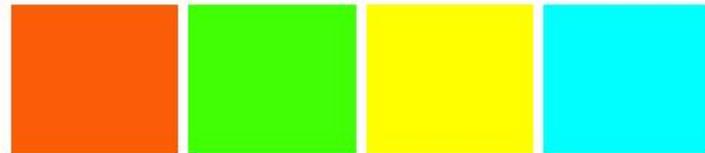
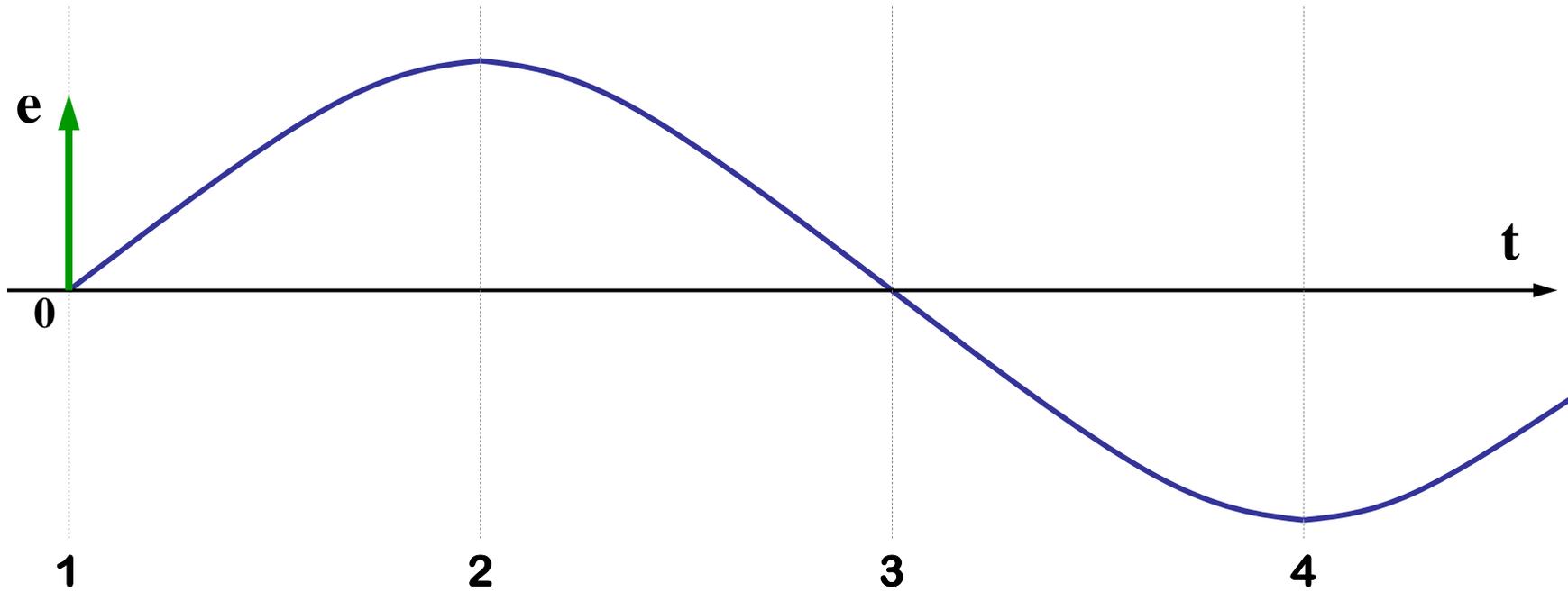
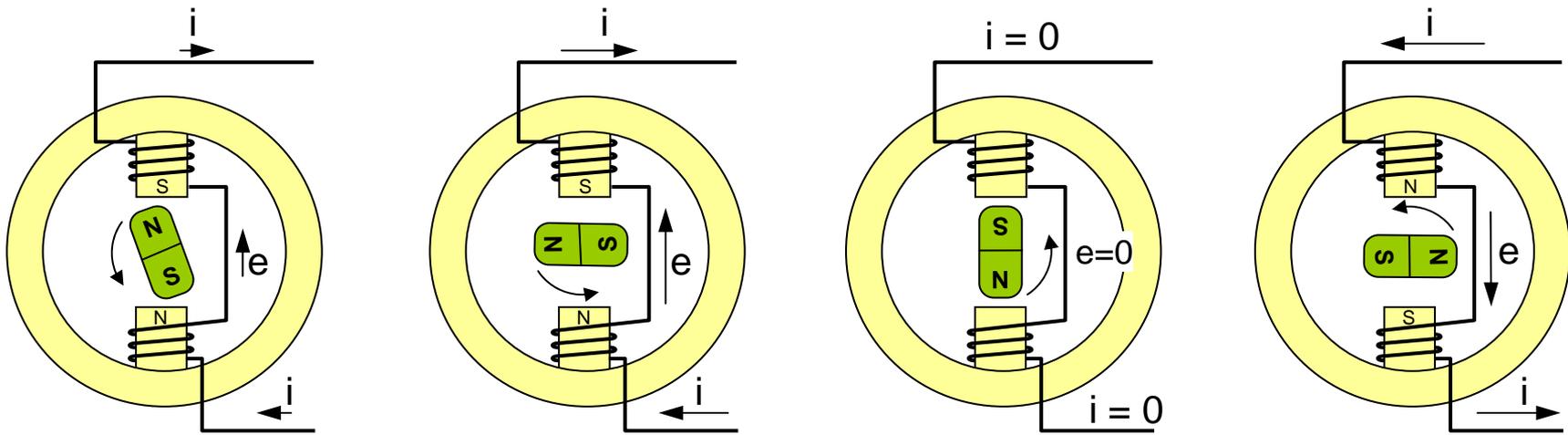
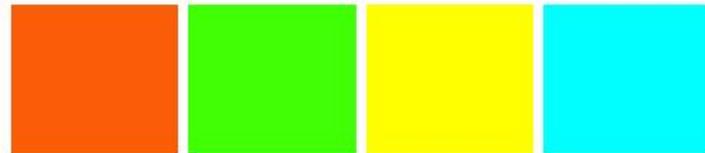


TIM III
ELECTRICIDADE



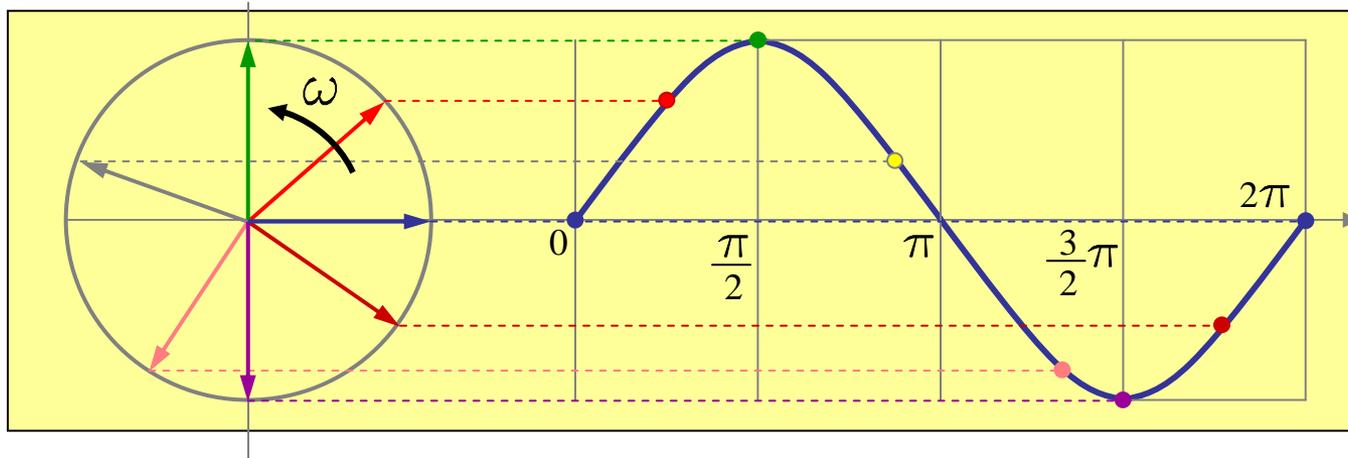


TIM III
ELECTRICIDADE



CORRENTE ALTERNADA

Representação Vectorial

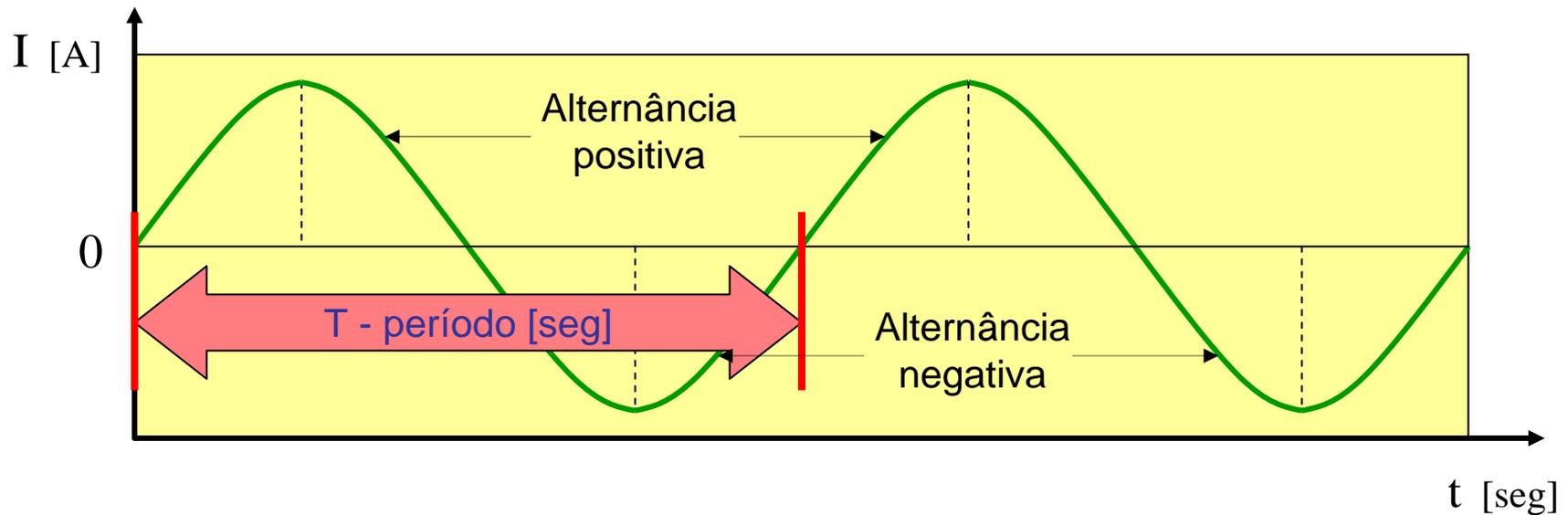


O vector girante com um comprimento igual a I_{max} roda com uma velocidade angular ω constante, no sentido directo de tal modo que a duração de cada volta corresponde ao período

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



CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS



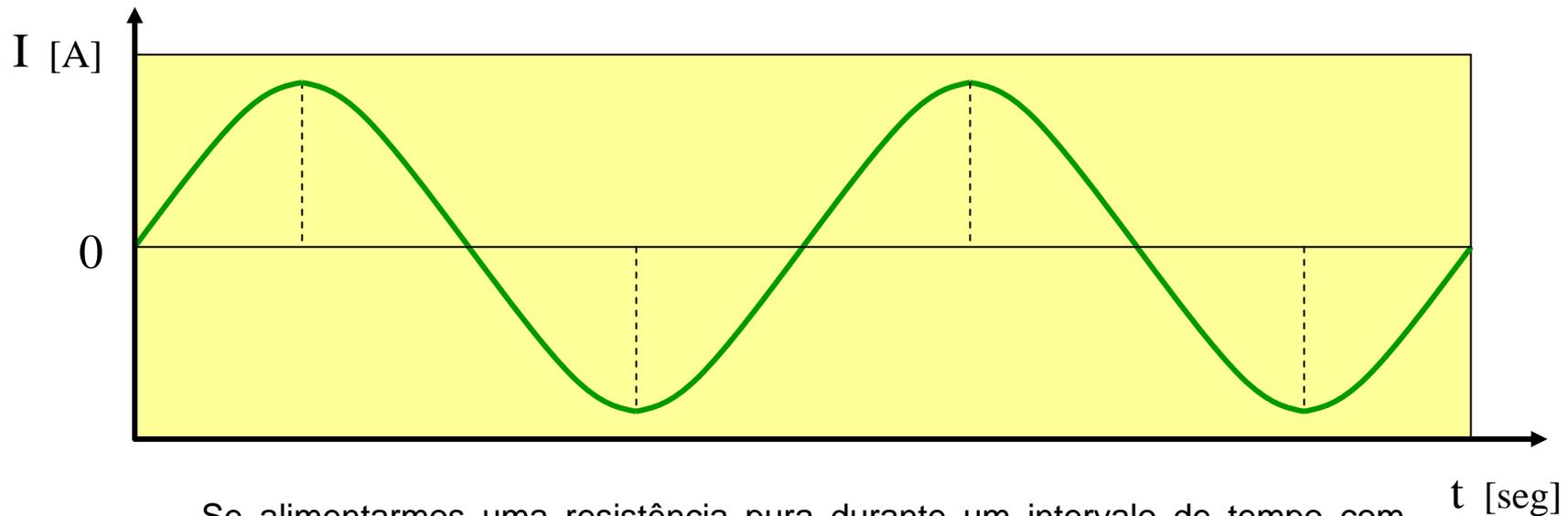
Frequência $f = \frac{1}{T}$ [Hz] É o número de ciclos efectuados pela corrente ou pela tensão durante 1 seg

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



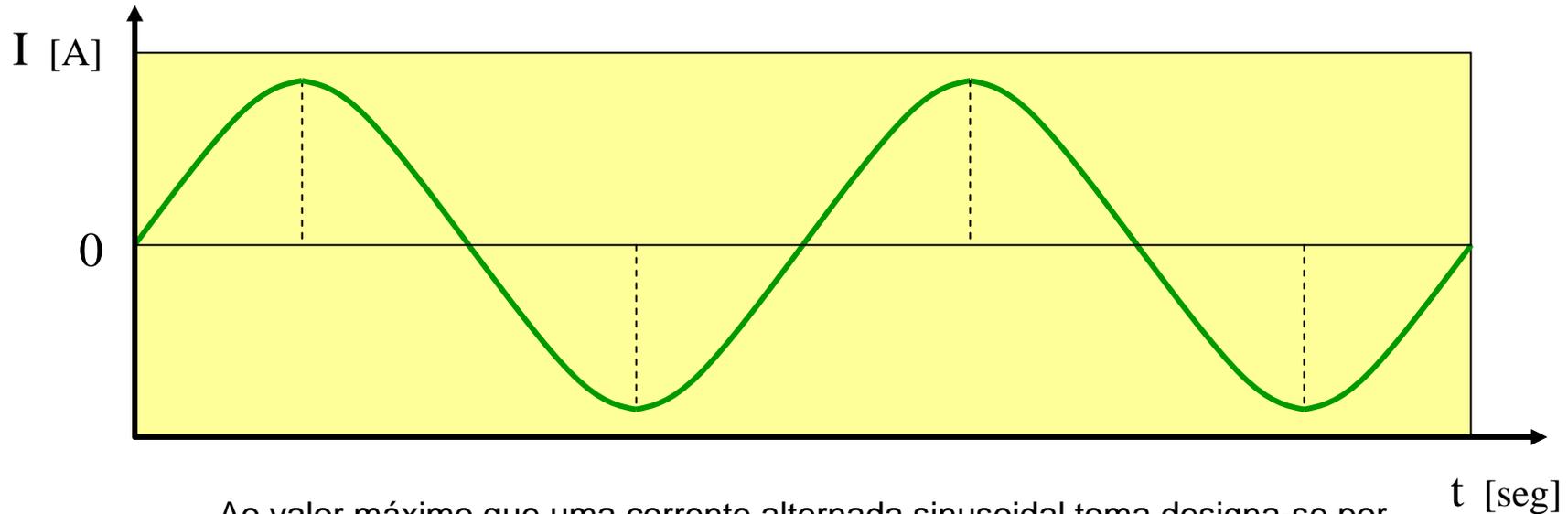
Se alimentarmos uma resistência pura durante um intervalo de tempo com uma corrente contínua de 3 A verifica-se a libertação de uma determinada quantidade de calor Q.

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

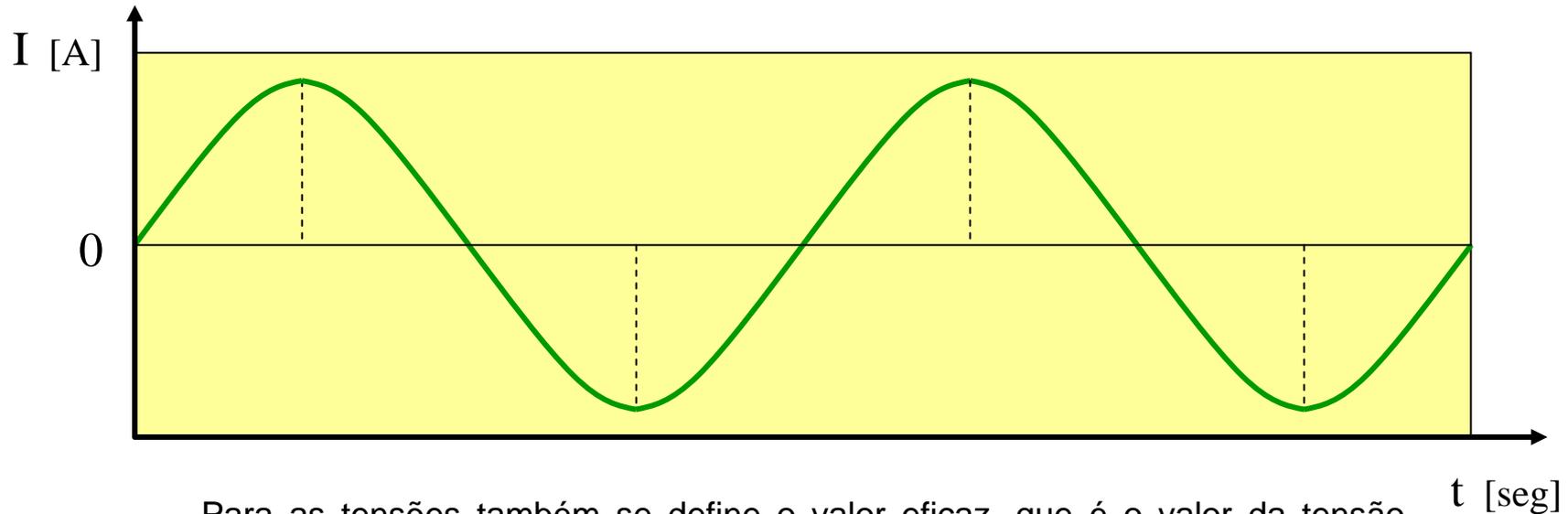
O valor eficaz é determinado pela expressão:

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

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.

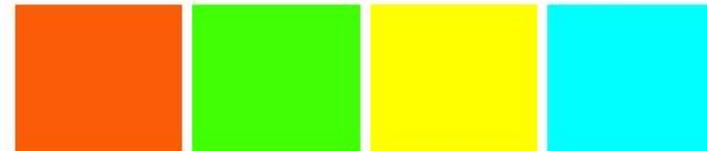


CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS

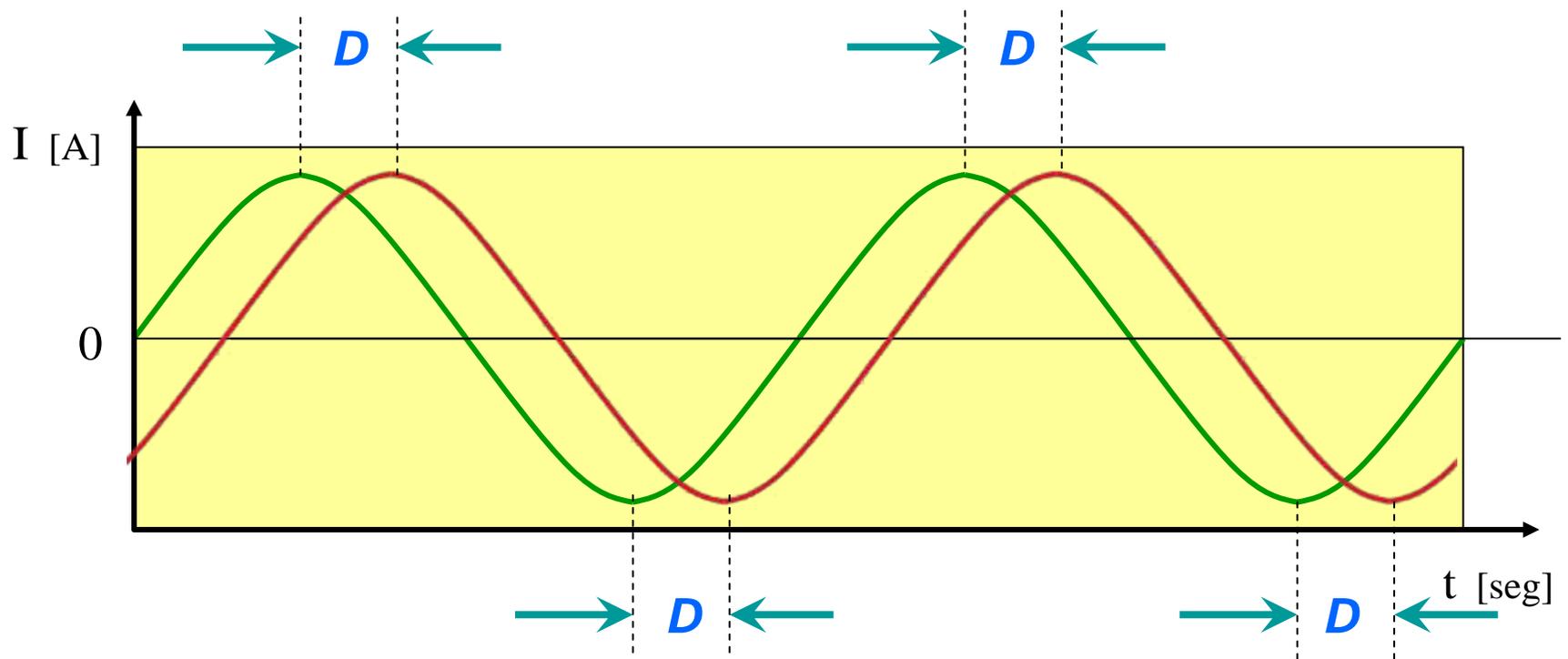


$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

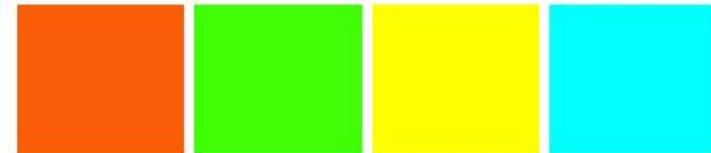
Logo, a **Intensidade Eficaz** de uma corrente alternada é a intensidade que deveria ter uma corrente contínua para produzir, na mesma resistência pura, a mesma quantidade de calor durante o mesmo intervalo de tempo.

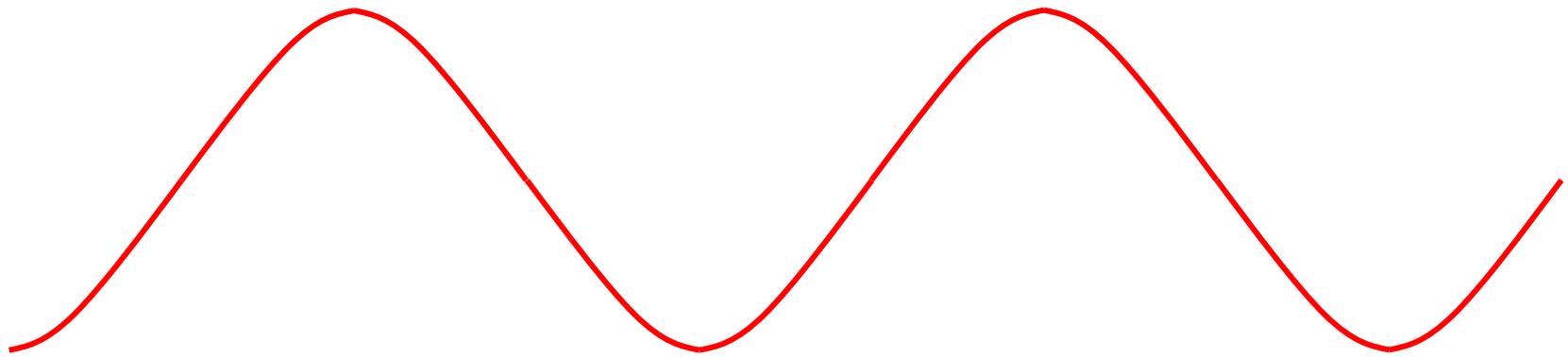


CORRENTE ALTERNADA – ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS

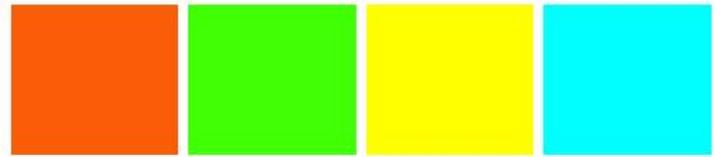


D - defasamento



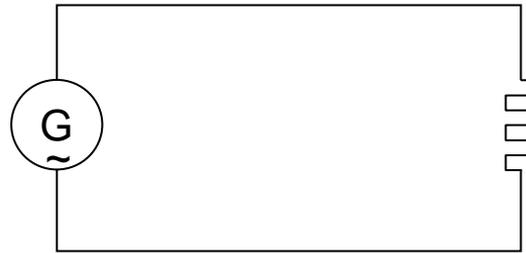


TIM III
ELECTRICIDADE

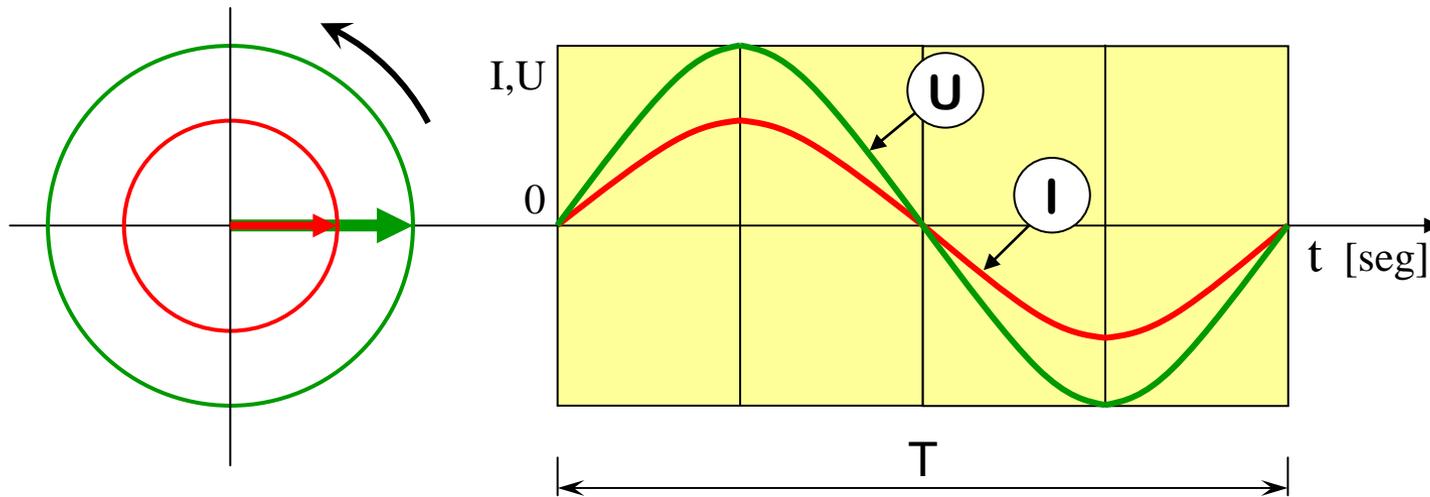


CORRENTE ALTERNADA – U I EM FASE

Circuito puramente resistivo



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



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito puramente indutivo

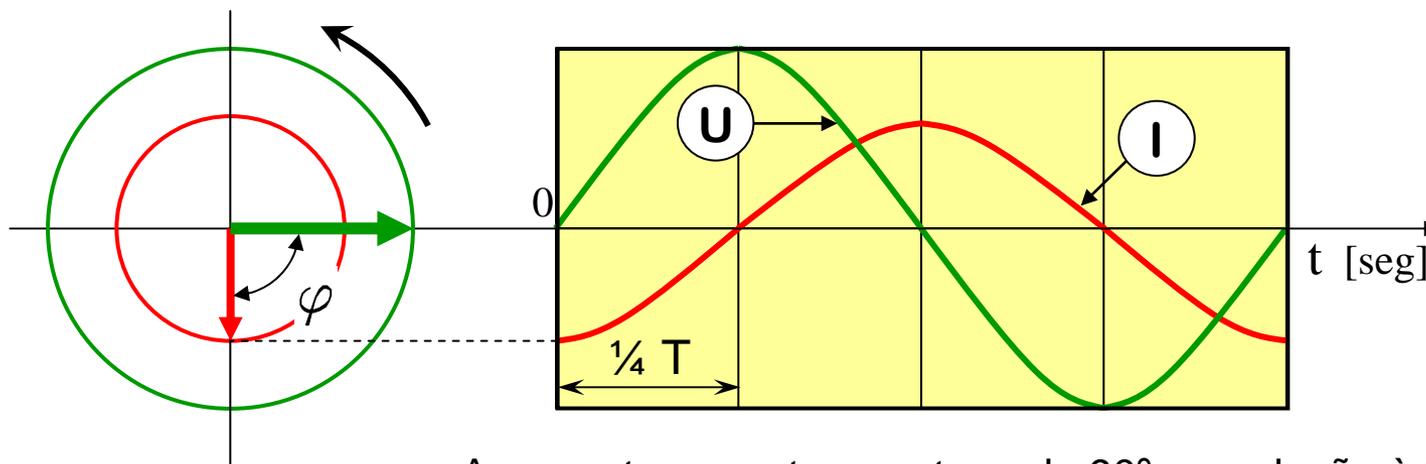


$$Z = X_L \quad [\Omega]$$

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]

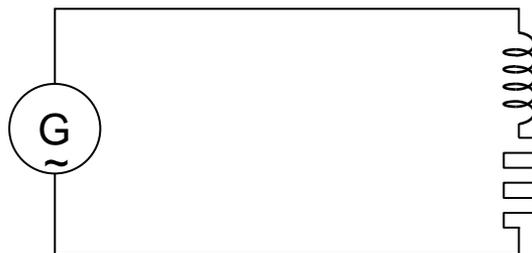


A corrente encontra-se atrasada 90° em relação à tensão



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

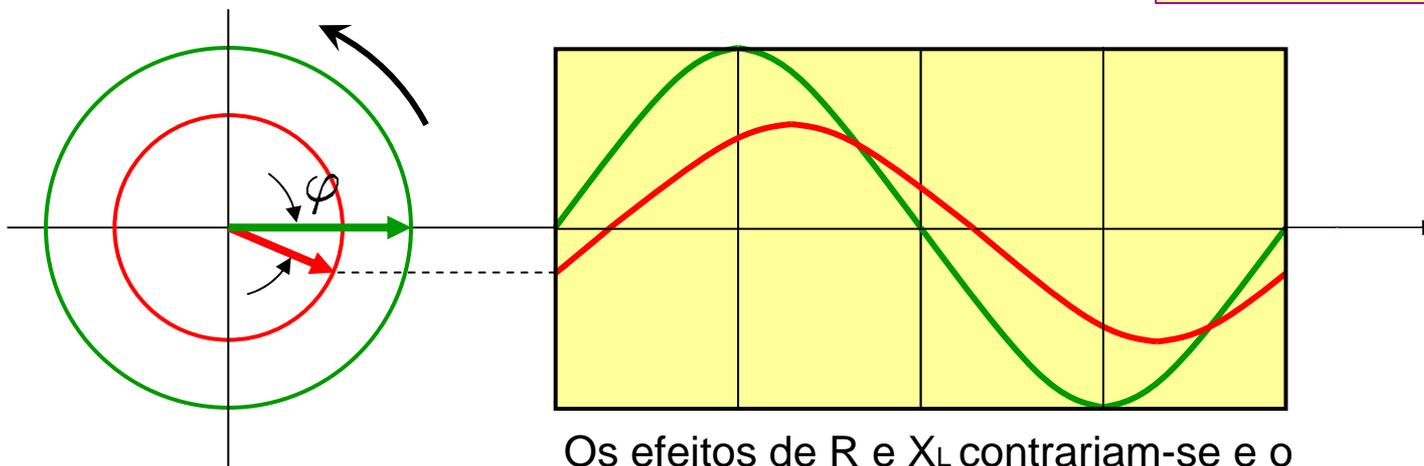
Circuito indutivo prático



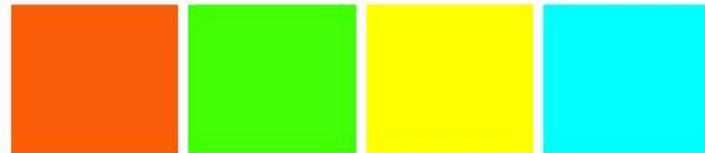
A corrente que percorre o circuito é dada por:

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

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



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

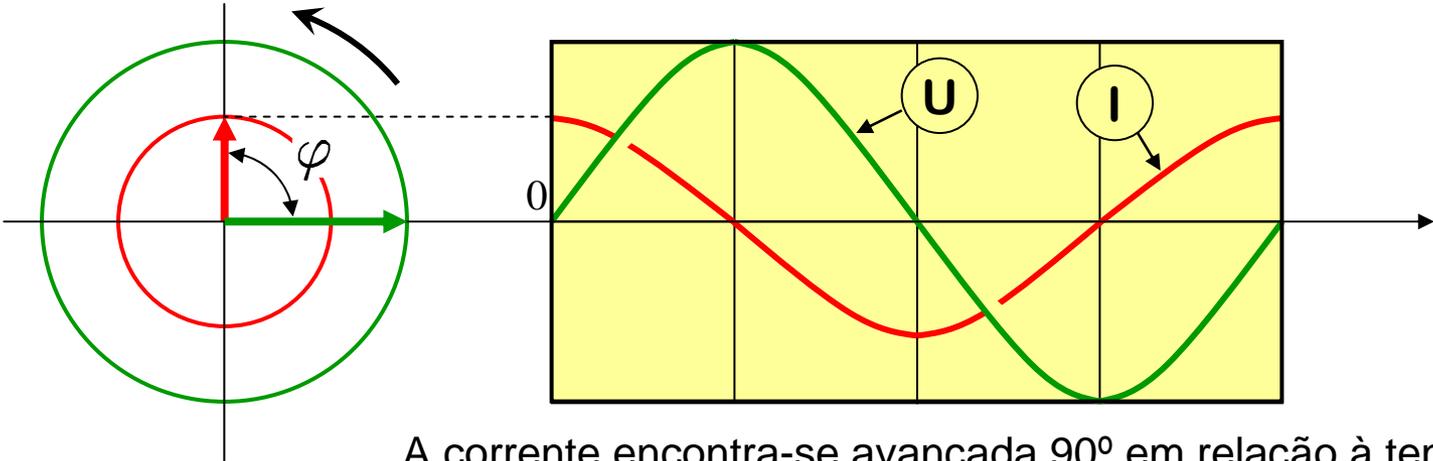


CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

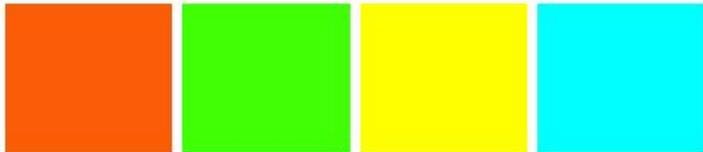
Circuito capacitivo puro



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

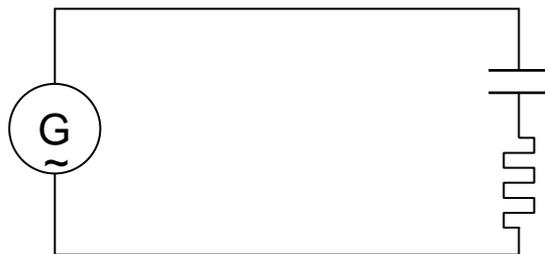


A corrente encontra-se avançada 90° em relação à tensão



CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito capacitivo prático



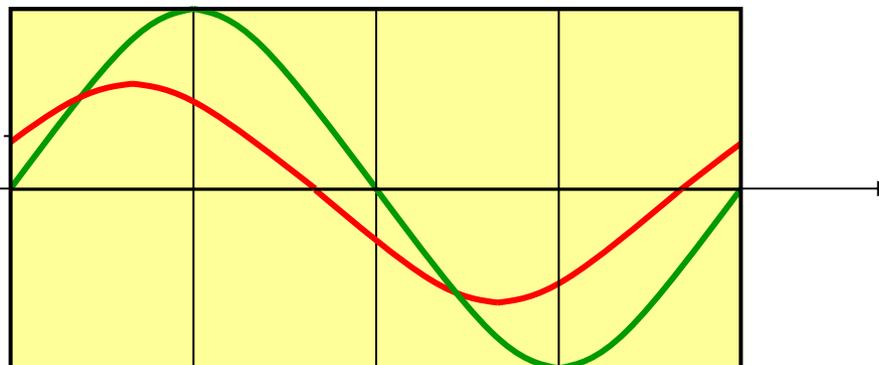
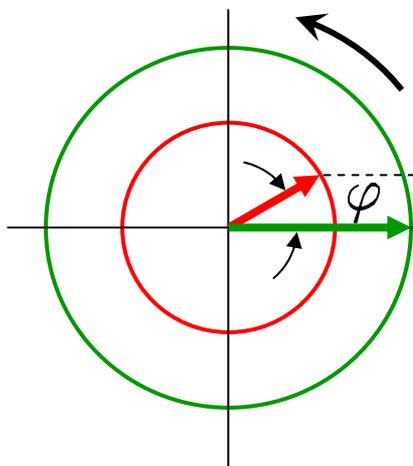
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad [\Omega]$$

