAMENTO - RESP/004-MOT		RENDIMENTO E FATOR DE POTENCIA		
		APROVADOS PELO INMETRO				

WEG		W22		30 JUN 2017 1037018844	
		1001		MOTOR INDUCAO - GAIOLA	
3 kW(HP-cv)		3.0(4.0)		INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE	
220/380		A 1 1 7 / 6.75			
1735		60		1.15	
86.5		AMB 40°C		F Δ†	
N		IP55		S1	
		34 Kg		6206-ZZ	
				6205-ZZ	
				MOBIL POLYREX EM	
CE		RENDIMENTO E FATOR DE POTENCIA		APROVADOS PELO INMETRO	
		PROCEL		NBR - 17094-1	
		INMETRO			



Métodos de Partida de Motores Elétricos

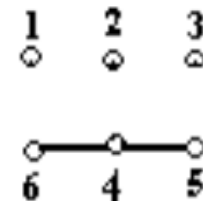
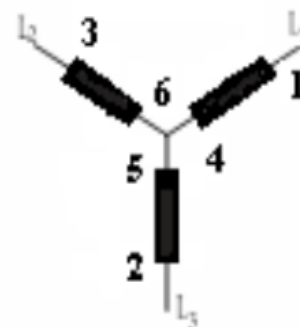
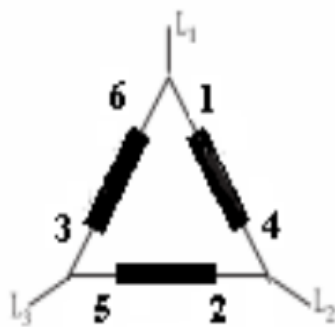
- **Introdução**
- **Categorias de Torque/Conjugado:**



- Categoria N – Conjugado de partida normal. Corrente de partida normal.
- Categoria H – Conjugado de partida alto. Corrente de partida normal.
- Categoria D – conjugado de partida alto. Corrente de partida normal.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Introdução**
- **Esquemas de ligação**
- **Triângulo:** Com a tensão nominal do enrolamento de fase igual a 220 V;
- **Estrela:** Com o enrolamento conectado em estrela a tensão de linha passa a ser $\sqrt{3}$ vezes a tensão do enrolamento em Δ ($\sqrt{3} \times 220 = 380V$);

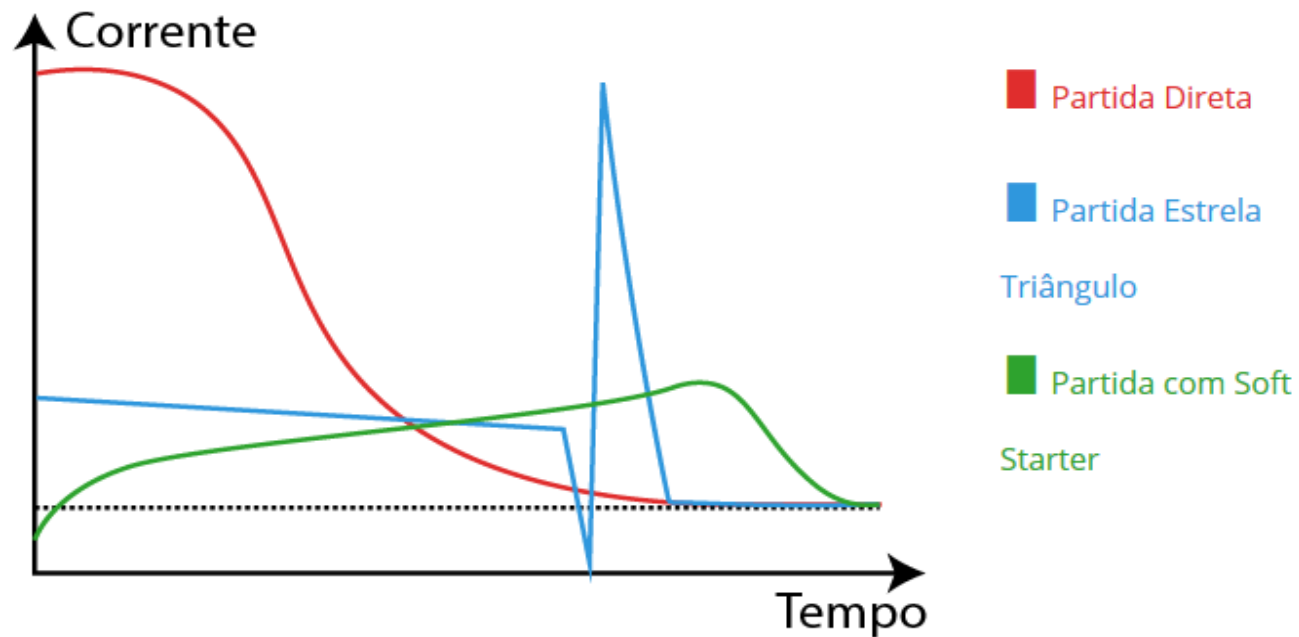


Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Introdução**
- **Métodos de Partida**
- Partida com plena tensão:
 - Partida direta;
- Partida com tensão reduzida:
 - Partida Estrela/Triângulo;
 - Partida compensadora (auto-transformador);
 - Partida com *Soft-Starter*;
 - Inversor de frequência.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Introdução**
- **Métodos de Partida**
- Comparação das correntes para diferentes métodos de partida:



