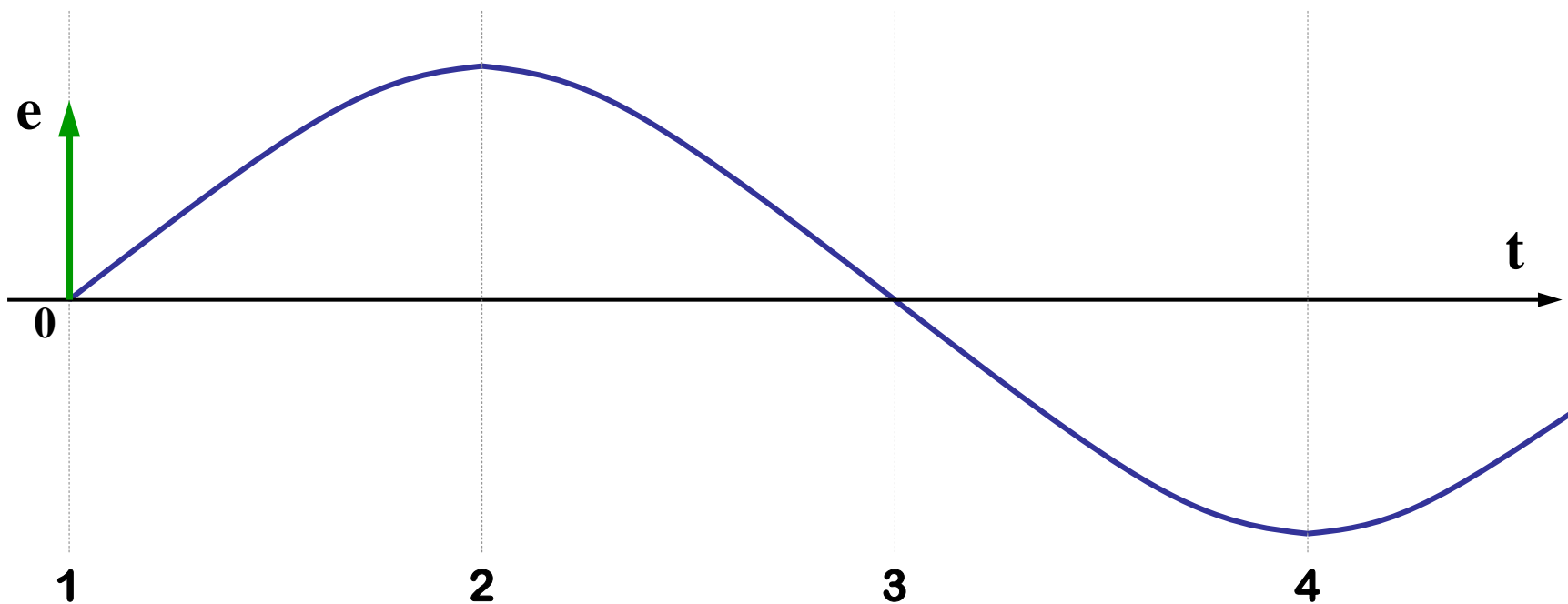
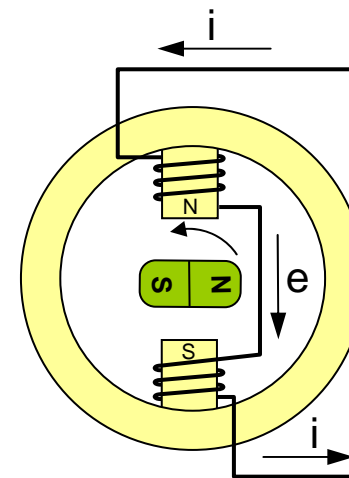
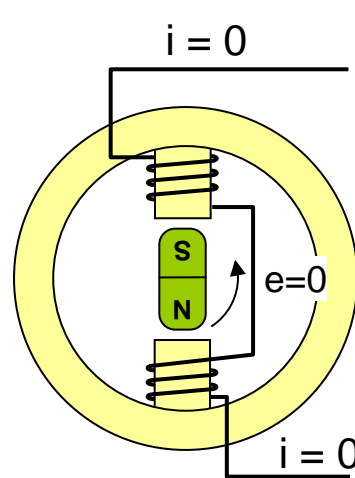
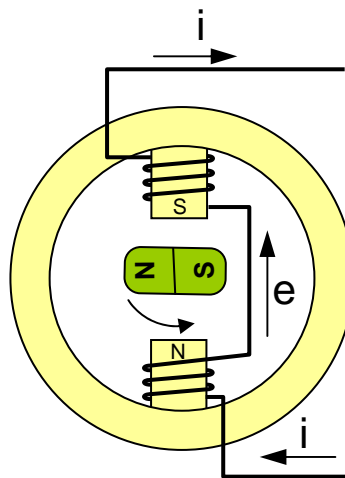
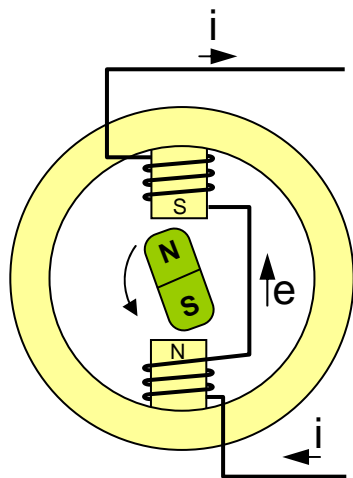
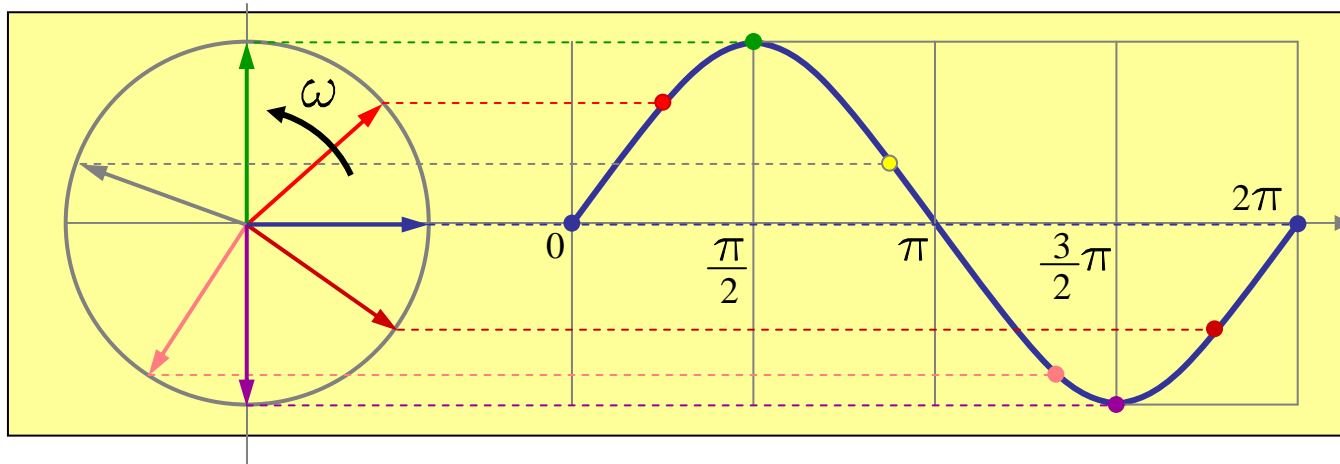


TIM III
ELECTRICIDADE





CORRENTE ALTERNADA Representação Vectorial

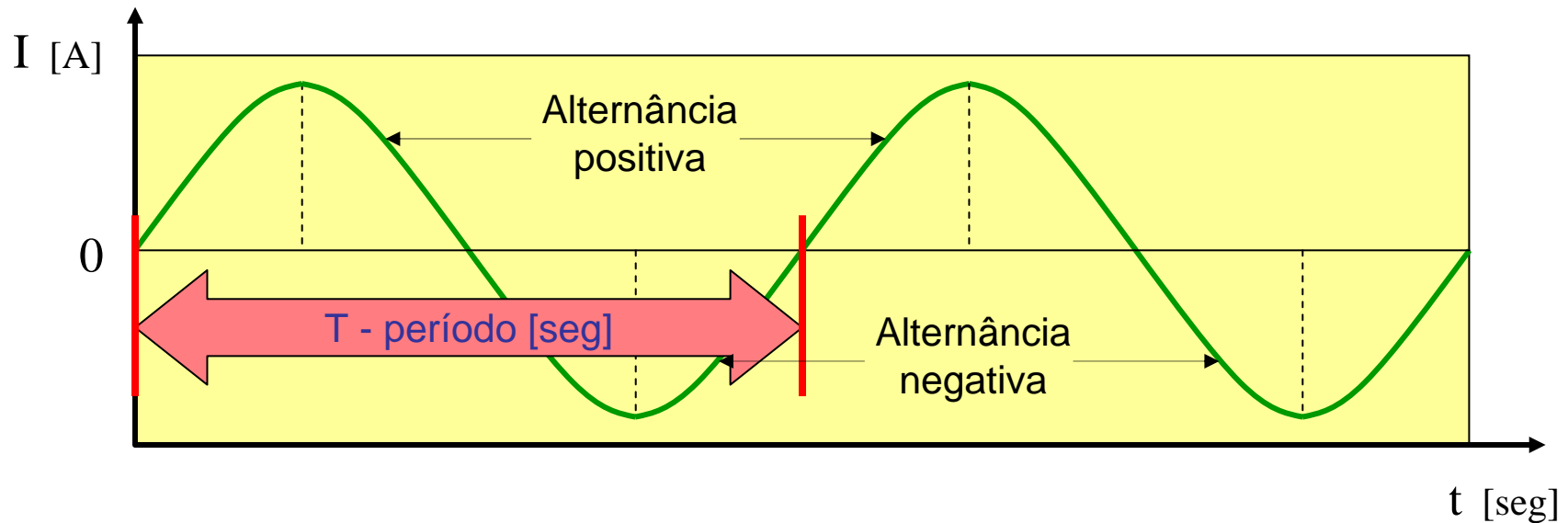


O vector girante com um comprimento igual a I_{max} roda com uma velocidade angular ω constante, no sentido directo de tal modo que a duração de cada volta corresponde ao período

$$\omega = 2 \pi f \qquad f = \frac{\omega}{2\pi}$$



CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS



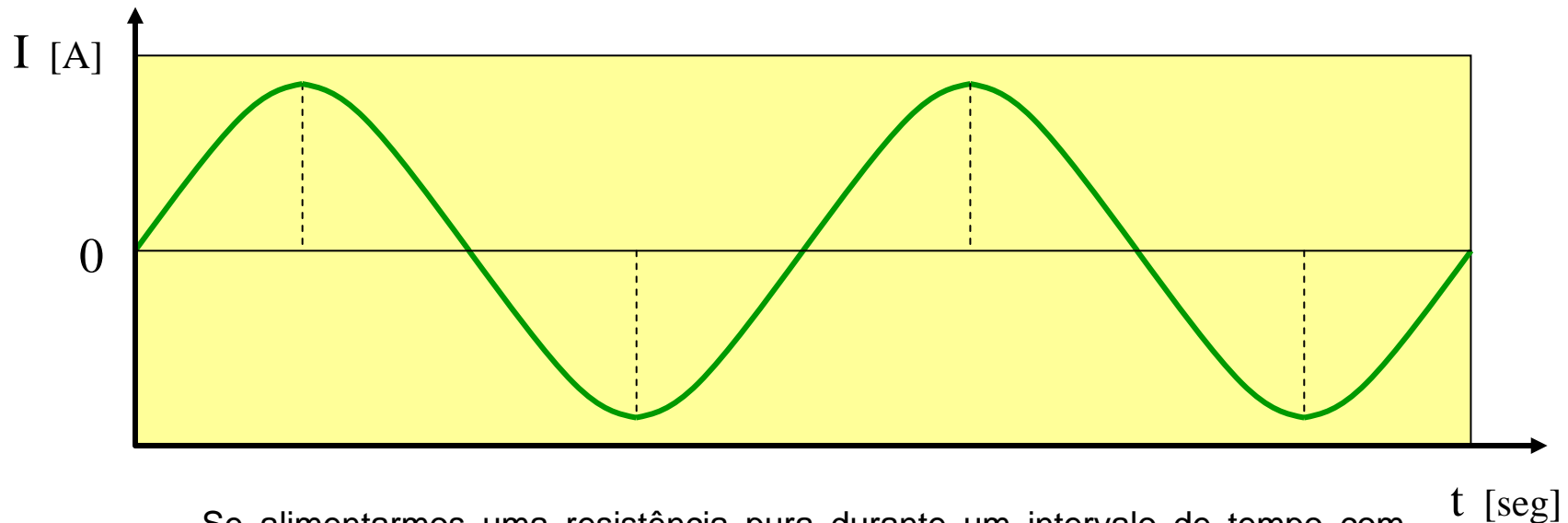
Frequência $f = \frac{1}{T}$ [Hz] É o número de ciclos efectuados pela corrente ou pela tensão durante 1 seg

Na Europa, a corrente e a tensão da rede pública tem um período T de 0,02 seg

$$f = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}$$



CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS



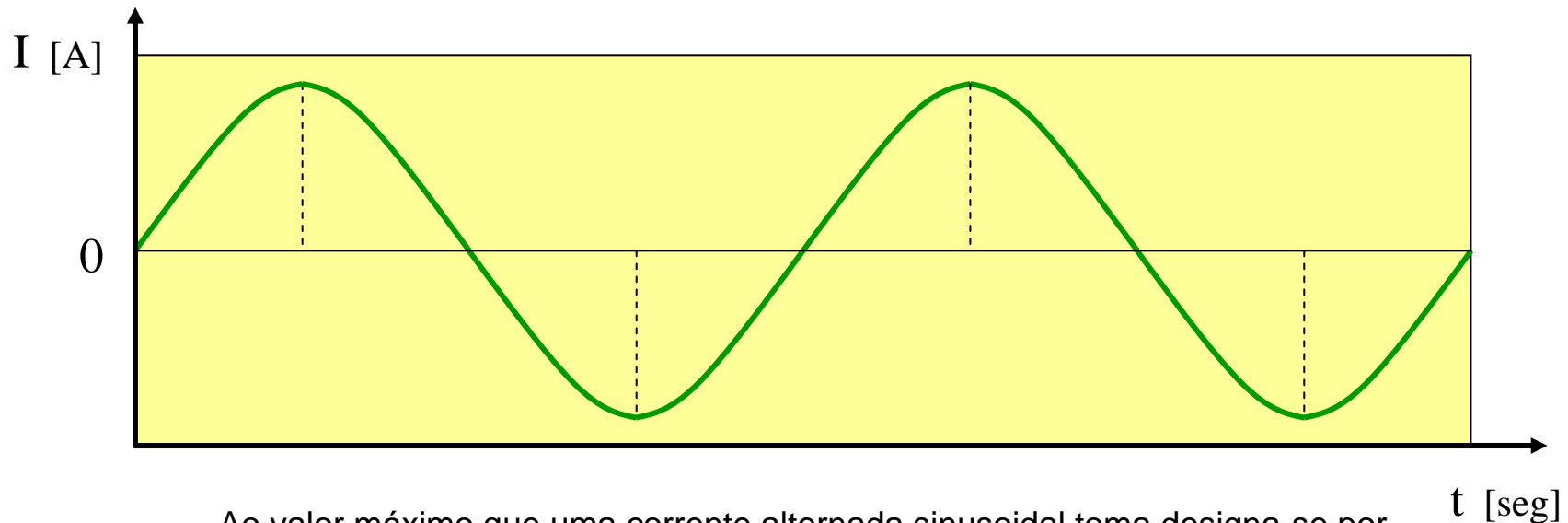
Se alimentarmos uma resistência pura durante um intervalo de tempo com uma corrente contínua de 3 A verifica-se a libertação de uma determinada quantidade de calor Q.

Se alimentarmos o mesmo receptor durante o mesmo intervalo de tempo com uma corrente alternada sinusoidal, para a mesma quantidade de calor ser libertada o valor da corrente terá que ser de:

$$I_{\max} = 3 \times \sqrt{2} = 3 \times 1,41 = 4,23 \text{ A}$$



CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS



Ao valor máximo que uma corrente alternada sinusoidal toma designa-se por
VALOR DE PICO

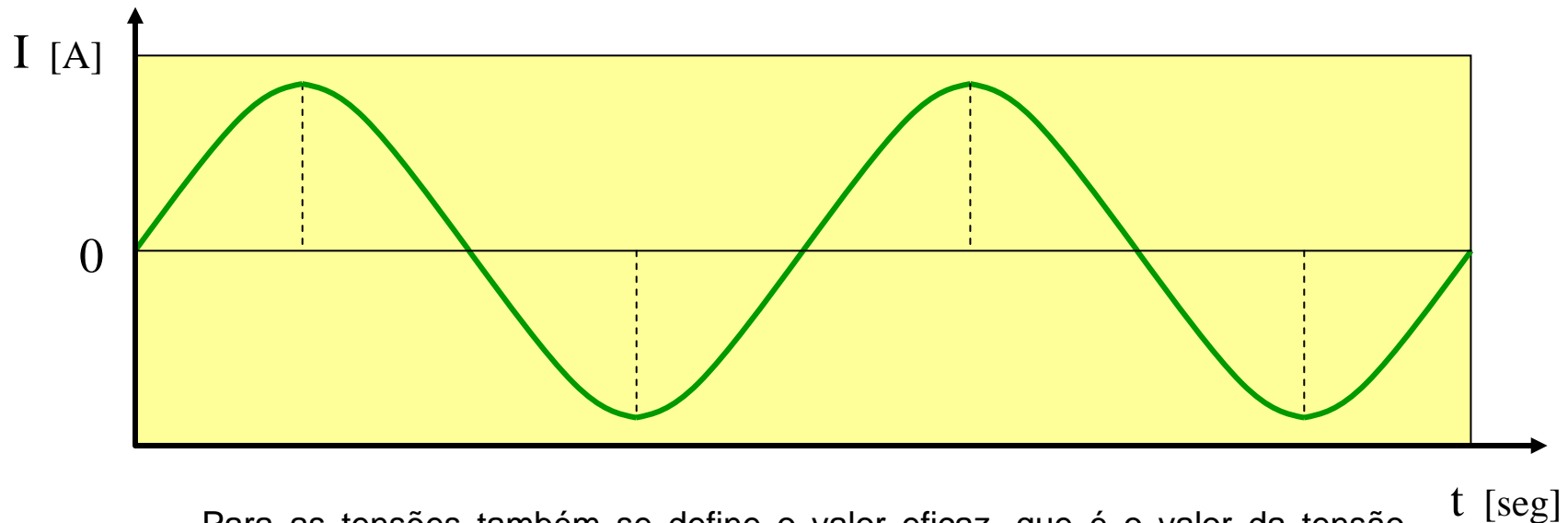
O valor eficaz é determinado pela expressão:

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Logo, a **Intensidade Eficaz** de uma corrente alternada é a intensidade que deveria ter uma corrente contínua para produzir, na mesma resistência pura, a mesma quantidade de calor durante o mesmo intervalo de tempo.



CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS



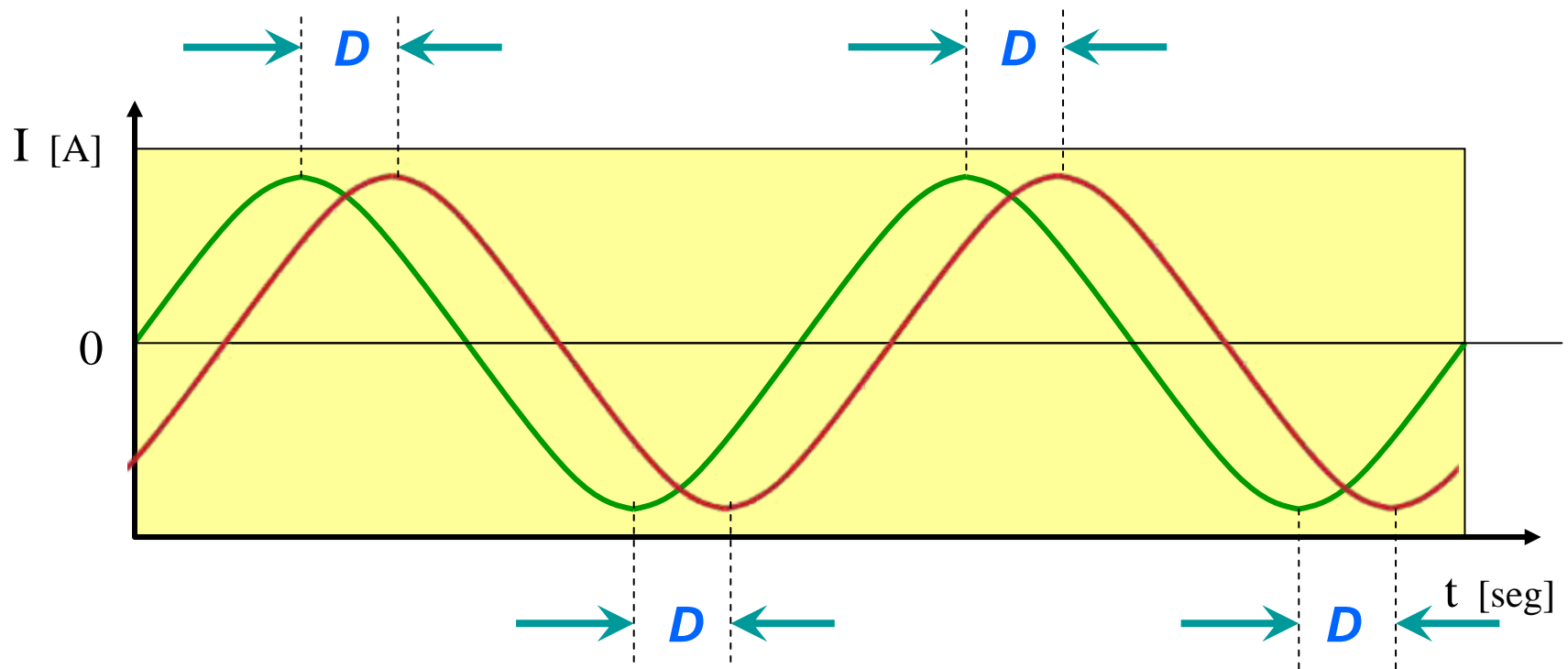
Para as tensões também se define o valor eficaz, que é o valor da tensão contínua que, aplicada a uma resistência pura, a faz percorrer pela corrente eficaz desejada.

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

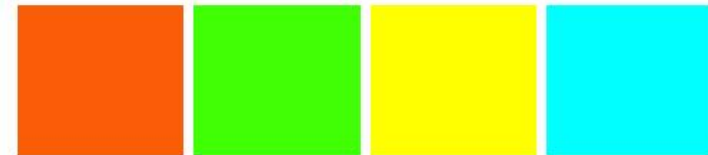
Logo, a **Intensidade Eficaz** de uma corrente alternada é a intensidade que deveria ter uma corrente contínua para produzir, na mesma resistência pura, a mesma quantidade de calor durante o mesmo intervalo de tempo.

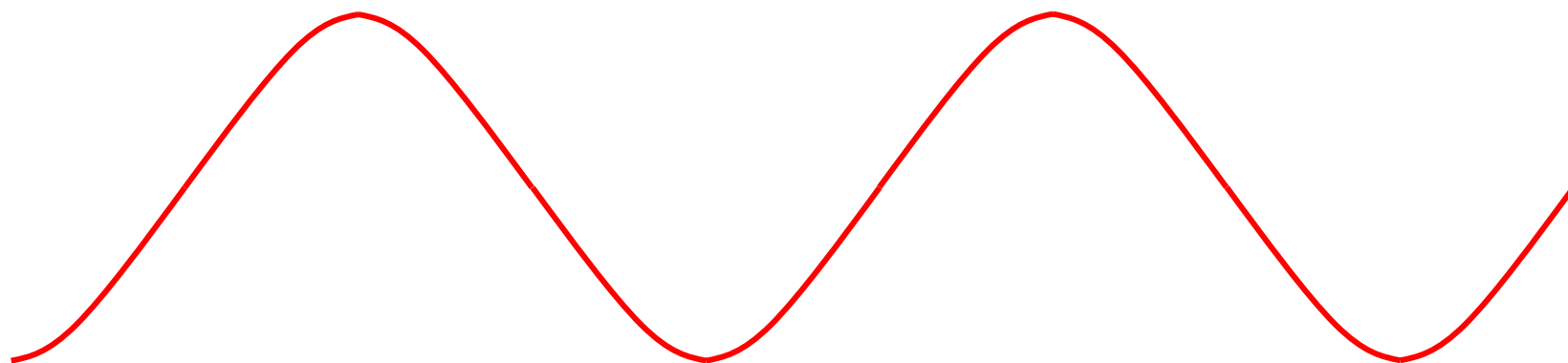


CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS



D - desfasamento





TIM III ELECTRICIDADE

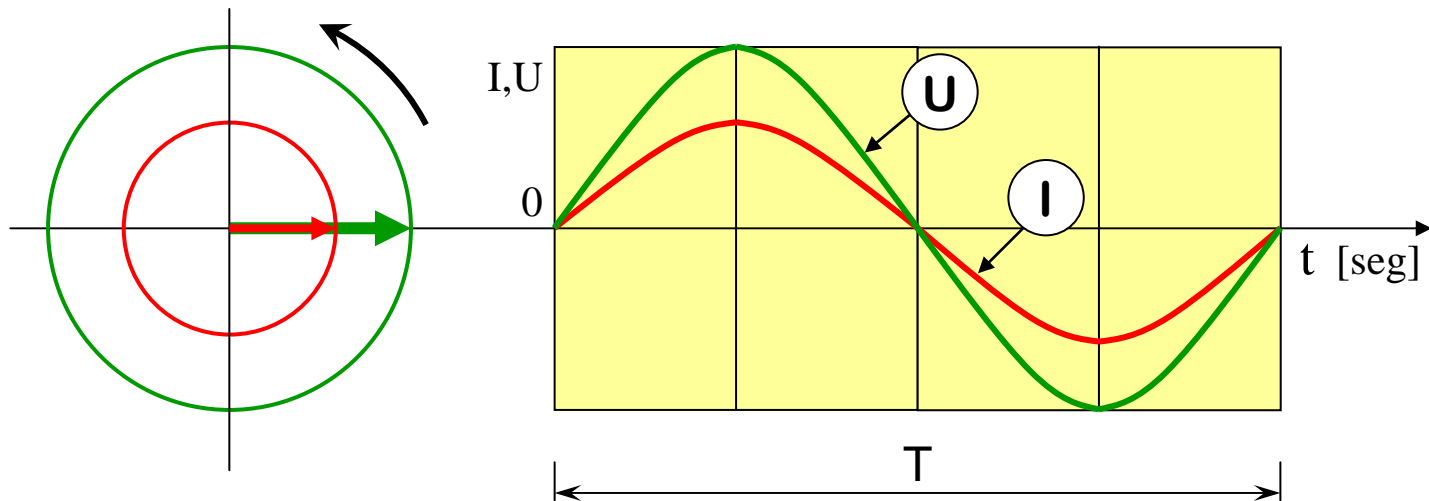


CORRENTE ALTERNADA – U I EM FASE

Circuito puramente resistivo

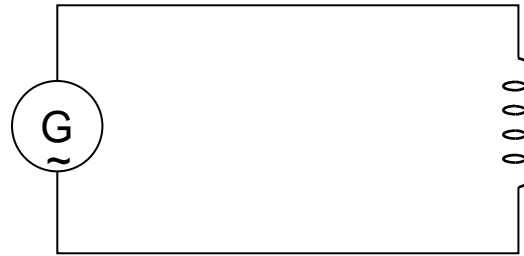


$$Z = R \quad [\Omega]$$



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito puramente indutivo

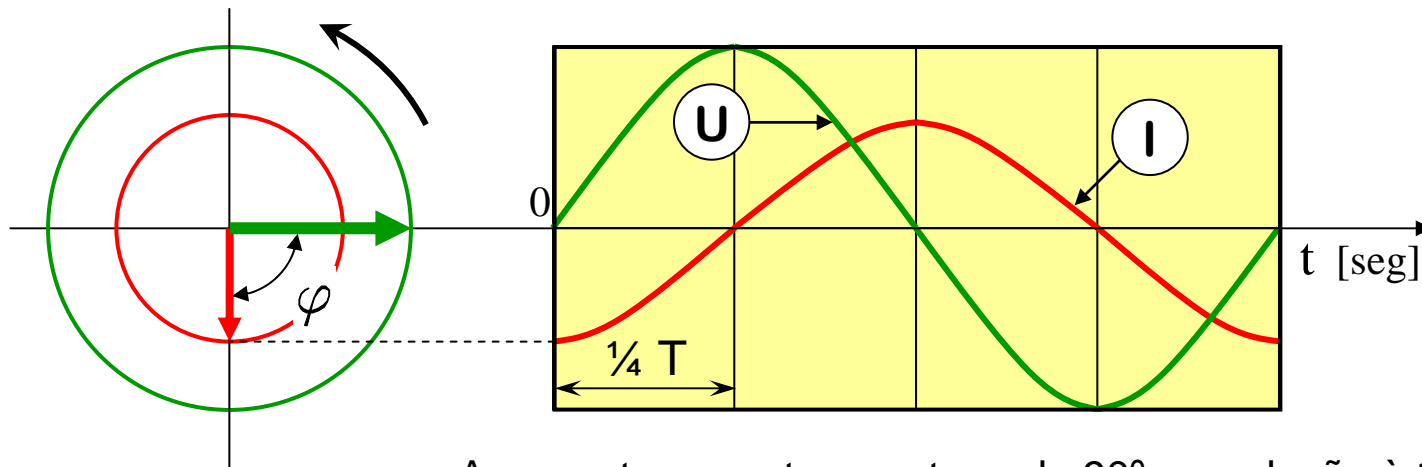


$$Z = X_L \quad [\Omega]$$

A impedância do circuito é igual à reactância indutiva X_L

$$X_L = 2 \pi f L$$

L – Indutância ou coeficiente de auto-indução [Henrys]



A corrente encontra-se atrasada 90° em relação à tensão



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

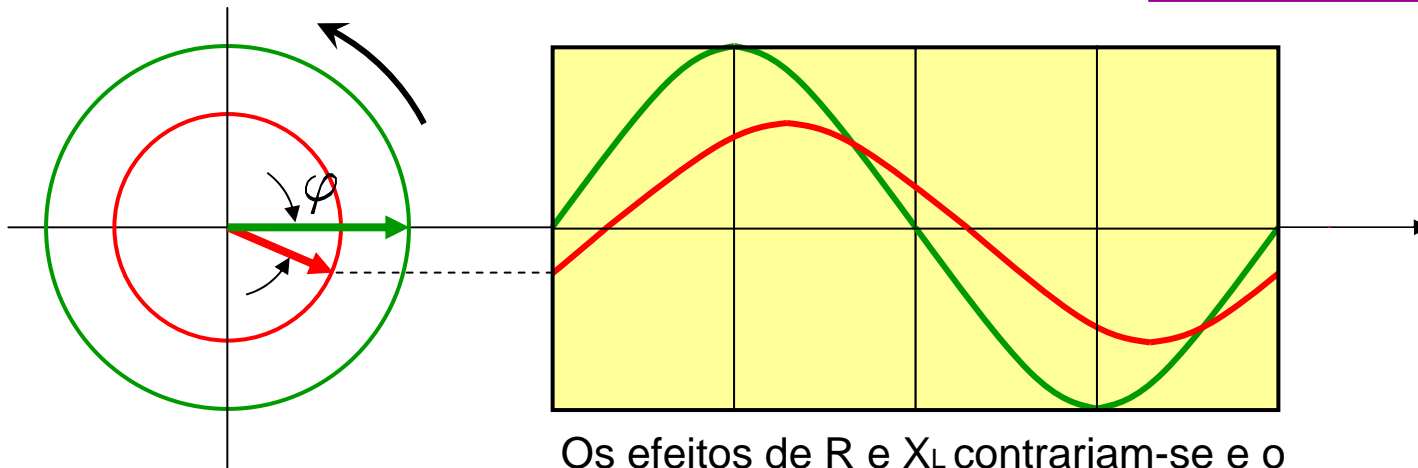
Circuito indutivo prático



A corrente que percorre o circuito é dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad [\Omega]$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$



Os efeitos de R e X_L contrariam-se e o desfasamento diminui

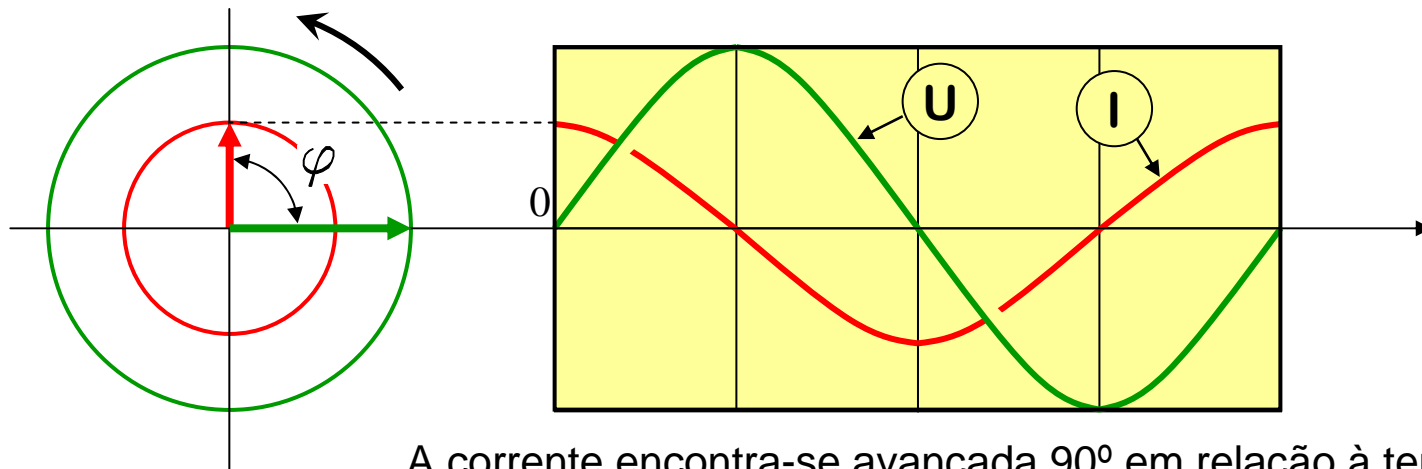


CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito capacitivo puro



$$Z = X_c \quad [\Omega]$$



A corrente encontra-se avançada 90° em relação à tensão



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito capacitivo prático



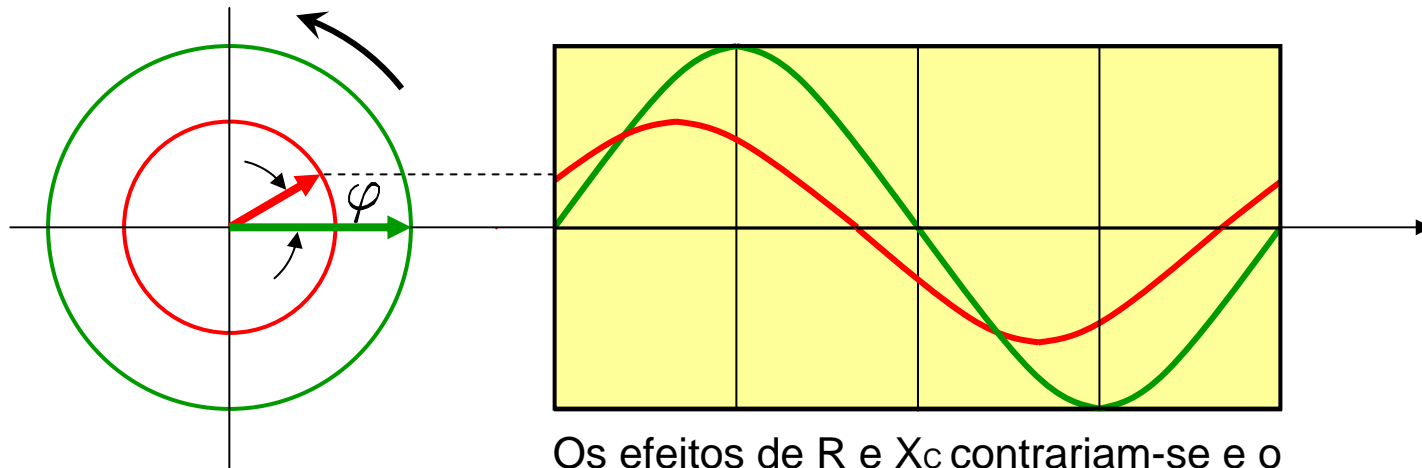
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad [\Omega]$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

C – Capacidade [Farads]

Intensidade de corrente

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$



Os efeitos de R e X_C contrariam-se e o desfasamento diminui



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito RLC série

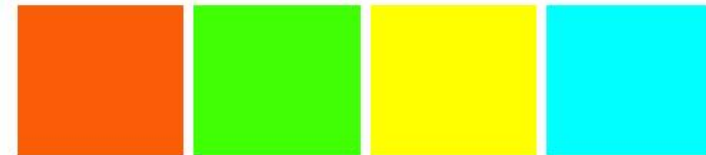
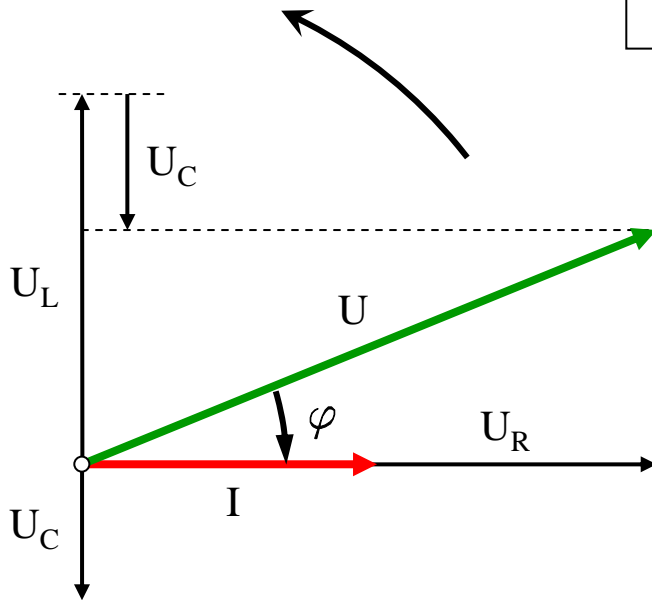


$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Como os efeitos indutivo e capacitivo são opostos 3 situações podem verificar-se:

1ª $U_L > U_C \rightarrow$ O circuito é predominantemente indutivo e a corrente está em atraso relativamente à tensão tal como na figura.