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

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



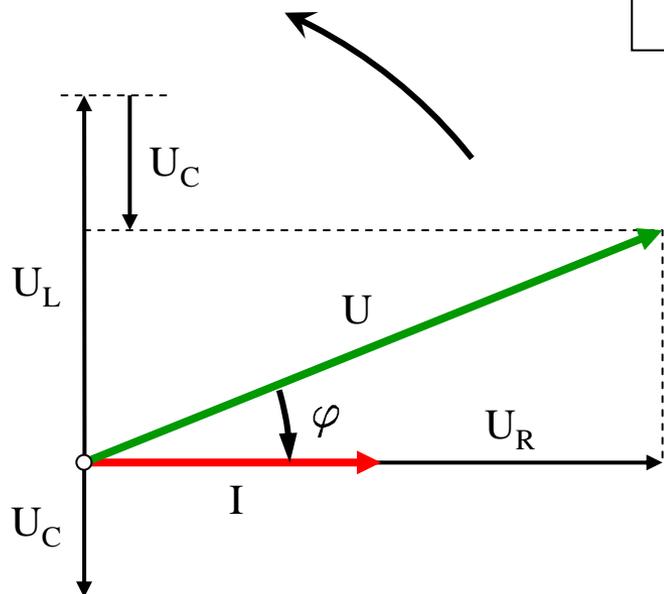
CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito RLC série



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

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



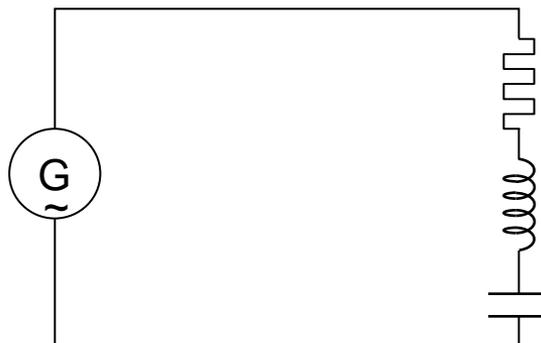
Como os efeitos indutivo e capacitivo são opostos 3 situações podem verificar-se:

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



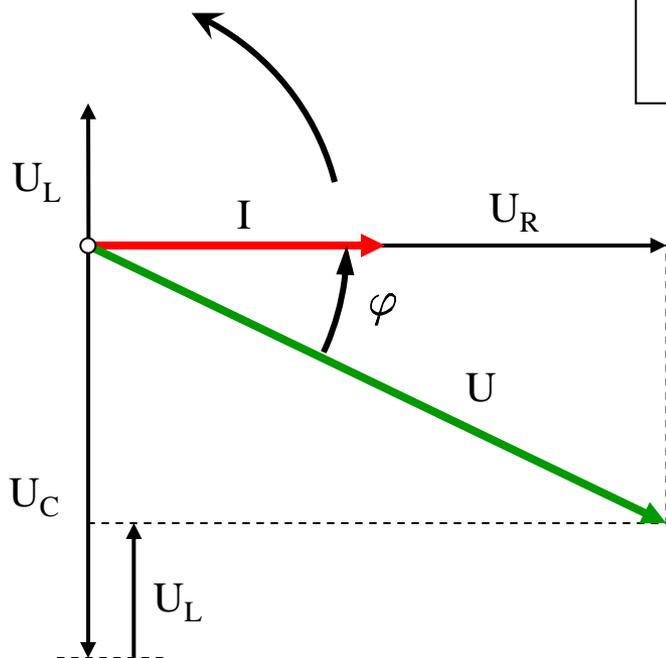
CORRENTE ALTERNADA – DESFASAMENTO U I

Circuito RLC série



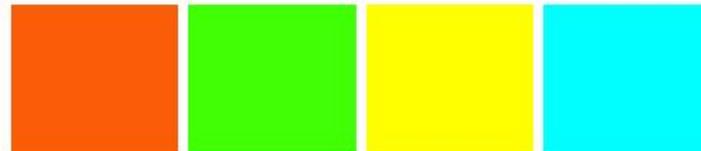
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

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



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

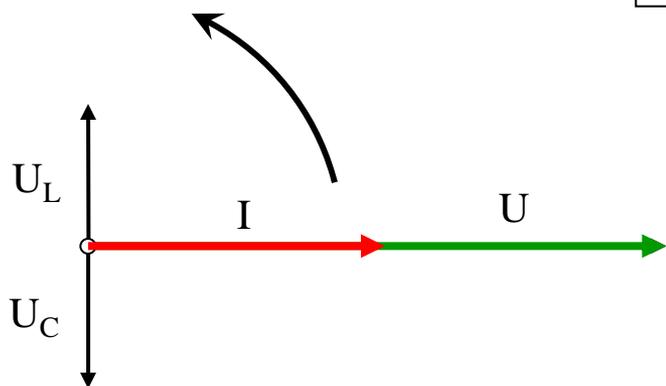
Circuito RLC série



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

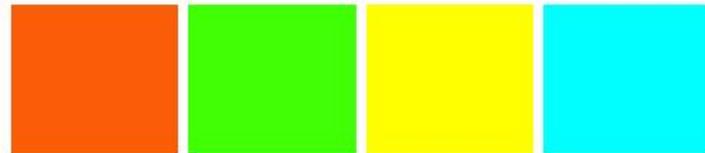
$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

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



3^a $U_L = U_C \rightarrow$ 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

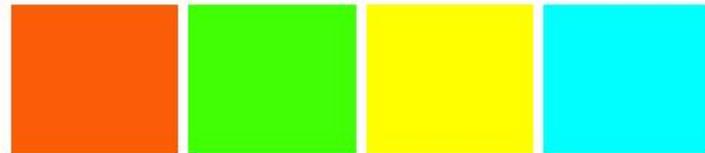
Normalmente à entrada das instalações.

Eventualmente pode ser feita antes da alimentação dos motores

Arranque de motores de indução monofásicos

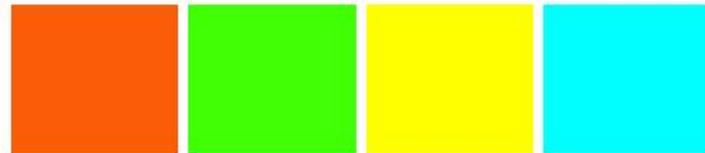
Normalmente à entrada das instalações.

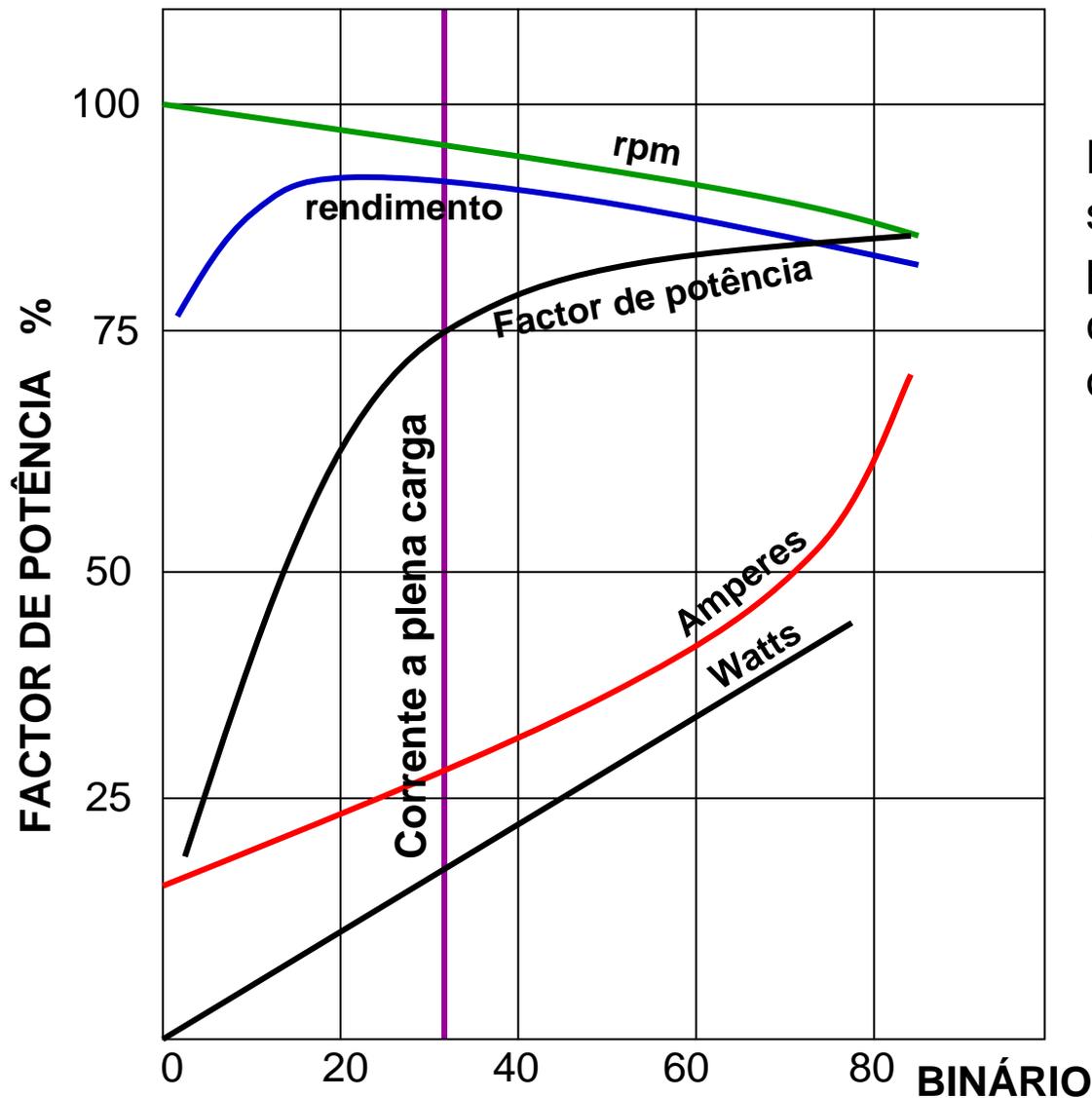
Eventualmente pode ser feita antes da alimentação dos motores



FACTOR DE POTÊNCIA

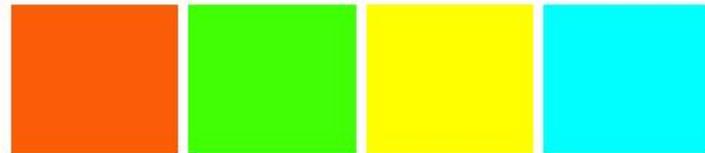
É a designação da relação entre a potência activa utilizada por um circuito, expressa em W ou kW e a potência que aparentemente se obtém das linhas de alimentação, expressa em VA ou kVA

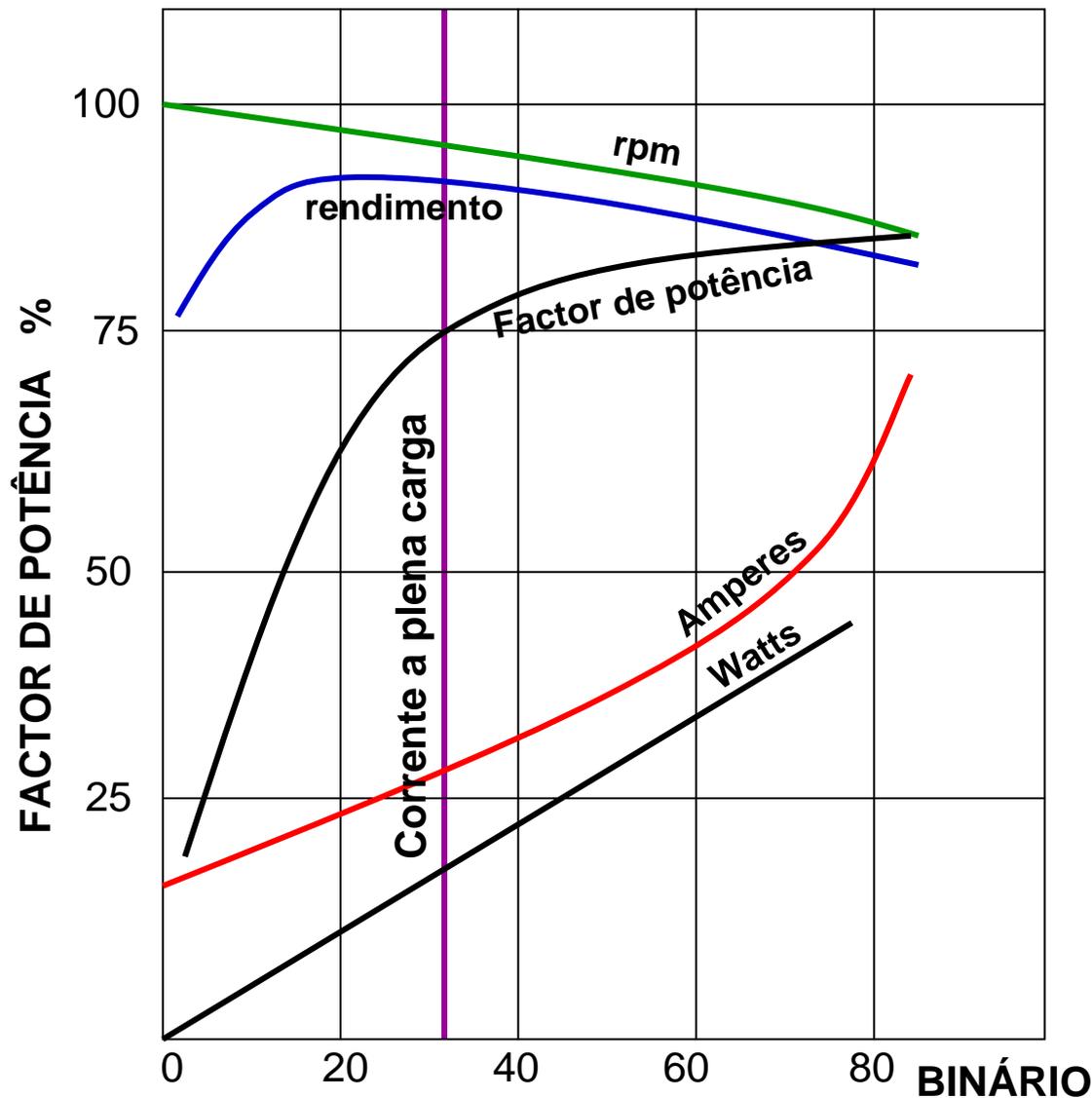




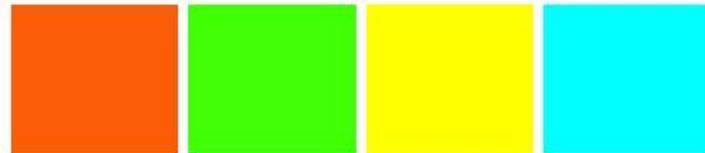
Mesmo com o motor em vazio, sem haver consumo de potência activa, existe consumo de corrente que origina potência reactiva.

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.

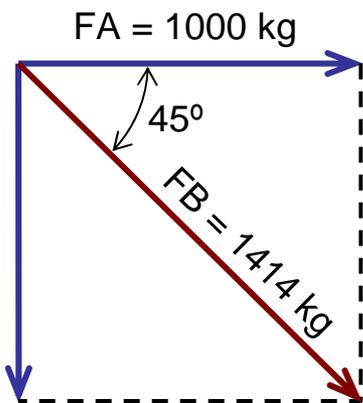
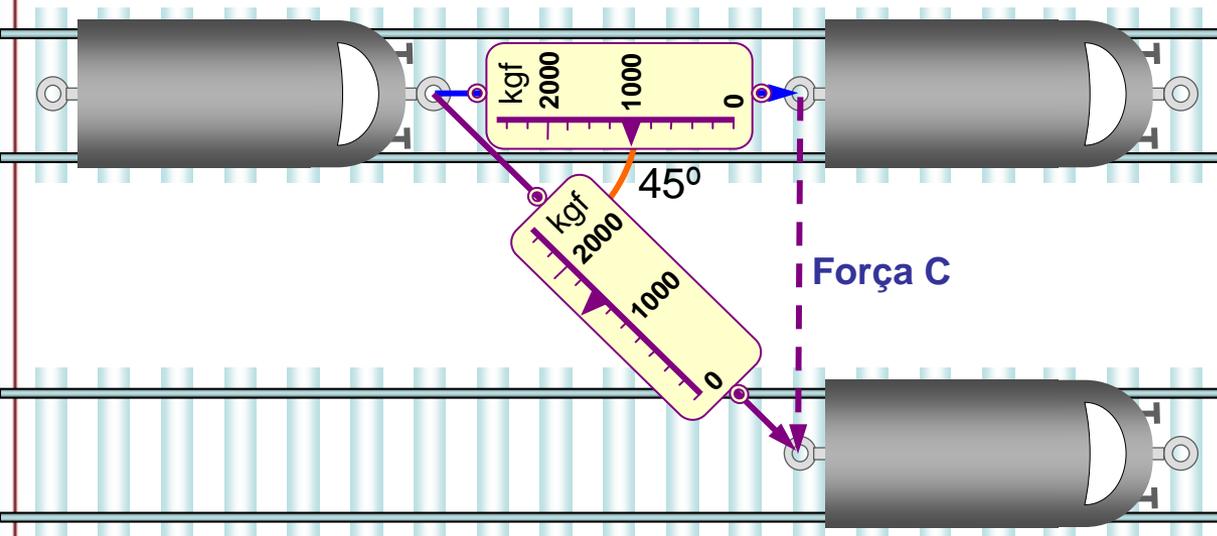




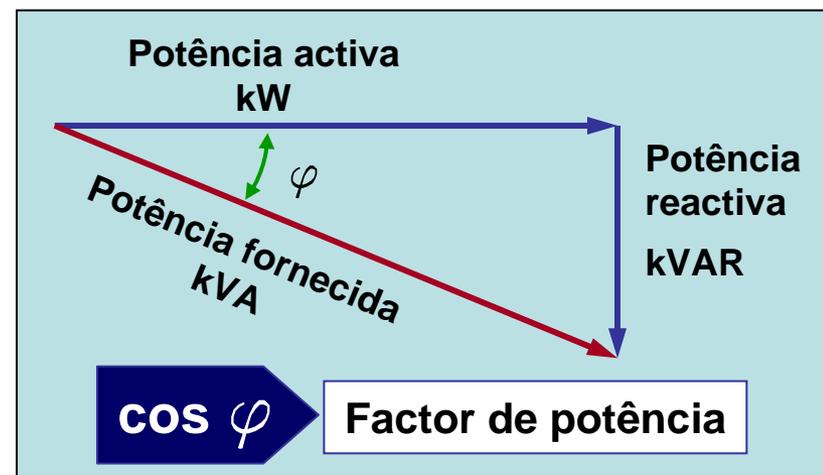
Em teoria é sempre possível corrigir o FP. Na prática, não é possível nem recomendável uma correcção total, já que a influência de outras forças reactivas na linha de potência são imprescindíveis e, se o FP é corrigido em excesso pode dar origem a correntes, forças magnéticas, voltagens e binários excessivos.



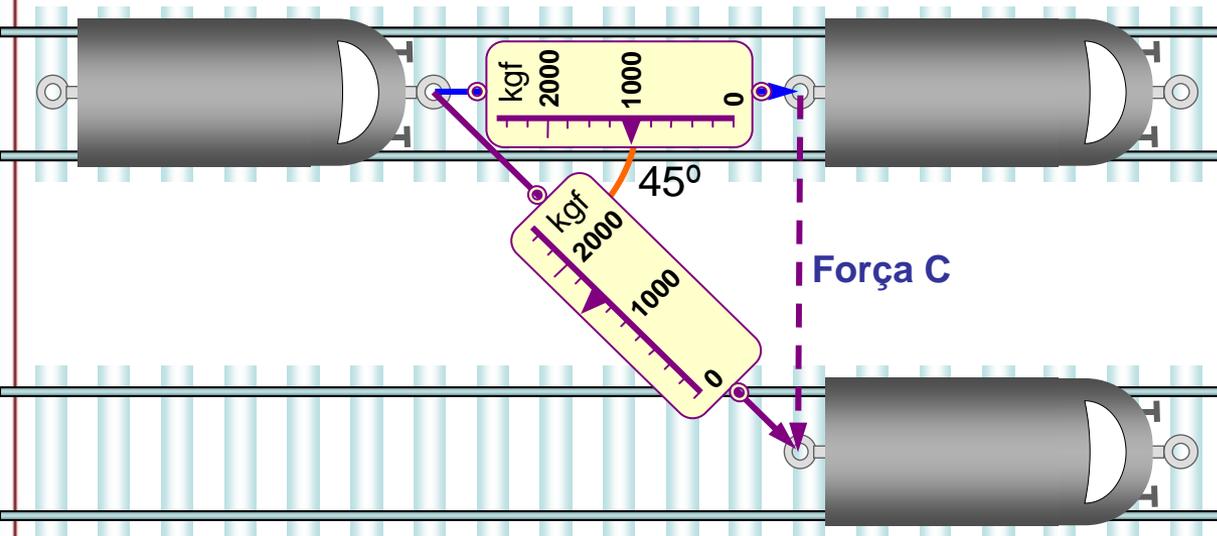
FACTOR DE POTÊNCIA



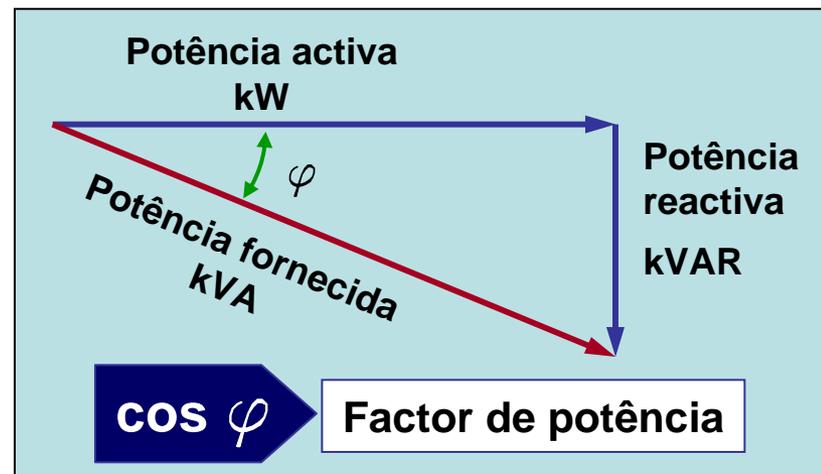
$$\begin{aligned} \text{Força B} &= \frac{\text{Força A}}{\cos \varphi} \\ &= \frac{1000}{\cos 45^\circ} = 1414 \text{ kg} \end{aligned}$$



FACTOR DE POTÊNCIA

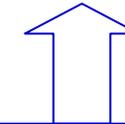
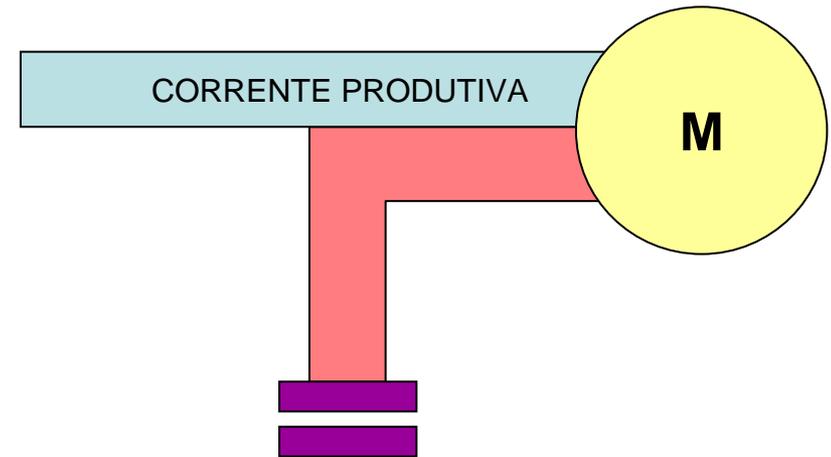


$$FP = \frac{P_{ACTIVA}}{P_{APARENTE}} = \frac{U I \cos \varphi}{U I}$$





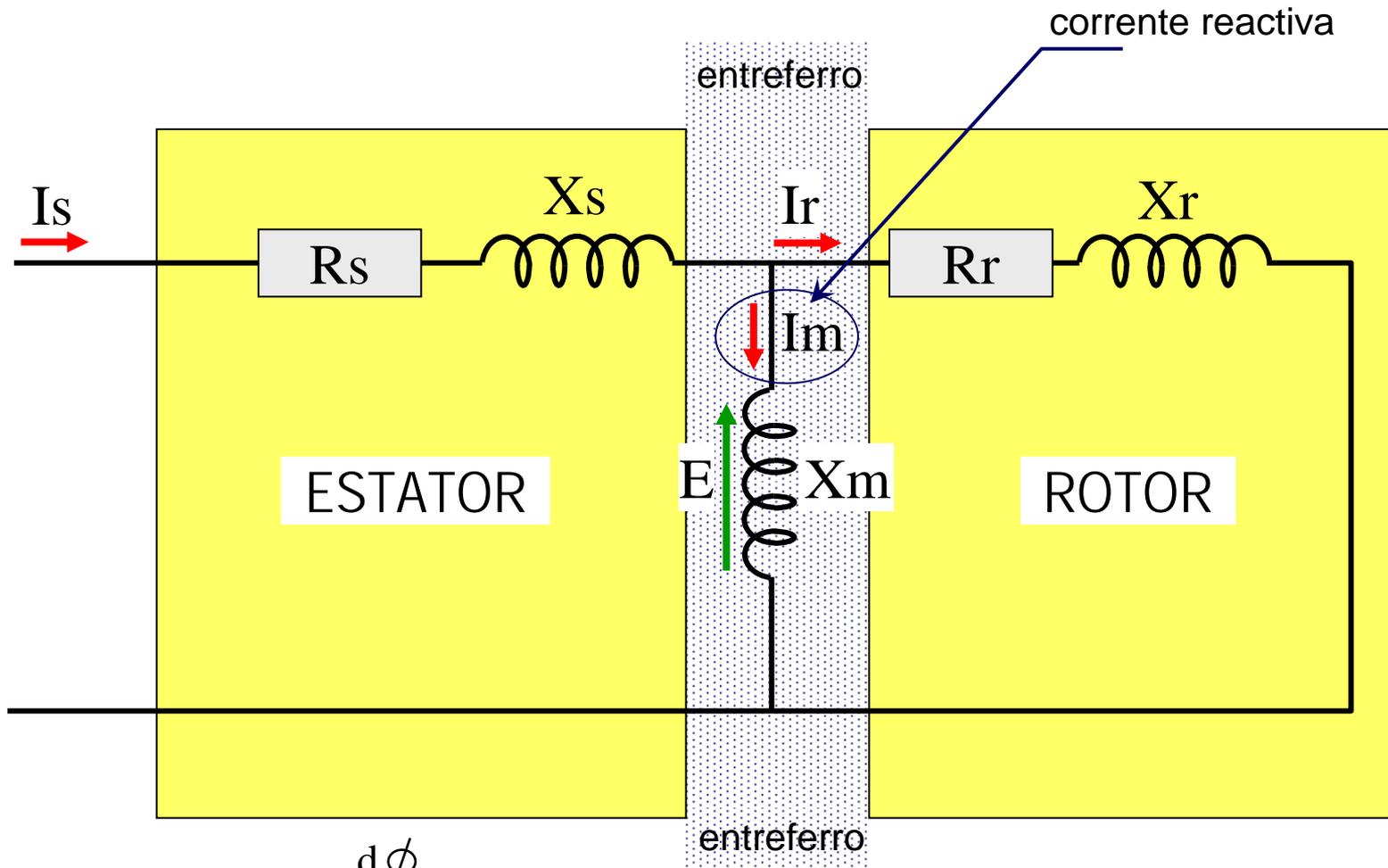
Motor de indução operando com carga parcial sem correcção do FP. A linha de alimentação tem que fornecer ambas as correntes, a magnetizante (reactiva) e a produtiva.



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.

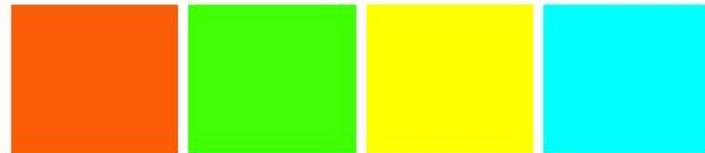


LEI DE LENZ



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

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]



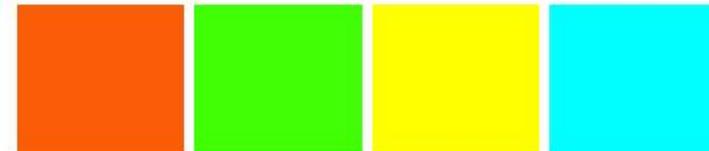
IMPEDÂNCIA

Circuito LC série

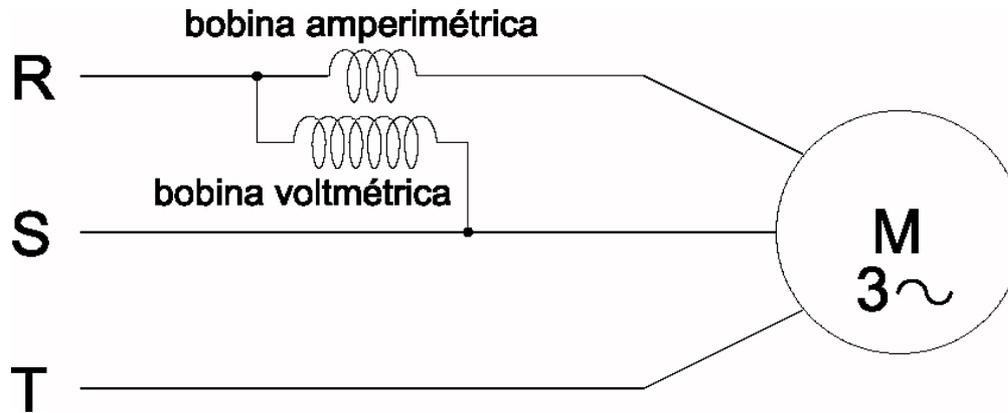
$$Z = Z_L + Z_C$$

Circuito LC paralelo

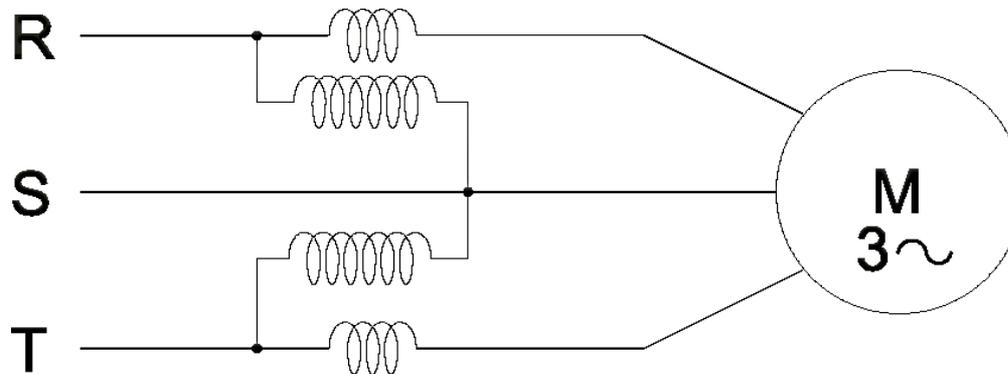
$$Z = \frac{Z_L Z_C}{Z_L + Z_C}$$



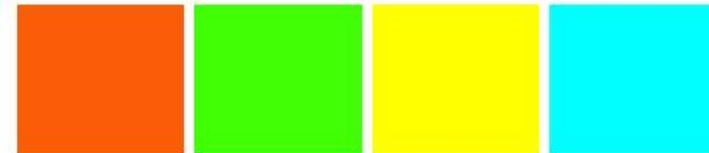
Ligação do Wattímetro

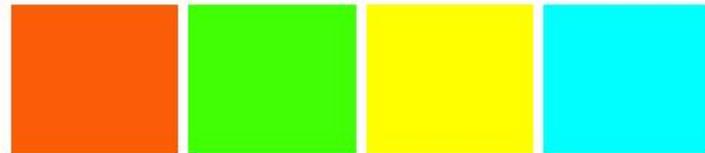
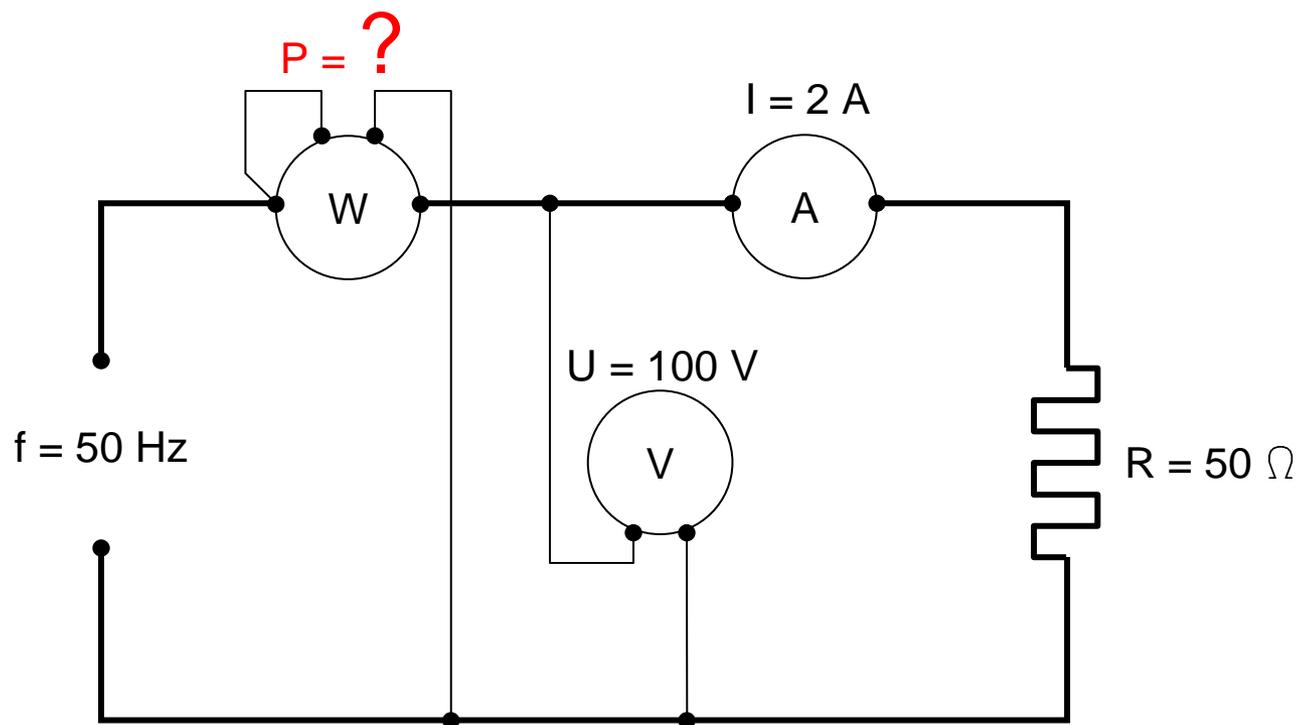