Métodos de Partida de Motores Elétricos

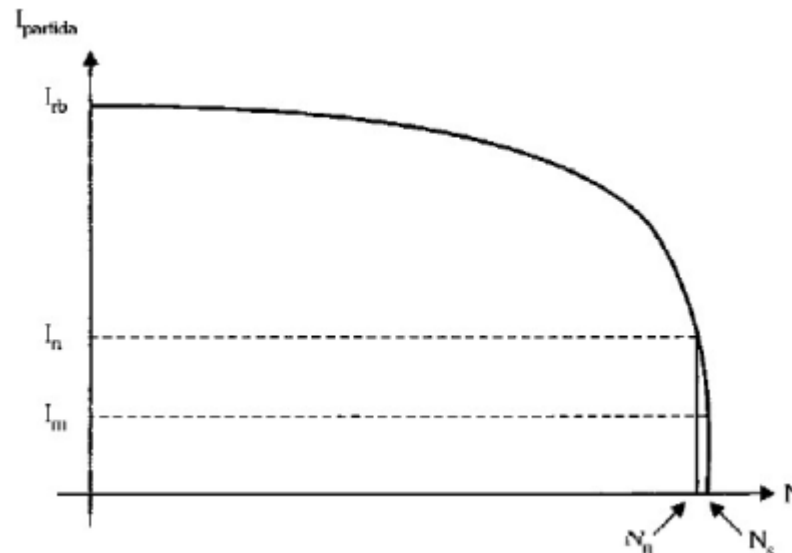
- **Introdução**

- A amplitude e o tempo do pico da corrente inicial dependem das condições de partida. Se for uma partida sob carga, o pico será maior do que se for em vazio.
- Pode-se chegar até dez vezes do valor normal.
- Essa alta corrente pode até disparar dispositivos de proteção dos circuitos e comandos. Além disso, sobrecarrega a rede alimentadora de uma forma prejudicial.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Introdução**

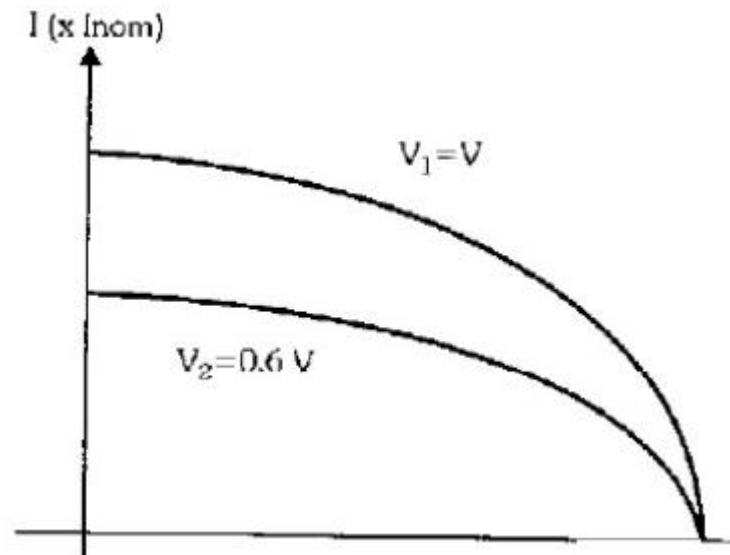
- Na figura vemos a curva que relaciona a corrente de partida com a velocidade do motor. Na partida, quando a velocidade do motor é praticamente nula, temos a corrente máxima que se mantém nesse patamar até um valor próximo da velocidade de trabalho do motor.



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Introdução**

- Vemos que a corrente consumida por um motor é função da tensão aplicada nele. A função das chaves de partida é a redução da tensão durante a partida do motor e depois a aplicação de tensão nominal, quando o motor já estiver na velocidade de trabalho.



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta**
- A partida direta é a forma mais simples de partir um motor elétrico, na qual as três fases são ligadas diretamente ao motor, ocorrente um pico de corrente.
- A partida de um motor trifásico direta deve ser executada sempre que possível.
- Por imposição das concessionárias de energia, só podem ser executadas partidas diretas de motores, abaixo de 5 cv e abaixo de 10 cv em instalações industriais.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta**
- A partida direta deve ser utilizada nos seguintes casos:
 - Baixa potência do motor;
 - A máquina movimentada não necessita de uma aceleração progressiva e está equipada com um dispositivo mecânico (reductor) que evita uma partida muito rápida;
 - O conjugado de partida é elevado.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta**
- Vantagens da partida direta:
 - Equipamentos simples e de fácil construção e projeto;
 - Conjugado de partida elevado;
 - Partida rápida;
 - Baixo custo.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta**
- Desvantagens da partida direta:
 - Acentuada queda de tensão no sistema de alimentação da rede, que ocasiona interferências em equipamentos instalados no sistema;
 - Os sistemas de acionamentos (dispositivos, cabos) devem ser superdimensionados, elevando os custos do sistema;
 - Imposição das concessionárias que limitam a queda de tensão na rede.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Botoeiras:** são dispositivos de comando, que tem como função estabelecer ou interromper o circuito, a partir de um acionamento manual.
- A letra **S** representa dispositivos como Interruptores, seletores. Ex.: Interruptor de controle, botões de pressão, interruptor de fim de curso, seletor interruptor de seleção, contato giratório.



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- Botoeira de impulso (*push-button*);
- Botão de trava;

- Dentro das chaves há dois tipos de contatos: normalmente aberto e normalmente fechado.

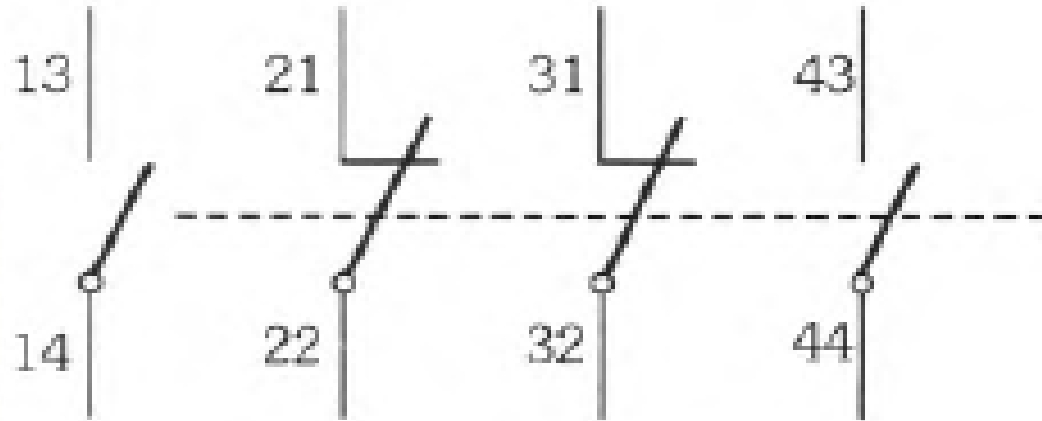
- **Contato normalmente aberto (NA):** sua posição original é aberta, ou seja, permanece aberto até que seja aplicada uma força externa. Também é frequentemente denominado, na maioria das aplicações industriais, de contato NO (*normally open*).