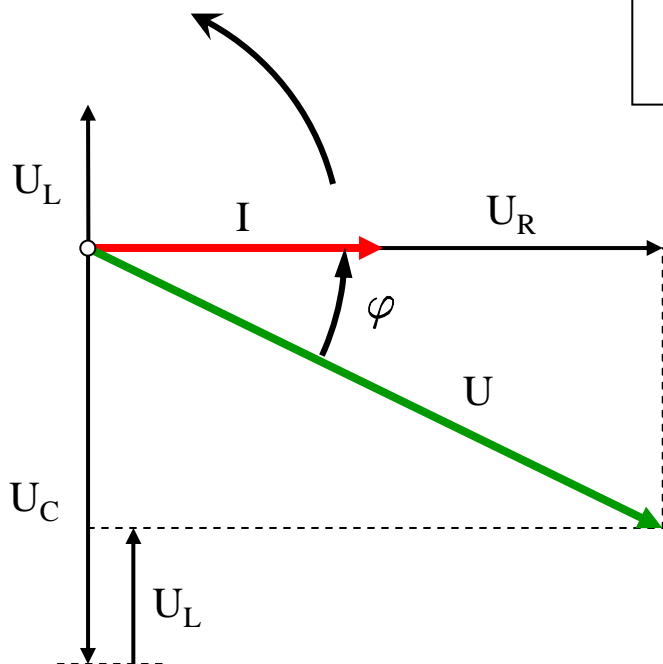
CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito RLC série



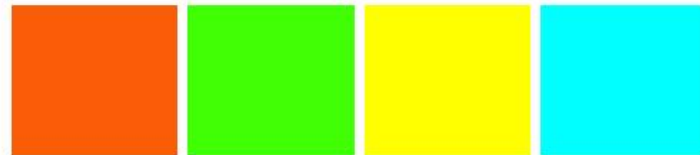
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$



Como os efeitos indutivo e capacitivo são opostos 3 situações podem verificar-se:

2ª $U_L < U_C \rightarrow$ O circuito é predominantemente capacitivo e a corrente está em avanço relativamente à tensão.



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

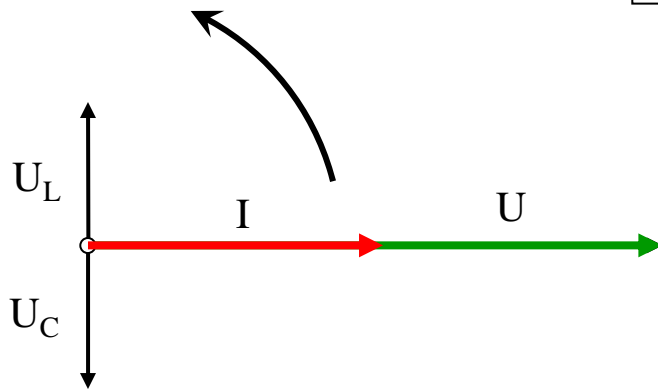
Circuito RLC série



$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Como os efeitos indutivo e capacitivo são opostos 3 situações podem verificar-se:



3ª $U_L = U_C \rightarrow$ Neste caso, os efeitos indutivo e capacitivo anulam-se e o circuito comporta-se como puramente resistivo. O circuito encontra-se em

RESSONÂNCIA



EMPREGO DE CONDENSADORES

Correcção do Factor de Potência

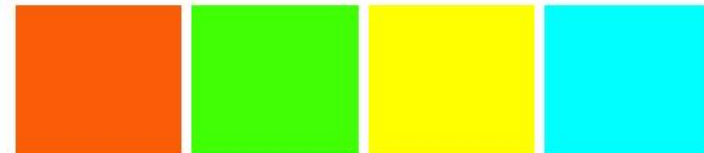
Normalmente à entrada das instalações.

Eventualmente pode ser feita antes da alimentação dos motores

Arranque de motores de indução monofásicos

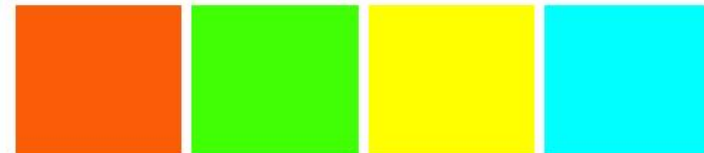
Normalmente à entrada das instalações.

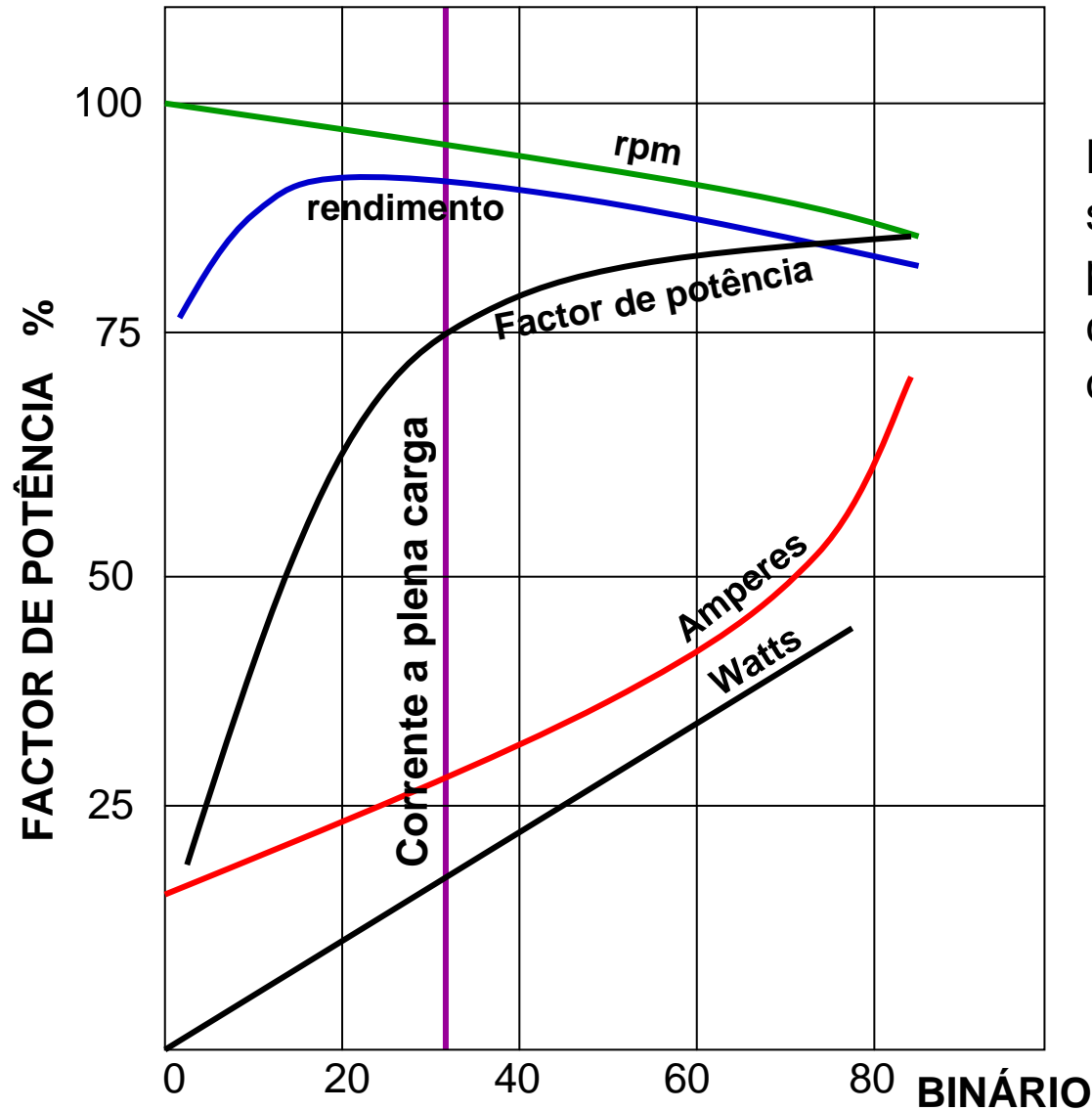
Eventualmente pode ser feita antes da alimentação dos motores



FACTOR DE POTÊNCIA

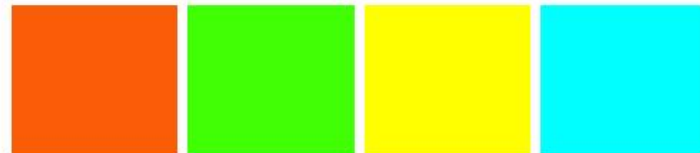
É a designação da relação entre a potência activa utilizada por um circuito, expressa em W ou kW e a potência que aparentemente se obtém das linhas de alimentação, expressa em VA ou kVA

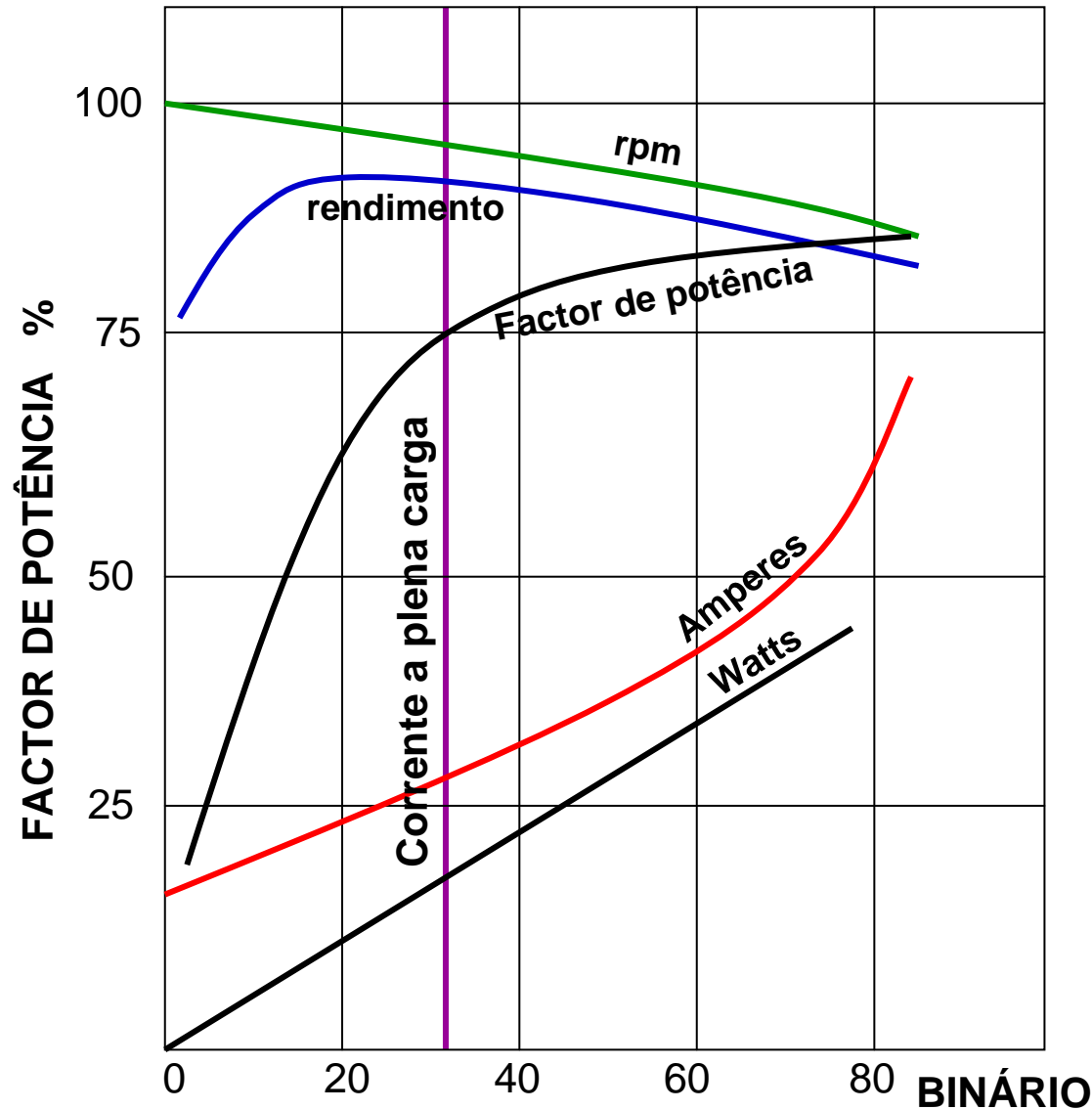




Mesmo com o motor em vazio, sem haver consumo de potência activa, existe consumo de corrente que origina potência reactiva.

Também se verifica que para utilização do motor a baixa carga, a corrente reactiva é relativamente elevada, pelo que, o FP desce rapidamente, sendo mínimo para actuação em vazio.

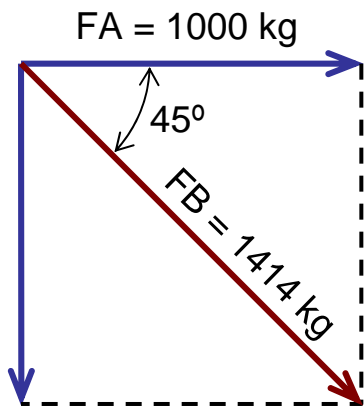
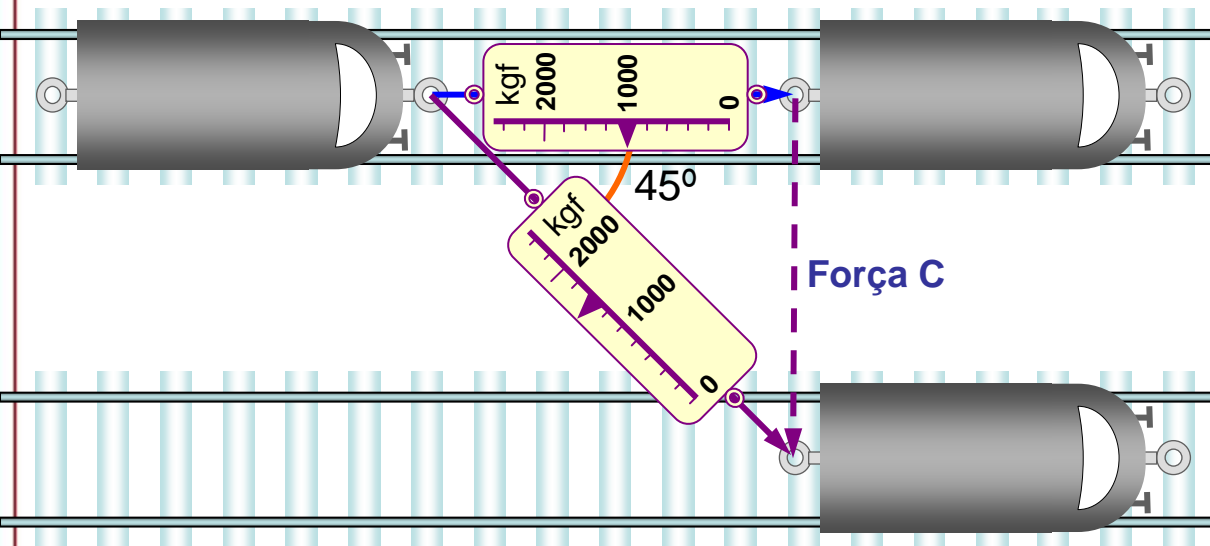




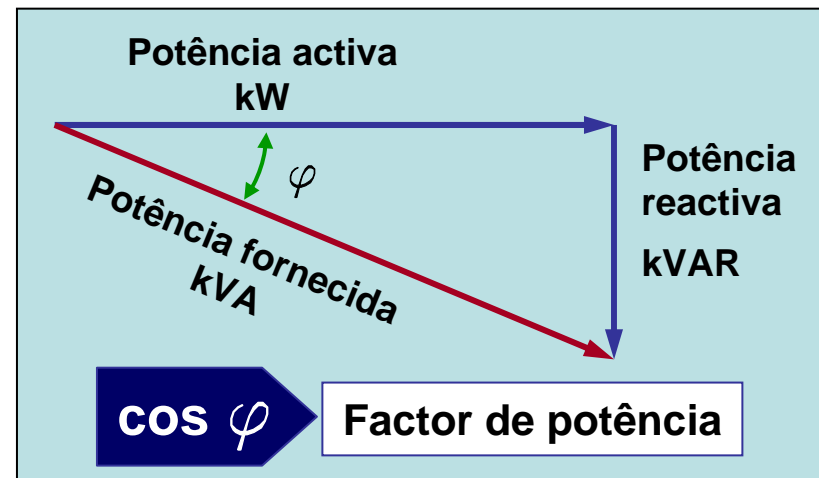
Em teoria é sempre possível corrigir o FP. Na prática, não é possível nem recomendável uma correcção total, já que a influência de outras forças reactivas na linha de potência são imprescindíveis e, se o FP é corrigido em excesso pode dar origem a correntes, forças magnéticas, voltagens e binários excessivos.



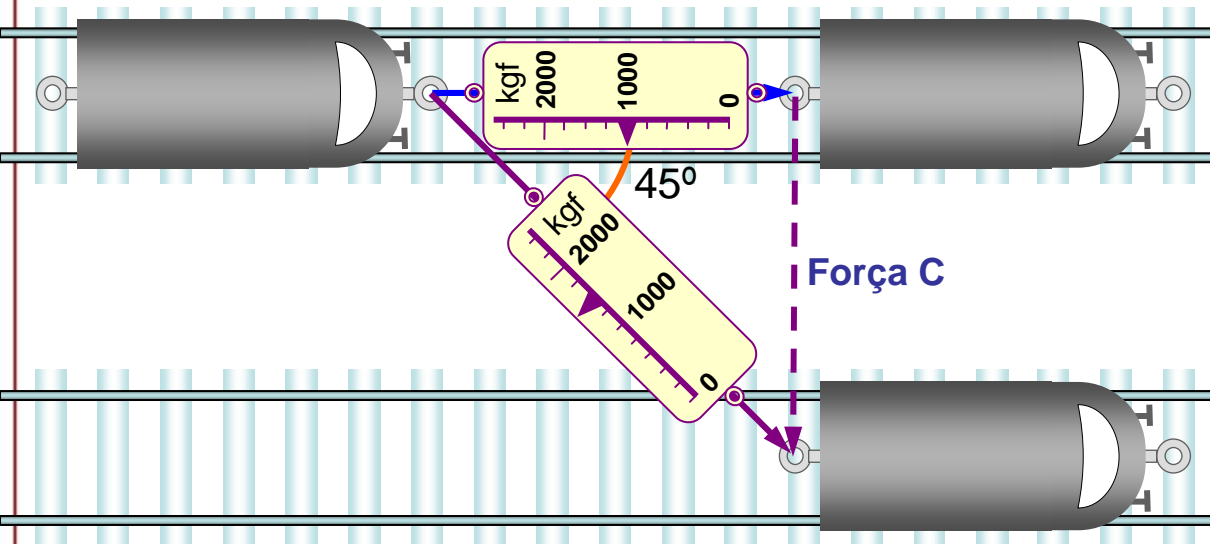
FACTOR DE POTÊNCIA



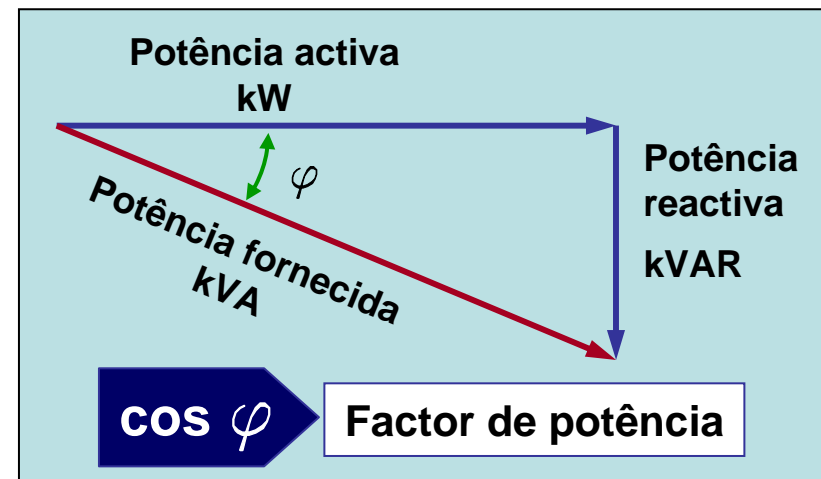
$$\begin{aligned} \text{Força B} &= \frac{\text{Força A}}{\cos \varphi} \\ &= \frac{1000}{\cos 45^\circ} = 1414 \text{ kg} \end{aligned}$$

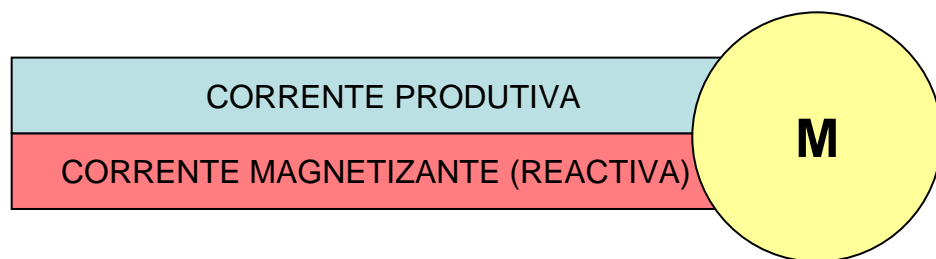


FACTOR DE POTÊNCIA

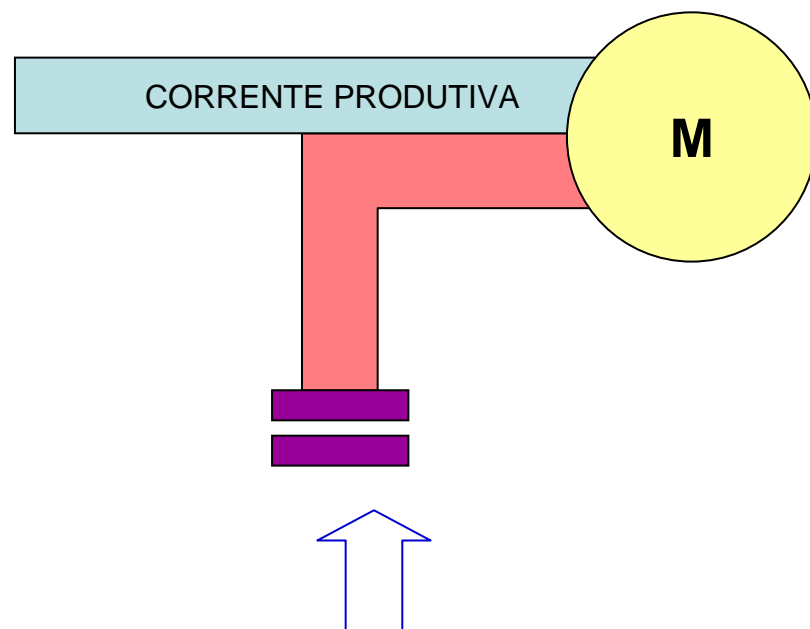


$$FP = \frac{P_{\text{ACTIVA}}}{P_{\text{APARENTE}}} = \frac{U I \cos \varphi}{U I}$$

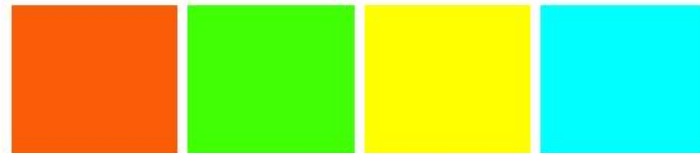




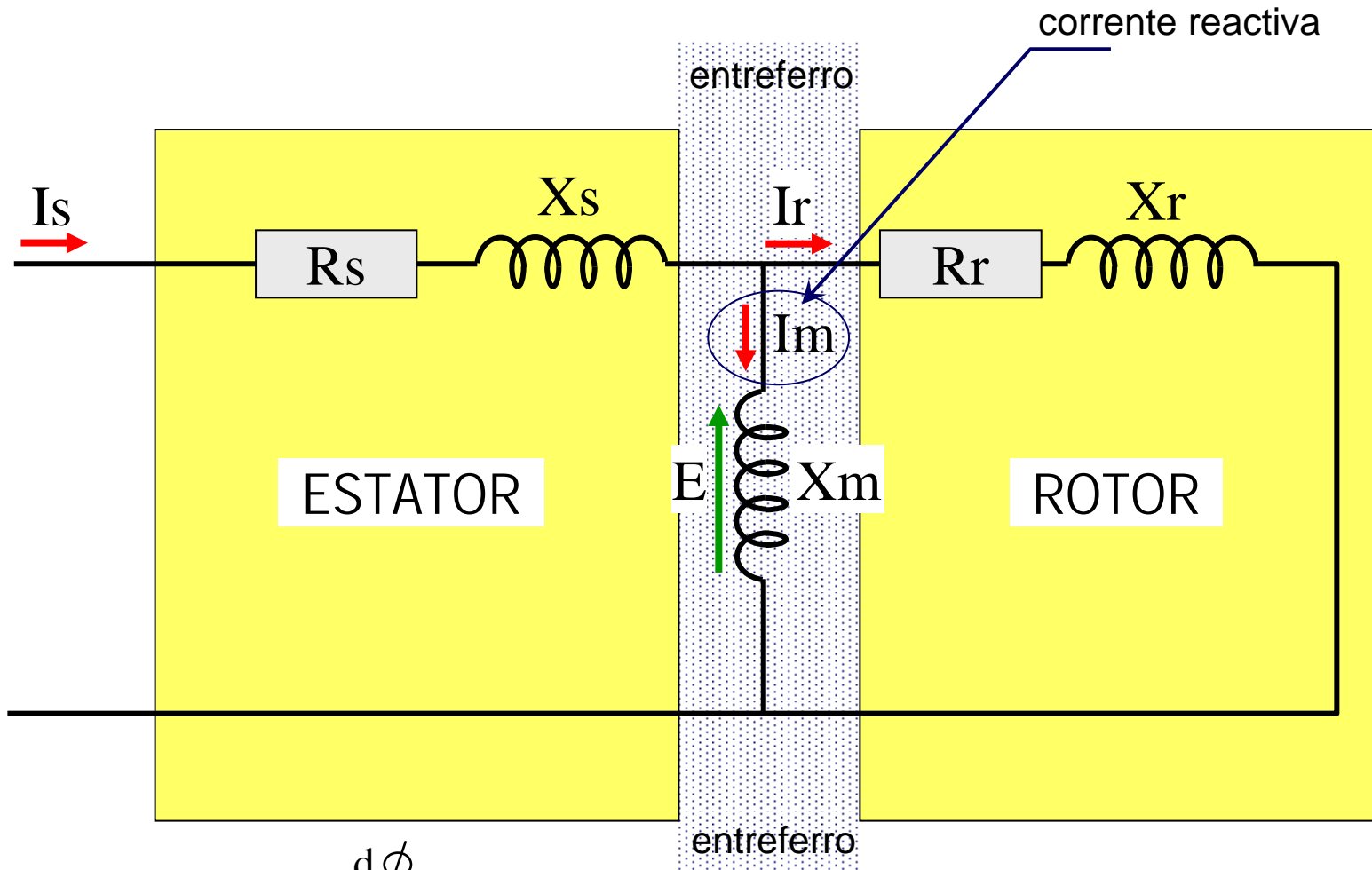
Motor de indução operando com carga parcial sem correcção do FP. A linha de alimentação tem que fornecer ambas as correntes, a magnetizante (reactiva) e a produtiva.



Neste caso, o condensador fornece, ele próprio, a corrente magnetizante necessária para a operação. As necessidades totais de corrente reduzem-se à corrente produtiva, reduzindo os custos da energia e permitindo a utilização de mais equipamentos sobre o mesmo circuito.



LEI DE LENZ



$$\frac{d\phi}{dt} = -E$$

O desfasamento entre a tensão e a corrente é causado pela indutância do entreferro



POTÊNCIA EM CORRENTE ALTERNADA

MONOFÁSICA

$$P = U I \cos \varphi$$

TRIFÁSICA

$$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

REACTÂNCIA INDUTIVA

$$X_L = 2 \pi f L$$

REACTÂNCIA CAPACITIVA

$$X_C = \frac{1}{2 \pi f C}$$

L – Indutância [Henrys]

C – Capacidade [Farads]



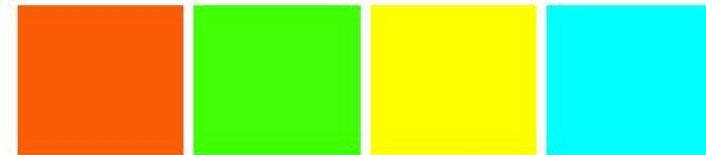
IMPEDÂNCIA

Circuito LC série

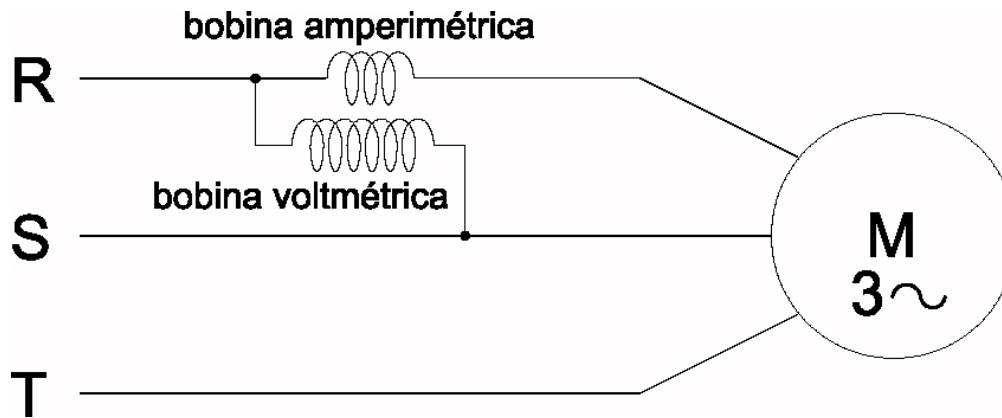
$$Z = Z_L + Z_C$$

Circuito LC paralelo

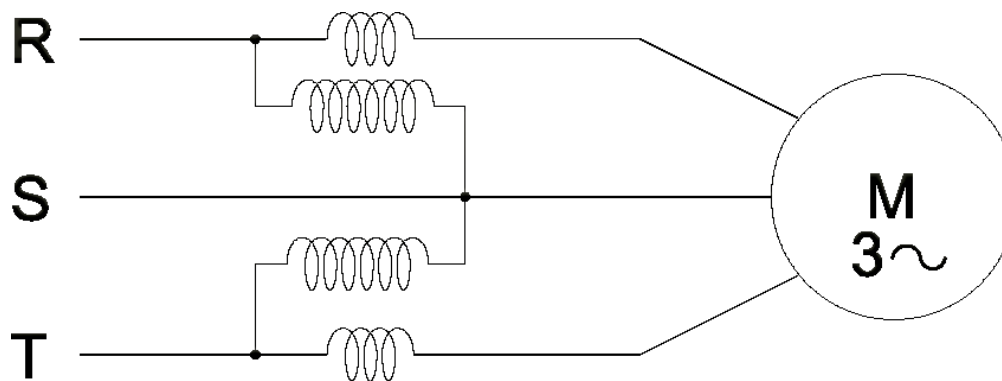
$$Z = \frac{Z_L Z_C}{Z_L + Z_C}$$



Ligação do Wattímetro

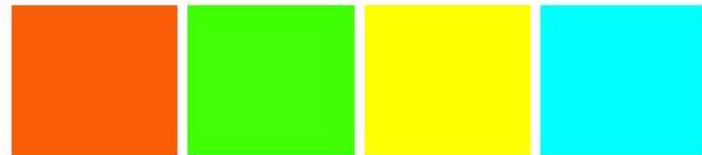
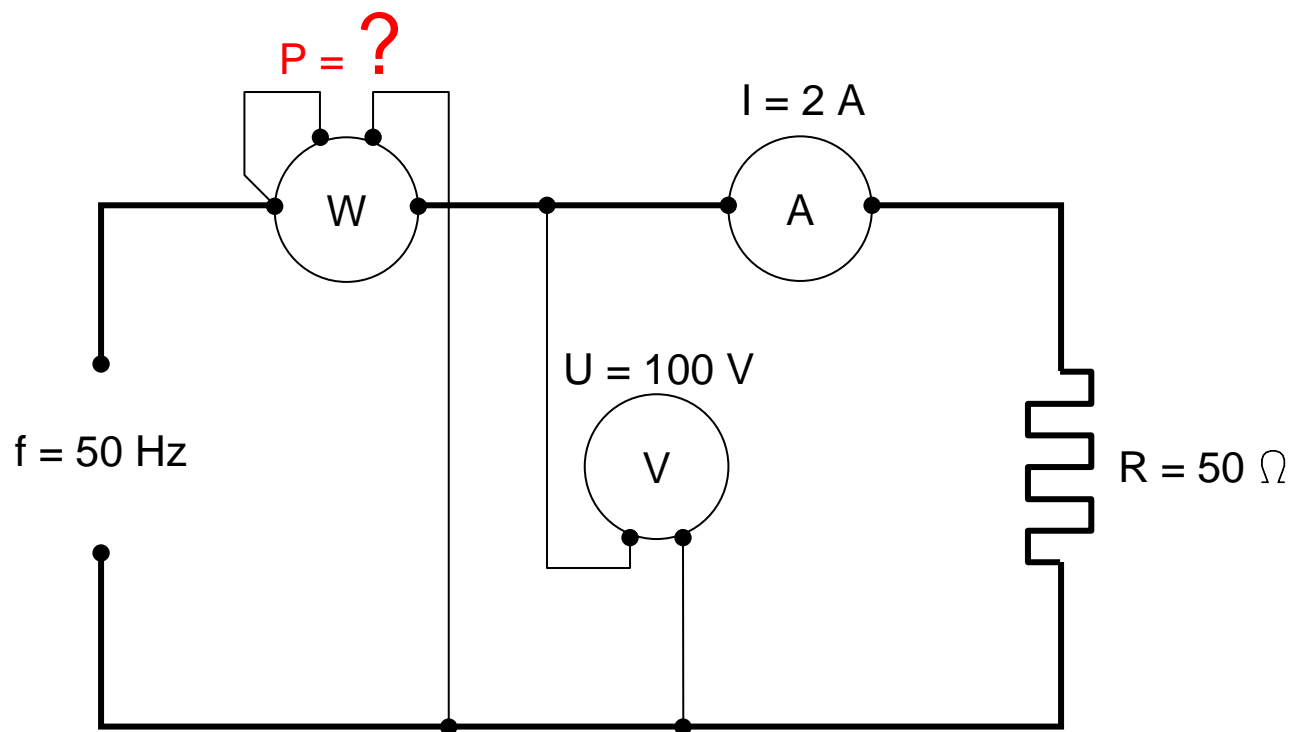