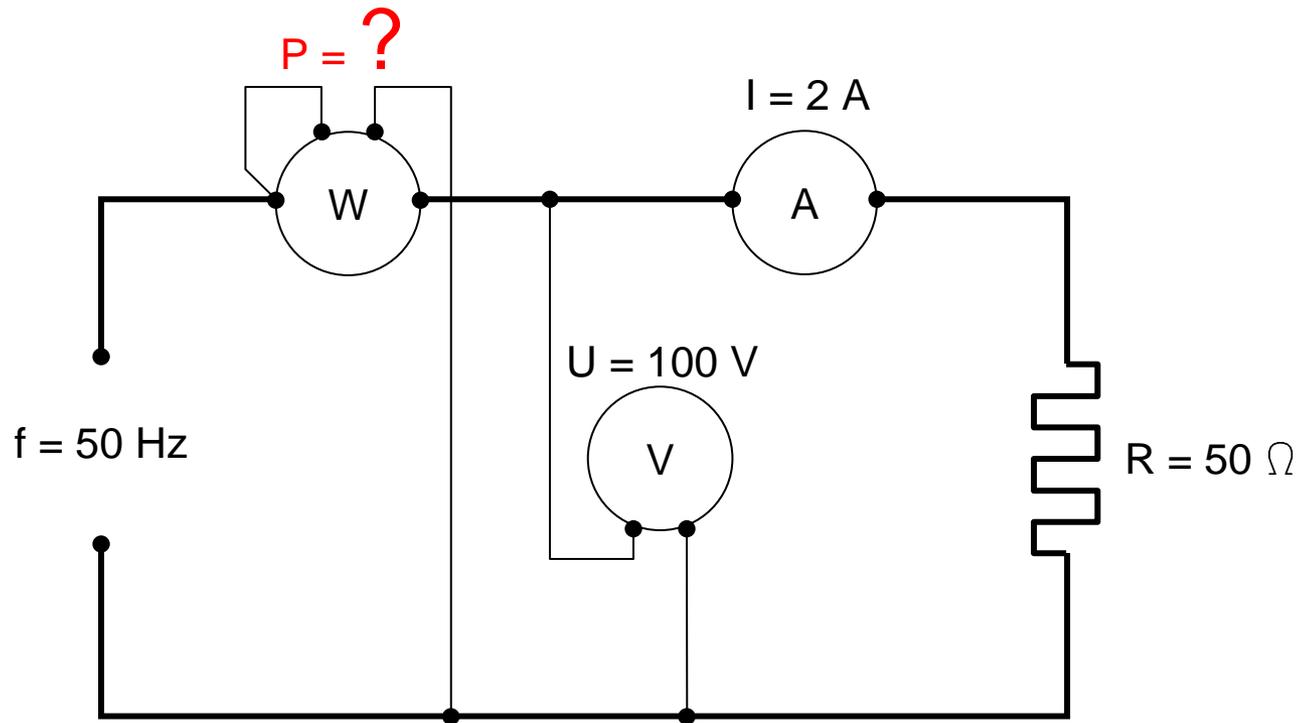
Medição da potência trifásica do sistema, utilizando um wattímetro monofásico



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







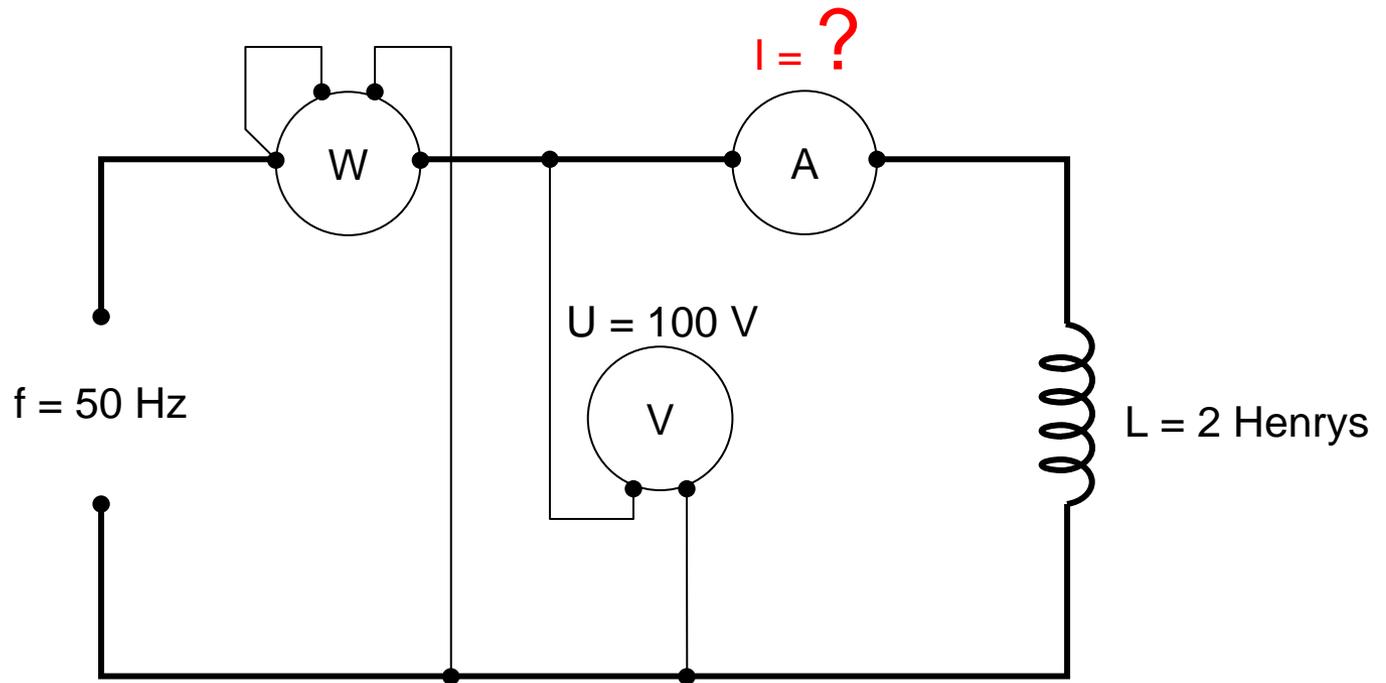
Resposta:

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

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 (miliwatt)	= 0,001 W

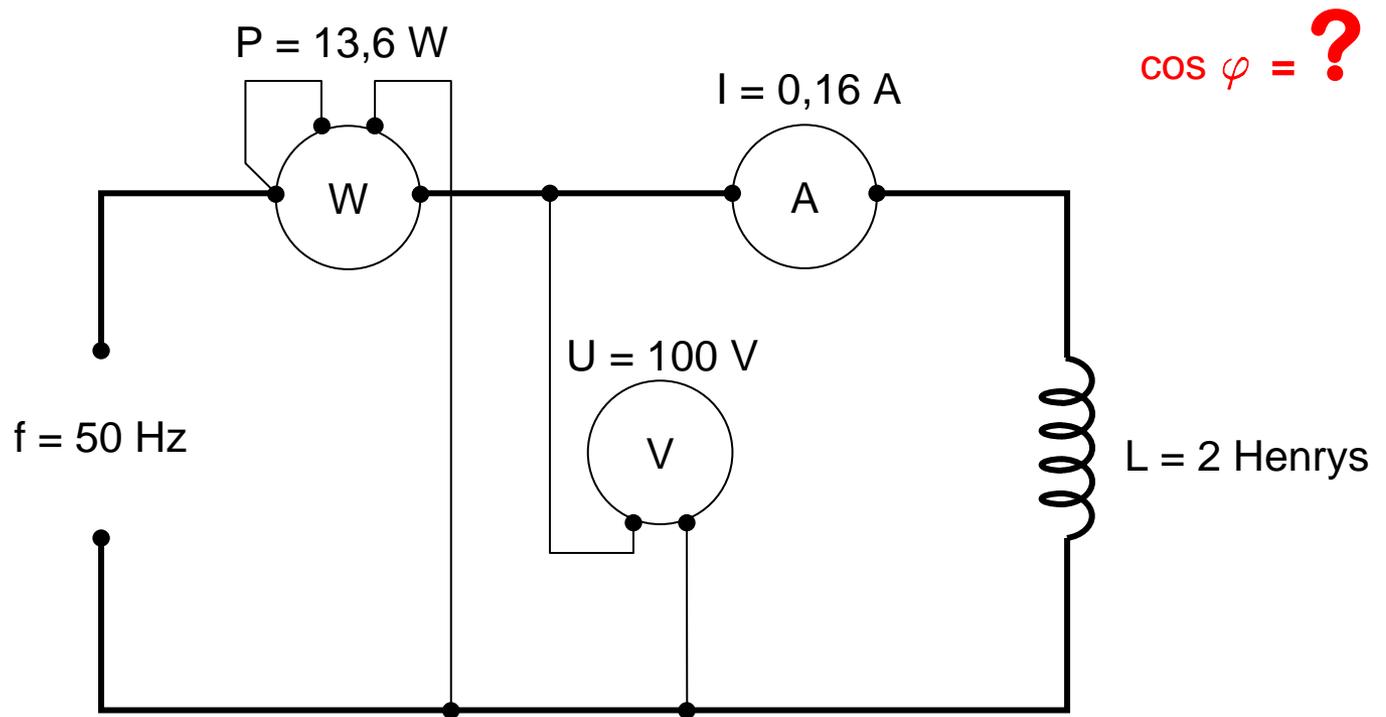




Resposta:

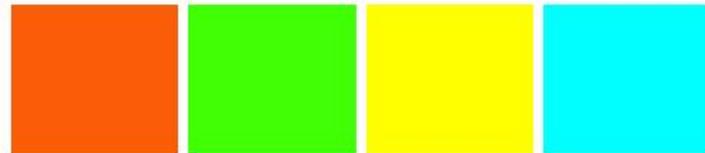
$$I = U / Z = 100 / (2 \times \pi \times f \times L) = 100 / (2 \times 3,14 \times 50 \times 2) = 0,16 \text{ A}$$





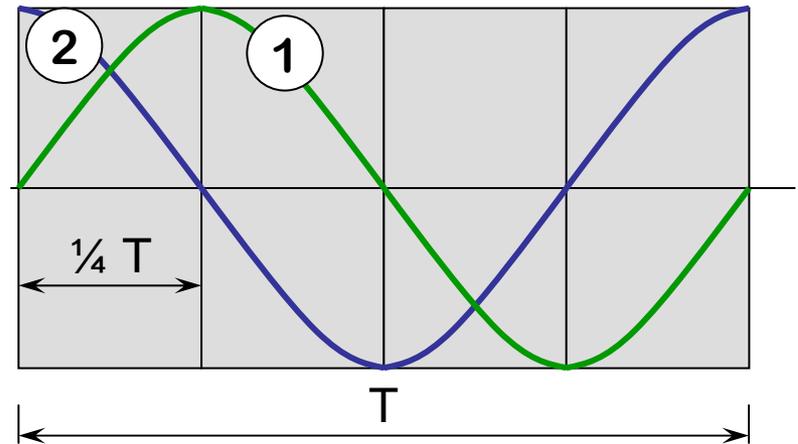
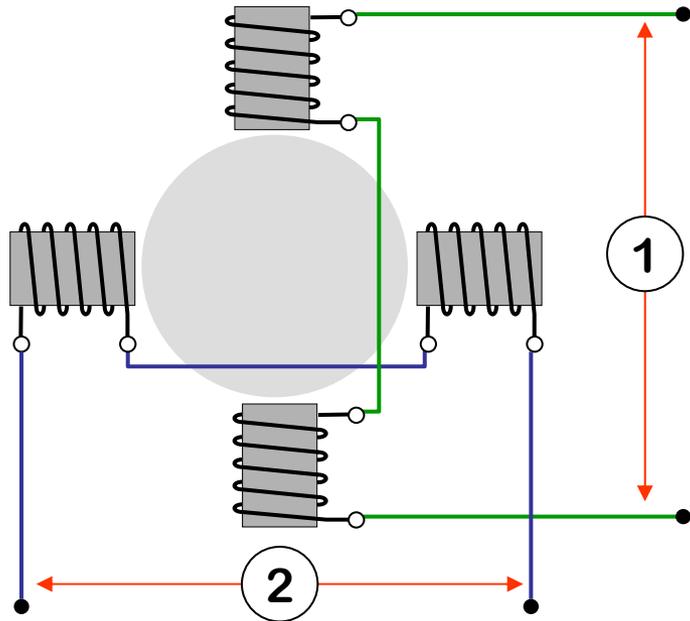
Resposta:

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

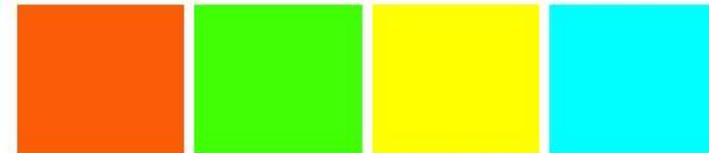


PRODUÇÃO DO CAMPO GIRANTE

Com corrente alternada bifásica

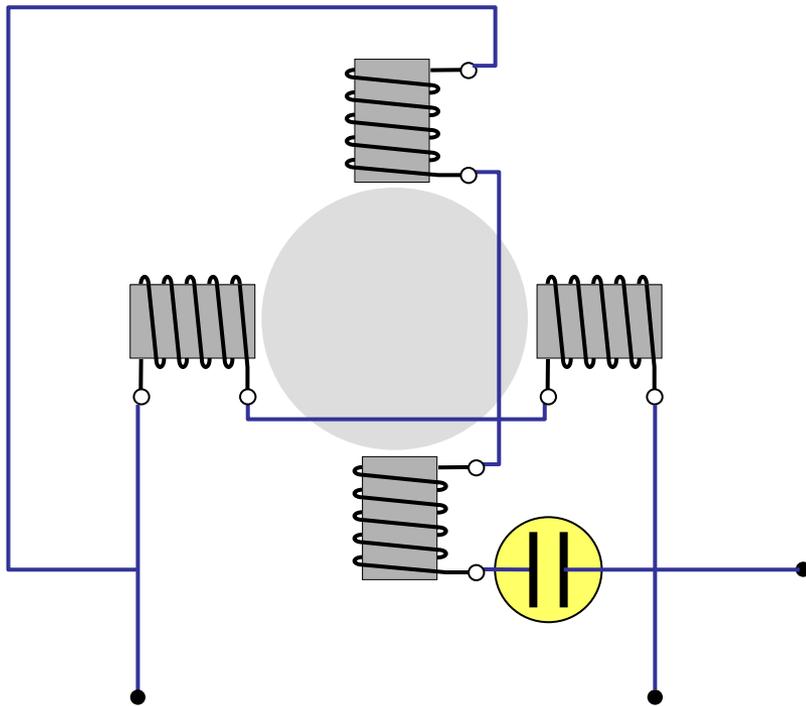


As alimentações 1 e 2 possuem a mesma frequência mas uma delas está atrasada de $\frac{1}{4}$ de período em relação à outra

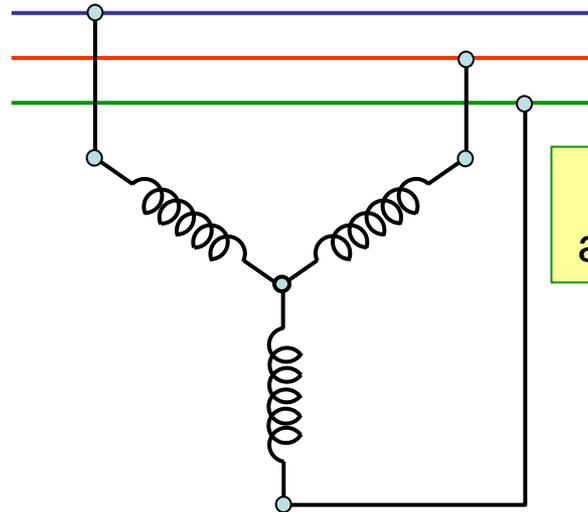


PRODUÇÃO DO CAMPO GIRANTE

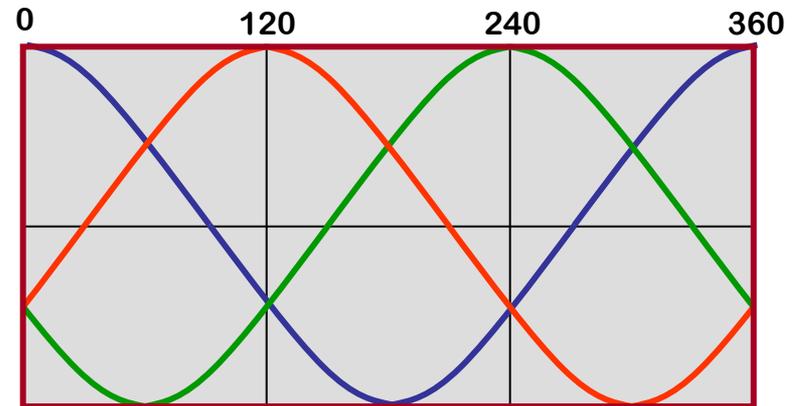
Com corrente alternada monofásica



O condensador provoca um desfasamento entre as bobinas

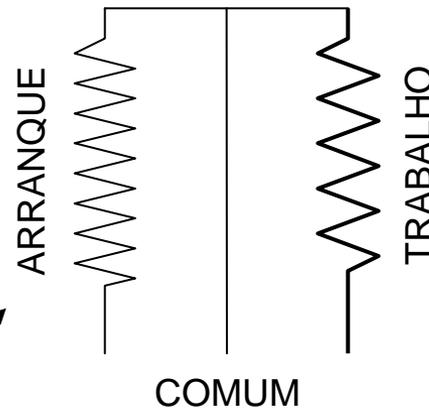


Com corrente alternada trifásica

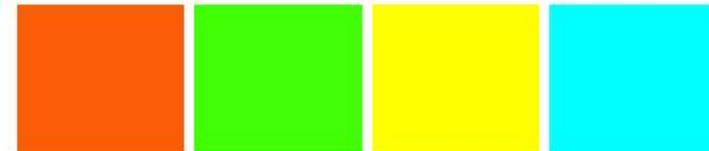


COMPRESSORES HERMÉTICOS

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

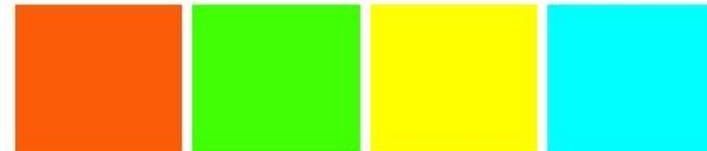
Faz uso do enrolamento auxiliar e do condensador apenas durante o arranque.

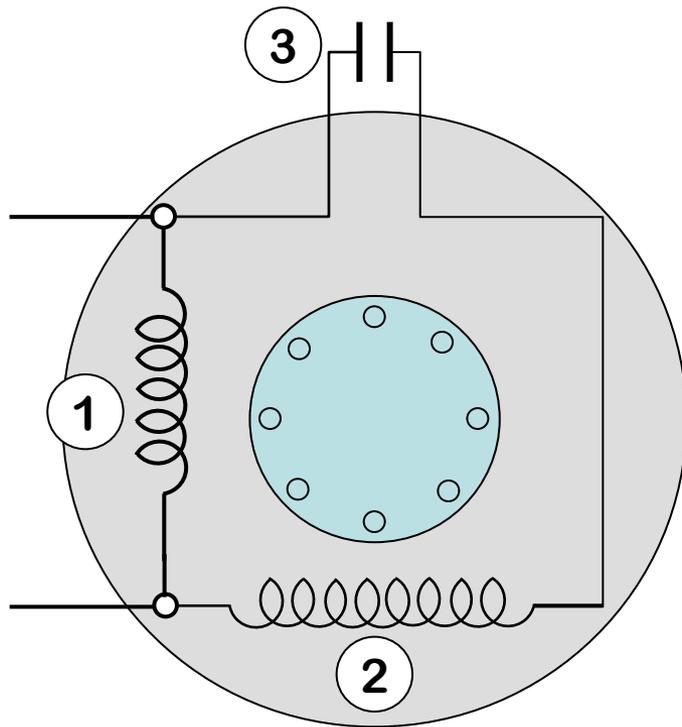
2 – Motor com condensador permanente – PSC Permanent Split Capacitor

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.



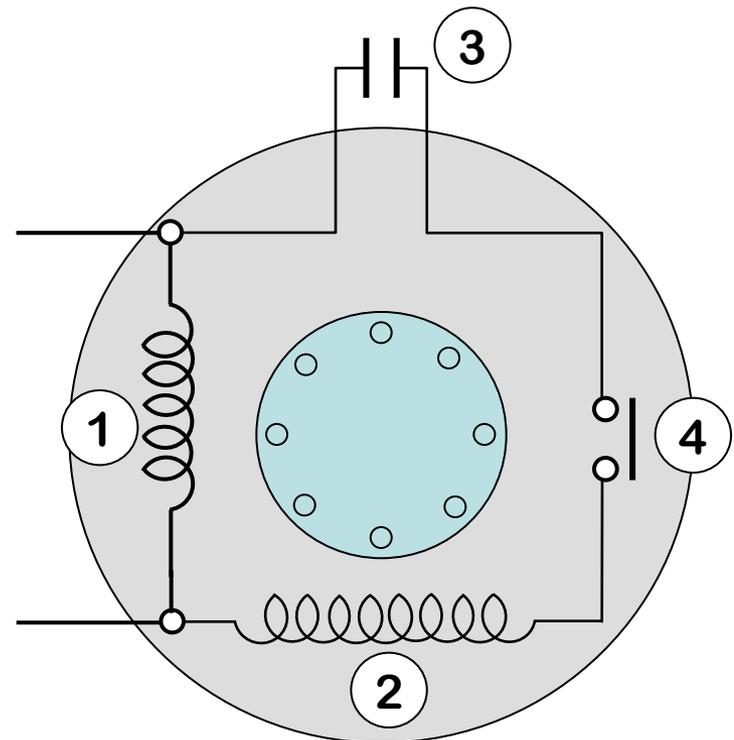


CONDENSADOR PERMANENTE

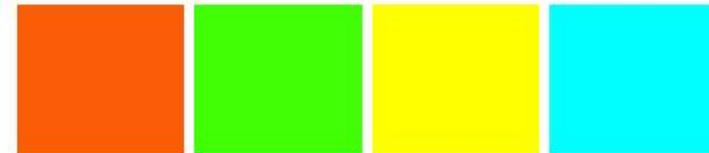
O interruptor de arranque destina-se a:

- 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

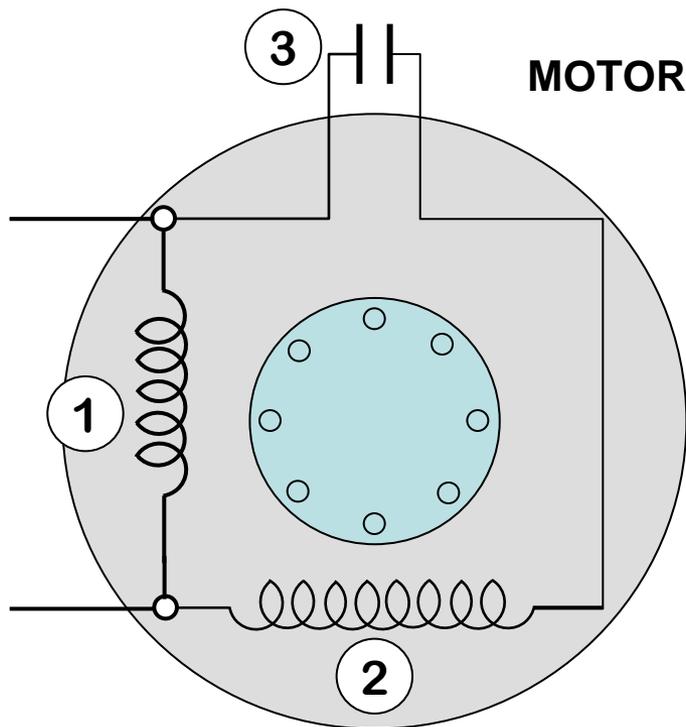


ARRANQUE POR CONDENSADOR

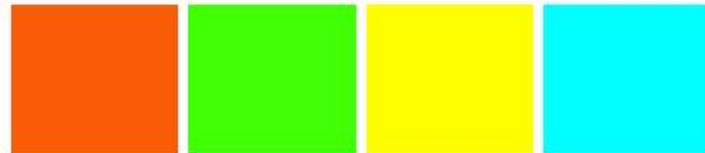


MOTOR COM CONDENSADOR PERMANENTE

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



CONDENSADOR PERMANENTE

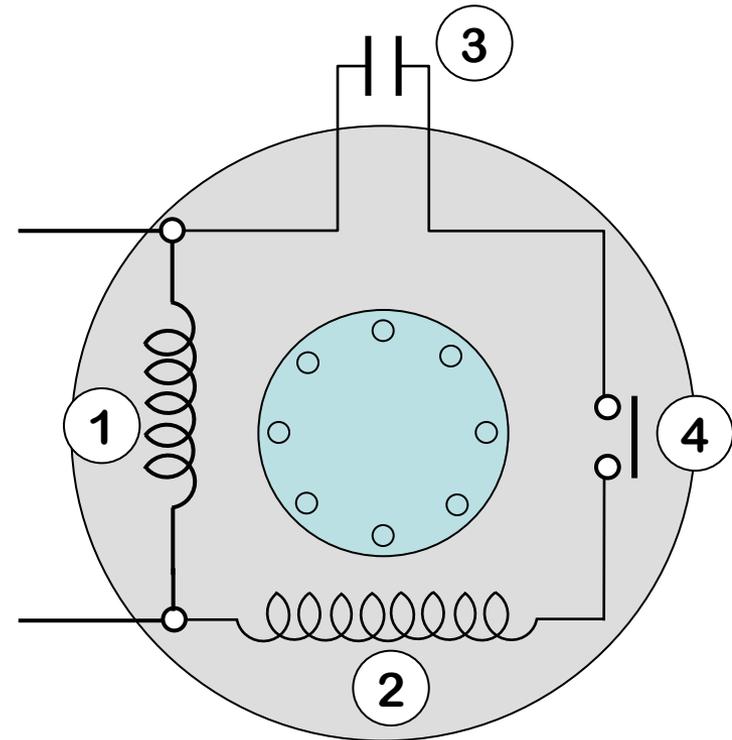


MOTOR COM ARRANQUE POR CONDENSADOR

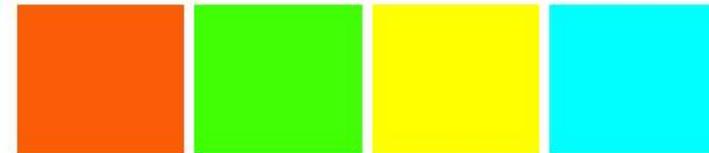
Motor de Fase Dividida (Split.Phase)

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

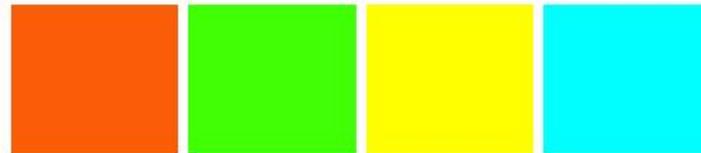
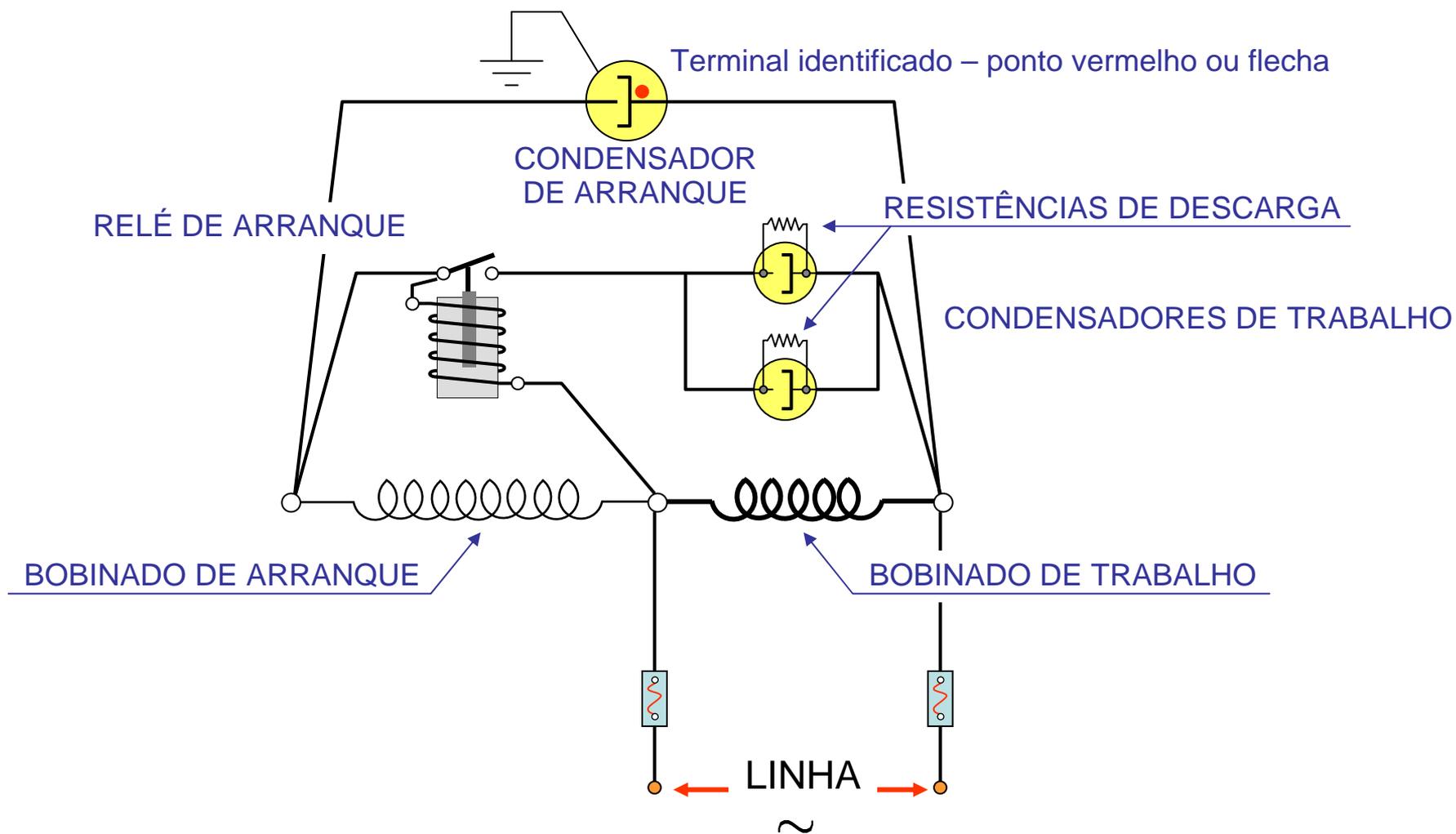
O interruptor centrífugo abre quando o motor atinge 75 a 80% da velocidade de sincronismo.



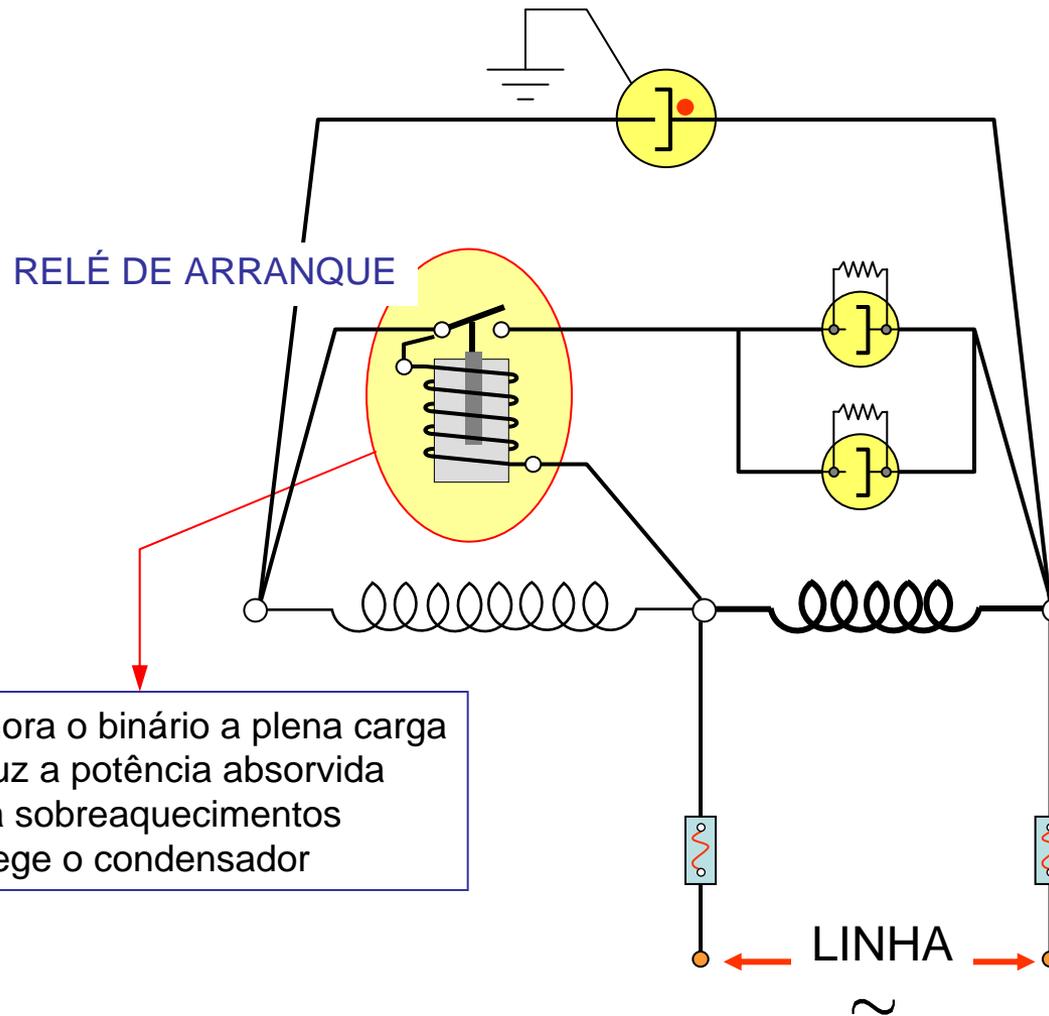
ARRANQUE POR CONDENSADOR



LIGAÇÕES DE UM MOTOR COM CONDENSADORES DE ARRANQUE E MARCHA



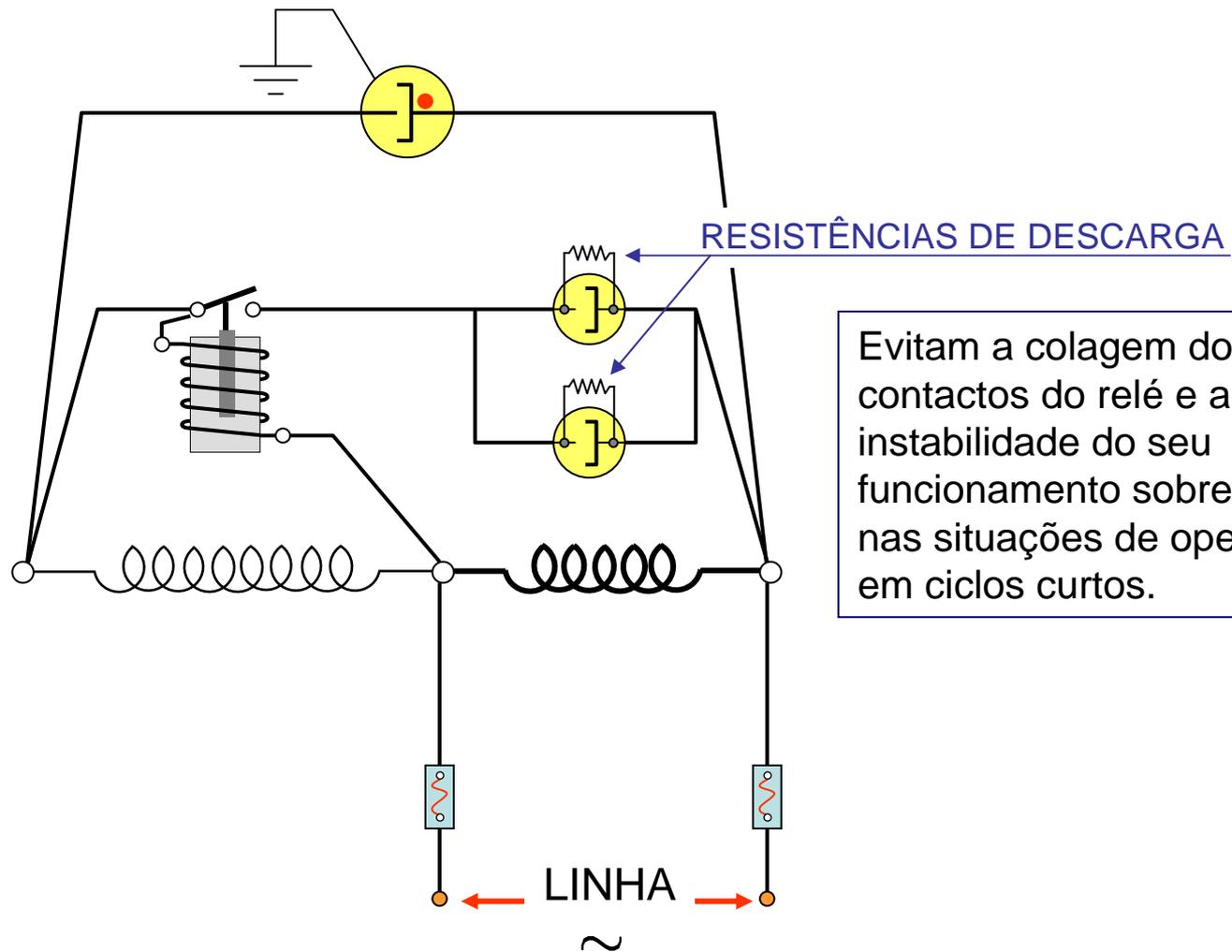
LIGAÇÕES DE UM MOTOR COM CONDENSADORES DE ARRANQUE E MARCHA



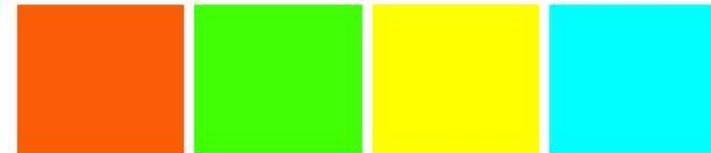
- Melhora o binário a plena carga
- Reduz a potência absorvida
- Evita sobreaquecimentos
- Protege o condensador

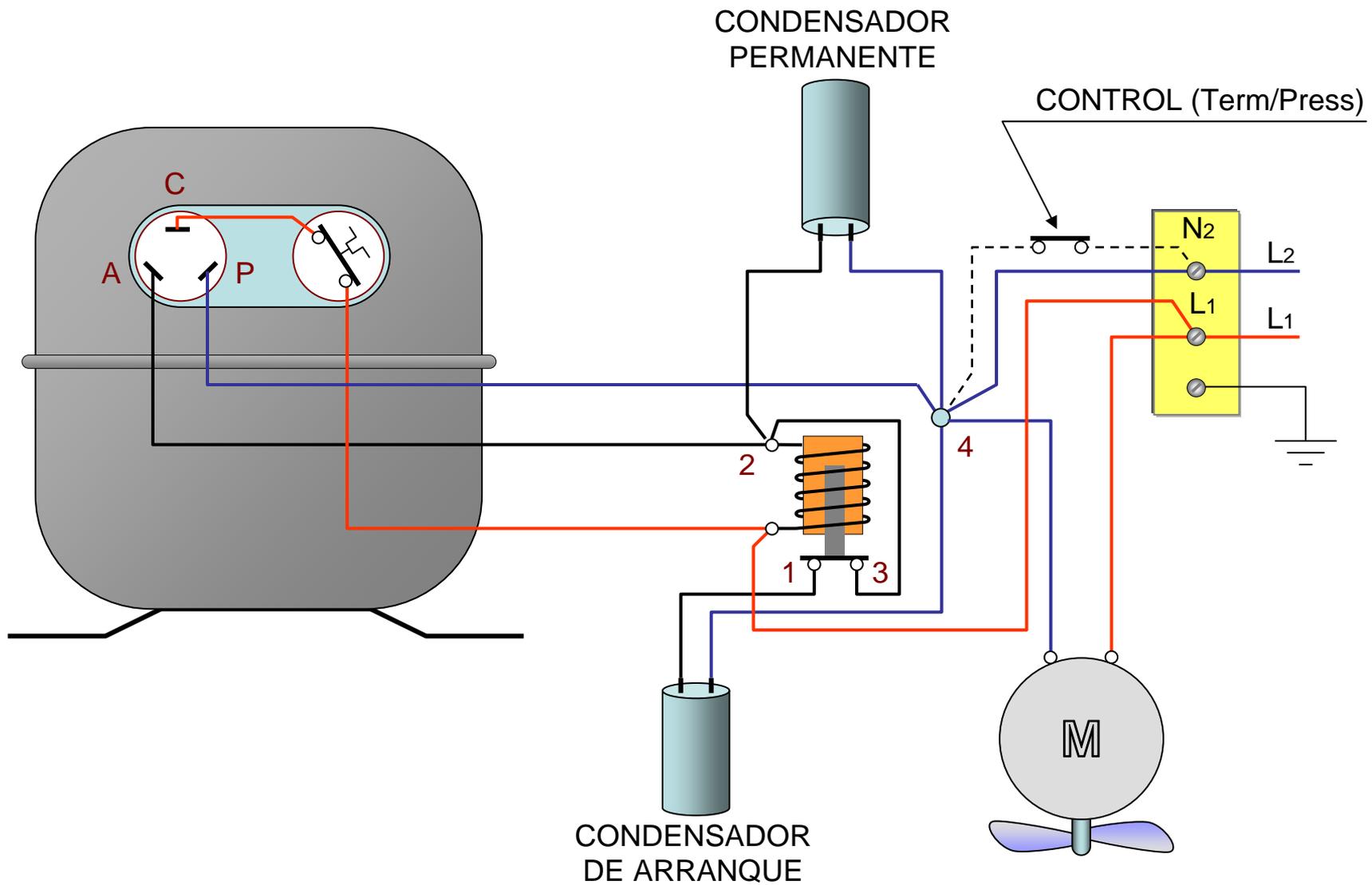


MOTOR COM CONDENSADORES DE ARRANQUE E MARCHA

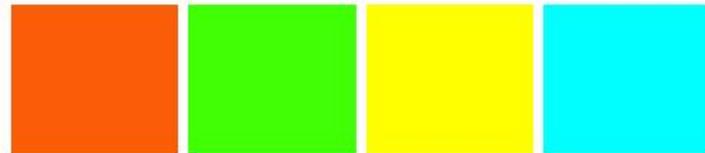


Evitam a colagem dos contactos do relé e a instabilidade do seu funcionamento sobretudo nas situações de operação em ciclos curtos.