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- Os contatos destinados aos próprios comandos denominam-se auxiliares. Eles suportam baixas intensidades de corrente e não podem ser aplicados em circuitos de carga. A sua marcação é feita por dois dígitos. O primeiro representa o número sequencial do contato e o segundo, o código de função, que no caso dos contatos auxiliares NA são 3 e 4.
- **Contato normalmente fechado (NF):** sua posição original é fechada, ou seja, permanece fechado até que seja aplicada uma força externa. Também é frequentemente denominado, na maioria das aplicações industriais, como NC (*normally closed*). No caso dos contatos NF, a marcação é feita por dois dígitos. O primeiro representa o número sequencial do contato e o segundo, o código de função, que no caso dos contatos auxiliares NF são 1 e 2.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**

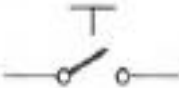
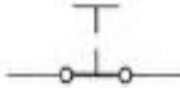

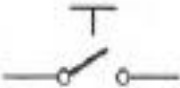
Chave de impulso	Desacionado	Acionado
NA		
NF		

Figura 3.2 - Contatos normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF) sem retenção.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Chave com retenção (ou trava):** é a mais simples utilizada, também denominada chave *toggle*.

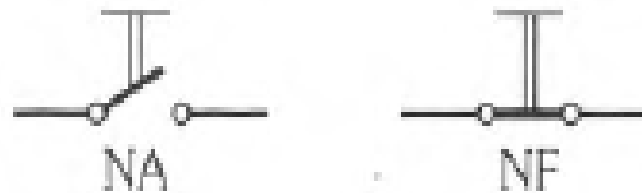


Figura 3.3 - Contatos normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF) com retenção.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Chaves de contatos múltiplos com ou sem retenção:** possuem vários contatos NA e/ou NF agregados. A Figura exibe a representação de dois conjuntos de contatos junto com alguns modelos de botões utilizados em acionamentos elétricos.

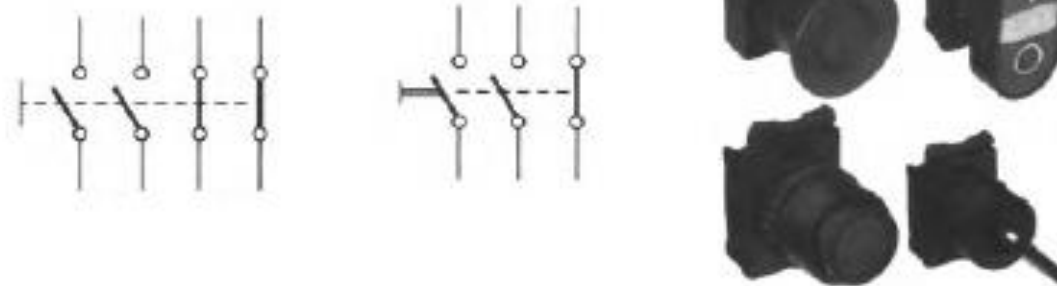


Figura 3.4 - Chave impulso (2 NA + 2 NF) e chave trava (2 NA + 1 NF).

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Bobina do contator:** nada mais é do que um fio de cobre enrolado em formato espiral. Quando essa bobina recebe uma corrente a mesma produz um campo magnético que movimenta um conjunto de contatos mecânicos. Os contatos podem ser do tipo NA (normalmente abertos) e NF (normalmente fechados).
- A letra **K** representa dispositivos como relés, contatores.

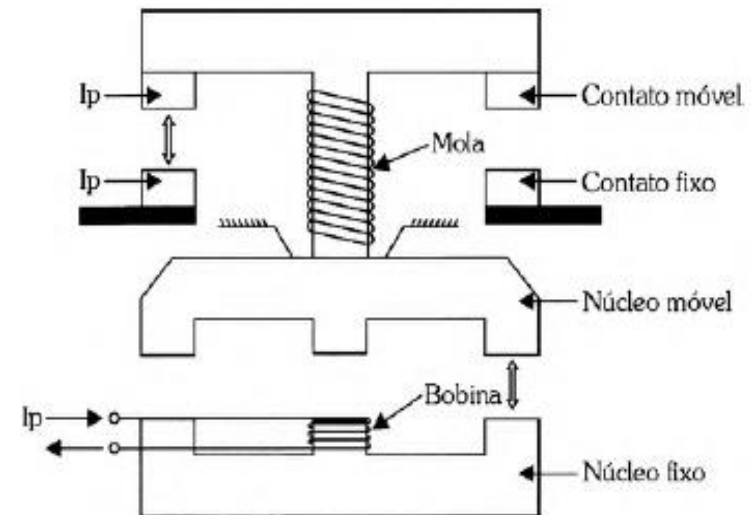


Figura 3.8 - Partes constituintes de um contator.