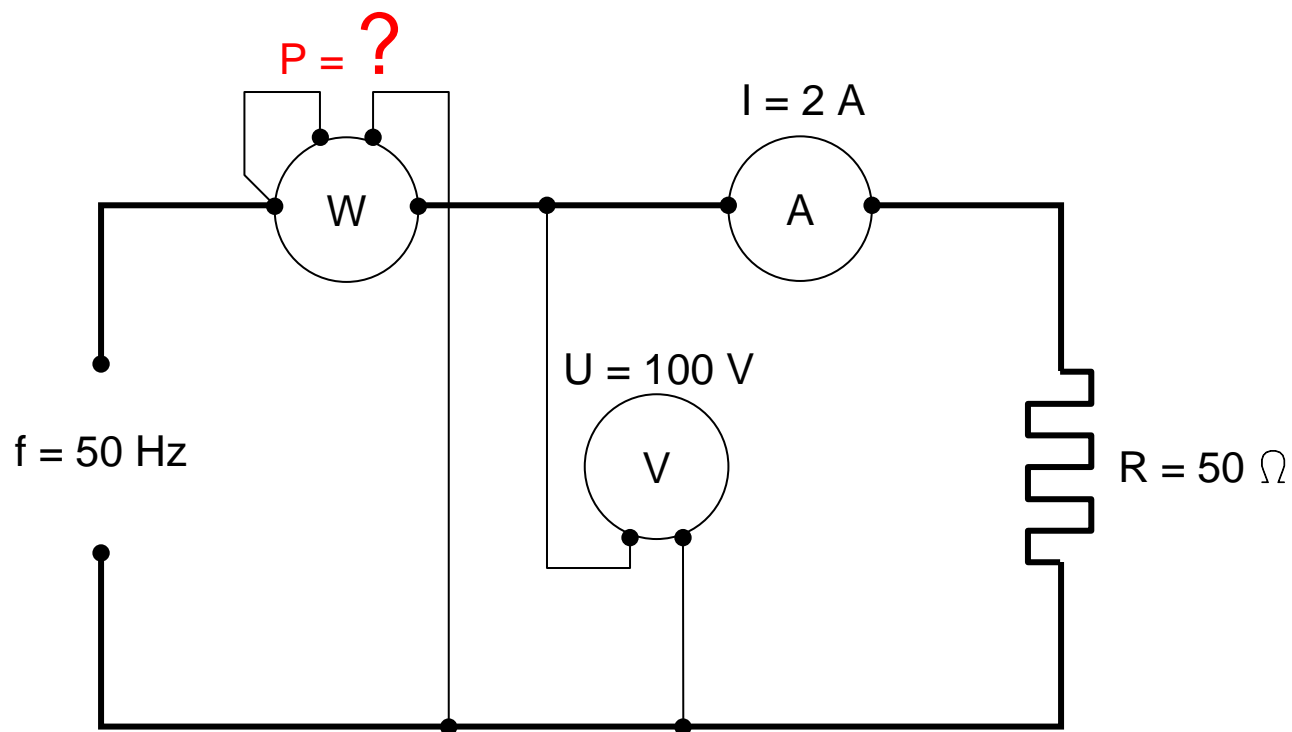
Medição da potência trifásica do sistema, utilizando um wattímetro monofásico



$$P_{\text{total}} = P_{RS} + P_{ST}$$







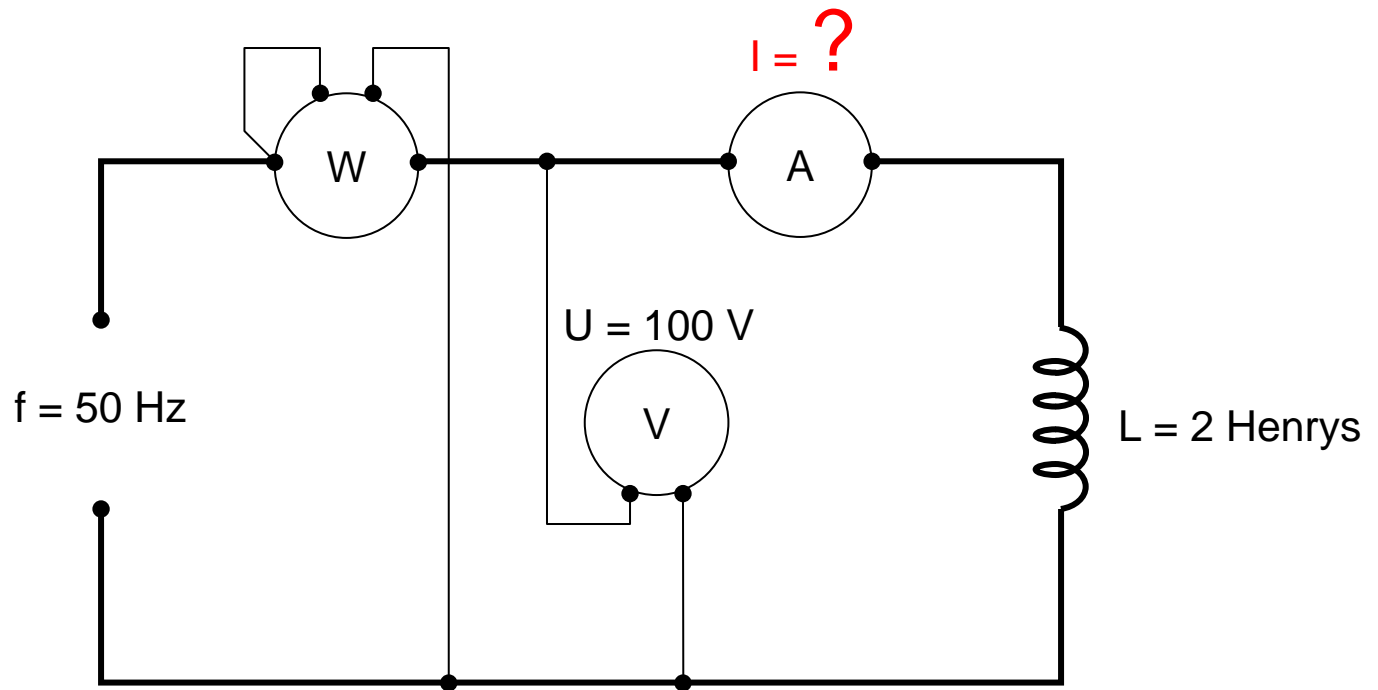
Resposta:

$$P = U \times I = 100 \times 2 = 200 \text{ W}$$

Múltiplos e submúltiplos mais comuns do Watt

1 hW (hectowatt)	= 100 W
1 kW (kilowatt)	= 1.000 W
1 MW (Megawatt)	= 1.000.000 W
1 mW (milliwatt)	= 0,001 W

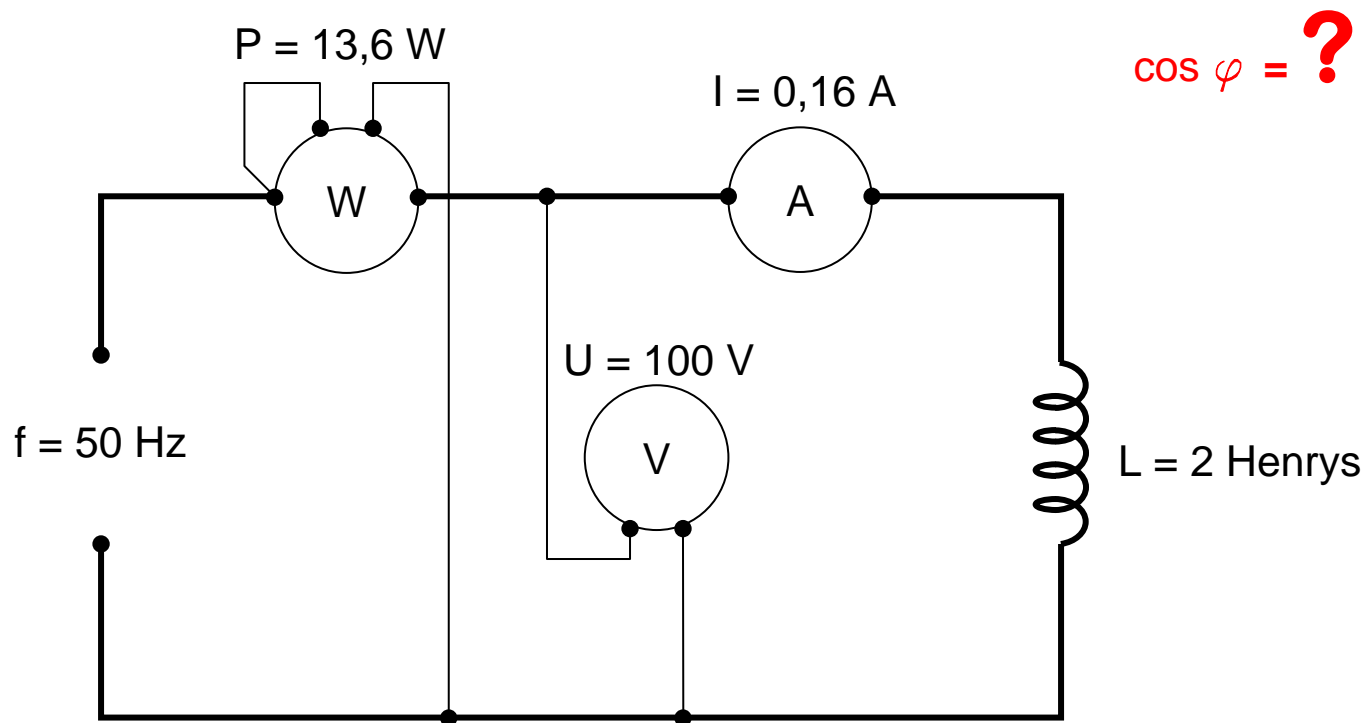




Resposta:

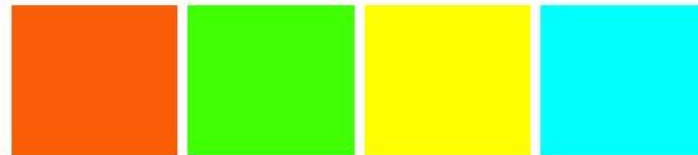
$$I = U / Z = 100 / (2 \times \pi \times f \times L) = 100 / (2 \times 3,14 \times 50 \times 2) = 0,16 \text{ A}$$





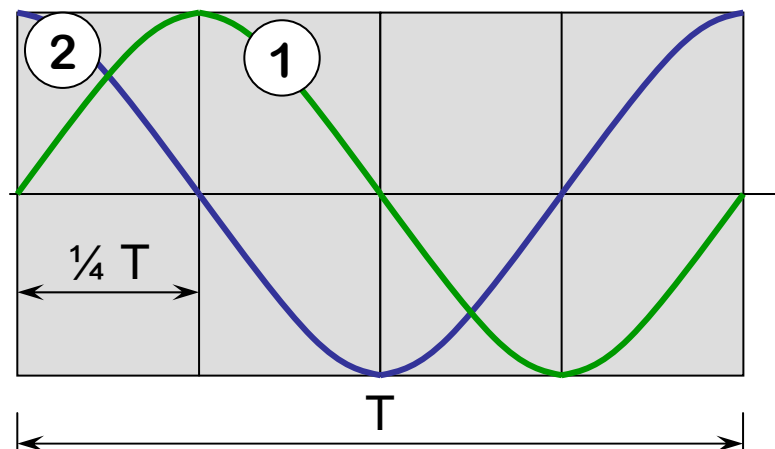
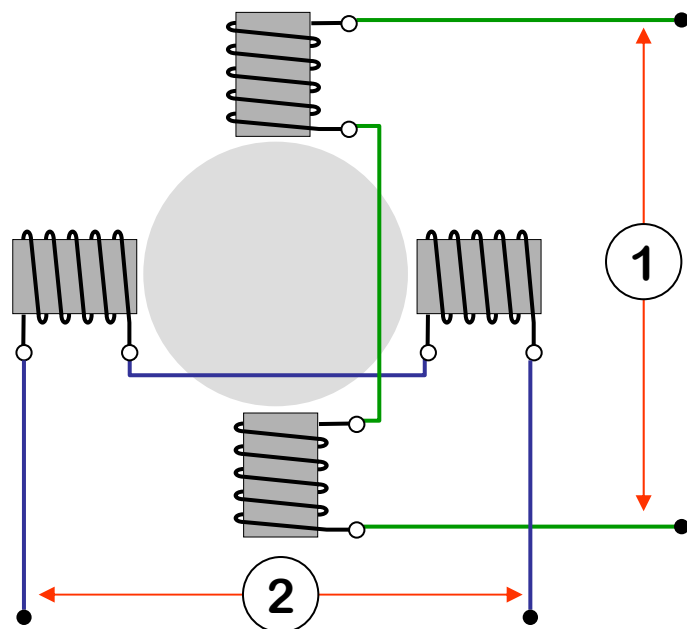
Resposta:

$$P = U \times I \times \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = P / (U \times I) = 13,6 / (100 \times 0,16) = 0,85$$



PRODUÇÃO DO CAMPO GIRANTE

Com corrente
alternada bifásica

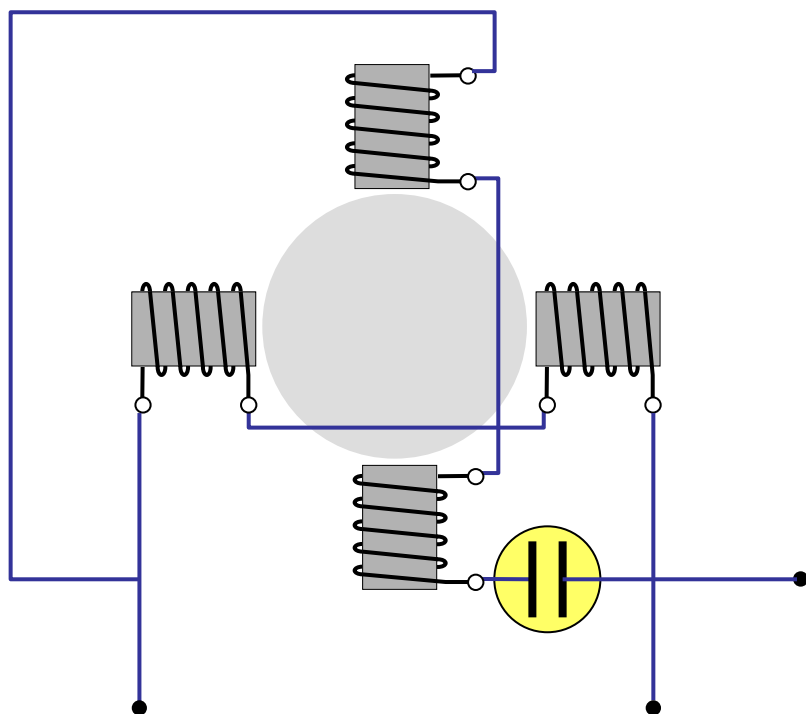


As alimentações 1 e 2 possuem a mesma frequência mas uma delas está atrasada de $1/4$ de período em relação à outra

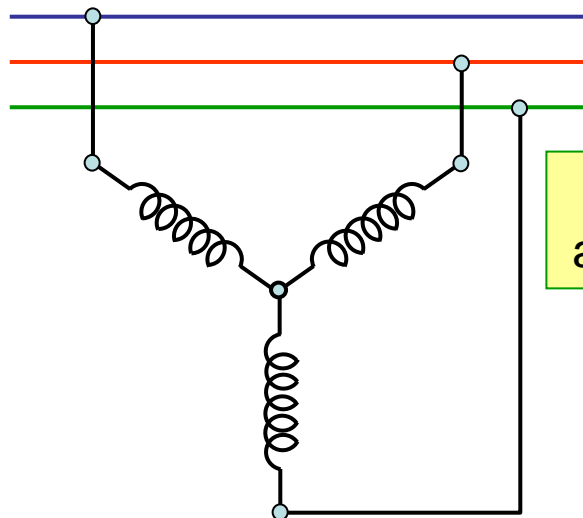


PRODUÇÃO DO CAMPO GIRANTE

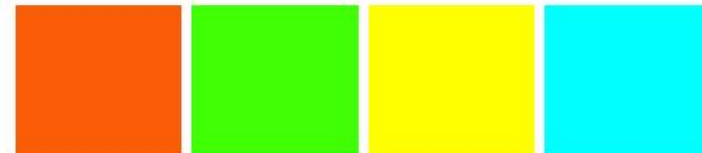
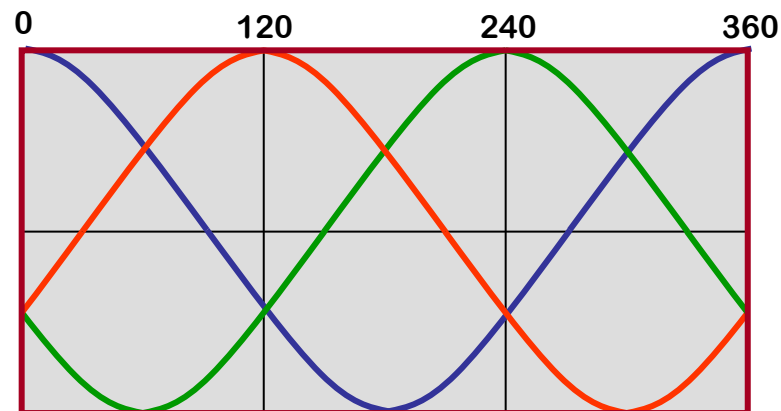
Com corrente alternada monofásica



O condensador provoca um desfasamento entre as bobinas

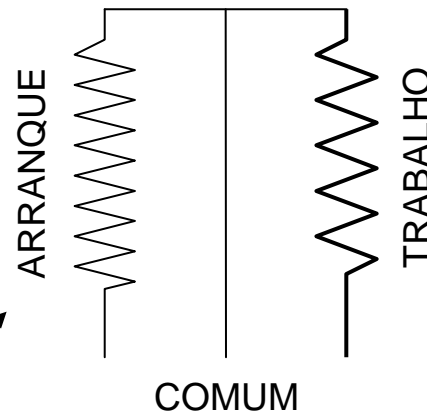


Com corrente alternada trifásica



COMPRESSORES HERMÉTICOS

O enrolamento de arranque trabalha até 80% da velocidade nominal



- Menor secção
- Maior resistência
- Suporta uma I total durante um curto período



ARRANQUE DOS MOTORES DE INDUÇÃO MONOFÁSICOS

ARRANQUE POR CONDENSADOR

Um motor com condensador possui 2 enrolamentos (principal e auxiliar). Este último está deslocado no espaço relativamente ao primeiro, normalmente de um ângulo de 90° eléctricos e está ligado em série com um condensador.

TIPOS DE MOTORES COM CONDENSADOR

1 – Motor com arranque por condensador – CSR Capacitor Start Relay

Faz uso do enrolamento auxiliar e do condensador apenas durante o arranque.

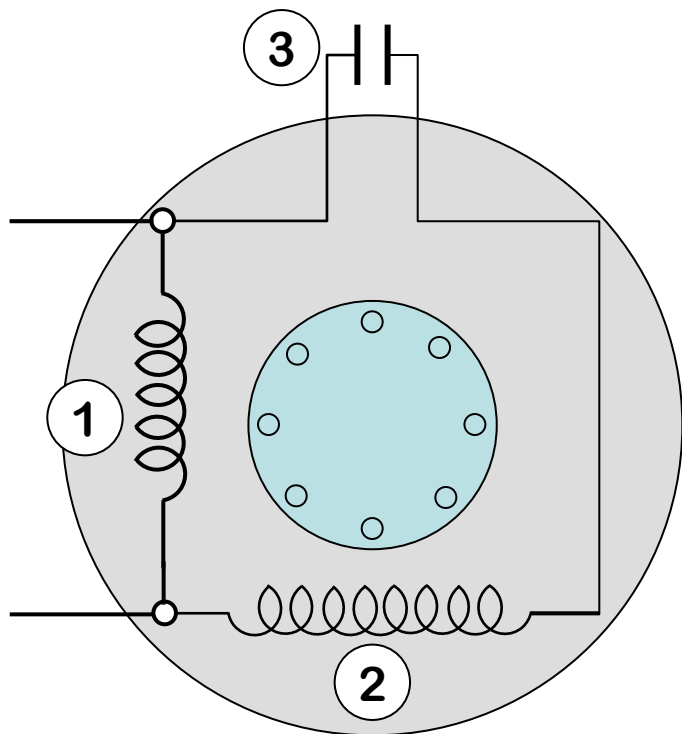
2 – Motor com condensador permanente – PSC Permanent Split Capacitor

Utiliza ambos os enrolamentos continuamente sem variação da capacidade.

3 – Motor com duplo condensador

Utiliza um valor de capacidade para o arranque e outro diferente para as condições de trabalho.



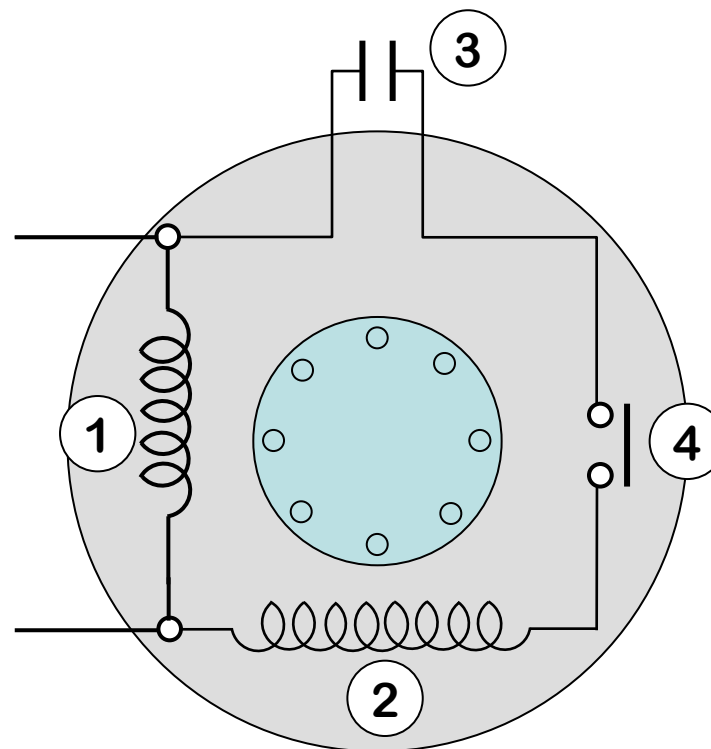


CONDENSADOR PERMANENTE

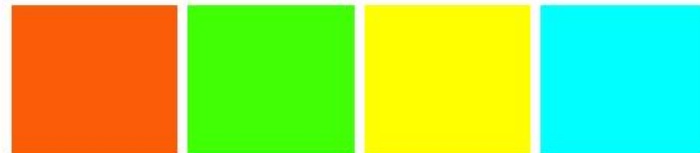
O interruptor de arranque destina-se a:

- Melhorar as características do binário à velocidade de plena carga;
- Reduzir a potência absorvida;
- Evitar sobreaquecimentos;
- Proteger o condensador.

- 1 BOBINADO PRINCIPAL
- 2 BOBINADO AUXILIAR
- 3 CONDENSADOR
- 4 INTERRUPTOR CENTRÍFUGO

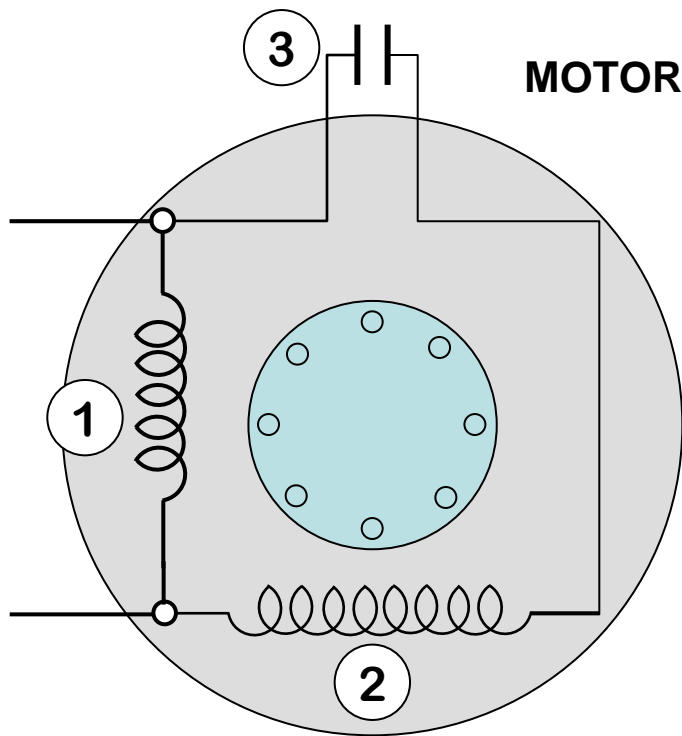


ARRANQUE POR CONDENSADOR

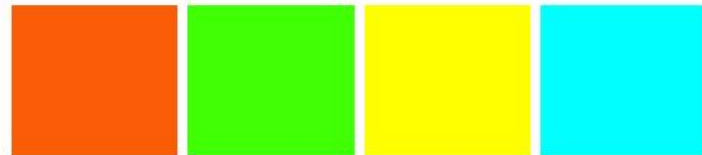


MOTOR COM CONDENSADOR PERMANENTE

É um motor que utiliza continuamente o bobinado de auxiliar e o condensador sem variação da capacidade



CONDENSADOR PERMANENTE

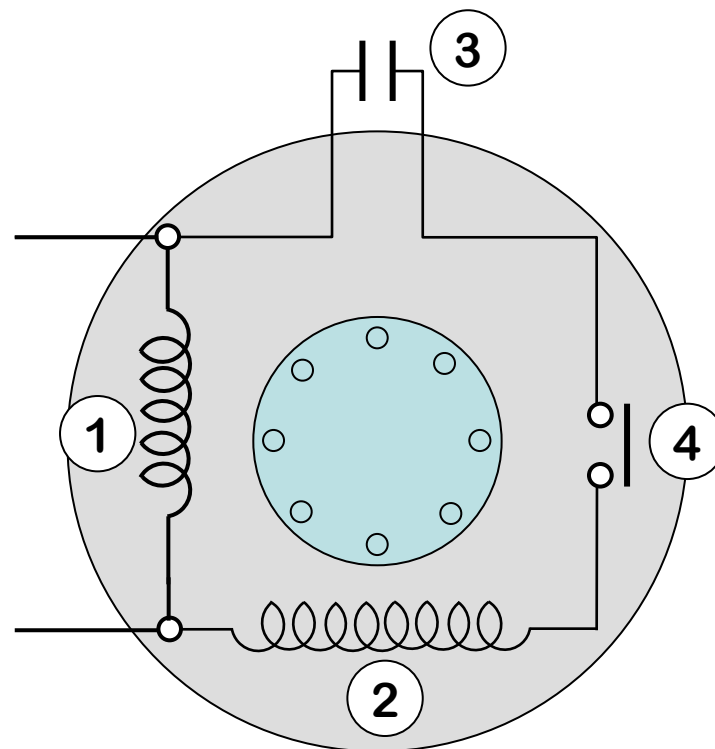


MOTOR COM ARRANQUE POR CONDENSADOR

Motor de Fase Dividida (Split.Phase)

É um motor que utiliza o bobinado de auxiliar apenas durante o arranque.

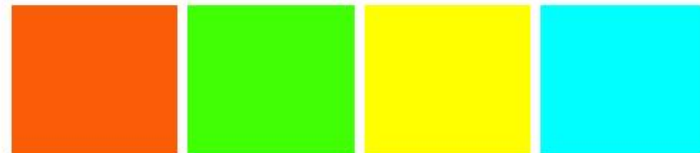
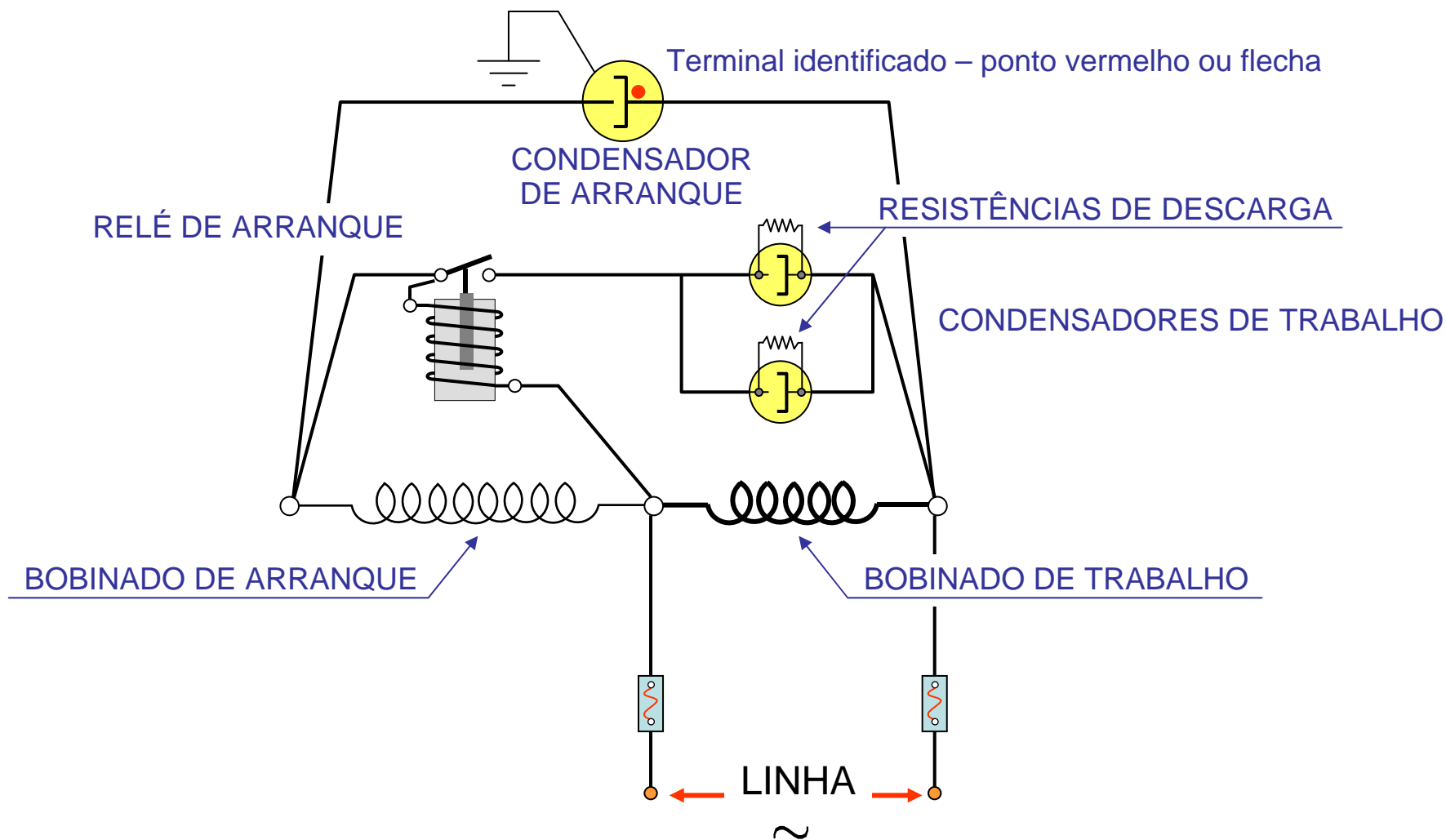
O interruptor centrífugo abre quando o motor atinge 75 a 80% da velocidade de sincronismo.



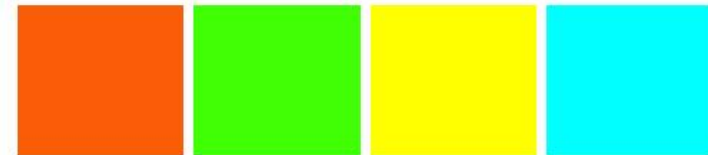
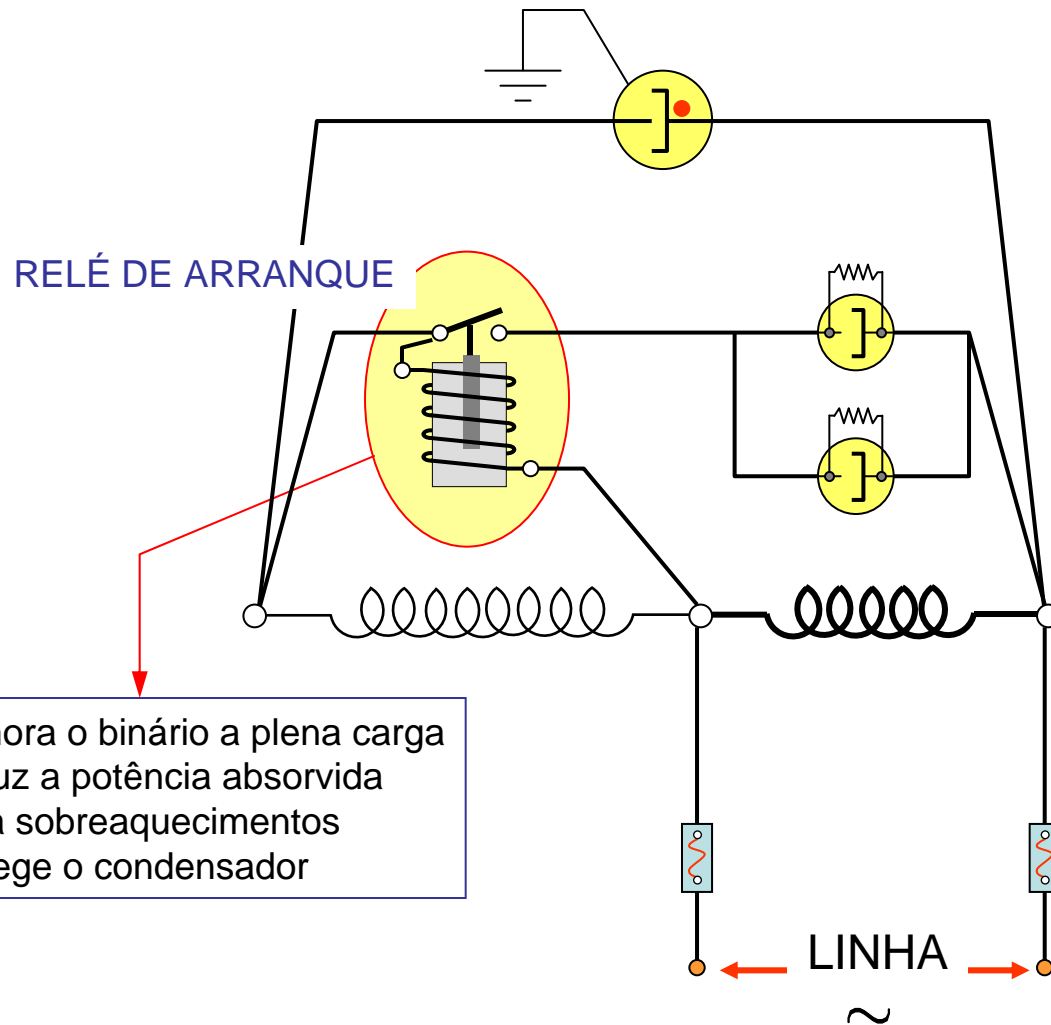
ARRANQUE POR CONDENSADOR