TIM III
ELECTRICIDADE



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.

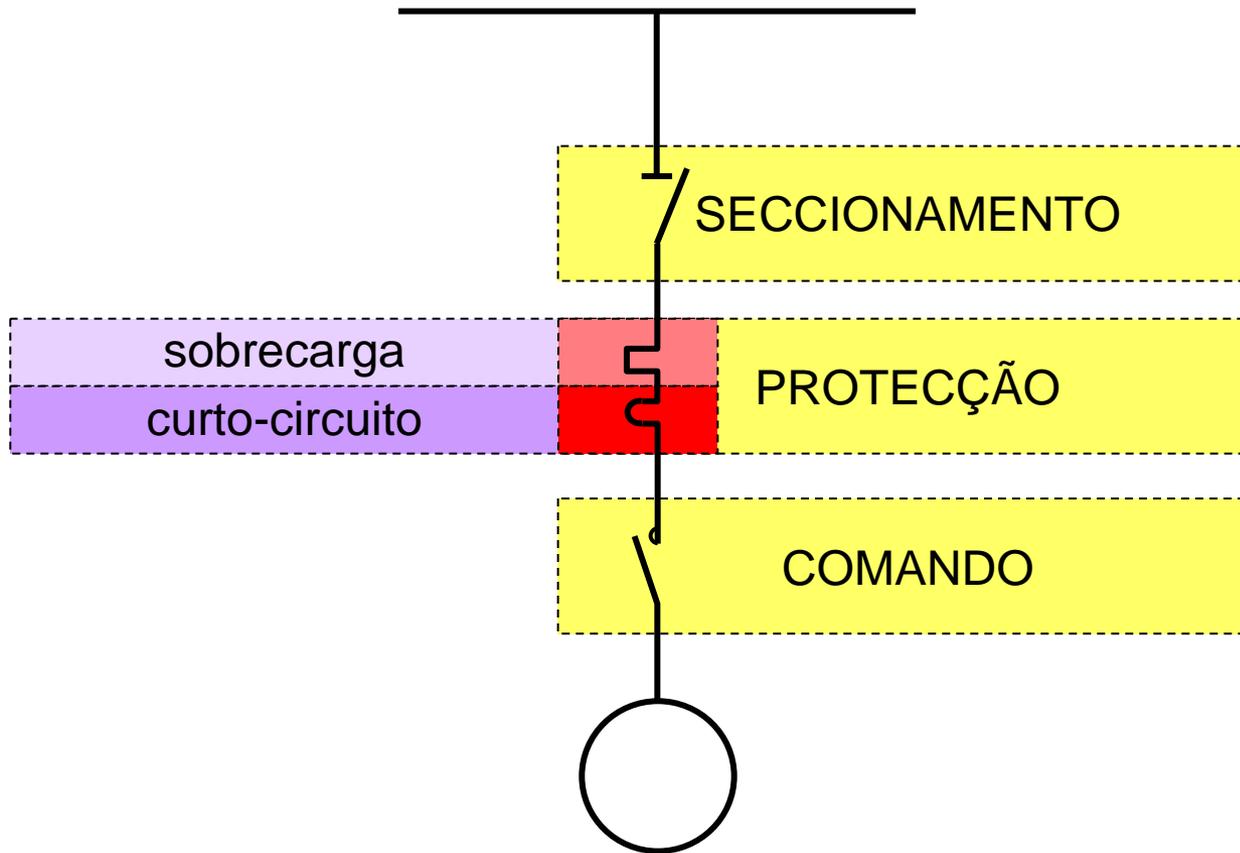
Se estes últimos giram à mesma velocidade que o campo magnético do estator a posição relativa de ambos seria sempre a mesma, não havendo corte das linhas de força e, como tal, não haveria indução magnética no rotor e por conseguinte forças de atracção e repulsão que são a causa do movimento.

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

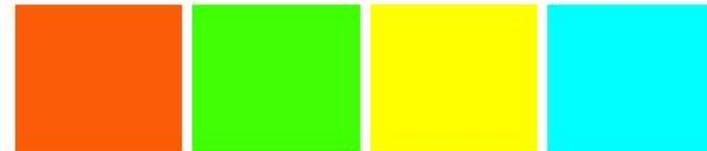


SISTEMAS DE ACCIONAMENTO ELECTROMECHANICO

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.

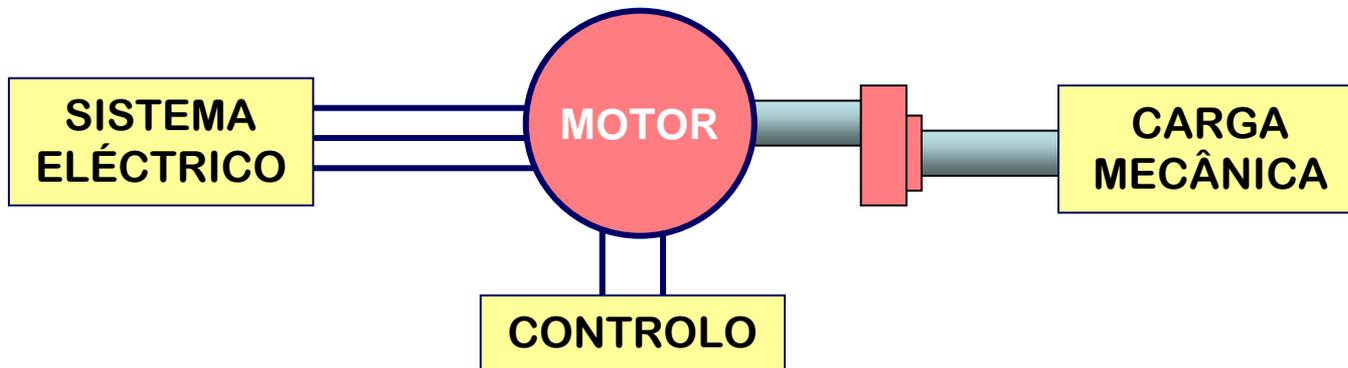
Normalmente empregam motores de indução (monofásicos ou trifásicos)



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, nºde fases, etc.

Aspectos ambientais

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

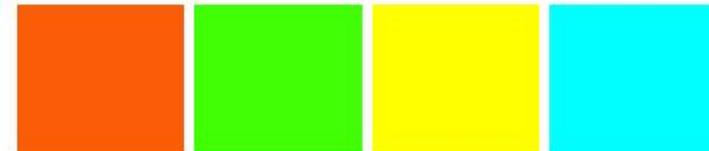
Características da máquina

Potência necessária, velocidade, tipo de máquina, etc.

Condições de operação

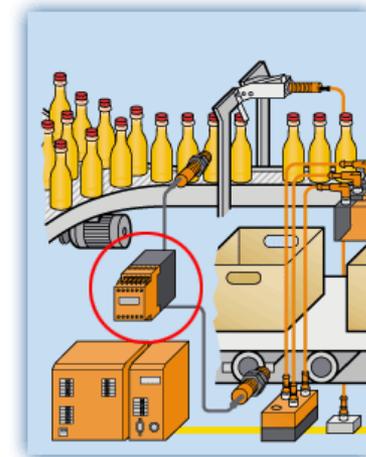
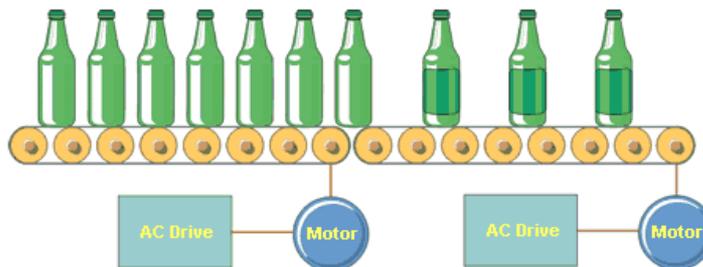
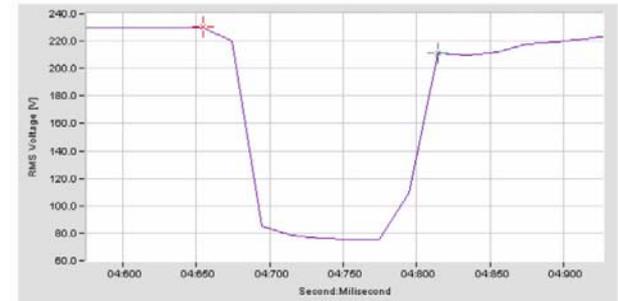
Frequência de arranques, tipo de travagem, etc.

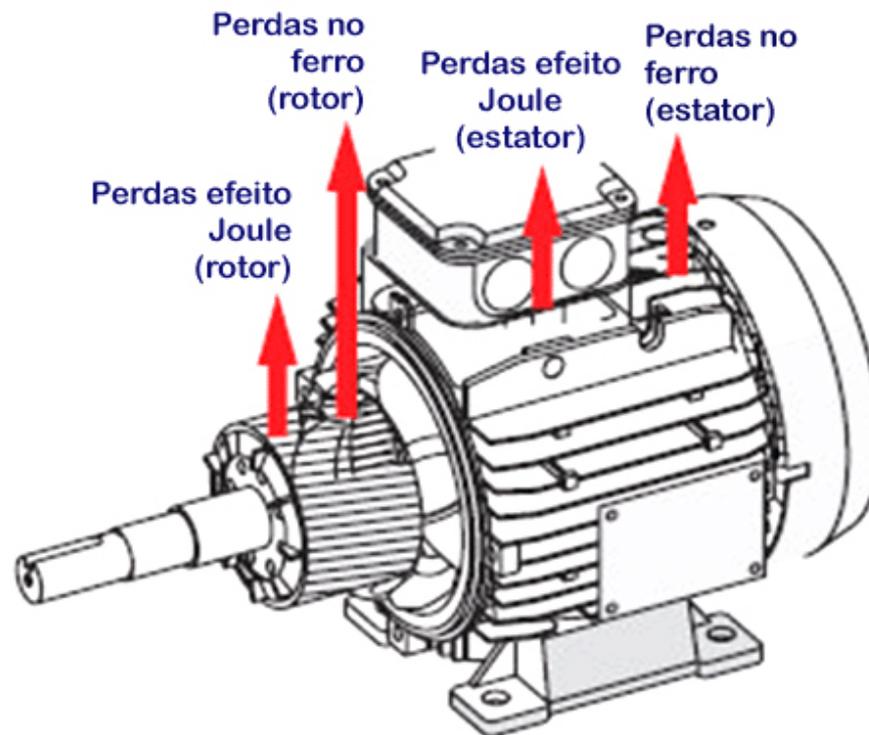
É necessário analisar os binários resistentes e de arraste, impostos pelos diversos tipos de cargas, de modo a evitar problemas, como sejam: vibrações, aquecimento, desgaste prematuro, etc.



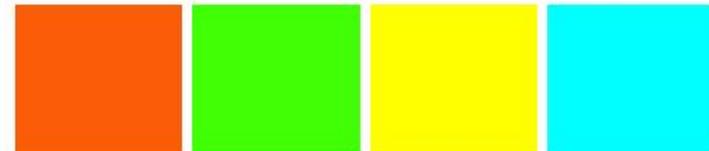
NECESSIDADE DE CONTROLO DOS MOTORES

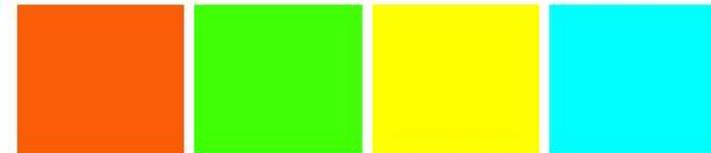
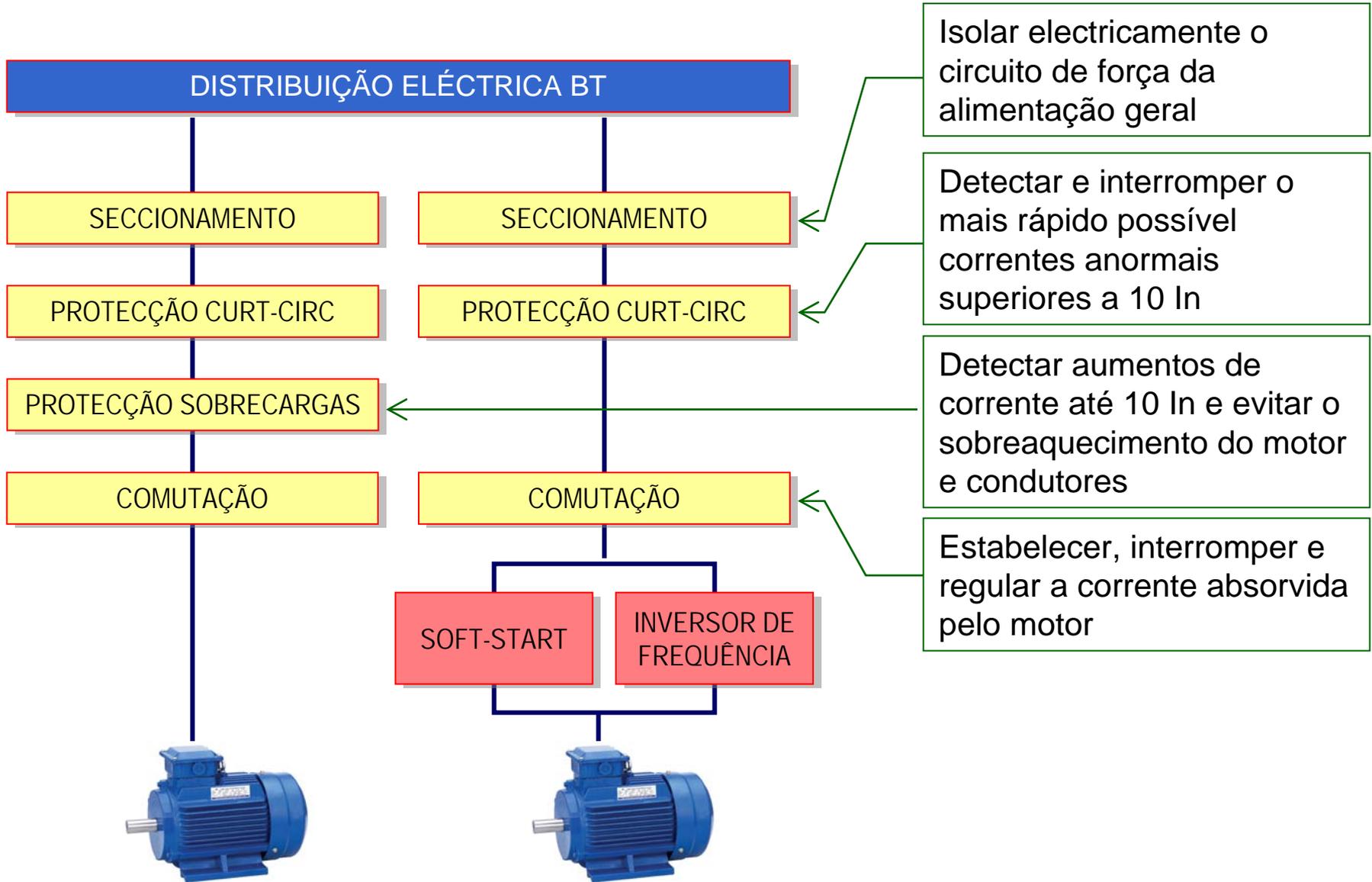
- Controlar correntes de arranque (“cavas de tensão”, regulamentação, etc.)
- Arranques suaves (elevadores, esteiras rolantes, etc.)
- Adequação de binário de aceleração
- Gestão de energia eléctrica (redução de velocidade vs dimensão de condutas)
- Adequação de velocidades
- ...





TIM III
ELECTRICIDADE





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



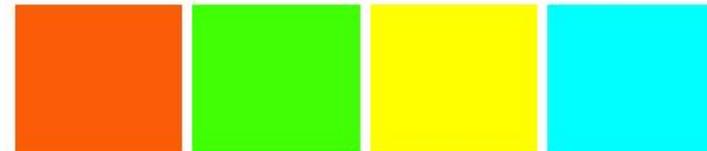
SECCIONADORES

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

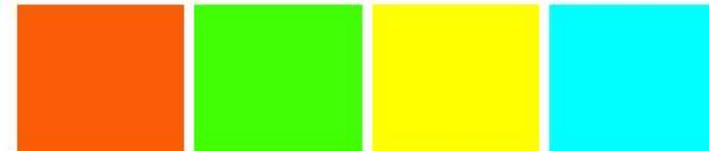
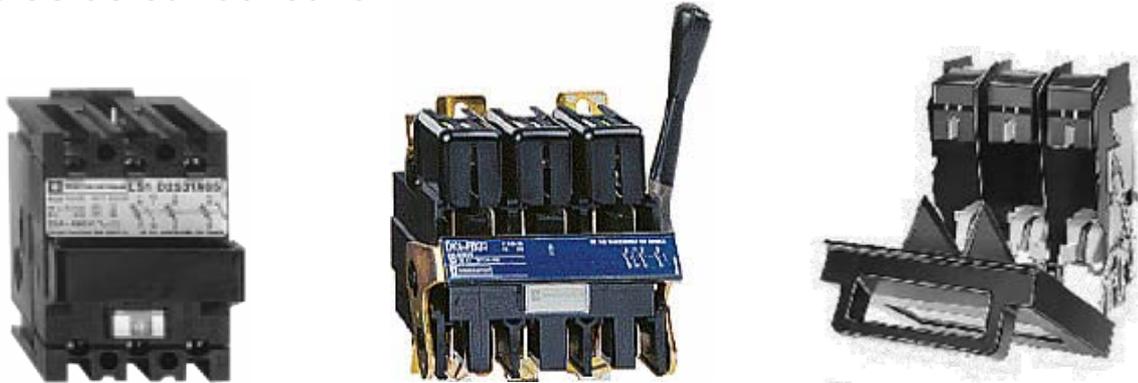


INTERRUPTORES

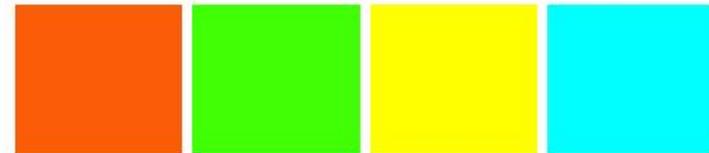
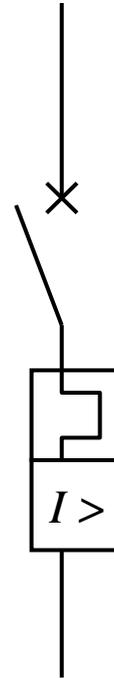
Interruptor: aparelho mecânico de conexão capaz de estabelecer, suportar e interromper a corrente do circuito em condições normais e circunstancialmente em anomalia (curto-circuito, em condições específicas e por tempo determinado)

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

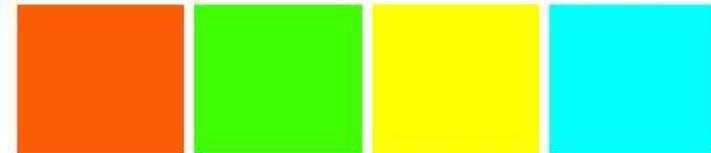
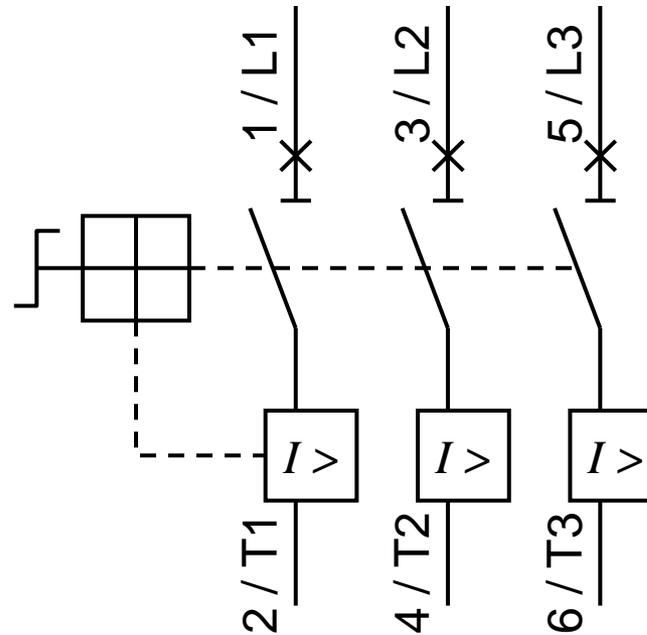
Contactador: aparelho mecânico de ligação com apenas uma posição de repouso estável (aberto ou fechado), capaz de ser accionado por diversas formas de energia, mas não a manual. Podem estabelecer, interromper e suportar correntes normais da instalação e ocasionalmente as de curto-circuito.



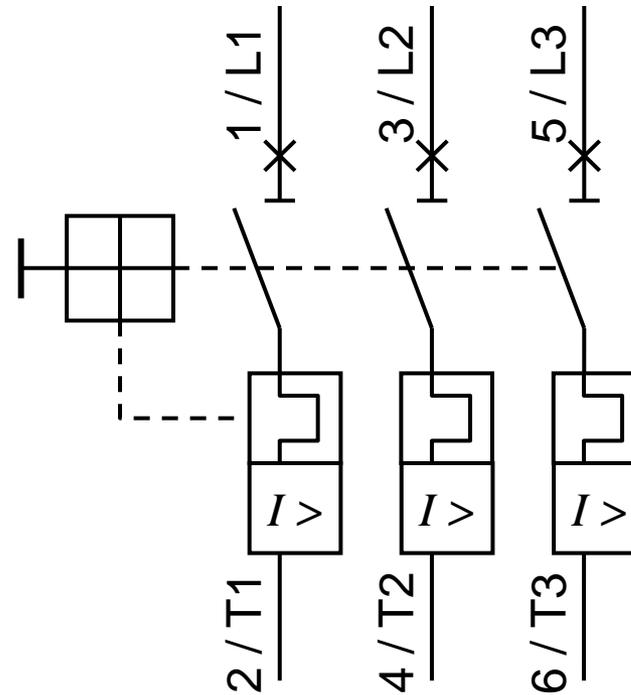
DISJUNTOR MAGNETO-TÉRMICO



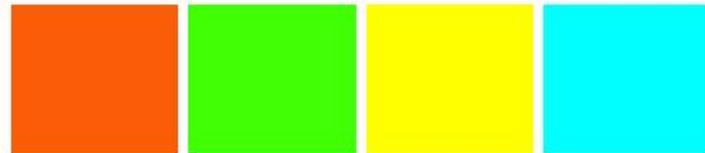
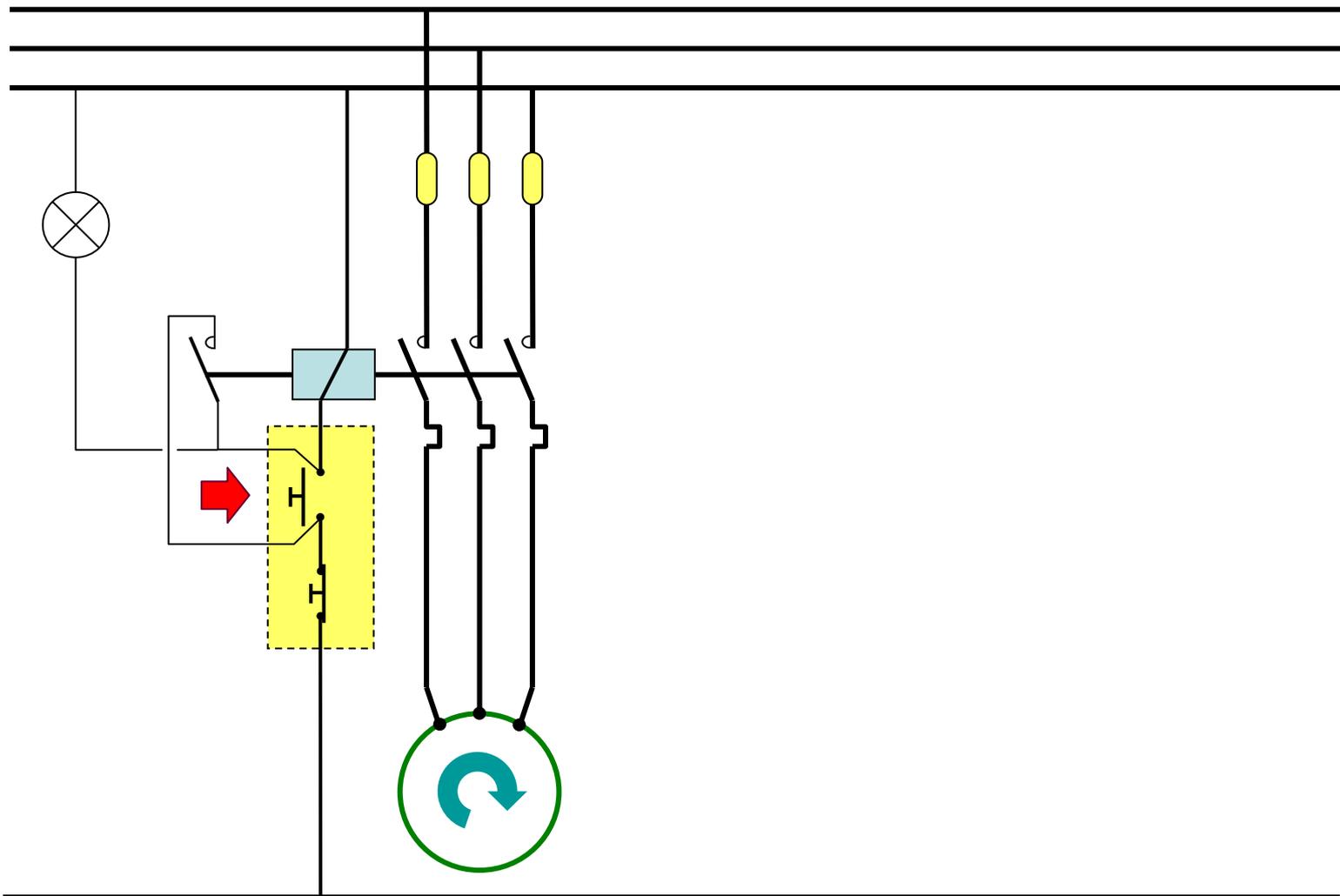
DISJUNTOR-MOTOR MAGNÉTICO



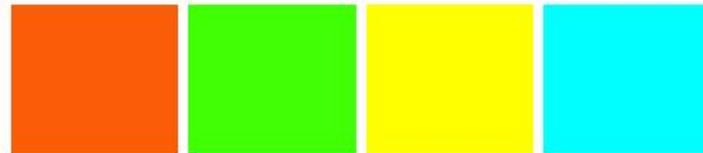
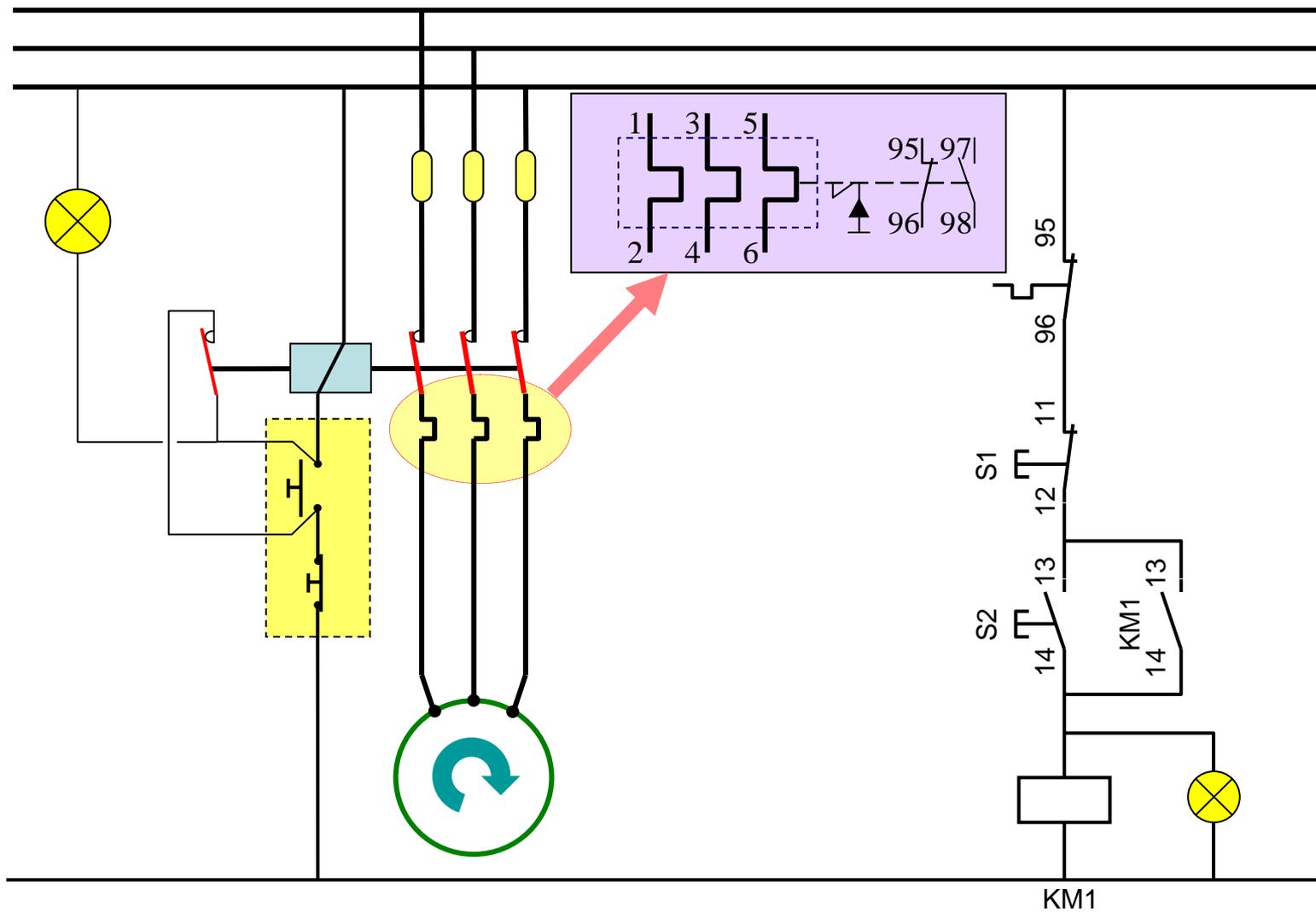
DISJUNTOR-MOTOR MAGNETO-TÉRMICO