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos

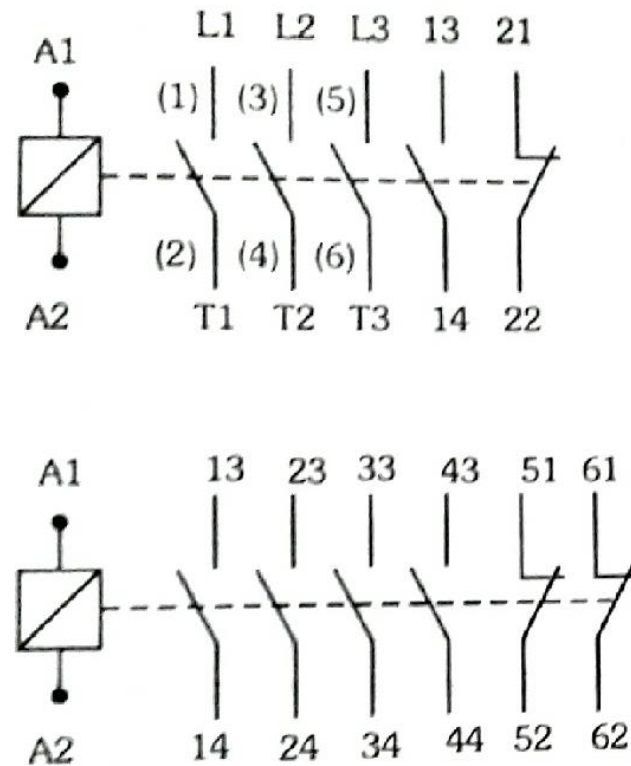
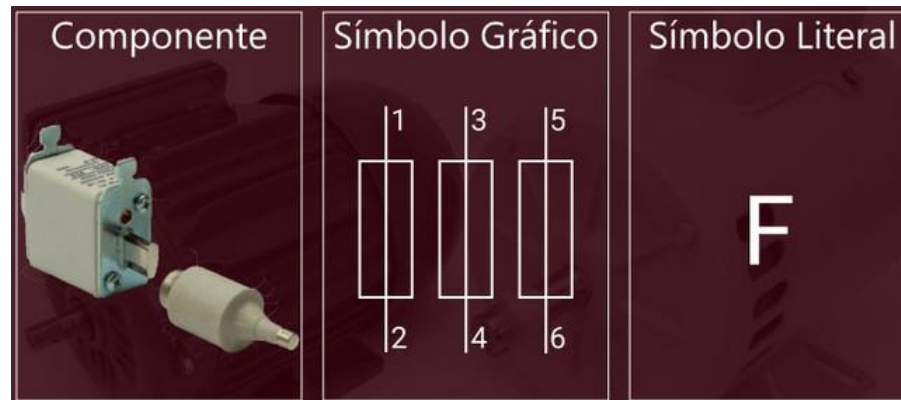


FIGURA 8.2: NUMERAÇÃO DE

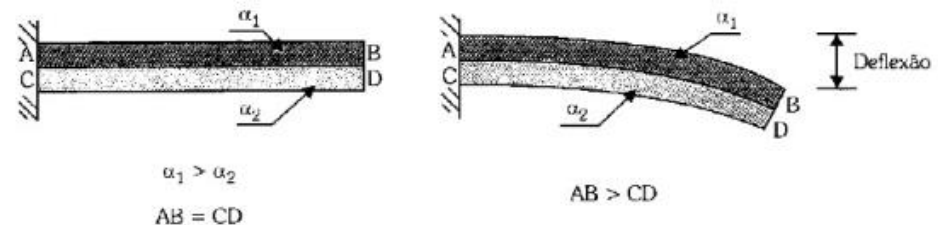
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Fusíveis:** são dispositivos conectados ao circuito elétrico que tem como função principal a proteção do circuito contra as sobrecargas da corrente elétrica, evitando possíveis danos ao sistema elétrico, tais como a queima do circuito.
- A letra **F** representa dispositivos de proteção. Ex.: fusível, dispositivo de descarga de sobretensão, para-raios.



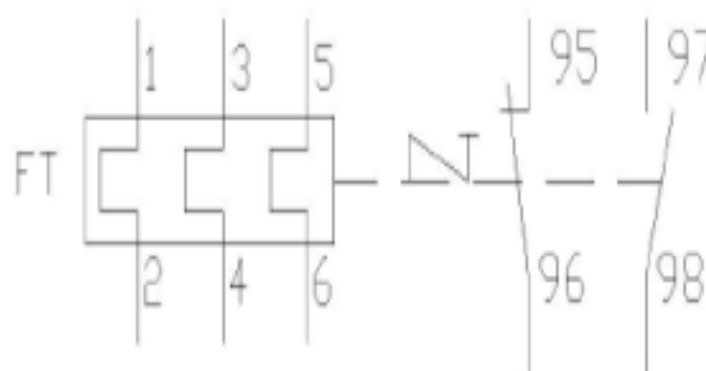
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Relé térmico:** é um dispositivo de proteção de sobrecarga elétrica aplicado a motores elétricos. Este dispositivo de proteção visa evitar o sobre-aquecimento.
- A letra **F** representa dispositivos de proteção. Ex.: fusível, dispositivo de descarga de sobretensão, para-raios.



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos
- Relé:



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Contato do relé térmico:** O **contator auxiliar** é um contato desenvolvido para manobrar os circuitos de comando, intertravamento e sinalização. Não devendo ser utilizados para manobrar cargas em substituição aos contatores de força.
NA – Contato normalmente aberto/NF – Contato normalmente fechado.
- A letra **F** representa dispositivos de proteção. Ex.: fusível, dispositivo de descarga de sobretensão, para-raios.



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Disjuntor motor:** é um dispositivo de proteção para o circuito principal. Eles combinam controle e proteção do motor em um único dispositivo.
- A letra Q representa dispositivos de manobra para circuitos de potência. Ex.: Disjuntor, seccionador.



Métodos de Partida de Motores Eléctricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Eléctricos**
- **Relé temporizador *on delay*:** quando a bobina de um relé temporizador *on delay* é energizada, os contatos mudam os estados depois de um tempo pré-determinado.