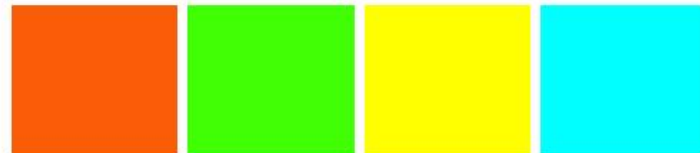
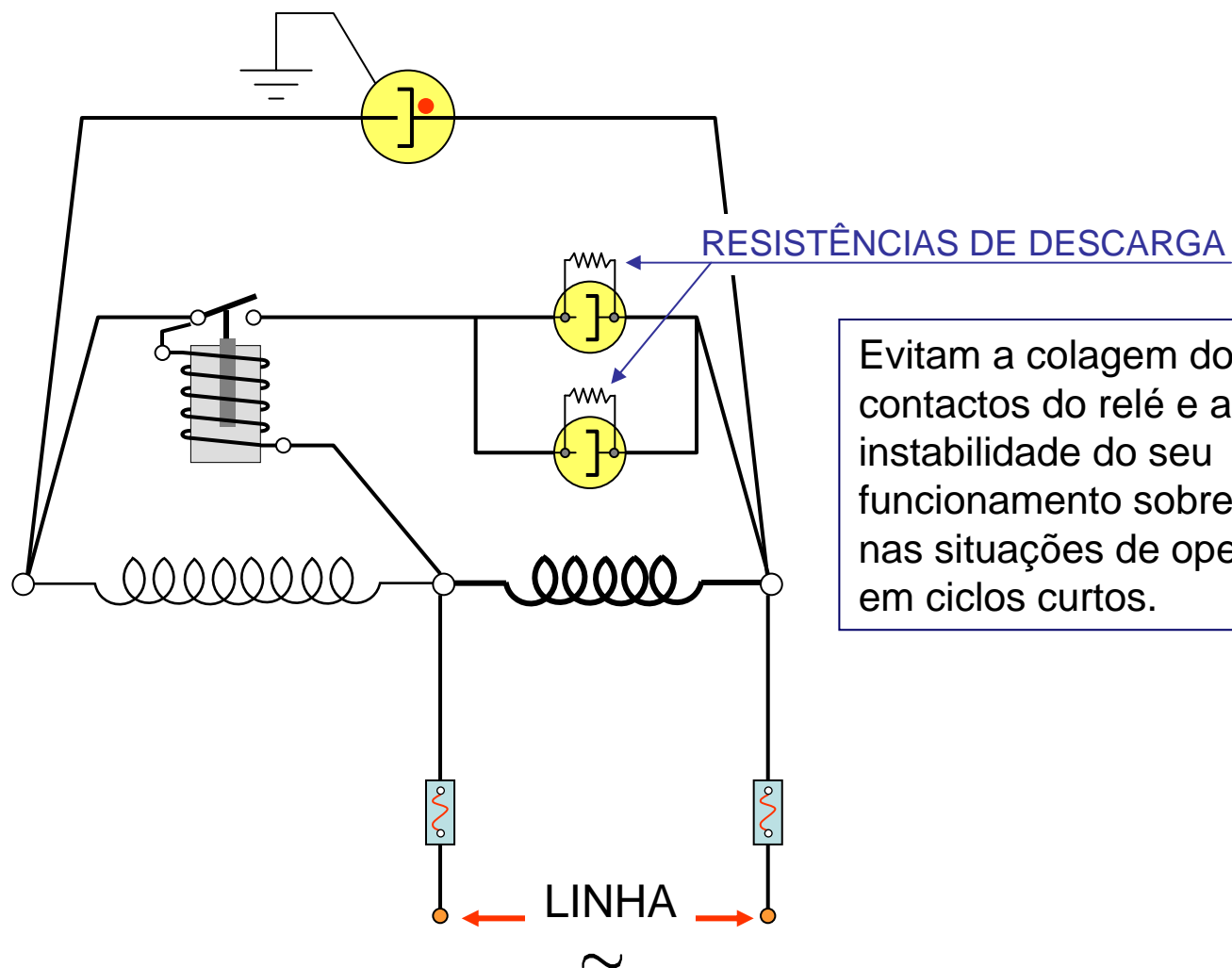
LIGAÇÕES DE UM MOTOR COM CONDENSADORES DE ARRANQUE E MARCHA

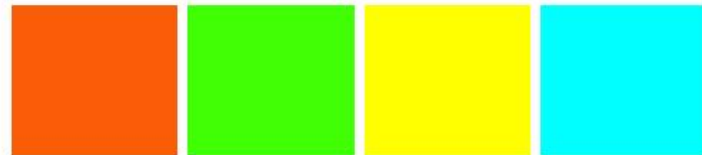
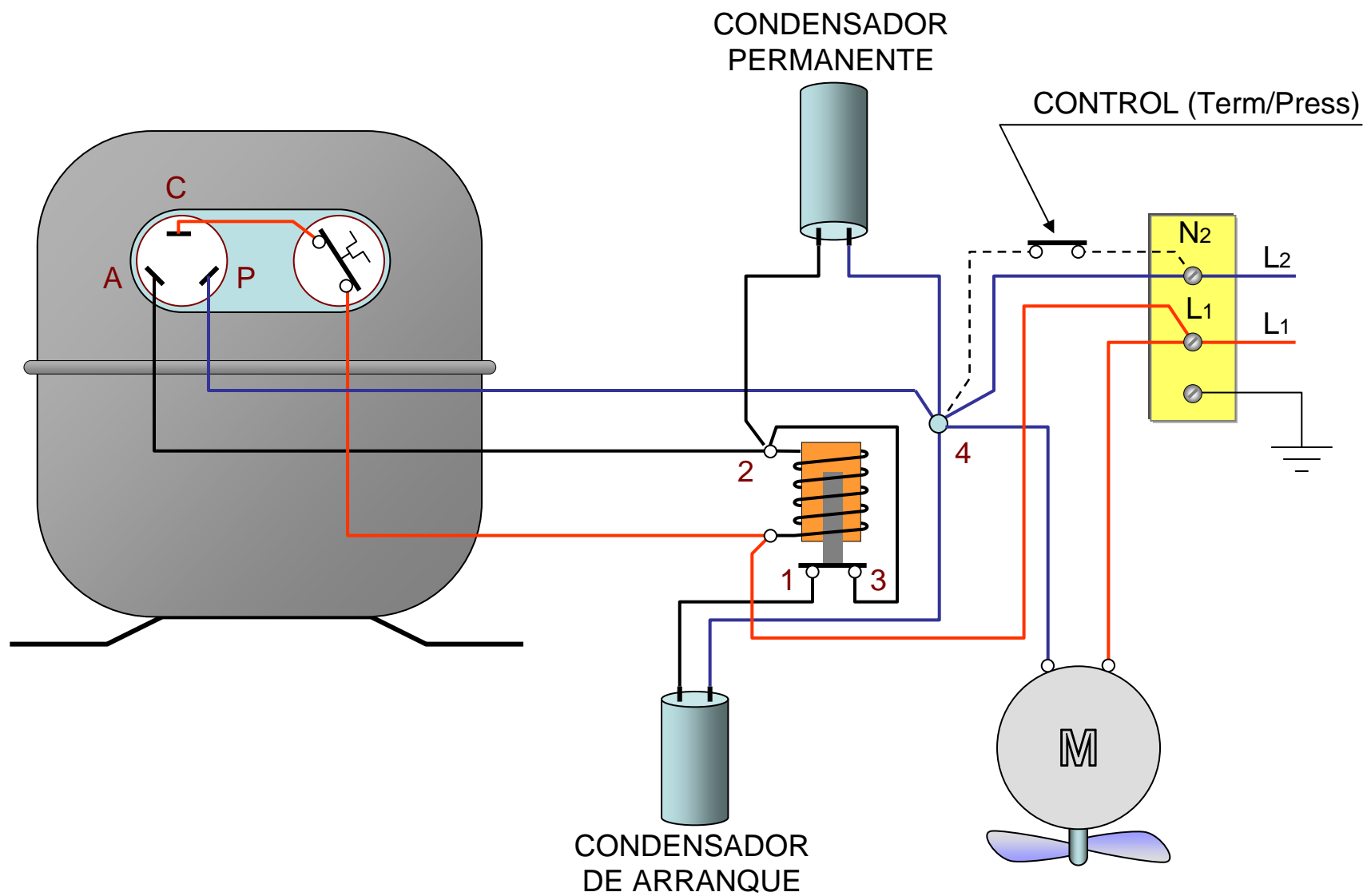


LIGAÇÕES DE UM MOTOR COM CONDENSADORES DE ARRANQUE E MARCHA



MOTOR COM CONDENSADORES DE ARRANQUE E MARCHA





VELOCIDADE DO MOTOR

Velocidade teórica do estator

$$N_s = \frac{60 \times f}{P}$$

f – Frequência

P – N° de pares de polos

Velocidade do rotor $N_r = N_s - g$

g – escorregamento (entre 3 a 8%)

N° de polos	Velocidade de sincronismo	
	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600



VELOCIDADE DO MOTOR

Escorregamento ou deslizamento

O campo magnético rotativo criado pelo estator é cortado pelos enrolamentos do rotor.

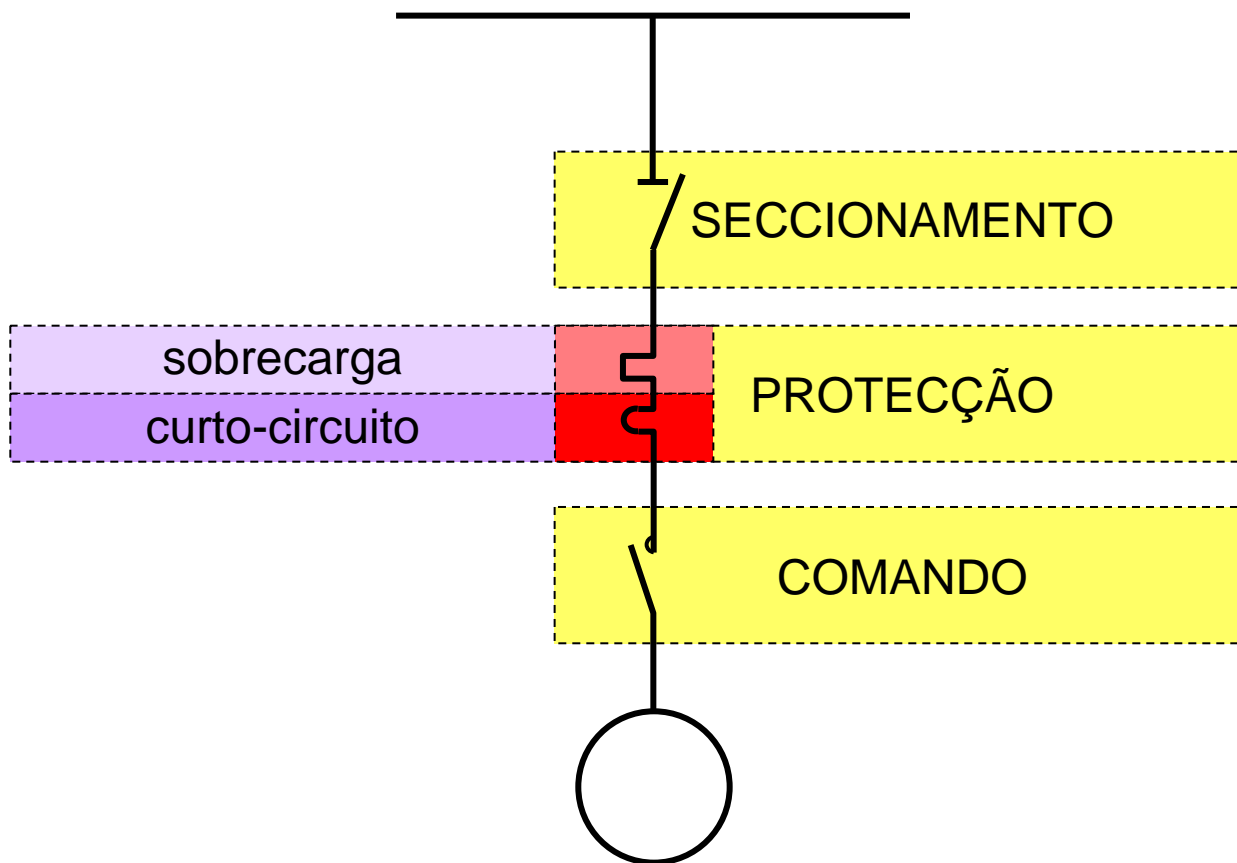
Se estes últimos giram à mesma velocidade que o campo magnético do estator a posição relativa de ambos seria sempre a mesma, não havendo corte das linhas de força e, como tal, não haveria indução magnética no rotor e por conseguinte forças de atracção e repulsão que são a causa do movimento.

A diferença entre a velocidade do rotor e a velocidade teórica do estator é designada por escorregamento e é expressa da seguinte forma:

$$g = \frac{\text{Vel. de sincronismo} - \text{Vel. actual}}{\text{Vel. de sincronismo}} \times 100$$



AS FUNÇÕES DA APARELHAGEM



SISTEMAS DE ACCIONAMENTO ELECTROMECHANICO

Sistemas capazes de converter energia eléctrica em energia mecânica (movimento), mantendo sob controlo todo o processo de conversão.

Utilizados em máquinas ou equipamentos que requerem algum tipo de movimento controlado, como por exemplo a velocidade de rotação de uma bomba.

Normalmente empregam motores de indução (monofásicos ou trifásicos)



SISTEMAS DE ACCIONAMENTO ELECTROMECHANICO

Em termos gerais os sistemas de accionamento combinam os seguintes elementos:

Motor eléctrico

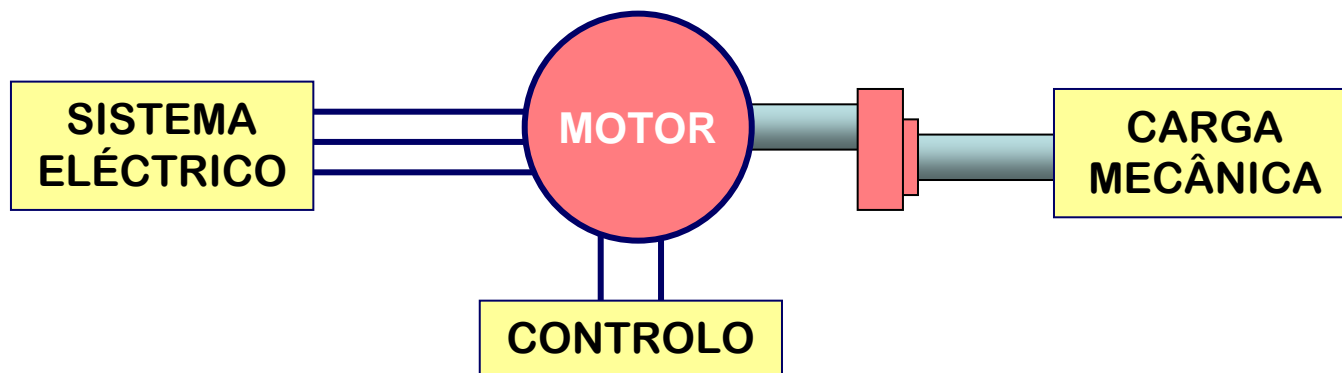
Converte energia eléctrica em mecânica

Sistema eléctrico e de controlo

Controla/comanda a potência eléctrica

Transmissão mecânica

Adapta a velocidade e inércia entre o motor e a carga



SISTEMAS DE ACCIONAMENTO ELECTROMECHANICO

A selecção do motor e dos aparelhos de comando/regulação, é condicionada por:

Fonte de alimentação

Tensão, frequência, nº de fases, etc.

Aspectos ambientais

Altitude, presença de vapores e gases, poeiras, risco de explosão, etc.

Características da máquina

Potência necessária, velocidade, tipo de máquina, etc.

Condições de operação

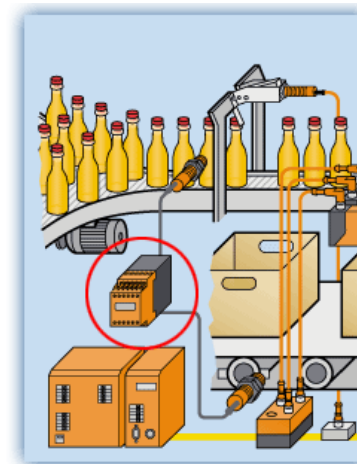
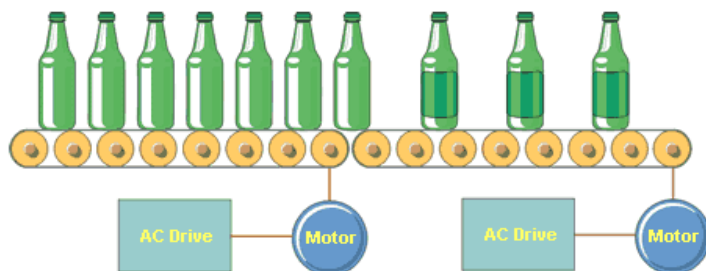
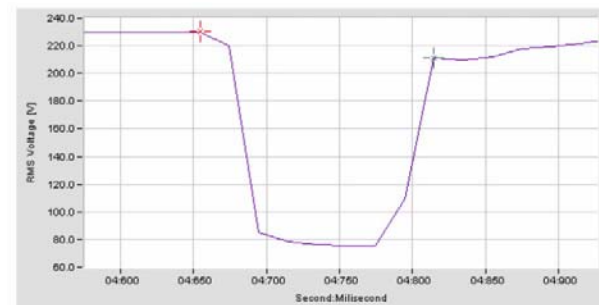
Frequência de arranques, tipo de travagem, etc.

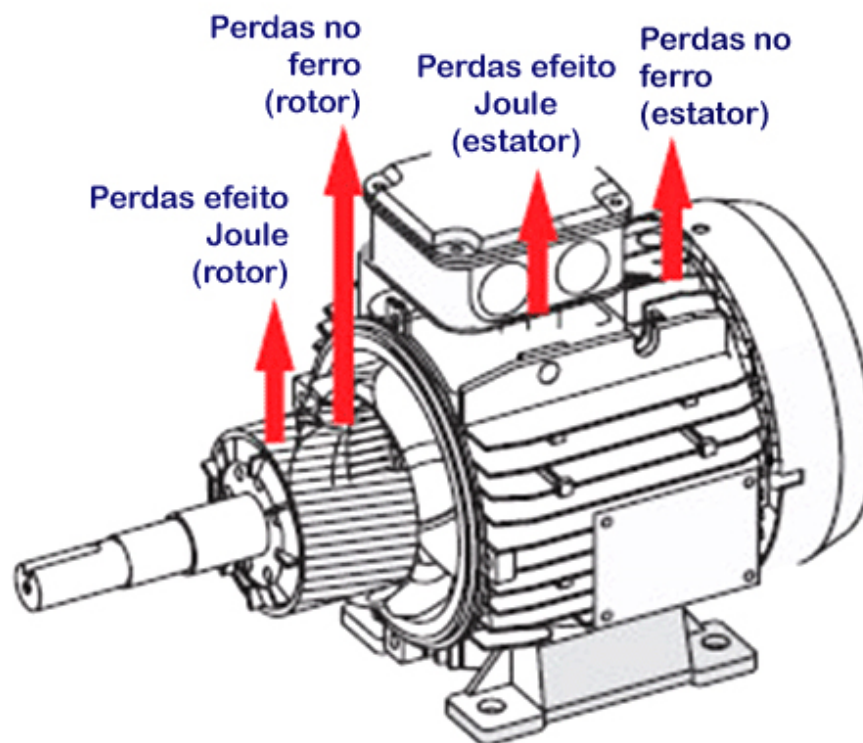
É necessário analisar os binários resistentes e de arraste, impostos pelos diversos tipos de cargas, de modo a evitar problemas, como sejam: vibrações, aquecimento, desgaste prematuro, etc.

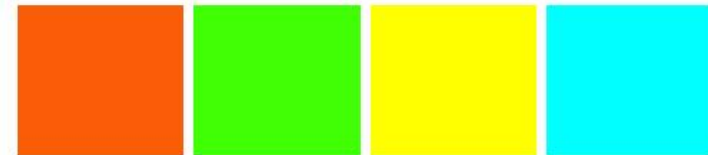
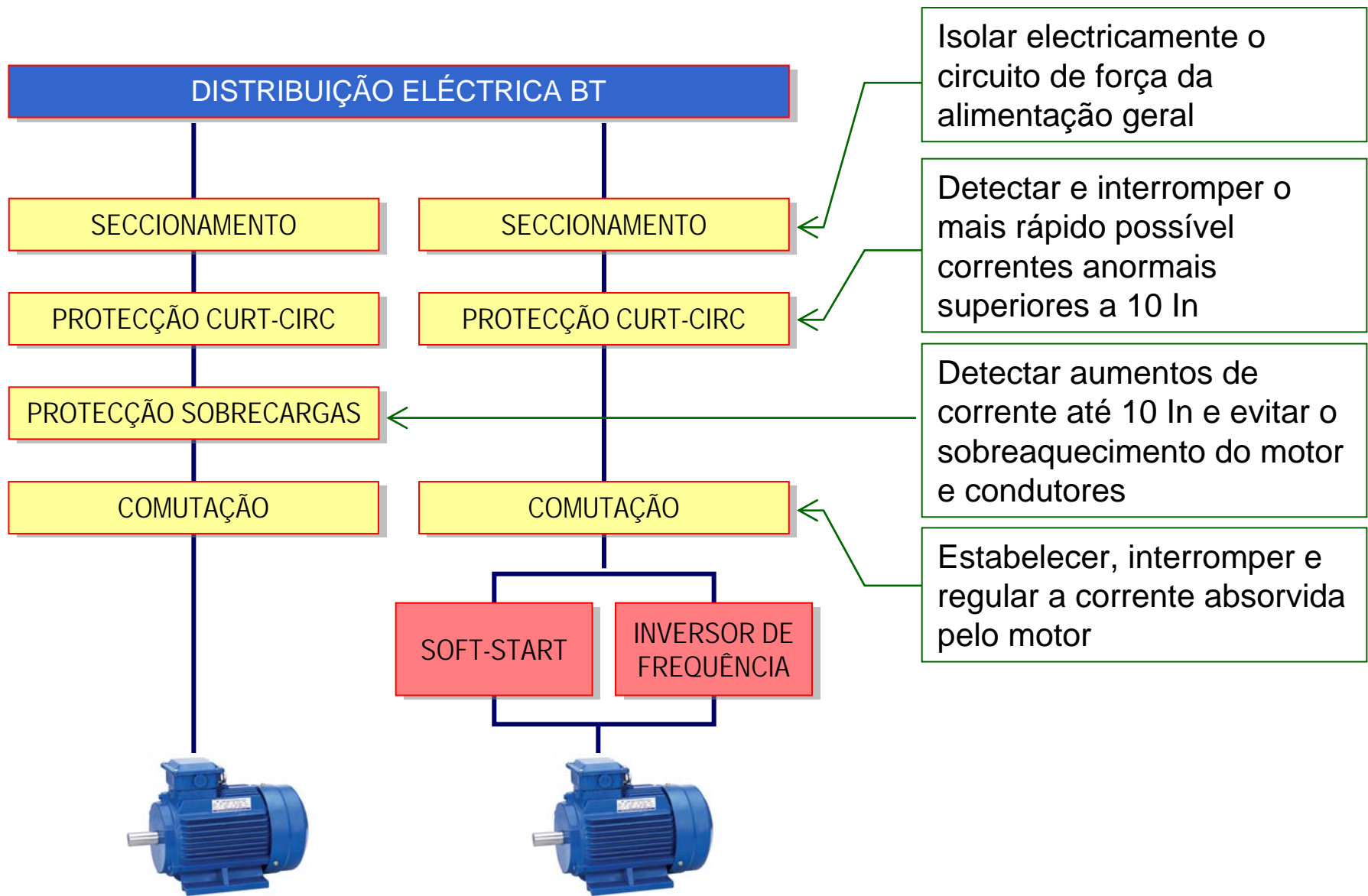


NECESSIDADE DE CONTROLO DOS MOTORES

- Controlar correntes de arranque (“cavas de tensão”, regulamentação, etc.)
- Arranques suaves (elevadores, esteiras rolantes, etc.)
- Adequação de binário de aceleração
- Gestão de energia eléctrica (redução de velocidade vs dimensão de condutas)
- Adequação de velocidades
- ...







ARRANCADORES

Contêm os elementos necessários para controlar e proteger os motores eléctricos e deles depende:

- O **rendimento** de toda a instalação
- O **nível de protecção**
- O funcionamento a **velocidade**

Garantem funções de:

SECCIONAMENTO – Isolamento eléctrico das instalações e máquinas da rede de alimentação e manipulação com total segurança, segundo critérios estabelecidos em norma (IEC – 947-3).

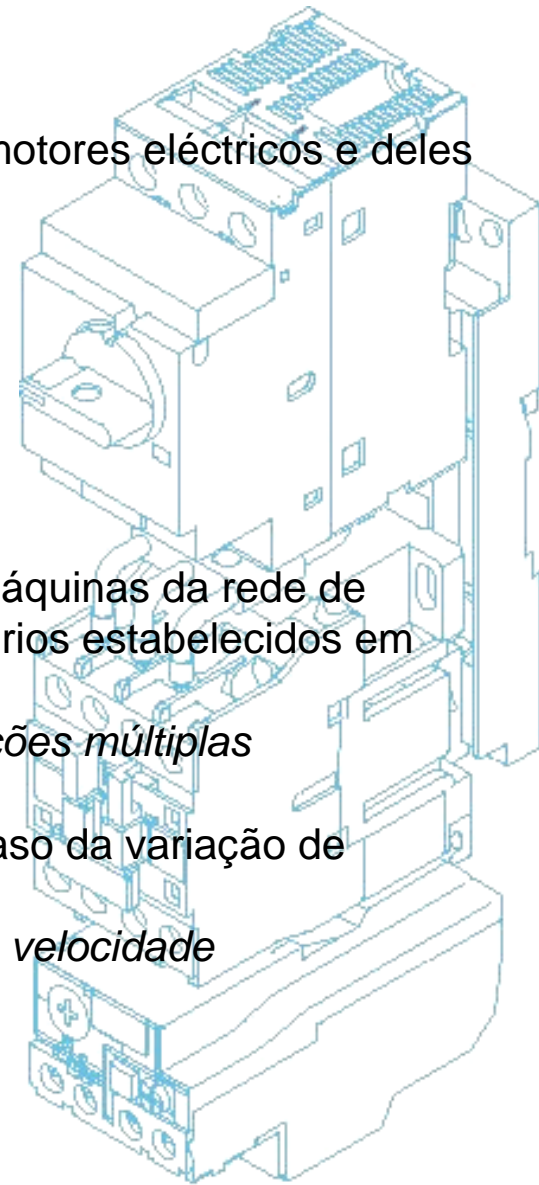
Seccionadores, interruptores seccionadores, aparelhos de funções múltiplas

COMUTAÇÃO – Consiste em estabelecer, cortar ou ajustar (caso da variação de velocidade) o valor da corrente absorvida pelo motor.

Interruptores, contactores, arrancadores suaves, variadores de velocidade

PROTECÇÃO – curto-circuitos e sobrecargas.

Fusíveis, disjuntores, relés-térmicos



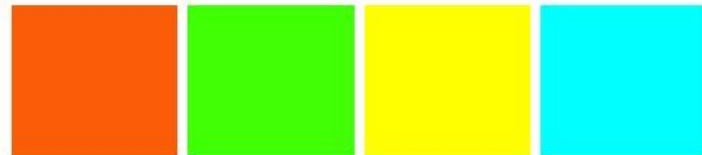
SECCIONADORES

Dispositivo mecânico de ligação que na posição de “**Aberto**” cumpre as condições de isolamento segundo os critérios de segurança das normas. Utilizam-se para garantir a desconexão da instalação quando em trabalhos de manutenção.

Não tem poder de fecho nem de corte. Não devem ser manobrados em carga, sob pena de destruição

Comando manual - a velocidade de operação é a que o operador aplicar (ocasionalmente empregam-se molas para acelerar a manobra).

- Elementos principais – Bloco tri ou tetrapolar e comando lateral ou frontal para abrir ou fechar os pólos
- Podem dispor de contacto auxiliar de precorte que actua sobre o contactor em caso de manipulação acidental com carga



INTERRUPTORES

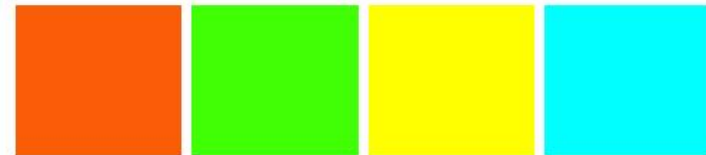
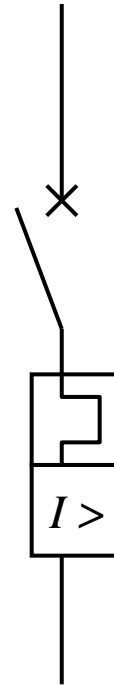
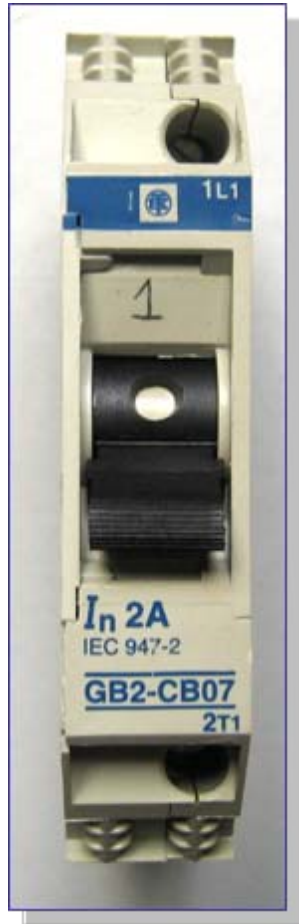
Interruptor: aparelho mecânico de conexão capaz de estabelecer, suportar e interromper a corrente do circuito em condições normais e circunstancialmente em anomalia (curto-circuito, em condições específicas e por tempo determinado)

Interruptor automático ou disjuntor: Interruptor projectado para interromper correntes anormais como as de curto-circuito

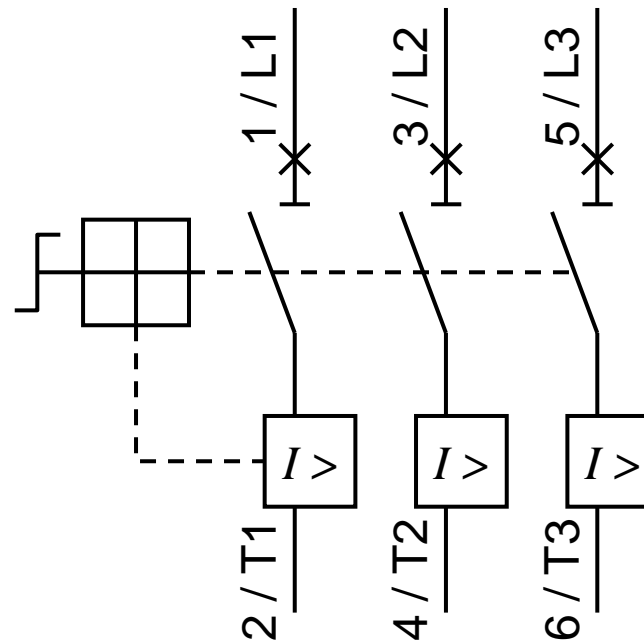
Contactor: aparelho mecânico de ligação com apenas uma posição de repouso estável (aberto ou fechado), capaz de ser accionado por diversas formas de energia, mas não a manual. Podem estabelecer, interromper e suportar correntes normais da instalação e ocasionalmente as de curto-circuito.



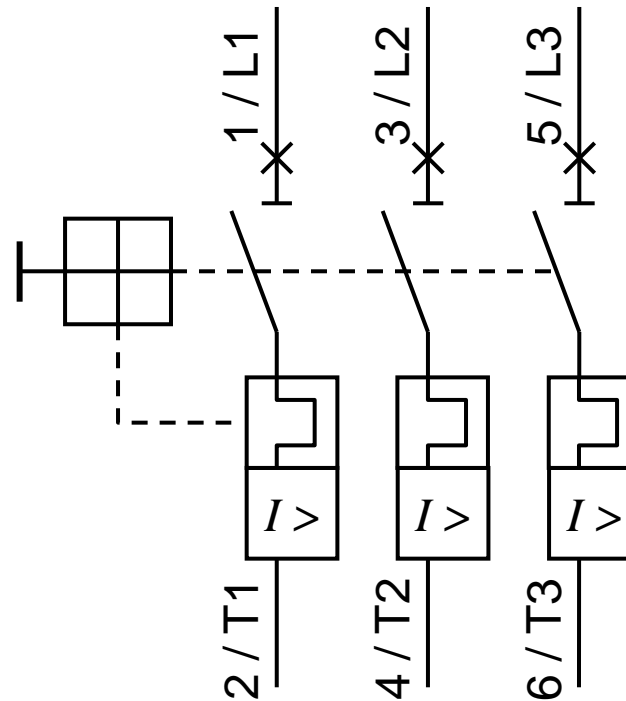
DISJUNTOR MAGNETO-TÉRMICO



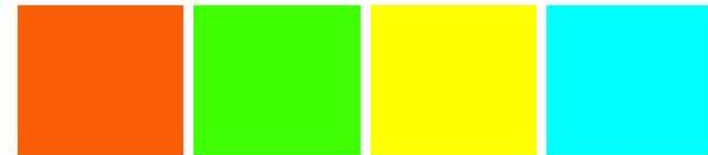
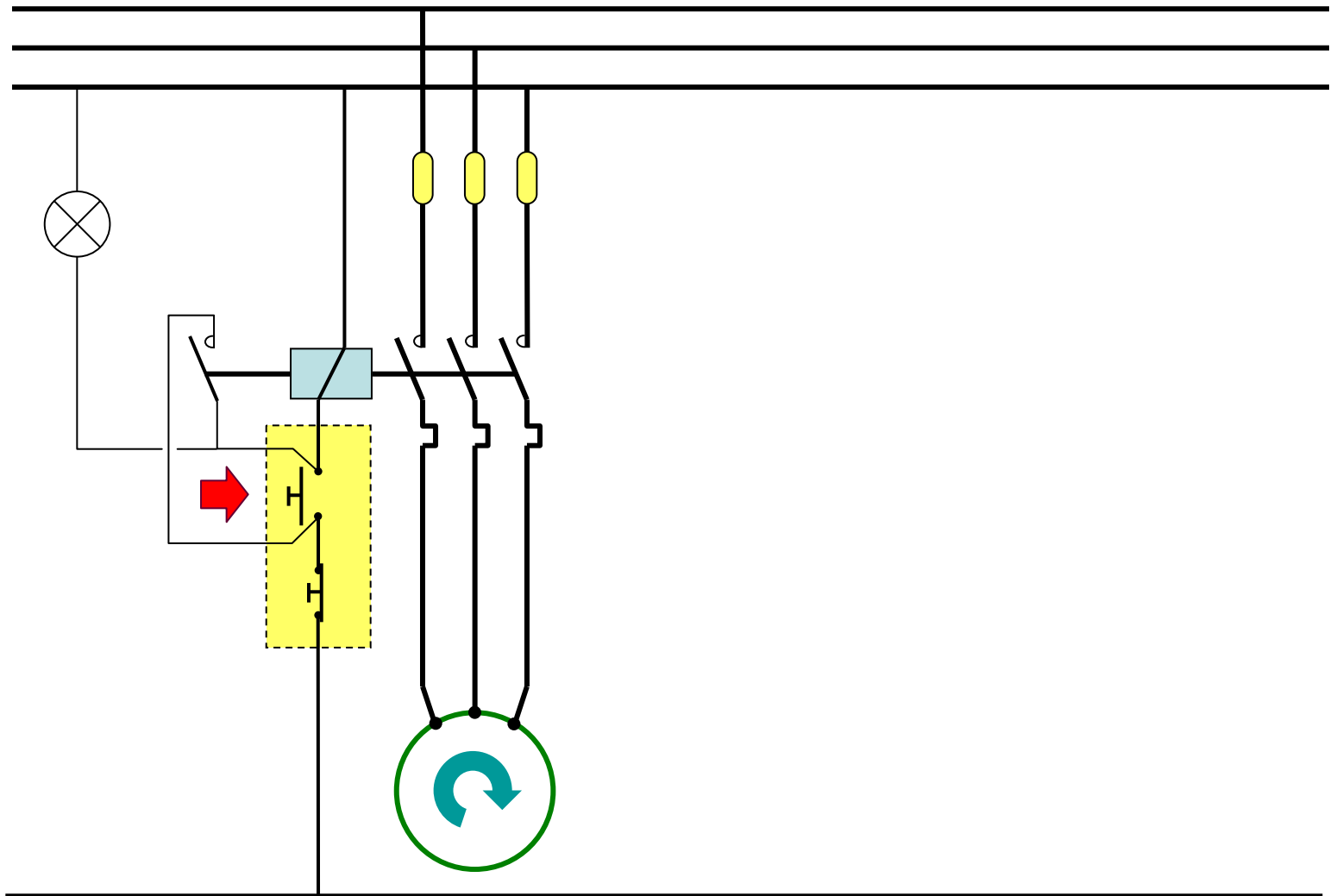
DISJUNTOR-MOTOR MAGNÉTICO