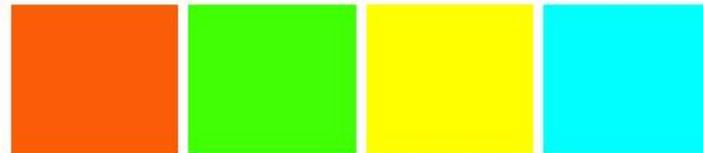
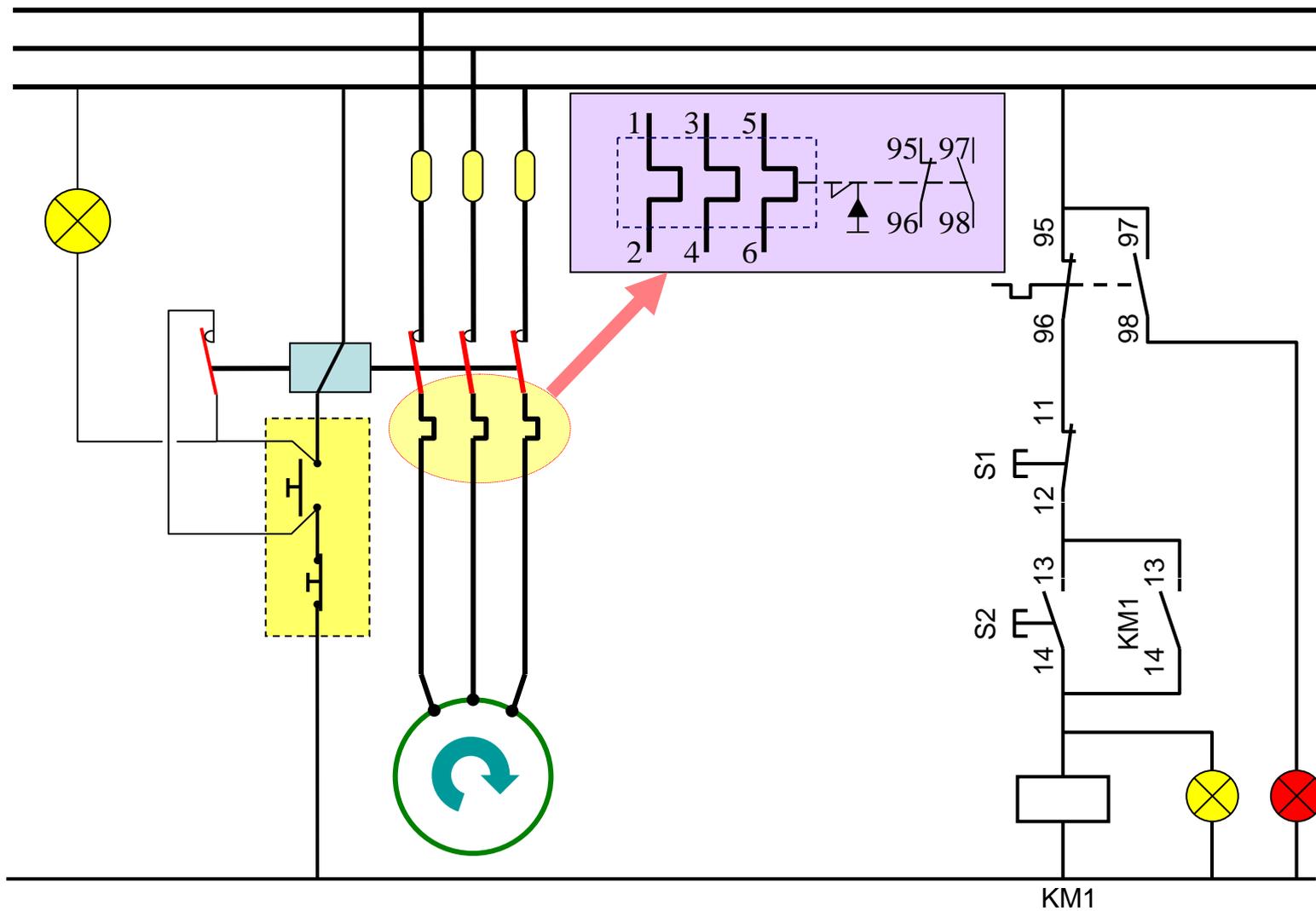
ARRANQUE DIRECTO COM AUTOALIMENTAÇÃO DO CONTACTOR



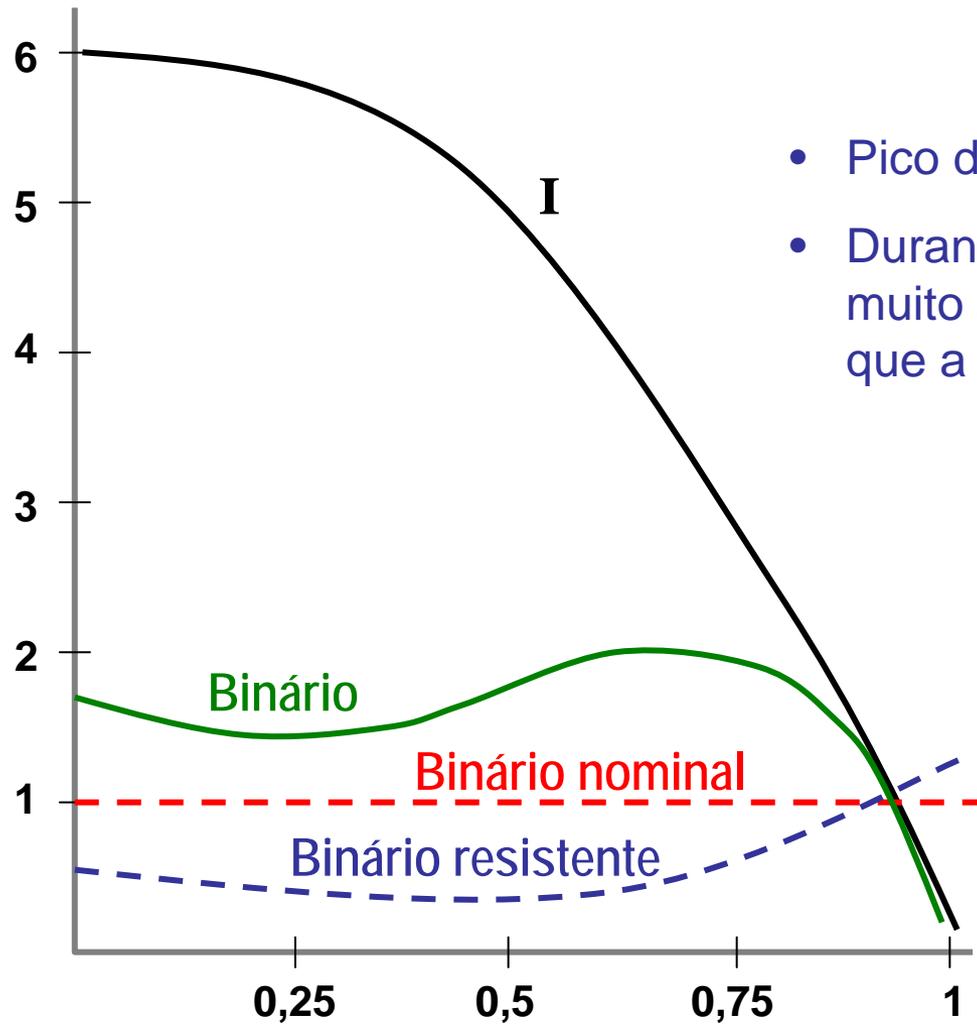
ARRANQUE DIRECTO COM AUTOALIMENTAÇÃO DO CONTACTOR



ARRANQUE DIRECTO COM AUTOALIMENTAÇÃO DO CONTACTOR



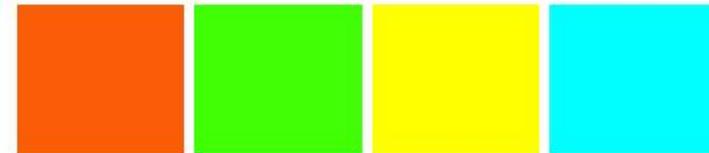
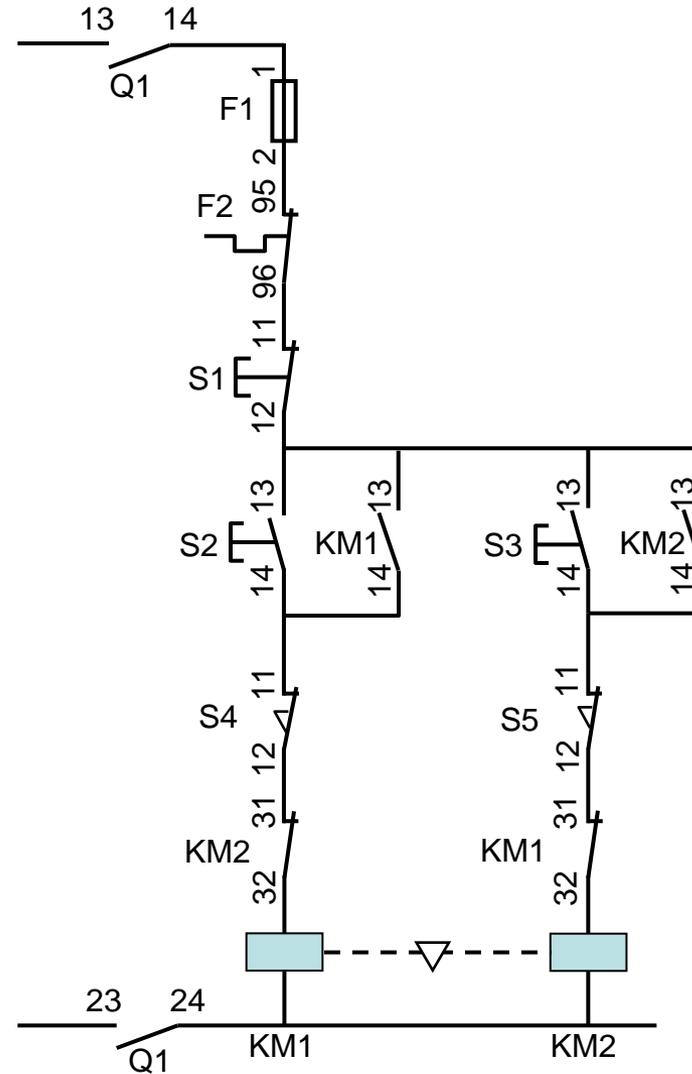
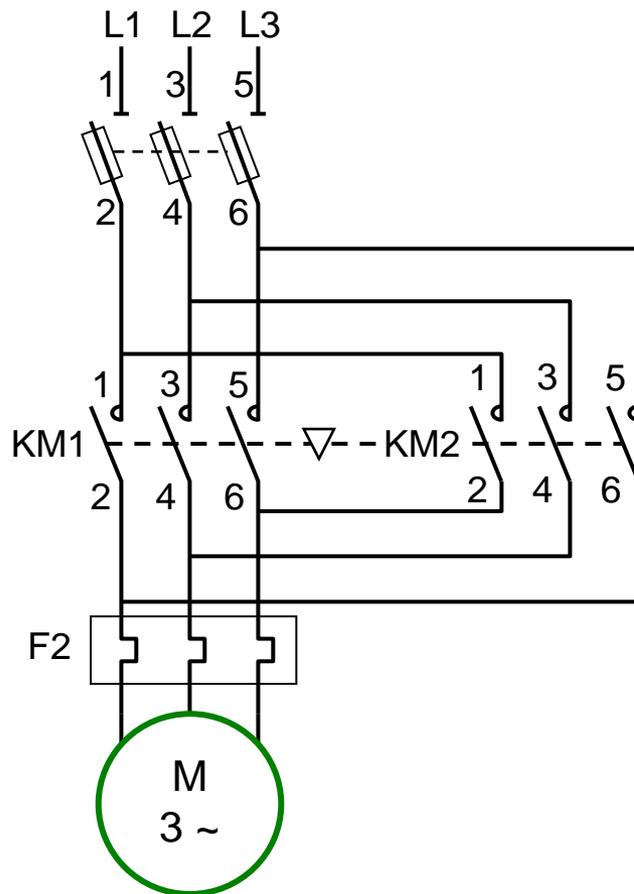
ARRANQUE DIRECTO A PLENA TENSÃO

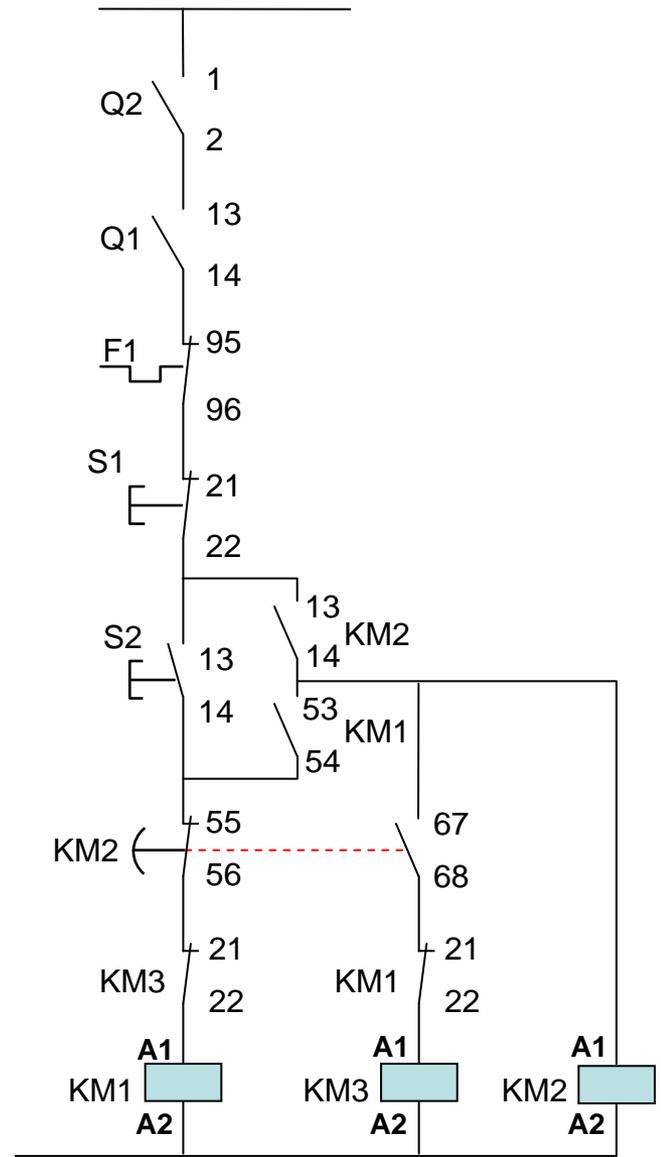
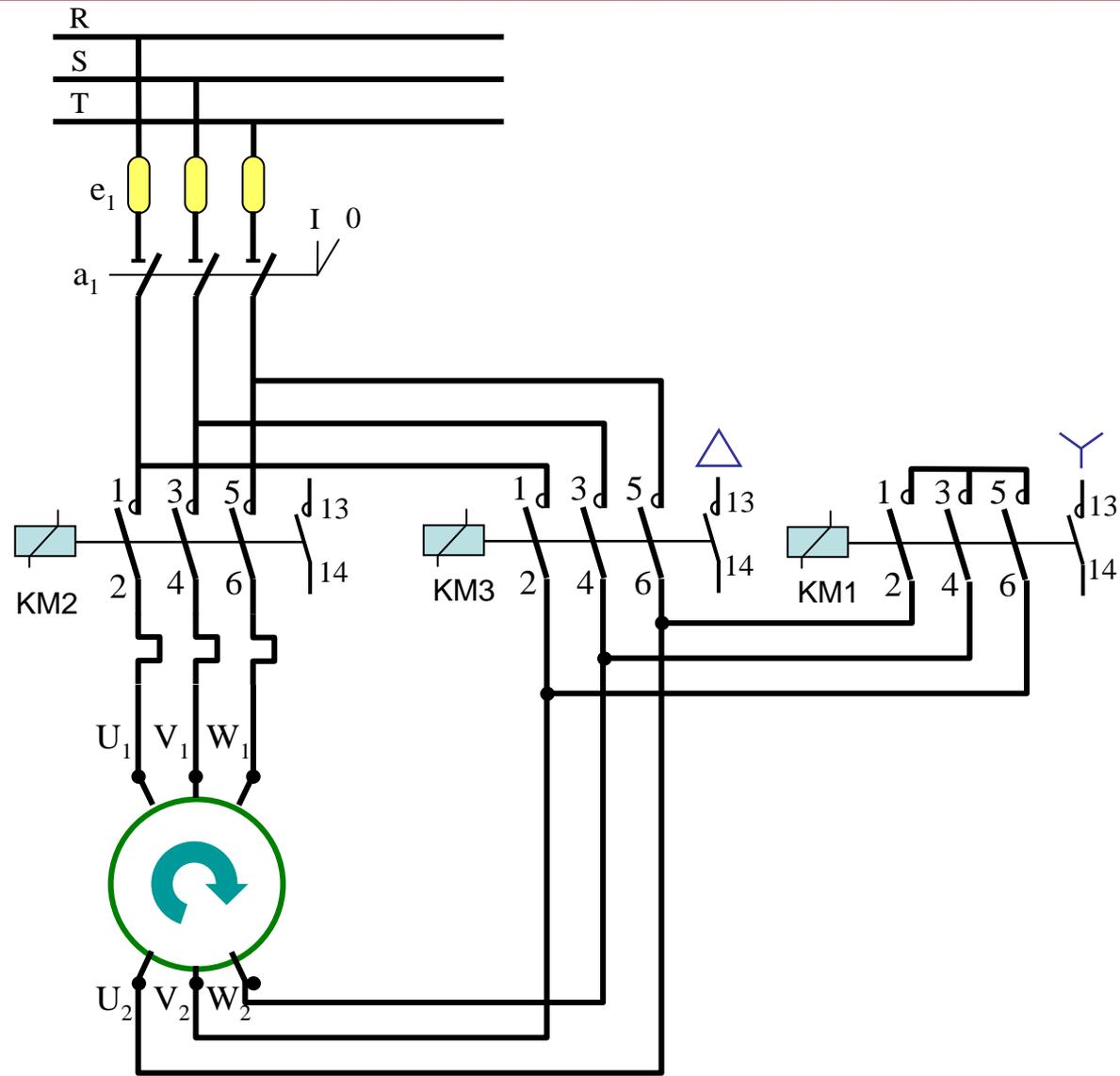


- Pico de corrente elevado
- Durante o arranque o binário permanece muito superior ao nominal, permitindo que a máquina acelere com rapidez.

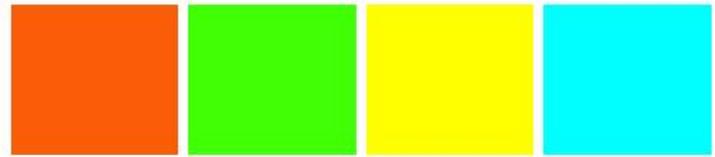


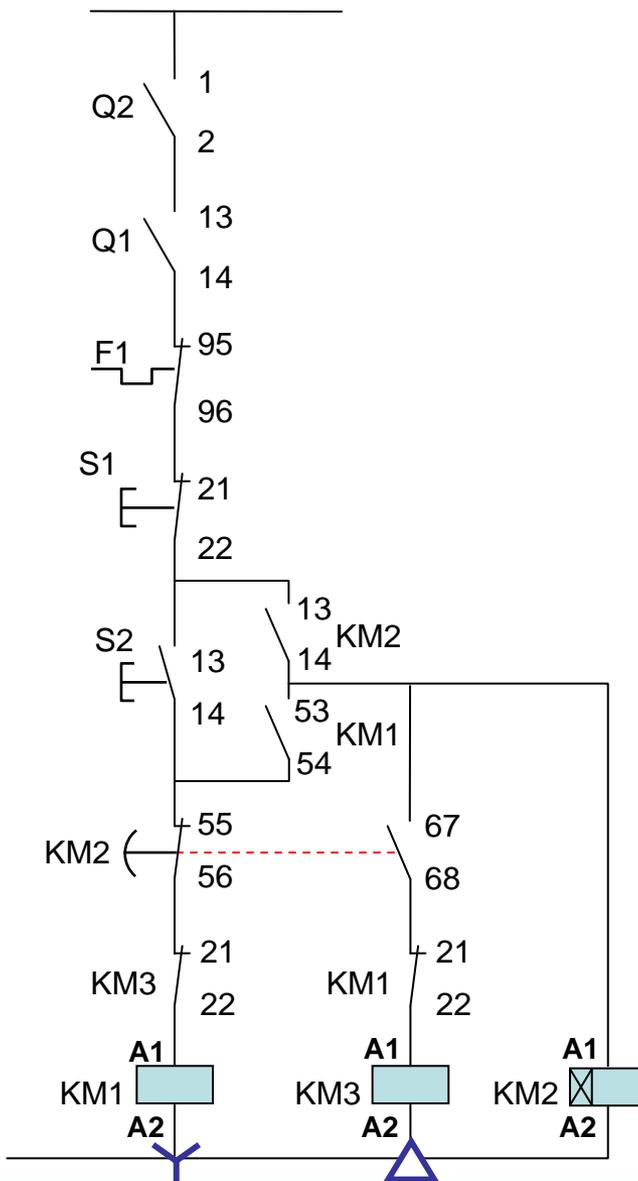
ARRANQUE DIRECTO E INVERSÃO DE MARCHA



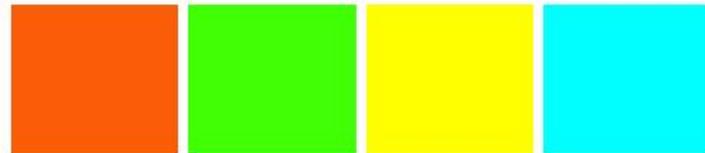


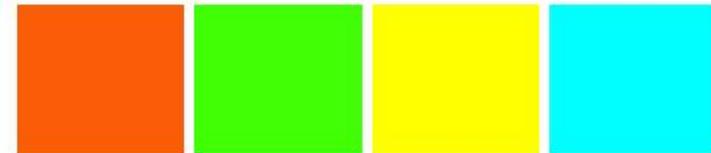
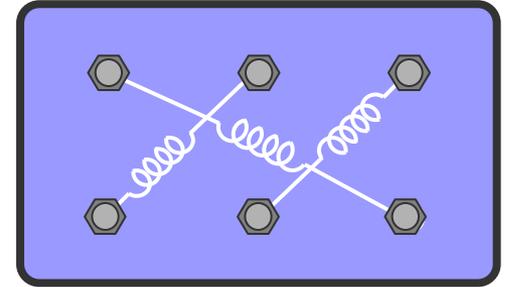
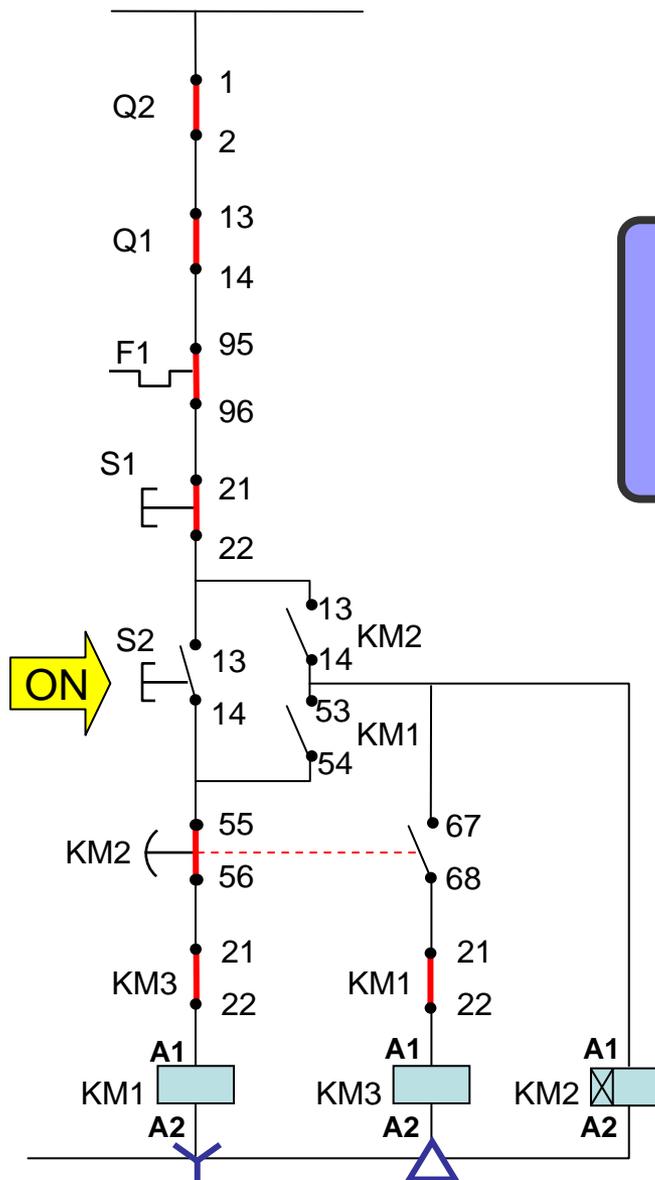
TIM III
ELECTRICIDADE

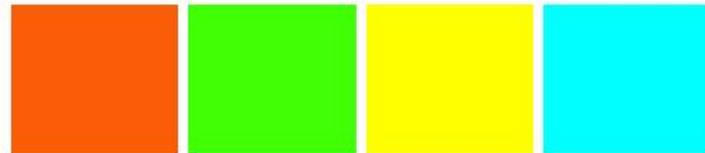
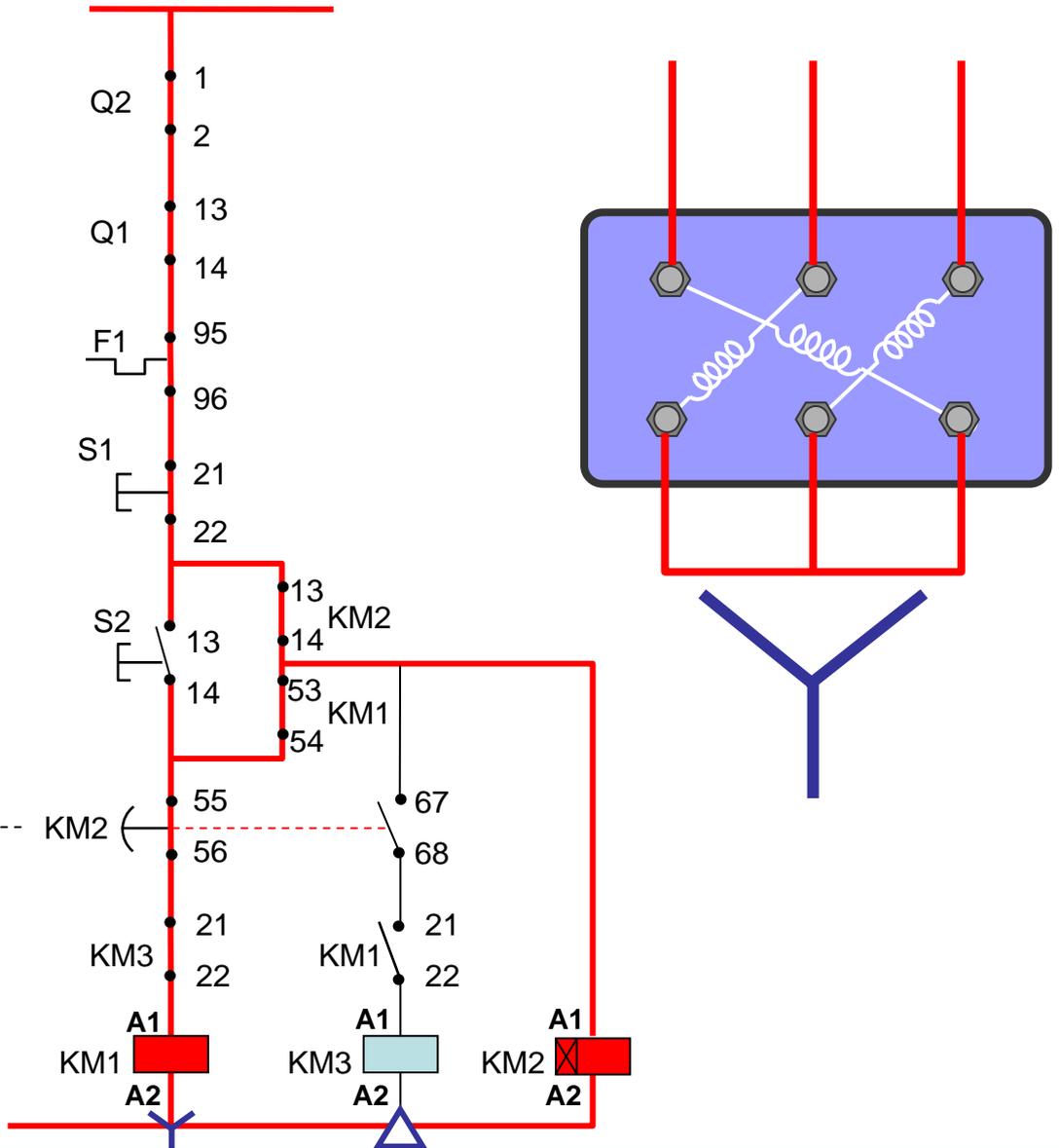
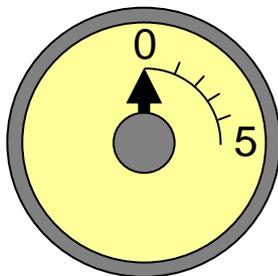


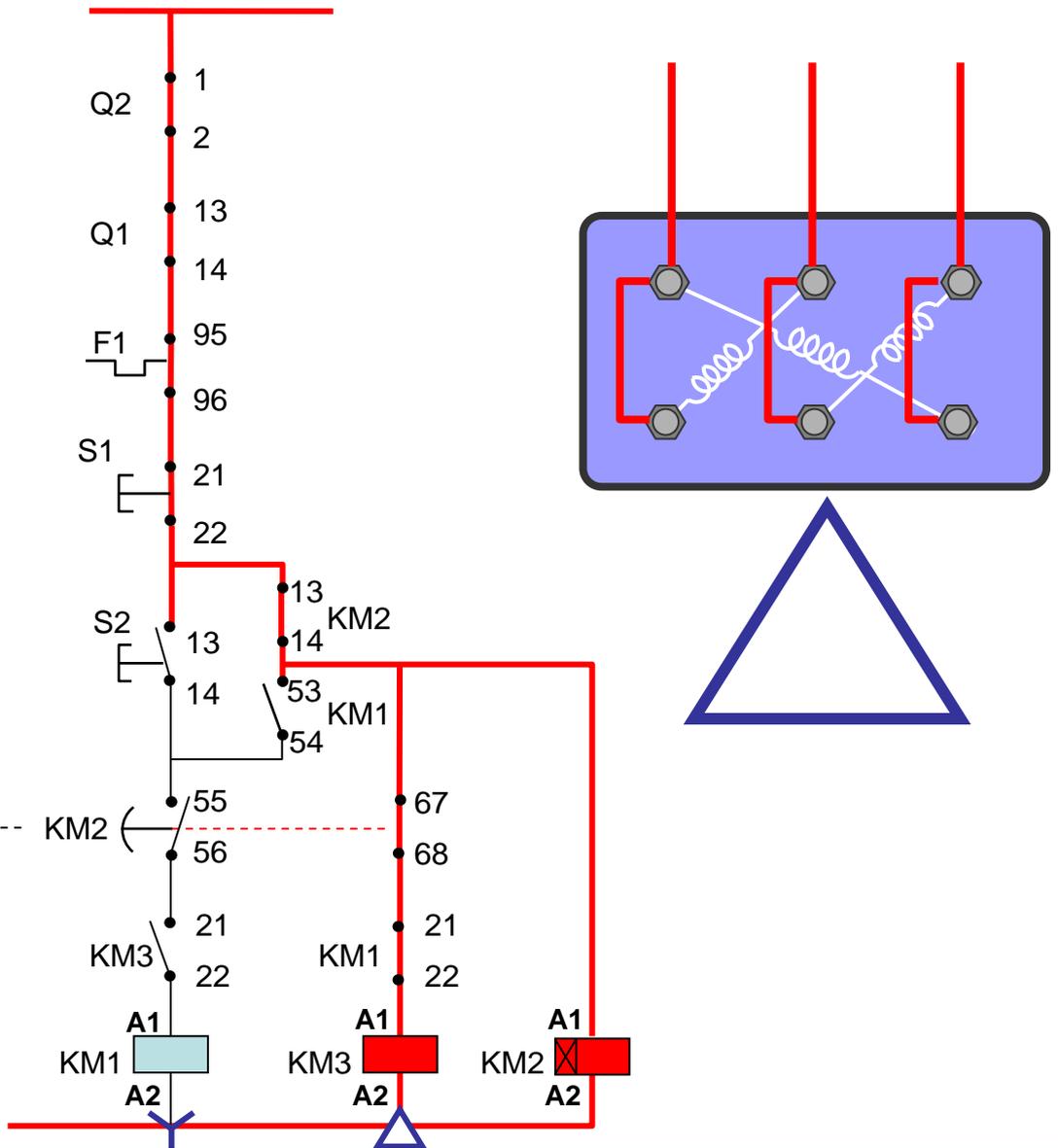
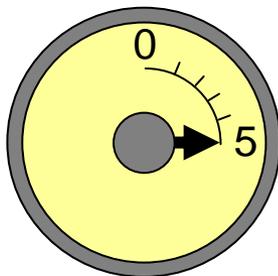


TIM III
ELECTRICIDADE

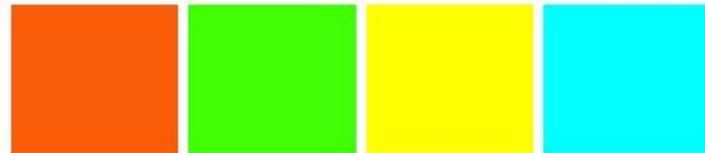




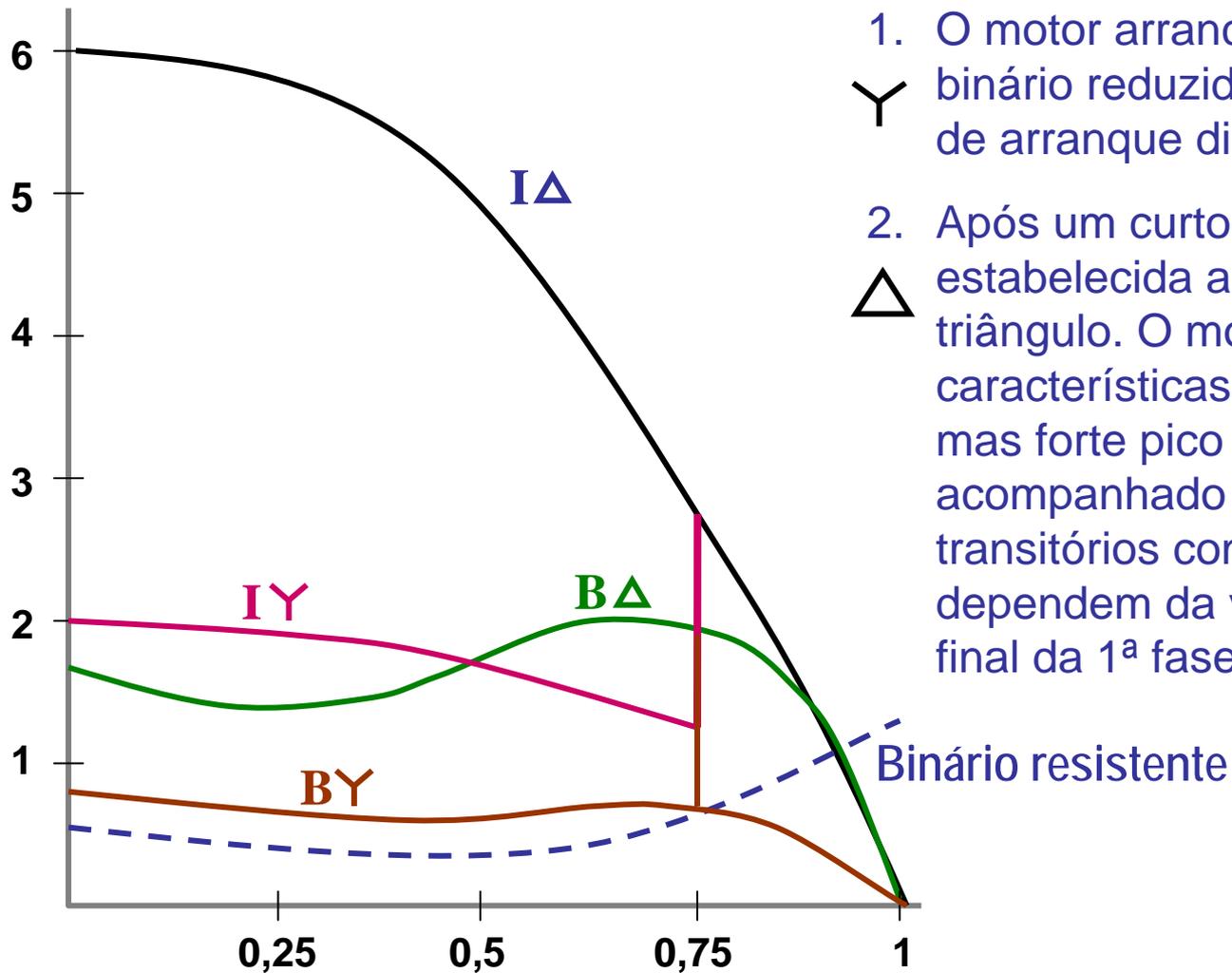




TIM III
ELECTRICIDADE

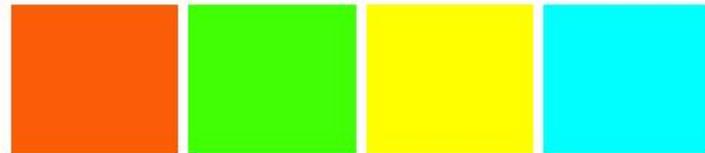


ARRANQUE

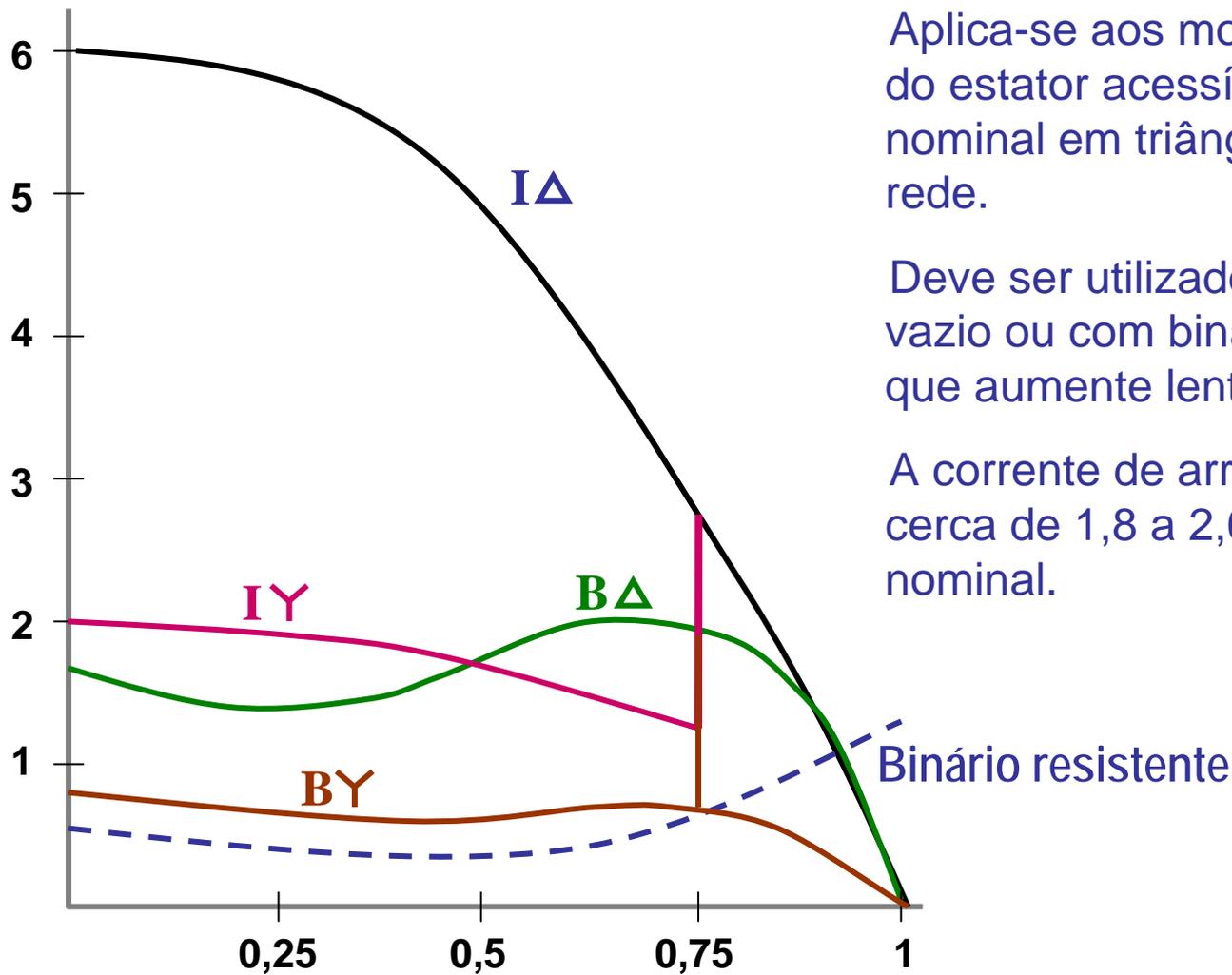


1. O motor arranca c/pico de corrente e binário reduzidos a 1/3 dos valores de arranque directo.

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.