Métodos de Partida de Motores Elétricos

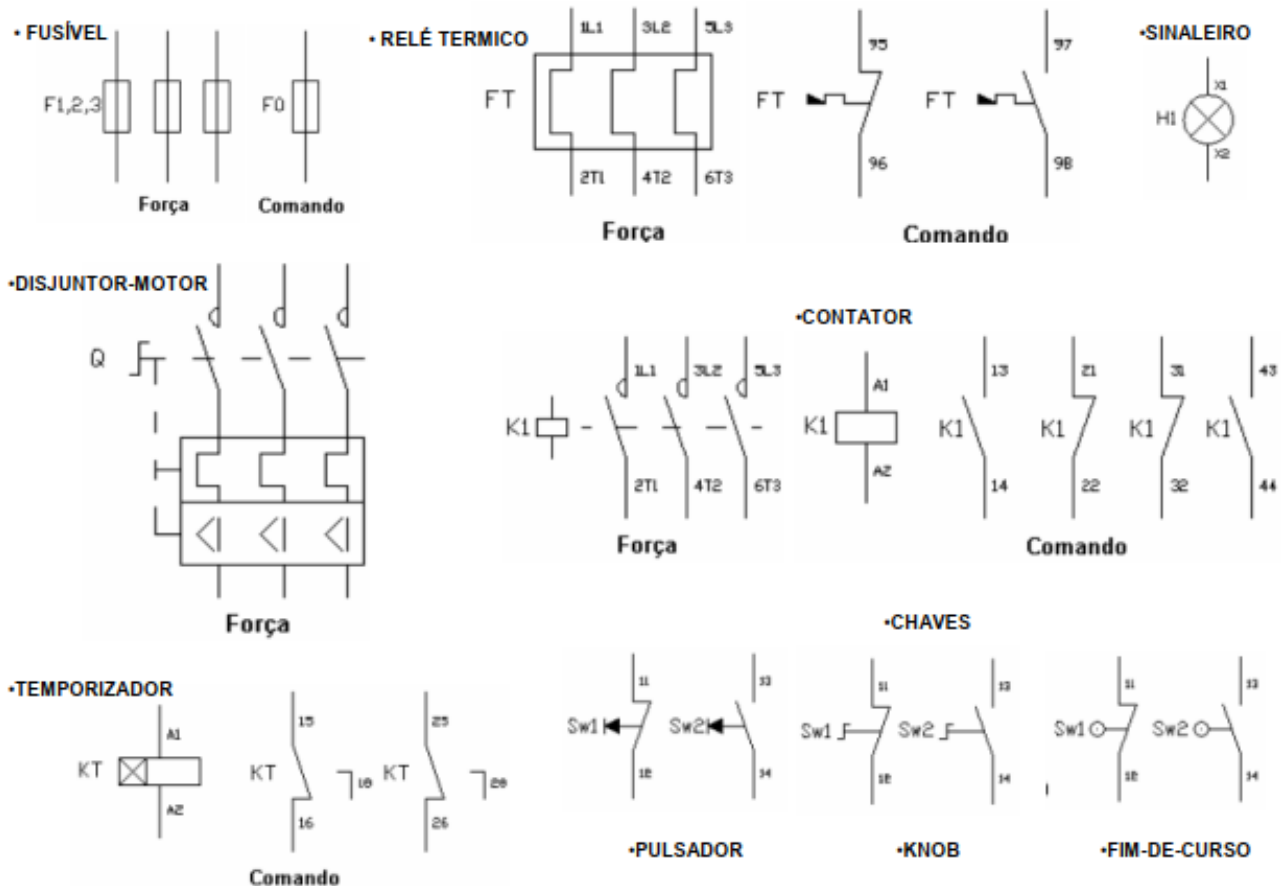
- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- **Relé temporizador *off delay*:** quando a bobina ou entrada de um relé temporizador *off delay* é energizada, os contatos mudam imediatamente os estados e depois de um tempo pré-determinado voltam para a posição original.



Métodos de Partida de Motores Elétricos











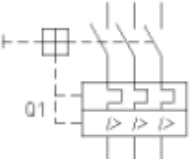
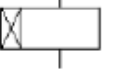




- Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos

IDENTIFICAÇÃO DE COMPONENTES NOS DIAGRAMAS ELÉTRICOS



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**
- Simbologia gráfica: no desenho elétrico cada um dos elementos é representado através de um símbolo. A simbologia é padronizada através das normas ABNT, DIN, IEC, etc. Na Tabela seguinte apresentam-se alguns símbolos referentes aos componentes estudados nos parágrafos anteriores.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NF com retorno por mola
	Contatos tripolares NA, ex: contator de potência		Fusível
	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contator		Contato normalmente aberto (NA)
	Relé térmico		Contato normalmente fechado (NF)
	Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos, proteção contra correntes de curto e sobrecarga		Acionamento temporizado na ligação
	Disjuntor com elemento magnético, proteção contra corrente de curto-circuito		Lâmpada / Sinalização
	Transformador trifásico		Motor Trifásico

Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Elementos Utilizados em Acionamentos Elétricos**