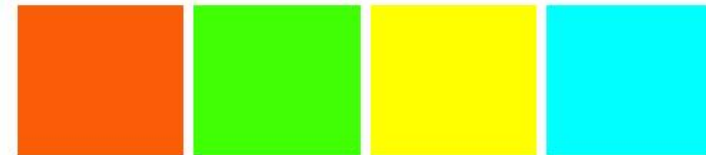
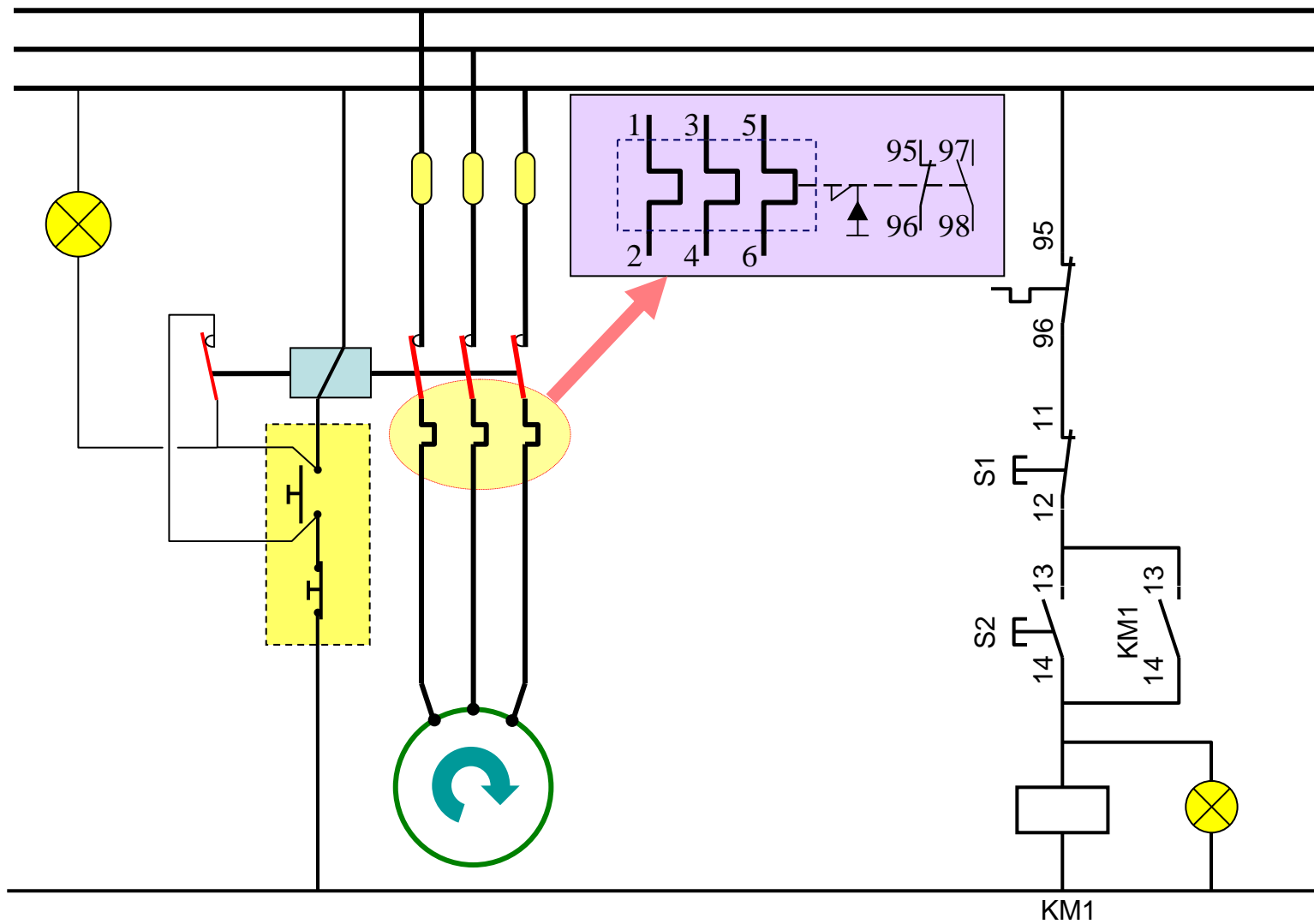
DISJUNTOR-MOTOR MAGNETO-TÉRMICO



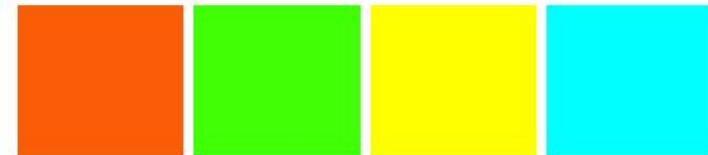
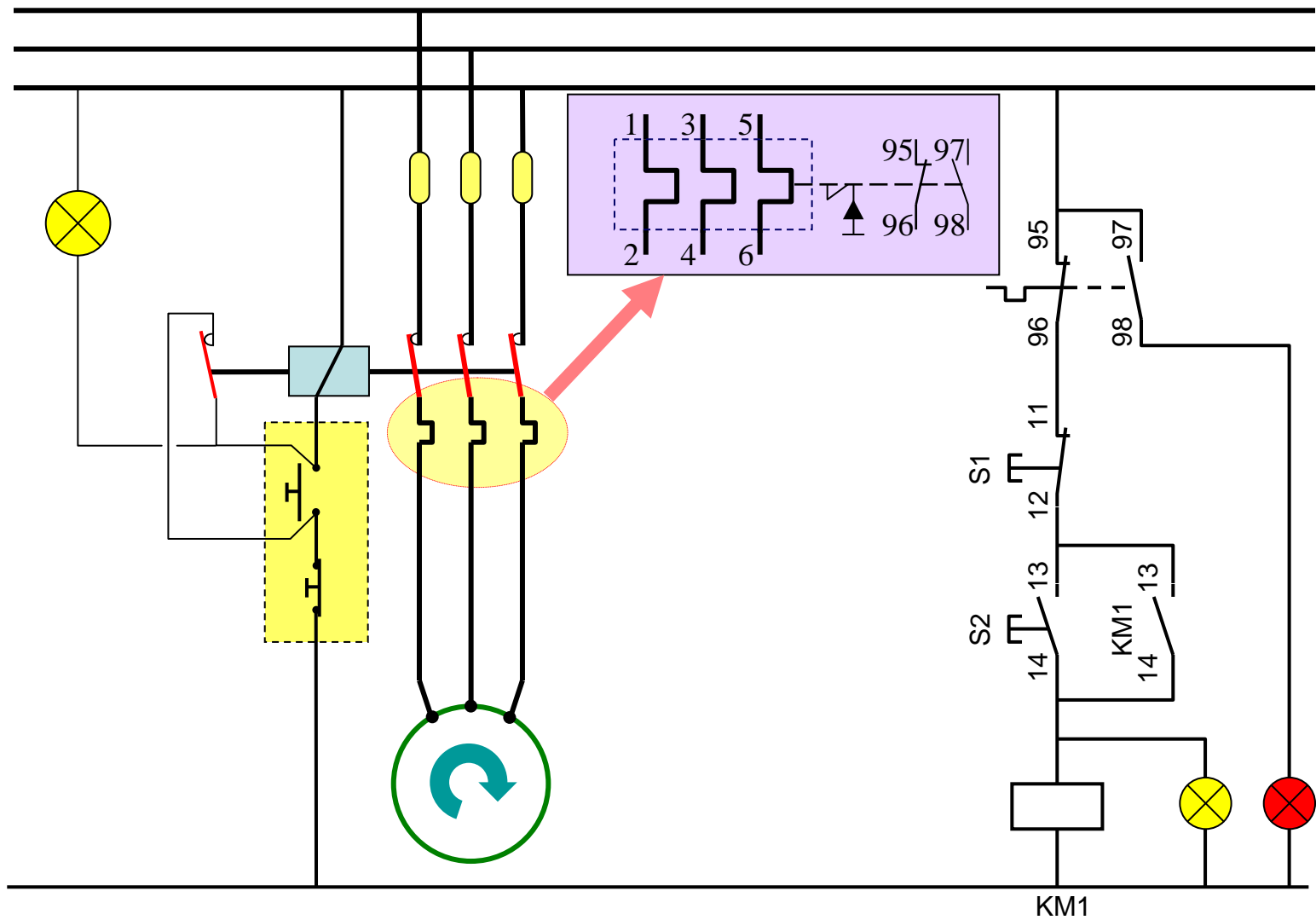
ARRANQUE DIRECTO COM AUTOALIMENTAÇÃO DO CONTACTOR



ARRANQUE DIRECTO COM AUTOALIMENTAÇÃO DO CONTACTOR

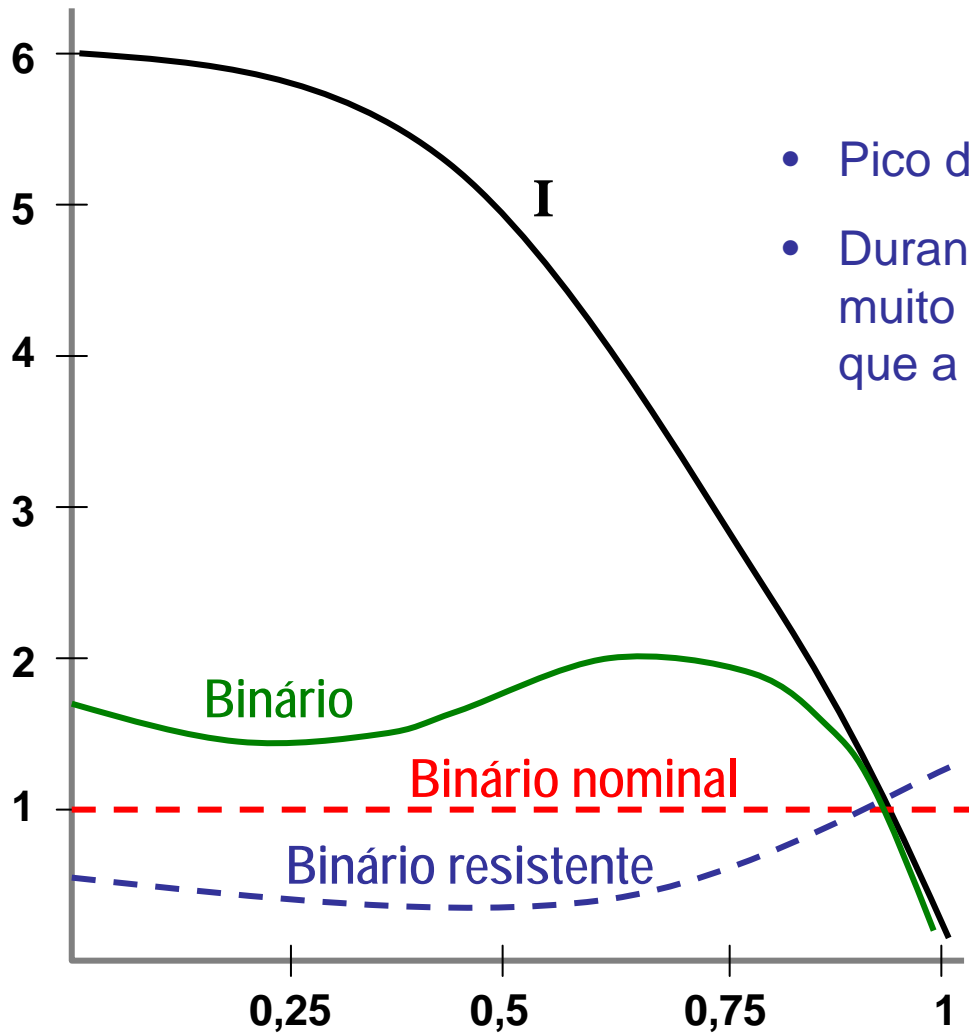


ARRANQUE DIRECTO COM AUTOALIMENTAÇÃO DO CONTACTOR

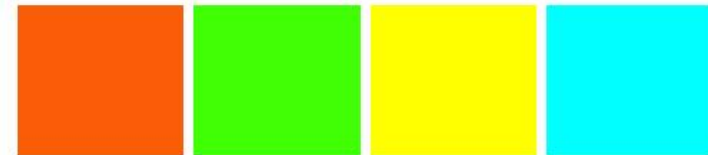
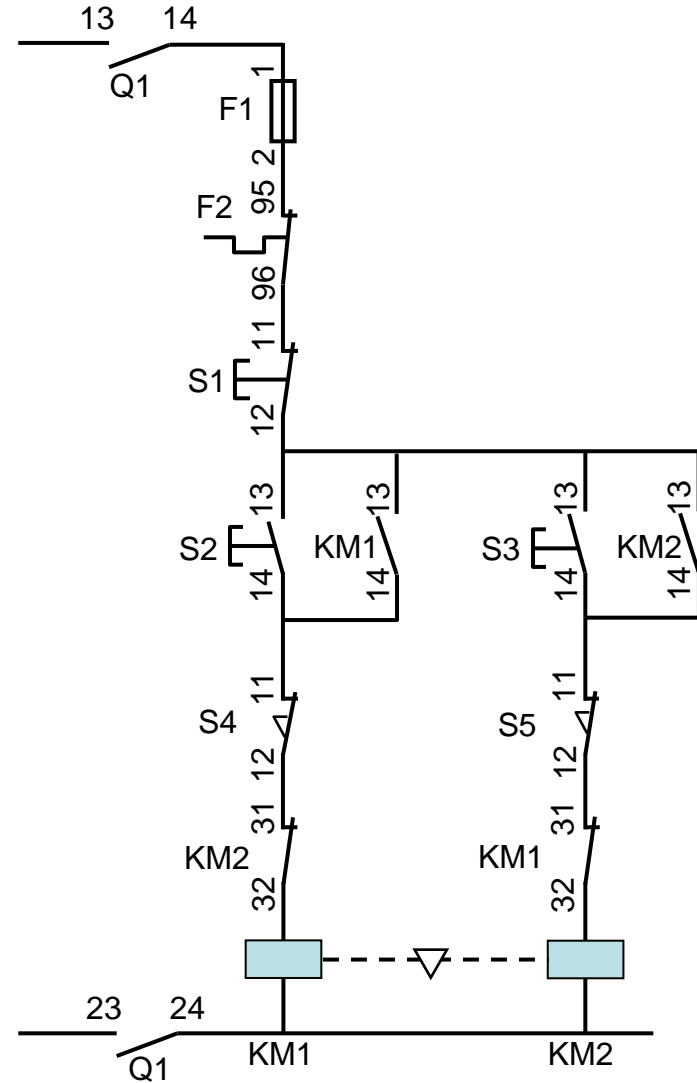
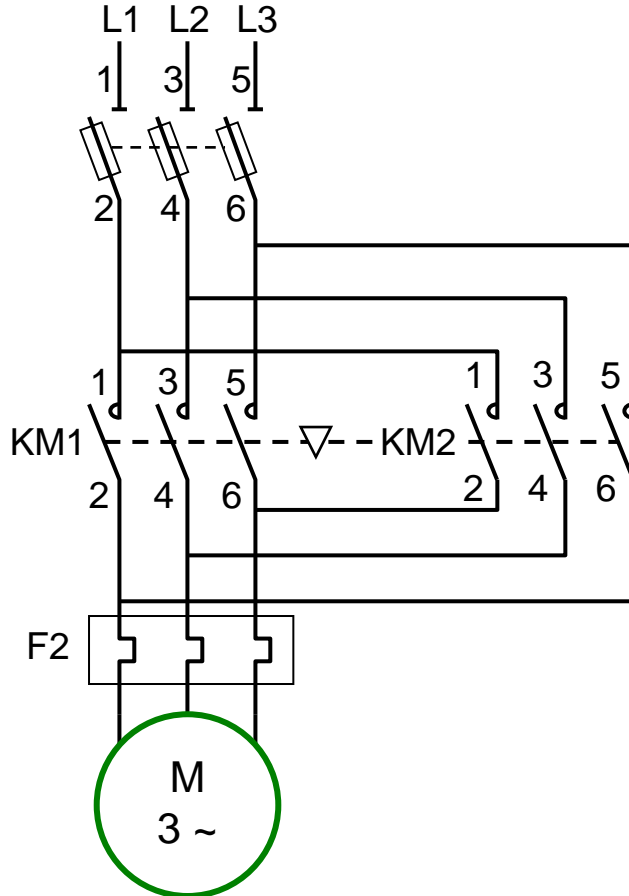


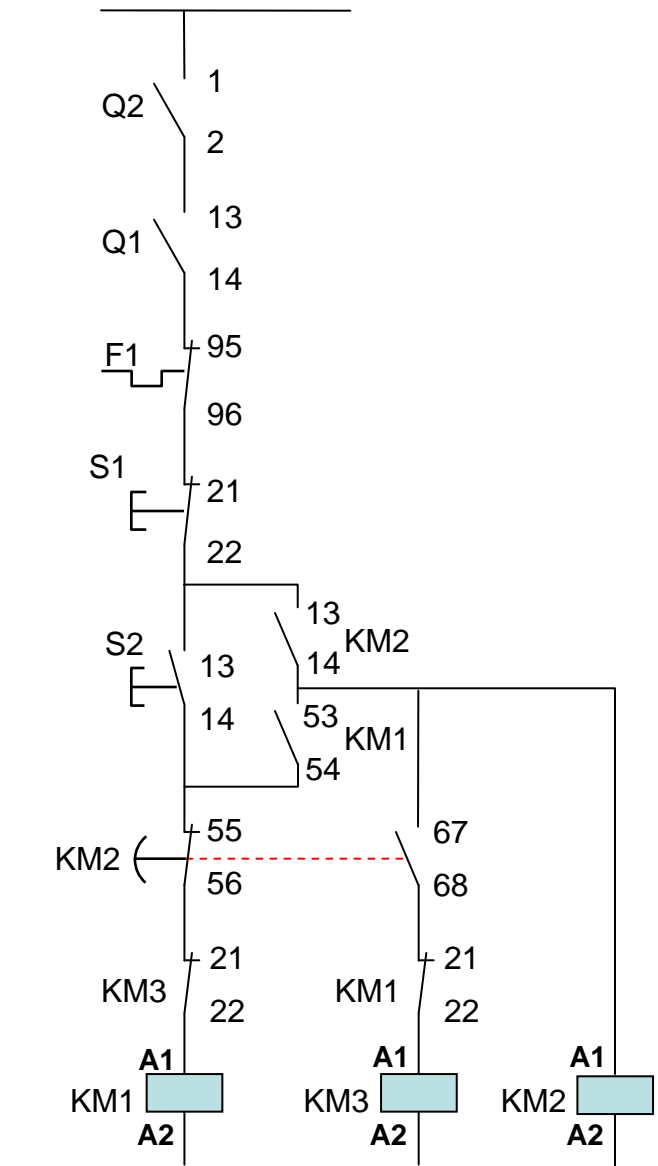
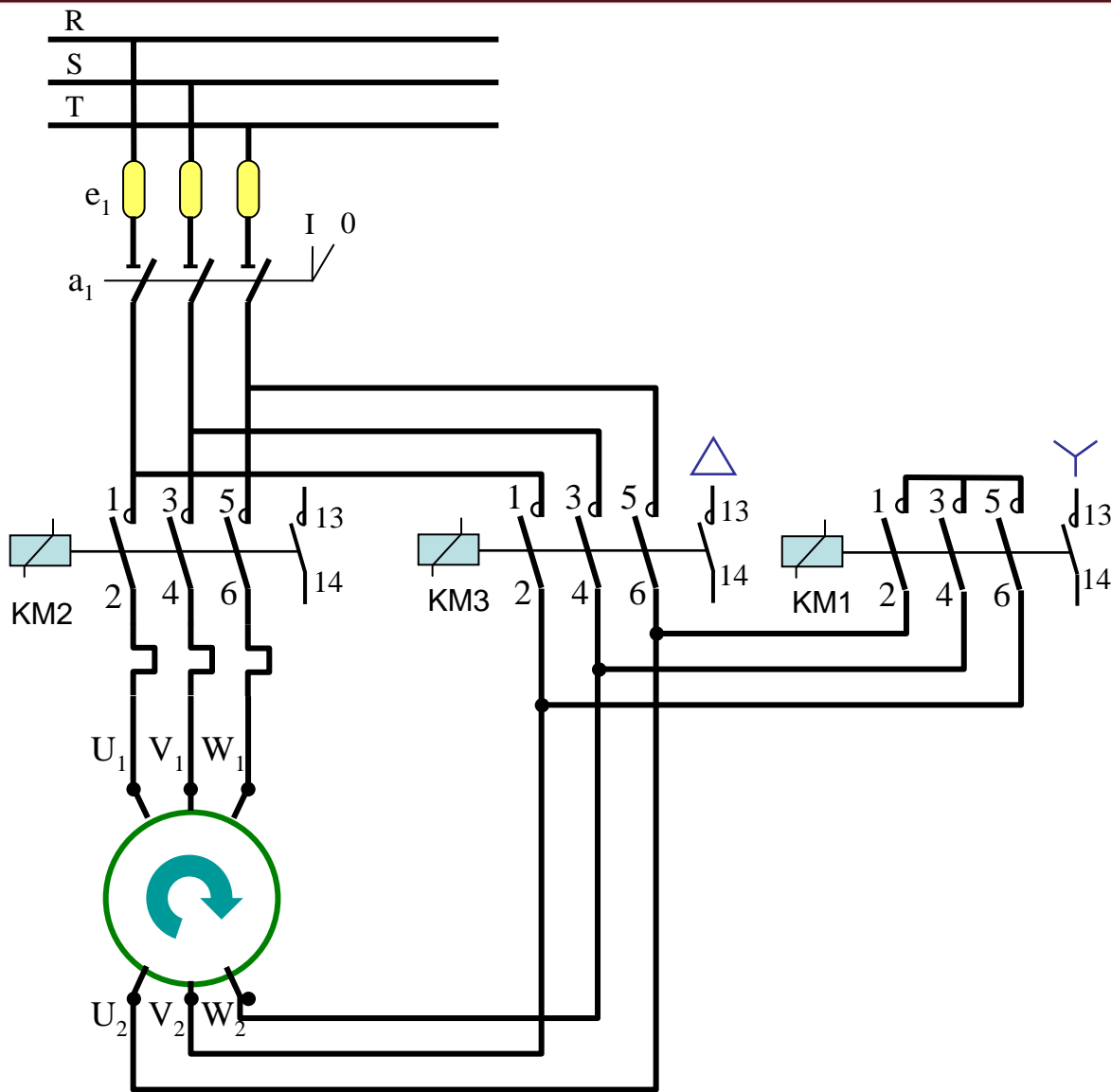
ARRANQUE DIRECTO A PLENA TENSÃO

- Pico de corrente elevado
- Durante o arranque o binário permanece muito superior ao nominal, permitindo que a máquina acelere com rapidez.



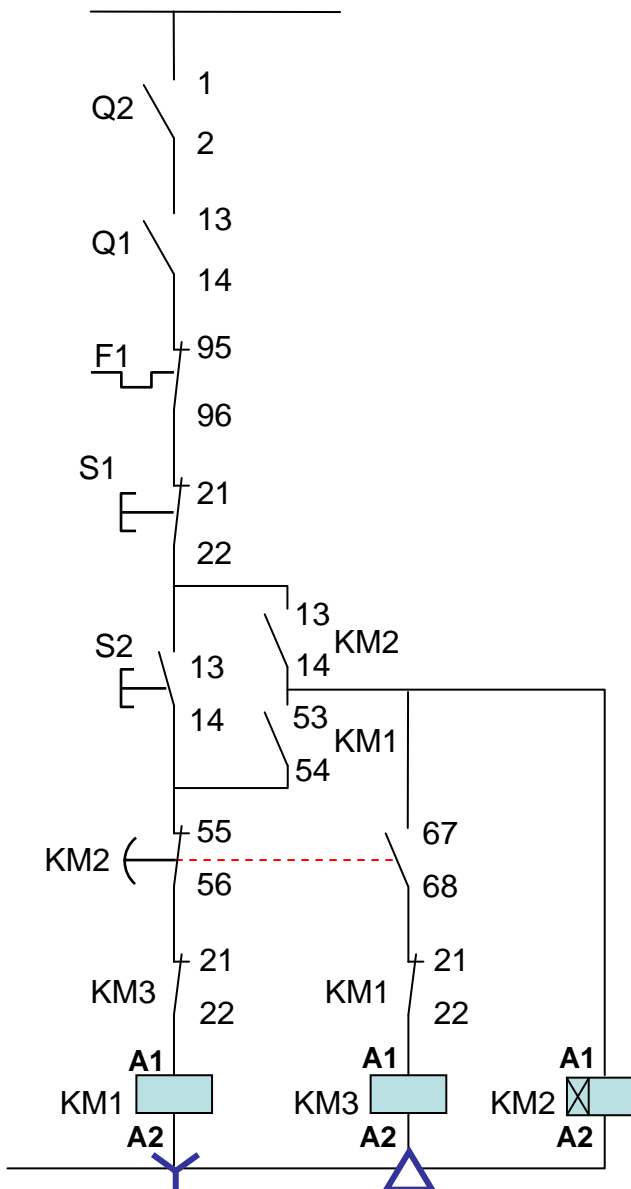
ARRANQUE DIRECTO E INVERSÃO DE MARCHA

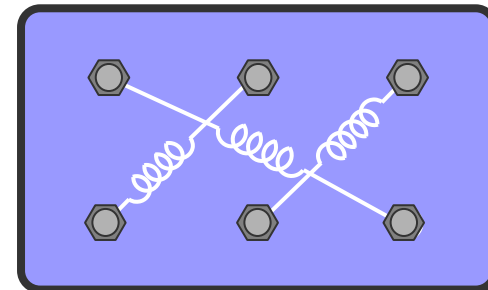
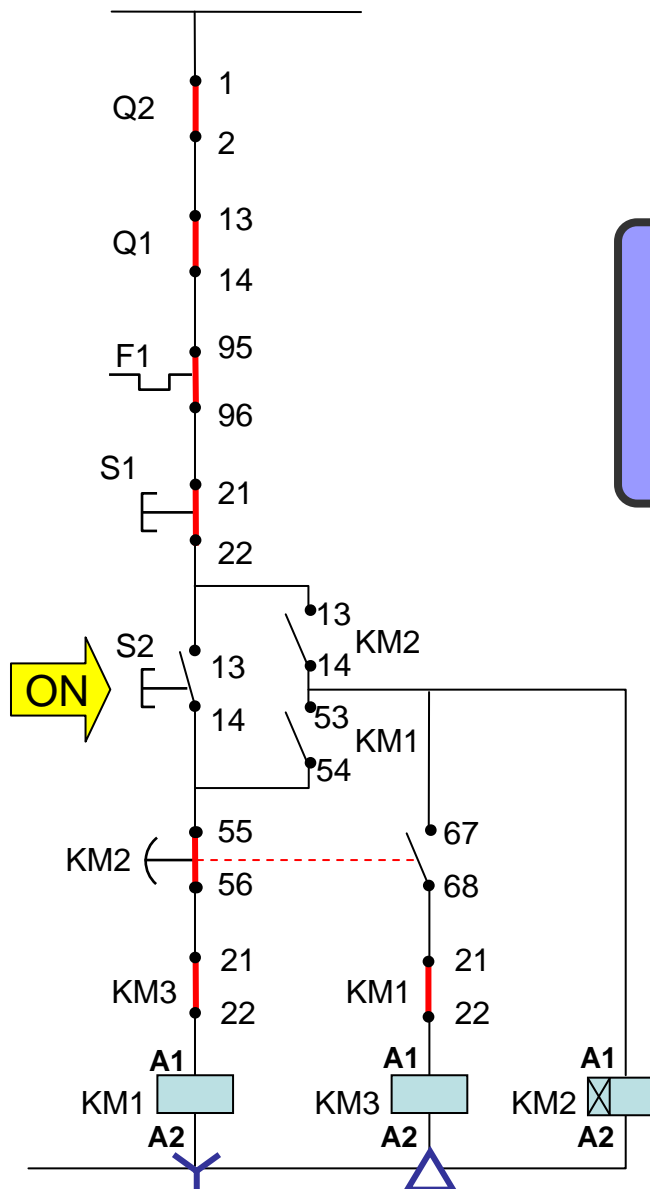


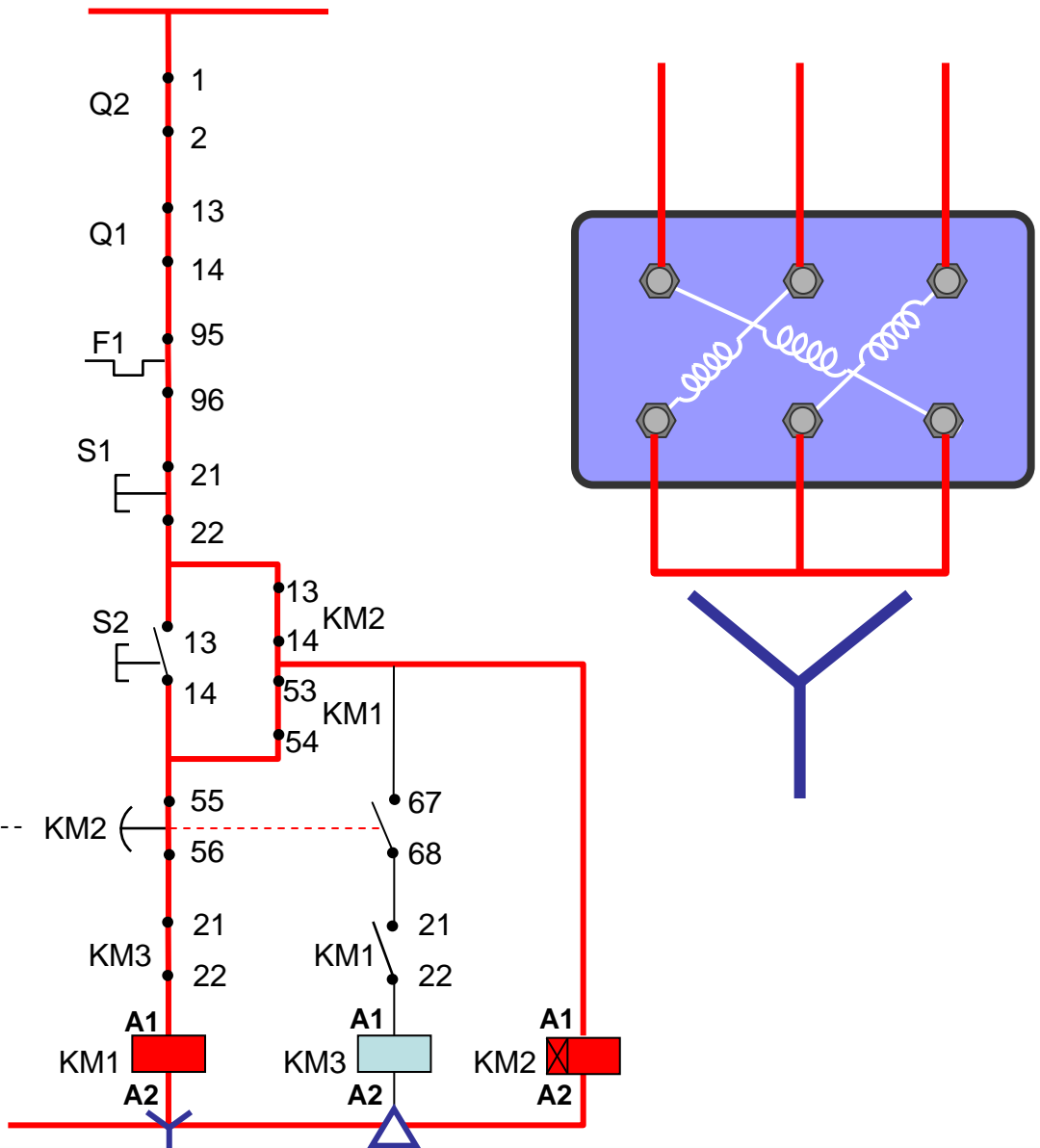
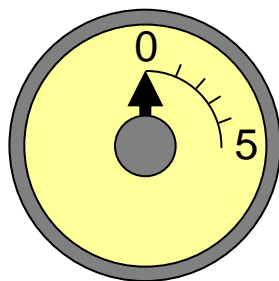


TIM III
ELECTRICIDADE

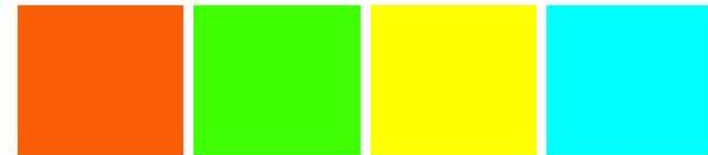


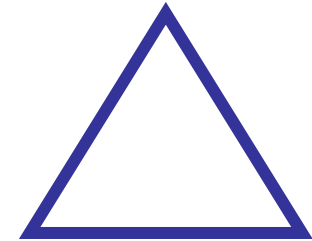
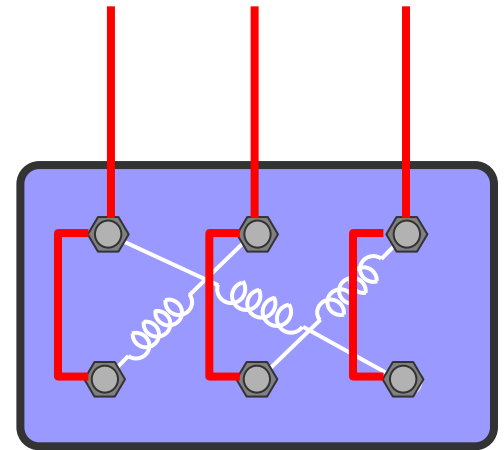
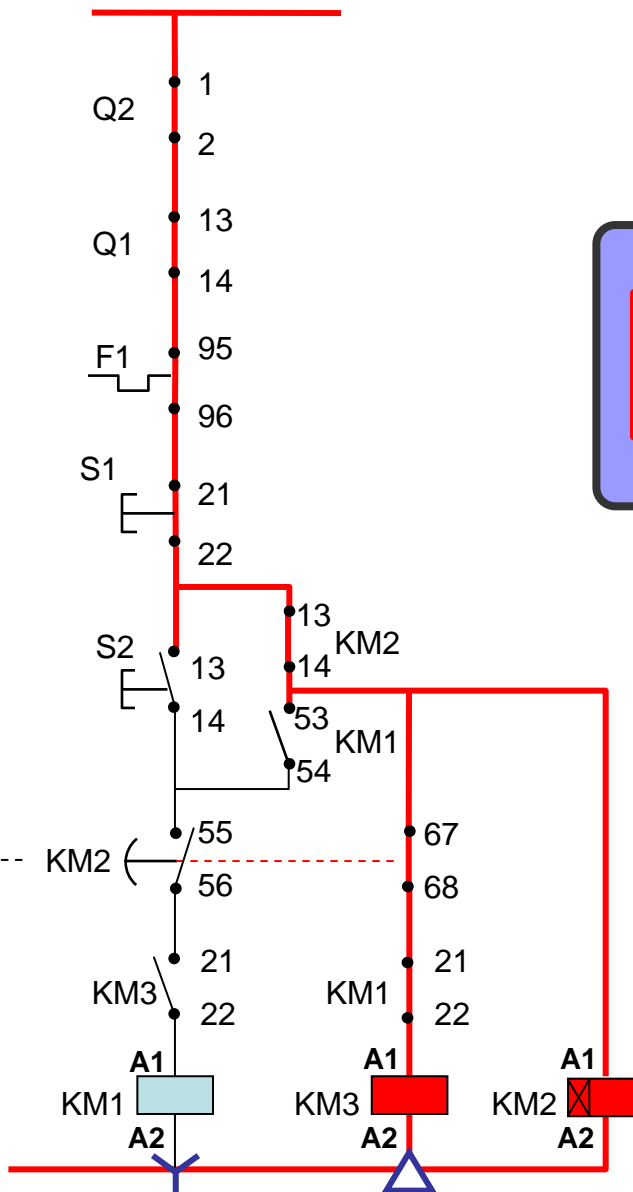
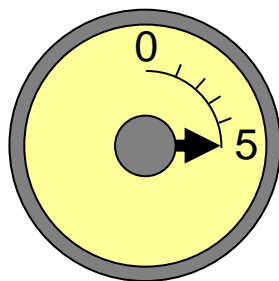