ARRANQUE



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

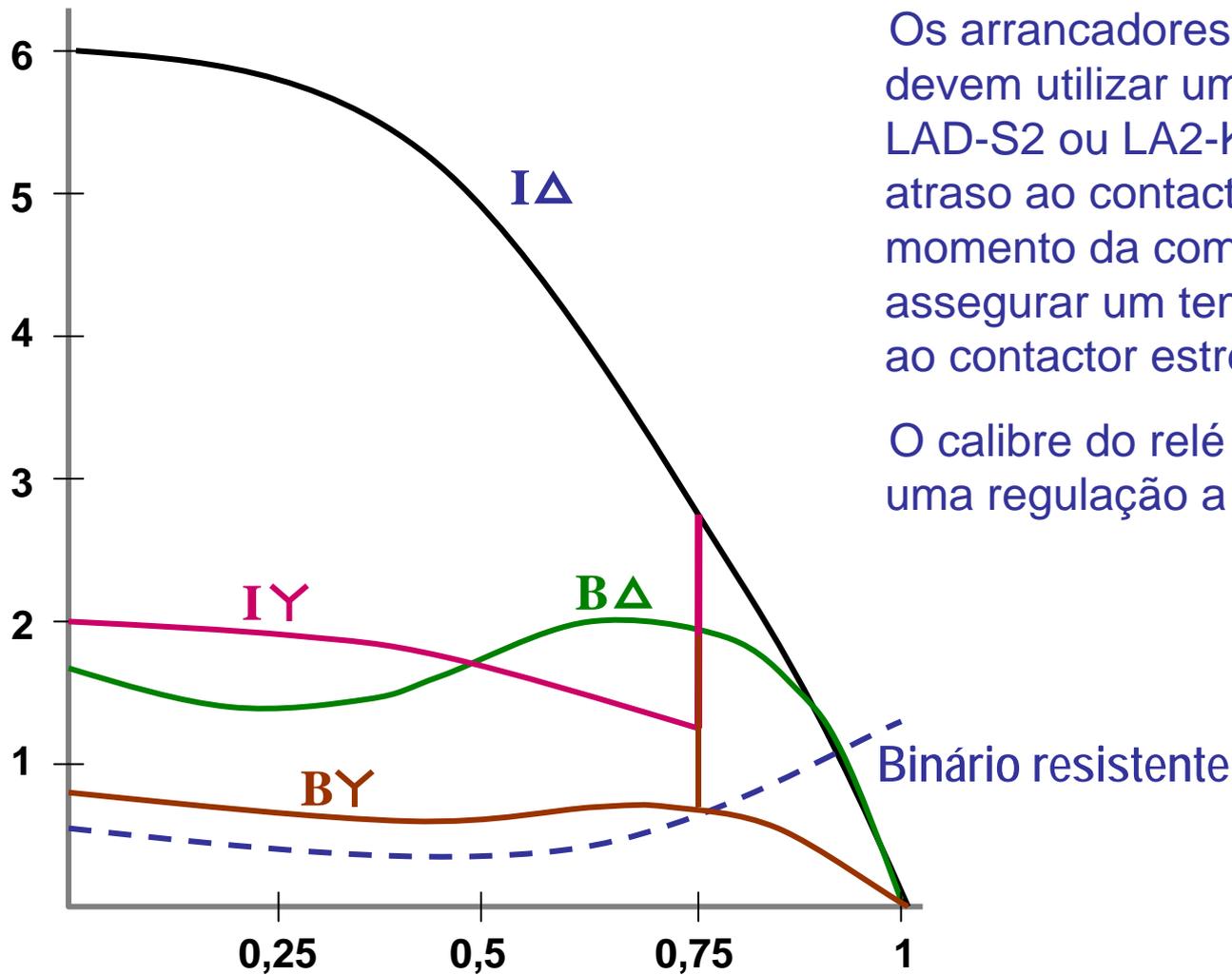
Deve ser utilizado para arranques em vazio ou com binário resistente reduzido que aumente lentamente.

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

Binário resistente

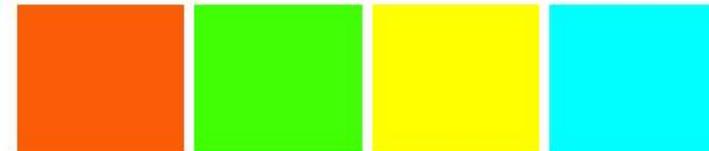


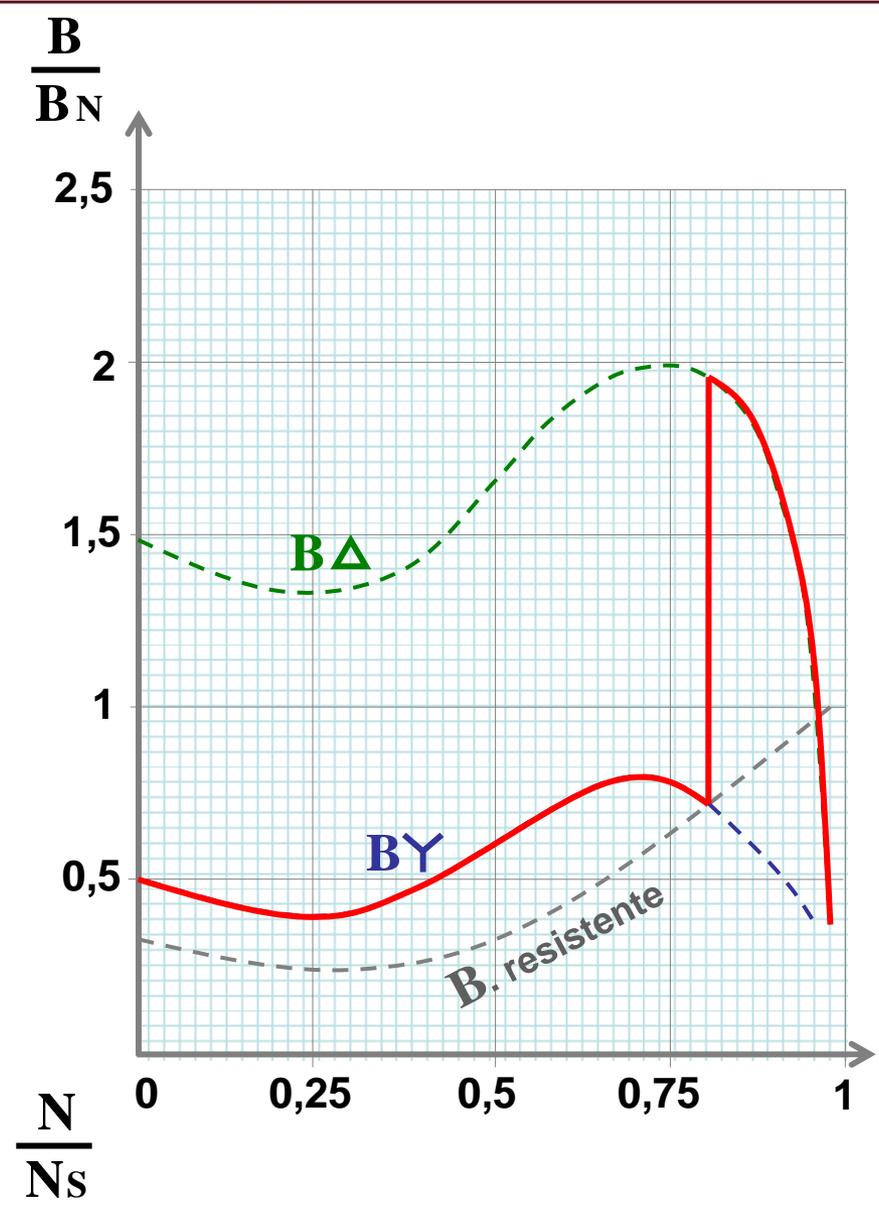
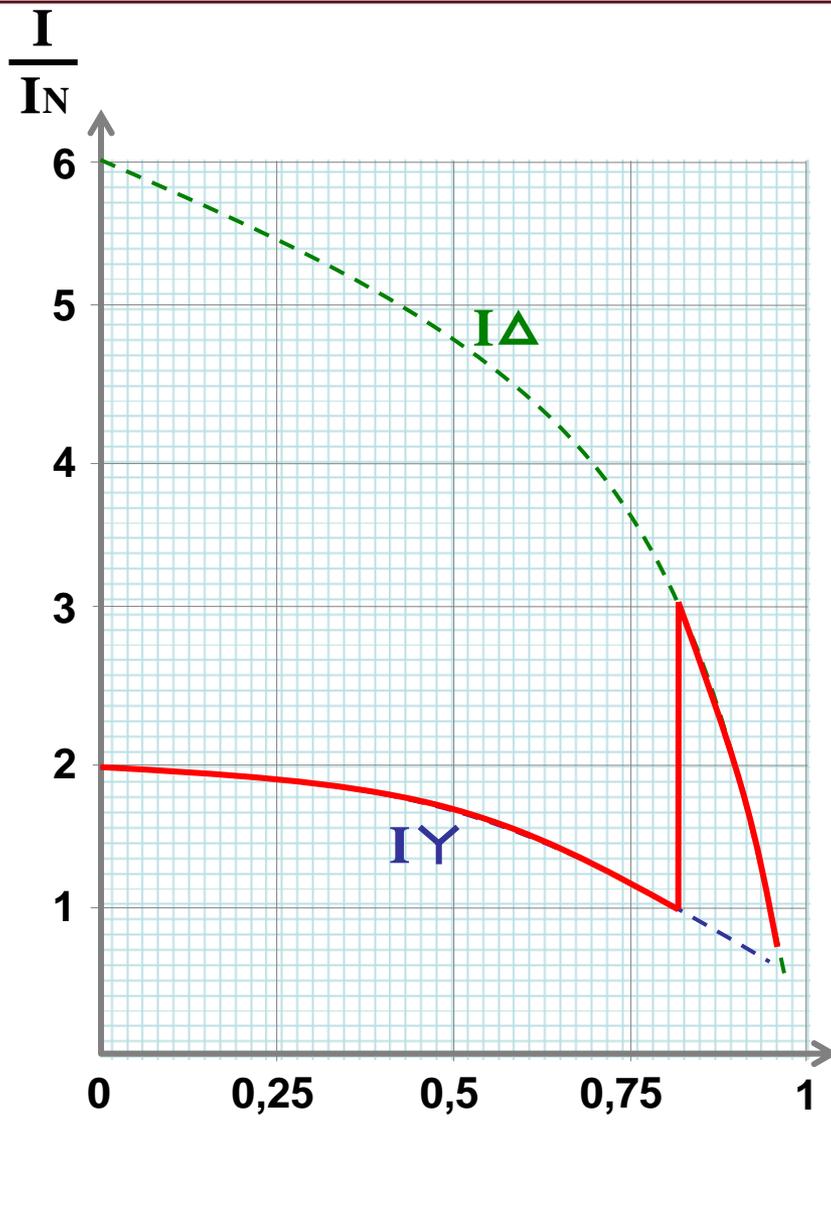
ARRANQUE



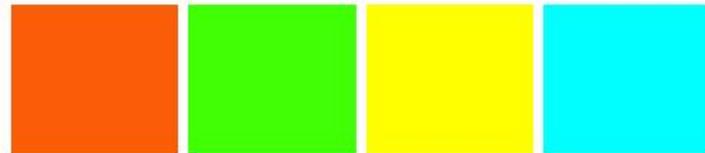
Os arrancadores estrela-triângulo devem utilizar um temporizador especial LAD-S2 ou LA2-KT2p que impõe um atraso ao contactor triângulo no momento da comutação, de forma a assegurar um tempo de corte suficiente ao contactor estrela.

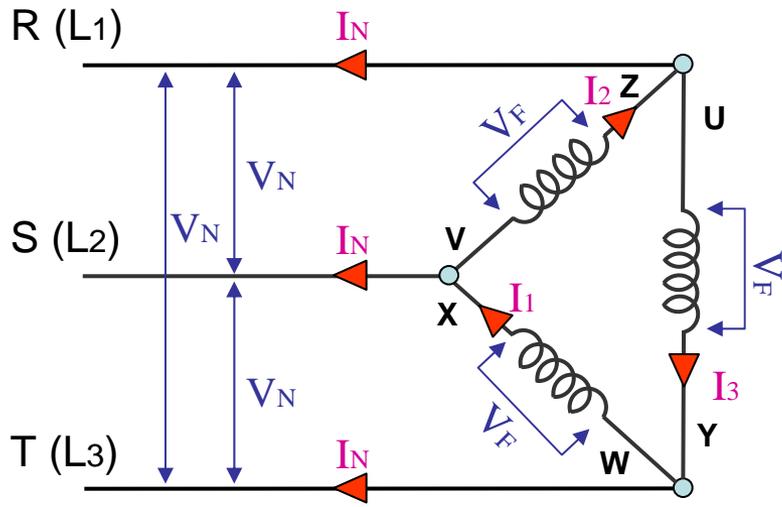
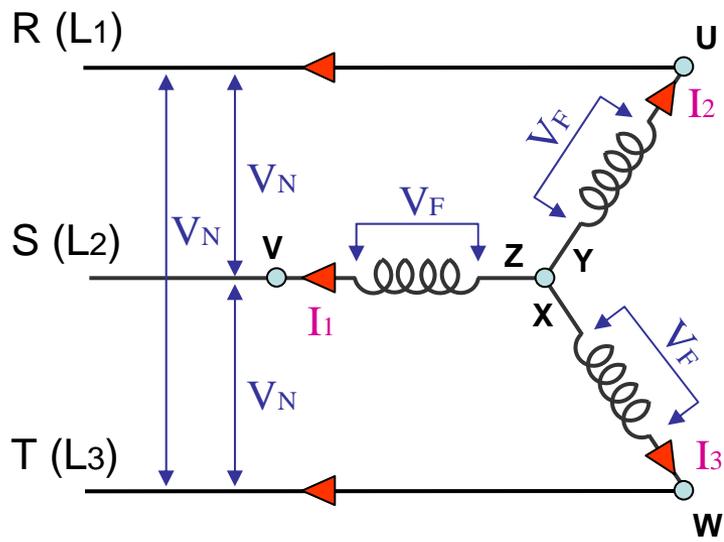
O calibre do relé térmico deve permitir uma regulação a **0,58 I_N**



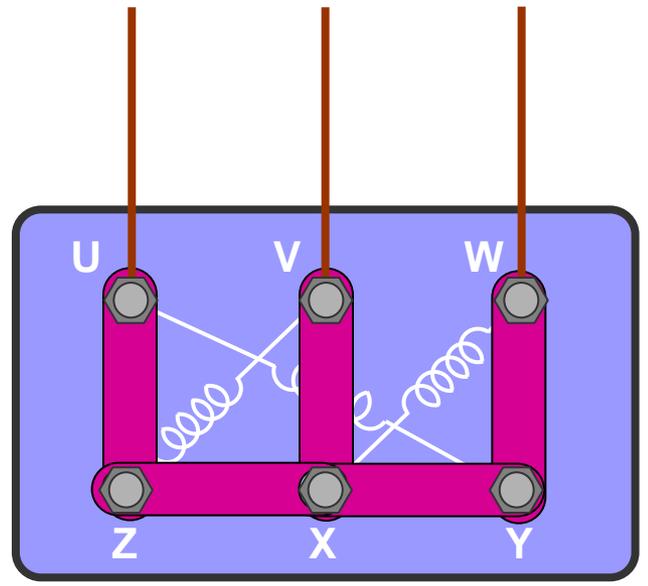


TIM III
ELECTRICIDADE

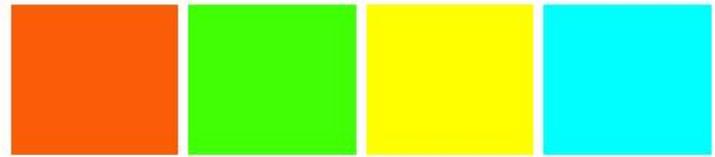




$$V_N = 400 \text{ V} \quad V_F = \frac{400}{\sqrt{3}} \quad I_N = I_F$$

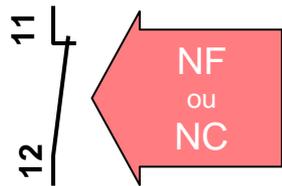


$$V_N = V_F = 400 \text{ V} \quad I_Y = \frac{1}{3} I_\Delta$$

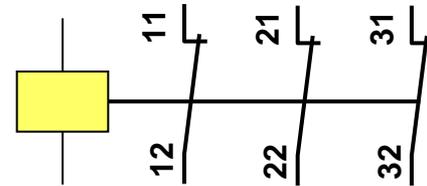
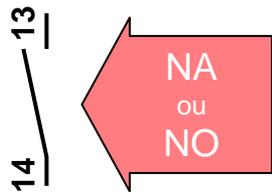


CONTACTOS AUXILIARES

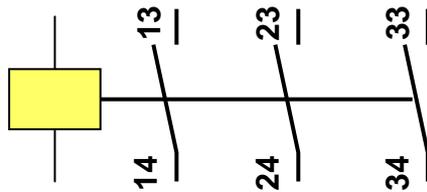
de abertura



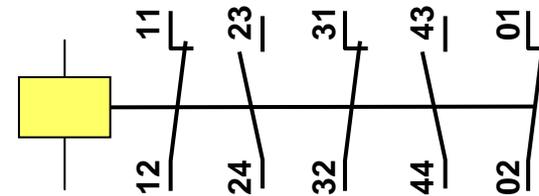
de fecho



no contactor

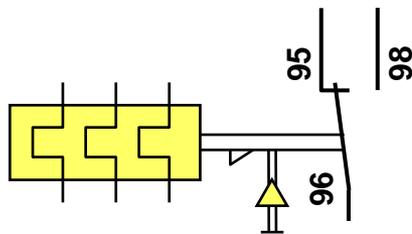


agrupamento num contactor

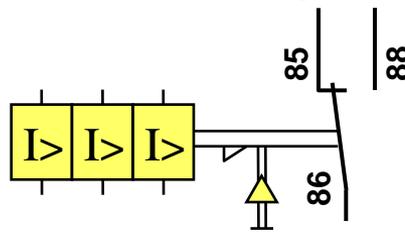


Se houver mais que 4 contactos não se utiliza o 5 mas sim o 0

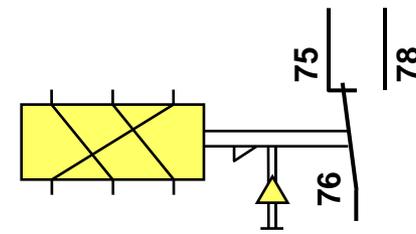
contactos de protecção



relé térmico



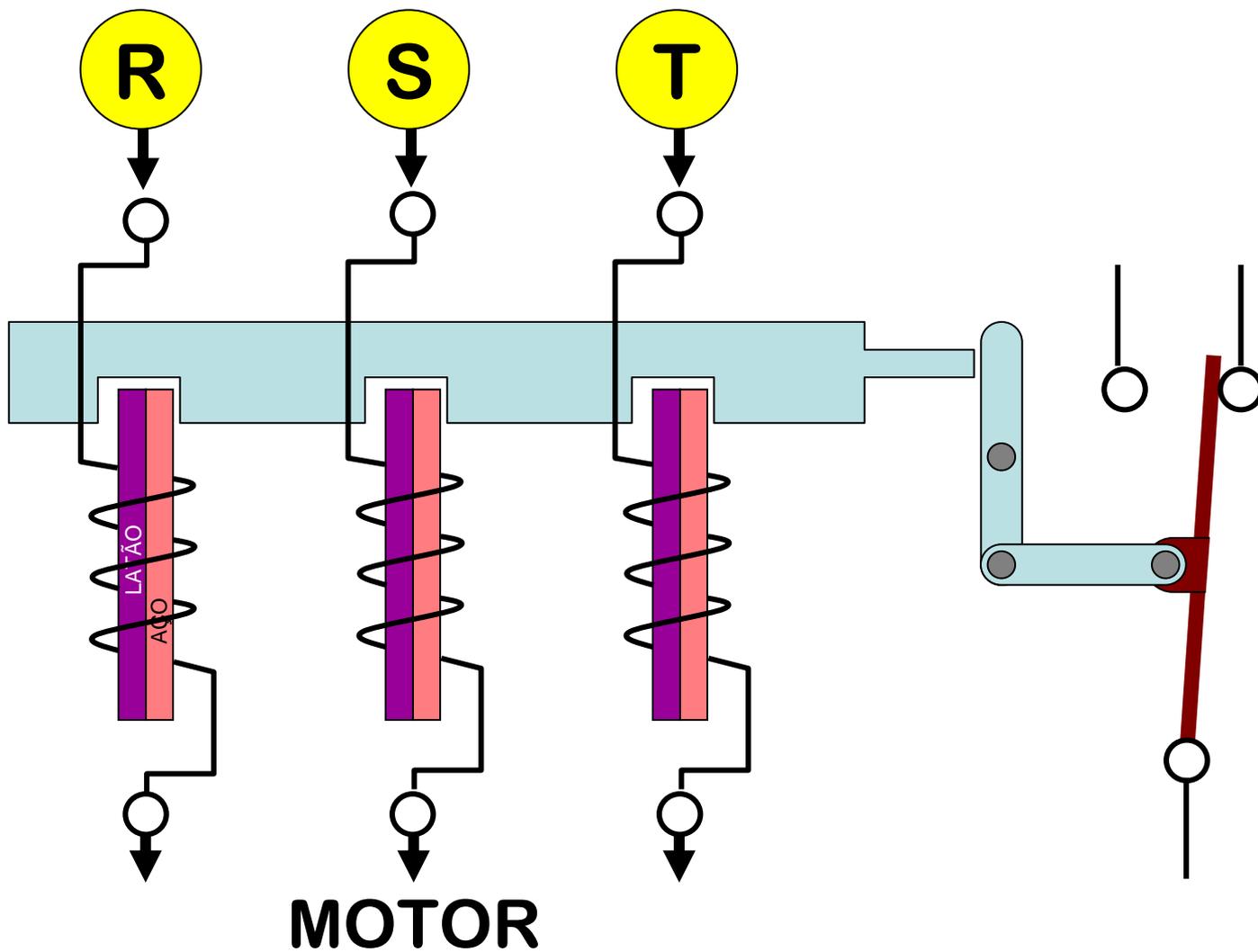
relé electromagnético



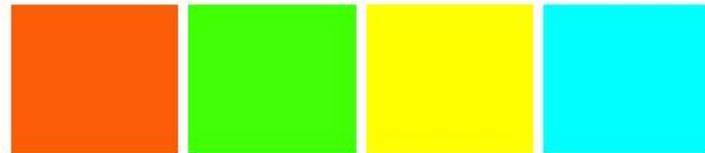
relé de falta de fase

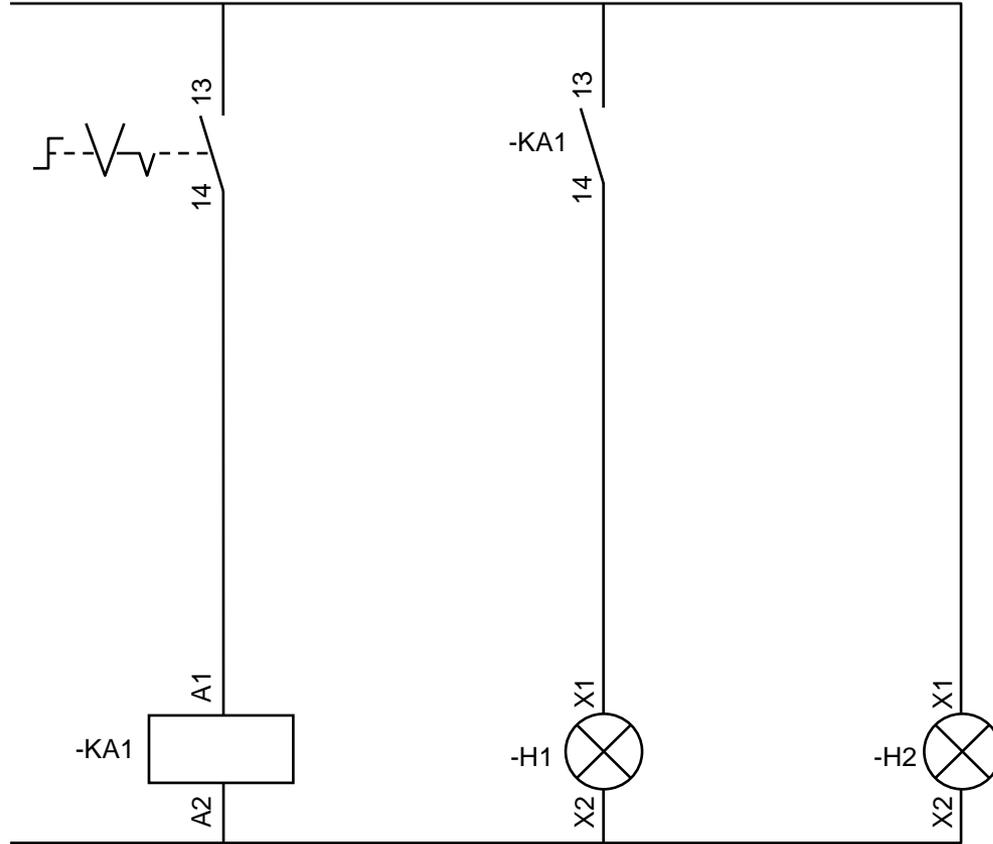


RELÉ TÉRMICO

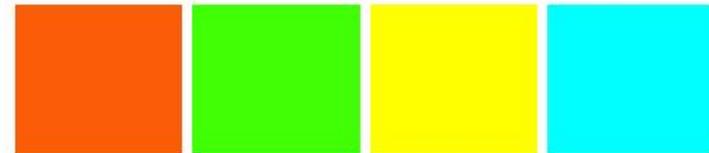


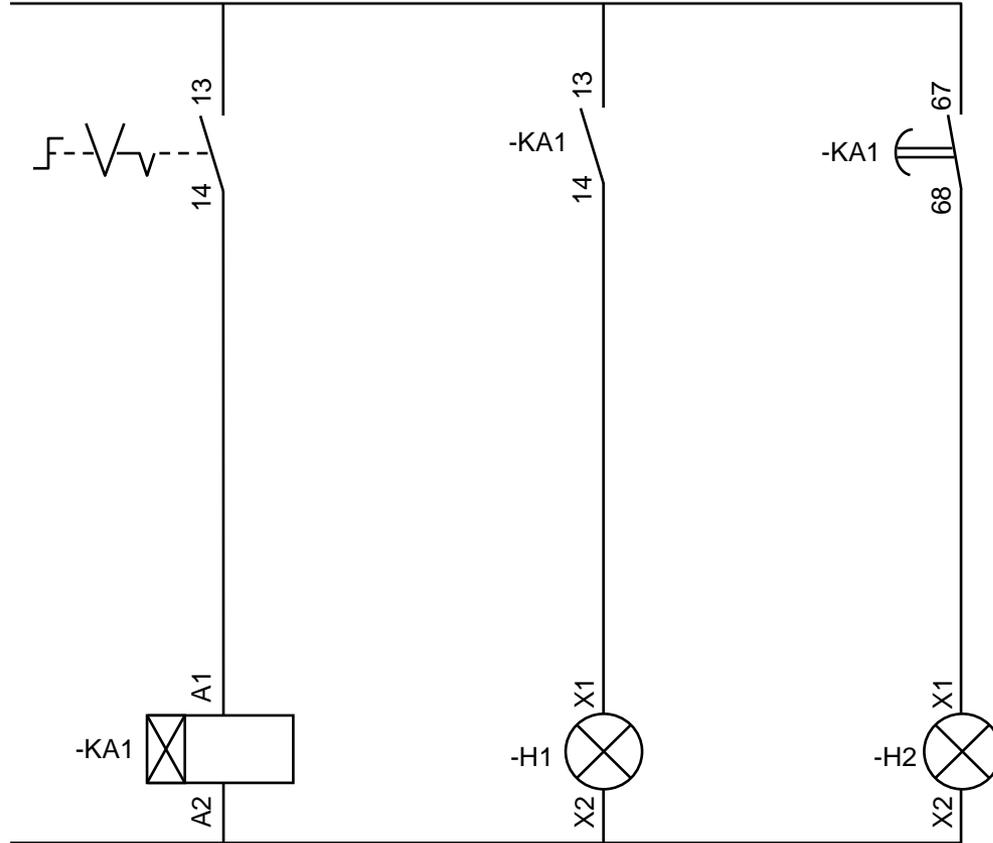
TIM III
ELECTRICIDADE



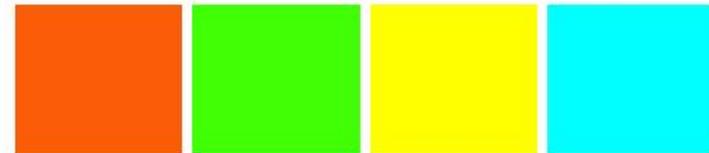


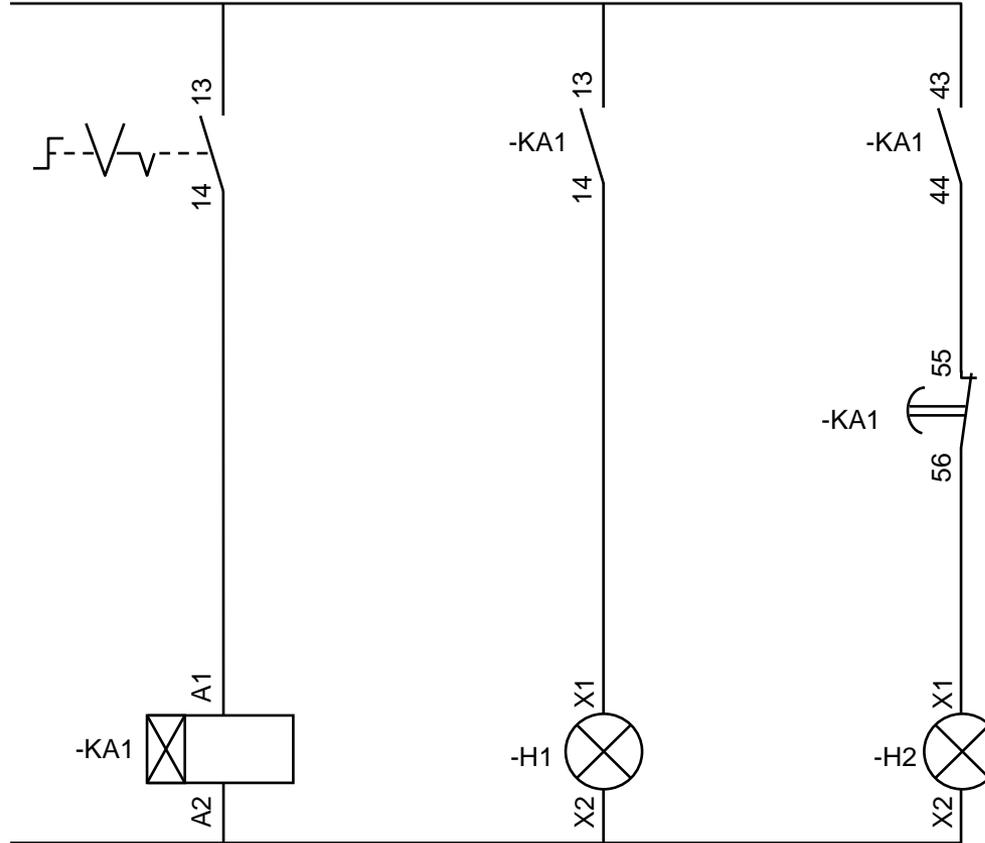
Alterar o esquema para que a lâmpada –H2 só acenda
passados 30” depois da lâmpada –H1



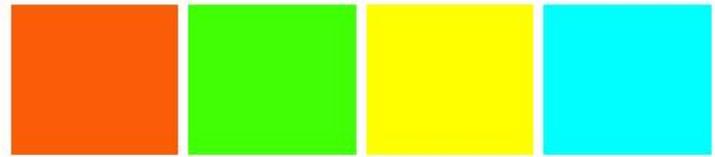


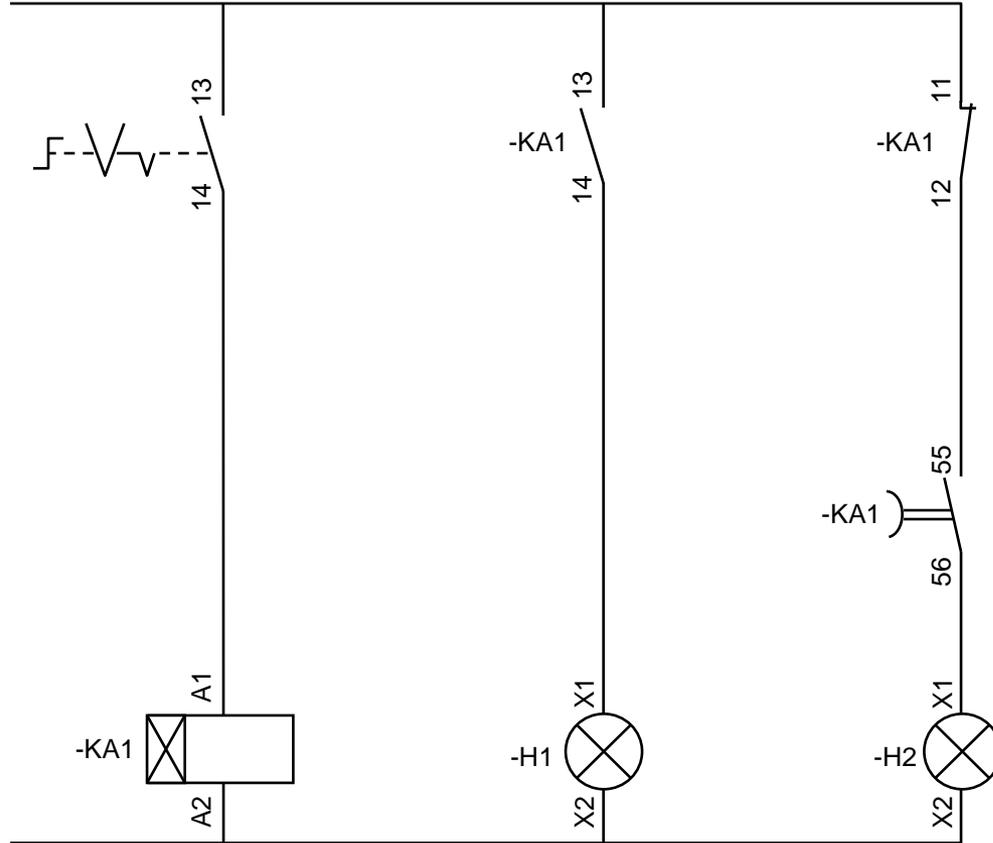
Alterar o esquema para que as duas lâmpadas acendam em simultâneo mas a -H2 apague 30" depois