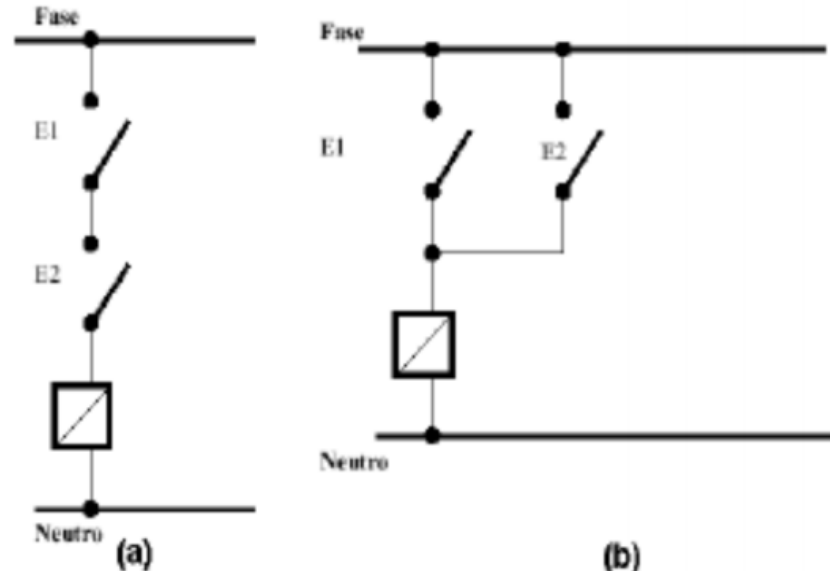
Tabela 2 – Símbolos literais segundo NBR 5280

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

Métodos de Partida de Motores Elétricos

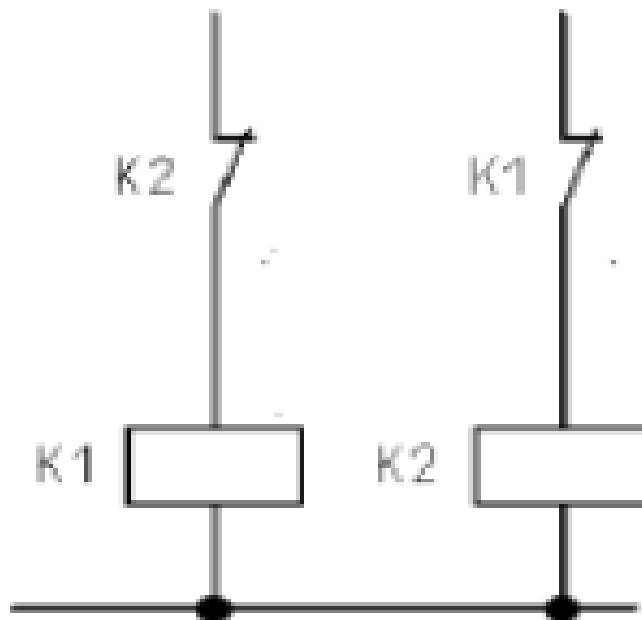
- **Lógica de Acionamentos**
- Para entender a lógica de acionamentos elétricos, precisa-se conhecer alguns esquemas de ligação.

Associação de contatos NA



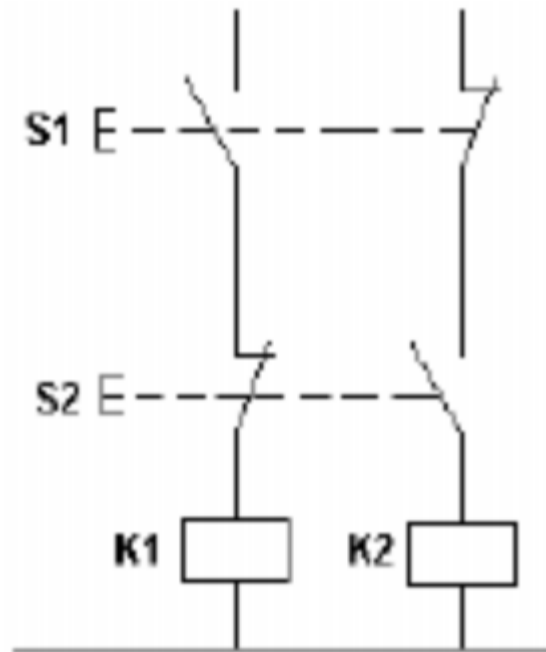
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Lógica de Acionamentos**
- **Intertravamento:** através do intertravamento, evita-se a ligação de certos dispositivos antes que os outros permitam essa ligação.



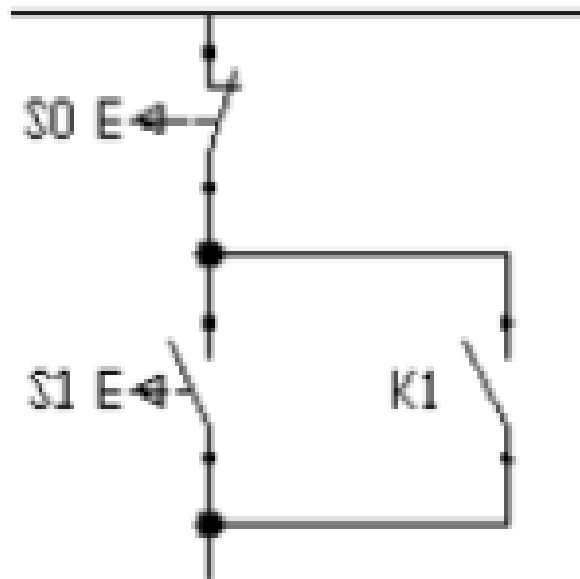
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Lógica de Acionamentos**
- **Intertravamento com botoeiras:** o intertravamento também pode ser feito através de botoeiras. Neste caso, para facilitar a representação, recomenda-se que uma das botoeiras venha indicada com seus contatos invertidos.



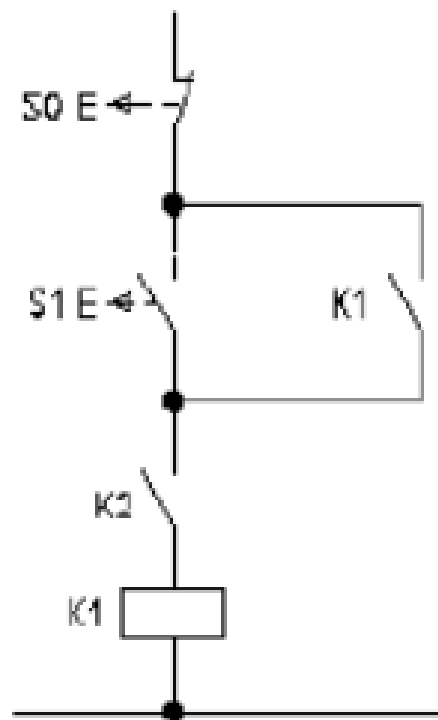
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Lógica de Acionamentos**
- **Selo:** O contato de selo é sempre ligado em paralelo com o contato de fechamento da botoeira.