TIM III
ELECTRICIDADE

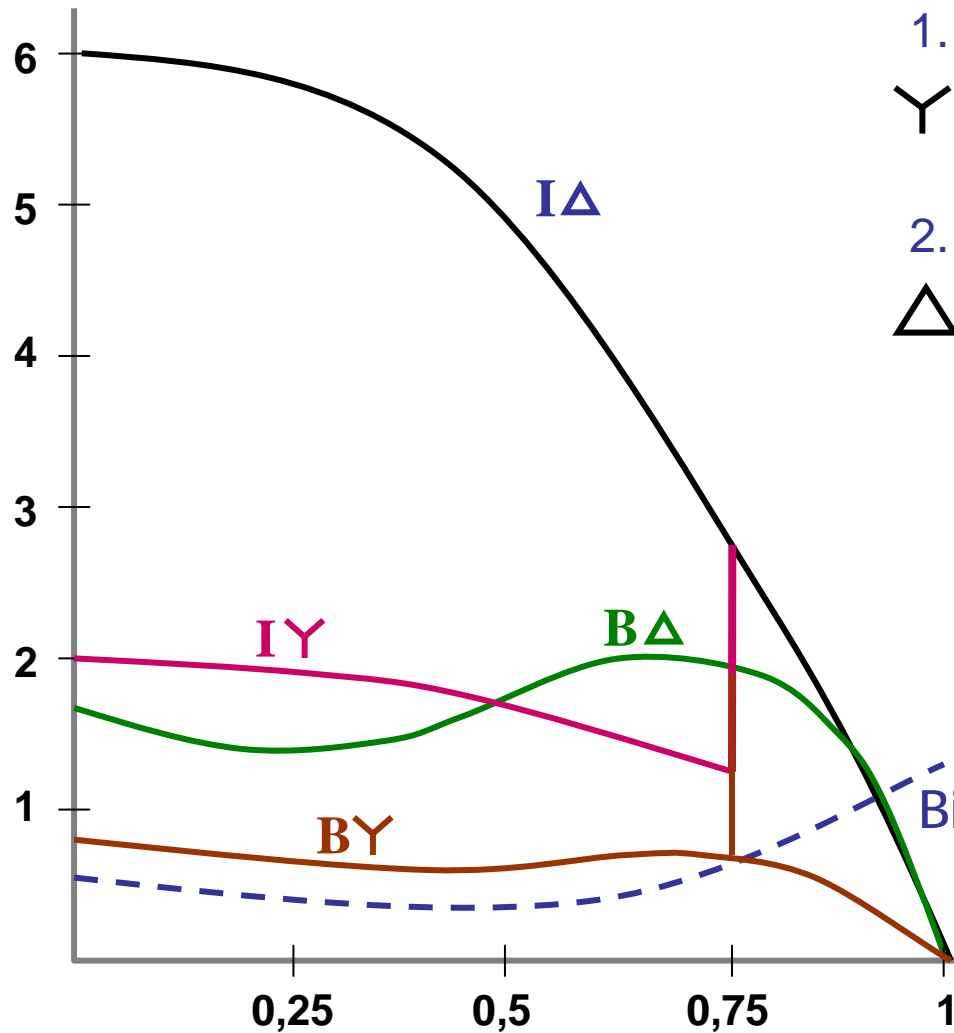




TIM III
ELECTRICIDADE



ARRANQUE

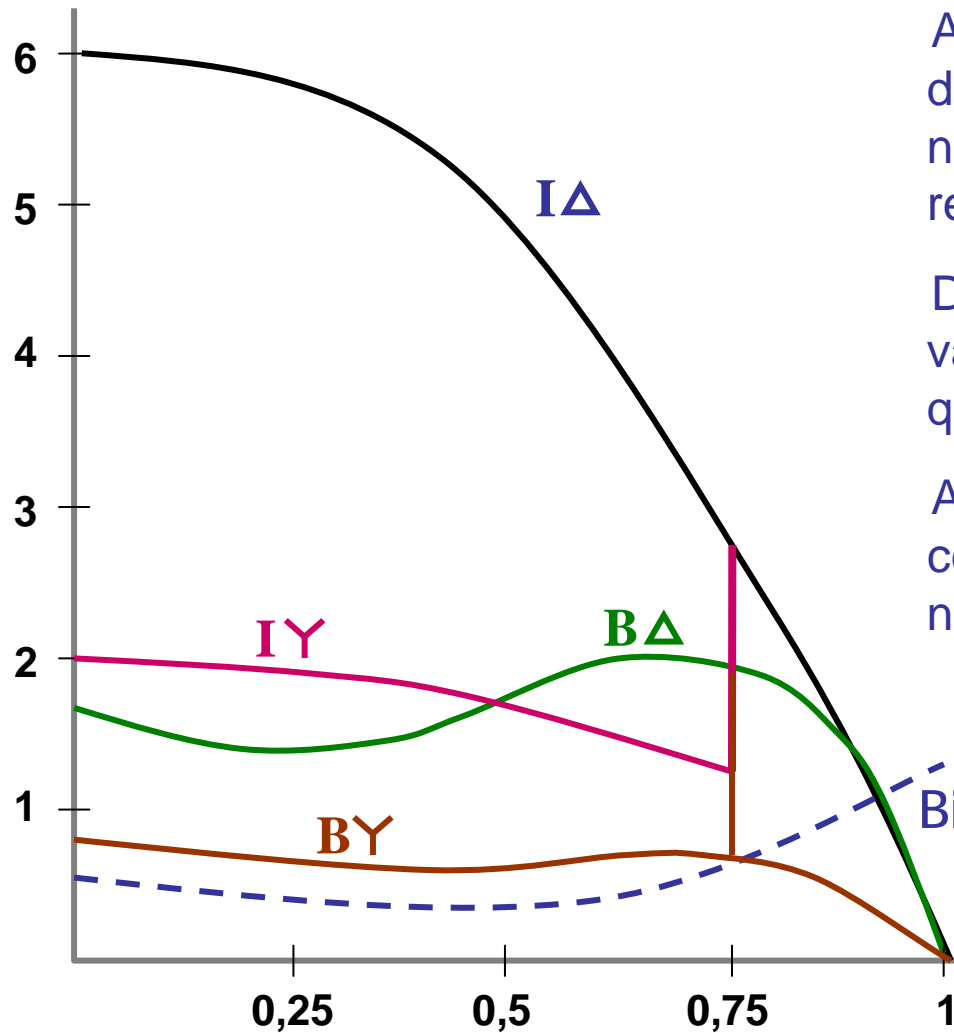


1. O motor arranca c/pico de corrente e binário reduzidos a 1/3 dos valores de arranque directo.
Y
2. Após um curto período inicial é estabelecida a comutação para triângulo. O motor retoma as características naturais com um curto mas forte pico de corrente acompanhado de fenómenos transitórios complexos que dependem da velocidade do motor no final da 1ª fase.
Δ

Binário resistente



ARRANQUE



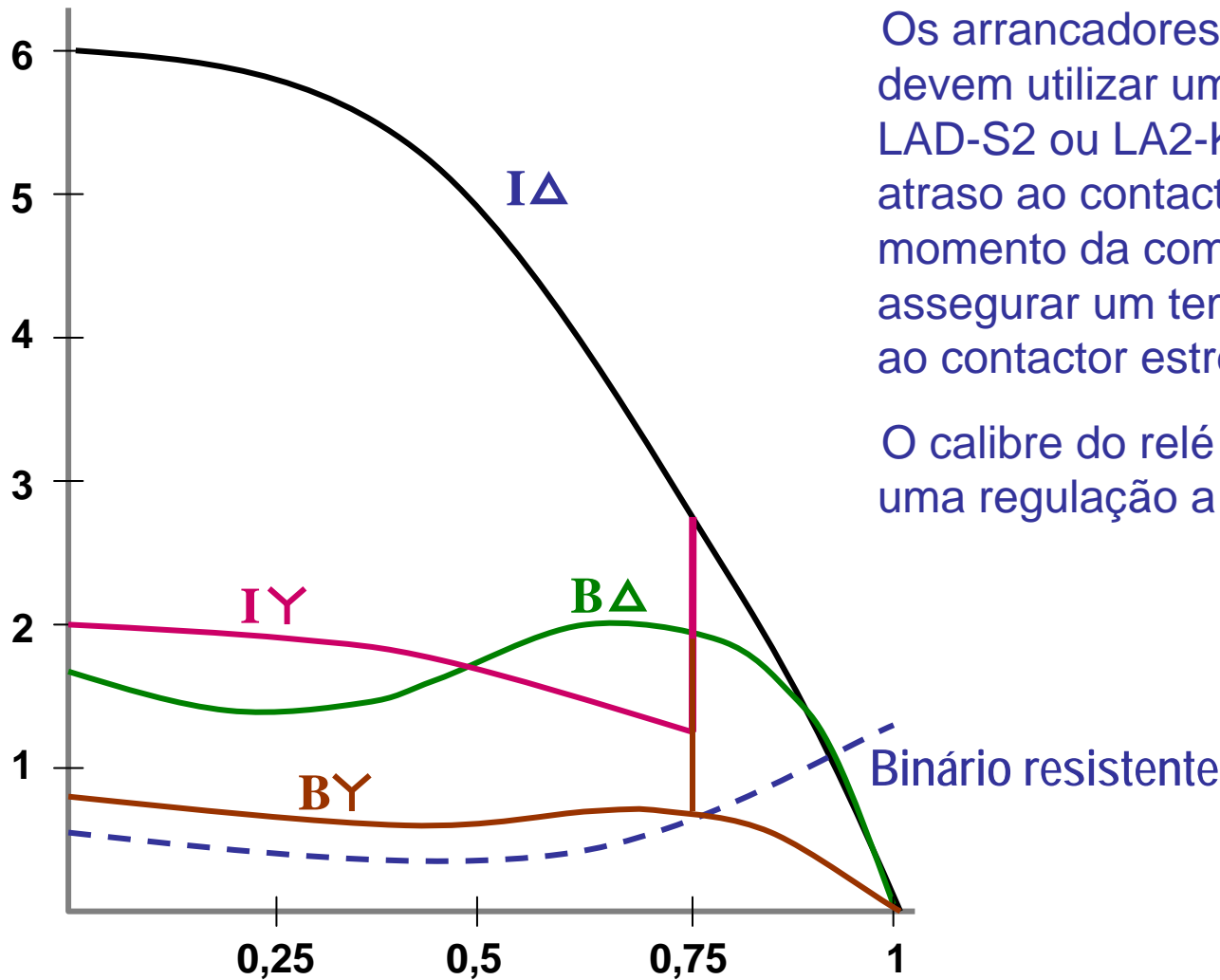
Aplica-se aos motores com 6 terminais do estator acessíveis e cuja tensão nominal em triângulo corresponde à da rede.

Deve ser utilizado para arranques em vazio ou com binário resistente reduzido que aumente lentamente.

A corrente de arranque em estrela +e cerca de 1,8 a 2,6 vezes a corrente nominal.



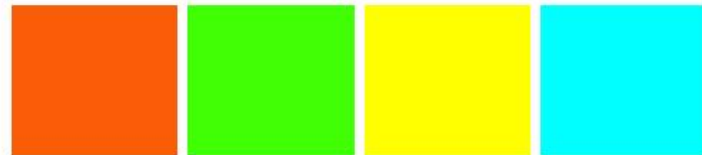
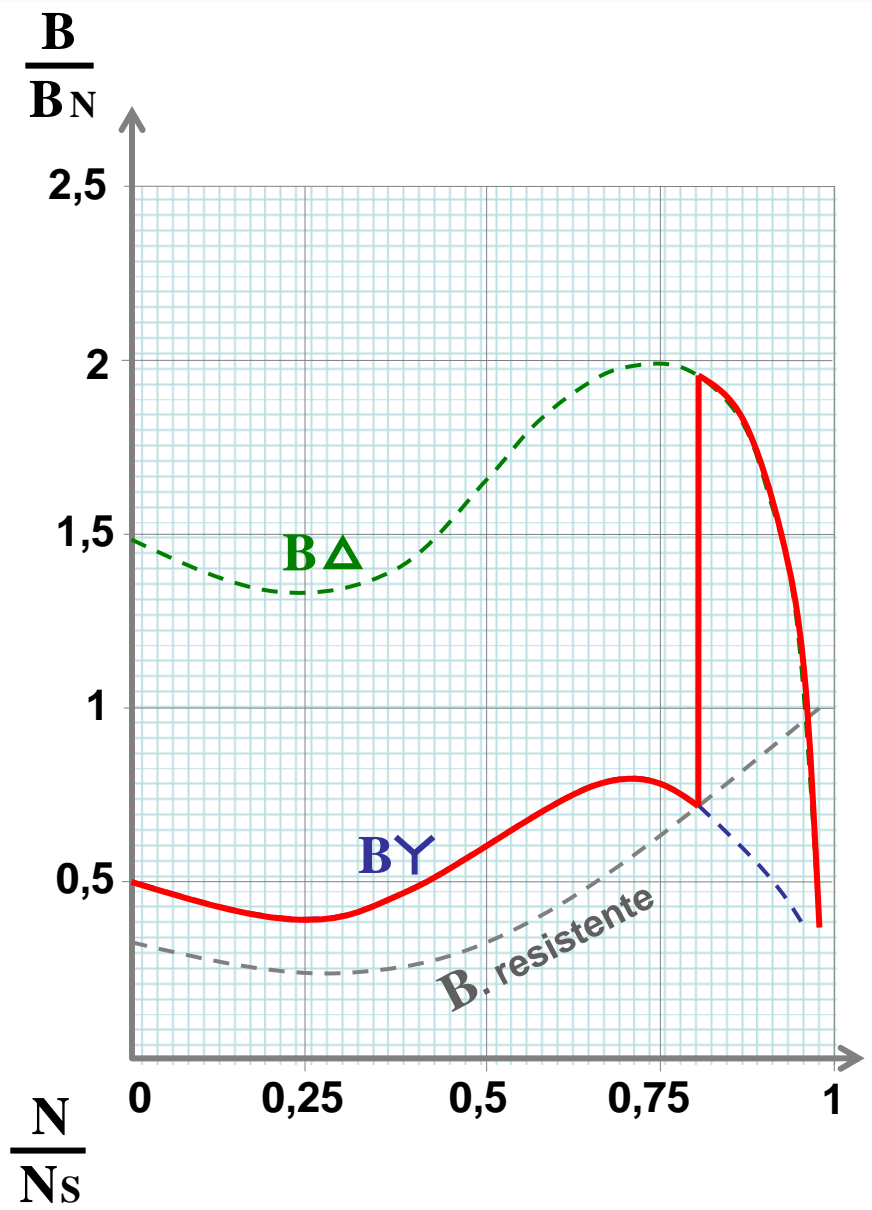
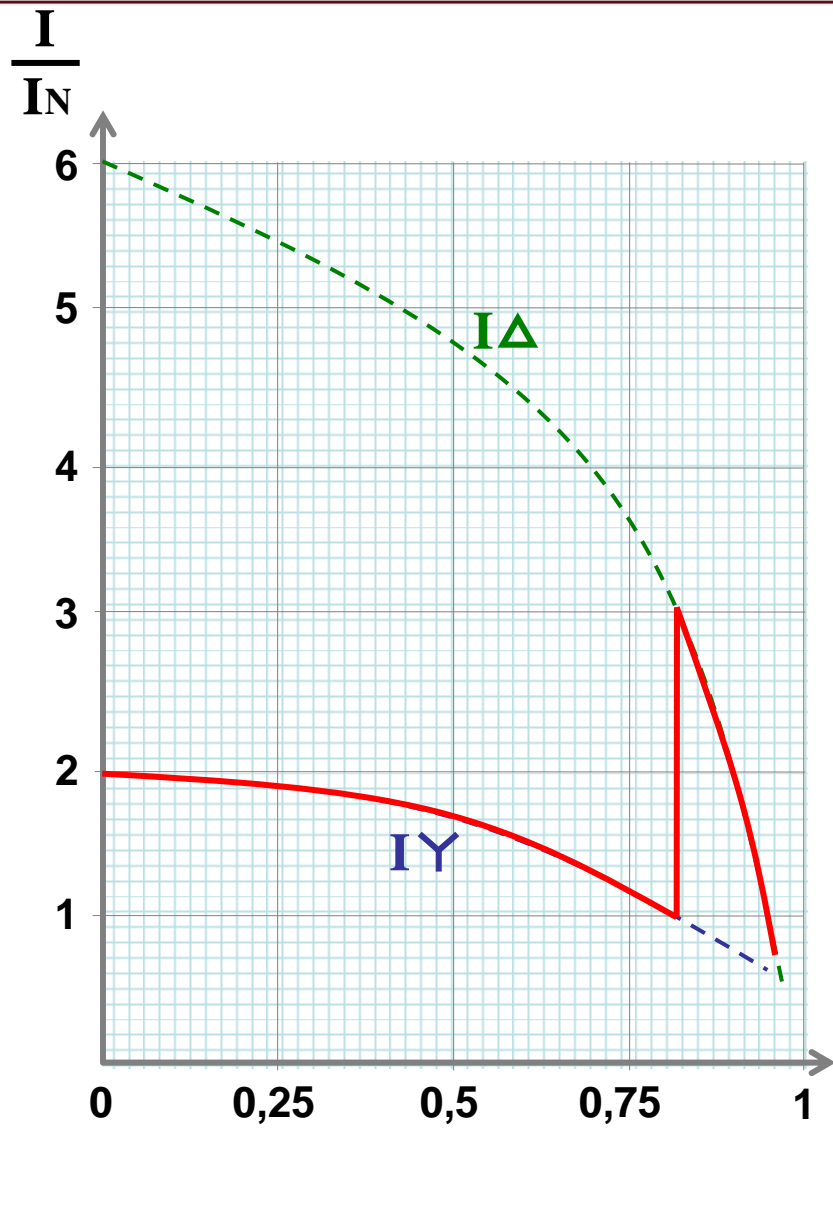
ARRANQUE

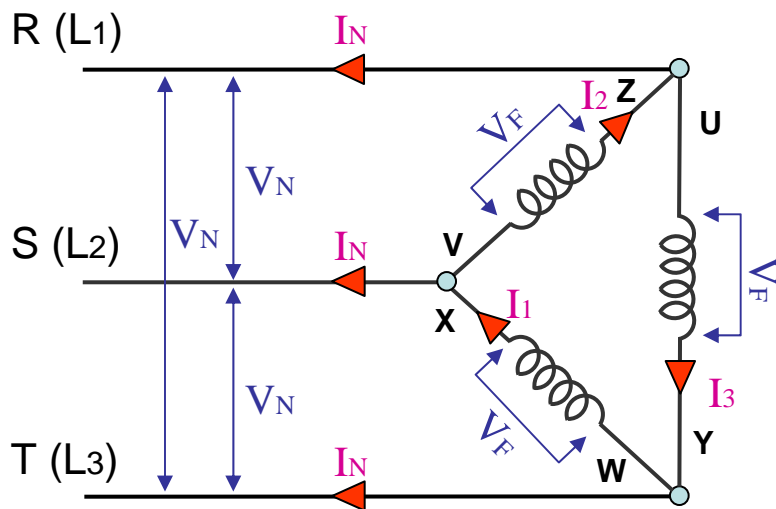
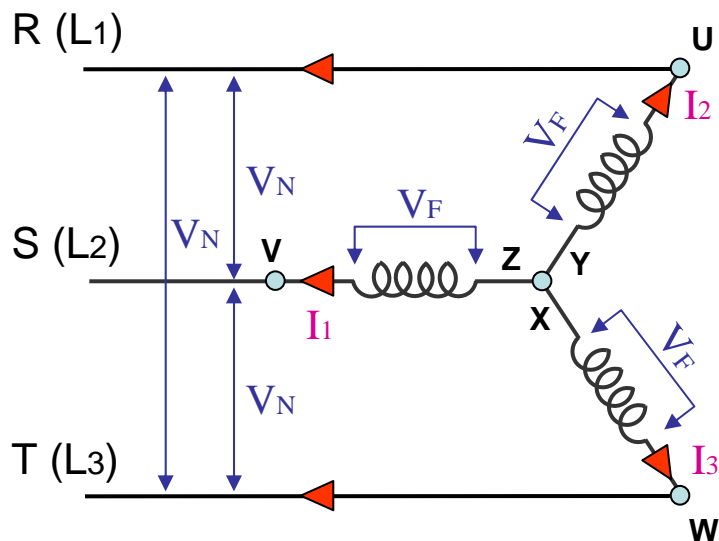


Os arrancadores estrela-triângulo devem utilizar um temporizador especial LAD-S2 ou LA2-KT2p que impõe um atraso ao contactor triângulo no momento da comutação, de forma a assegurar um tempo de corte suficiente ao contactor estrela.

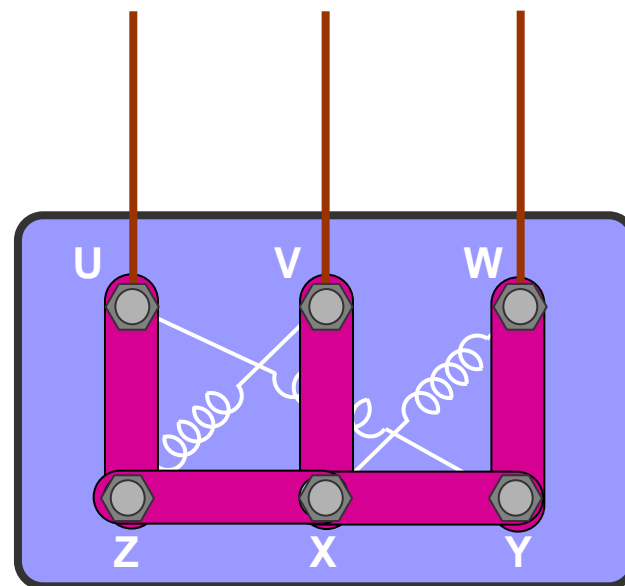
O calibre do relé térmico deve permitir uma regulação a **0,58 I_N**







$$V_N = 400 \text{ V} \quad V_F = \frac{400}{\sqrt{3}} \quad I_N = I_F$$

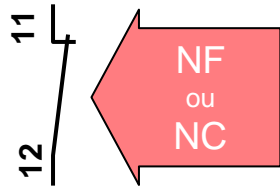


$$V_N = V_F = 400 \text{ V} \quad I_Y = \frac{1}{3} I_\Delta$$

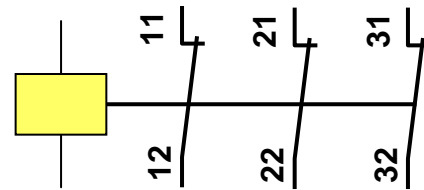
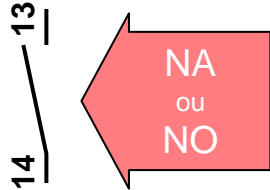


CONTACTOS AUXILIARES

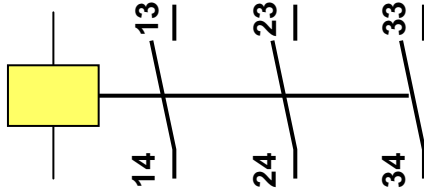
de abertura



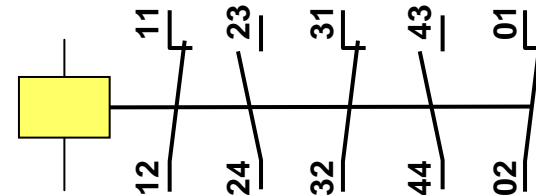
de fecho



no contactor

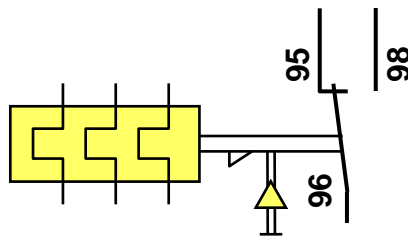


agrupamento num contactor

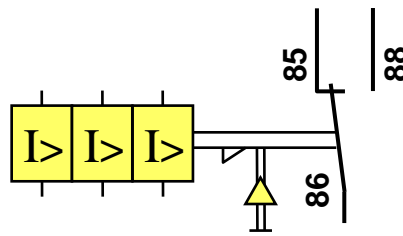


Se houver mais que 4 contactos não se utiliza o 5 mas sim o 0

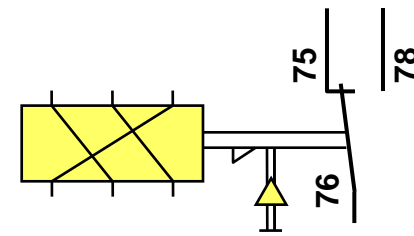
contactos de protecção



relé térmico



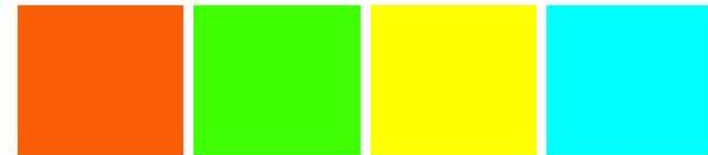
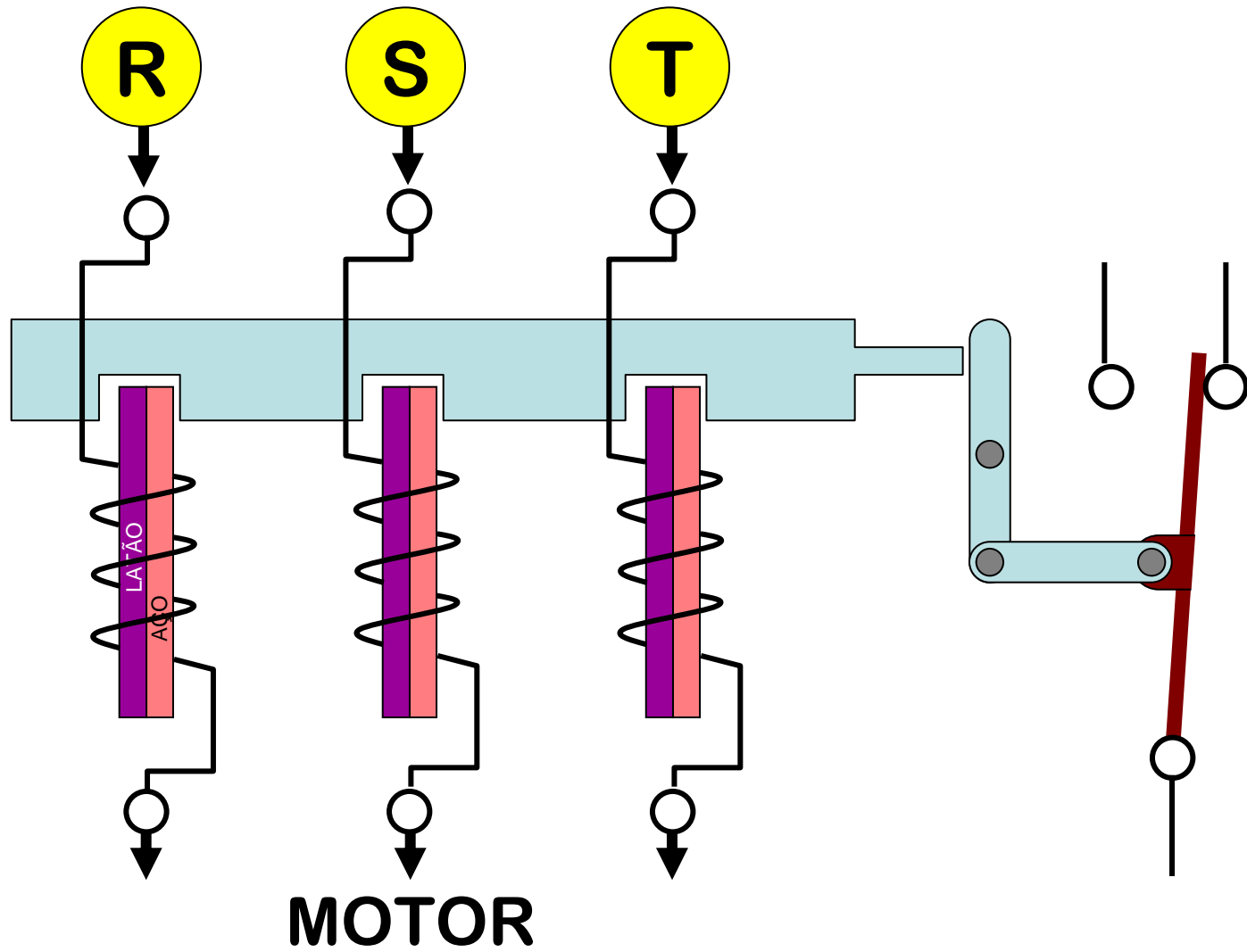
relé electromagnético

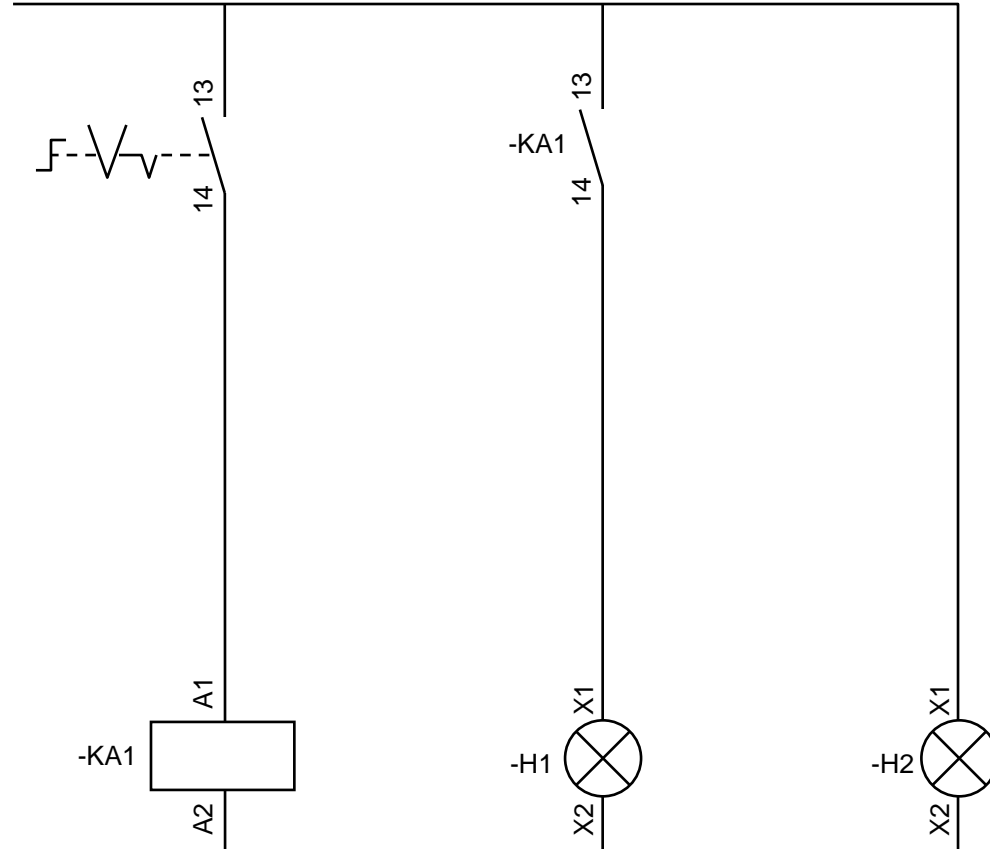


relé de falta de fase

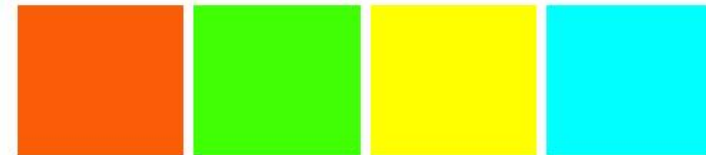


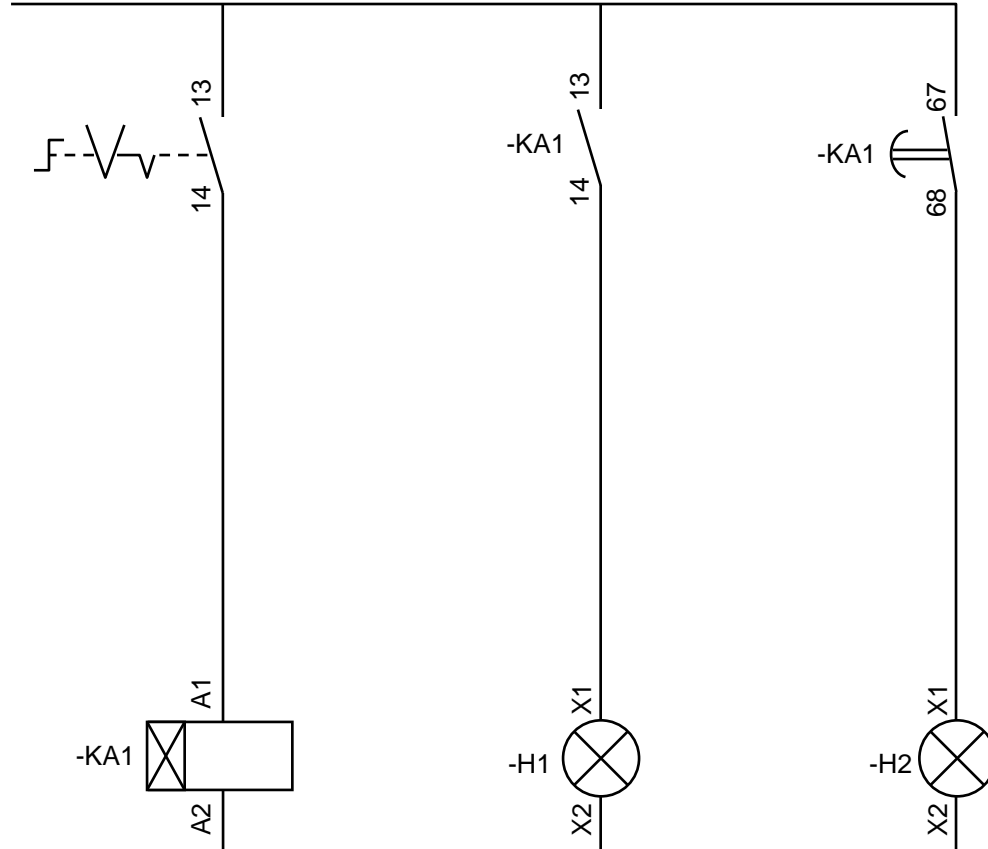
RELÉ TÉRMICO





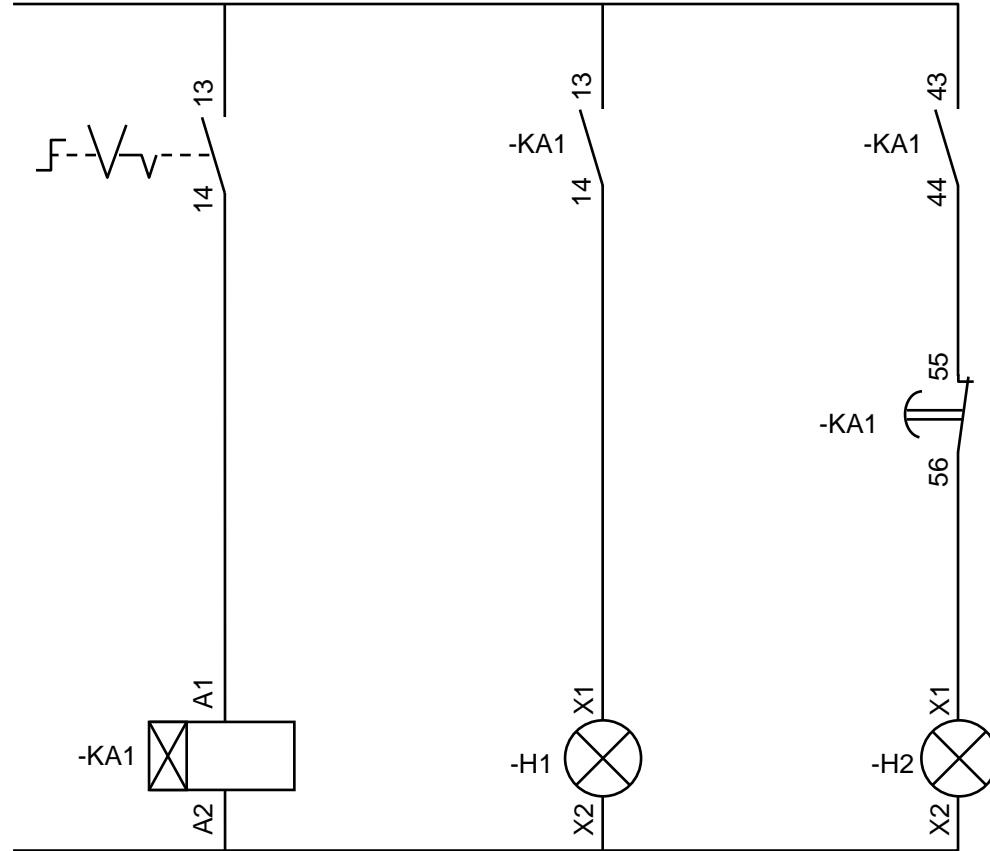
Alterar o esquema para que a lâmpada –H2 só acenda
passados 30” depois da lâmpada –H1





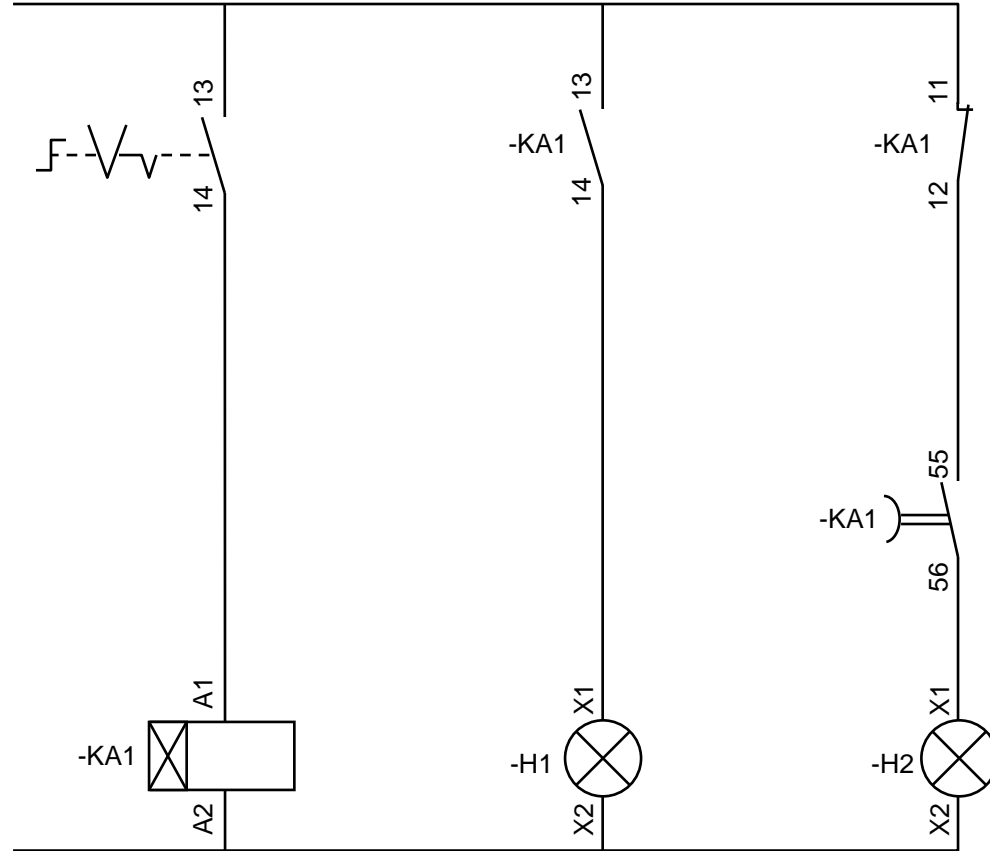
Alterar o esquema para que as duas lâmpadas acendam em simultâneo mas a -H2 apague 30" depois



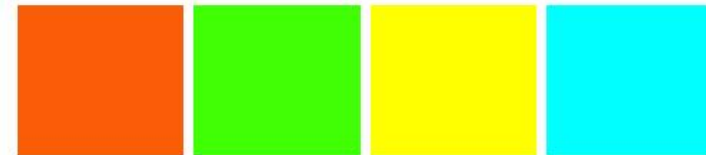


Agora, quando ligar o interruptor acende apenas a lâmpada –H1. Quando desligar o interruptor, -H1 apaga de imediato e –H2 acende, mantendo-se acesa durante 45”

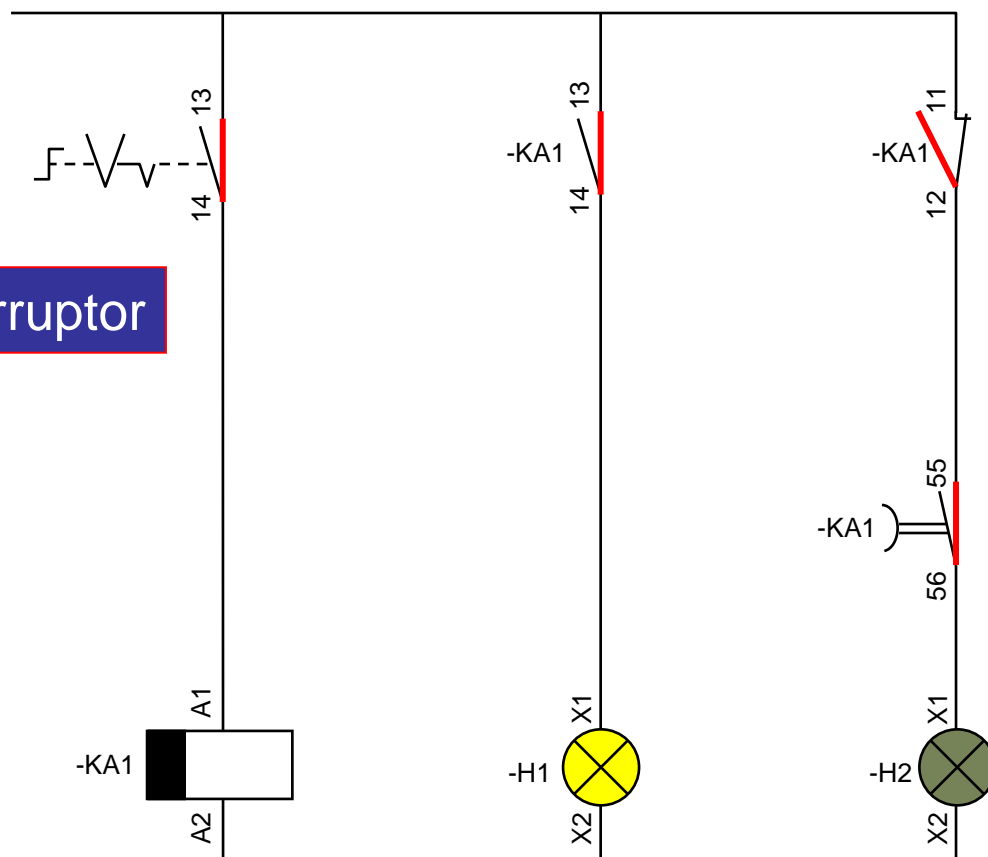




Ao ligar o interruptor acende apenas a lâmpada –H1. Quando desliga o interruptor, -H1 apaga de imediato e –H2 acende, mantendo-se acesa durante 45”



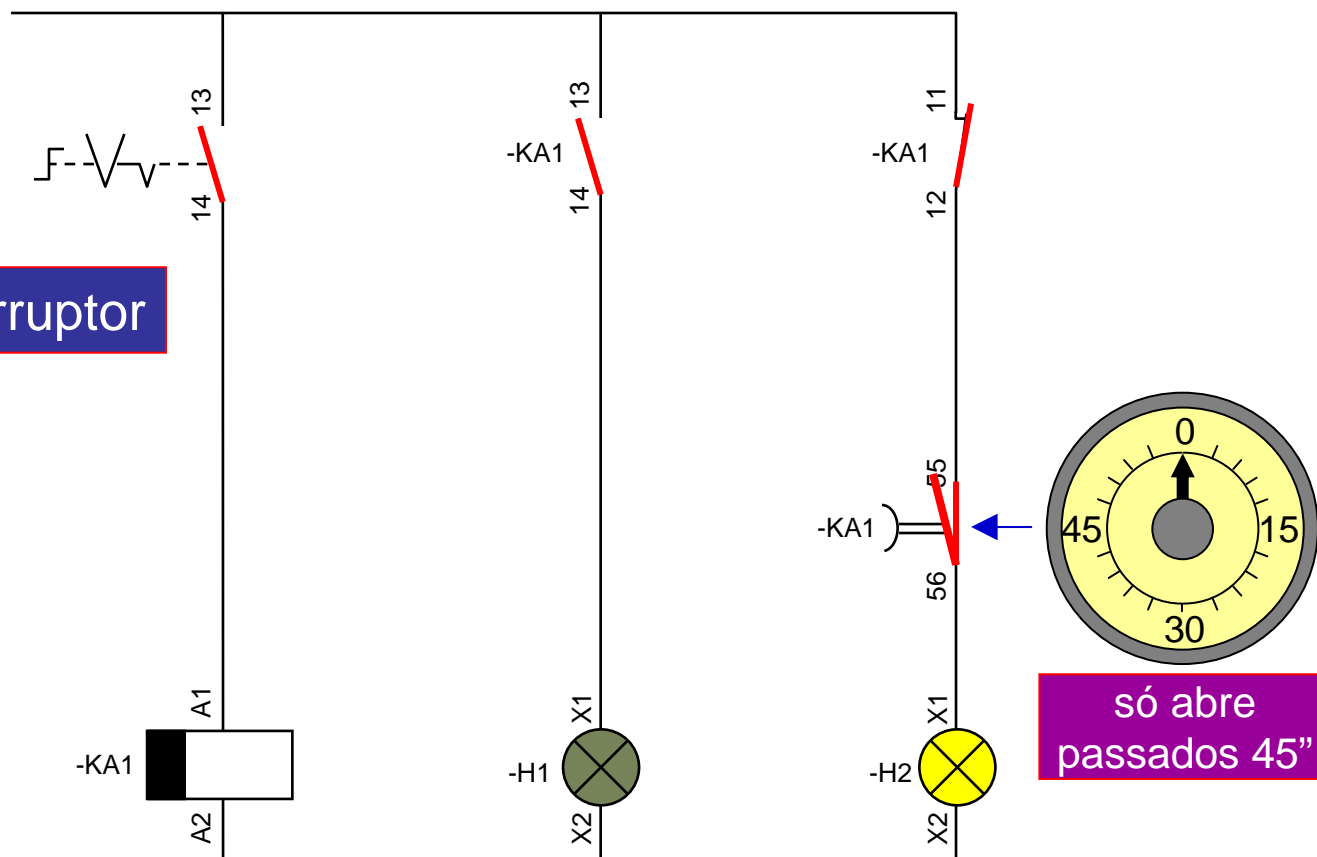
Ao ligar interruptor



Ao ligar o interruptor acende apenas a lâmpada –H1. Quando desliga o interruptor, -H1 apaga de imediato e –H2 acende, mantendo-se acesa durante 45”



Ao desligar interruptor



Ao ligar o interruptor acende apenas a lâmpada –H1. Quando desliga o interruptor, -H1 apaga de imediato e –H2 acende, mantendo-se acesa durante 45”



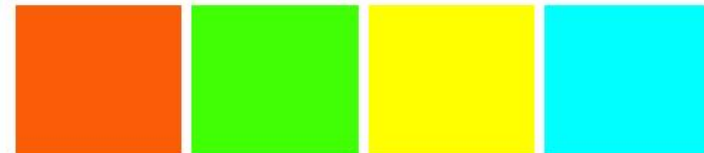
SELECÇÃO DE CONTACTORES

Categoria de utilização	Exemplos de aplicação		Ligar			Desligar		
			I / I_N	U / U_N	$\cos \varphi$	I / I_N	U / U_N	$\cos \varphi$
AC1	Carga não indutiva ou ligeiramente indutiva		1	1	0,95	1	1	0,95
AC2	Motores de rotor bobinado c/ corte com o motor lançado		2,5	1	0,95	1	1	0,65
AC2	Motores de rotor bobinado c/ travagem por contra corrente e marcha por impulsos		2,5	1	0,95	1	1	0,65
AC3	Motores de gaiola c/ corte com o motor lançado	$I_e > 16 \text{ A}$	6	1	0,65	1	1	0,65
		$I_e = 16 \text{ a } 100 \text{ A}$	6	1	0,35	1	1	0,35
		$I_e > 100 \text{ A}$	6	1	0,35	1	1	0,35
AC4	Motores de gaiola c/ travagem por contra corrente e marcha por impulsos	$I_e > 16 \text{ A}$	6	1	0,65	6	1	0,65
		$I_e = 16 \text{ a } 100 \text{ A}$	6	1	0,35	6	1	0,35
		$I_e > 100 \text{ A}$	6	1	0,35	6	1	0,35



SELECÇÃO DE CONTACTORES

Categoria de utilização	Exemplos de aplicação	
AC1	Carga não indutiva ou ligeiramente indutiva	Aquecedores; lâmpadas
AC2	Motores de rotor bobinado c/ corte com o motor lançado	Guinchos; bombas; compressores
AC2	Motores de rotor bobinado c/ travagem por contra corrente e marcha por impulsos	
AC3	Motores de gaiola c/ corte com o motor lançado	Bombas; ventiladores; compressores
AC4	Motores de gaiola c/ travagem por contra corrente e marcha por impulsos	Pontes rolantes; tornos

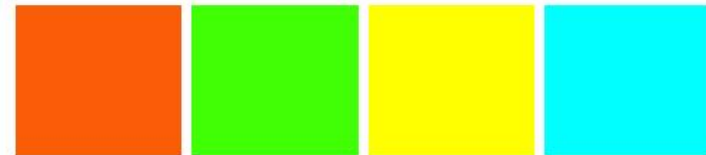


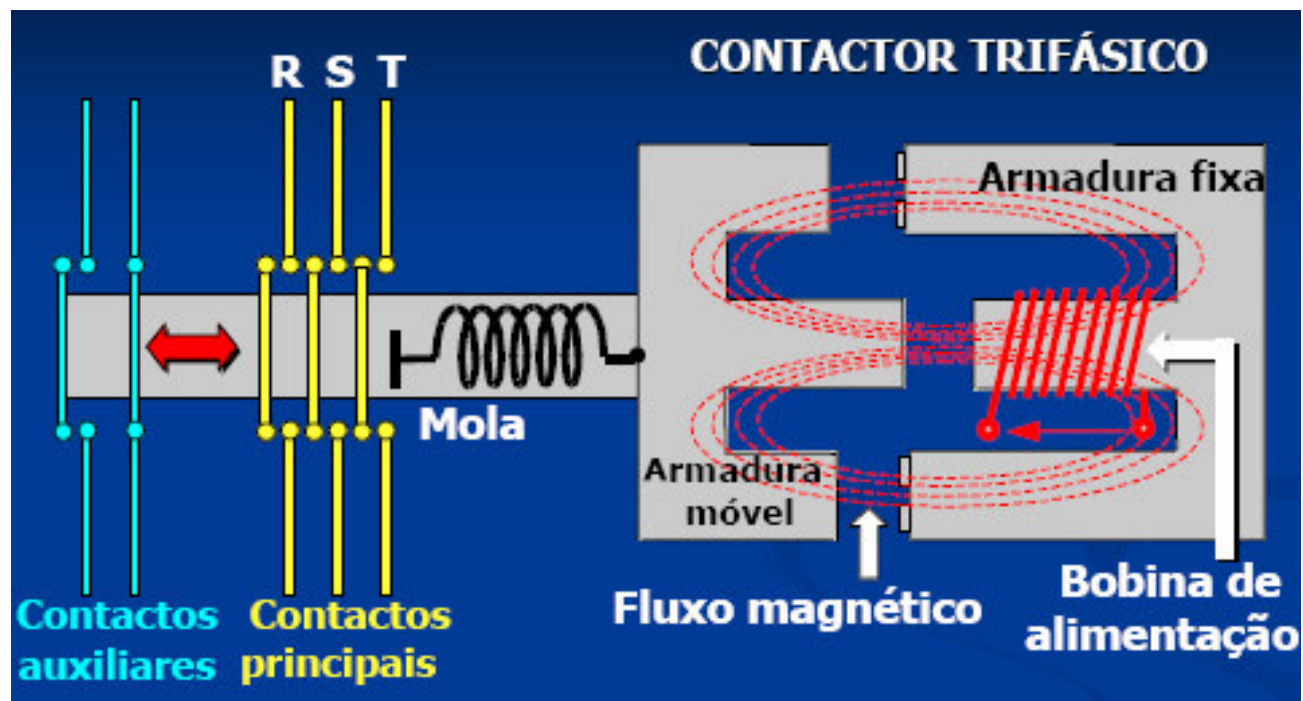
TIM III ELECTRICIDADE



Tipos de contactores

- **Electromagnéticos** – a força necessária para fechar o circuito provém de um electroíman
- **Pneumáticos** – a força para efectuar a ligação provém do ar comprimido
- **Electropneumáticos** – similares aos pneumáticos, mas com o circuito de comando governado por electroválvulas.





- Apenas quando se alimenta a bobina do contactor, é que os contactos principais se fecham e se comutam os auxiliares.

Categorias de emprego de
contactores em corrente alterna

AC-1: Receptores de corrente alterna com **cos < 0,95** (aquecimento, distribuição,...)

AC-2: Arranque, frenagem a contra-corrente e marcha por impulsos dos motores de rotor bobinado

AC-3: arranque dos motores de gaiola de esquilo com corte em motor lançado

AC-4: Arranque, frenagem a contra corrente e marcha por impulsos dos motores de rotor em gaiola de esquilo

AC-5a, AC-5b: Comando de lâmpadas de descarga e filamento

AC-6a, Ac-6b, AC-8a: Comando de transformadores, condensadores, compressores herméticos de refrigeração com rearme manual das protecções de sobrecarga 18



Contactores: Categoria de
emprego

- **Categorias de emprego segundo IEC 947-4**

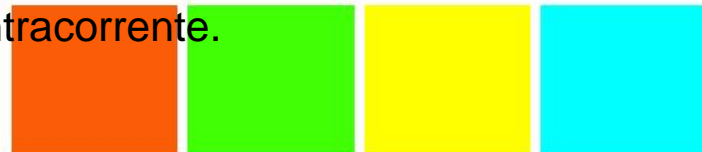
- As categorias de emprego normalizadas fixam
os

- valores de corrente que o contactor deve
estabelecer
ou interromper, mantendo vida útil de 1,0 a
10,0x10⁷
manobras.

- Elas dependem:

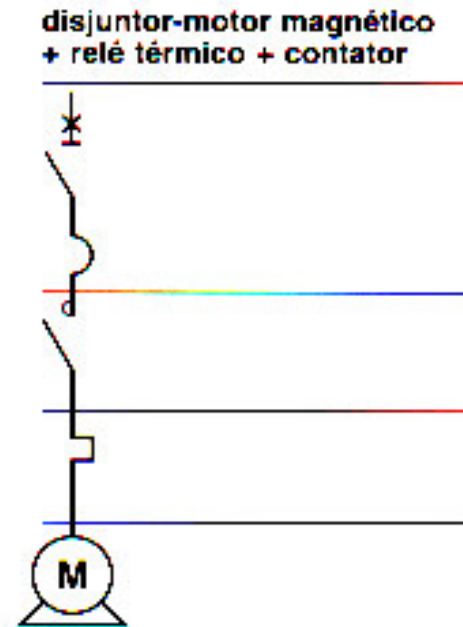
- da natureza do receptor controlado: motor de
gaiola ou de
anéis, resistências, condensadores, lâmpadas
fluorescentes,
etc.

- das condições nas quais são efectuados os
fechos e
aberturas: motor em regime normal ou
bloqueado ou em
arranque, inversão do sentido de rotação,
frenagem por
contracorrente.



Coordenação

- A **coordenação das protecções** é o **acto de associar, de maneira selectiva**, um dispositivo de protecção contra os curto-circuitos (fusíveis ou disjuntores) com um contactor e um dispositivo de protecção contra sobrecargas. Tem por objectivo interromper, em tempo útil, toda corrente anormal, sem perigo para as pessoas e assegurando uma protecção adequada da aparelhagem contra uma corrente de sobrecarga ou uma corrente de curto-circuito.



Coordenação

- Sem coordenação
 - São grandes os riscos para o operador, como também podem ser grandes os danos físicos e materiais.
- Coordenação tipo 1
 - É aceite uma deterioração do contactor e do relé sob 2 condições:
 - nenhum risco para o operador,
- todos os demais componentes, excepto o contactor e o relé térmico, não devem ser danificados.
- Coordenação tipo 2
 - O risco de soldagem dos contactos do contactor é admitido se estes puderem ser facilmente separados. Após ensaios de coordenação tipo 2, as funções dos componentes de protecção e de comando continuam operacionais.
 - É a solução que permite a continuidade de serviço.
- Coordenação total
 - É a solução em que não é aceite qualquer dano ou desregulação dos aparelhos.



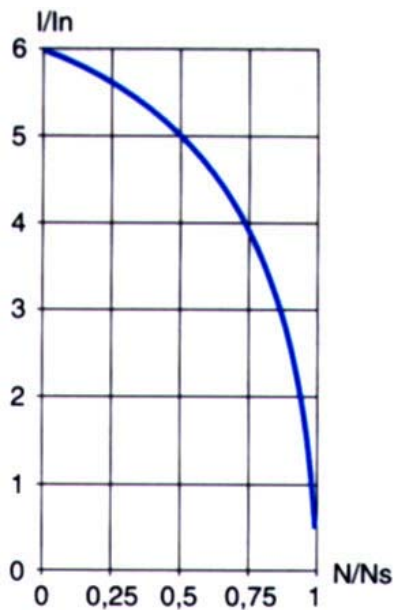
Tipos de arranque de motores assíncronos

- **Arranque directo**

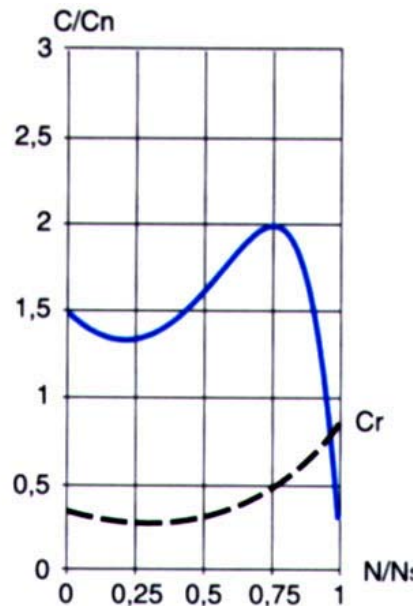
É o modo mais simples, com o estátor ligado directamente à rede. O motor
arranca

com as suas características naturais.

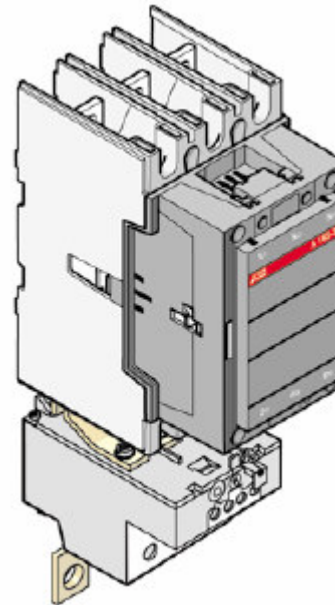
Para motores de grande porte, não é utilizado (grande **Ia** !!!)



Corrente de partida



Conjugado de partida



Tipos de arranque de motores assíncronos

- Arranque directo - Principais características
 - Destina-se a máquinas com arranque em vazio ou com carga;
 - Partidas normais ($< 10s$). Para partidas prolongadas (pesadas), deve-se ajustar as especificações do contactor, relé de sobrecarga, condutores, etc;
 - Relé de sobrecarga: ajustar para a corrente de serviço (nominal do motor);
 - Frequência de manobras: média 15 manobras/hora.



Tipos de arranque de motores assíncronos

- **Arranque directo**

VANTAGENS

- Menor custo
- Muito simples de implementar
- Alto binário de arranque

DESVANTAGENS

- Elevada corrente de arranque, provoca queda de tensão na rede de alimentação (interferência em equipamentos ligados na mesma instalação)
- É necessário sobredimensionar cabos e contactores
- limitação do número de manobras/hora

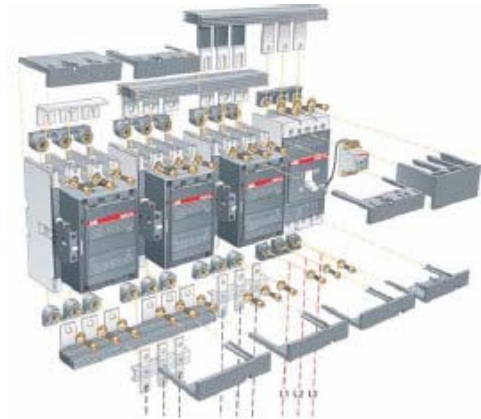


Tipos de arranque de motores assíncronos

•Arranque estrela - triângulo

Principais características:

- Apropriada para máquinas com baixo binário resistente no arranque (**até 1/3 do binário de arranque do motor**), e praticamente constante
 - É aplicada quase que exclusivamente para arranques em vazio (sem carga). Só depois de se ter atingido a rotação nominal a carga poderá ser aplicada;
- O binário resistente da carga não deve ultrapassar o binário motor, nem a corrente no instante da comutação deve atingir valores muito elevados.



Tipos de arranque de motores assíncronos

• Arranque estrela - triângulo

VANTAGENS

- custo reduzido
- a corrente de arranque é reduzida a $\frac{1}{3}$ quando comparada com arranque directo
- não existe limitação do número de manobras/hora

DESVANTAGENS

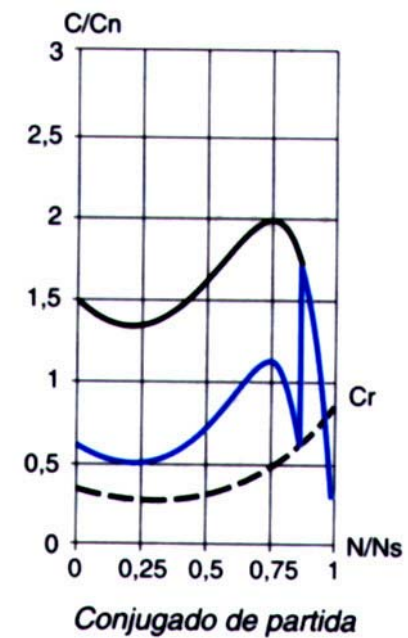
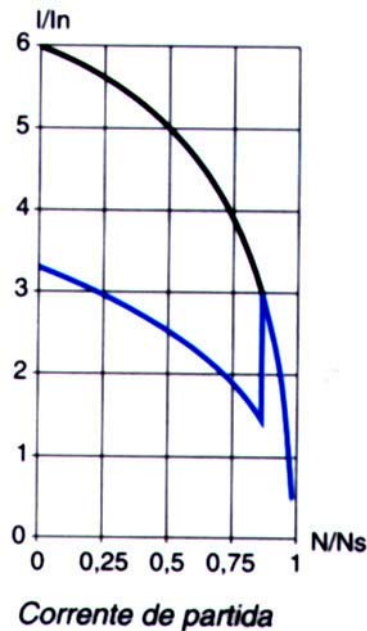
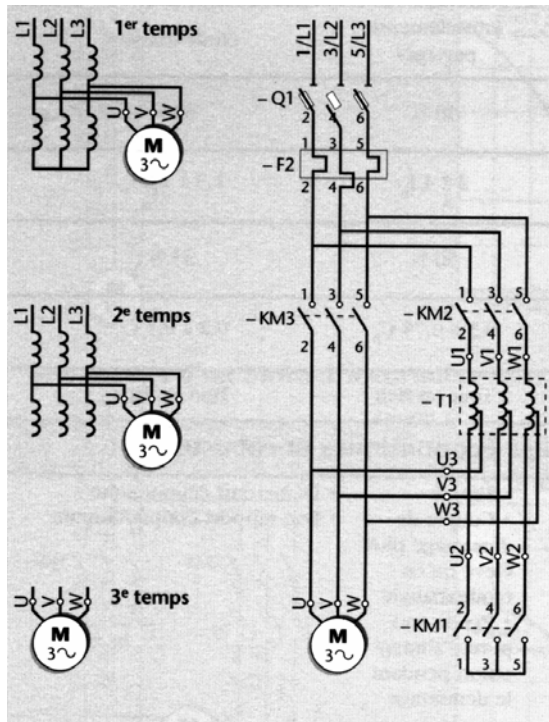
- redução do binário de arranque a aproximadamente $\frac{1}{3}$ do nominal
- são necessários motores para duas tensões com seis bornes acessíveis
- caso o motor não atinja pelo menos 90% da velocidade nominal, o pico de corrente na comutação estrela para triângulo é equivalente ao de arranque directo
- em casos de grande distância entre o motor e o arrancador, o custo é elevado devido a necessidade de 2 cabos de 3 condutores (6 fios)



Tipos de arranque de motores assíncronos

- **Arranque por auto-transformador**

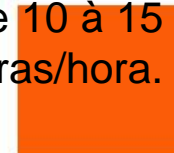
O motor é alimentado com tensão reduzida através de um autotransformador, que é desligado do circuito no final do arranque



Tipos de arranque de motores assíncronos

• Principais características

- Destina-se a **máquinas de grande porte**, que arrancam com aproximadamente metade da carga nominal ($T_r \leq \frac{1}{2} \cdot T_{motor}$), tais como: calandras, britadores, compressores, etc;
- arranques normais (< 20s). Para arranques prolongados (pesados), deve-se ajustar as especificações do contactor, relé de sobrecarga, condutores, etc;
- Auto-transformador (com protecção térmica): taps de 65 a 80%;
- Relé de sobrecarga: ajustar para a corrente de serviço (nominal do motor);
- Relé de tempo: ajustar a um tempo de aceleração à aproximadamente 90% da rotação nominal;
- Frequência de manobras: média de 10 à 15 manobras/hora.



Tipos de arranque de motores assíncronos

- **Arranque por auto - transformador**

VANTAGENS

- pode ser usada para arranque de motores sob carga
- proporciona um binário ajustável às necessidades da carga
- a corrente de arranque é reduzida (proporcional a I_2):
 - TAP 65% de U_n : redução para 42% do seu valor de arranque directo
 - TAP 80% de U_n : redução para 64% do seu valor de arranque directo

DESVANTAGENS

- custo maior que a estrela - triângulo, além da construção mais volumosa, necessitando de quadros



Tipos de arranque de motores assíncronos

QUADRO COMPARATIVO

Tipo arranque **Tensão** l arranque **Torque**
Arranque

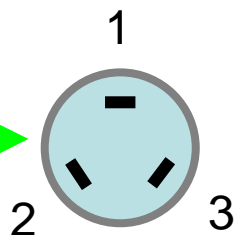
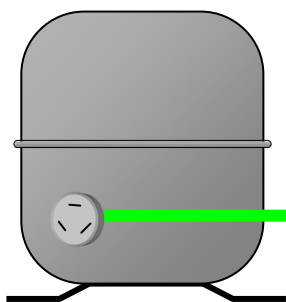
Directo **100%** la **Tarranque** A plena carga
Estrela-triângulo **58%** la x 0,33 **Tarranque x**
0,33 Praticam. a vazio*

Auto – transfor- **80%** la x 0,64 **Tarranque x 0,64**
Com carga

mador TAP 80% TAP 80%
65% la x 0,42 **Tarranque x 0,42**
TAP 65% TAP 65%

* ex: bombas e ventiladores com registro
fechado, correias transportadoras
sem carga, compressores com válvula fechada,
etc.

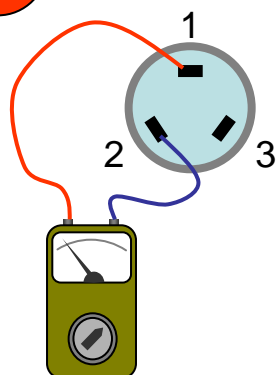




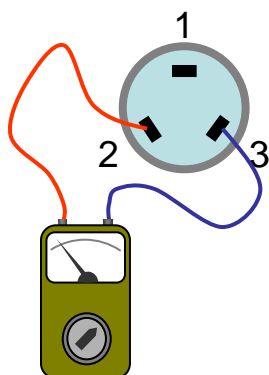
1

Desenhar a posição dos pinos numa folha de papel

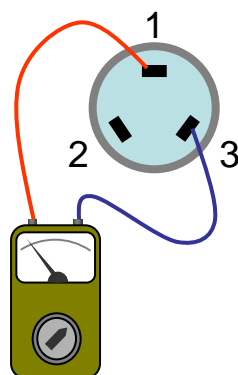
2 Estabelecer a sequência das leituras de resistência



LEITURA A



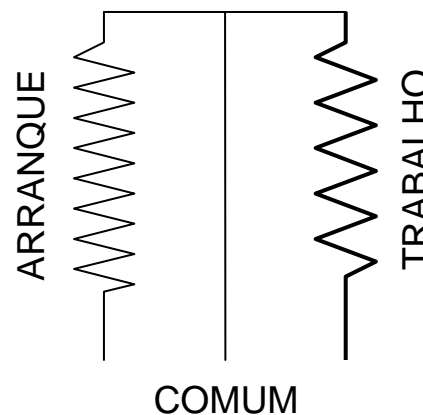
LEITURA B



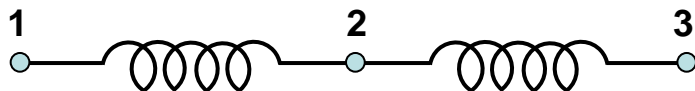
LEITURA C

3

Desenhar o esquema das bobinas



Exemplo 1: Leitura A = 7Ω
 Leitura B = 3Ω
 Leitura C = 10Ω

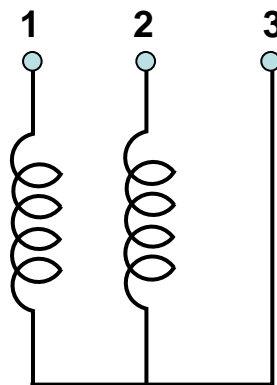


Ponto comum $\rightarrow 2$

Bobina de arranque $\rightarrow 1 - 2$

Bobina de trabalho $\rightarrow 2 - 3$

Exemplo 2: Leitura A = 20Ω
 Leitura B = 8Ω
 Leitura C = 12Ω



Ponto comum $\rightarrow 3$

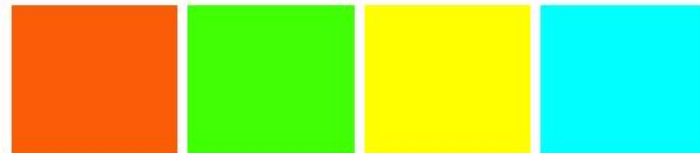
Bobina de arranque $\rightarrow 1 - 3$

Bobina de trabalho $\rightarrow 2 - 3$



Ingress Protection

TIM III
ELECTRICIDADE

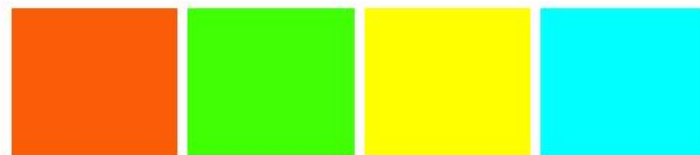




1º DIGITO protecção contra a entrada de sólidos



TIM III
ELECTRICIDADE

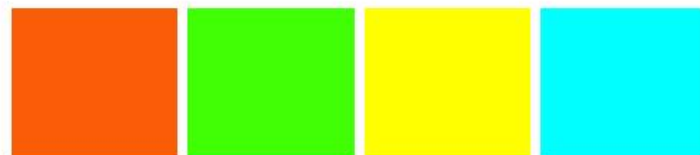




2º DIGITO protecção contra a entrada de água



TIM III
ELECTRICIDADE

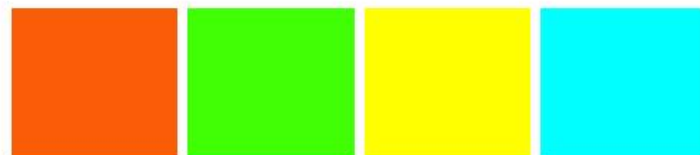




3º DIGITO resistência da envolvente aos impactos



TIM III
ELECTRICIDADE

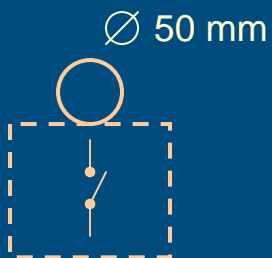


1º Dígito: Protecção contra corpos sólidos

IP

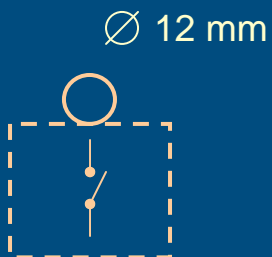
?

1



Protegido contra corpos sólidos superiores a 50 mm.
P.ex: contactos involuntários das mãos

2



Protegido contra corpos sólidos superiores a 12 mm.
P.ex: dedo da mão

3



Protegido contra corpos sólidos superiores a 2,5 mm.
P.ex: ferramentas

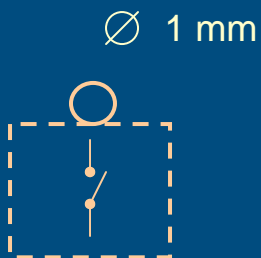


1º Dígito: Protecção contra corpos sólidos

IP

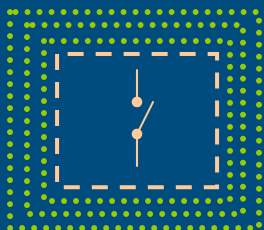
?

4



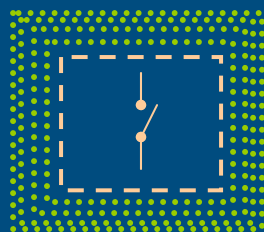
Protegido contra corpos sólidos superiores a 1 mm.
P.ex: Ferramentas de pequena dimensão

5



Protegido contra poeiras.
Sem sedimentos prejudiciais

6



Totalmente protegido contra poeiras

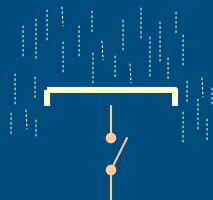


2º Dígito: Protecção contra líquidos

IP

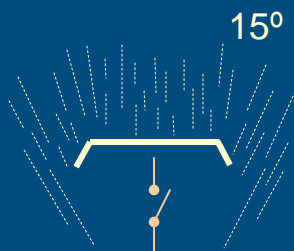
?

1



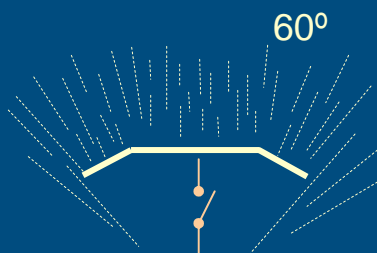
Protegido contra queda vertical de gotas de água
P.ex: condensação

2



Protegido contra queda de água até 15° da vertical

3



Protegido contra água da chuva até 60° da vertical

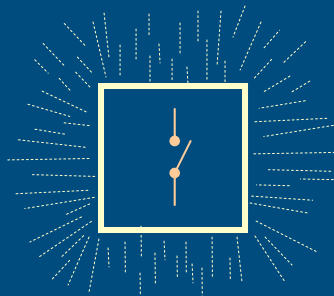


2º Dígito: Protecção contra líquidos

IP

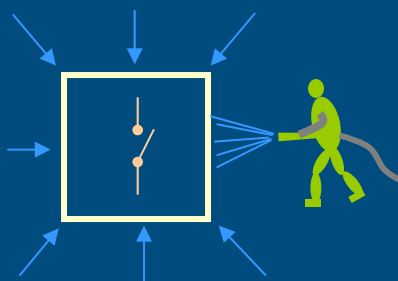
?

4



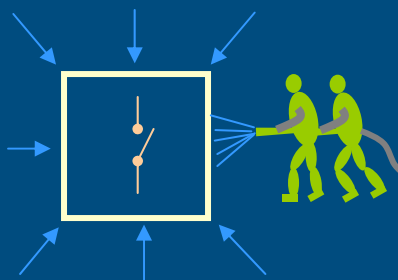
Protegido contra projecções de água em todas as direcções

5



Protegido contra lançamento de água em todas as direcções

6



Protegido contra lançamento de água similar a golpes de mar

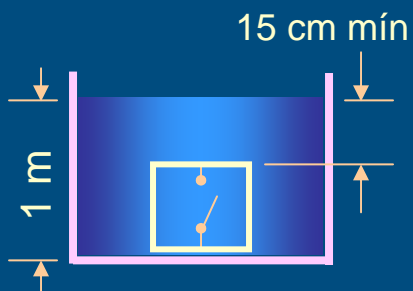


2º Dígito: Protecção contra líquidos

IP

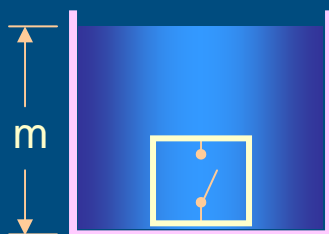
?

7



Protegido contra a imersão.

8



Protegido contra os efeitos prolongados de imersão sob pressão.

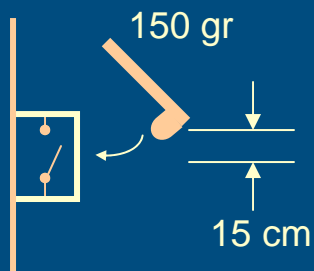


3º Dígito: Protecção mecânica

IP

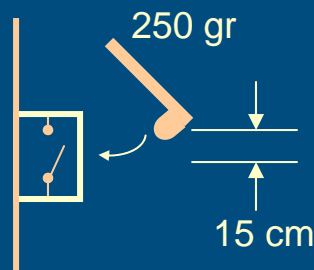
?

1



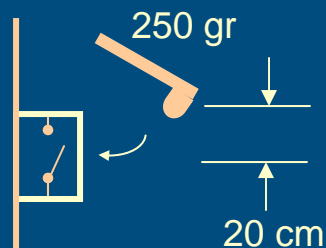
Energia de choque = 0,225 Joules

2



Energia de choque = 0,375 Joules

3



Energia de choque = 0,500 Joules

TIM III
ELECTRICIDADE

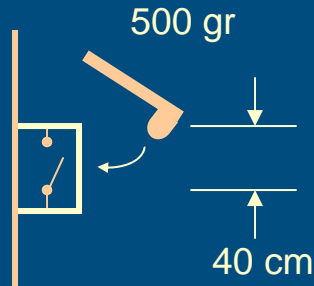


3º Dígito: Protecção mecânica

IP

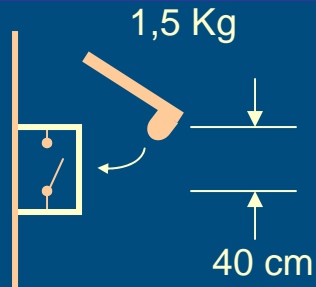
?

5



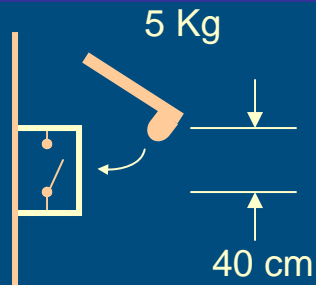
Energia de choque = 2,00 Joules

7



Energia de choque = 6,00 Joules

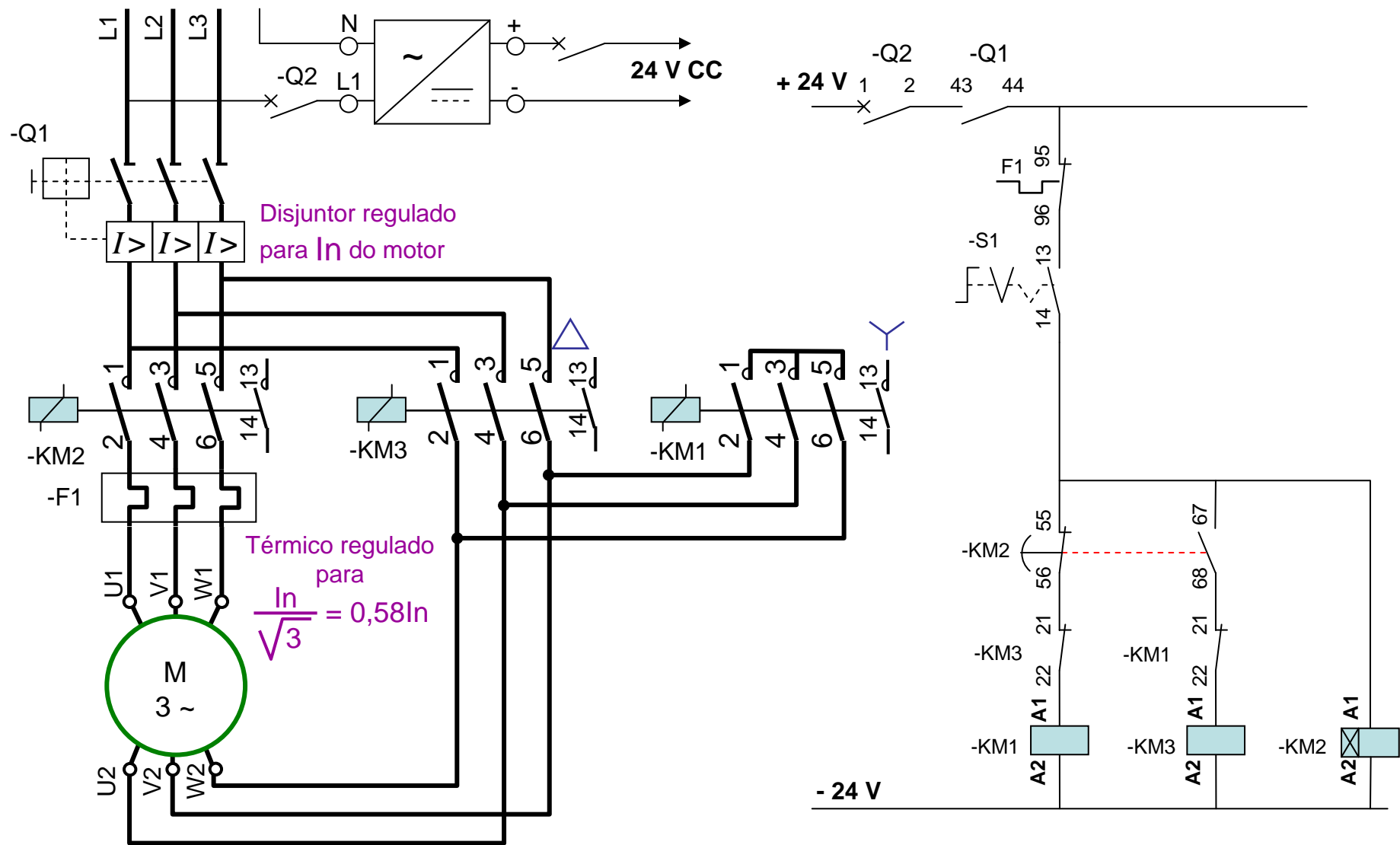
9



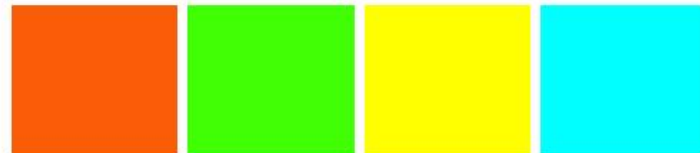
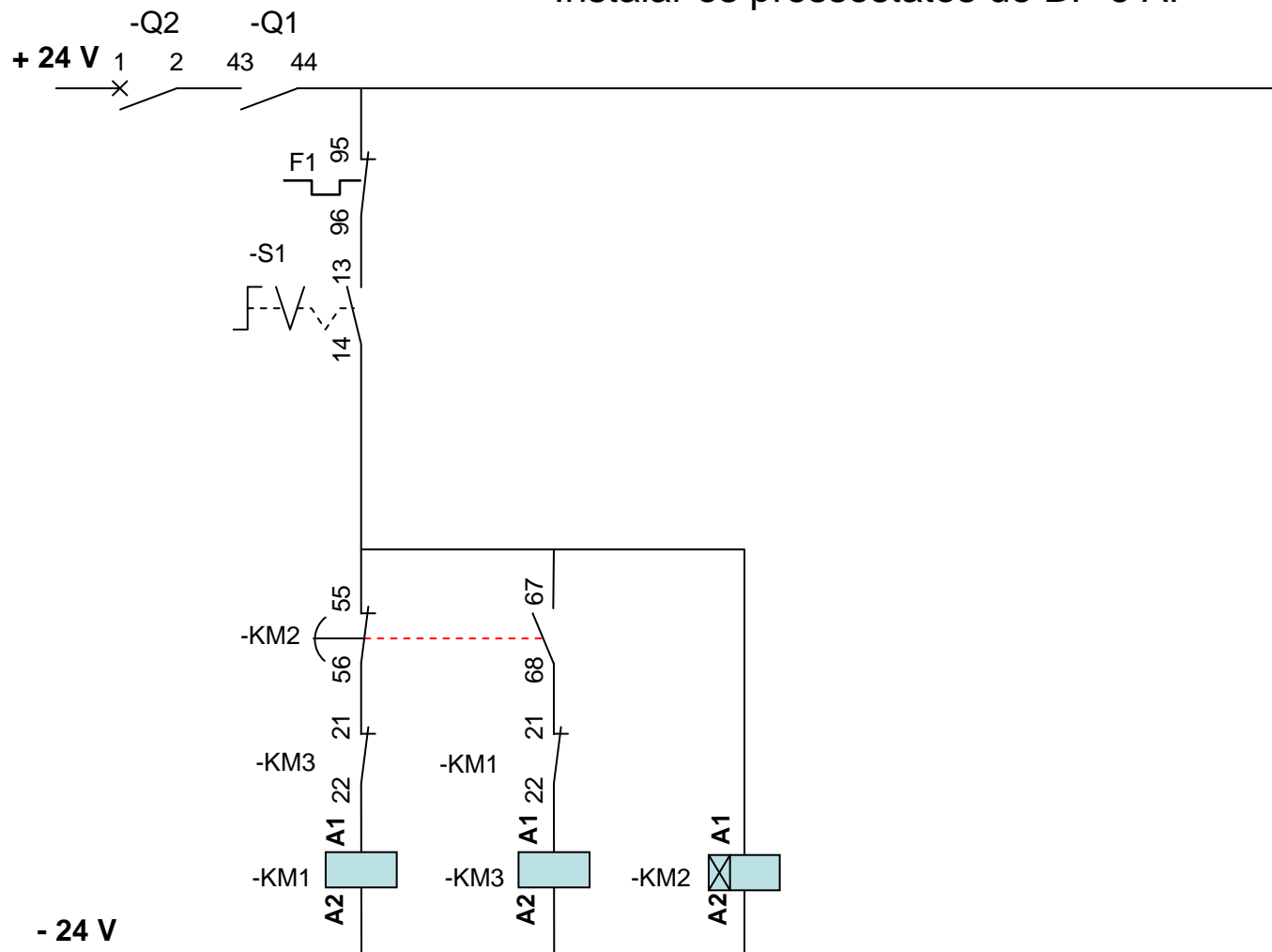
Energia de choque = 20,00 Joules

TIM III
ELECTRICIDADE

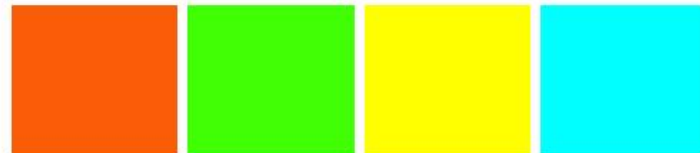
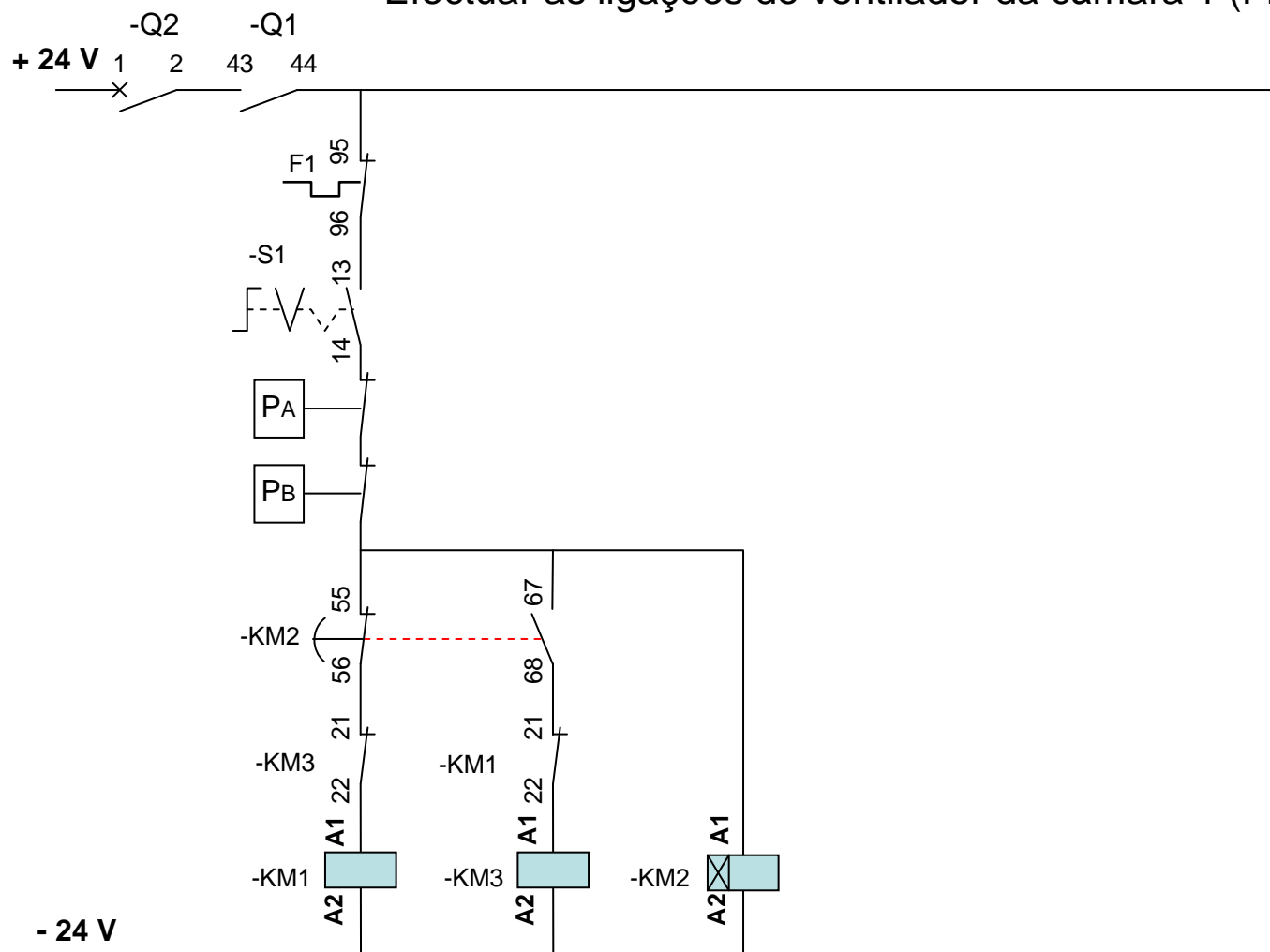




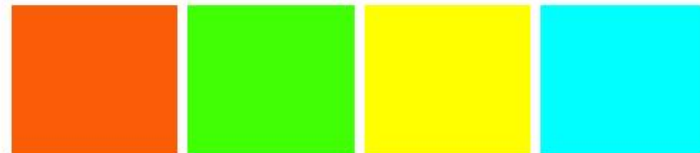
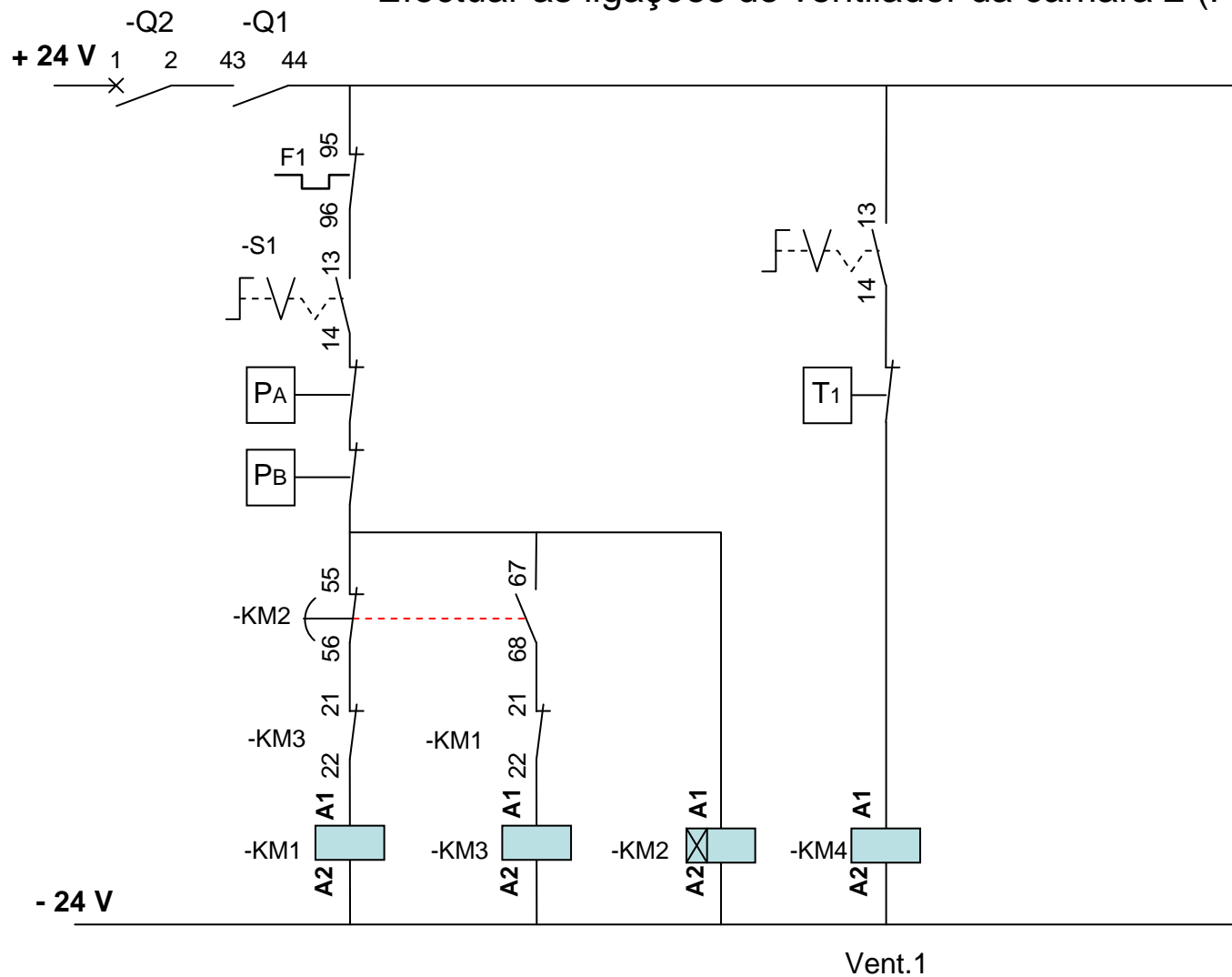
Instalar os pressostatos de BP e AP



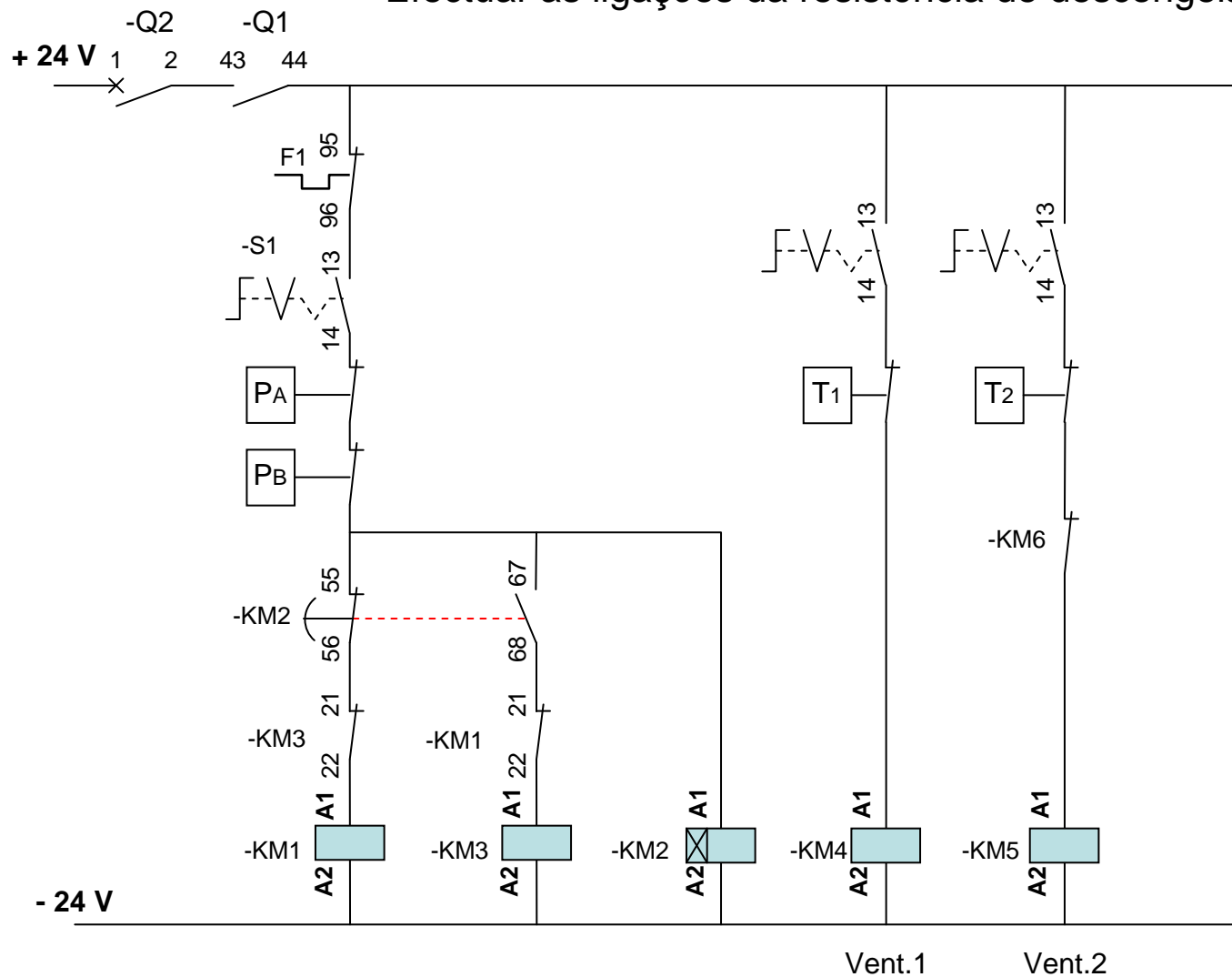
Efectuar as ligações do ventilador da câmara 1 (Frac)



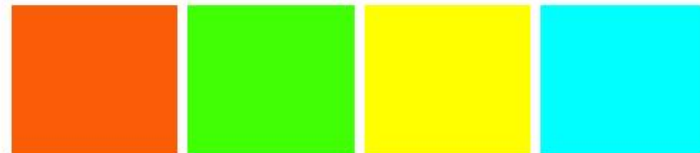
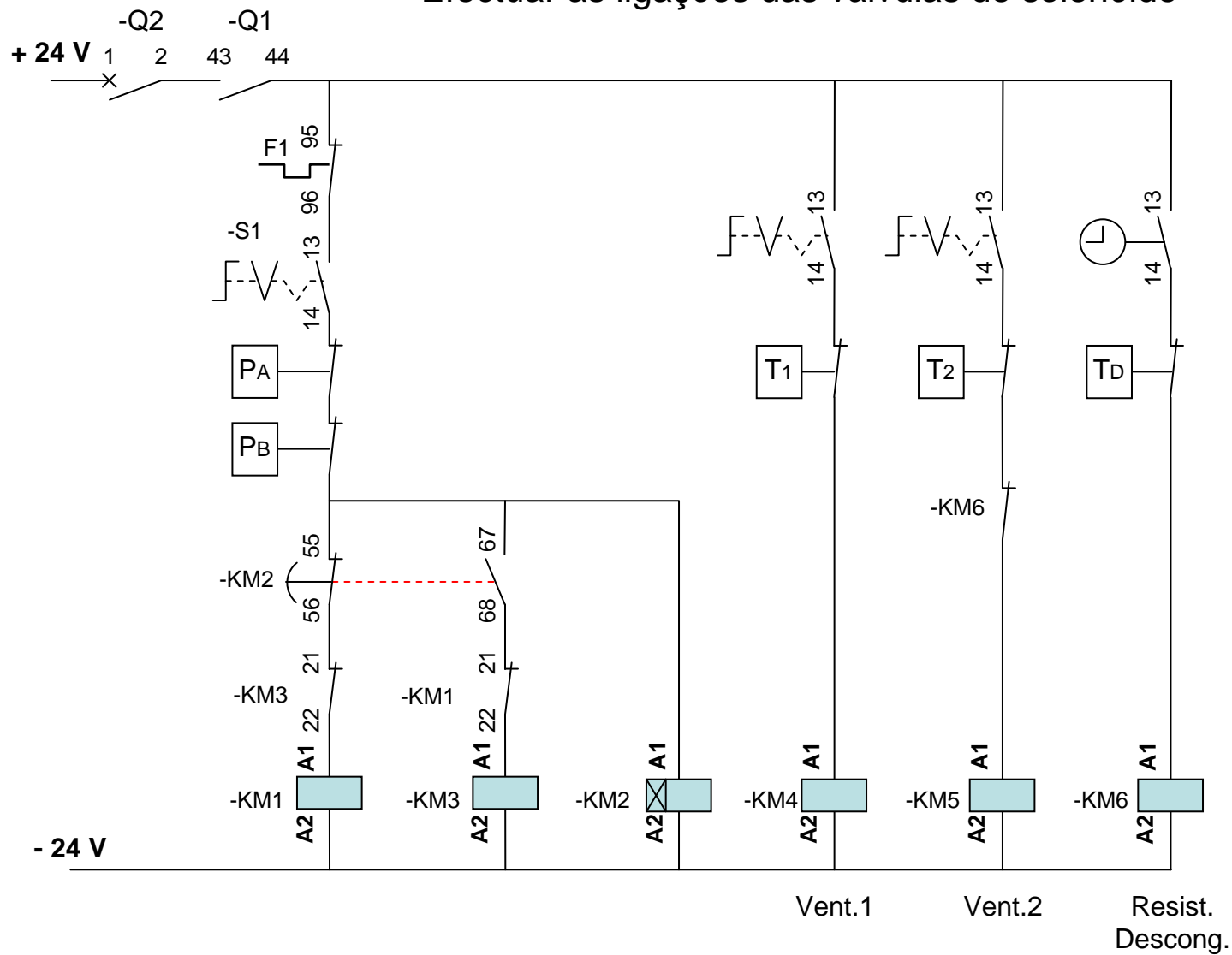
Efectuar as ligações do ventilador da câmara 2 (Forte)

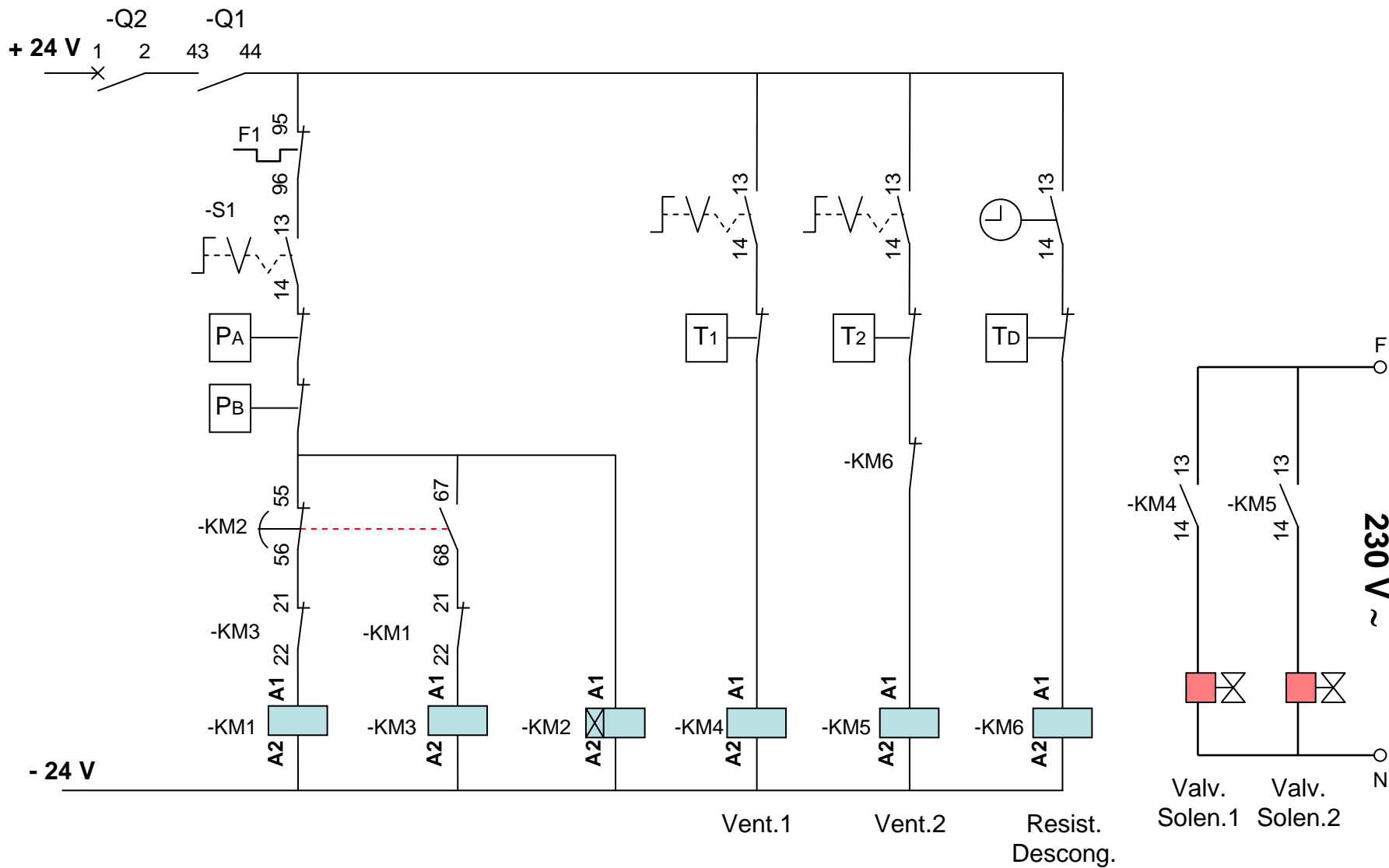


Efectuar as ligações da resistência de descongelação



Efectuar as ligações das válvulas de solenóide





MEMÓRIA DESCRITIVA

Cada grupo de trabalho deverá elaborar uma memória descritiva, com o máximo de 6 páginas, excluindo anexos, que contemple, no mínimo, os seguintes itens:

Introdução (Objecto do trabalho, trabalhos incluídos, etc.)

Caracterização geral da instalação de refrigeração

Condições técnicas gerais da instalação eléctrica

Descrição do circuito de potência, incluindo dados dos motores eléctricos e da resistência de descongelação

Descrição do circuito de comando

Condições técnicas particulares da instalação eléctrica

Critérios de selecção da aparelhagem

Listagem e especificações dos equipamentos utilizados

Sugere-se que os componentes sejam divididos em (seccionamento, protecção e comando)

Os contactores utilizados deverão ser caracterizados quanto a:

Tensão; Potência; Corrente eficaz I_e ; Frequência máxima (n° de arranques por hora); Duração da vida eléctrica (n° de ciclos de manobras)

Nota: Não esquecer que, no caso do contactor da resistência de descongelação, a categoria de emprego é AC1

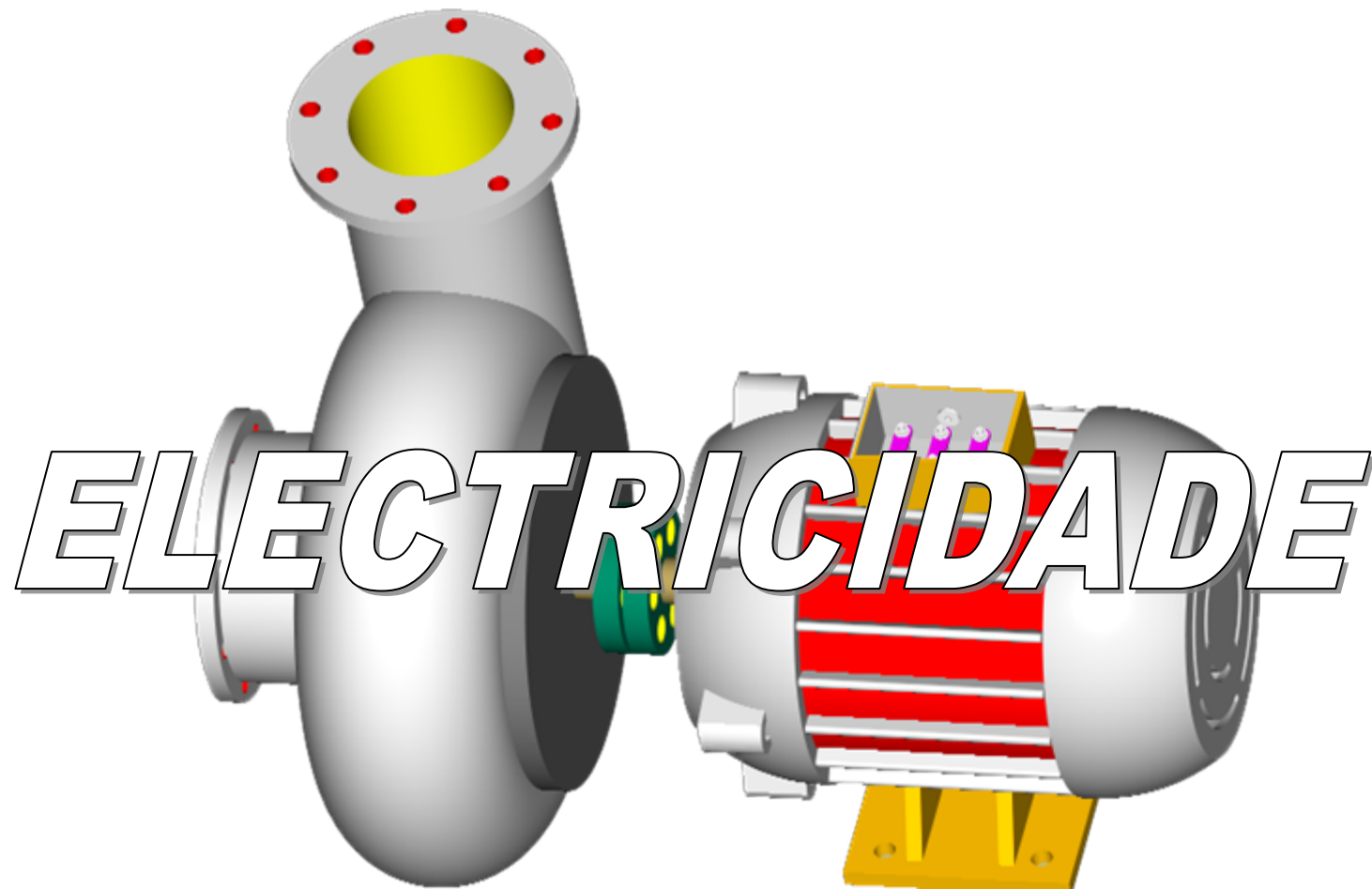
Anexos técnicos

Desenhos

Listagem de materiais

Orçamento (incluindo mão de obra e materiais)

O data limite para a entrega das memórias descritivas é a véspera do exame prático
Devem ser identificadas com o nome legível dos elementos de cada grupo.



TIM III
ELECTRICIDADE