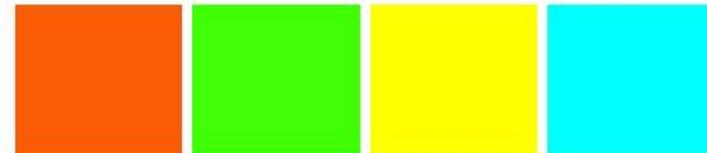


Agora, quando ligar o interruptor acende apenas a lâmpada –H1. Quando desligar o interruptor, -H1 apaga de imediato e –H2 acende, mantendo-se acesa durante 45”

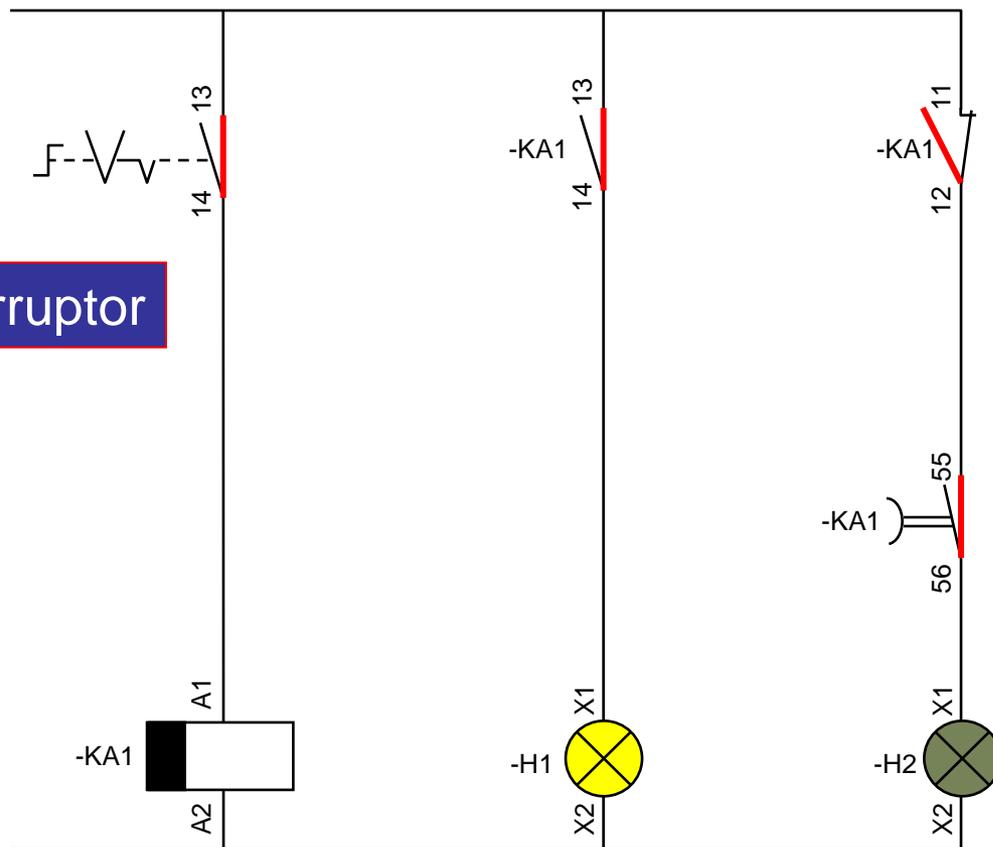




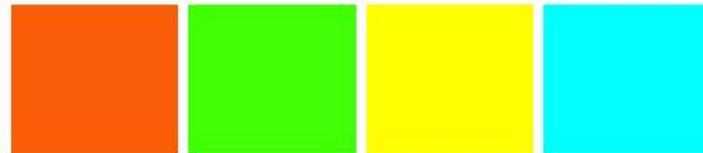
Ao ligar o interruptor acende apenas a lâmpada –H1. Quando desliga o interruptor, -H1 apaga de imediato e –H2 acende, mantendo-se acesa durante 45”



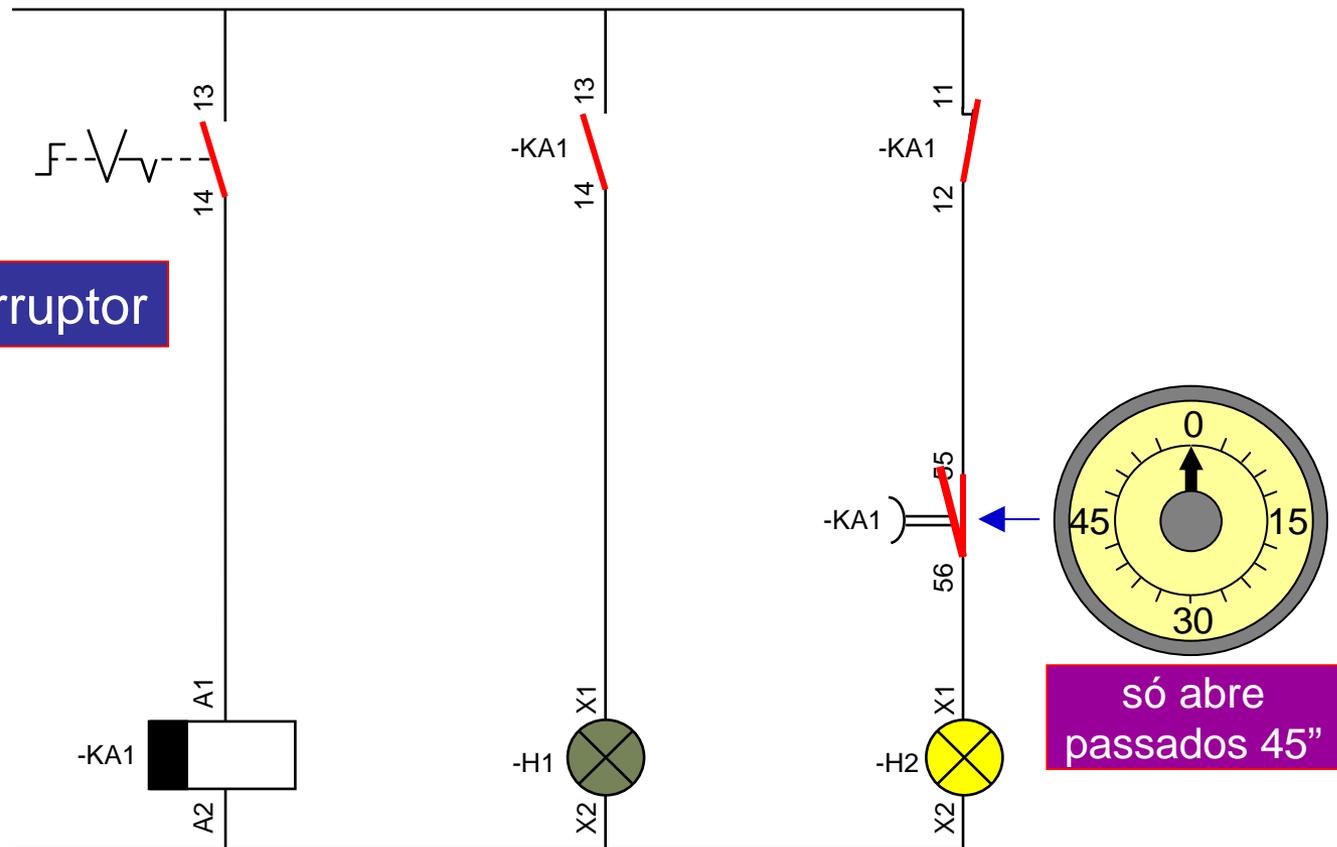
Ao ligar interruptor



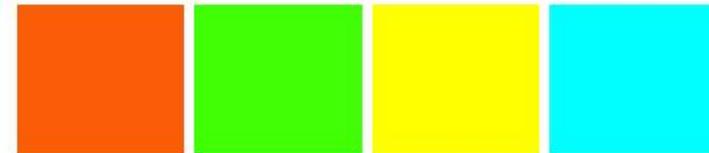
Ao ligar o interruptor acende apenas a lâmpada -H1. Quando desliga o interruptor, -H1 apaga de imediato e -H2 acende, mantendo-se acesa durante 45”



Ao desligar interruptor

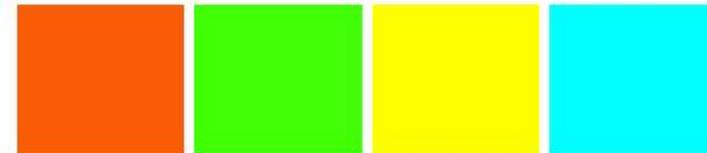


Ao ligar o interruptor acende apenas a lâmpada -H1. Quando desliga o interruptor, -H1 apaga de imediato e -H2 acende, mantendo-se acesa durante 45''



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

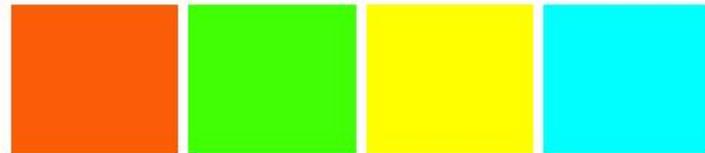


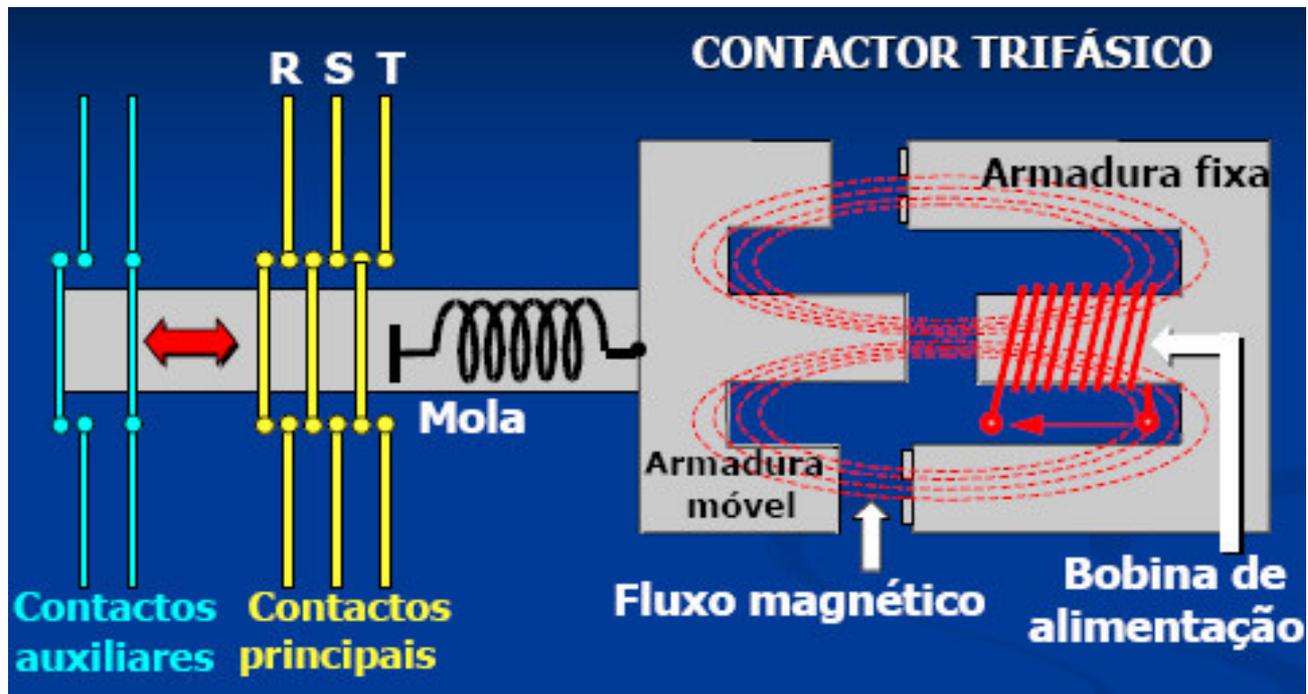
TIM III
ELECTRICIDADE



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,...)

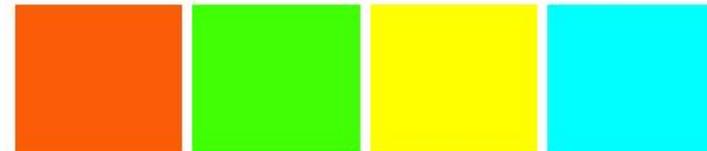
AC-2: Arranque, frenagem a contra-corrente e marcha por impulsos dos motores de rotor bobinado

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

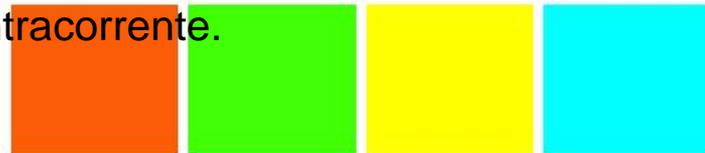
- valores de corrente que o contactor deve estabelecer ou interromper, mantendo vida útil de 1,0 a $10,0 \times 10^7$ manobras.

- Elas dependem:

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

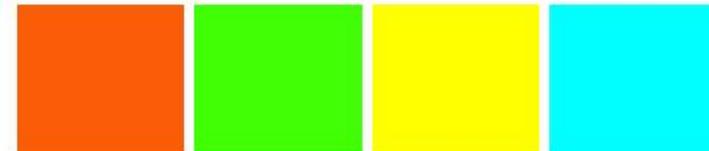
- das condições nas quais são efectuados os fechos e aberturas: motor em regime normal ou bloqueado ou em arranque, inversão do sentido de rotação, frenagem por

- contracorrente.



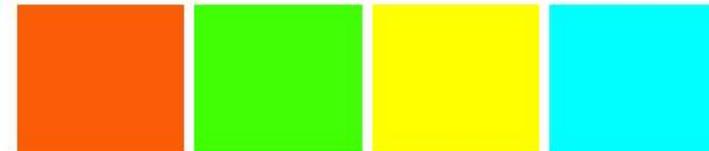
Coordenação

- 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.



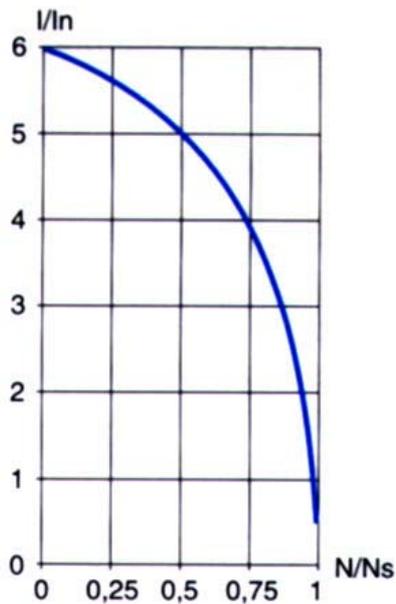
Tipos de arranque de motores assíncronos

- **Arranque directo**

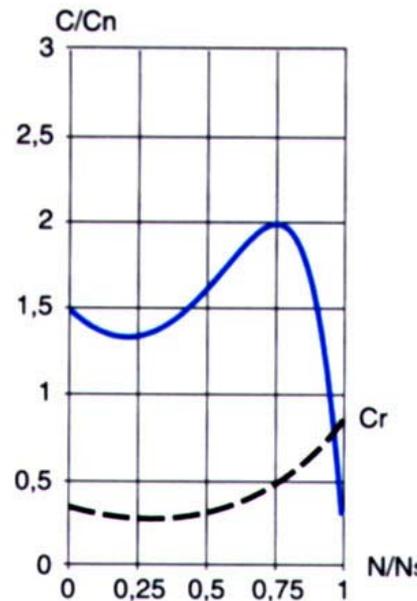
É o modo mais simples, com o estátor ligado directamente à rede. O motor
arranca

com as suas características naturais.

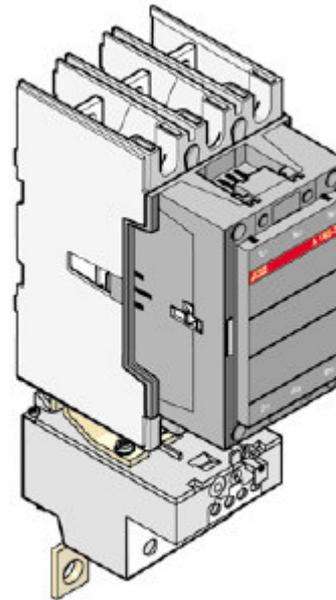
Para motores de grande porte, não é utilizado (grande I_a !!!)



Corrente de partida

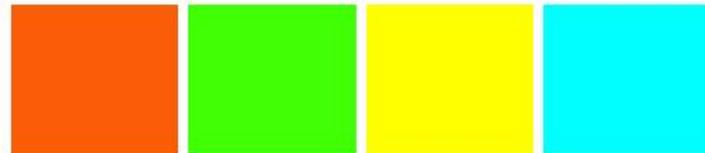


Conjugado de partida



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

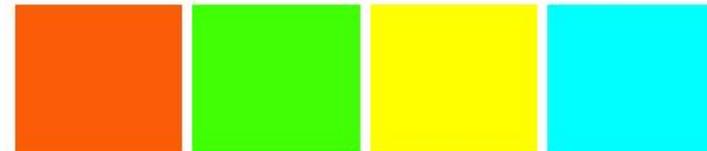
- **Arranque directo**

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 $1/3$ quando comparada com arranque directo
- não existe limitação do número de manobras/hora

DESVANTAGENS

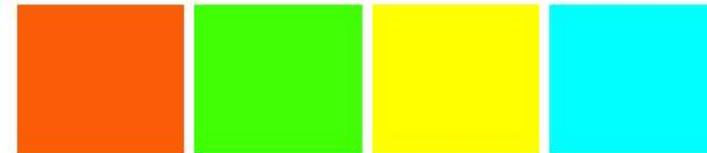
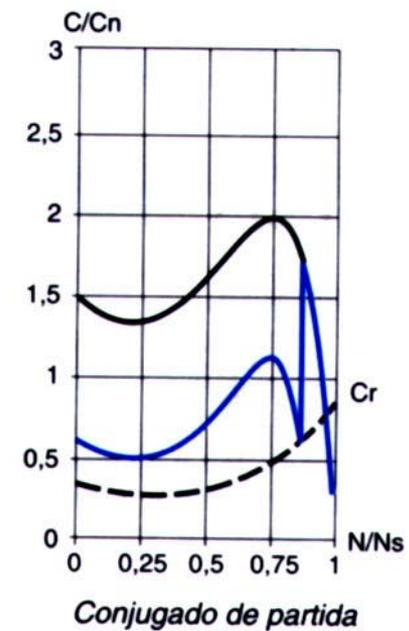
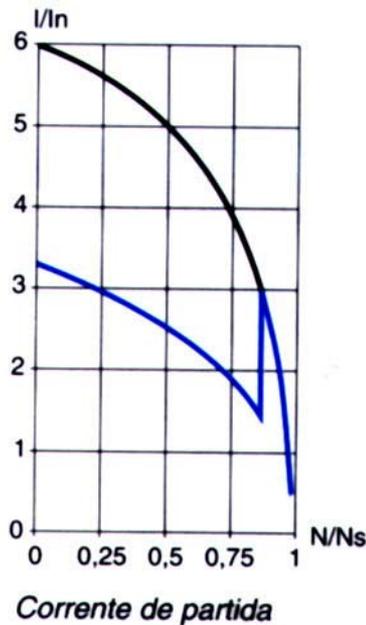
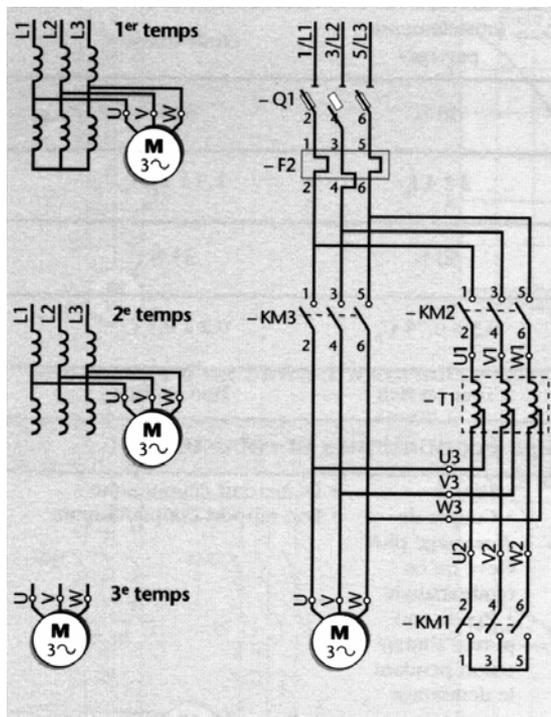
- redução do binário de arranque a aproximadamente $1/3$ do nominal
- são necessários motores para duas tensões com seis bornes acessíveis
- caso o motor não atinja pelo menos 90% da velocidade nominal, o pico de corrente na comutação estrela para triângulo é equivalente ao de arranque directo
- em casos 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**

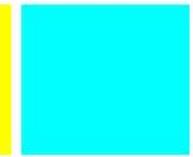
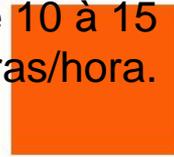
O motor é alimentado com tensão reduzida através de um autotransformador, que é desligado do circuito no final do arranque



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** I arranque **Torque**
Arranque

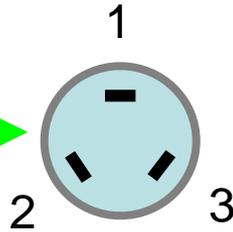
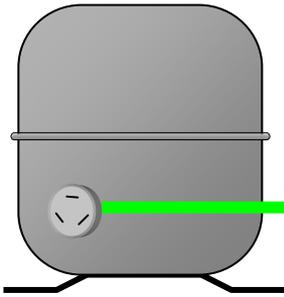
Directo **100%** I **T** arranque A plena carga
Estrela-triângulo **58%** I $a \times 0,33$ **T** arranque **x**
0,33 Praticam. a vazio*

Auto – transfor- **80%** I $a \times 0,64$ **T** arranque **x** **0,64**
Com carga

maior TAP 80% TAP 80%
65% I $a \times 0,42$ **T** arranque **x** **0,42**
TAP 65% TAP 65%

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





1

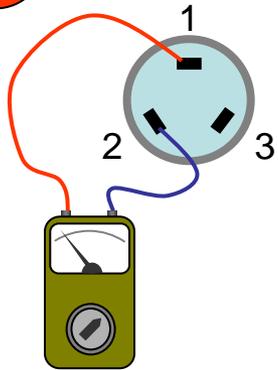
Desenhar a posição dos pinos numa folha de papel

3

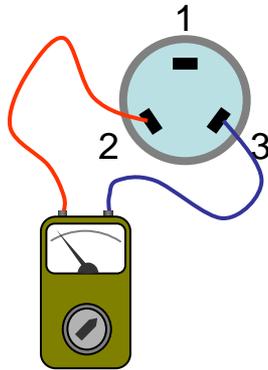
Desenhar o esquema das bobinas

2

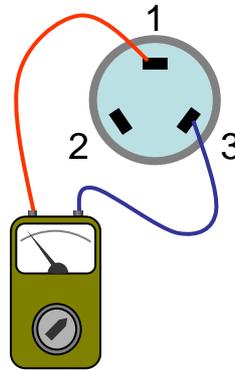
Estabelecer a sequência das leituras de resistência



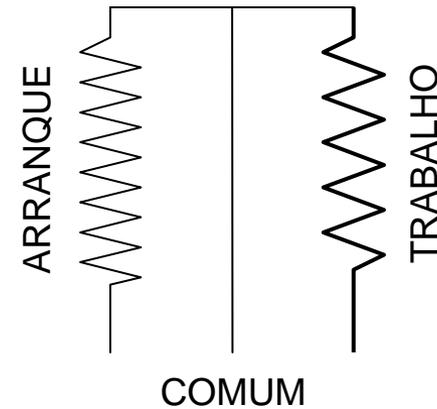
LEITURA A



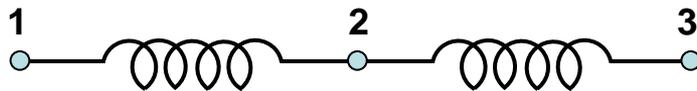
LEITURA B



LEITURA C

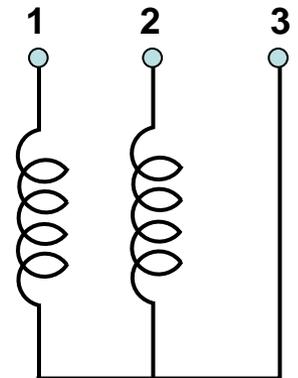


Exemplo 1: Leitura A = 7 Ω
Leitura B = 3 Ω
Leitura C = 10 Ω

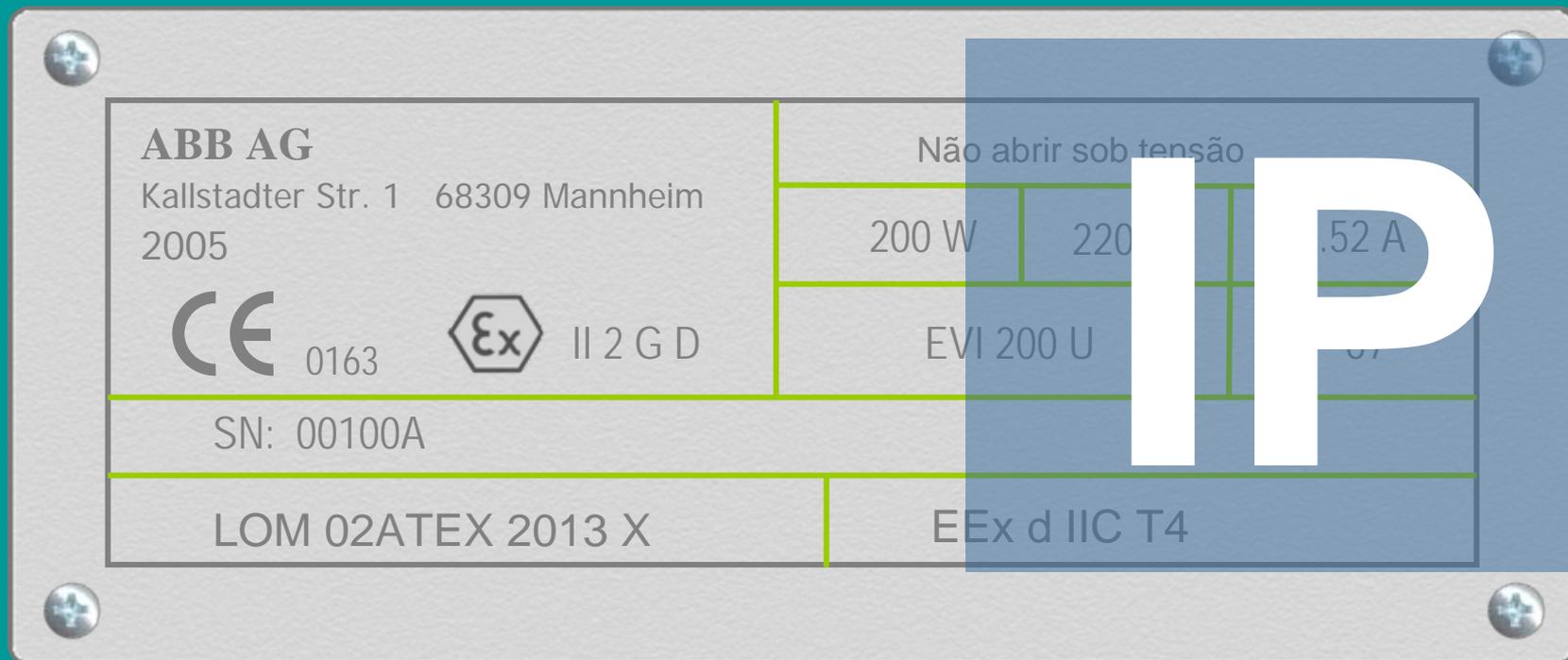


Ponto comum → 2
Bobina de arranque → 1 - 2
Bobina de trabalho → 2 - 3

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

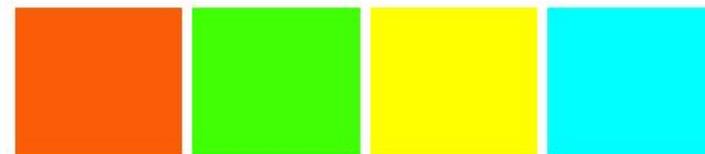


Ponto comum → 3
Bobina de arranque → 1 - 3
Bobina de trabalho → 2 - 3



Ingress Protection

TIM III
ELECTRICIDADE

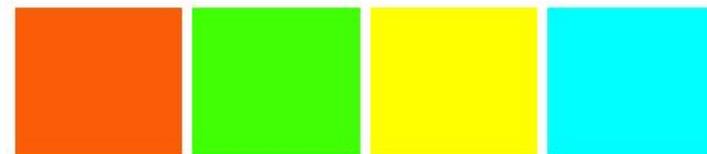




1º DIGITO protecção contra a entrada de sólidos



TIM III
 ELECTRICIDADE

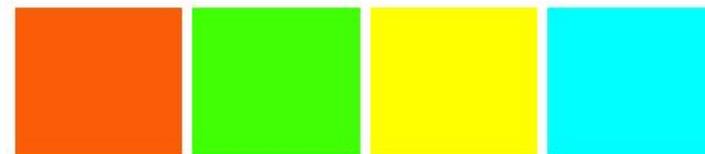




2º DIGITO protecção contra a entrada de água



TIM III
ELECTRICIDADE





3º DIGITO resistência da envolvente aos impactos

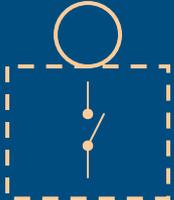
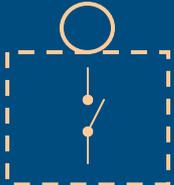
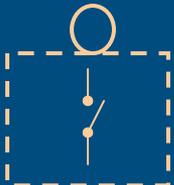


TIM III
ELECTRICIDADE



1º Dígito: Protecção contra corpos sólidos

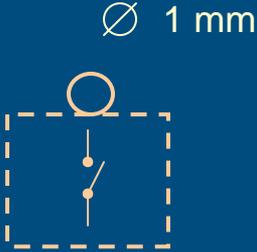
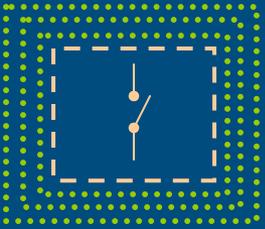
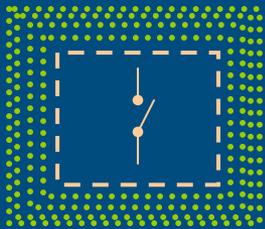
IP ?

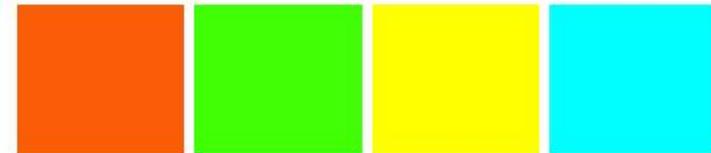
1	<p>∅ 50 mm</p> 	<p>Protegido contra corpos sólidos superiores a 50 mm. P.ex: contactos involuntários das mãos</p>
2	<p>∅ 12 mm</p> 	<p>Protegido contra corpos sólidos superiores a 12 mm. P.ex: dedo da mão</p>
3	<p>∅ 2,5 mm</p> 	<p>Protegido contra corpos sólidos superiores a 2,5 mm. P.ex: ferramentas</p>



1º Dígito: Protecção contra corpos sólidos

IP ?

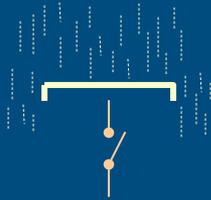
4		Protegido contra corpos sólidos superiores a 1 mm. P.ex: Ferramentas de pequena dimensão
5		Protegido contra poeiras. Sem sedimentos prejudiciais
6		Totalmente protegido contra poeiras



2º Dígito: Protecção contra líquidos

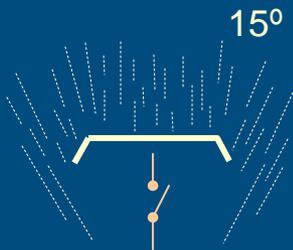
IP ?

1



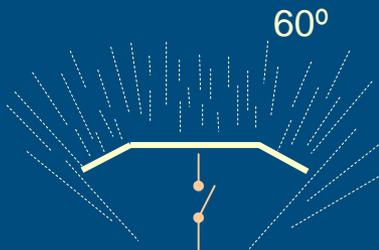
Protegido contra queda vertical de gotas de água
P.ex: condensação

2



Protegido contra queda de água até 15° da vertical

3



Protegido contra água da chuva até 60° da vertical

TIM III
ELECTRICIDADE

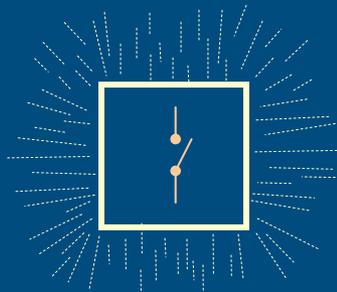


2º Dígito: Protecção contra líquidos

IP

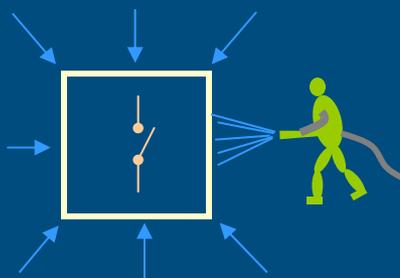
?

4



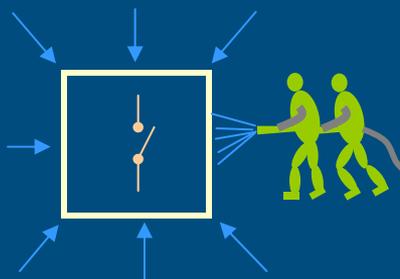
Protegido contra projecções de água em todas as direcções

5



Protegido contra lançamento de água em todas as direcções

6



Protegido contra lançamento de água similar a golpes de mar

TIM III
ELECTRICIDADE

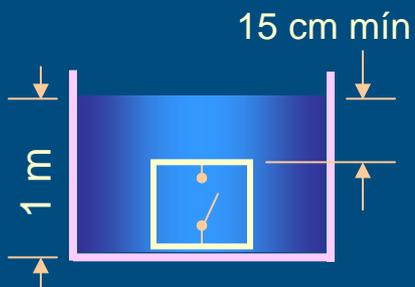


2º Dígito: Protecção contra líquidos

IP

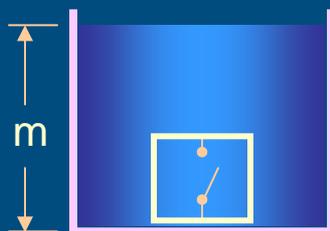
?

7



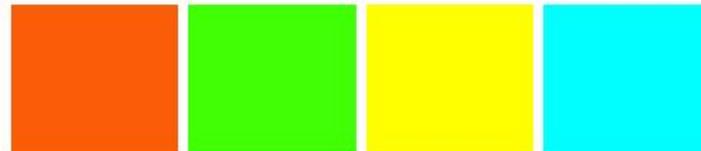
Protegido contra a imersão.

8

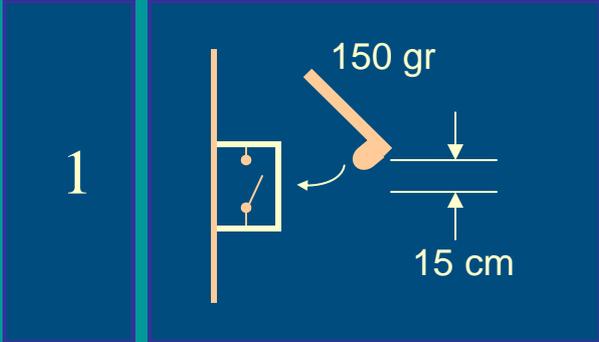


Protegido contra os efeitos prolongados de imersão sob pressão.

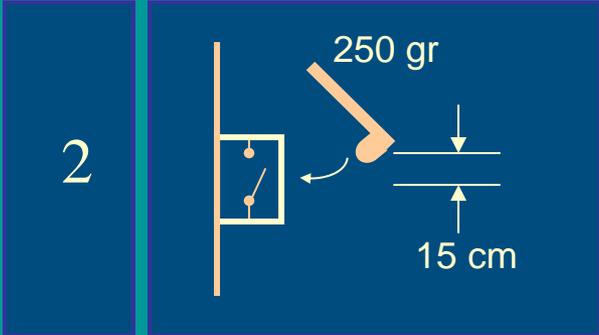
TIM III
ELECTRICIDADE



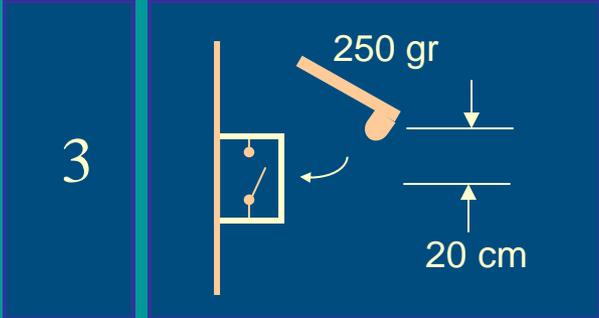
3º Dígito: Protecção mecânica



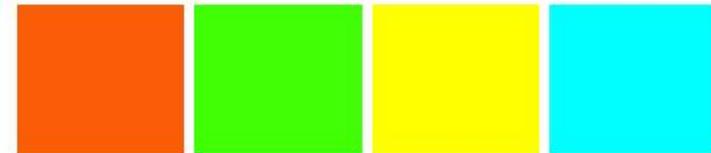
Energia de choque = 0,225 Joules



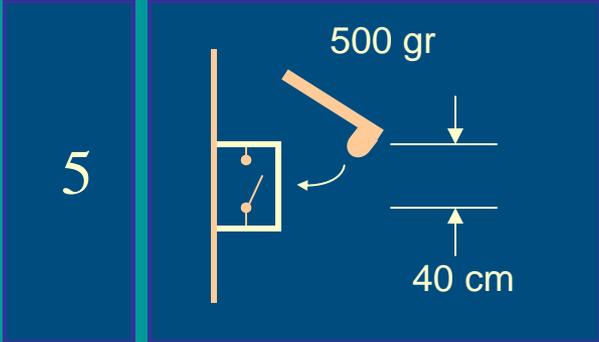
Energia de choque = 0,375 Joules



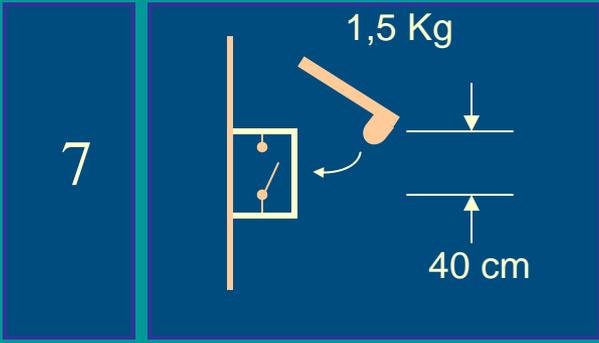
Energia de choque = 0,500 Joules



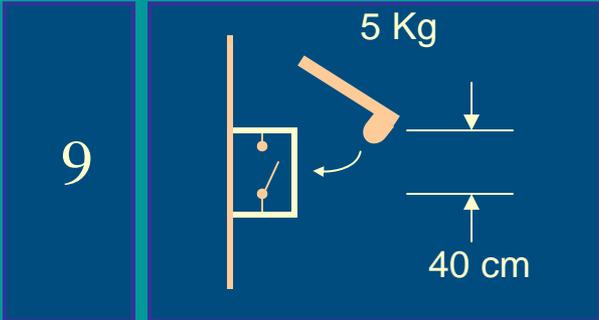
3º Dígito: Protecção mecânica



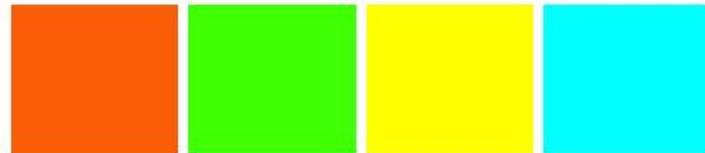
Energia de choque = 2,00 Joules

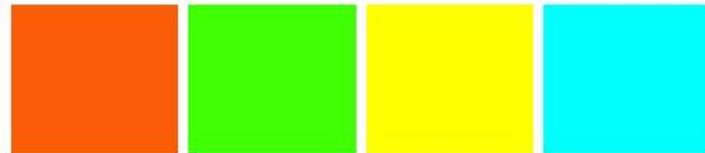
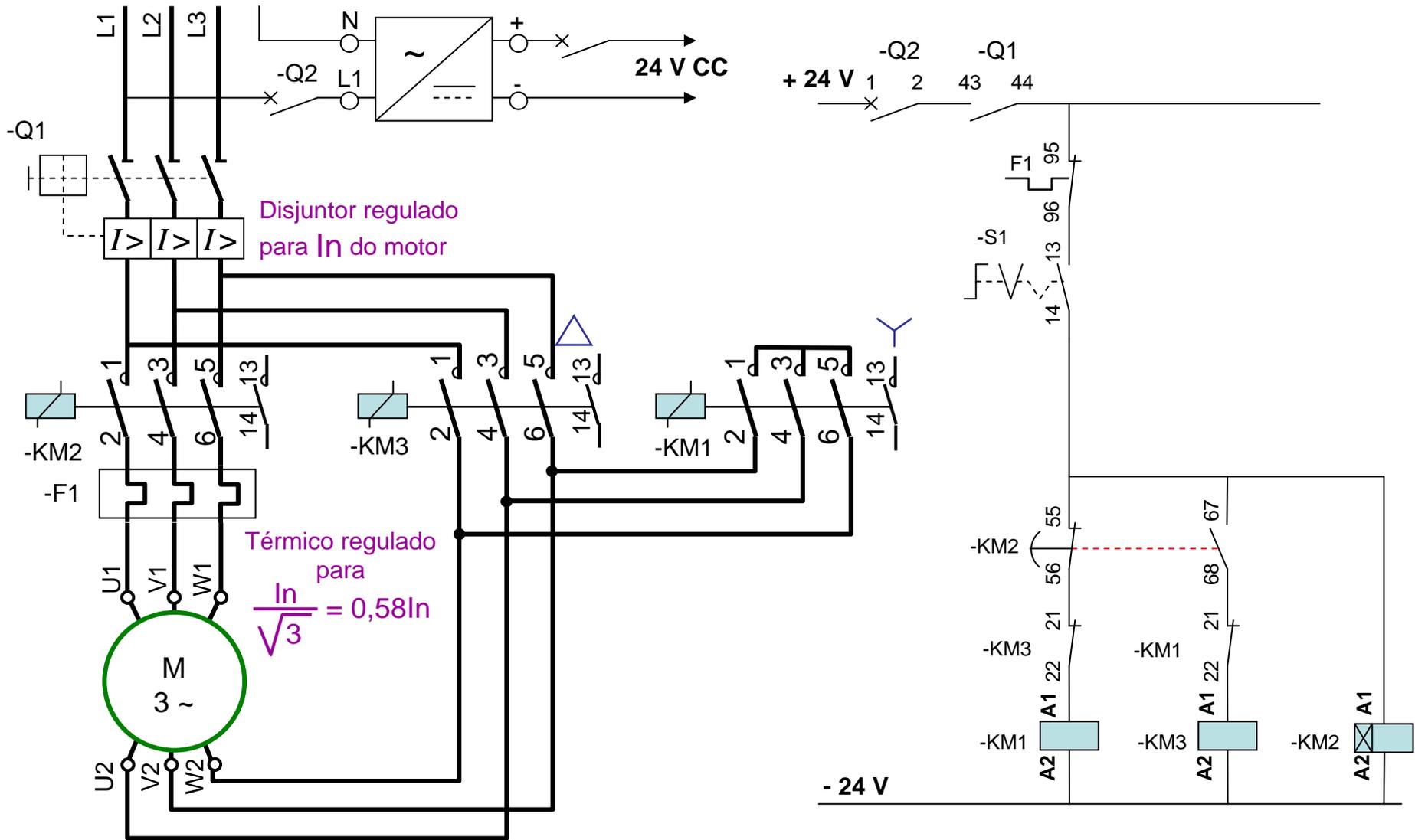


Energia de choque = 6,00 Joules

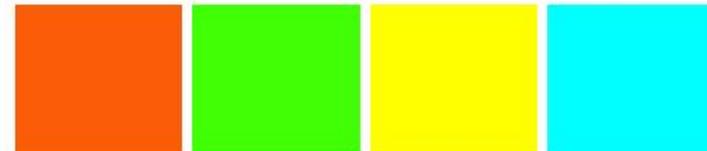
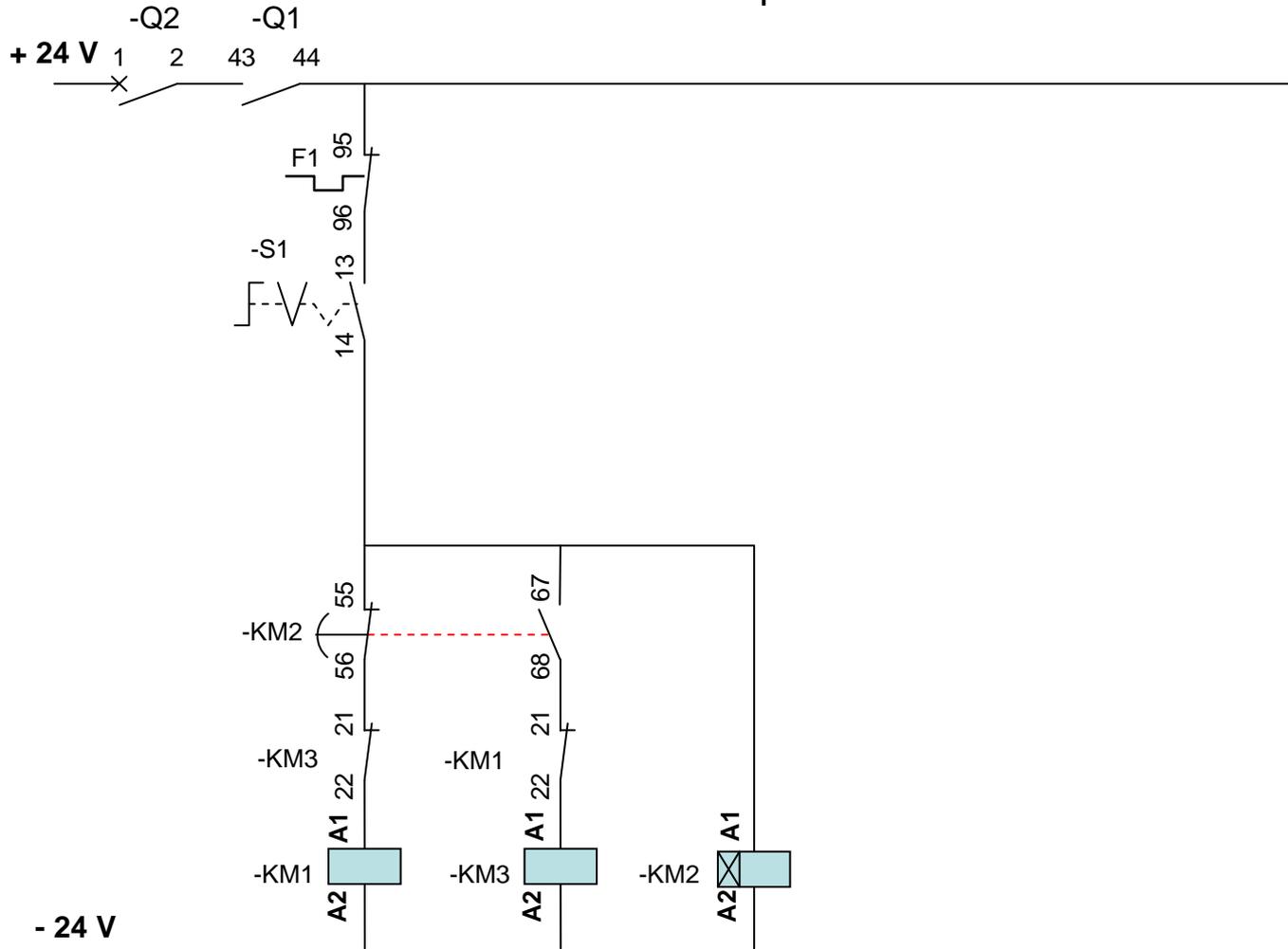


Energia de choque = 20,00 Joules

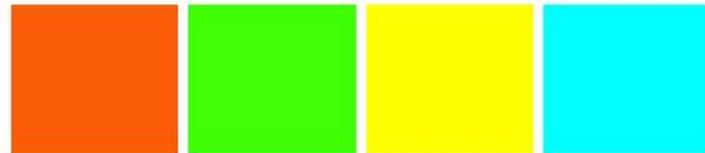
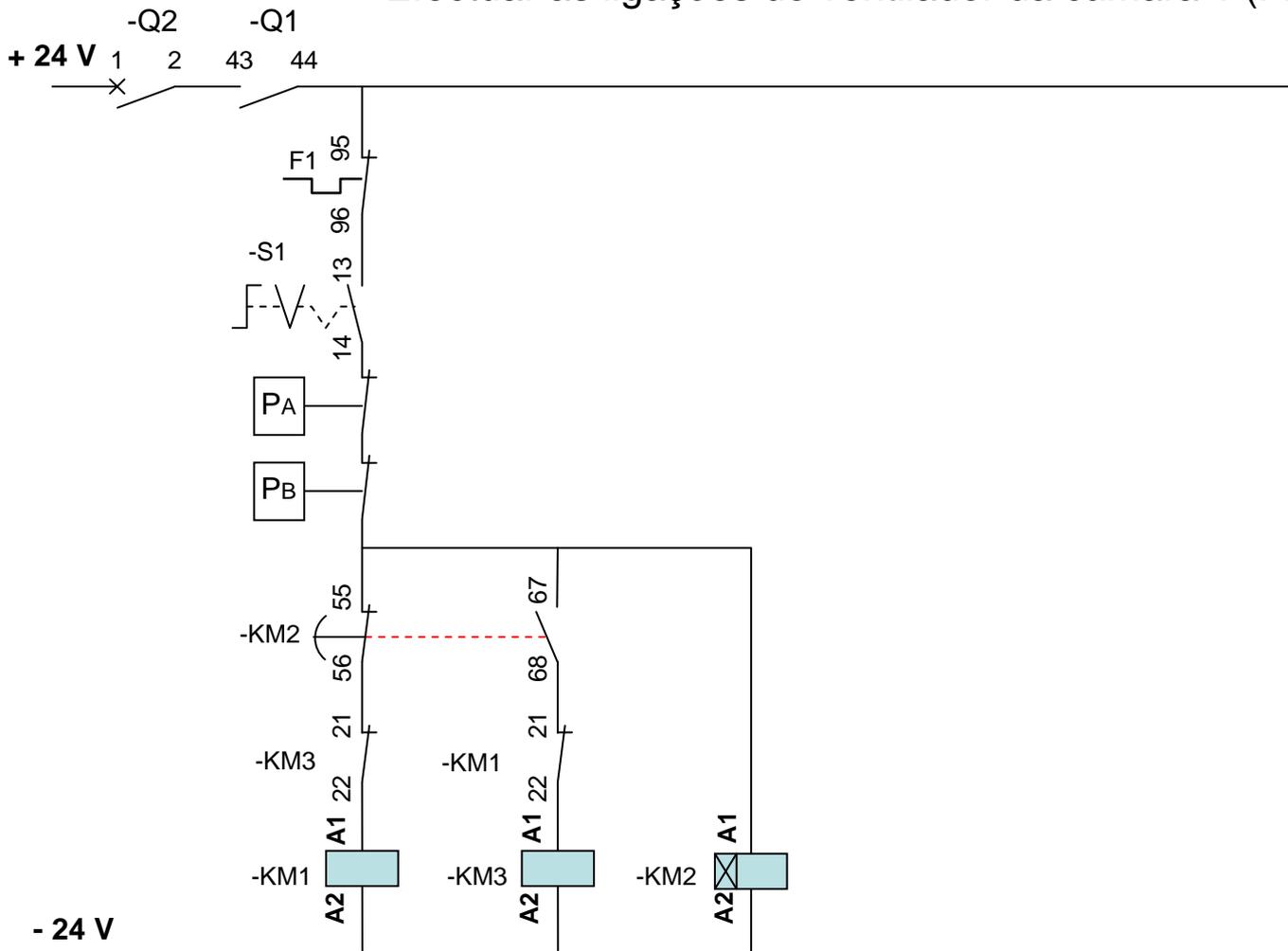




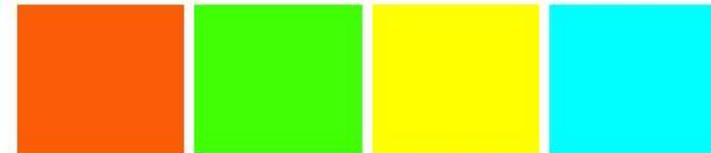
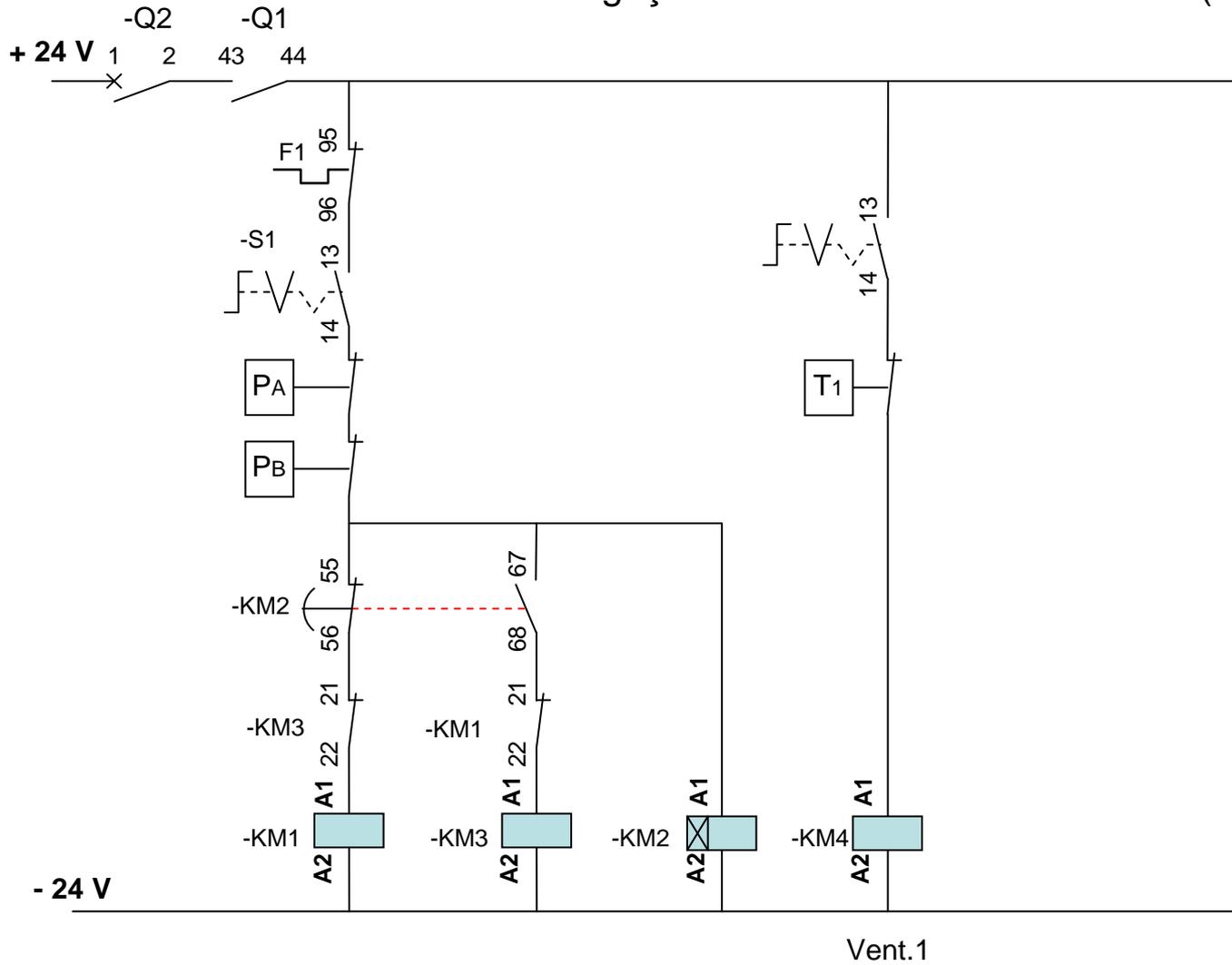
Instalar os pressostatos de BP e AP



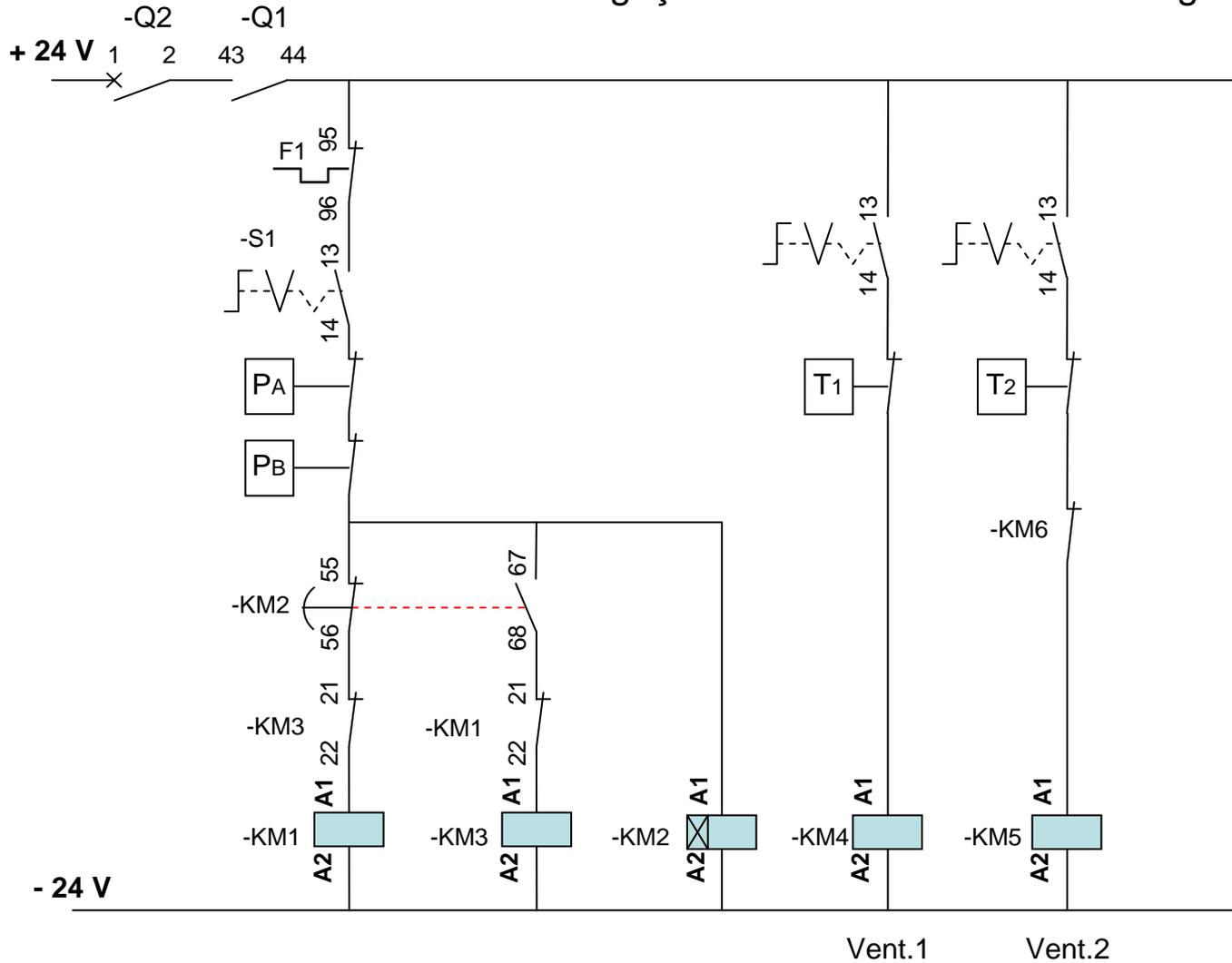
Efectuar as ligações do ventilador da câmara 1 (Frac)



Efectuar as ligações do ventilador da câmara 2 (Forte)



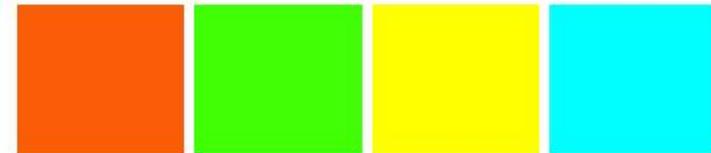
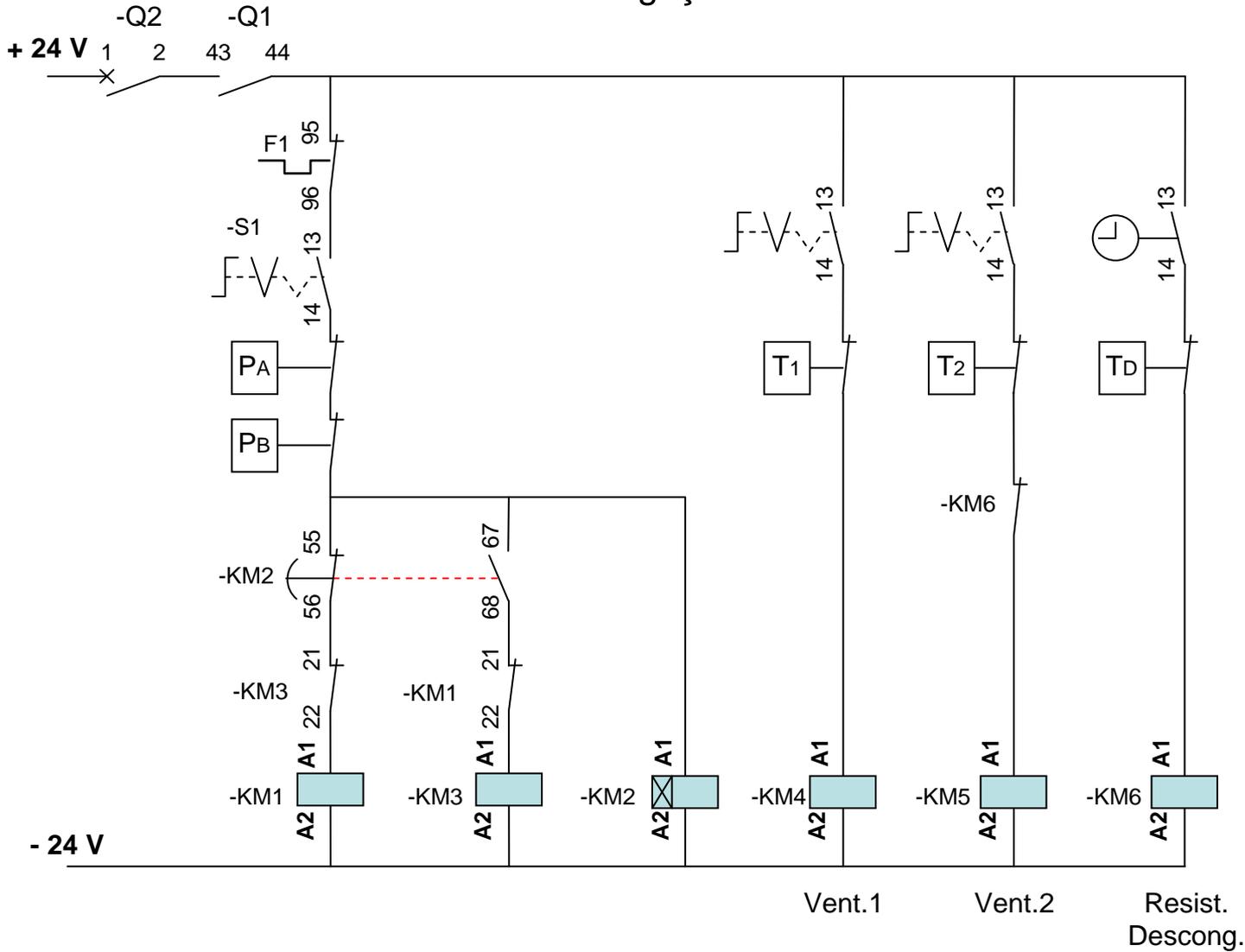
Efectuar as ligações da resistência de descongelação

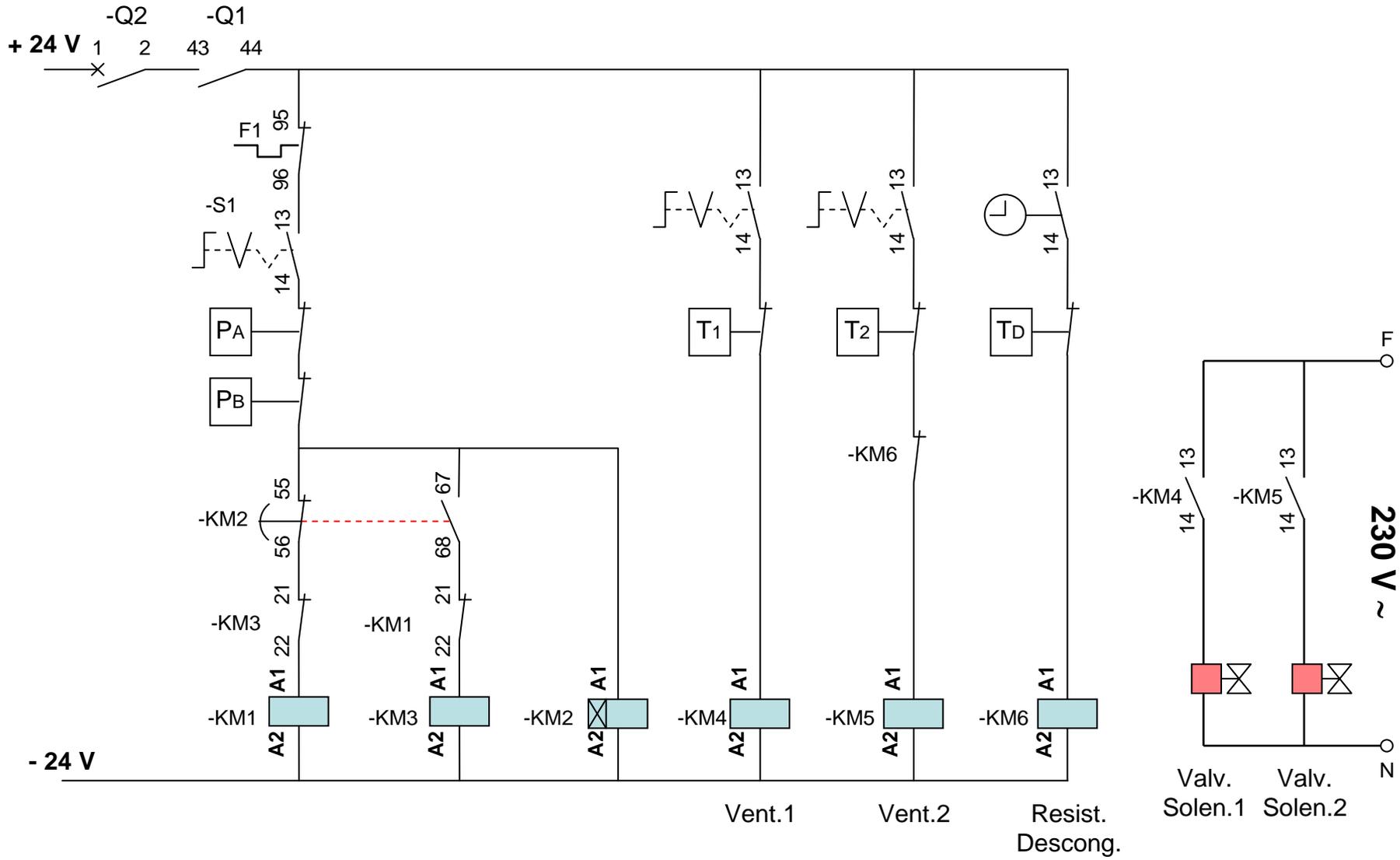


TIM III
ELECTRICIDADE

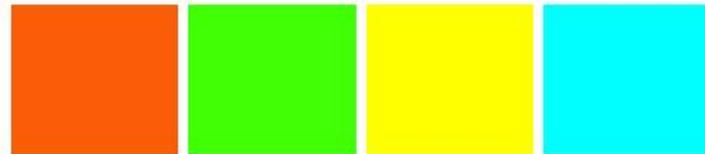


Efectuar as ligações das válvulas de solenóide





TIM III ELECTRICIDADE



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 (nº de arranques por hora); Duração da vida eléctrica (nº de ciclos de manobras)

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

Anexos técnicos

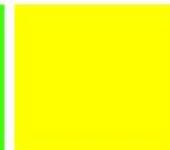
Desenhos

Listagem de materiais

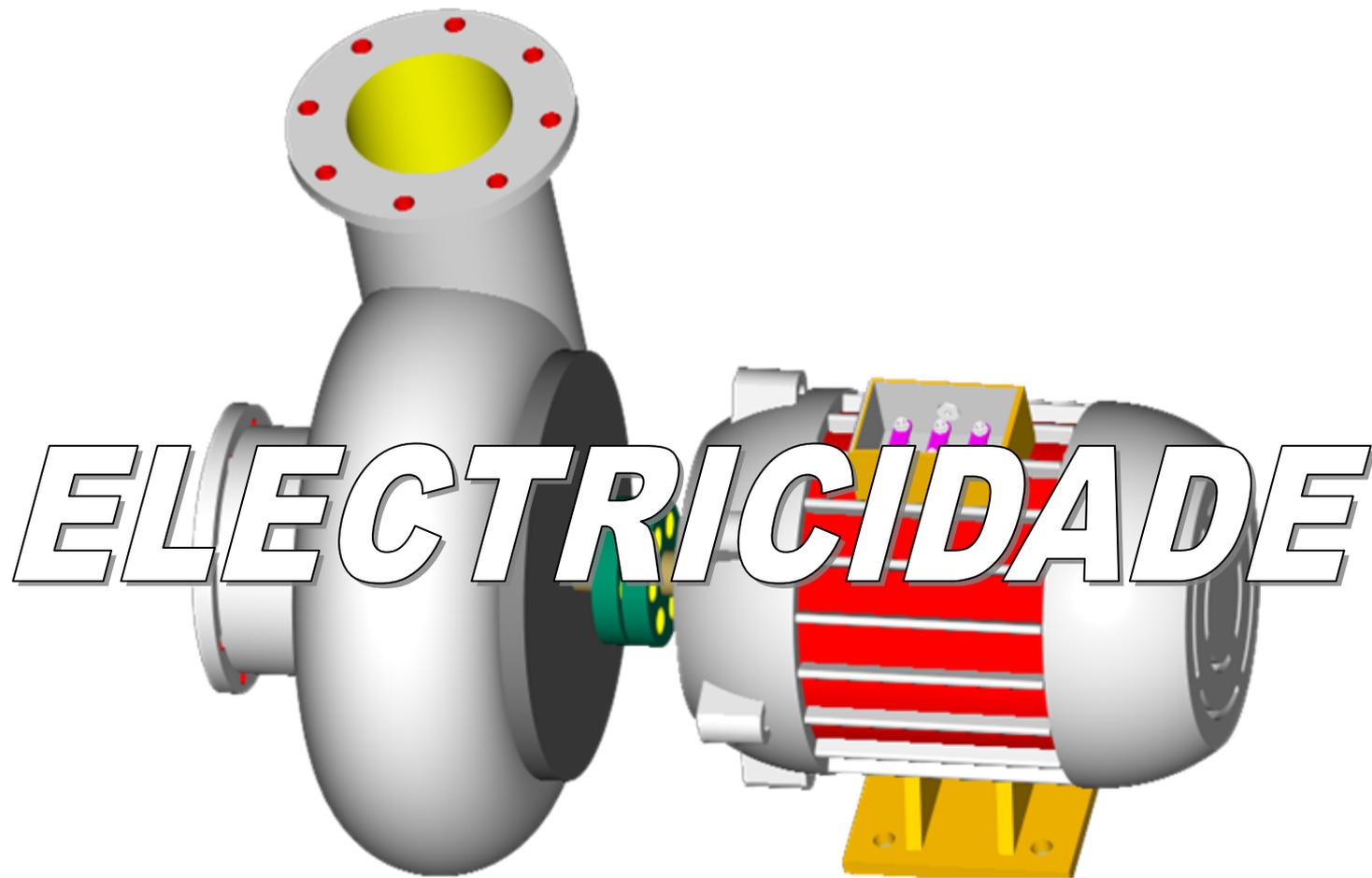
Orçamento (incluindo mão de obra e materiais)

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



João Emílio



TIM III
ELECTRICIDADE