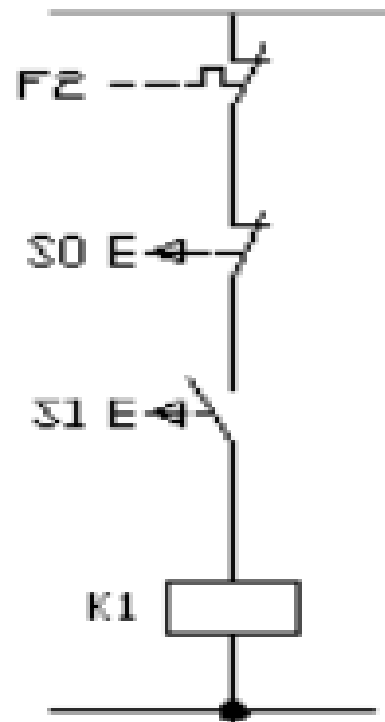
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- Circuitos de Comando
- Ligação condicionada:



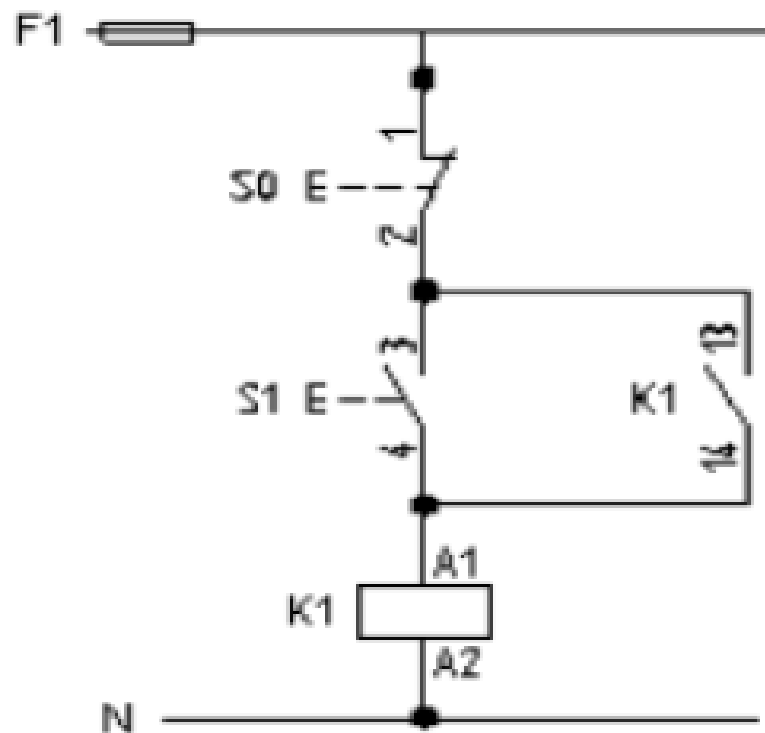
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- Lógica de Acionamentos
- Proteção do sistema:



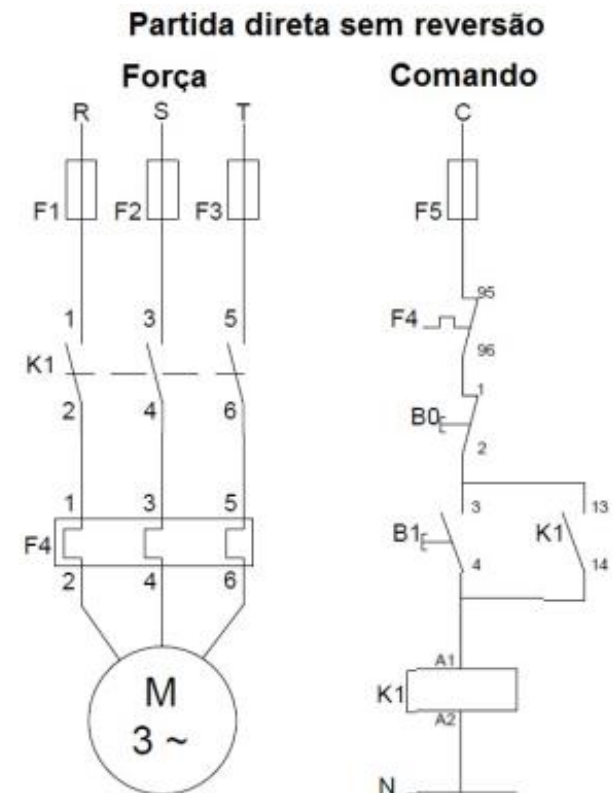
Métodos de Partida de Motores Eléctricos

- Circuitos de Comando
- Esquema Funcional:



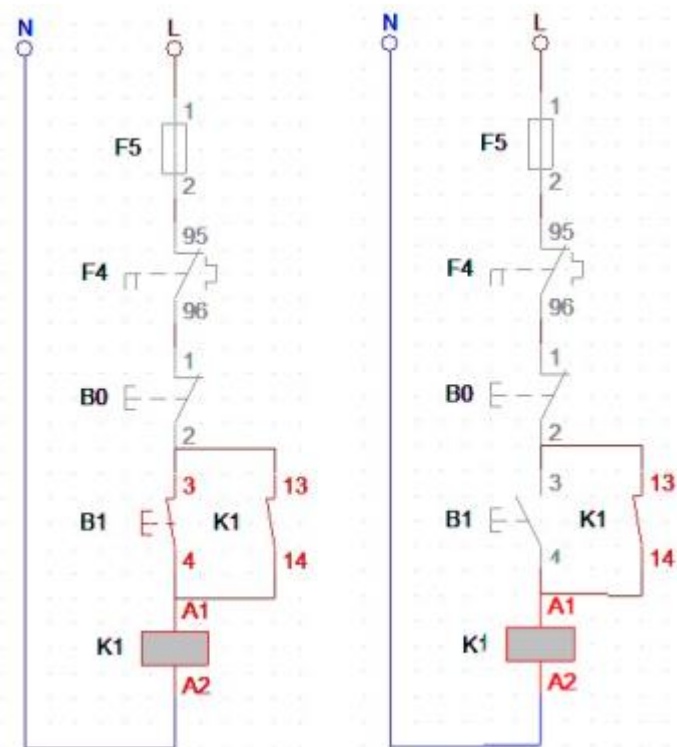
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta - Funcionamento**
- No diagrama de força, as três fases R, S e T são protegidas por um dispositivo de proteção contra curto-circuito (fusível ou disjuntor), na maioria dos casos um fusível por fase (F1, F2, F3), sendo ligadas então ao contator K1, que está diretamente acoplado ao relé térmico F4 (na maioria dos esquemas é representado por FT), que interliga os cabos até o motor.



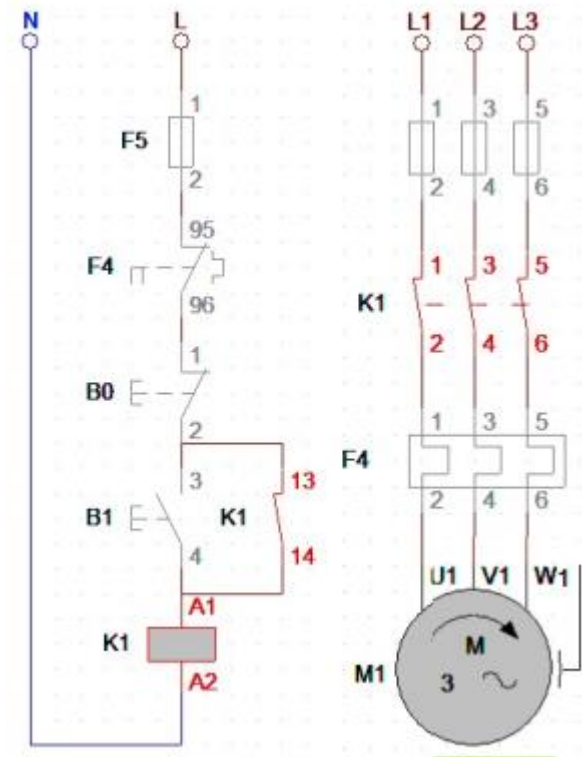
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta - Funcionamento**
- A parte lógica do circuito funciona da seguinte maneira:
 - Ao ser pressionado, o botão de impulso B1 (como mostra a figura ao lado) energiza a bobina do contator K1 que fecha os seus contatos 13/14, realizando o selo. Ao soltar o botão de impulso (botoeira) B1 o contator K1 permanece ligado devido ao selo.



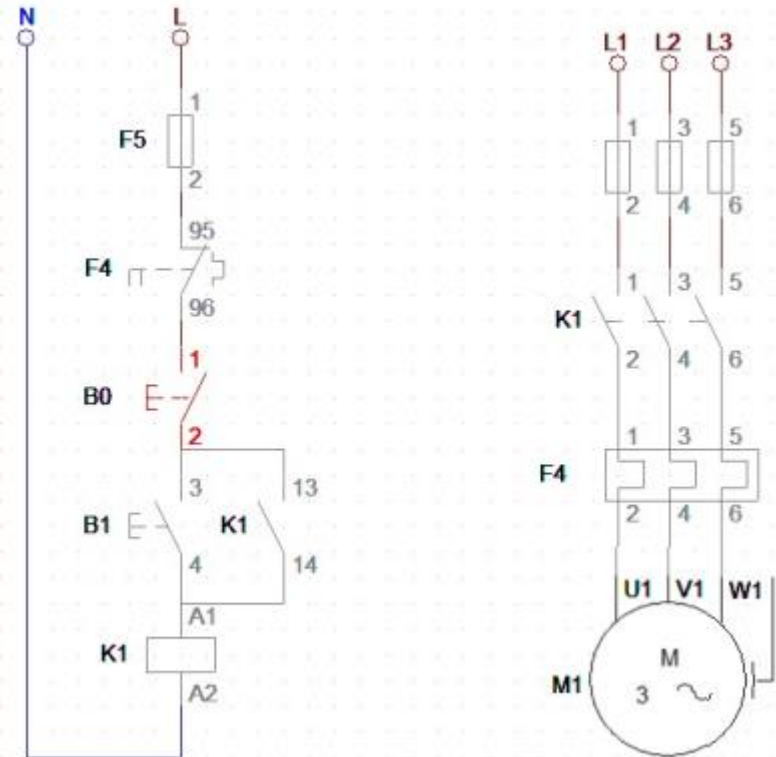
Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta - Funcionamento**
- Nesse momento, o contator K1 fecha os seus contatos de força (1/2, 3/4 e 5/6) e o motor é alimentado com as três fases e inicia o seu funcionamento.



Métodos de Partida de Motores Elétricos

- **Partida Direta - Funcionamento**
- Ao ser pressionado o botão de impulso B0, o circuito da bobina do contator K1 é desligado e desenergizado. Seus contatos (13/14) e (1/2, 3/4 e 5/6) são desenergizados e desligam o motor.



Disciplina: Eletricidade

Aula Assíncrona
Métodos de Partida de Motores Elétricos

Curso: Engenharia Mecânica

Professor: Paulo Cesar da Silva

E-mail: paulocesar@ifsul.edu.br

Passo Fundo
2024



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE