



INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

MONTAGEM E CONSERVAÇÃO DE COMPONENTES ELÉCTRICOS EM AVAC

"Aprende, e um dia quando souberes bem ensina! O conhecimento para ser livre, deve ser partilhado..."

Créditos:

Compilação de: António Subida

Com a colaboração do amigo MO

e outras preciosas contribuições dos membros do fórum



Objectivos:

Conhecer as principais grandezas e medidas em sistemas de AVAC
Effectuar medidas eléctricas em sistemas de AVAC
Identificar máquinas eléctricas em sistemas de AVAC
Identificar motores e tipos de ligação e arranque em AVAC
Instalar os componentes eléctricos do sistema AVAC
Conservar e manter os componentes eléctricos do sistema AVAC

Conteúdos:

Avac

Conceitos gerais de AVAC
Grandezas físicas utilizadas em AVAC e suas medidas
Electricidade e medidas eléctricas
Conceitos gerais de electricidade e circuitos eléctricos
Equipamentos eléctricos básicos. Seu funcionamento e aplicações
Energia e Potência eléctrica em CC e CA
Instrumentos a utilizar na tomada de medidas
Escala a utilizar nas diferentes tomadas de medidas
Medições em circuitos
Componentes de um circuito
Seleção de componentes
Partes constituintes da máquina eléctrica
Sua função
Formas de ligação
Sistemas de comando e controlo
Tipos de motores de CA
Sistemas de comando e controlo
Formas de montagem
Identificação de avarias através de medições

Simbologia usada nos sistemas eléctricos do AVAC

Seleção de componentes a partir dos esquemas:
Em sistemas de aquecimento
Em sistemas de ventilação
Em sistemas de ar condicionado

Cablagens eléctricas usadas nos sistemas de AVAC

Constituição tipos e funções;
Cabos ignífugos
Ligações eléctricas dos motores (cabos de potência)
Ligações de comando dos motores e das válvulas do sistema
Ligações dos sensores e controladores
Esquemas de instalação de cablagem

Quadros eléctricos em AVAC

De potencia
De comando
De controlo
De alarme

Comissionamento

Conceitos
Procedimentos
Arranque do sistema de AVAC

Manutenção

Conceitos de manutenção preventiva, correctiva, e preditiva
Resolução das avarias de força motriz
Resolução das avarias dos sistemas de potencia e de comando
Alarmes



ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – ELECTRICIDADE e AVAC

Conceitos gerais de AVAC (Sistemas de Aquecimento Ventilação e Ar condicionado)

Conceitos de Grandezas Físicas e Medida usadas em AVAC

Electricidade, Energia e Potência, CC e CA, Medidas Eléctricas em CA;

Equipamentos de medidas eléctricas em AVAC

Máquinas eléctricas : transformadores e motores tipos e funções

Aparelhagem de comando protecção e manobra de motores

Aparelhagem de comando protecção e manobra de outros

Equipamentos de AVAC PAG 4

CAPÍTULO 2 - SIMBOLOGIA USADA NOS SUB-SISTEMAS ELÉCTRICOS DE AVAC

Seleção de componentes a partir dos esquemas:

Em sistemas de aquecimento

Em sistemas de ventilação

Em sistemas de ar condicionado PAG 83

CAPÍTULO 3 - CABLAGENS ELÉCTRICAS USADAS EM AVAC

Constituição tipos e funções;

Cabos ignífugos

Ligações eléctricas dos motores (cabos de potência)

Ligações de comando dos motores e das válvulas do sistema

Ligações dos sensores e controladores

Instalação de cablagem PAG 92

CAPÍTULO 4 - QUADROS ELÉCTRICOS EM AVAC

De potencia, de comando, de controlo e alarme;

Tipos constituição e organização PAG 100

CAPÍTULO 5 - TESTE DE FUNCIONAMENTO (COMISSIONAMENTO)

Conceitos e procedimentos de arranque do sistema PAG 105

CAPÍTULO 6 - MANUTENÇÃO

Resolução das avarias de força motriz

Resolução das avarias dos sistemas de comando

Alarmes PAG 112

CAPÍTULO 7 - ANEXOS..... PAG 133



CAPÍTULO 1 – ELECTRICIDADE e AVAC

NOÇÕES GERAIS DE AVAC

AVAC é a sigla para o conjunto de sistemas e equipamentos de um edifício destinados a produzir Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado ou seja os sistemas que permitem controlar os valores máximos e mínimos da temperatura e da humidade relativa bem como a qualidade do ar interior. Estes sistemas são usados essencialmente para:

- Manter a temperatura e humidade a níveis de conforto para os ocupantes
- Controlar odores e remoção de micro-partículas (de pó e fumos);
- Remover o ar contaminado;
- Fazer as mudanças de ar necessárias para proteger o pessoal de microrganismos patogénicos, transmitidos pelo meio ambiente;

Um sistema AVAC (básico) é composto de:

- Entrada de ar proveniente do exterior;
- Filtros;
- Mecanismos modificadores de humidade (controlo de humidade de Verão, humidificação no Inverno);
- Equipamento de aquecimento e refrigeração;
- Ventiladores;
- Conduatas;
- Sistemas de exaustão, incluindo os desenfumagem;
- Registos (comportas);
- Difusores para a distribuição do ar.

Num sistema AVAC centralizado, o ar do exterior entra para o sistema através de pré-filtros ou filtros de baixa eficiência para remover as partículas de maior dimensão. Passa ao sistema de distribuição para ser condicionado para a temperatura e humidade apropriada, e depois passa por filtros de maior eficiência para remover partículas de menor dimensão e muitos microrganismos, seguindo através de conduatas para ser distribuído por cada zona do edifício.

Após ser distribuído por cada zona, depois de utilizado entra no sistema de exaustão por onde é devolvido à unidade de tratamento do ar (UTA) do sistema AVAC. Parte desse ar contaminado sai para o exterior; outra parte é misturada com a entrada de ar novo do exterior filtrado e volta a circular no sistema.

O ar de zonas sanitárias e outras áreas sujas ou passíveis de contaminação, depois de esterilizado (por exemplo por intermédio de luz ultravioleta – em bancos de lâmpadas) é removido directamente para o exterior através de um sistema de exaustão separado.

Em sistemas de AVAC de locais biologicamente poluídos como os hospitais todo o ar extraído é lançado no exterior (depois de esterilizado) e todo o ar insuflado é novo. Não há misturas !

SUB-SISTEMAS DE AVAC

Filtragem

A filtragem, forma física de remover partículas do ar, é o começo para se conseguir uma boa qualidade do ar interior. A filtragem é a primeira forma de manter o ar limpo. A eficiência do sistema de filtragem depende da densidade dos filtros, que pode causar uma baixa de pressão, a menos que seja compensada por mais fortes e mais eficientes turbinas (ventiladores) para manter o fluxo de ar. Para um rendimento óptimo, os filtros requerem inspecção e substituição, de acordo com as recomendações do fabricante e normas preventivas da prática de manutenção. A acumulação excessiva de poeira e outras partículas requer mais pressão para passar o ar através do filtro. Os filtros requerem também regular inspecção para outras causas que afectam o rendimento: espaços dentro e à volta do filtro, pedaços de terra e outros sedimentos de resíduos.

O funcionamento inapropriado dos sistemas AVAC, devido a filtros inadequados ou instalados impropriamente e falta de manutenção de acordo com o sistema instalado, afecta a qualidade de climatização e circulação de ar.



Aquecimento

O aquecimento é um processo de produção de calor a partir da energia eléctrica ou de outras energias. Existem diferentes tipos de aquecimento eléctrico, e alguns deles são descritos seguidamente:

- Aquecimento por resistência eléctrica
- Aquecimento por indução electromagnética
- Aquecimento por radiação de infravermelhos
- Aquecimento por bomba de calor
- Aquecimento solar térmico
- Aquecimento coadjuvado por caldeiras (queimadores) de combustível ou queimadoras de pellets de madeira

Ventilação

A ventilação é um processo de renovação de ar ambiente por forma a retirar os elementos poluidores. O controlo de partículas contaminantes do ar ambiente (microrganismos, poeiras, químicos, tabaco, etc.) junto ao local de produção dos mesmos através de uma correcta filtragem do ar, é a forma mais eficiente de manter o ar limpo. A segunda forma mais eficiente de controlar o ar ambiente é através de ventilação adequada, que é assim considerada quando mantém o controlo dos níveis de cheiros e dióxido de carbono. A ventilação pode ser feita essencialmente de duas formas:

- Ventilação natural;
- Ventilação forçada ou mecânica.

Ventilação Natural

Nalguns casos é suficiente a ventilação natural que resulta da abertura de portas e janelas, gerando-se correntes de ar que asseguram a renovação do ar. Noutros casos a renovação do ar é tão lenta que pode conduzir a situações de desconforto, sendo então necessário proceder a uma ventilação do tipo forçada.

Ventilação Forçada ou Mecânica

A ventilação forçada consiste em utilizar dispositivos próprios (ventiladores, exaustores, extractores, etc.) que provocam o movimento do ar entre o interior e o exterior do recinto.

Nesta forma de ventilação existe dois tipos de ventiladores: ventiladores centrífugos, expulsam o ar em direcção radial ao seu eixo, e ventiladores helicoidais, expulsam o ar segundo o eixo do ventilador.

A poluição do ar interior é muitas vezes 2 a 5 vezes superior à poluição do ar exterior. Considerando que nós, europeus, passamos 85% a 90% do nosso tempo em ambientes fechados, consequentemente ficamos mais vulneráveis a alergias e infecções pulmonares. A ventilação é muito importante para o nosso bem-estar, facilita a renovação do ar e assegura a salubridade interior dos edifícios, evitando humidades.

Sistema de Climatização

Designa-se por sistema de climatização o sistema de equipamentos combinados de forma coerente com vista a satisfazer a um ou mais dos objectivos da climatização (ventilação, aquecimento, arrefecimento, humidificação, desumidificação e purificação do ar). O Ar Condicionado é o processo de tratamento do ar destinado a controlar em simultâneo os objectivos referidos anteriormente. Existem aplicações muito especiais, nas quais até mesmo a pressão do ar ambiente pode vir a ser controlada. Os aparelhos de ar condicionado têm a finalidade de retirar calor de um ambiente transferindo-o para outro permitindo manter uma determinada temperatura, renovar o ar e desumidificá-lo.

O ar condicionado divide-se em quatro espécies:

- a doméstica,
- a comercial,
- a industrial,
- a de locais com condições rigorosas como: indústria farmacêutica, hospitais, e indústria de fabricação de componentes electrónicos

existindo, para cada uma das espécies diferentes tipos de equipamentos.

Os factores mais importantes a considerar para a escolha do ar condicionado são:

- **Potência.** Calculada através da área onde de vai colocar o ar condicionado e do tipo de utilização.
- **Ruído.** O nível de ruído não pode exceder 45dB, já existem aparelhos que não excedem os 21dB.
- **Energia.** Existem equipamentos com sistema inversor “inverter” que consomem muito menos energia, sendo possível economizar até 40%, e que contribui para uma casa eficiente a nível energético já que estes equipamentos são de classe A.



- **Filtro.** Para se obter o ar mais limpo, deve-se adquirir um aparelho que, além de possuir o filtro normal, contenha um filtro purificador de ar. Os filtros purificadores captam poeiras, pequenas partículas e pólen ($\geq 0,01$ micrones), e impedem a propagação de bactérias e vírus. São subdivididos em dois, um filtro electrostático de limpeza do ar e um filtro desodorizante.
- **Manutenção** Um factor muito importante. Não é relevante ter um bom filtro se não existir uma boa manutenção. Limpar e substituir os filtros preferencialmente, de 2 em 2 semanas e de 3 em 3 meses, respectivamente.
- **Tipo de Sistema: centralizado, de um split, multi-split, VRV (VRF).** Um sistema split é formado por uma unidade exterior (condensadora) e uma interior (evaporadora) enquanto que a multi-split é formado por uma unidade exterior mas pode ter até oito unidades interiores. Esta última permite ocupar menos espaço no exterior do edifício ou habitação.

Os gases frigorigéneos actuais têm de ser inócuos para a camada de ozono. O uso dos antigos gases R22 e R11 que contribuíam para a destruição da camada do ozono assim como vários outros halogéneos está proibido, daí o uso de gases de substituição como o R410A e R407C.

NORMATIVO

A legislação que regulamenta o sector é:

SCE-QAI

Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios,

RCCTE

O Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) estabelece requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos para climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de energia primária. Esta legislação impõe a instalação de painéis solares térmicos e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável.

RSECE

O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), que estabelece:

As condições a observar no projecto de novos sistemas de climatização, nomeadamente os requisitos em termos de conforto térmico, renovação, tratamento e qualidade do ar interior, que devem ser assegurados em condições de eficiência energética através da selecção adequada de equipamentos e a sua organização em sistemas;

Os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes e para todo o edifício, em particular, para a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou para grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes que venham a ter novos sistemas de climatização abrangidos pelo presente Regulamento, bem como os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar nesses edifícios;

Os termos de concepção, da instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, para garantia de qualidade e segurança durante o seu funcionamento normal, incluindo os requisitos, em termos de formação profissional, a que devem obedecer os principais intervenientes e a observância dos princípios da utilização de materiais e tecnologias adequados em todos os sistemas energéticos do edifício, na óptica da sustentabilidade ambiental;

As condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior.



GRANDEZAS, UNIDADES E SISTEMAS DE MEDIDA USADAS EM AVAC

Grandeza	SI	Indústria Europeia	AVAC	Inglaterra
Energia	1 Joule	1KWh=3.600.000 J 1MJ=0.28 KWh	1Cal=4184 J 1Frigoria=-4184 J	1BTU=1055 J
Potência	1 Watt	1kW=1000 W	1kCal/h=1162,2 W	1BTU/h=0,293 W
Força	1 Newton	1Kgf=9,8 N		
Pressão	1 Pascal	1 Bar=105 Pa	1Bar=1,02Kg/cm2	1PSI=6892 Pa
Capacidade Calorífica	1 J/ Kg °K	1Cal/g°C= 4184J/Kg°K		1BTU/L°F= 4186,8/JKg°K
Caudal	$\frac{3}{m} /s$	$\frac{3}{m} /h$	$\frac{3}{m} /h$	$\frac{3}{1cfm=1,699 m} /h$
Temperatura	° Kelvin K	°C ou ° K	°C ou ° K	°Fahrenheit °F

PSI – Libras por polegada quadrada

Cfm - pé cúbico por minuto

MULTIPLoS

T	tera	$\frac{12}{10}$
G	giga	$\frac{9}{10}$
M	mega	$\frac{6}{10}$
k	kilo	$\frac{3}{10}$
h	hecto	$\frac{2}{10}$
da	deca	$\frac{1}{10}$

SUB MULTIPLOS

d	deci	$\frac{-1}{10}$
c	centi	$\frac{-2}{10}$
m	mili	$\frac{-3}{10}$
u	micro	$\frac{-6}{10}$
na	nano	$\frac{-9}{10}$
p	pico	$\frac{-12}{10}$
f	femto	$\frac{-15}{10}$
a	ato	$\frac{-18}{10}$



Eficiência Energética em AVAC

O EER e o COP são índices que nos indicam o nível de eficiência do equipamento de ar condicionado.

O nível de consumo energético depende da relação entre a quantidade de frio (frigorias) ou calor (calorias) obtida e a energia eléctrica consumida.

EER – Em inglês “Energy Efficiency Ratio”, é o “Índice de Eficiência de Energia”. SEER é o mesmo índice mas sazonal. É o valor da potência da unidade em arrefecimento dividida pela potência eléctrica que a unidade necessita para a execução do trabalho. Resumindo quanto mais alto for o valor do EER, maior será a sua eficiência.

COP – Em inglês “Coefficient Of Performance”, é o “Coeficiente de Desempenho”.

Representa o rácio (quociente) entre a energia térmica (calor) fornecida por uma bomba de calor e a energia eléctrica consumida pelo sistema. À semelhança do EER, quanto maior for o COP, mais eficiente será o sistema.

É obrigatório para equipamentos de ar condicionado de fase única para ter uma classificação de energética.

No entanto, para os maiores sistemas, trifásicos, a rotulagem da eficiência energética é voluntária.

Como já foi referido o COP e o EER são medidas que comprovam a eficiência energética do sistema. Geralmente COP e EER significam a mesma coisa, porém o EER refere-se à eficiência dos sistemas no arrefecimento e COP refere-se a eficiência dos sistemas no aquecimento.

Estas medidas são calculadas dividindo o valor da capacidade (kW) de arrefecimento para o EER, ou de aquecimento para o COP, pelo consumo eléctrico nominal (kW).

Tabela de Classificação energética para valores de EER e COP

Das 7 classes de eficiência energética (A a G), a classe A representa a mais eficiente e a classe G a menos eficiente.

Classe Energética para Arrefecimento

A	$EER > 3.20$
B	$3.20 \geq EER > 3.00$
C	$3.00 \geq EER > 2.80$
D	$2.80 \geq EER > 2.60$
E	$2.60 \geq EER > 2.40$
F	$2.40 \geq EER > 2.20$
G	$2.20 \geq EER$

Classe Energética para Aquecimento

A	$COP > 3.60$
B	$3.60 \geq COP > 3.40$
C	$3.40 \geq COP > 3.20$
D	$3.20 \geq COP > 2.80$
E	$2.80 \geq COP > 2.60$
F	$2.60 \geq COP > 2.40$
G	$2.40 \geq COP$



NOÇÕES GERAIS DE ELECTRICIDADE

A CORRENTE ELÉCTRICA

A corrente eléctrica é o fluxo de cargas de um ponto para outro do espaço através dos corpos ou do vazio.

Nos corpos sólidos a corrente eléctrica é sempre causada pela deslocação de electrões. Nos líquidos, nos gases e no vazio a corrente pode ser causada por electrões, prótons ou iões (átomos que ganharam ou perderam electrões).

Circuito eléctrico

Denomina-se circuito eléctrico ao circuito físico percorrido por uma corrente eléctrica.

Os elementos básicos de um circuito são o gerador e os consumidores sendo estes:

(os elementos lineares ou seja que não deformam a forma de onda da corrente e a tensão de alimentação)

- a resistência
- o condensador
- a indutância (bobina)
- elementos não lineares (tubo fluorescente; elementos electrónicos como o díodo, o triac ou o LED)

Os circuitos reais têm além do gerador e dos consumidores:

- Os condutores
- Aparelhagem de protecção, comando, manobra e medida, como: os interruptores, fusíveis, voltímetros etc.

Tipos de corrente

- Corrente contínua

- Corrente alternada

Corrente contínua (CC ou DC)

Considera-se corrente contínua o fluxo unidireccional de cargas. Pode ser de valor fixo ou de valor variável ou mesmo por impulsos. Ex: corrente de uma bateria de carro, pilha, painéis fotovoltaicos, dínamos, etc.

Corrente alternada (CA ou AC)

Considera-se corrente alternada o fluxo bidireccional alternado de cargas. Pode ser de valor fixo ou de valor variável ou mesmo por impulsos. Ex: corrente usada nas residências.

No mundo actual, a grande maioria das aplicações que dependem de electricidade são alimentadas por corrente alternada. Existem fortes motivos para que isto aconteça:

- a geração de grandes quantidades de energia é mais económica em CA do que em CC; de facto todas as grandes centrais eléctricas produzem tensões CA, ficando as fontes de CC para aplicações especiais ou que envolvam a necessidade de portabilidade;
- pela mesma razão antes exposta, a alimentação por CA é encontrada em qualquer instalação eléctrica residencial, comercial ou industrial;
- a transformação de CA em CC (rectificação) é simples, barata e eficiente; a transformação inversa (CC em CA, chamada inversão) já é mais elaborada e tem maior custo;
- os motores alimentados por CA são mais baratos e têm muito menos manutenção já que não têm escovas, são usados em praticamente todas as aplicações de força-motriz;
- a alimentação em CA permite o uso de transformadores, com os quais se podem alterar níveis de tensão ou corrente para quaisquer valores.



Geralmente o uso de CC está restrito a operações específicas (como a electrólise), à alimentação de motores de CC, à alimentação de alguns aparelhos electrónicos ou a situações onde a portabilidade da fonte é exigida (como no caso de veículos auto-motrizes, tipo automóveis, scooters ou segways).

Porém o uso de CA traz um problema inexistente em CC: o surgimento dos fenómenos da impedância indutiva e da impedância capacitiva, os quais podem produzir perdas em algumas situações, como nas linhas de transmissão de energia.

EFEITOS DA CORRENTE ELÉCTRICA

Na passagem de uma corrente por um condutor podem observar-se alguns efeitos, como os descritos a seguir:

a) Efeito térmico ou efeito Joule

Qualquer condutor sofre um aquecimento ao ser atravessado por uma corrente eléctrica.

Esse efeito é a base de funcionamento dos aquecedores eléctricos, chuveiros eléctricos, secadores de cabelo, lâmpadas térmicas etc.

b) Efeito luminoso

Em determinadas condições, a passagem da corrente eléctrica através de um gás rarefeito faz com que ele emita luz. As lâmpadas fluorescentes e os anúncios luminosos são aplicações desse efeito. Neles há a transformação directa de energia eléctrica em energia luminosa.

c) Efeito magnético

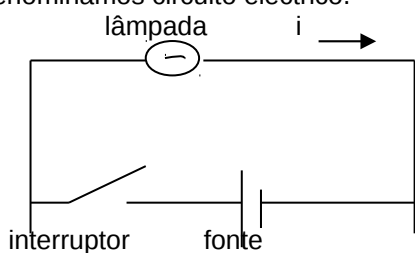
Um condutor percorrido por uma corrente eléctrica cria, na região próxima a ele, um campo magnético. Este é um dos efeitos mais importantes, constituindo a base do funcionamento dos motores, transformadores, relés etc.

d) Efeito químico

Uma solução electrolítica sofre decomposição, quando é atravessada por uma corrente eléctrica. É a electrólise. Esse efeito é utilizado, por exemplo, no revestimento de metais: cromagem, niquelagem etc.

CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA - ELEMENTOS DE UM CIRCUITO ELÉCTRICO

Para se estabelecer uma corrente eléctrica são necessários, basicamente: um gerador de energia eléctrica, um condutor em circuito fechado e um elemento para utilizar a energia produzida pelo gerador. A esse conjunto denominamos circuito eléctrico.



a) Gerador eléctrico

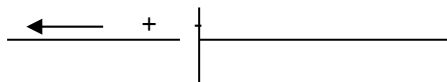
É um dispositivo capaz de transformar em energia eléctrica outra modalidade de energia. O gerador não gera ou cria cargas eléctricas. Sua função é fornecer energia às cargas eléctricas que o atravessam. Industrialmente, os geradores mais comuns são os químicos, os mecânicos, os fotovoltaicos e os termoeléctricos.

· *Químicos*: aqueles que transformam energia química em energia eléctrica. Exemplos: pilha e bateria.

· *Mecânicos*: aqueles que transformam energia mecânica em eléctrica. Exemplo: dínamo de motor de automóvel e o alternador.

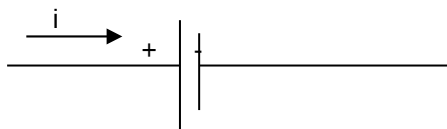
· *Fotovoltaicos*: aqueles que transformam a energia radiante visível em energia eléctrica Exemplo: painéis solares fotovoltaicos

· *Termoeléctricos*: aqueles que transformam directamente diferenças de temperatura em energia eléctrica Exemplo: termopares



b) Consumidor (receptor) eléctrico

É um dispositivo que transforma energia eléctrica em outra forma de energia, não exclusivamente térmica. O principal receptor é o motor eléctrico, que transforma energia eléctrica em mecânica, além da parcela de energia dissipada sob a forma de calor. Também são consumidores os equipamentos electrónicos domésticos ou industriais. Do mesmo modo são consumidores os equipamentos produtores de luz como lâmpadas de incandescência, lâmpadas fluorescentes ou lâmpadas LED.



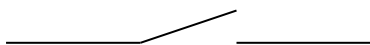
c) Resistência eléctrica

É um dispositivo que transforma toda a energia eléctrica consumida integralmente em calor. Como exemplo, podemos citar os aquecedores, o ferro eléctrico, o chuveiro eléctrico, a lâmpada comum e os fios condutores em geral.



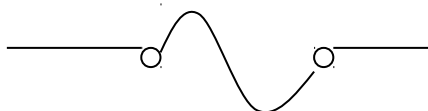
d) Dispositivos de manobra ou comando

São elementos que servem para ligar ou desligar um circuito eléctrico. Por exemplo, os interruptores, os inversores e os seccionadores



e) Dispositivos de segurança

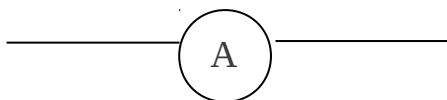
São dispositivos que, ao serem atravessados por uma corrente de intensidade maior que a prevista, interrompem a passagem da corrente eléctrica, preservando da destruição os demais elementos do circuito. Os mais comuns são os fusíveis e os disjuntores.



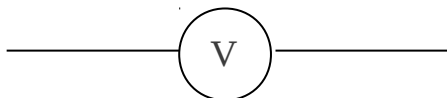
f) Dispositivos de controlo e medida

São utilizados nos circuitos eléctricos para medir a intensidade da corrente eléctrica ou para medir a diferença de potencial existente entre dois pontos, ou, simplesmente, para detectá-las. Os mais comuns são o amperímetro e o voltímetro

· *Amperímetro*: aparelho que serve para medir a intensidade da corrente eléctrica.



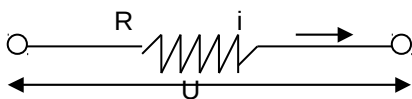
· *Voltímetro*: aparelho utilizado para medir a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito eléctrico.



RESISTÊNCIAS

"Resistências são elementos de circuito que consomem energia eléctrica, convertendo-a integralmente em energia térmica."

Lei de Ohm



$$U = R \cdot i$$

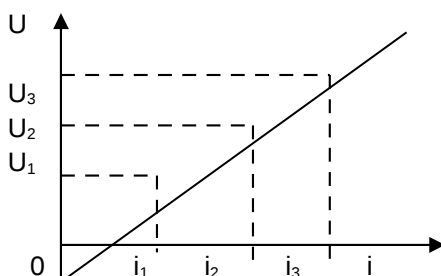
U = (ddp) diferença de potencial (V)

R = resistência eléctrica (Ω)

i = corrente eléctrica (A)

No SI, a unidade de resistência eléctrica é o Ohm (Ω)

Curva característica de uma Resistência Pura (na gíria de electricidade “ohmica”)



$$\frac{U}{i} = R \quad (\text{constante})$$

POTÊNCIA DISSIPADA NUMA RESISTÊNCIA

$$P = U \cdot i \quad P = R \cdot i^2 \quad P = \frac{U^2}{R}$$

Unidade de potência no SI: W (watt)

ENERGIA CONSUMIDA

$$E = P \cdot \Delta t$$

E = energia (J, kWh)

P = potência (W)

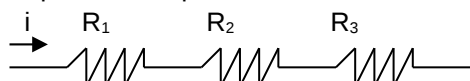
Δt = tempo (s)

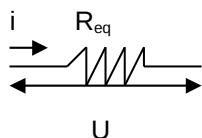
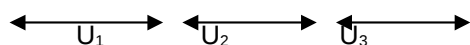
No SI a unidade de energia é o joule (J), mas também é muito utilizado o kWh. 1kWh é a energia consumida, com potência de 1kW, durante 1 hora.

ASSOCIAÇÃO DE RESISTÊNCIAS

Associação de Resistências em série

"Várias Resistências estão associados em série quando são ligados um em seguida do outro, de modo a serem percorridos pela mesma corrente."





R_{eq} = resistência equivalente (Ω)

U = ddp da associação (V)

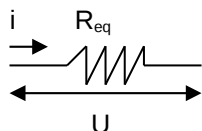
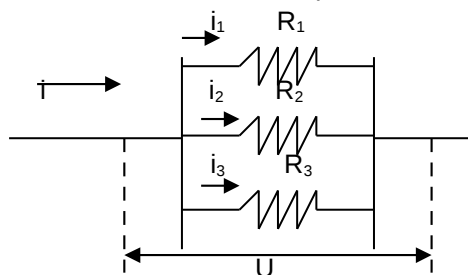
$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Associação de Resistências em paralelo

"Várias Resistências estão associadas em paralelo quando são ligados pelos terminais de modo que fiquem submetidos à mesma ddp."



R_{eq} = resistência equivalente (Ω)

U = ddp da associação (V)

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

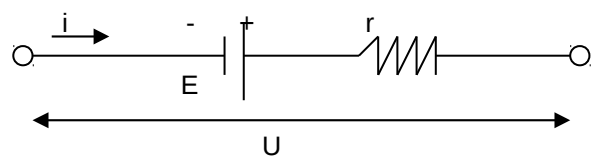
Leituras no Amperímetro e no Voltímetro

Amperímetro ideal: não tem resistência interna (é ligado em série).

Voltímetro ideal: tem resistência interna infinitamente grande (é ligado em paralelo).

Gerador eléctrico

"Levando-se em conta a resistência interna do gerador, percebemos que a ddp U entre os terminais é menor do que a força electromotriz (fem), devido à perda de ddp na resistência interna."



$$U = E - r \cdot i$$



Circuitos eléctricos

$$i = \frac{\sum E}{\sum R}$$

$\sum E$ = soma de todas as forças electromotrizes do circuito.
 $\sum R$ = soma de as resistências do mesmo circuito.

Resistência eléctrica

A resistência é uma medida da oposição que a matéria oferece à passagem de corrente eléctrica. Os materiais são designados por condutores, semicondutores ou isoladores conforme a oposição que oferecem seja reduzida, média e elevada. Essa “oposição” está relacionada com a energia necessária em cada material para fazer passar os electrões da banda de valência para a banda de condução.

A Lei de Ohm

$$v = R i \quad (3.1)$$

estabelece a relação existente entre a corrente e a tensão eléctrica aos terminais de uma resistência. O parâmetro R , designado resistência eléctrica, é expresso em Ohm (note-se que na língua inglesa se distinguem a grandeza “resistance” que é uma propriedade do elemento “resistor”). Em Português usa-se o mesmo termo para designar quer o valor da resistência quer o objecto resistência eléctrica.

A resistência eléctrica dos materiais pode ser comparada ao atrito existente nos sistemas mecânicos. Por exemplo, e ao contrário da situação no vácuo, a aplicação de um campo eléctrico constante (força constante) sobre uma carga eléctrica conduz a uma velocidade constante nos materiais, situação à qual corresponde uma troca de energia potencial eléctrica por calor. Esta conversão é designada por **efeito de Joule**, cuja expressão da potência dissipada é

$$p = Ri^2 \quad (3.2).$$

A resistência é um dos elementos mais utilizados nos circuitos. Existem resistências fixas, variáveis e ajustáveis, resistências integradas e resistências discretas, resistências cuja função é a conversão de grandezas não eléctricas em grandezas eléctricas, etc. Relativamente a estas últimas, existem resistências sensíveis à temperatura, como sejam as termo-resistências e os termístores, resistências sensíveis ao fluxo luminoso, designadas por foto-resistências, magneto-resistências, piezo-resistências, químio-resistências, etc.

Resistividade

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{ne\mu}$$

W.m, ohm-metro

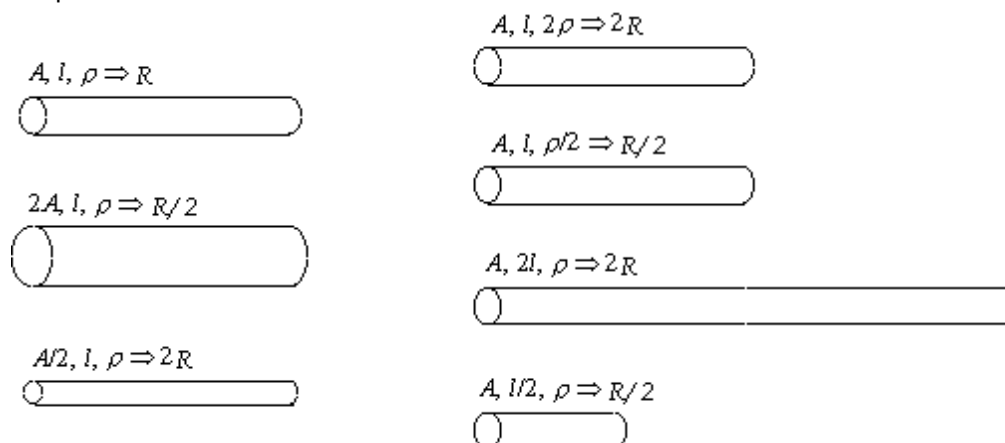
se designa por **resistividade eléctrica** do material e

$$R = \frac{1}{G} = \rho \frac{l}{A}$$

W, Ohm

por resistência eléctrica do condutor. As expressões (3.9), (3.13) e (3.14) são indistintamente designadas por Lei de Ohm.

De acordo com a expressão (3.16), a resistência eléctrica de um condutor é directamente proporcional ao seu comprimento, e inversamente proporcional à sua secção, à densidade e à mobilidade das cargas eléctricas livres existentes no seu seio. Na Figura 3.3 ilustram-se alguns casos da relação existente entre a resistência eléctrica e o comprimento, a secção e a resistividade, enquanto na Tabela 3.1 se apresentam os valores da resistividade eléctrica de alguns materiais condutores, semicondutores e isoladores, medidos à temperatura de referência de 20 °C.



Resistência eléctrica de fios condutores com comprimentos, secções e resistividades variadas

MATERIAL	RESISTIVIDADE (@ 20°C)
prata	1.645*10 ⁻⁸ W.m
cobre	1.723*10 ⁻⁸ W.m
ouro	2.443*10 ⁻⁸ W.m
alumínio	2.825*10 ⁻⁸ W.m
tungsténio (volfrâmio)	5.485*10 ⁻⁸ W.m
níquel	7.811*10 ⁻⁸ W.m
ferro	1.229*10 ⁻⁷ W.m
constantan	4.899*10 ⁻⁷ W.m
nicrómio	9.972*10 ⁻⁷ W.m
carbono	3.5*10 ⁻⁵ W.m
silício	2.3*10 ³ W.m
poliestireno	~ 10 ¹⁶ W.m

Tabela 3.1 Resistividade eléctrica de diversos materiais condutores, semicondutores e isoladores (a 20 °C)

A Lei de Ohm permite três interpretações distintas:

- b) *para uma determinada tensão aplicada, a corrente é inversamente proporcional à resistência eléctrica do elemento;*
- c) *para uma determinada corrente aplicada, a tensão desenvolvida aos terminais do elemento é proporcional à resistência;*
- d) *a resistência de um elemento é dada pelo quociente entre a tensão e a corrente aos seus terminais.*

IDENTIFICAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS

A informação relativa ao valor nominal e à tolerância de uma resistência discreta encontra-se regra geral gravada no invólucro sob a forma de números, bandas ou pontos coloridos. No entanto, de todos estes três sistemas alternativos o das bandas coloridas é aquele de maior divulgação entre os fabricantes de componentes, com terminais para soldadura em particular nas resistências de aglomerado de grafite, vulgo de

carvão ou filme metálico. No caso dos componentes destinados a montagem em superfície SMD é usual o uso de algarismos.

O código de cores varia conforme as resistências sejam normais ou de precisão: as resistências normais são codificadas com quatro bandas, ao passo que as de precisão são codificadas com base num código de cinco bandas. O significado de cada banda é indicado nas Tabelas A3.1. Convém notar que a mesma cor pode ter significados diferentes consoante a resistência seja de precisão ou normal.

Nas resistências normais, o significado de cada banda é o seguinte:

- a 1ª e a 2ª bandas indicam os dois primeiros algarismos do valor nominal da resistência, N1 e N2;
- a 3ª banda indica o factor multiplicativo do valor nominal da resistência, que pode ser 10-2, 10-1, 1, 10, 100, . . . , 109;
- a 4ª banda indica a tolerância do valor nominal da resistência, a qual pode tomar valores típicos de 1%, 2%, 5%, 10% e 20%.

Cor	Abreviatura	Valor	Nº de zeros	Tolerância
Preto	Pr	0	---	---
Castanho	Mr	1	0	1%
Vermelho	Vm	2	00	2%
Laranja	La	3	000	---
Amarelo	Am	4	0000	20%
Verde	Vd	5	00000	0,5%
Azul	Az	6	000000	0,25%
Violeta	Rx ou VI	7	0000000	0,1%
Cinza	Cz	8	00000000	---
Branco	Br	9	000000000	---
Ouro	---	---	---	5%
Prata	---	---	---	10%
-----	---	---	---	20%

Tabela A3.1 Código de cores das resistências normais.

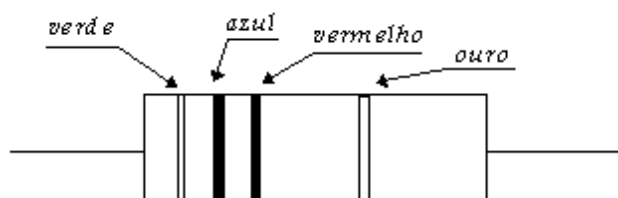
Na Figura A3.1 apresenta-se o exemplo de uma resistência normal cujas bandas apresentam as seguintes cores:

1ª banda: verde (5)

2ª banda: azul (6)

3ª banda: vermelho (2)

4ª banda: dourado (10%)



Estas bandas codificam a informação relativa a uma resistência de 5,6 kW e 5 % de tolerância, portanto com um valor nominal compreendido entre 5,04 kW e 6,16 kW.

Potência eléctrica

A potência é uma medida do ritmo a que se dissipa ou acumula energia eléctrica.

Por outro lado, tendo em conta as relações entre trabalho, tensão, carga, tempo e corrente eléctrica, verifica-se que

$$P = \frac{W}{\Delta T} = \frac{W}{Q} \frac{Q}{\Delta T} = VI$$

ou seja, que a potência mais não é do que o produto da tensão pela corrente eléctrica, as duas variáveis operativas dos circuitos eléctricos.

Leis de Kirchhoff

As Leis de Kirchhoff regem a associação de componentes num circuito. Ao contrário da Lei de Ohm, cujo âmbito é a resistência, as Leis de Kirchhoff das tensões e das correntes estabelecem as regras às quais devem respeitar as associações de componentes: a Lei de Kirchhoff das correntes afirma que são idênticos os somatórios das correntes incidentes e divergentes em qualquer nó de um circuito, ao passo que a Lei das tensões afirma que é nulo o somatório das tensões aos terminais dos componentes situados ao longo de um caminho fechado. Uma associação de componentes eléctricos constitui um circuito quando verifica simultaneamente as Leis de Kirchhoff e as características tensão-corrente dos componentes, que no caso particular da resistência se designa por Lei de Ohm. A aplicação conjunta das Leis de Kirchhoff e de Ohm permite obter um conjunto de equações cuja resolução conduz aos valores das correntes e das tensões aos terminais dos componentes.

Para além de permitir resolver os circuitos, as três leis referidas possibilitam ainda a derivação de um conjunto de regras simplificativas da análise dos circuitos. Designadamente, as regras de associação em série e em paralelo de resistências, as regras dos divisores de tensão e de corrente, as regras de transformação entre fontes de tensão e de corrente, as regras de associação de fontes de corrente e de tensão, etc.

Lei de Kirchhoff das Tensões (lei das malhas)

A Lei de Kirchhoff das tensões (LKT) estabelece que é nulo o somatório das quedas e elevações de tensão ao longo de um caminho fechado de um circuito eléctrico

$$\sum v = 0$$

Nos circuitos representados na Figura 4.1 existem os seguintes caminhos fechados: o caminho ao longo dos nós (a, b, c, d, e, f, a), em 4.1.a, e os caminhos ao longo dos nós (a, b, c, d, e, a), (b, c, d, e, b) e (a, b, e, a) em 4.1.b.

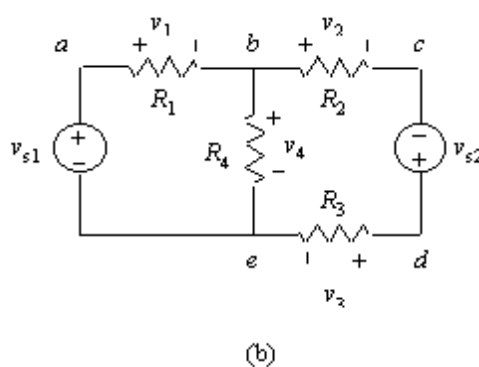
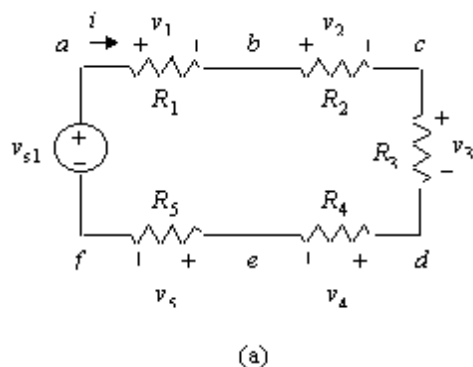


Figura 4.1 Lei de Kirchhoff das tensões

Por exemplo, para o caminho (a, b, c, d, e, a) é válida a igualdade

$$v_1 + v_2 - v_{s2} + v_3 - v_{s1} = 0$$

ou então

$$v_{s2} + v_{s1} = v_1 + v_2 + v_3$$

A relação (4.3) indica que são iguais os somatórios das quedas e das elevações de tensão ao longo de um caminho fechado.

Lei de Kirchhoff das Correntes (lei dos nós)

A Lei de Kirchhoff das correntes (LKC) estabelece que é nulo o somatório das correntes incidentes em qualquer nó de um circuito eléctrico (Figura 4.2.a)

$$\sum i = 0$$

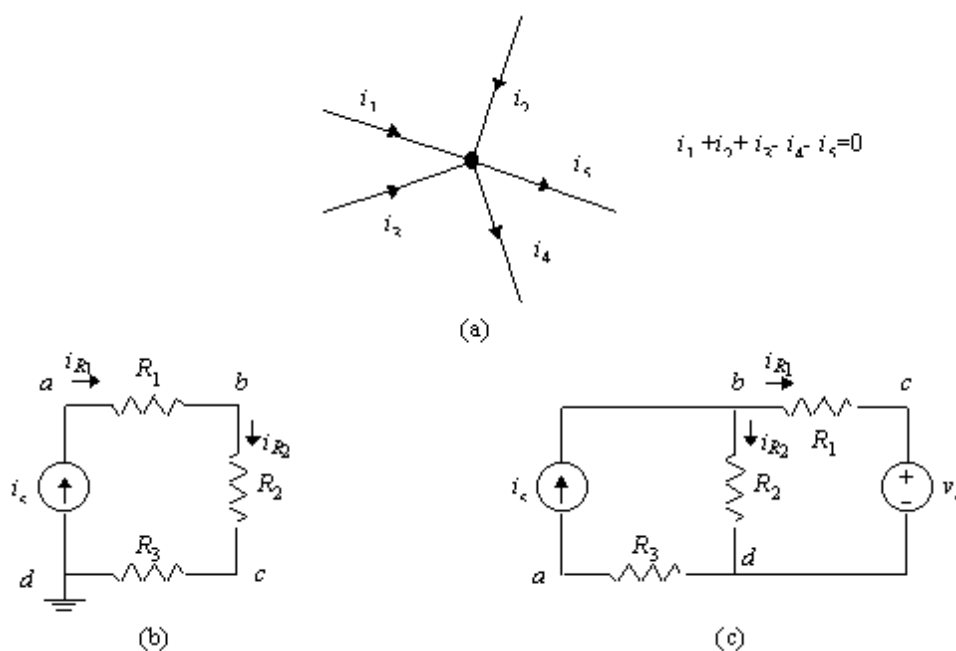


Figura 4.2 Lei de Kirchhoff das correntes

Um nó é um ponto de união entre dois ou mais componentes de um circuito, ou entre um componente e a massa. Nos circuitos representados na Figura 4.2 existem os seguintes nós: nós a, b, c e o nó da massa, em 4.2.b, e os nós a, b, c e d em 4.2.c. A aplicação da LKC ao nó b do circuito em 4.2.c conduz à igualdade

$$i_s - i_{R1} - i_{R2} = 0$$

ou então

$$i_s = i_{R1} + i_{R2}$$

A relação (4.6) indica que em qualquer nó de um circuito são idênticos os somatórios das correntes incidentes e divergentes.

Divisor de Tensão

Considere-se o circuito representado na Figura 4.9.a, constituído por uma cadeia de resistências ligadas em série com uma fonte de tensão.

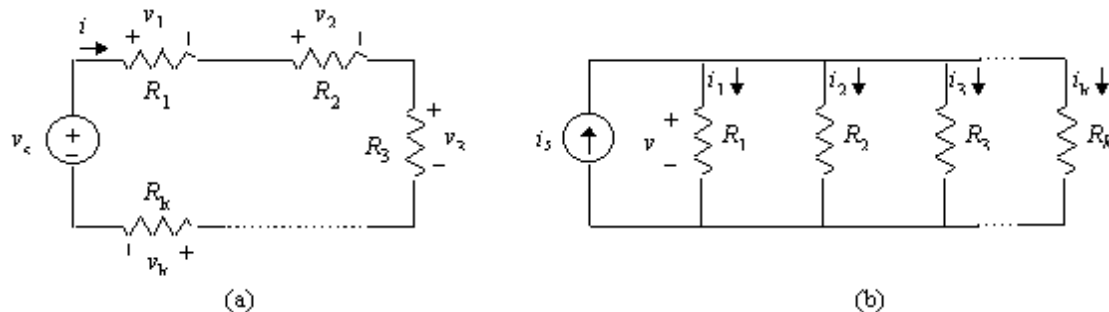


Figura 4.9 Divisores de tensão (a) e de corrente (b)

A queda de tensão aos terminais de cada uma das resistências é dada por

$$v_j = R_j i$$

com $j=1,2, \dots, k$, e em que i define a corrente comum a todas as resistências,

$$i = \frac{v_s}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}$$

Substituindo (4.22) em (4.21), obtém-se

$$v_j = \frac{R_j}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k} v_s$$

para a tensão aos terminais de cada uma das resistências, expressão que é designada por regra do divisor de tensão. No caso de duas resistências apenas, a expressão do divisor de tensão toma a forma particular

$$v_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_s$$

para a tensão aos terminais da resistência R_1 , e

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_s$$

para a tensão aos terminais da resistência R_2 . Por outro lado, a relação entre as quedas de tensão aos terminais das duas resistências coincide com o quociente entre os valores nominais respectivos,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Divisor de Corrente

Considere-se o circuito representado na Figura 4.9.b, constituído por um conjunto de resistências ligadas em paralelo com uma fonte de corrente. A corrente em cada uma das resistências é dada por

$$i_j = G_j v$$



com $j=1,2, \dots k$, e em que v define a tensão comum a todas elas

$$v = \frac{i}{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_k}$$

Substituindo (4.28) em (4.27), obtém-se a expressão da corrente em cada um dos componentes

$$i_j = \frac{G_j}{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_k} i$$

que neste caso se designa por regra do divisor de corrente. No caso de duas resistências, a expressão do divisor de corrente toma a forma particular

$$i_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} i$$

ou ainda

$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i$$

Por outro lado, a relação entre as correntes em duas resistências associadas em paralelo é dada por

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{G_1}{G_2}$$

ou ainda

Teorema de Thévenin (ou teorema da equivalência a um circuito série)

O teorema de Thévenin afirma que, do ponto de vista de um qualquer par de terminais, um circuito linear pode sempre ser substituído por uma fonte de tensão com resistência interna. Como se verifica na Figura 6.4, quando o objectivo da análise de um circuito se resume a identificar a corrente, a tensão ou a potência a jusante de um par de terminais, então o teorema de Thévenin indica que todo o circuito a montante pode ser reduzido a dois elementos apenas, constituindo globalmente uma fonte de tensão com resistência interna. O conjunto de componentes v_{Th} e R_{Th} é designado por equivalente de Thévenin do circuito.

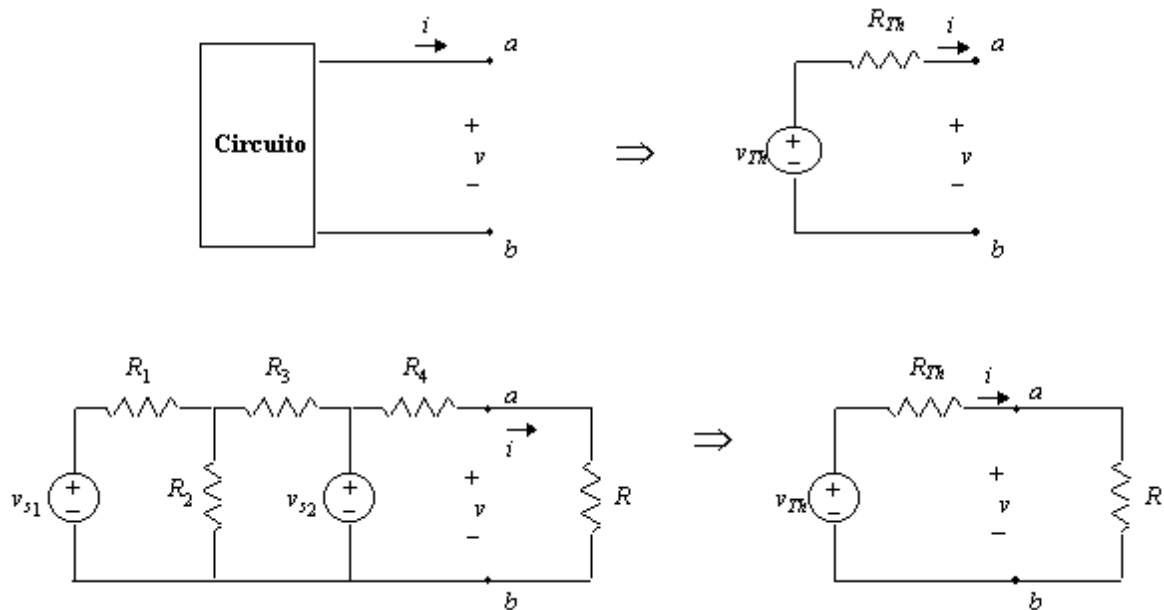


Figura 6.4 Teorema de Thévenin

A metodologia de cálculo do equivalente de Thévenin difere consoante o tipo de fontes em presença no circuito. É comum distinguirem-se circuitos com fontes independentes (Caso 1); circuitos com fontes independentes e dependentes (Caso 2); e circuitos com fontes dependentes (Caso 3).

Caso 1: Equivalente de Thévenin de um Circuito com Fontes Independentes

Considere-se o circuito representado na Figura 6.5.a, relativamente ao qual se pretende determinar o equivalente de Thévenin do sub-circuito à esquerda dos terminais a e b indicados.

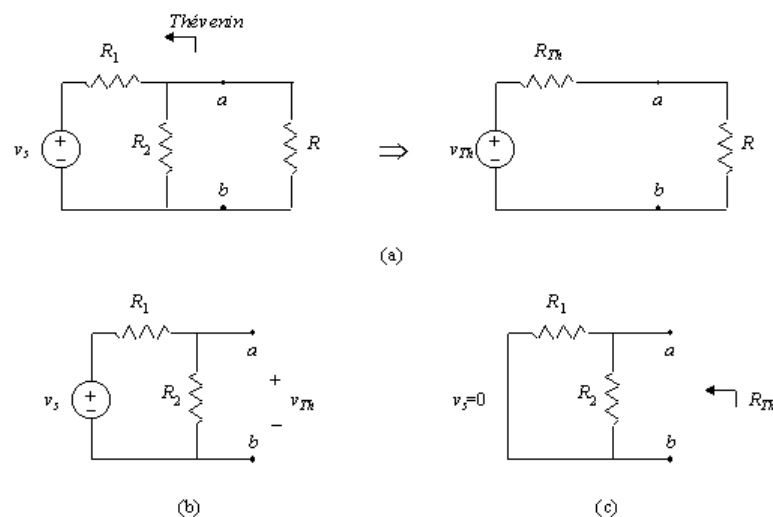


Figura 6.5 Equivalente de Thévenin de um circuito com fontes independentes

O equivalente de Thévenin calcula-se nos seguintes dois passos (para além da identificação dos terminais e do sentido relativamente ao qual se pretende obter o equivalente):

1. obtenção da tensão em aberto (Figura 6.5.b),

$$v_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_s$$

(ii) e determinação da resistência equivalente vista dos terminais de saída, quando se anulam todas as fontes independentes no circuito (Figura 6.5.c),

$$R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Caso 2: Equivalente de Thévenin de um Circuito com Fontes Independentes e Dependentes

Considere-se o circuito da Figura 6.6.a, integrando fontes independentes e dependentes de tensão.

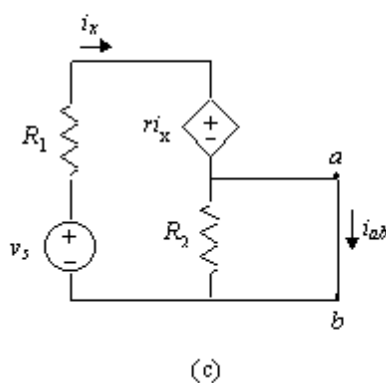
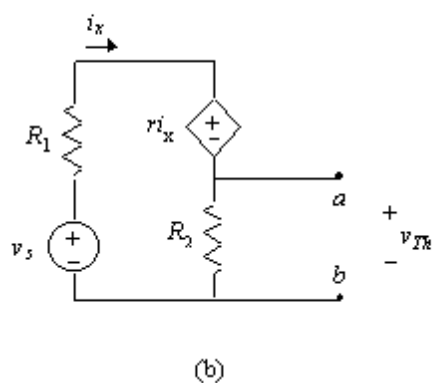
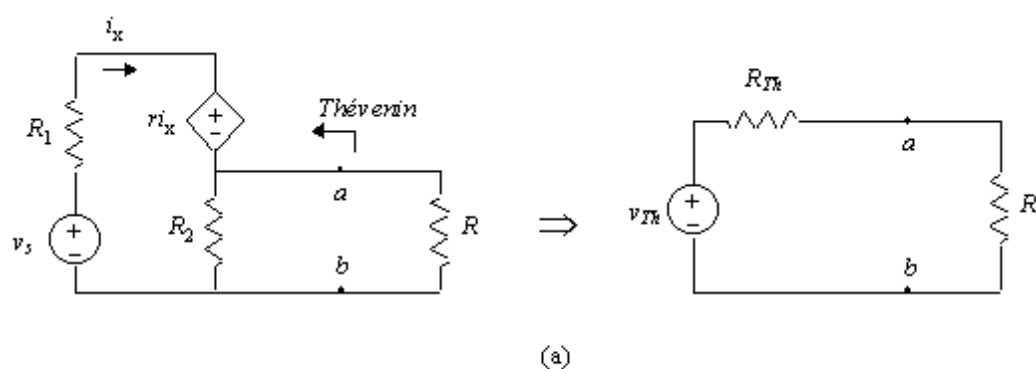


Figura 6.6 Equivalente de Thévenin de um circuito com fontes independentes e dependentes

O cálculo é composto por três passos:

a) determinação da tensão em aberto (Figura 6.6.b),

$$v_{Th} = v_{ab} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + r} v_s$$

(ii) determinação da corrente de curto-circuito entre os terminais especificados (Figura 6.6.c);

b) e cálculo da resistência equivalente de Thévenin através do quociente entre a tensão em aberto e a corrente de curto-circuito,

$$i_{sc} = \frac{v_s}{R_1 + r}$$

$$R_{Th} = \frac{v_{ab}}{i_{ab}} = \frac{R_2(R_1 + r)}{R_1 + R_2 + r}$$

Caso 3: Equivalente de Thévenin de um Circuito com Fontes Dependentes

O equivalente de Thévenin de um circuito com fontes dependentes caracteriza-se pelo valor nulo da tensão equivalente respectiva. A metodologia de cálculo da resistência equivalente exige que se aplique do exterior uma tensão (ou uma corrente), se meça a corrente absorvida (a tensão gerada aos terminais) e se efectue o quociente entre ambas. No caso da resistência equivalente do circuito representado na Figura 6.7.a:

(i) aplica-se uma corrente ao circuito, i_x , e mede-se a tensão aos terminais, v_x (Figura 6.7.b). Em alternativa, pode aplicar-se uma tensão aos terminais especificados, v_x , e medir a corrente absorvida pelo circuito (Figura 6.7.c);

c) e determina-se a resistência equivalente de Thévenin através do quociente

$$R_{Th} = \frac{v_x}{i_x} = \frac{1}{G_2 + g}$$

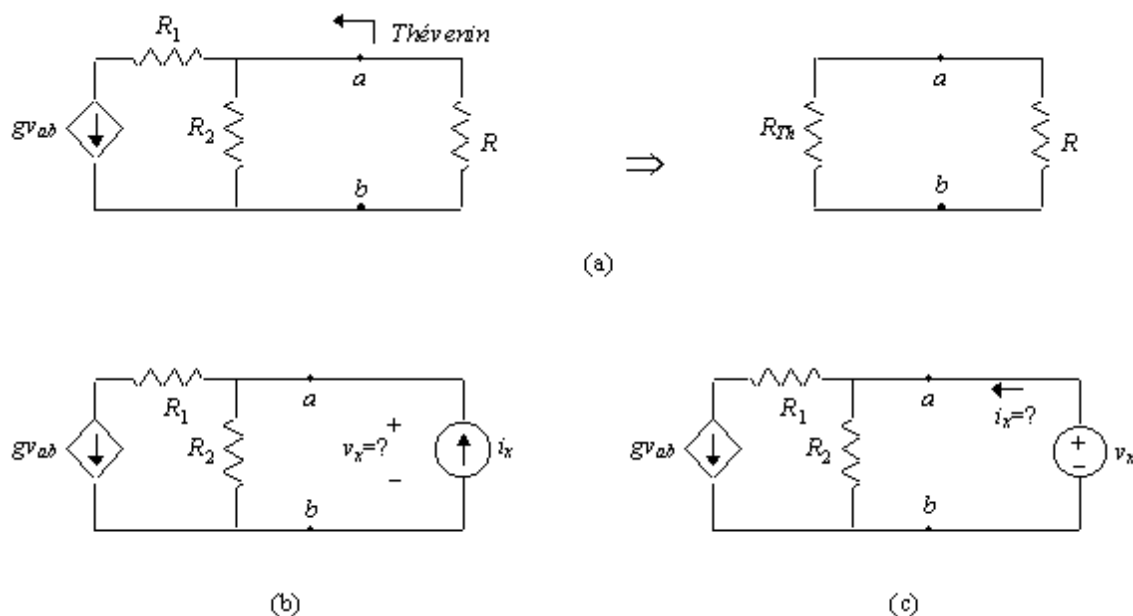


Figura 6.7 Equivalente de Thévenin de um circuito com fontes dependentes.

Teorema de Millman-Norton

O teorema de Millman-Norton estabelece as regras de associação em paralelo e em série de fontes de tensão e de corrente, respectivamente. Este tópico foi abordado anteriormente, tendo-se então tratado apenas o caso elementar da associação em série e em paralelo de conjuntos de duas fontes.

Considerem-se agora as fontes de tensão associadas em paralelo (Figura 6.13.a). O teorema de Millman-Norton estabelece que o conjunto destas fontes pode ser substituído por uma fonte de tensão com resistência interna, cujos parâmetros são dados pelas expressões

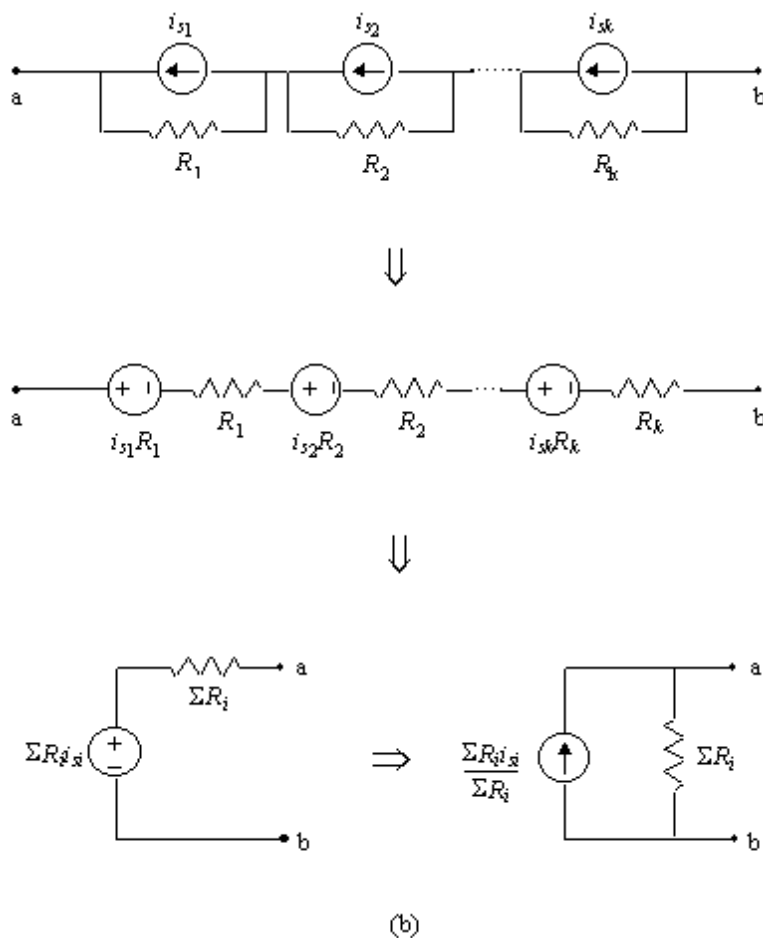


Figura 6.13 Teorema de Millman-Norton: associação em paralelo de fontes de tensão (a) e associação em série de fontes de corrente (b).

$$v_s = \frac{\sum_i \frac{v_{s_i}}{R_i}}{\sum_i \frac{1}{R_i}}$$

e

$$R_s = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{R_i}}$$

Este resultado encontra-se demonstrado de forma gráfica na Figura.6.13.a.

A associação em série de fontes de corrente rege-se pelo dual do teorema de Millman-Norton, demonstrado na Figura 6.13.b. Neste caso, a amplitude da fonte de corrente e a resistência interna respectiva são dadas pelas expressões

$$i_s = \frac{\sum_i R_i i_{s_i}}{\sum_i R_i}$$

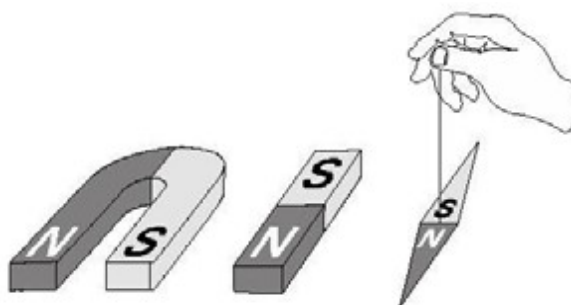
e

$$R_s = \sum_i R_i$$

CAMPO MAGNÉTICO

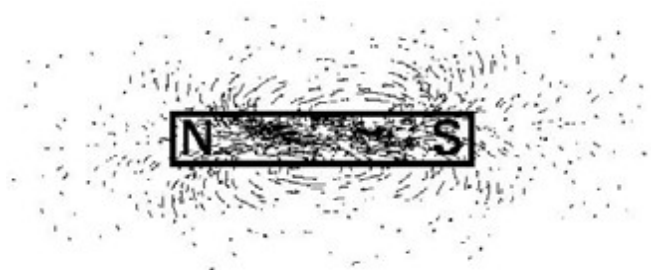
1.1.3 - Magnetismo

Denomina-se magnetismo, o campo de linhas de força invisíveis criado pelos ímãs naturais e pelos electro-ímãs. Os três tipos mais comuns de ímãs naturais são a ferradura, a barra e a agulha de bússola. Os ímãs possuem duas características principais: atraem e prendem-se ao ferro e se estão livres para se moverem como a agulha da bússola, apontam para os pólos norte e sul.

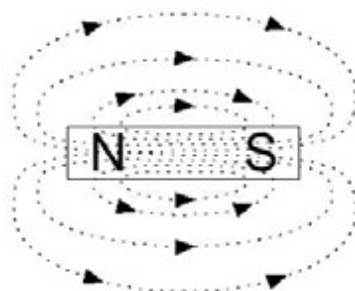


1.1.4 - Linhas do Fluxo Magnético

Cada ímã possui dois pólos, um pólo norte e um pólo sul. As linhas invisíveis do fluxo magnético saem do pólo norte e entram no pólo sul. Mesmo que as linhas do fluxo sejam invisíveis, os efeitos do campo magnético gerado pelas mesmas, pode se tornar visível. Se colocarmos uma folha de papel sobre um ímã natural ou sobre um electro-ímã, e despejarmos limalha de ferro sobre essa folha, as limalhas de ferro arranjar-se-ão ao longo das linhas invisíveis do fluxo.



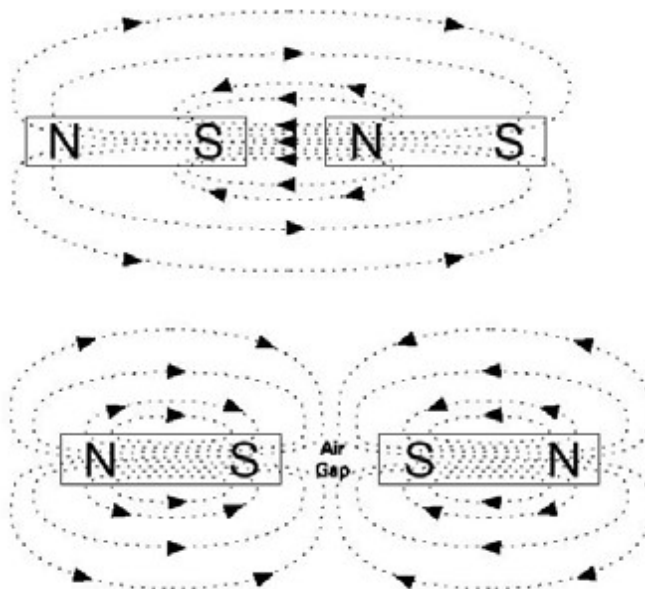
Extraíndo as linhas na maneira como as limalhas de ferro se arranjaram, teremos a seguinte imagem:



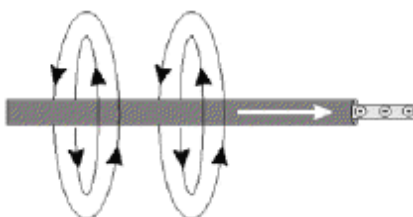
As linhas tracejadas indicam o trajecto das linhas do fluxo magnético. As linhas do campo existem dentro e fora do ímã e formam sempre laços fechados. As linhas magnéticas do fluxo saem do pólo norte e entram no pólo sul, retornando ao pólo norte através do ímã.

1.1.5 - Interação entre dois ímãs

Quando dois ímãs são aproximados, o fluxo magnético em torno destes irá causar uma interacção entre os mesmos. Se os ímãs forem aproximados com os pólos contrários, atraem-se e se forem com os pólos iguais repelem-se.



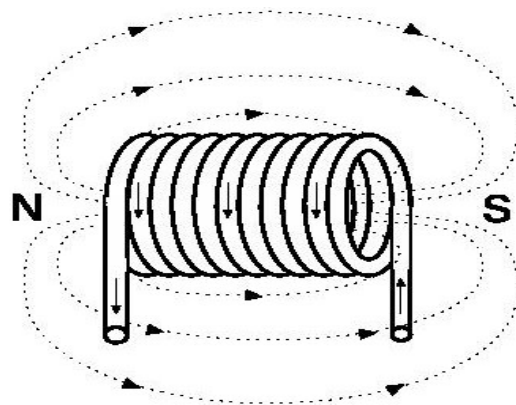
O campo magnético causado por correntes eléctricas



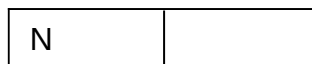
Sempre que uma corrente eléctrica percorre um condutor, é gerado ao seu redor um campo magnético. Os princípios do electro-magnetismo são uma parte importante da electricidade, pois além dos motores, os electro-ímãs são utilizados em vários componentes eléctricos e os mesmos princípios permitem a construção da máquina eléctrica mais simples : **o transformador**

Electro-ímã

Uma bobina de fio condutor, percorrida por uma corrente eléctrica age como um ímã. As voltas individuais da bobina agem como pequenos ímãs. Os campos individuais somam-se formando o campo principal. A força do campo pode ser aumentada adicionando mais voltas à bobina ou ainda, se ainda se aumentarmos a corrente que circula pela mesma.



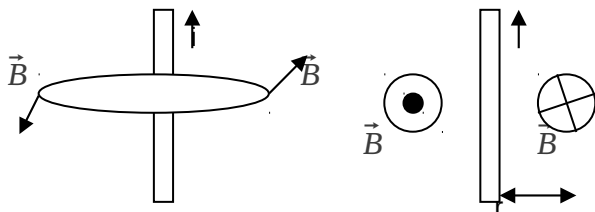
"Campo magnético é toda região ao redor de um ímã ou de um condutor percorrido por corrente eléctrica."



- e) Pólos magnéticos de mesmo nome se repelem e de nomes contrários se atraem.
- f) Se seccionarmos um ímã ao meio, surgirão novos pólos norte e sul em cada um dos pedaços, constituindo cada um deles um novo ímã.

Campo magnético criado por um condutor rectilíneo

"Segure o condutor com a mão direita de modo que o polegar aponte no sentido da corrente. Os demais dedos dobrados fornecem o sentido do vector campo magnético, no ponto considerado. (Regra da mão direita) "



$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi \cdot r}$$

B = intensidade do vector campo magnético em um ponto (T)

μ = permeabilidade magnética do meio (T.m/A)

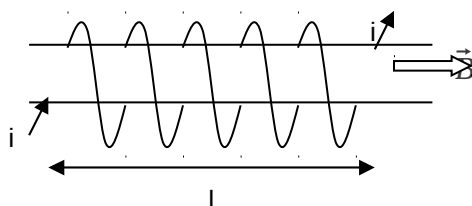
$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A (no vácuo)

r = distância do ponto ao fio (m)

A unidade de \vec{B} no SI é o Tesla (T).

Campo magnético no interior de um solenóide (bobina)

"Um condutor enrolado em forma de espiras é denominado bobina ou solenóide."



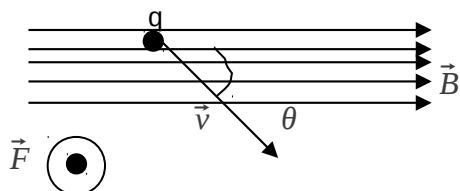
$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{l}$$

N = número de espiras

l = comprimento do solenóide

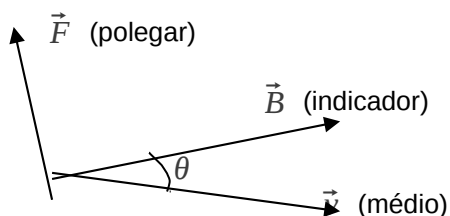
Força magnética

"Uma carga eléctrica q lançada dentro de um campo magnético B, com uma velocidade v, sofre a acção de uma força F.

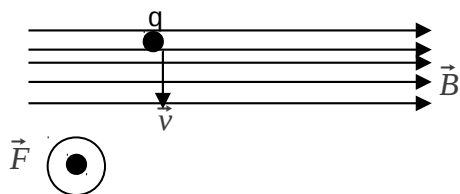


$$F = qvB \sin \theta$$

O sentido da força é dado pela regra da mão esquerda.



- g) A força magnética sobre cargas eléctricas assume valor máximo quando elas são lançadas perpendicularmente à direcção do campo magnético.



$$F = qvB$$

- h) Cargas eléctricas em repouso ou lançadas na mesma direcção do campo magnético não sofrem a acção da força magnética.

CORRENTE ALTERNADA

MATEMÁTICA DA CORRENTE ALTERNA - FUNÇÕES SINUSOIDAIS

As grandezas CA são funções cíclicas, isto é suas formas de onda repetem-se periodicamente. Denomina-se *período* (T) ao tempo que a função demora para se repetir e denomina-se *frequência* (f) ao número de ciclos repetidos ao longo de um segundo

Então

$$T \cdot f = 1 \text{ (eq.1)}$$

O período é expresso em *segundos* (s), enquanto a frequência é medida em *Hertz* (Hz).

Como as sinusóides completam um ângulo igual a 2π radianos (360°) num período, a velocidade angular é dada por

$$fT_{ppw} = 2 = 2 \text{ (eq.2)}$$

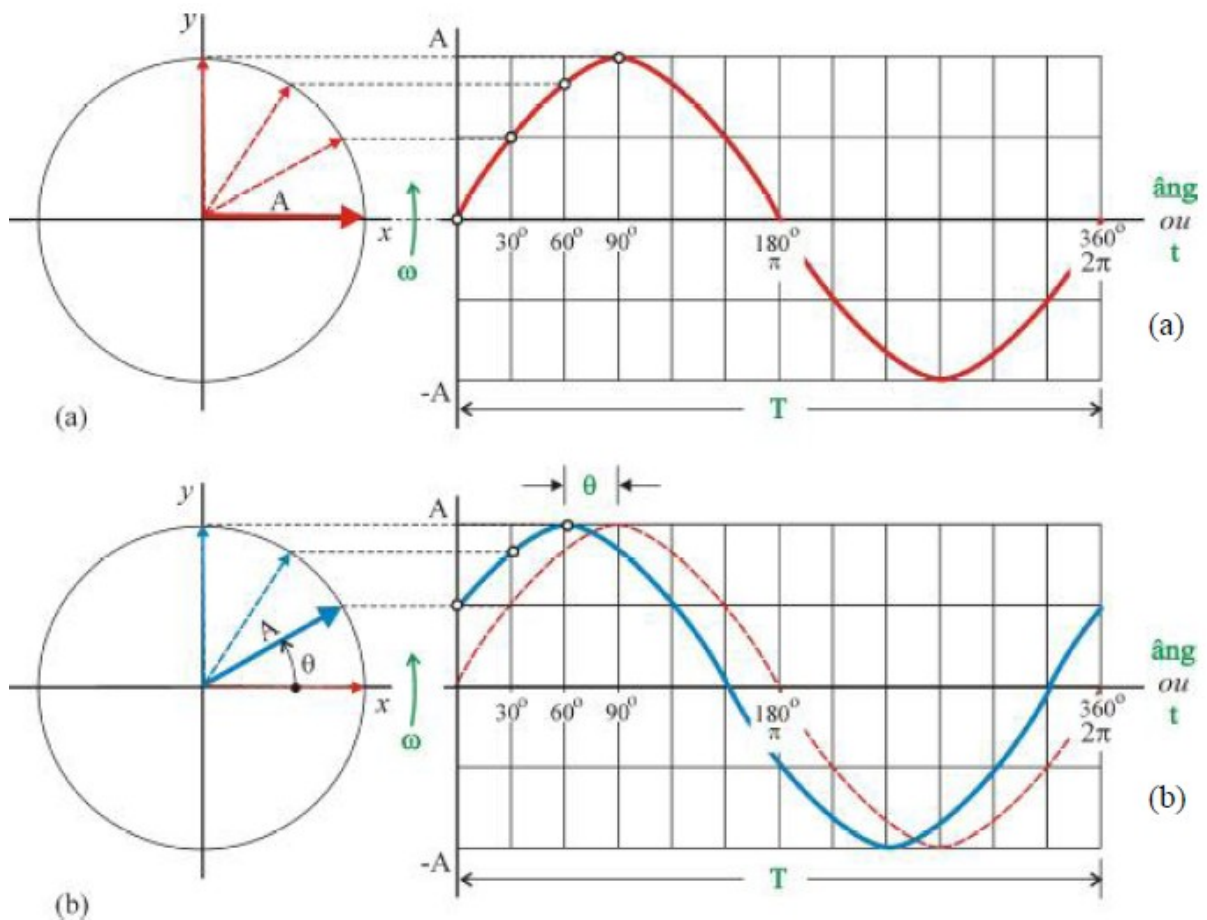


Figura 5.1 – Geração de funções sinusoidais a partir de vectores: (a) função seno original; (b) função seno adiantada de θ graus em relação à original.

A Figura 5.1a mostra uma sinusóide gerada a partir da rotação de um vector centrado na origem de um sistema de eixos coordenados. A cada ângulo descrito pelo vector, relativamente ao eixo x, há uma correspondente projecção sobre o eixo y, de maneira que se tem, na curva a direita, pontos com coordenadas (x;y).

Na Figura 5.1b, o vector “parte” com um ângulo inicial θ e a curva resultante assemelha-se à função seno original “puxada” para a esquerda. Na comparação entre a função gerada pelo vector e a sinusóide original (traçada na figura) diz-se que a primeira está *adiantada* de θ em relação à segunda, eis que eventos semelhantes (por exemplo, o instante em que cada uma delas atinge o valor de pico) acontecem antes com ela.

Grandezas de CA, como as mostradas na Figura 5.1, são chamadas funções *sinusoidais*, pois têm formas de onda semelhantes a sinusóides; são perfeitamente descritas pela equação

$$f(t) = A \sin(\omega t + \theta) \text{ (eq. 5.3)}$$

onde:

A = *amplitude*, também chamado *valor de pico*, que corresponde ao maior valor alcançado pela função ao longo do período; sua unidade é a mesma da grandeza representada (V, A ou W);

ω = *velocidade angular*, dada em radianos por segundo (rad/s), que expressa a velocidade com que os ciclos se repetem;

θ = *ângulo de fase* (dado em graus decimais, o), o qual determina o deslocamento da forma de onda em relação à função seno "original".

(a) (b) 30

Os instrumentos de medida de correntes e tensões CA usualmente trabalham com o chamado valor eficaz (ou rms) dessas funções, o qual é um valor fixo e igual a Valor eficaz = $2A$ (5.4) tendo as mesmas unidades da função original.

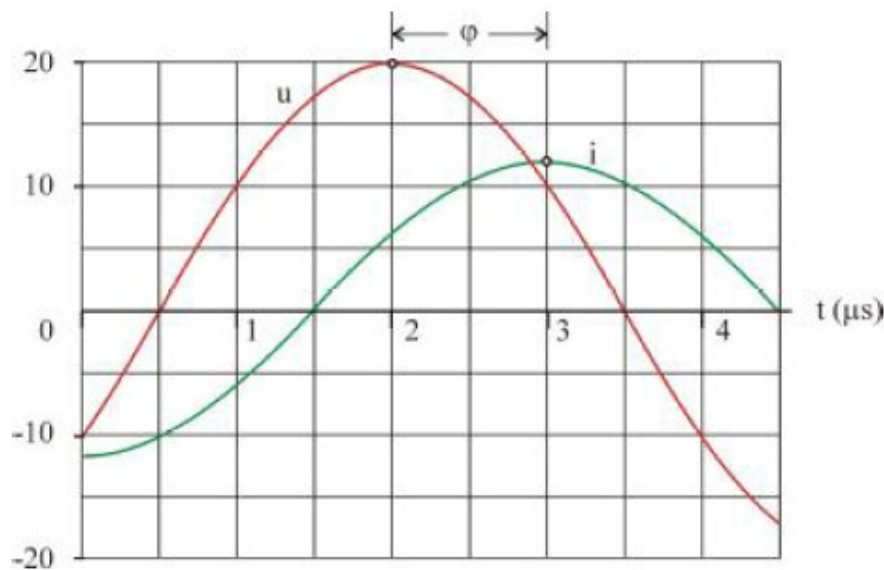


Figura 5.2 – O gráfico da Figura 5.2 mostra a tensão u e a corrente i associadas a uma carga.

Valor de pico da corrente e da tensão - vê-se na Figura 5.2 que a corrente atinge seu pico 2 quadrículas *após* a tensão; portanto, a corrente está *atrasada* de 60° em relação à tensão.

1.6.2 – COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS BÁSICOS DE UM CIRCUITO SUBMETIDOS A CA

É importante entender o que acontece com os elementos básicos quando submetidos à excitações CA.

As resistências não sofrem outra influência que não a de sua própria resistência, isto é, a oposição à passagem de corrente. Nos Resistências, a corrente e a tensão sempre estão em fase (Figura 5.2a)

Porém indutores e condensadores "sentem" a variação temporal da corrente e a desfasam em relação à tensão: condensadores adiantam a corrente em 90°, enquanto que indutores a atrasam pelo mesmo ângulo (Figuras 5.2b e c). Este comportamento deve-se à própria natureza desses elementos, cujo funcionamento exige o fornecimento de energia para formação de campos eléctricos ou magnéticos, sem a realização de trabalho útil.

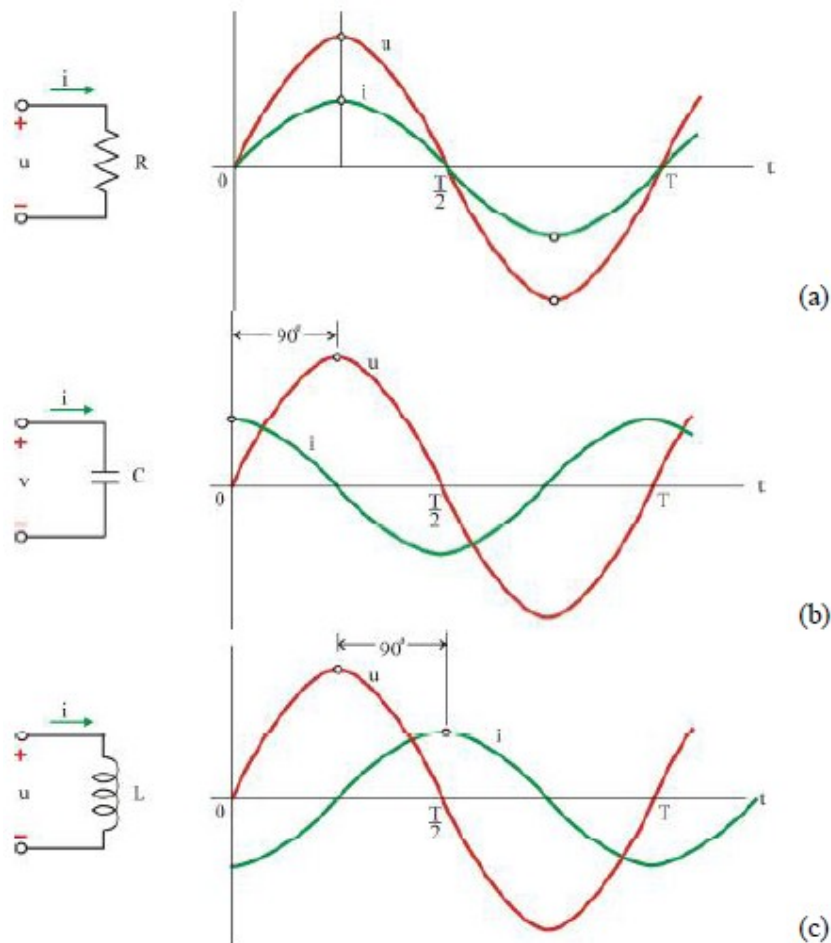


Figura 5.3 – Formas de onda de tensão U e corrente I, em CA, para os elementos básicos dos circuitos: (a) Resistências; (b) condensadores; (c) indutores.

Devido a esta “ reacção ” de condensadores e indutores à passagem de CA, estes elementos são ditos *reactivos* e caracterizados por uma *reactância*, medida em ohms (Ω):

- reactância capacitiva: $X_C = 1/\omega C = 1/2\pi fC$ (eq.5.5)
- reactância indutiva: $X_L = \omega L = 2\pi fL$ (eq.5.6)

Conforme visto anteriormente, os equipamentos e dispositivos práticos podem ser analisados a partir de modelos que incorporam resistências, indutores e condensadores.

Quando excitados por CA esses equipamentos produzem dois efeitos:

- causam oposição à passagem das correntes, por causa de sua resistência;
- produzem desfasagem da corrente em relação à tensão, em razão de sua reactância.

Como não existem indutores ou condensadores ideais, na prática o ângulo de desfasagem da corrente em relação à tensão (chamado ϕ) sempre será menor que 90º, em atraso (cargas indutivas) ou em avanço (cargas capacitivas).

A impedância de um dispositivo é uma grandeza que agrega esses dois aspectos, incorporando a resistência R e a reactância X. Diz-se que esses “componentes” da impedância estão “em quadratura”, isto é, dispostos em ângulo recto, de modo que a impedância pode ser representada por um triângulo rectângulo desenhado para baixo (cargas indutivas) ou para cima (cargas capacitivas), conforme se mostra Figura 5.4.

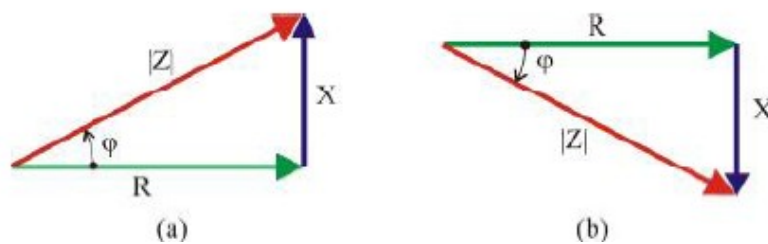


Figura 5.4 – Representação de impedância: (a) carga com característica indutiva; (b) carga com característica capacitiva.

A impedância de uma carga é caracterizada por dois parâmetros:

· **módulo**, dado por $Z = R^2 + X^2$ (eq. 5.7)

independente da característica (indutiva ou capacitiva) desta carga e é expresso em Ohm (Ω). Este módulo representa a relação entre os valores eficazes da tensão (U_{ef}) e da corrente (I_{ef}), isto é $U_{ef} | I_{ef} | Z | =$ (eq.5.8)

· **ângulo**, calculado pela expressão $R \phi = \tan^{-1} X$ (5.9)

sendo dado em graus decimais ($^\circ$). Este ângulo representa a defasagem entre a tensão u e a corrente i no elemento, ou seja

$$\phi = \text{âng } u - \text{âng } i \quad (5.10)$$

e será positivo no caso de carga com característica indutiva; se a carga tiver característica capacitiva o ângulo será negativo.

Nas situações práticas, a maioria das cargas tem característica indutiva: é o caso de motores de indução, aparelhos de soldadura eléctrica, lâmpadas fluorescentes e muitas outras. As cargas com característica capacitiva são mais raras, como o caso de motores síncronos sobre-excitados, mas o uso de condensadores em instalações industriais é muito comum, já que compensam o atraso das outras cargas (indutivas) promovendo o avanço da corrente em relação à tensão.

POTÊNCIA EM CA

Quando uma tensão alternada $U = U_{pico} \cdot \sin(\omega t)$ onde U_{pico} é sua amplitude, é aplicada a uma carga, a corrente que circula será dada por

$$I = I_p \sin(\omega t - \phi)$$

sendo I_p a corrente de pico.

A potência instantânea p , calculada através da Equação 1.4 é $\sin(2t)$

$$P = U_{pico} \sin \omega t \times I_p \sin(\omega t - \phi) \quad (eq.5.11)$$

e resulta numa curva semelhante à mostrada na Figura 5.5

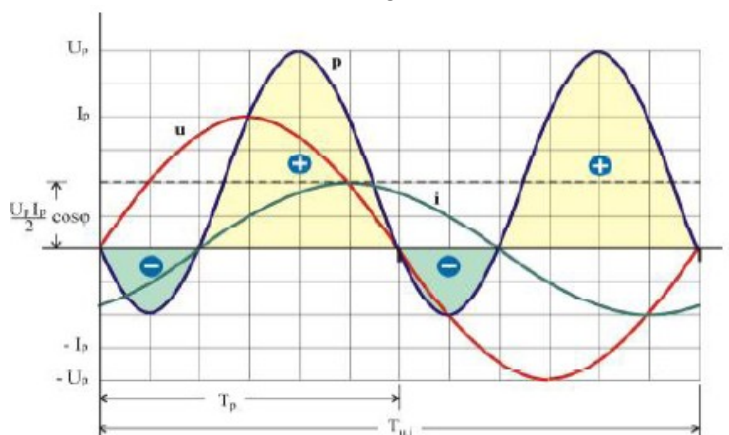


Figura 5.5 – Curvas de tensão (U), corrente (I) e potência instantânea (P_{inst}) em uma impedância $Z = |Z| \angle \phi$.

O significado desta curva é importante: ela mostra que a carga absorve a potência fornecida pela fonte de alimentação (a potência positiva, indicada pelo sinal + na Figura 5.3) durante certo intervalo de tempo; a seguir,

parte dessa potência é fornecida *pela* carga, ou seja, é devolvida a fonte (potência negativa). A potência fornecida pela fonte é “usada” pela carga de 2 formas distintas:

- uma parte é transformada em trabalho útil (como o aquecimento de uma resistência ou a rotação de um motor)
- outra parte é utilizada para a formação de campos eléctricos e/ou magnéticos relacionados aos elementos reactivos da carga; como não é transformada em trabalho útil e é devolvida a fonte (intervalo – na Figura 5.3).

A potência média P é dada pela integral da Equação 5.11 e resulta em : $P = UI \cos \varphi$ (5.12)

onde U e I são valores *eficazes* de tensão e de corrente, respectivamente. Esta é a potência *activa* (também chamada *real*), capaz de realizar trabalho útil; sua unidade é o Watt (W).

A energia relativa a esta potência é registada nos medidores de energia (em kWh) existentes nas instalações e constitui-se na base para o cálculo da “conta de luz” paga mensalmente.

A potência *reactiva* (Q) – aquela usada apenas para a formação de campos eléctricos ou magnéticos nos elementos reactivos – é dada por: $Q = UI \sin \varphi$ (eq.5.13)

e sua unidade é o Volt-Ampere reactivo (VAR). A energia relativa a esta potência *não* é computada nos medidores de kWh, de forma que não pode se cobrada (pelo menos directamente) pela concessionária.

Denomina-se potência *aparente* (S) àquela que engloba as duas anteriores, sendo dada por

$S = P_2 + Q_2$ (eq. 5.14) e tendo por unidade o Volt-Ampere (VA).

Então $S = (UI \cos \varphi)_2 + (UI \sin \varphi)_2 = (UI)_2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) \therefore S = UI$ (eq.5.15)

A potência aparente é usada para especificações de fontes (transformadores e geradores), pois permite determinar a corrente máxima para determinada tensão de fornecimento.

As expressões 5.12 até 5.14 lembram relações trigonométricas de triângulo retângulo. De fato, se P e Q forem tomados como catetos, S será a hipotenusa. A Figura 5.6 mostra como seriam os triângulos de potências de uma carga com característica, respectivamente, indutiva, capacitiva e puramente resistiva.

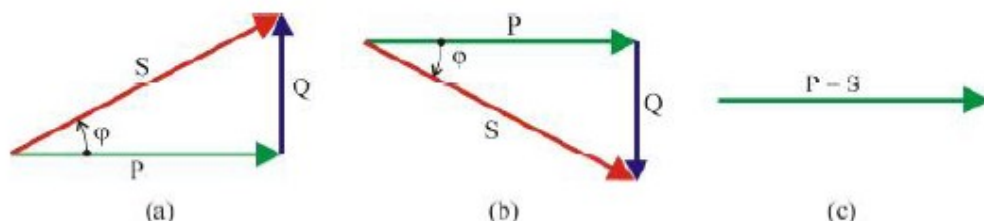


Figura 5.6 – Triângulo de potências de carga: (a) indutiva; (b) capacitiva; (c) resistiva.

Pode-se entender melhor o significado de cada potência examinando o esquema mostrado na Figura 5.7. A fonte fornece às cargas a potência aparente S ; uma parte desta é transformada em potência activa P (como o calor gerado por um aquecedor eléctrico ou o conjugado desenvolvido por um motor assíncrono) e a outra, correspondente à potência reactiva Q , é utilizada na formação de campos magnéticos (cargas indutivas) ou eléctricos (cargas capacitivas). Como não é transformada em energia consumida, esta potência reactiva é devolvida à fonte durante o restante do ciclo¹. A potência aparente S corresponde a soma “vectorial” de P e Q (Equação 5.14).

Vê-se que uma parcela de potência (P) é efectivamente utilizada e a outra (Q) fica “viajando” da fonte (transformador) para a carga (motor) e vice-versa. A energia reactiva não é registada nos medidores comuns de kWh, de modo que não aparece nas “contas de luz” – a menos que as concessionária de energia eléctrica utilizem um medidor específico para tal.

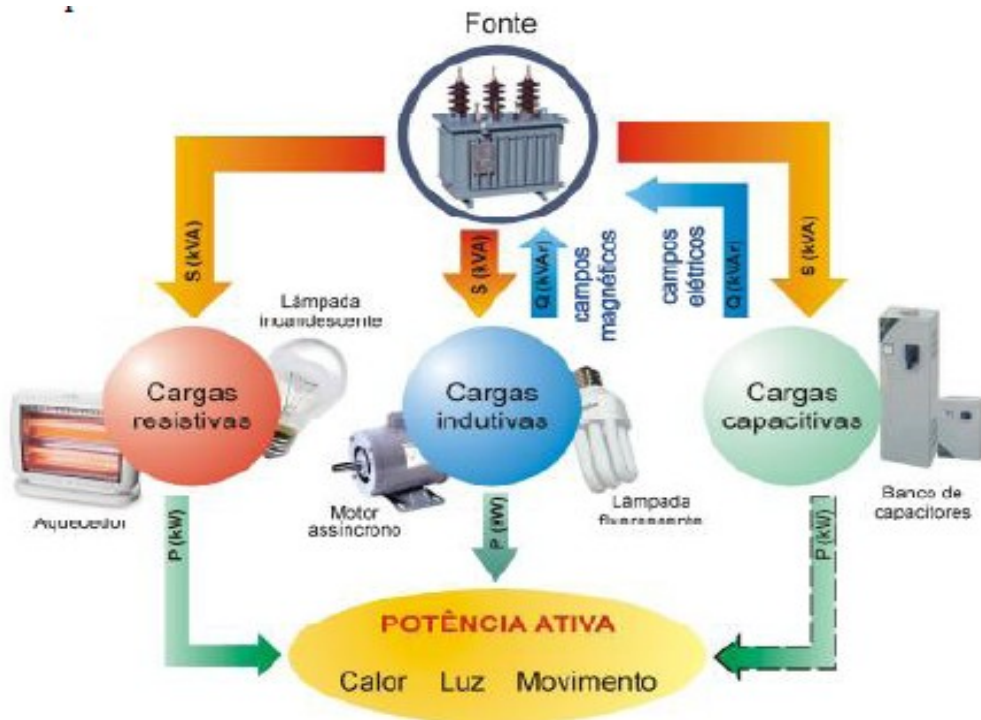


Figura 5.7 – Fluxo de potência entre fonte e cargas.

Numa instalação eléctrica podem-se encontrar todos os tipos de carga. As potências activa e reactiva totais

são dadas por $= \sum T_i P$ (5.16) e $= \sum - \sum T_i \text{ind} i \text{cap} Q$ (eq.5.17)

onde P_i , $Q_i \text{ind}$ e $Q_i \text{cap}$ significam, respectivamente, os KW, kVar indutivos e kVar capacitivos de cada uma das cargas que compõe a instalação.

É importante notar que a potência aparente total *não* pode ser obtida pela soma das potências aparentes individuais. Ela deve ser calculada usando-se a Equação 5.15.

Transporte este raciocínio para a curva de potência da Figura 6.5.

O FACTOR DE POTÊNCIA

O *factor de potência* (FP) de uma carga é igual ao *coseno* do ângulo de defasagem (ϕ) entre a tensão e a corrente associadas a esta carga. Assim $FP = \cos \phi$ (eq.5.18)

sendo uma grandeza adimensional com valor $0 \leq FP \leq 1$. Considerando as Equações 5.12 e 5.15 acha-se $S FP = P$ (5.19) e pode-se interpretar o FP como sendo um rendimento: o percentual de potência aparente S que é transformado em potência activa P . Então, quanto menor for o FP, maior será a quantidade de energia reactiva Q que fica circulando entre a carga e a fonte sem produzir trabalho útil. Por este motivo, a legislação estabelece que uma instalação com FP inferior ao de referência 2 deve ser sobre taxada.

Cargas com características indutivas têm FP *em atraso* (porque a corrente está atrasada em relação à tensão) e compreendem a maior parte dos equipamentos usados em instalações, como motores assíncronos, reactivos de lâmpadas de descarga e aparelhos de solda eléctrica; cargas capacitivas, como motores síncronos sobre-excitados e bancos de condensadores, têm FP *em avanço*, porém não são encontradas com a mesma frequência que as indutivas. Por fim, as cargas puramente resistivas (como aquecedores resistivos, lâmpadas incandescentes e chuveiros eléctricos) têm FP *unitário*.

Alguns factores que causam baixo factor de potência em instalações eléctricas são:

- motores de indução operando a vazio (sem carga acoplada ao eixo);
- motores com potência nominal muito superior à necessária para o accionamento da carga;
- transformadores operando a vazio ou com pouca carga;
- fornos a arco ou de indução magnética;
- máquinas de solda eléctrica;



- reactores de lâmpadas de descarga (fluorescentes, vapor de sódio, etc.) com baixo FP;
- controladores de iluminação LED
- níveis de tensão superior à nominal, provocando um aumento da potência reactiva.

Entre as consequências de baixos valores de FP das instalações podem-se citar:

- acréscimo nas contas de energia eléctrica;
- correntes mais elevadas, já que, para uma potência nominal P e tensão de alimentação U fixadas, a corrente é inversamente proporcional ao FP (Equação 5.12);
- necessidade de condutores com secções maiores;
- aumento das perdas eléctricas nos condutores por efeito Joule;
- necessidade de dispositivos de manobra e protecção com maior capacidade;
- quedas e flutuação de tensão nos circuitos de distribuição;
- sobre-dimensionamento ou limitação da capacidade de transformadores de alimentação;
- maiores riscos de acidentes.

O factor de potência é uma característica que depende das características e da forma de utilização de uma carga. É um dado fornecido pelo fabricante do equipamento e não pode ser alterado directamente pelo utilizador; no entanto, considerando que a maioria das cargas encontradas é de natureza indutiva, podem ser usados bancos de condensadores para corrigir o FP de uma carga individual ou de toda uma instalação.

Estes bancos, especificados em kVAr, são ligados em paralelo com as cargas e praticamente não promovem o aumento da potência activa da instalação. O seu dimensionamento pode ser feito utilizando-se a Tabela 5.1, da seguinte forma:

1. Achar a linha correspondente ao FP original;
2. Achar a coluna equivalente ao FP que se deseja;
3. Determinar o valor de K , obtido no cruzamento da linha correspondente ao FP existente com a coluna relativa ao FP desejado;
4. Multiplicar este valor pela potência activa P na instalação para obter a potência reactiva a fornecer pelo banco de condensadores.

Exemplo 5.3 – Uma instalação alimentada por 220 V possui as seguintes cargas:

- 1 - Iluminação fluorescente: 1 kW, FP = 0,5 em atraso;
- 2 - Serra: 3,0 cv, rendimento de 78% e FP = 0,85 em atraso;
- 3 - Bobinadora: 5,0 cv, rendimento igual a 82% e FP = 0,90 em atraso
- 4 - Estufa: 2,0 kW, FP = 1.

Um engenheiro fez o levantamento dos períodos de funcionamento dos equipamentos em uma típica manhã de operação. Além de constatar que esses equipamentos funcionam sempre a plena carga, obteve os resultados mostrados no Quadro 1 seguinte

Quadro 1 – Horário de funcionamento das cargas do Exemplo 5.3

Carga	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	
1	X	X	X	X	1
2	X		X	X	2
3		X	X		X
4			X	X	

Pergunta-se:

- (a) se estiverem disponíveis transformadores de 5, 7,5, 10 e 15 kVA, dimensionar o mais adequado com potência para alimentar a instalação?
- (b) qual o consumo (energia activa) da instalação no período de maior carga?
- (c) qual a maior corrente solicitada à rede de alimentação no período?
- (d) quantos kVAr capacitivos serão necessários para corrigir o *pior* FP do período para 0,92 em atraso?



Solução

Cálculo das potências individuais, anotadas no Quadro 2:

Cálculo de P → no caso de motores (temos de considerar que a potencia mecânica no veio é o produto da potencia activa absorvida da rede pelo rendimento da máquina):

- **P(activa) = $P_{mecânica}/rendimento$**
- **1cv= 736 W**
- **Cálculo de S (aparente) → Equação 5.19: $P(activa)=S \cdot FP$**

$$S = \frac{P}{FP} \quad \text{ou} \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad \text{ou} \quad Q(reactiva) = S \cdot \sin(\phi) \quad \phi = \text{ângulo de desfasagem} = \arccos(FP)$$

Quadro 2 – Potências das cargas individuais do Exemplo 5.3

Carga	P (kW)	S (kVA)	Q (kVAr)	FP*
1 - Iluminação	1,00	2,00	2,24 ind	0,50 ind
2 – Serra	2,83	3,33	1,75 ind	0,85 ind
3 - Bobinadora	4,49	4,99	2,18 ind	0,90 ind
4 - Estufa	2,0	2,0	0,00	1,00

Ind - indica característica indutiva (em atraso).

As potências solicitadas em cada horário do turno são dadas no Quadro 3:

Cálculo de Pútil Ph (Equação 5.16):

Cálculo de Qreactiva Qh (Equação 5.17):

Cálculo de Spotência aparente Sh Equação 5.14):

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Cálculo do FPh (Equação 5.19):

$$S \cdot FP = P$$

Cálculo da corrente (Equação 5.15): U =220 V e sistema monofásico

Quadro 3 – Potências das cargas do Exemplo 5.3 por turno

Turno	Ph (kW)	Qh (kVAr)	Sh (kVA)	Fph	Ih (A)
08:00 – 09:00	3,83	3,99 ind	5,53	0,69 ind	25,13
09:00 – 10:00	5,49	4,42 ind	7,05	0,78 ind	32,05
10:00 – 11:00	10,32	6,17 ind	12,02	0,86 ind	54,64
11:00 – 12:00	5,83	3,99 ind	7,06	0,83 ind	32,09
12:00 – 13:00	8,32	6,17 ind	10,36	0,80 ind	47,09

* *ind* indica característica indutiva (em atraso).

(a) O transformador deve ter potência (kVA) suficiente para alimentar as cargas na situação de maior exigência todas as cargas ligadas $S = 2+3,33+4,99+2=12,32$ kVA. Deveria ser utilizado o transformador de 15 kVA.

$$(b) \text{ Consumo} = \sum P \times t_h$$

Como todos os intervalos são de 1 h:

$$\text{Consumo} = 3,83 \cdot 1 + 5,49 \cdot 1 + 8,32 \cdot 1 + 5,83 \cdot 1 + 7,32 \cdot 1 = 30,79 \text{ kWh.}$$

(c) A maior corrente solicitada é 54,64 A (turno 10:00–11:00 h). Isto significa que é contra indicado alimentação monofásica e deveria ter-se usado uma alimentação trifásica com as cargas distribuídas equitativamente.

(d) Pior FP = 0,69 (turno 08:00-09:00 h). Entrando com este valor como FP inicial e 0,92 como FP final na Tabela 5.1 encontra-se $k = 0,623$. De acordo com as instruções da Secção 5.5: $Q_{cap} = k \cdot P_h = 0,623 \cdot 3,83 = 2,39$ kVAr capacitivos.



Tabela 5.1 – Correção do factor de potência

	factor de potência final (FP _f)															
	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
0,50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51	1,067	1,093	1,120	1,147	1,174	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687
0,52	1,023	1,049	1,076	1,103	1,130	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
0,53	0,980	1,007	1,033	1,060	1,088	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54	0,939	0,965	0,992	1,019	1,046	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
0,55	0,899	0,925	0,952	0,979	1,006	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518
0,56	0,860	0,886	0,913	0,940	0,967	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479
0,57	0,822	0,848	0,875	0,902	0,929	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441
0,58	0,785	0,811	0,838	0,865	0,892	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405
0,59	0,749	0,775	0,802	0,829	0,856	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368
0,60	0,714	0,740	0,767	0,794	0,821	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333
0,61	0,679	0,706	0,732	0,759	0,787	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	0,646	0,672	0,699	0,726	0,753	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265
0,63	0,613	0,639	0,666	0,693	0,720	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233
0,64	0,581	0,607	0,634	0,661	0,688	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201
0,65	0,549	0,576	0,602	0,629	0,657	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169
0,66	0,519	0,545	0,572	0,599	0,626	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138
0,67	0,488	0,515	0,541	0,568	0,596	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68	0,459	0,485	0,512	0,539	0,566	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936	1,078
0,69	0,429	0,456	0,482	0,509	0,537	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049
0,70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020
0,71	0,372	0,398	0,425	0,452	0,480	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992
0,72	0,344	0,370	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964
0,73	0,316	0,343	0,370	0,396	0,424	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936
0,74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766	0,909
0,75	0,262	0,289	0,315	0,342	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882
0,76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855
0,77	0,209	0,235	0,262	0,289	0,316	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829
0,78	0,183	0,209	0,236	0,263	0,290	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802
0,79	0,156	0,183	0,209	0,236	0,264	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776
0,80	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750
0,81	0,104	0,131	0,157	0,184	0,212	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,82	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698
0,83	0,052	0,079	0,105	0,132	0,160	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672
0,84	0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,85	-	0,026	0,053	0,080	0,107	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620
0,86	-	-	0,027	0,054	0,081	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593
0,87	-	-	-	0,027	0,054	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567
0,88	-	-	-	-	0,027	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540
0,89	-	-	-	-	-	0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512
0,90	-	-	-	-	-	-	0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,342	0,484
0,91	-	-	-	-	-	-	-	0,030	0,060	0,093	0,127	0,164	0,205	0,253	0,313	0,456
0,92	-	-	-	-	-	-	-	-	0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,284	0,426
0,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,032	0,067	0,104	0,145	0,192	0,253	0,395
0,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,034	0,071	0,112	0,160	0,220	0,363
0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,037	0,078	0,126	0,186	0,329
0,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,041	0,089	0,149	0,292
0,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,048	0,108	0,251
0,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,061	0,203
0,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,142
1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Factor de potência inicial (F_{pi})

CIRCUITOS TRIFÁSICOS

Os sistemas trifásicos são largamente usados na geração, transmissão e distribuição de energia eléctrica em alta potência. Algumas vantagens desses sistemas, quando comparados aos monofásicos, são:

- possibilidade de obtenção de 2 tensões diferentes na mesma rede ou fonte; além disso, os circuitos monofásicos podem ser alimentados pelas fases do sistema trifásico;
- as máquinas trifásicas têm quase 50% a mais de potência que as monofásicas de mesmo peso e volume;
- o binário ou torque dos motores trifásicos é mais constante que o das máquinas monofásicas;
- para transmitir a mesma potência, as redes trifásicas usam condutores de menor secção do que as monofásicas;
- as correntes oriundas de redes trifásicas criam campos magnéticos girantes, utilizados pelos motores de indução trifásicos, que são os mais baratos e robustos de todos os motores eléctricos.

Fontes Trifásicas

Uma fonte trifásica consiste em 3 fontes de CA com tensões de mesmo módulo, porém desfasadas de 120º (Figura 5.8 a e b); dos terminais R, S e T são “puxados” condutores, que são chamadas *fases*, podem ser interligadas de 2 maneiras

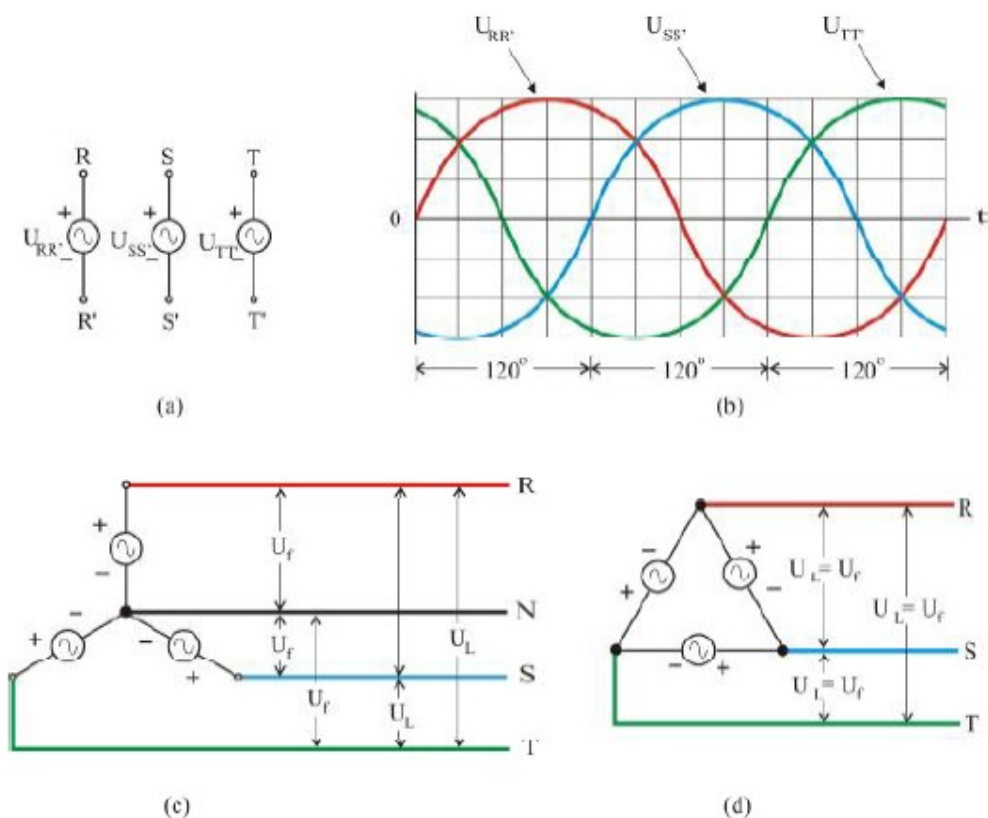


Figura 5.8 - Fontes trifásicas: (a) representação das fases da fonte; (b) desfasagem entre as tensões; (c) ligação em Y; (d) ligação em delta ou triângulo Δ.

a) Em estrela (Y)

Para isto, ligam-se os terminais R', S' e T' (Figura 5.8c); o ponto da conexão dos é chamado neutro (N). Neste caso, denomina-se tensão de fase (U_f) à tensão entre os terminais de cada fase (fonte), que corresponde à tensão fase-neutro e tensão de linha; chama-se tensão de linha (U_L) à tensão entre duas fases. Demonstra-se que, na conexão em Y

$$U_L = \sqrt{3} U_f \quad (5.20)$$



Então, as redes eléctricas são especificadas através de suas tensões de linha e de fase, sempre relacionadas por $\sqrt{3}$. As redes mais comuns são 230/400 (antigamente 220/380V).

b) Em triângulo (Δ)

Esta configuração é obtida ligando-se R'- S, S'- T e T'- R (Figura 5.7d); neste caso, não existe neutro, de forma que as tensões de linha e de fase são iguais $U_L = U_{\phi}$ (5.21)

Uma característica das fontes trifásicas é a sequência de fases que indica a ordem em que as tensões aparecem no gráfico da Figura 5.7b (RST ou RTS). A inversão da sequência de fase pode causar alguns efeitos como a inversão do sentido de rotação de um motor de indução ou a alteração de níveis de tensão/corrente em certos sistemas trifásicos.

Cargas Trifásicas Equilibradas

Cargas trifásicas são aquelas ligadas às fontes trifásicas e, tal como estas, são constituídas por 3 circuitos de fase, cada qual com uma impedância de fase Z_{ϕ} ; quando as 3 fases da carga têm impedância idênticas, ela é dita *equilibrada*.

Neste manual, a menos que se diga o contrário, todas as cargas trifásicas são equilibradas e os valores apresentados para tensões e correntes são em RMS também chamado Valor Eficaz. (Não usamos Valor de Pico nem Valor de Média. Dado que estamos a falar de sistemas eléctricos para Avac, o valor de RMS sobre o valor de média = 1,1, assim como o Factor de crista = valor de pico sobre valor RMS = 1,414.) É importante lembrar que as equações que serão mostradas a seguir referem-se somente a este tipo de carga.

Deve-se lembrar que as cargas são ligadas a fontes trifásicas, logo as relações vistas na Secção 5.6.1 continuam válidas. Esta conexão entre carga e fonte fará com que circulem dois tipos de corrente: a de fase (I_{ϕ}), que percorre cada fase da carga e a de linha (I_L), que percorre os condutores que fazem a conexão da carga à fonte.

Assim como as fontes, uma carga trifásica pode ser ligada de 2 maneiras:

a) Em estrela (Y)

Esta ligação é mostrada na Figura 5.9a. Considerando que:

$$U_L = \sqrt{3} U_{\phi}$$

é fácil constatar que neste tipo de ligação

$$I_L = I_{\phi} \quad (5.22)$$

No caso de cargas equilibradas, as correntes de linha serão iguais entre si (porém desfasadas de 120° umas das outras), o mesmo acontecendo com as correntes de fase.

É costume dizer que a tensão de fase de uma rede é 220V, quando na verdade é 230V.

Nesse caso, a corrente no neutro (I_N) será nula, portanto não há necessidade de usar-se o neutro em cargas trifásicas equilibradas.

Na Figura 5.9(b) mostra-se a ligação de uma carga em Y à rede trifásica. A conexão do neutro é mostrada em linha tracejada para ressaltar que é desnecessária a conexão com o neutro.

Cada fase da carga terá a mesma potência (dada pela Equação 5.12), logo a potência activa total é

$$P = 3 U_{\phi} I_{\phi} \cos \phi_{\phi} \quad (5.23)$$

Porém considerando-se as Equações 5.20 e 5.22, pode-se explicitar a potência activa por meio dos valores de linha

$$P = 3 U_L I_L \cos \phi_{LL} \quad (5.24)$$

Considerando a Equação 5.12, deduz-se que a potência aparente em uma carga trifásica é dada por

$$S = 3 U_{\phi} I_{\phi} = 3 U_L I_L \quad (5.25)$$

A potência reactiva pode ser calculada através da Equação 5.14.

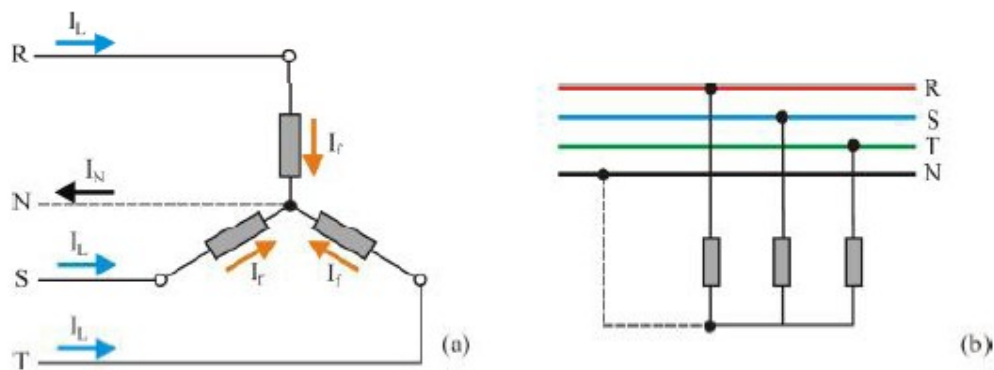


Figura 5.9 - Carga trifásica em Y: (a) indicação das correntes de linha, fase e neutro; (b) conexão à rede trifásica.

b) Em triângulo (Δ)

A ligação é vista na Figura 5.10a. Nesse caso, em relação às tensões já se sabe que

$L f U = U$ porém no tocante às correntes, demonstra-se que $L f I = 3I$ (5.26)

Pelo mesmo raciocínio desenvolvido para o caso de cargas em Y, conclui-se que as equações 5.23, 5.24 e 5.25 são válidas também para as cargas em Δ . Na Figura 5.10b é mostrada a conexão de uma carga em Δ a uma rede trifásica.

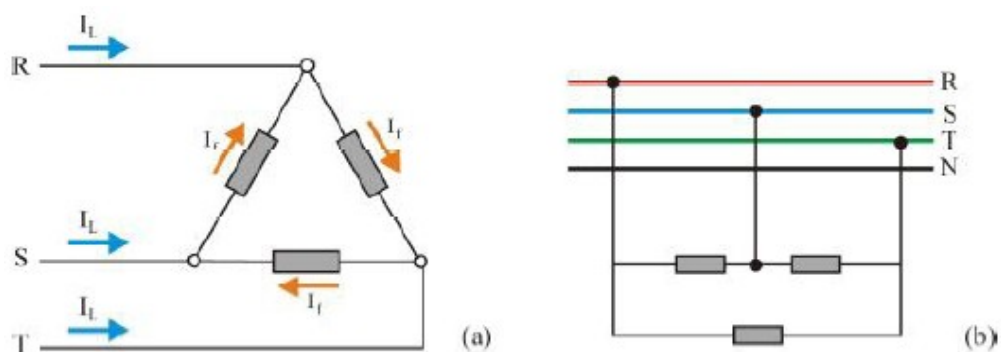


Figura 5.10 - Carga trifásica em Δ : (a) indicação das correntes de linha e de fase; (b) conexão à rede trifásica.

Cargas Trifásicas Desequilibradas

Todos os equipamentos trifásicos são equilibrados; porém a conexão de dispositivos mono e/ou trifásicos, distribuídos pelas fases de uma fonte trifásica, representa uma carga desequilibrada (Figura 5.11)

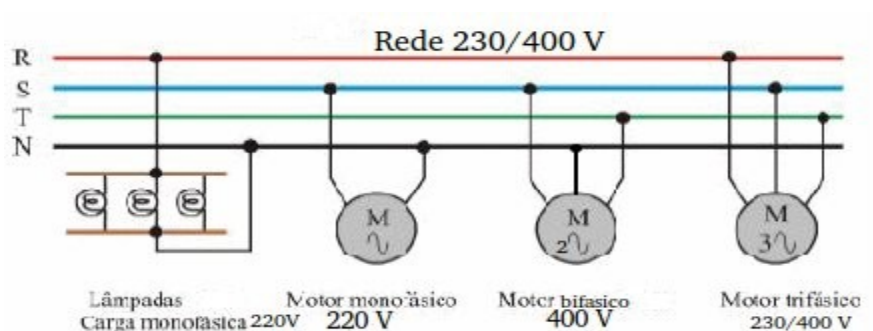


Figura 5.11 - Representação esquemática de cargas mono e trifásicas ligadas a uma linha trifásica, representando uma carga desequilibrada.



A análise de cargas desequilibradas pode apresentar dificuldades só resolvidas pela aplicação de métodos mais avançados, fora do objectivo deste tutorial. Porém é importante ressaltar, mais uma vez, que *as equações anteriormente vistas podem não ser aplicáveis a cargas desequilibradas*.

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

As máquinas eléctricas agrupam-se em dois grandes grupos :

- Transformadores (máquinas estáticas sem movimento)
- Motores e electro-imãs (máquinas com partes móveis)

TRANSFORMADORES

Um transformador é um componente relativamente complexo e vital para transmissão de energia e uma vez instalado e com manutenção adequada, seu ciclo de vida pode chegar a duas ou três décadas.

As classificações dos transformadores são feitas quando à tensão de trabalho e quanto ao tipo construtivo.

Podemos classificar os transformadores quanto à tensão e à sua aplicação.

Quanto à tensão:

- de alta tensão,
- média tensão
- baixa tensão

Quanto ao uso:

- Transformadores de potência
- Transformadores de medida ou sinal

Nos transformadores de potência temos:

Transformadores de alta tensão

Os transformadores de alta tensão não podem ser usados directamente pelo consumidor, mas são utilizados em aplicações de transmissão de energia. OS transformadores de alta tensão geralmente lidam com energia eléctrica na faixa de 60.000 a 230.000 volts. Devido às exigências particulares de transmissão dessas tensões através de longas distâncias, o **transformador de alta tensão** possui uma arquitectura, um núcleo, um tipo de enrolamento, e métodos de isolamento diferentes dos transformadores de baixa tensão.

Os transformadores de alta tensão que têm a capacidade de aumentar a tensão do primário para o secundário são chamados de transformadores elevadores “step-up”. Por outro lado, os transformadores de alta tensão podem também ser usados para baixar a tensão do primário para o secundário sendo chamados de abaixadores “step-down”, dependendo de onde eles estão na cadeia de transmissão. Algumas das aplicações dos transformadores de alta tensão são no isolamento eléctrico, de instrumentação e de distribuição de energia e controle. Este tipo de transformador também pode ser facilmente configurado do tipo monofásico para trifásico.

Transformadores de média tensão

Os transformadores de média tensão são normalmente utilizados no sector de distribuição local do sistema de fornecimento de energia. São usados para fornecer energia a partir de circuitos de distribuição local para os utilizadores finais. Quando os clientes residenciais são o utilizador final, a tensão de saída pode ser tão baixa quanto 230 volts, ou para os clientes industriais, pode ser desde 10.000 a 60.000 Volt. Este transformador pode ser visto como uma ligação do cliente final ao prestador de serviço público.

Estes transformadores são frequentemente montados em postes ou em sub-estações para conexões localizadas em centros comerciais, loteamentos residenciais, escolas e parques e fábricas

Transformadores de baixa tensão

São usado pelo consumidor final da rede de energia. Um transformador de baixa tensão é um **transformador de distribuição** com ambos os enrolamentos primário e secundário projectados para operar em tensões no sistema de classes de baixa tensão. Podem ser do tipo de núcleo ferromagnético ou electrónicos. Normal-



mente, os **transformadores electrónicos** são de muito baixa potência e aplicam-se na alimentação de dispositivos electrodomésticos convertendo os 220 volts em 6 volts, 12 volts, 24 volts ou outras tensões de usos nesses aparelhos.

Nos transformadores de medida e sinal temos:

Nestes transformadores pretende-se obter no secundário um sinal fielmente proporcional ao valor a medir ou a transmitir:

- Transformadores de Tensão TT
- Transformadores de Intensidade TI

Motor Eléctrico

É uma máquina que converte a energia eléctrica em energia mecânica (movimento rotativo), possui construção simples e custo reduzido, além de ser muito versátil e não poluente. O motor eléctrico tornou-se um dos mais notórios inventos do homem ao longo de seu desenvolvimento tecnológico como uma máquina de trabalho que converte energia eléctrica em energia mecânica de rotação. Já o gerador é uma máquina que converte energia mecânica de rotação em energia eléctrica.

A finalidade básica dos motores é o accionamento de máquinas, equipamentos mecânicos, electrodomésticos, entre outros, não menos importantes.

Num motor eléctrico, distinguem-se essencialmente duas peças:

- o estator, conjunto de elementos fixados à carcaça da máquina,
- o rotor, conjunto de elementos fixados em torno do eixo, em regra internamente ao estator.

Contudo em alguns tipos de motores, como os usados em componentes informáticos ou em alguns veículos eléctricos o estator é interior e o rotor é externo.

O rotor é composto de :

- Eixo da Armadura: responsável pela transmissão de energia mecânica para fora do motor, pelo suporte dos elementos internos do rotor e pela fixação ao estator, por meio de rolamentos ou mancais.
- Núcleo da Armadura: composta de lâminas de Fe-Si, isoladas umas das outras, com ranhuras axiais na sua periferia para a colocação dos enrolamentos da armadura.
- Enrolamento da Armadura: São bobinas isoladas entre si e electricamente ligadas ao comutador ,no caso de motores de CC, ou em curto circuito nos anéis condutores externos nos casos dos motores de CA de indução com rotor tipo gaiola de esquilo.
- Comutador: consiste de uma anel com segmentos de cobre isolados entre si, e electricamente ligados à bobinas do enrolamento da armadura usados nos motores de CC.

O estator é composto de:

- Carcaça: serve de suporte ao rotor, aos pólos e de fechamento de caminho magnético.
- Enrolamento de campo: são bobinas que geram um campo magnético intenso nos pólos.
- Pólos ou sapatas polares: distribui o fluxo magnético produzido pela bobinas de campo.
- Escovas: são barras de carvão e grafite que estão em contacto permanente com o comutador.

As máquinas eléctricas não rotativas possuem praticamente os mesmos elementos principais do motor, porém com diferenças importantes entre eles. Às vezes a bobina de armadura está no estator e não no rotor, o mesmo acontecendo com a bobina de campo. Outras não possuem escovas, outros ainda não possuem bobina de armadura, e assim por diante. Porém, os nomes dados aos componentes da máquina são gerais e valem para a maioria das máquinas eléctricas.

De forma geral os motores eléctricos são classificados em:

Motores de Corrente Contínua

- Motores Série
- Motores Paralelo
- Motores Compostos ou Mistos

Motores de Corrente Alternada

- Motores Síncronos

- Motores Assíncronos
- Motores Especiais

Servo-motores

Motores de Passo a Passo

Motores Universais

Motores sem escovas de CC

Todo o motor apresenta suas principais características eléctricas escritas sobre o mesmo ou numa placa de identificação. Os principais dados eléctricos são: tipo de motor, tensão nominal, corrente nominal, frequência, potência mecânica, velocidade nominal, esquema de ligação, grau de protecção, temperatura máxima de funcionamento, factor de potência, etc.

O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia eléctrica, baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando com a sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

Os tipos mais comuns de motores eléctricos são:

- **Motores de Corrente Contínua**

São motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação.

- **Motores de Corrente Alternada**

São os mais utilizados, porque a distribuição de energia eléctrica é feita normalmente em corrente alternada.

Os principais tipos dos motores de corrente alternada são:

- **Motor síncrono:**

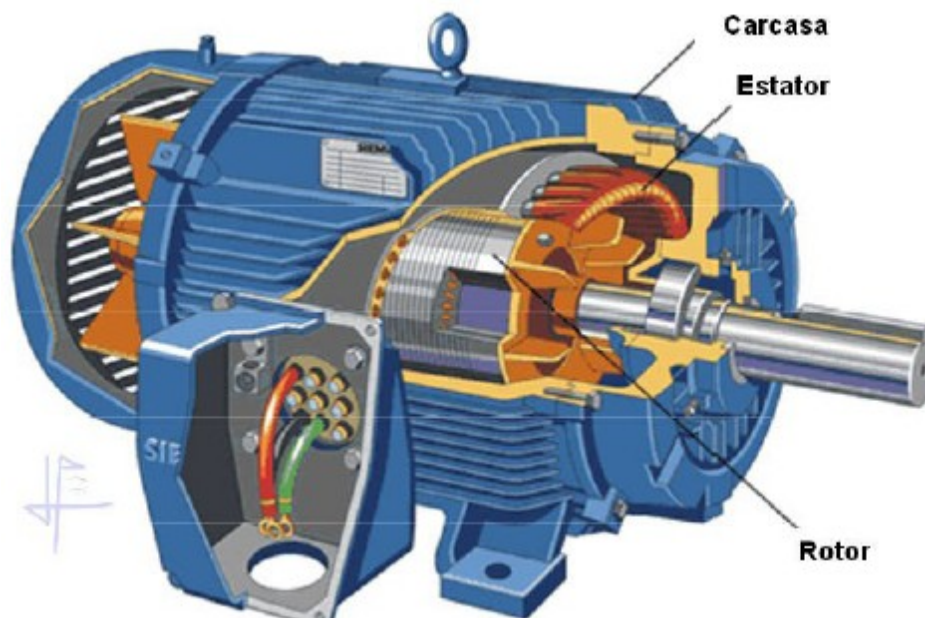
Funciona com velocidade fixa, utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.

- **Motor de indução:**

Funciona normalmente com velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas accionadas, encontradas na prática.

Actualmente é possível controlarmos a velocidade dos motores de indução com o auxílio de variadores de frequência. (inversores de frequência variável)

Constituição de um motor de indução com rotor em gaiola de esquilo

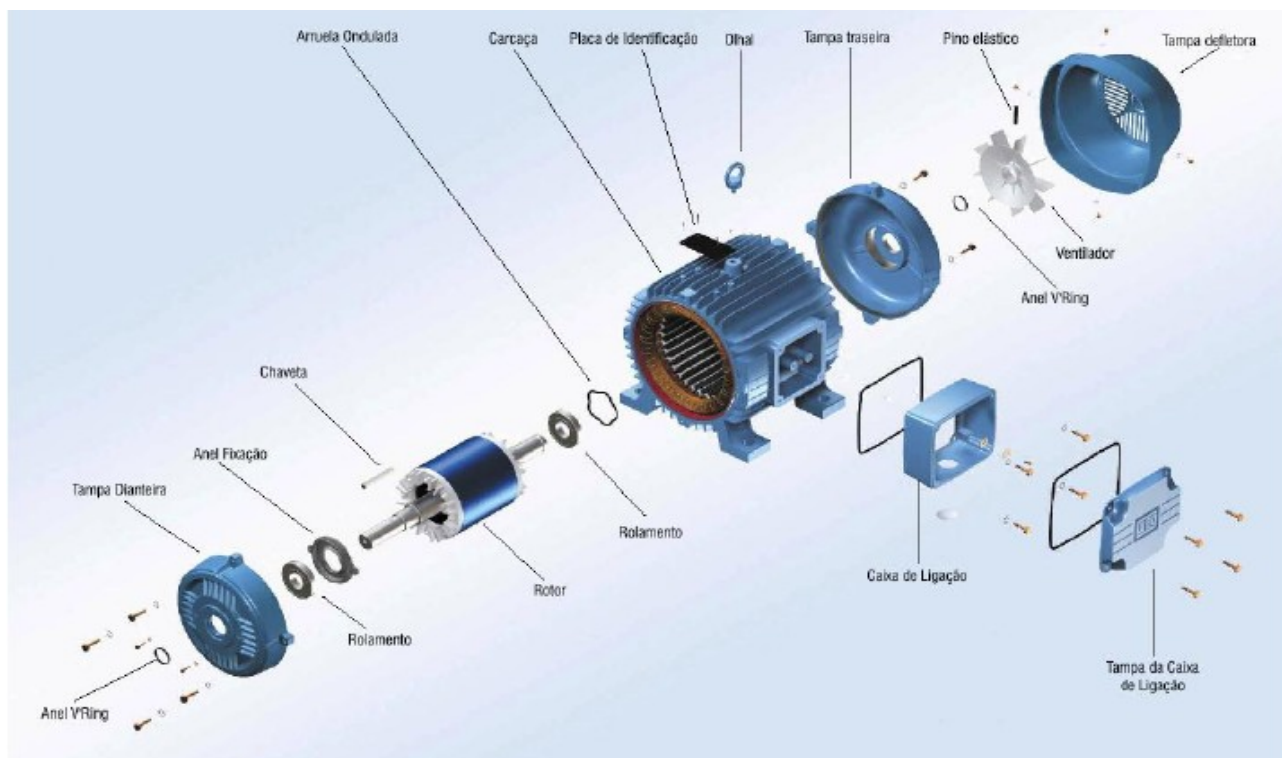


Constituição do Motor de Indução

O motor assíncrono é constituído basicamente pelos seguintes elementos:

- um circuito magnético estático, constituído por chapas ferromagnéticas empilhadas e isoladas entre si, ao qual se dá o nome de estator;
- bobinas localizadas em cavidades abertas no estator e alimentadas pela rede de corrente alternada;
- um rotor constituído por um núcleo ferromagnético, também laminado, sobre o qual se encontra um enrolamento ou um conjunto de condutores paralelos, nos quais são induzidas correntes provocadas pela corrente alternada das bobinas do estator.

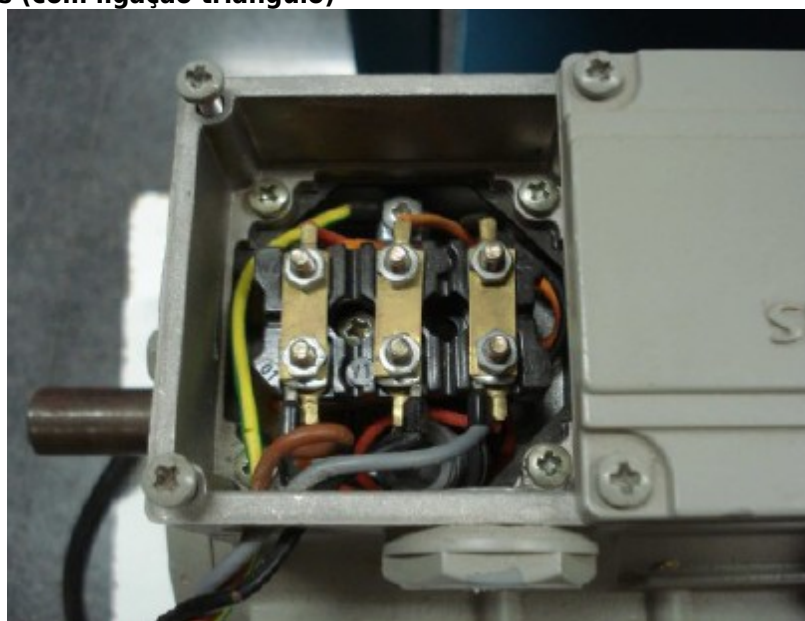
O rotor é apoiado num veio, que por sua vez transmite à carga a energia mecânica produzida. O entre-ferro (distância entre o rotor e o estator) é bastante reduzido, de forma a reduzir a corrente em vazio e, portanto as perdas, mas também para aumentar o factor de potência em vazio. Como exemplo apresentamos a "vista explodida" dos diversos elementos do motor assíncrono de rotor em gaiola de esquilo.



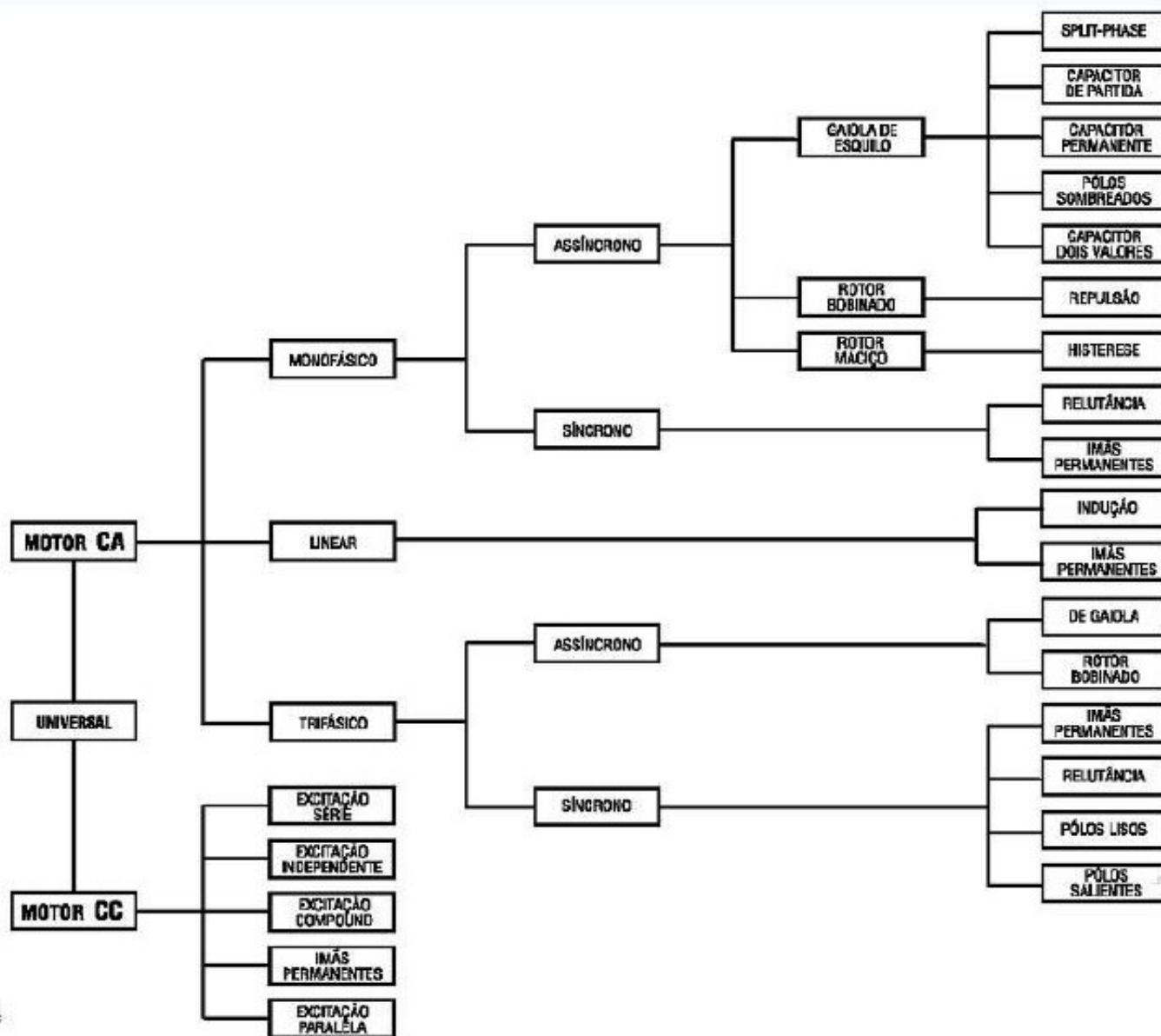
Caixa de terminais (com ligação estrela)



Caixa de terminais (com ligação triângulo)



Tipos de motores



Funcionamento de um Motor Assíncrono de Indução

A partir do momento que os enrolamentos localizados nas cavidades do estator são sujeitos a uma corrente alternada, gera-se um campo magnético no estator, consequentemente, no rotor surge uma força electromotriz induzida devido ao fluxo magnético variável que atravessa o rotor. A f.e.m. induzida dá origem a uma corrente induzida no rotor que tende a opor-se à causa que lhe deu origem, criando assim um movimento giratório no rotor.

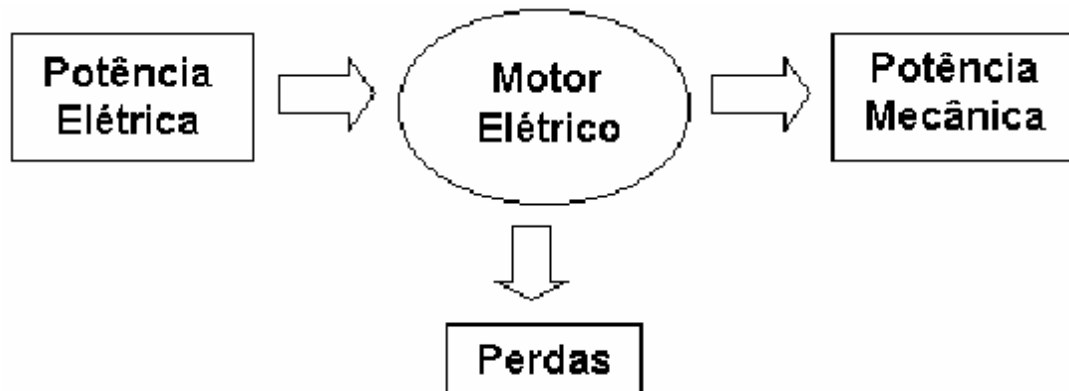
Como podemos constatar o princípio de funcionamento do motor de indução baseia-se em duas leis do Electromagnetismo: a Lei de Lenz e a Lei de Faraday.

Faraday: "Sempre que através da superfície abraçada por um circuito tiver lugar uma variação de fluxo, gera-se nesse circuito uma força electromotriz induzida. Se o circuito é fechado será percorrido por uma corrente induzida".

Lenz: "O sentido da corrente induzida é tal que esta pelas suas acções magnéticas tende sempre a opor-se à causa que lhe deu origem".

Teoria dos Motores

O motor eléctrico transforma a potência eléctrica fornecida em potência mecânica e uma reduzida percentagem em perdas.



As perdas, que são inerentes ao processo de transformação, são quantificadas através do **rendimento** (mais à frente analisamos melhor os vários tipos de perdas nos motores).

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{el}} (\%)$$

A Potência Mecânica traduz-se basicamente no trabalho do torque que o motor gera no eixo do rotor. O torque é consequência directa do efeito originado pela indução magnética do estator em interacção com a do rotor.

$$T = K \cdot B_{est} \cdot B_{rot} \cdot \sin \phi$$

T = Binário ou Torque

K - Constante

B_{est} - Indução magnética criada pelo estator

B_{rot} - Indução magnética criada pelo rotor

φ - ângulo entre B_{est} e B_{rot}

A velocidade de um motor de indução é essencialmente determinada pela frequência da energia fornecida ao motor e pelo número de pares de pólos existentes no estator.

No motor assíncrono ou de indução o campo girante roda a velocidade síncrona, como nos motores síncronos. A velocidade do campo girante obtém-se pela seguinte expressão:

$$Vg = \frac{60 \cdot f}{n} (r.p.m)$$

V_g = velocidade do campo girante

f = frequência

n = número de pares de pólos

Uma característica fundamental dos motores de indução é o escorregamento, daí tratarem-se de motores assíncronos, o seu valor é dado pela seguinte expressão:

$$s = \frac{Vg - V}{Vg}$$

s – escorregamento

V - velocidade do rotor

A velocidade sofre um ligeiro decréscimo quando o motor passa de um funcionamento em vazio (sem carga) para um funcionamento em carga máxima.

Motores de Indução Monofásicos

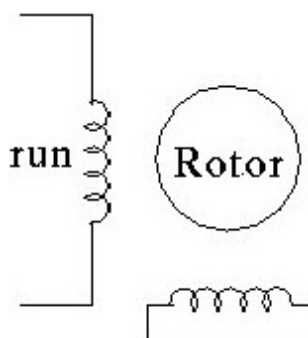
Os motores monofásicos são assim chamados porque os seus enrolamentos de campo são ligados directamente a uma fonte monofásica. Os motores de indução monofásicos são a alternativa natural aos motores de indução trifásicos, nos locais onde não se dispõe de alimentação trifásica, como residências, escritórios, oficinas e em zonas rurais. Apenas se justifica a sua utilização para baixas potências (1 a 2 KW).

Entre os vários tipos de motores eléctricos monofásicos, os motores com rotor tipo gaiola destacam-se pela simplicidade de fabricação e, principalmente, pela robustez e manutenção reduzida. Por terem somente uma fase de alimentação, não possuem um campo girante como os motores trifásicos, mas sim um campo magnético pulsante. Isto impede que tenham torque de arranque, tendo em conta que no rotor se induzem campos magnéticos alinhados com o campo do estator. Para solucionar o problema de arranque utilizam-se enrolamentos auxiliares, que são dimensionados e posicionados de forma a criar uma segunda fase fictícia, permitindo a formação do campo girante necessário para o arranque.

Tipos de Motores de indução monofásicos:

- Motor de Pólos Sombreados;
- Motor de Fase Dividida;
- Motor de Condensador de Arranque;
- Motor de Condensador Permanente;
- Motor com dois Condensadores.

Motor de Pólos Sombreados



O motor de pólos sombreados, também chamado de motor de campo distorcido (ou "shaded pole"), graças ao seu processo de arranque, é o mais simples, fiável e económico dos motores de indução monofásicos.

Construtivamente existem diversos tipos, sendo que uma das formas mais comuns é a de pólos salientes. Cada pólo vai ter uma parte (em geral 25% a 35% do mesmo) é abraçada por uma espira de cobre em curto-circuito. A corrente induzida nesta espira faz com que o fluxo que a atravessa sofra um atraso em relação ao fluxo da parte não abraçada pela mesma.

O resultado disto, semelhante a um campo girante que se move na direcção da parte não abraçada para a parte abraçada do pólo, produzindo o torque que fará o motor partir e atingir a rotação nominal.

O sentido de rotação, portanto, depende do lado em que se situa a parte abraçada do pólo.

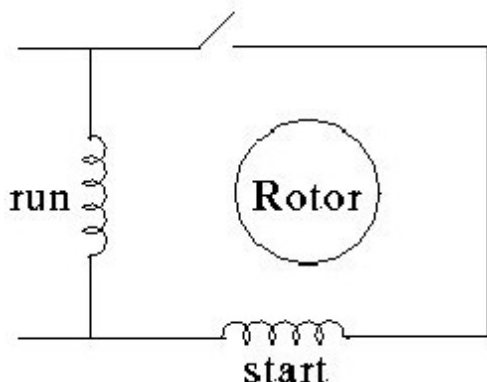
Consequentemente, o motor de campo distorcido apresenta um único sentido de rotação. Este geralmente pode ser invertido, mudando-se a posição da ponta de eixo do rotor em relação ao estator. Existem outros métodos para se obter inversão de rotação, mas muito mais dispendiosos.

Quanto ao desempenho, os motores de campo distorcido apresentam baixo torque de arranque (15% a 50% do nominal), baixo rendimento e baixo factor de potência. Devido a esse fato, eles são normalmente fabricados para pequenas potências, que vão de alguns milésimos de cv a 1/4 cv.

Pela sua simplicidade, robustez e baixo custo são ideais em aplicações tais como: movimentação de ar (ventiladores, exaustores, purificadores de ambiente, unidades de refrigeração, secadores de roupa e de cabelo), pequenas bombas e compressores, projectores de slides, gira-discos e aplicações domésticas.

Apesar de sua aparente simplicidade, o projecto deste tipo de motor é de extrema complexidade, envolvendo conceitos de duplo campo girante, campos cruzados e complexa teoria electromagnética.

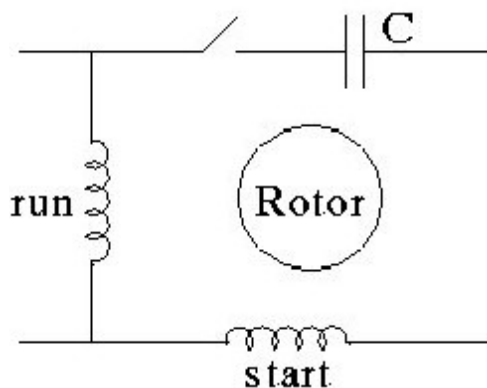
3.6.2 - Motor de Fase Dividida



Este motor possui um enrolamento principal e um auxiliar (para o arranque), ambos desfasados de 90 graus. O enrolamento auxiliar cria um deslocamento de fase que produz o torque necessário para a rotação inicial e a aceleração. Quando o motor atinge uma rotação predeterminada, o enrolamento auxiliar, é desligado da rede através de um interruptor que normalmente é actuado por uma força centrífuga (interruptor ou disjuntor centrífugo) ou em casos específicos, por relé de corrente, interruptor manual ou outros dispositivos especiais. Como o enrolamento auxiliar é dimensionado para actuar apenas no arranque, se não for desligado logo após o arranque danifica-se.

O ângulo de defasagem que se pode obter entre as correntes do enrolamento principal e do enrolamento auxiliar é pequeno e, por isso, estes motores têm torque de arranque igual ou pouco superior ao nominal, o que limita a sua aplicação a potências baixas e a cargas que exigem pouco torque de arranque, tais como máquinas de escritórios, ventiladores e exaustores, pequenos polidores, compressores herméticos, bombas centrífugas, etc.

Motor de Condensador de arranque



É um motor semelhante ao de fase dividida. A principal diferença reside na inclusão de um condensador electrolítico em série com o enrolamento auxiliar de arranque. O condensador permite um maior ângulo de defasagem entre as correntes dos enrolamentos principal e auxiliar, proporcionando assim, elevados torques (binários) de arranque. Como no motor de fase dividida, o circuito auxiliar é desligado quando o motor atinge entre 75% a 80% da velocidade síncrona. Neste intervalo de velocidades, o enrolamento principal sozinho desenvolve quase o mesmo torque que os enrolamentos combinados. Para velocidades maiores, entre 80% e 90% da velocidade síncrona, a curva do torque com os enrolamentos combinados cruza a curva de torque do enrolamento principal de maneira que, para velocidades acima deste ponto, o motor desenvolve menor torque, para qualquer escorregamento, com o circuito auxiliar ligado do que sem

ele.

Devido ao fato de o cruzamento das curvas não ocorrer sempre no mesmo ponto e, ainda, o disjuntor centrífugo não abrir sempre exactamente na mesma velocidade, é prática comum fazer com que a abertura aconteça, na média, um pouco antes do cruzamento das curvas. Após a abertura do circuito auxiliar, o seu funcionamento é idêntico ao do motor de fase dividida.

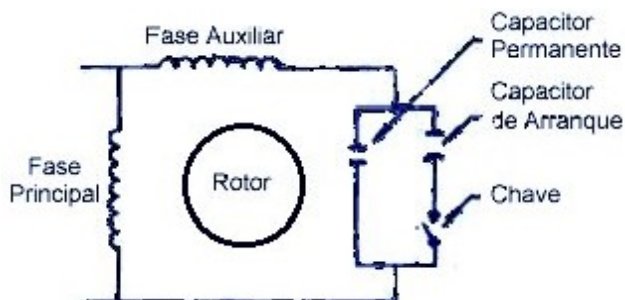
Com o seu elevado torque de arranque (entre 200% e 350% do torque nominal), o motor de condensador de arranque pode ser utilizado numa grande variedade de aplicações e, fabricado para potências que vão de ¼ cv a 15 cv.

Motor de Condensador Permanente

Neste tipo de motor, o enrolamento auxiliar e o condensador ficam permanentemente ligados, sendo o condensador do tipo electrostático. O efeito deste condensador é o de criar condições de fluxo muito semelhantes às encontradas nos motores polifásicos, aumentando, com isso, o torque máximo, o rendimento e o factor de potência, além de reduzir sensivelmente o ruído.

Construtivamente são menores e isentos de manutenção, pois não utilizam contactos e partes móveis, como nos motores anteriores. Porém o seu torque de arranque é inferior ao do motor de fase dividida (50% a 100% do conjugado nominal), o que limita sua aplicação a equipamentos que não requerem elevado torque de arranque, tais como: máquinas de escritório, ventiladores, exaustores, sopradores, bombas centrífugas, esmeris, pequenas serras, furadoras, condicionadores de ar, pulverizadores, etc. São fabricados normalmente para potências de 1/50 a 1,5 cv.

Motor com Dois Condensadores



É um motor que utiliza as vantagens dos dois anteriores: arranque como o do motor de condensador de arranque e funcionamento em regime idêntico ao do motor de condensador permanente. Porém, devido ao seu alto custo, normalmente são fabricados apenas para potências superiores a 1 cv.

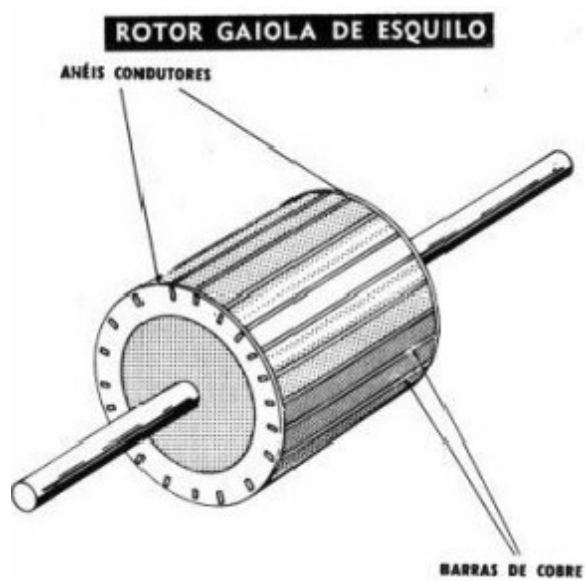
Motores Trifásicos

O motor de indução trifásico é o tipo mais utilizado, tanto na indústria como no ambiente doméstico, devido à maioria dos sistemas actuais de distribuição de energia eléctrica serem trifásicos de corrente alternada.

A utilização de motores de indução trifásicos é aconselhável a partir dos 2 KW, Para potências inferiores justifica-se o uso de monofásicos.

O motor de indução trifásico apresenta vantagens ao monofásico, como o arranque mais fácil, menor nível de ruído e menor preço para potências superiores a 2KW.

Gaiola de Esquilo



Este é o motor mais utilizado na indústria actualmente. Tem a vantagem de ser mais económico em relação aos motores monofásicos tanto na sua construção como na sua utilização.

Além disso, escolhendo o método de arranque ideal, tem um leque muito maior de aplicações.

O rotor em gaiola de esquilo é constituído por um núcleo de chapas ferromagnéticas, isoladas entre si, sobre o qual são colocadas barras de alumínio (condutores), dispostos paralelamente entre si e unidas nas suas extremidades por dois anéis condutores, também em alumínio, que curto-circuitam os condutores.

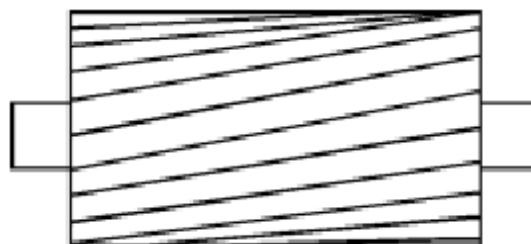
O estator do motor é também constituído por um núcleo ferromagnético laminado, que nas cavidades do qual são colocados os enrolamentos alimentados pela rede de corrente alternada trifásica.

A vantagem deste rotor relativamente ao rotor bobinado é que resulta numa construção do induzido mais rápida, mais prático e mais barato.

As barras condutoras da gaiola são colocadas geralmente com certa inclinação, para evitar as trepidações e ruídos que resultam da acção electromagnética entre os dentes das cavidades do estator e do rotor.

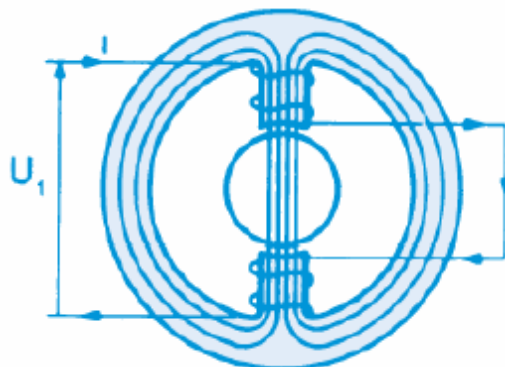
A principal desvantagem refere-se ao fato de o torque de arranque ser reduzido em relação à corrente absorvida pelo estator.

Trata-se essencialmente de um motor de velocidade constante.



Princípio de Funcionamento - campo girante

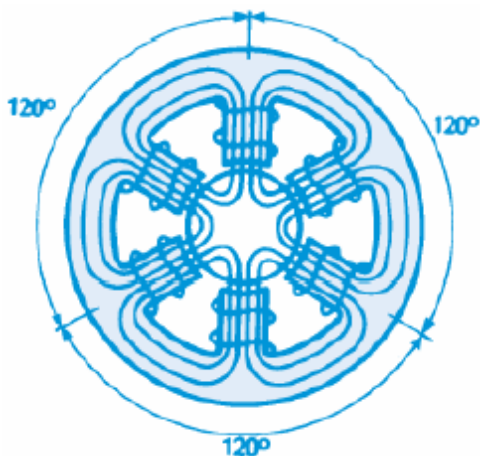
Quando uma bobina é percorrida por uma corrente eléctrica, é criado um campo magnético dirigido conforme o eixo da bobina e de valor proporcional à corrente.



Na figura ao lado é mostrado um “enrolamento monofásico” atravessado por uma corrente I , e o campo H é criado por ela; o enrolamento é constituído de um par de pólos (um pólo “norte” e um pólo “sul”), cujos efeitos se somam para estabelecer o campo H . O fluxo magnético atravessa o rotor entre os dois pólos e se fecha através do núcleo do estator.

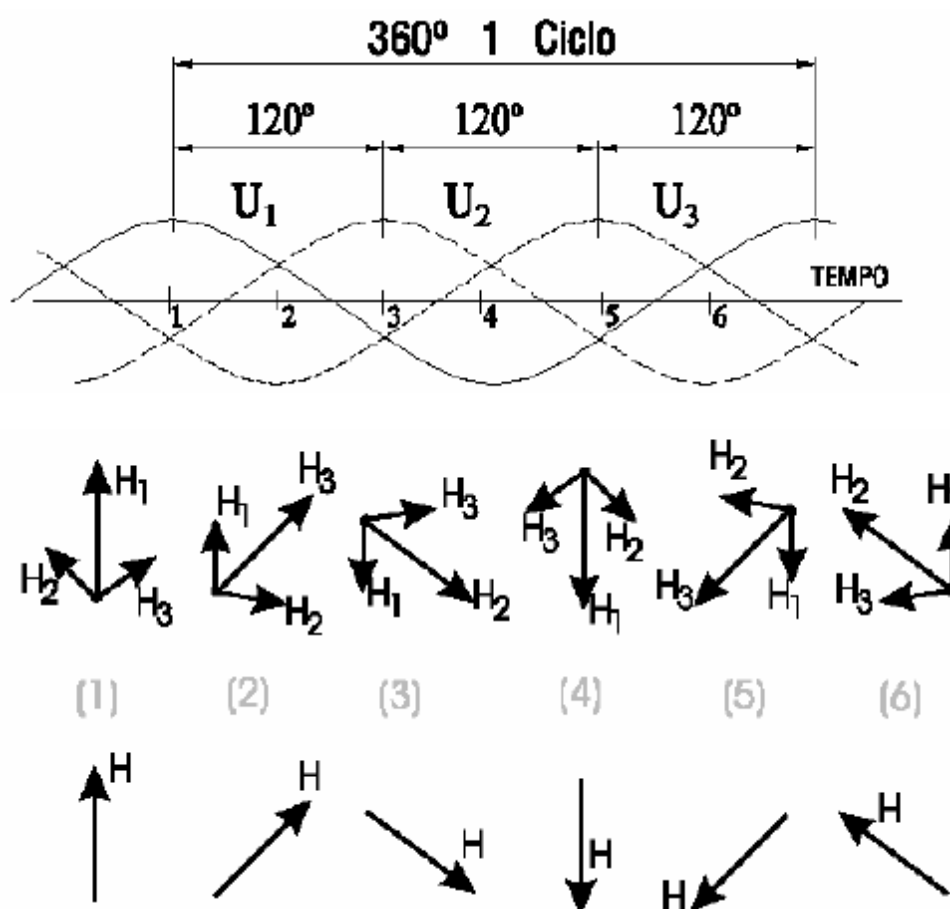
Se a corrente I é alternada, o campo H também é, e inverte seu sentido em cada meio ciclo.

O campo H é “pulsante”, pois sua intensidade “varia” proporcionalmente à corrente, sempre na “mesma” direcção norte—sul.



Na figura ao lado é mostrado um “enrolamento trifásico”, que é composto por três monofásicos espaçados entre si de 120 graus. Se este enrolamento for alimentado por um sistema trifásico, as correntes I_1 , I_2 e I_3 criarão, do mesmo modo, os seus próprios campos magnéticos H_1 , H_2 e H_3 . Estes campos são espaçados entre si de 120 graus.

O campo total H resultante, a cada instante, será igual à soma dos três campos H_1 , H_2 e H_3 naquele instante.



Tipos de ligação das bobinagens do motor

Com o objectivo de diminuir o impacto da corrente de arranque dos motores e de disponibilizar pelos menos dois graus de potência as bobinagens podem ser de enrolamento simples por fase ou de enrolamento duplo por fase.

Nos motores de enrolamento simples por fase podemos:

- ligar esses três enrolamentos em estrela entre fases e neutro aplicando a cada um deles a tensão simples
- ligar esses três enrolamentos em triângulo com os enrolamentos ligados entre fases, aplicando assim a cada um deles a tensão composta

Nos motores de enrolamento duplo por fase podemos

- Ligar os enrolamentos da mesma fase em série
- Ligar os enrolamentos da mesma fase em paralelo

Podemos assim ter uma estrela de dois enrolamentos em série por braço ou um paralelo de duas estrelas ou ainda podemos ter um triângulo de dois enrolamentos em série por lado ou dois triângulos em paralelo.

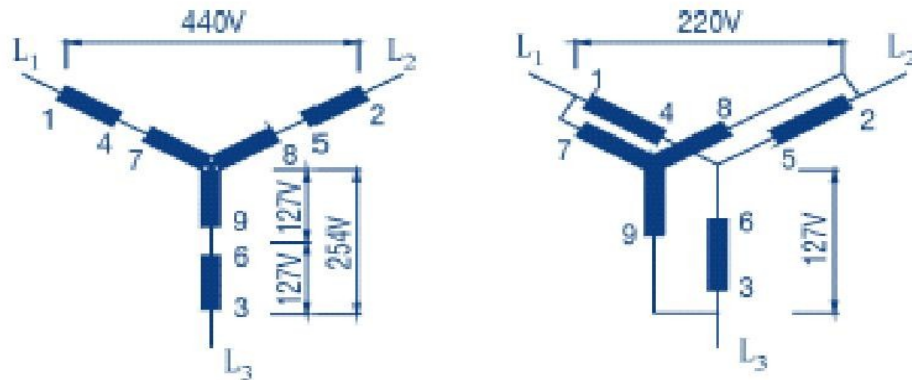


Figura 2.5a - Ligação série-paralelo Y

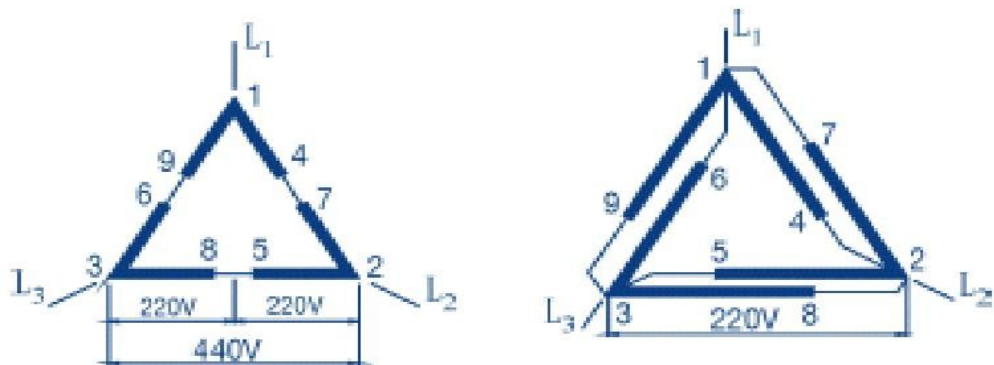


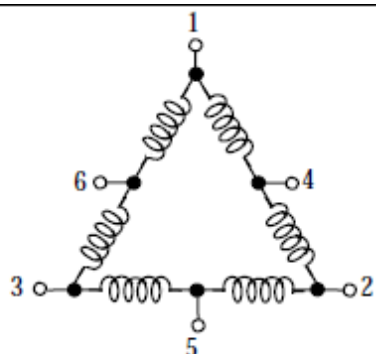
Figura 2.5b - Ligação série-paralelo Δ

Motor Dahlander

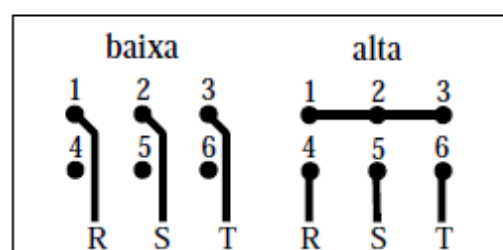
O Motor Dahlander é um motor eléctrico cujos enrolamentos são feitos de forma a que pela sua conexão se consigam arranjos de diferentes números de pólos, permitindo por exemplo o trabalho em duas velocidades distintas. Como número de rotações por minuto, de um motor de CA, depende da frequência da corrente e do número de pólos, se os enrolamentos do estator deste motor estiverem estruturados de forma a obter dois conjuntos promovendo uma relação de 1:2 (ou seja, em uma forma de ligação em que o número de pólos é duas vezes maior que a outra) então temos duas velocidades distintas disponíveis.

Este tipo de motor é muito usado para, guindastes, guinchos, transportadores, máquinas e equipamentos em geral que necessitam de motores assíncronos de CA com duas velocidades.

Apesar de já existirem equipamentos auxiliares electrónicos para a variação da velocidade de motores eléctricos (soft-starters e principalmente variadores de velocidade), o uso do motor Dahlander ainda é viável economicamente para aplicações onde se apenas se precisa de uma mudança discreta das velocidades como nos ventiladores de AVAC.



Esquema interno com a ligação e numeração das bobinas



Esquema de placa

Além das duas velocidades ainda se podem conceber motores com enrolamentos mais complexos por exemplo para proporcionar 3 velocidades

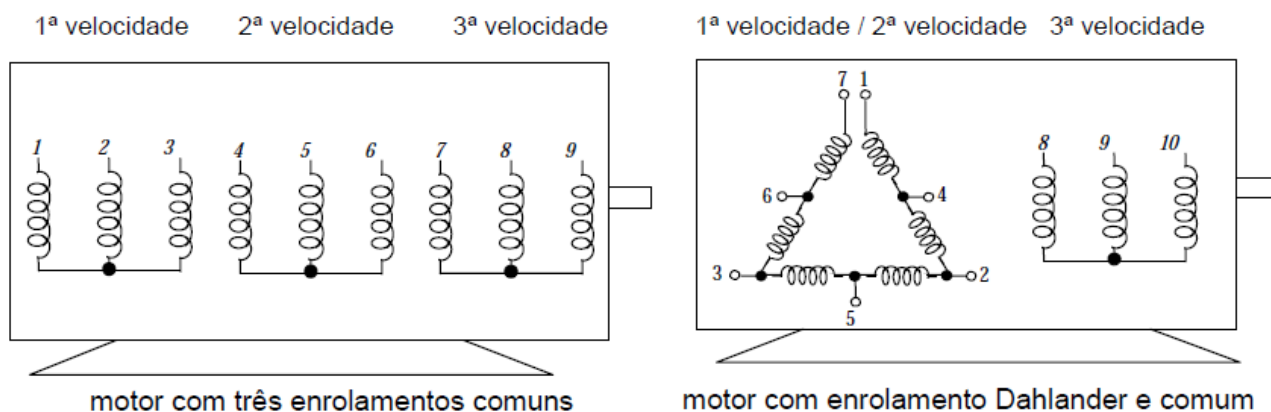


Figura 8 – Motores de três velocidades

Métodos de arranque

Os motores são comandados através de interruptores de arranque, sendo que os mais empregadas são:

Arranque Directo/ Reverso: - Accionamento de pequenos motores;

Arranque Estrela Triângulo (ou Dupla Estrela e Duplo Triângulo) : - Accionamento de grandes motores sem carga;

Arranque com TRF Compensador: - Accionamento de grandes motores com carga;

Arranque com “Soft-Starter” - Arranque Suave: - Accionamento de grandes motores com carga;

Arranque com Inversor de Frequência Variável: - Accionamento de pequenos e grandes motores;

Tipos de Circuitos

Todos os interruptores de arranque mencionados anteriormente possuem um circuito principal e um circuito de comando. O circuito principal ou de força com também é conhecido, é o responsável pela alimentação do motor, ou seja, ele é o responsável pela ligação dos terminais/fios do motor à rede eléctrica. O circuito de comando, como o próprio nome diz é responsável por comandar o circuito de força, determinando quando e de que forma o motor será ligado ou desligado.

Componentes dos Sistemas de Arranque

Os sistemas de arranque são compostos pelos seguintes dispositivos:

Dispositivos de Protecção:

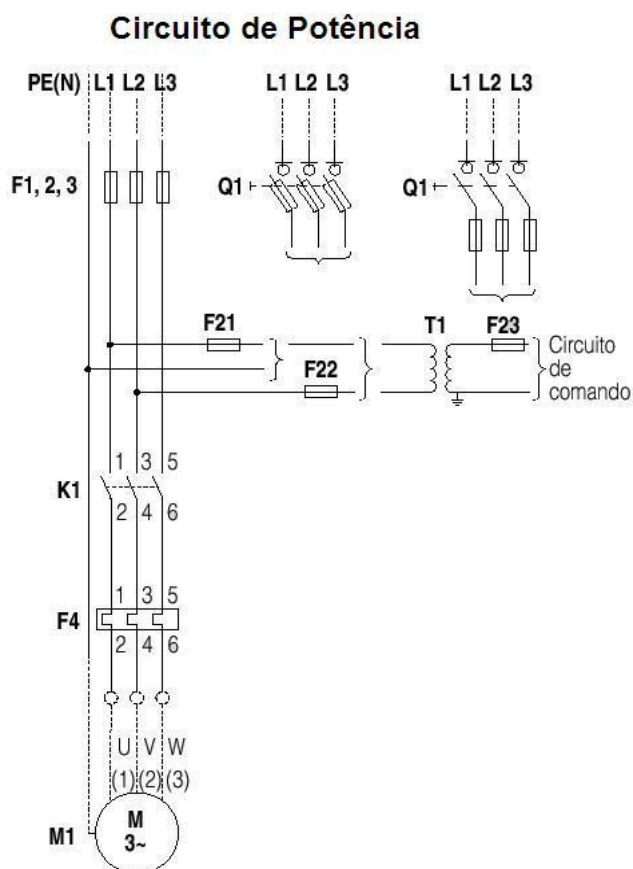
Fusível, Relé Térmico, Disjuntor Motor;

Dispositivos de Comando:

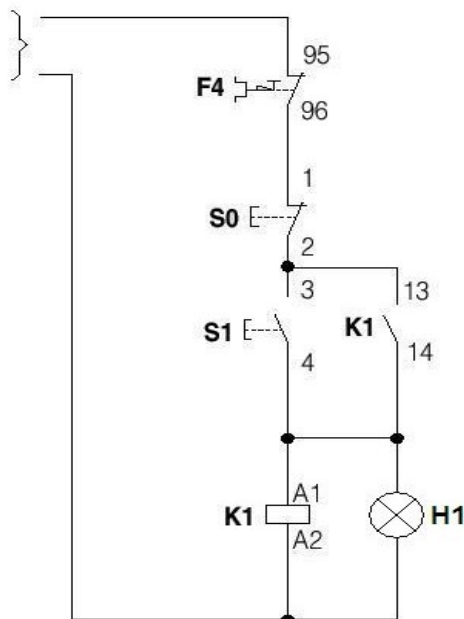
Botão, Contactor, Temporizador;

Dispositivos de Sinalização:

Sinalizador, Voltímetro, Amperímetro;



Circuito de Comando



Arranque Directo

Em quase todas as concessionárias de fornecimento de energia eléctrica permite-se arranque directo para motores até 5 HP (3,72 kW). Entende-se por arranque directo, a arranque com a tensão de abastecimento.

Sequência Operacional

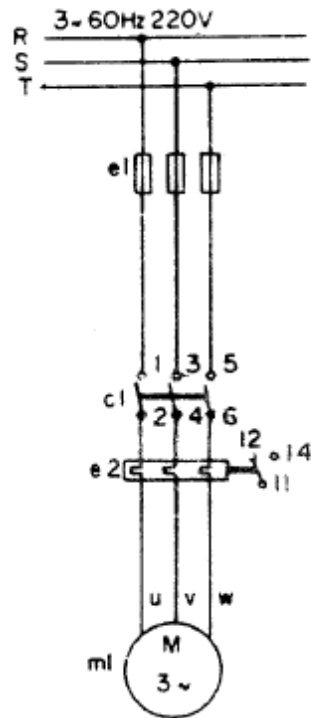
Ligar

Existindo tensão nas três fases nos terminais L1, L2 e L3 , e apertando-se o botão pulsador b1, a bobina do contactor c1 será alimentada. Esta acção faz fechar o contacto de auxiliar de bloqueio c1, que manterá a bobina alimentada; os contactos principais de potência fecham, e o motor arranca.

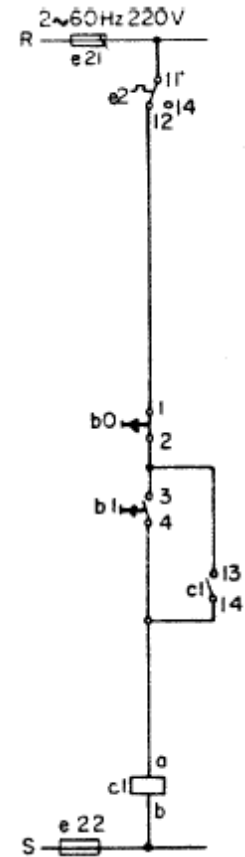
Parar

Para interromper o funcionamento do contactor, pulsamos o botão b0; este se abrirá, eliminando a alimentação da bobina, o que provocará a abertura do contacto de auxiliar de bloqueio c1, e conseqüentemente, dos contactos principais, e a paragem do motor.

Circuito de Potência



Circuito de Comando



Um contactor pode ser comandado também por um interruptor de um pólo. Neste caso, eliminam-se os botões b0 e b1 e o contacto auxiliar de bloqueio c1, e introduz-se no circuito de comando pelo interruptor b1.

Circuito de Comando

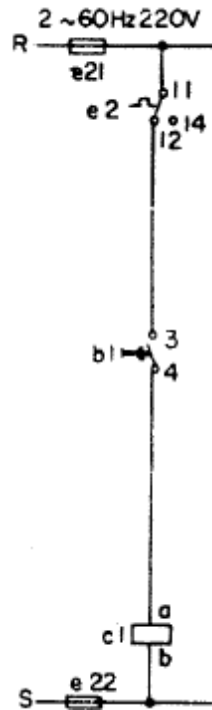
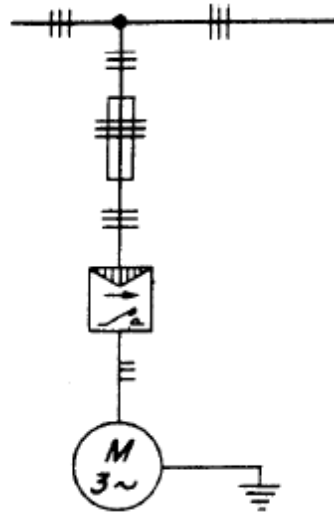


Diagrama Unifilar



Acima de 5 HP usam-se dispositivos que diminuem a tensão aplicada aos terminais dos motores e desta maneira limita-se a corrente de arranque. Tais dispositivos são como se disse anteriormente:

- Arranque Estrela Triângulo
- Arranque Dupla Estrela (série - paralelo de estrelas)
- Arranque Duplo Triângulo (série – paralelo de triângulos)
- Arranque Compensadora
- Arranque com “Soft-Starter”
- Arranque com Inversor de Frequência Variável

Comutador estrela-triângulo

Este comutador pode ser manual ou automático e usa-se quando o motor é de indução, trifásico e com rotor em gaiola.

O botão de comando b1 acciona o contactor estrela c2 e, ao mesmo tempo, o dispositivo de retardamento d1; o contacto normalmente fechado de c2 actua sobre o contacto de c1, fechando a bobina c1 do contactor da rede. Assim o motor arranca em estrela. Decorrido o tempo de atraso, o contacto normalmente aberto d1, opera e o contactor estrela c2 é desligado. Quando o contacto normalmente aberto de c2 abre, fecha o contactor triângulo c3, pois o contacto normalmente fechado de c1 já estava fechado quando c1 ligou. O motor opera em triângulo. Se quisermos parar o motor, pulsa-se o botão b0, interrompendo o contactor de rede c1. O contacto normalmente fechado de c1 abre-se, o contactor triângulo é desligado e o motor pára.

Comutador estrela-triângulo de arranque automático de motores.

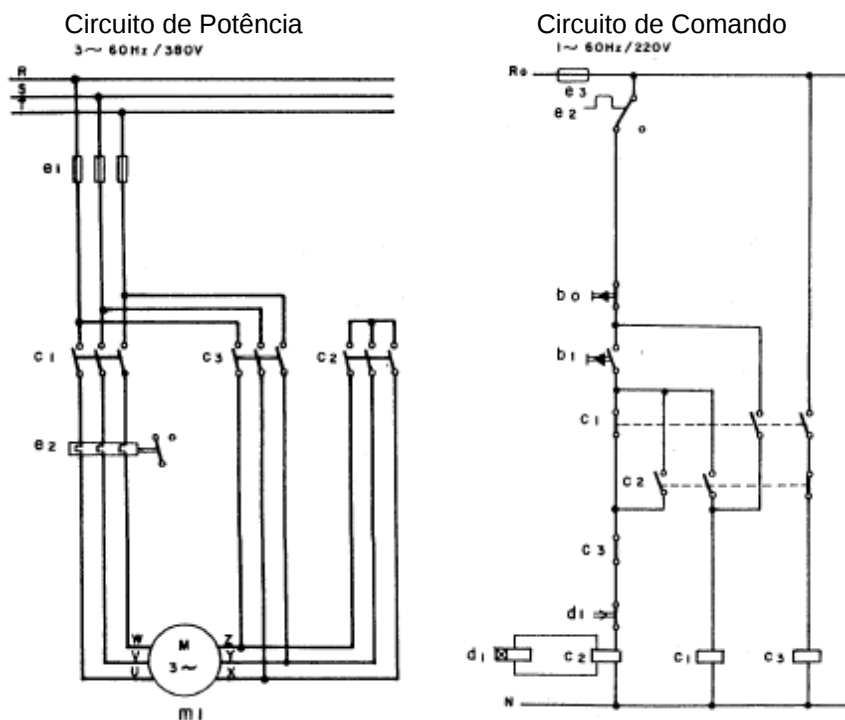
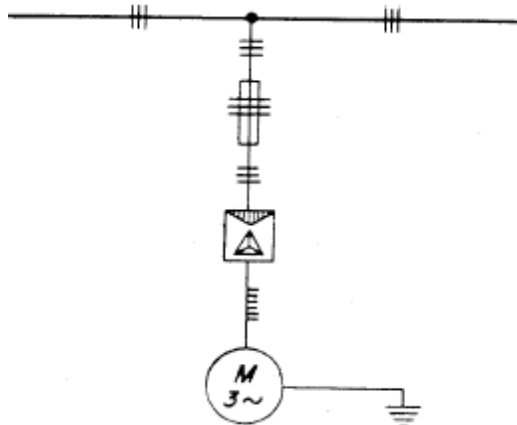


Diagrama unifilar

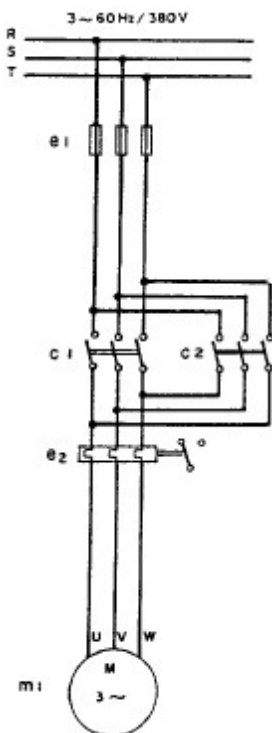


Inversão do sentido de rotação de motores trifásicos

Quando o botão b1 é accionado alimenta-se a bobina do contactor c1 e abre-se o contacto normalmente fechado de c1; o motor parte com o sentido de rotação, por exemplo, para a direita.

Quando se acciona o botão b2, o contactor c1 “DESLIGA”, através do contacto normalmente aberto de c2 e o contactor c2 “LIGA” através do contacto fechado por botão de comando. A ordem “LIGA” para o contactor c2 só se torna efectiva quando o contacto normalmente aberto do contactor c1 estiver fechado. O motor é frenado e passa a girar no sentido contrário, por exemplo, à esquerda.

Circuito de Potência



Circuito de Comando

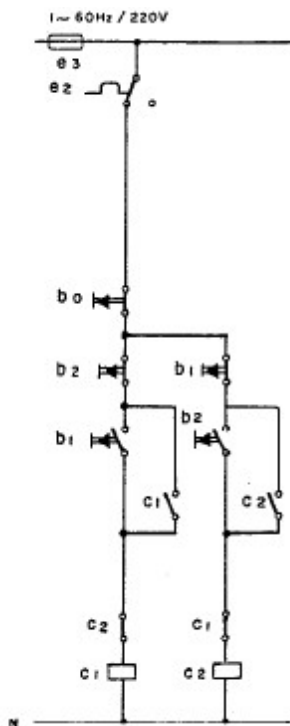
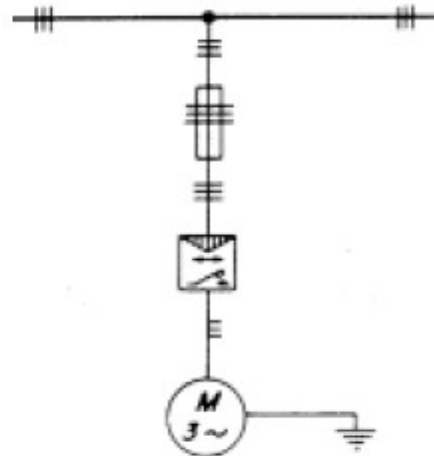


Diagrama Unifilar



Arranque por Transformador Compensador

O arranque por Comutador Compensador é utilizado para arranques sob cargas de motores de indução trifásicos com rotor em curto-circuito, onde a comutador estrela-triângulo é inadequado. As normas prevê a sua para motores, cuja potência seja alta e tenham de arrancar em carga. Este método reduz a corrente de arranque, evitando sobrecarregar a linha de alimentação, mas deixando um binário suficiente para o arranque do motor.

A tensão aplicada ao motor é reduzida através de um auto-transformador trifásico que possui geralmente tomadas de 50%, 65% e 80% da tensão nominal.

Durante o arranque alimenta-se com a tensão nominal o primário do auto-transformador trifásico ligado em estrela e do seu secundário é retirada a alimentação para o circuito do estator do motor.

A passagem para o regime permanente faz-se desligando o auto-transformador do circuito e ligando o motor trifásico directamente à rede.

Este tipo de arranque normalmente é indicado para motores de potência elevada, accionando cargas com alto índice de atrito, tais como, como actuadores de compressores, grandes ventiladores, laminadores, moinhos, bombas helicoidais e axiais (poço artesiano) de alta potência, britadeira, calandras, máquinas accionadas por correias, etc.



Soft-Starter

É um dispositivo composto de pontes de tirístores (SCR na configuração anti-paralelo) comandadas por uma placa electrónica, a fim de controlar a tensão de arranque de motores trifásicos. O seu uso é comum em bombas centrífugas, ventiladores e motores de elevada potência cuja aplicação não exija a variação de velocidade.

Quando o accionamento eléctrico não exige variação da velocidade do motor, querendo-se apenas uma partida *mais suave*, de forma que se limite-se a corrente de arranque evitando assim quedas de tensão da rede de alimentação, costumam-se utilizar os arrancadores suaves (soft-starters).

O soft-starter controla a tensão sobre o motor através do circuito de potência, constituído por seis SCRs, variando o ângulo de disparo dos mesmos e consequentemente variando a tensão eficaz aplicada ao motor. Assim, pode-se controlar a corrente de arranque do motor, proporcionando uma "arranque suave" (*soft start*), de forma a não provocar quedas de tensão bruscas na rede de alimentação, como ocorre em arranques directos.

Costuma-se usar a tecnologia chamada de "by-pass" pela qual, após o motor arrancar e receber toda a tensão da rede, se liga um contactor que substitui os módulos de tirístores, evitando o sobreaquecimento destes.

Variadores de frequência,

Também conhecidos como **inversores de frequência**, são dispositivos electrónicos que convertem a tensão da rede alternada sinusoidal, em tensão contínua e finalmente voltam a converter esta última, em uma tensão de amplitude e frequência variáveis.

A denominação comercial de variadores de frequência refere-se a equipamentos conversores ou inversores ou onduladores. Inerente ao projecto básico de um Variador de Frequência, teremos na entrada o bloco rectificador, o circuito intermediário composto de um banco de condensadores electrolíticos e circuitos de filtragem de alta frequência e finalmente o bloco inversor, ou seja, o inversor na verdade é um bloco composto de transístores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) dentro do conversor. Na indústria entretanto, ambos os termos são imediatamente reconhecidos, fazendo alusão ao equipamento electrónico de potência que controla a velocidade ou torque de motores eléctricos.

São usados em motores eléctricos de indução trifásicos para substituir os rústicos sistemas de variação de velocidades mecânicos, tais como polias e variadores hidráulicos, bem como os custosos motores de corrente contínua pelo conjunto motor assíncrono e inversor, mais barato, de manutenção mais simples e substituição fácil.

Os conversores de frequência costumam também actuar como dispositivos de protecção dos equipamentos de consumo contra os mais variados problemas de qualidade de energia eléctrica que podem ocorrer, como desbalanceamento entre fases, sobrecarga, quedas de tensão, etc.

Normalmente, os conversores são montados nos quadros eléctricos, sendo um dispositivo utilizado em larga escala na automação industrial. Podem trabalhar em interfaces com computadores, centrais de comando e gestão técnica, e alimentar, simultaneamente, dezenas de motores, dependendo do porte e tecnologia do dispositivo.

Os conversores costumam ser dimensionados mais precisamente, pela corrente do motor. O dimensionamento pela potência do motor pode também ser feita, entretanto, a corrente é a principal grandeza eléctrica limitante no dimensionamento. Importante também notar outros aspectos da aplicação, durante o dimensionamento, como por exemplo, solicitação de torque ou binário (constante ou quadrático), precisão de controle, arranques e travagens bruscas ou em intervalos curtos ou muito longos, regime de trabalho, e outros aspectos particulares de cada aplicação. Dentre os diversos fabricantes deste produto, temos uma vasta colecção de catálogos e normas, que devem sempre ser consultados.



Os conversores de frequência tem uma vasta aplicação na indústria de máquinas e processos em geral. Com a capacidade inerente de variar a velocidade de motores trifásicos, permitem aos projectistas, desenvolver máquinas que sem os mesmos, seriam praticamente impossíveis de serem fabricadas.

Os conversores de frequência de última geração, não somente controlam a velocidade do eixo de motores eléctricos trifásicos de corrente alternada, como também, controlam outros parâmetros inerentes ao motor eléctrico, o controlo de binário ou torque.

Através da funcionalidade que os micro processadores trouxeram, os conversores de frequência hoje são dotados de poderosas CPU ou placas de controle com micro processadores, que possibilitam uma infindável variedade de métodos de controlo, expandindo e flexibilizando o uso dos mesmos. Cada fabricante consegue implementar sua própria estratégia de controlo, de modo a obter domínio total sobre o comportamento do eixo do motor eléctrico, permitindo em muitos casos que motores eléctricos trifásicos de corrente alternada, substituam servo motores em muitas aplicações. Os benefícios são diversos, como redução no custo de desenvolvimento, custo dos sistemas motrizes e custo de manutenção.

Muitos conversores hoje, são dotados de opcionais que permitem implementar técnicas de controlo de movimento, manipulação de vários eixos motores, posicionamento e Sincronismo de velocidade ou sincronismo de posição.

Igualmente existem variadores que recebem por exemplo tensão AC monofásica e disponibilizam na saída tensão trifásica.

As modernas técnicas de manipulação da forma de onda de tensão e também da frequência aplicada sobre o estator do motor eléctrico, permitem o controle com excelente precisão, sobre o eixo do motor. Uma das técnicas mais conhecidas é o PWM ou "Pulse Width Modulation". Tais técnicas são sempre aliadas à modulação matemática precisa do motor eléctrico. Os conversores de última geração, fazem medições precisas e estimativas dos parâmetros eléctricos do motor, de modo a obter os dados necessários para a modelagem e consequente controle preciso do motor.

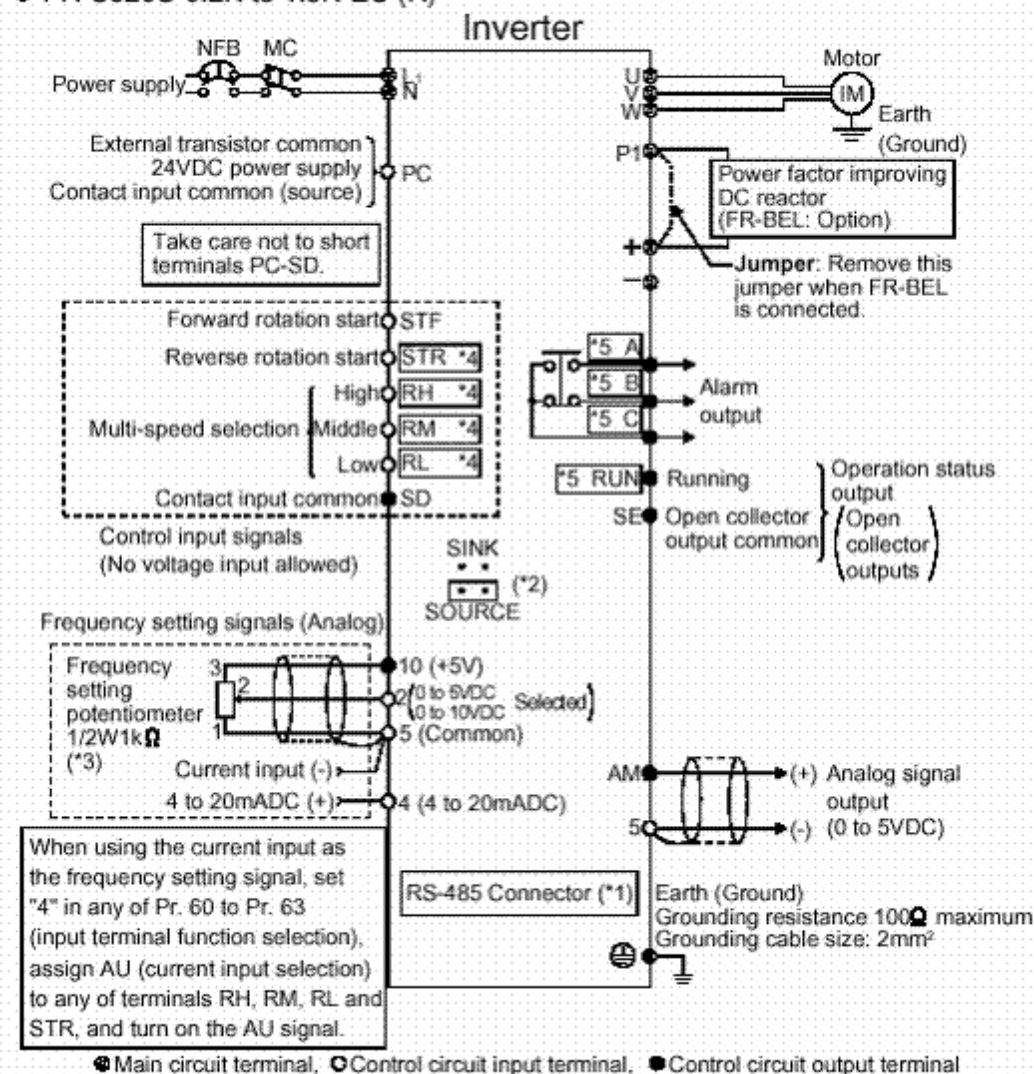
Os Conversores de Frequência, por serem dispositivos dotados habitualmente de uma ponte rectificadora trifásica a díodos, tratam-se de cargas não lineares, geram harmónicas. Os fabricantes de conversores de frequência disponibilizam filtros de harmónicas, alguns já integrados ao produto, outros opcionais.

Existem várias técnicas para filtragem de harmónicas, que vão desde as mais simples e menos custosas, como indutores no barramento DC ou indutores nas entradas do conversor, antes da ponte rectificadora, passando pelos rectificadores de 12 ou 18 díodos ou pulsos, utilizando transformadores desfasadores (transformando a tensão trifásica numa tensão polifásica de muitas fases até chegar aos filtros activos ou rectificadores a IGBT (Transístores Bipolares de Gate Isolada), para diminuição ou até mesmo eliminação das harmónicas tanto de corrente quanto de tensão eléctrica.

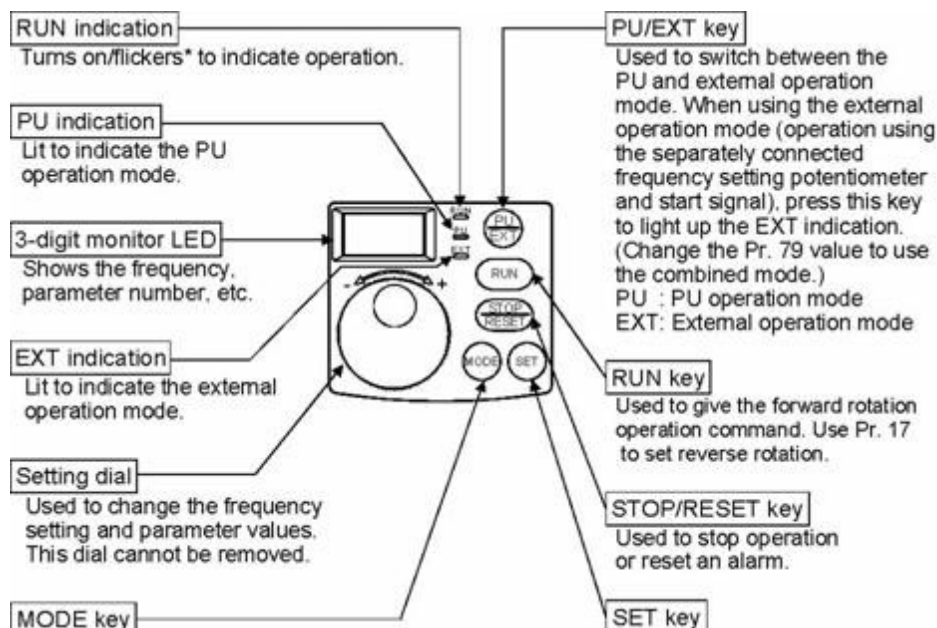
Variador da Mitsubishi FR S520S

3.3 Terminal connection diagram (European version)

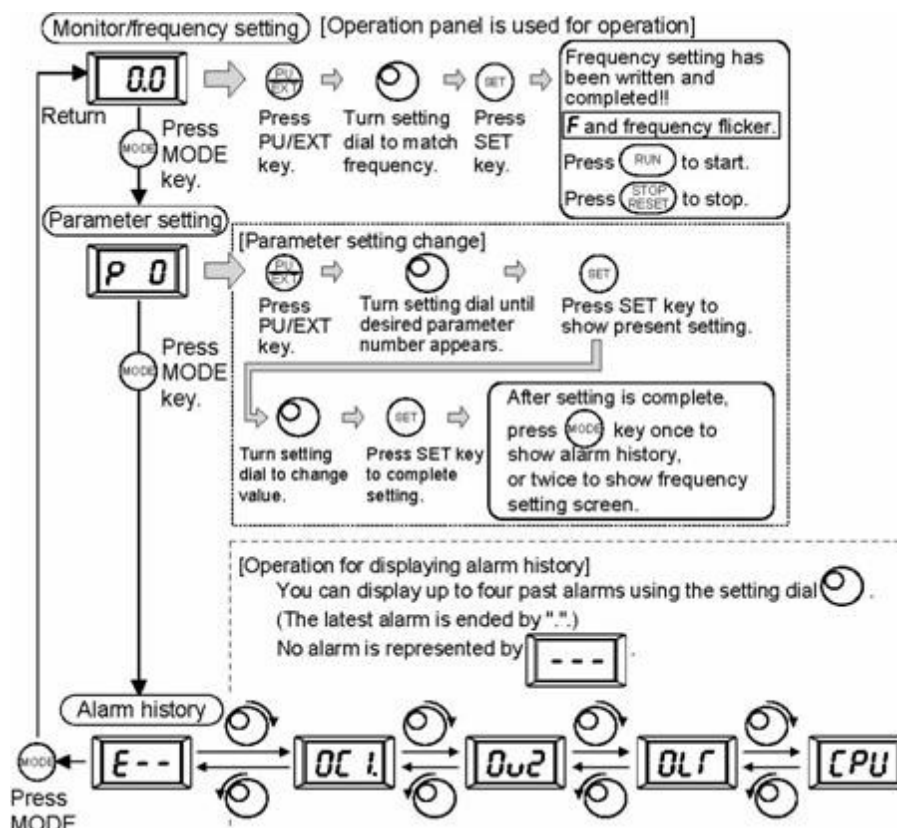
● FR-S520S-0.2K to 1.5K-EC (R)



Painel de comando



Programação





PROTECÇÃO DE MOTORES

Fusíveis

São os elementos mais tradicionais para protecção contra curto-circuito de sistemas eléctricos. Sua operação é baseada na fusão do “elemento fusível”, contido no seu interior. O “elemento fusível” é um condutor de pequena secção transversal, que sofre, devido a sua alta resistência, um aquecimento maior que o dos outros condutores, à passagem da corrente.

O “elemento fusível” é um fio ou uma lâmina, geralmente, prata, estanho, chumbo ou liga, colocado no interior de um corpo, em geral de porcelana, hermeticamente fechado. Possuem um indicador, que permite verificar se operou ou não; ele é um fio ligado em paralelo com o elemento fusível e que libera uma mola que actua sobre uma plaqueta ou botão, ou mesmo um parafuso, preso na tampa do corpo. Os fusíveis contêm em seu interior, envolvendo por completo o elemento, material granulado extintor; para isso utiliza-se, em geral, areia de quartzo de granulometria conveniente. A figura abaixo mostra a composição de um fusível (no caso mais geral).

O elemento fusível pode ter diversas formas. Em função da corrente nominal do fusível, ele compõe-se de um ou mais fios ou lâminas em paralelo, com trecho(s) de secção reduzida. Nele existe ainda um ponto de solda, cuja temperatura de fusão é bem menor que a do elemento e que actua por sobrecargas de longa duração.

Relé bimetálico (térmico) de sobrecarga (motoprotectores ou salva-motores)

São dispositivos baseados no princípio da dilatação de partes termoelectricas (bimetálicos). A operação de um relé está baseada nas diferentes dilatações que os metais apresentam, quando submetidos a uma variação de temperatura.

Relés de sobrecarga e curto-circuito (relés magneto-térmicos)

São usados para proteger indirectamente equipamentos eléctricos, como motores e transformadores, de um possível sobre-aquecimento e igualmente protegem os circuitos contra curto-circuitos.

O sobre-aquecimento de um motor pode, por exemplo, ser causado por:

- Sobrecarga mecânica na ponta do eixo (máximo de corrente)
- Tempo de arranque muito alto;
- Rotor bloqueado;
- Falta de uma fase;
- Desvios excessivos de tensão e frequência da rede.

Relés electrónicos de protecção

São usados para proteger indirectamente equipamentos eléctricos, como motores e transformadores, de um possível sobre-aquecimento e igualmente protegem os circuitos contra curto-circuitos e outras condições anormais de trabalho como

- Sobrecarga mecânica na ponta do eixo (máximo de corrente)
- Tempo de arranque muito alto;
- Rotor bloqueado;
- Falta de uma fase;
- Troca de fases;
- Desvios excessivos de tensão e frequência da rede.
- Falta de carga no eixo (mínimo de corrente)
- Desequilíbrios de fase (diferencial entre as correntes das 3 fases)
- Elevada percentagem de harmónicos

Em todos estes casos citados acima, o incremento de corrente (sobre-corrente) no motor é monitorado em todas as fases pelo relé de sobrecarga.

Os terminais do circuito principal dos relés de sobrecarga são marcados da mesma forma que os terminais de potência dos contactores.

Os terminais dos circuitos auxiliares do relé são marcados da mesma forma que os de contactores, com funções específicas, conforme exemplos a seguir.

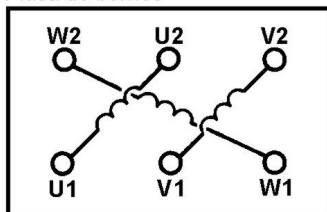
O número de sequência deve ser '9' (nove) e, se uma segunda sequência existir, será identificada com o zero.

Protecção de Motores Contra Sobrecargas e Contra Curto-Circuitos

Motores trifásicos com rotor em curto-circuito (4 pólos, 1500 min ⁻¹ , 400V/50Hz)					
400V				Fusível aM	Disj. mag.
Potência		In	In/√3	Calibre	Calibre
kW	hp	A	A	A	A
0,37	0,5	0,98	0,57	2	1
0,55	0,75	1,5	0,87	2	1,6
0,75	1	1,9	1,1	4	2,5
1,1	1,5	2,5	1,4	4	2,5
1,5	2	3,4	2	6	4
2,2	3	5	2,9	8	6,3
3	4	6,3	3,6	12	10
4	5,5	8,4	4,8	12	10
5,5	7,5	11	6,4	16	14
7,5	10	14,8	8,5	20	18
9	12,5	18,1	10,5	25	25
11	15	21	12,1	25	25
15	20	28,5	16,5	40	32
18,5	25	35	20,2	40	50
22	30	42	24,2	63	50
30	40	57	32,9	63	50

Esquema de ligações de um motor:

Placa de bornes



APARELHAGEM DE PROTECÇÃO

Disjuntores magneto-térmicos

Fusíveis

Disjuntores de falta ou erro de sequência de fases,

Disjuntores de sub-tensão ou sobre-tensão,

Disjuntores de máximo e mínimo de corrente

Nota: Os disjuntores podem ser de rearme manual ou de rearme automático temporizado ou condicionado

APARELHAGEM DE MANOBRA

Interruptores

Relés electrónicos e contactores

Temporizadores

APARELHAGEM DE MEDIDA E SINALIZAÇÃO

Transformadores de Potencial TP e de Intensidade TI

Sinalizadores de presença de fases

APARELHAGEM COMUM DO SISTEMA ELÉCTRICO DO AVAC

INTERRUPTORES E SECCIONADORES



TEMPORIZADORES



DISJUNTORES



RELÉS DE SOBRECARGA



CONTACTORES



CONTACTOS AUXILIARES



COMANDOS DE EQUIPAMENTOS



TERMOSTATOS



TERMOSTATOS DE DIVISÃO



SENSORES



ACESSÓRIOS



CONTROLADORES





MEDIDAS ELÉCTRICAS

INSTRUMENTOS

DE

MEDIDA

COMO USAR O MULTÍMETRO

(Tutorial Prático)

Contém adaptações e citações do artigo de “ra7or” em <http://www.techzonept.com/>



Como usar o Multímetro

Usar um multímetro é algo muito importante para quem trabalha em informática (hardware), na área da electrotecnia e electrónica. É um aparelho que nos permite fazer medições de várias grandezas eléctricas.

Serve de grande ajuda nas mais variadas situações, sendo indispensável e obrigatório. Vou direccionar este pequeno *how to* para componentes de hardware de informática, apenas para mostrar os aspectos mais importantes como funciona e como se usa.

O Multímetro: É um aparelho que permite a medição de várias grandezas eléctricas, tais como intensidades de corrente, tensões eléctricas, resistência eléctricas, capacidades, indutâncias, frequências, temperaturas, entre outras...

Existem dois tipos de multímetro, os analógicos e os digitais, vou aqui abordar apenas os digitais pois são mais fáceis de utilizar e a visualização do valor é imediata e são também os mais fáceis de encontrar.

Como se deduz da sua designação, este pequeno aparelho é um medidor múltiplo, evitando assim a necessidade de usar vários aparelhos para medir as diferentes grandezas.

Mas antes de avançarmos mais, recapitulemos as noções básicas sobre electricidade para que se saiba o que se vai medir e porquê.

Corrente Eléctrica:

A electricidade é uma forma de energia, que é comum a toda a matéria. Os átomos são constituídos basicamente por um núcleo (prótons e neutrões) e por electrões que se situam em orbitais à volta desse núcleo.

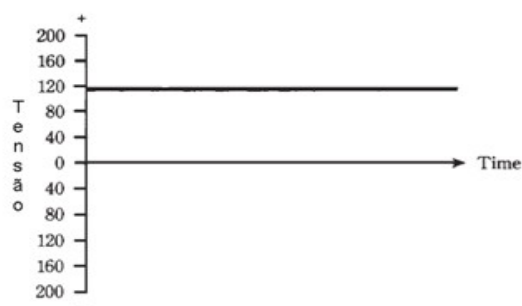
Quando se diz que um corpo está carregado positivamente, diz-se que tem falta de electrões, e quando está carregado negativamente, tem electrões em excesso.

Ao movimento orientado dos electrões do potencial **negativo** para o **positivo**, dá-se o nome de corrente eléctrica, mas este fenómeno só acontece se houver diferença de potencial entre eles estiverem interligados por meio de um material condutor.

Existem vários tipos de corrente, mas apenas vou falar na corrente contínua (CC, DC) e na corrente alternada (CA, AC).

A corrente proveniente da rede eléctrica nacional e alternada sinusoidal, tem uma determinada frequência, que no nosso país é de 50Hz, ou seja 50 alternâncias (ciclos) por segundo, onde a tensão e a corrente variam no tempo, e mudam o seu sentido e representa-se por um gráfico deste género:

A corrente contínua não é proveniente da rede eléctrica, na maioria das vezes resulta da rectificação da corrente alternada, que é o que acontece nas fontes de alimentação dos computadores, e pode ainda ser proveniente de pilhas, baterias e não só.



Neste caso não existe mudança de sentido e o gráfico poderá ser deste género, podendo ser completamente contínua ou ter oscilações, mas sempre com uma única direcção:

Grandezas Eléctricas:

Bem depois de uma explicação muito resumida, sobre a corrente eléctrica, talvez seja a oportunidade de passar para as grandezas que caracterizam este fenómeno.

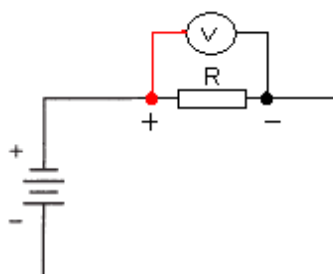
Antes de passar para as medições das mesmas, vou tentar resumir algumas das grandezas mais usadas, e as principais que um multímetro comum consegue medir.

Tensão Eléctrica - Diferença de Potencial

A grandeza física potencial eléctrico, representa-se por V , e tem como unidade no SI (Sistema Internacional de Unidades) o volt, este nome está relacionado com o nome do cientista italiano Alessandro Volta (1745-1827), que se destacou pela criação do primeiro gerador electroquímico, conhecido por pilha de Volta.

Para que haja uma corrente eléctrica são necessários dois potenciais diferentes ligados entre si por um meio condutor, a isto designa-se por diferença de potencial (d.d.p.). Também é comum dizer-se tensão (U), ou voltagem.

Para medir essa diferença de potencial utiliza-se um Voltímetro, que está incluído nos mais vulgares multímetros, a tensão é sempre medida em paralelo, nunca em serie. O voltímetro tem duas pontas de prova, uma vermelha e uma preta, a vermelha é ligada ao potencial positivo e a preta à massa, ou ao negativo, mede-se nos terminais dos componentes adequadamente, no + e -. Pode ver-se no esquema abaixo a colocação do voltímetro em paralelo no circuito:



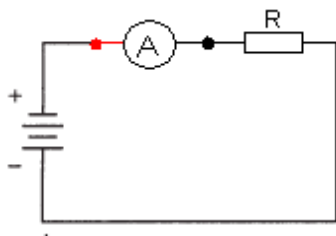
Intensidade de Corrente Eléctrica

Como já referi acima, o deslocamento orientado de portadores de carga constitui uma corrente eléctrica, essa pode ser maior num condutor do que noutro, o que leva a que a quantidade de electrões livres em movimento seja maior num condutor do que no outro.

A unidade SI é o ampere, cujo símbolo é um A, em homenagem ao físico francês André Marie Ampere (1776-1836).

Para simplificar: a 1 ampere equivale uma intensidade de corrente em que circulam $6,25 \times 10^{18}$ electrões por segundo, através da secção de um condutor.

Para se efectuar a medição de tal intensidade utiliza-se um Amperímetro (também incluído nos multímetros), mede-se sempre em série, ou seja vai haver sempre a necessidade de interromper o circuito para se poder colocar o multímetro, como mostra a figura:



Resistência Eléctrica

A resistência eléctrica é comum de todas as substâncias, e é basicamente a oposição à passagem da corrente eléctrica, que difere de substância para substância. Os materiais caracterizam-se por serem Bons ou maus condutores de electricidade, um facto que pode ser muito importante é a temperatura a que essa substância se encontra submetida, pois a resistência também varia com a temperatura. Aos maus condutores também é costume chamar de isoladores, a conhecida fita isoladora não conduz a corrente eléctrica, as pastas térmicas podem ou não conduzir a electricidade, bem como os líquidos de WC.

A grandeza física é representada por um R, e tem como unidade no SI, o Ohm, que usa como símbolo o ómega Ω , em homenagem a George S. Ohm (1787-1854) físico e matemático Alemão. A medição da resistência de um certo material é efectuada num ohmímetro (tb se encontra o multímetro) mas ao contrário do que se faz no voltímetro/amperímetro não se pode efectuar a medição se esse material estiver sob tensão. Para se efectuar a medição basta para isso, colocar as duas pontas de prova nos terminais de um componente, como que se estivesse a medir tensão mas sem haver tensão nesse componente.

Lei de Ohm

Muitas vezes falada, a lei de Ohm relaciona estas três grandezas. A lei de Ohm diz-nos que a diferença de potencial aos terminais de um fio condutor metálico, filiforme e homogéneo a temperatura constante é directamente proporcional à intensidade que a percorre.

A expressão matemática:



$$R=U/I$$

Também se pode dizer que:

Potencia eléctrica

$$P=U \times I, \text{ ou } P=RI^2$$

ou seja, a potência em Watts, é igual ao produto da tensão pela intensidade.

Outro componente muito comum dos circuitos eléctricos é o condensador, muito utilizado no hardware nas “motherboards”, placas gráficas, placas de som e afins. Os condensadores têm a característica de armazenar cargas eléctricas.

Escalas

É preciso ter em atenção que num multímetro, existem várias escalas de medição, e que essas escalas podem ser em corrente alternada e corrente contínua, portanto convém saber se o que vamos medir é alternado ou contínuo.

Na maioria do hardware de um computador temos apenas corrente contínua.

No caso da medição das resistências não interessa pois vamos medir sem aplicar tensão de alimentação aos circuitos da placa “board”.

Usar o Multímetro

O multímetro como já foi dito é um aparelho de medida, que nos permite ler mais do que uma grandeza eléctrica.

Recapituladas as noções sobre as três principais grandezas eléctricas, vou-me virar para o principal objectivo deste tutorial: como usar o Multímetro, sendo dado como exemplo o modelo seguinte:

O modelo que uso, é um DT-64 da Univolt (1), um equipamento comum de baixo custo que serve bem para a maioria das aplicações da prática de manutenção.

Nota (1)

O multímetro apresentado é de uso comum em trabalhos de electrónica, com usos recomendado até 1000V DC e 600 V AC – categoria II de isolamento. É de referir que em electrónica em geral usa-se a tensão reduzida de segurança.

No entanto para trabalhos em BT, todas as ferramentas e instrumentos de medida usados pelos técnicos, devem ser de classe II de isolamento e garantidos para uma tensão 1000V, devendo possuir nas partes manipuláveis pegadas anti-deslizamento e o seu isolamento deve cobrir todo o corpo excepto aquela parte metálica das ferramentas e dos instrumentos, estritamente necessária para a respectiva função mecânica ou eléctrica (por exm: nas chaves de parafusos o isolamento deve ser até cerca de 0,5-1 cm da ponta). Além disso os instrumentos de medida devem ser alimentados em tensão reduzida de segurança e não podem desenvolver internamente valores superiores a esta, o que lhes confere a classe III de isolamento.

Sobre classes de isolamento ver anexos com este título segundo as RTIEBT

Este modelo como se pode ver na imagem abaixo está envolvido numa borracha amarela protectora à volta do corpo de plástico, já a antever muitas quedas, para protecção dos componentes electrónicos muito sensíveis.



Na imagem já se pode ter uma noção da aparência geral do multímetro, é claro que pode variar de modelo para modelo, as cores, os botões, o selector, as ranhuras etc.

Para começar, é preciso ter sempre em mente o que vamos medir, para não danificar os circuitos nem o equipamento

Medições em paralelo e em série

“Volts” medem-se em paralelo, “amperes” medem-se em série e Ohms aos terminais de um circuito e sem a presença de corrente eléctrica de alimentação desse circuito.

Em geral quase todos os multímetros têm o selector de medidas ao centro. Abaixo vê-se uma imagem legendada:



Na imagem acima pode observar-se o mostrador-“display”, o selector, e os terminais onde vamos ligar as pontas de prova que vêm com o multímetro.

Vou focar agora apenas o selector e os terminais, ficando o restante restante para análise posterior.

O Selector

Aqui encontramos um quadrante com várias opções à escolha, para as seleccionar basta rodar o selector. O quadrante encontra-se dividido em várias partes, correspondentes ao que o multímetro pode medir, no meu caso, ele pode medir, tensões, intensidades, resistências, frequência, temperatura, capacidades, testar díodos etc.

Para a análise do hardware informático apenas nos vai interessar medir:

- a) as tensões,
- b) intensidades,
- c) resistências,
- d) e eventualmente temperatura (usando a ponta de prova com sonda de temperatura.)

Um dado muito importante e que importa reter, é que sempre que vamos efectuar uma medição, seja de corrente seja de tensão, devemos de saber o seguinte:

2. Se é CC ou CA, e por isso escolher adequadamente no selector.
3. Ter uma vaga ideia do valor máximo possível que vamos medir, para que quando se vá medir se escolha o valor do selector mais próximo do que vamos medir.

Por exemplo se formos medir 20V devemos de escolher sempre a escala com limite máximo mais próximo, sempre para cima, ou seja neste caso temos exactamente o valor 20V no selector, mas vamos optar pelo seguro e escolher o 200V para o caso de o valor poder ultrapassar o limite da escala. O procedimento é sempre este, seja que valor for, se não temos a certeza escolhemos o valor seguinte no selector e evitamos erros. Se for numa fonte de alimentação de computador que tem tensões +3,3V; +5V; -5V; +12V; -12V a escala mais usada é a de 20V CC.

-- Também é importante que se coloque as pontas de prova nos terminais correctos.



Terminais para ponta de prova

Para se poder efectuar as medições são necessárias duas pontas de prova, uma com a cor vermelha, e outra com a cor preta.



Pontas de prova com sensor de grandezas não eléctricas.



Para medidas de temperatura, gases, etc.

Essas pontas são conectadas no multímetro em conectores específicos, para o que se deve ter muita atenção, pois em caso de erro e pode-se danificar o equipamento de medida ou o circuito a medir. Na imagem abaixo, a figura mostra precisamente esses terminais onde iremos ligar as pontas, repare que existe um terminal preto, e três vermelhos.



Quando se efectua uma medição coloca-se sempre a ponta de prova preta no terminal que diz COM, e nunca a daí se retira, pois a ponta que se move consoante o que vamos medir é a vermelha. O facto de termos amperes de um lado e Volt/Ohm/frequência deve-se ao facto de que corrente ("amperes") se mede em série e a tensão ("os volts") em paralelo.

Da esquerda para a direita, o podemos ver um A por cima do terminal, e que nos diz que temos de medir amperes usando aquele terminal, mas também nos indica em baixo que só aguenta até 20A durante 15 segundos no máximo, e que não tem protecção de fusível, logo no campo de medida do multímetro seja em CA ou CC quando vamos medir mais de 200mA devemos de conectar a ponta vermelha neste terminal, e seleccionar no quadrante os 20A respectivos.

A seguir a esse temos um terminal que diz mA, quando o que vamos medir é inferior a 200mA, devemos de conectar aqui a ponta de prova, seja em CC ou CA, este está protegido por fusível, fusível este que pode fundir, e que poderá ser substituído. Depois temos o terminal COM, onde ligamos a ponta de prova preta. A seguir temos um único terminal que devemos de ligar quando vamos medir resistências, frequências ou tensões, tendo em atenção sempre a tensão que vamos medir não ultrapasse os limites de segurança do equipamento. Aqui também não importa que seja CC ou CA.

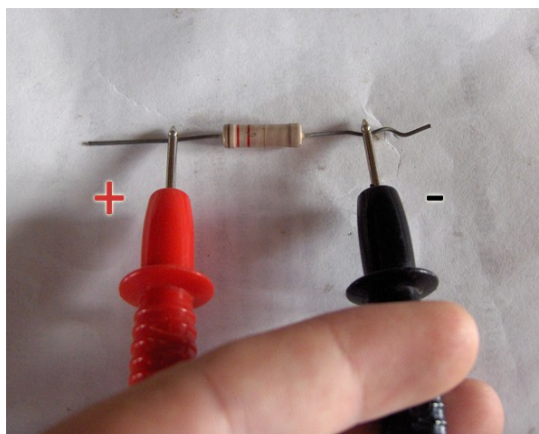
Abordada a preparação do multímetro para a medição, vou agora mostrar os três quadrantes que são mais usados.

Ohmímetro:



Como se pode ver na imagem, o ohmímetro tem um campo de selecção que vai desde os 200 Ohm até aos 200 Mega Ohm, não nos podemos esquecer que se deve de medir de sempre com a placa desligada da alimentação.

Medição do valor da resistência de uma resistência:



de notar que os sinais + e -, em nada afectam a medição de resistências

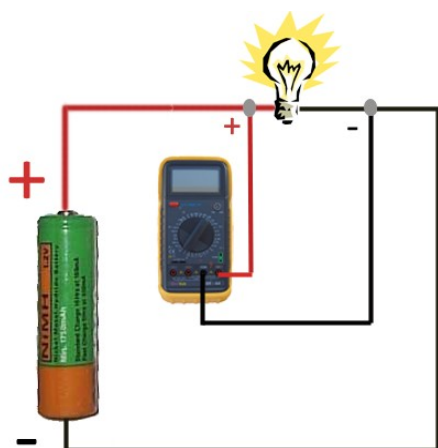
Voltímetro:



Como podemos ver o multímetro tem a tensão dividida em duas partes, CC e CA, logo quando formos medir temos de optar, e depois é só escolher o limite de escala que se adapta ao que vamos medir, no caso de CC vai desde 200mV até 1000 Volt

Deixo aqui uma imagem da medição da tensão num conector "molex", mais propriamente a linha dos 12V. Para se efectuar a medição das linhas, seja 12V, 5V ou 3.3, basta colocar a ponta de prova vermelha no fio de cor correspondente, e a ponta de prova preta num fio preto da fonte, neste caso para medir os 12V, coloquei a vermelha no amarelo e a preta no preto.

Temos de ter em atenção que podemos medir a tensão em "vazio", ou com o conector ligado a um componente, como pode ser o caso de uma placa gráfica, estando neste caso a medir a tensão com carga, que como sabemos no caso da gráfica poderá estar em Idle ou Full.

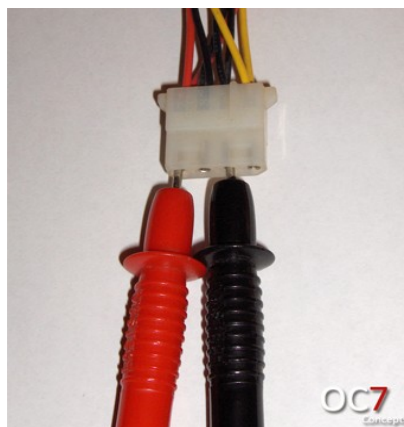


Medição da tensão em paralelo.

Para se medir aos terminais da a fonte o procedimento é sempre igual, no entanto que deve-se ter muito cuidado com as pontas pois pode-se provocar um curto-circuito que danifique a fonte de alimentação.

No caso da ficha que liga à placa principal de um PC “motherboard”, basta aceder a um site que forneça os valores das tensões de cada pino de ligação.

Medição da linha de 5V numa ficha “molex”



Medição da linha de 12V numa ficha molex



Medição de 5V, na entrada de uma drive de DVD.



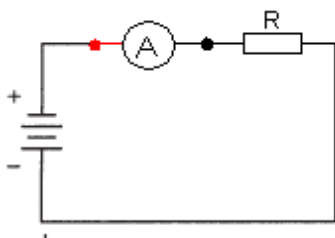
Medição de 12V, na entrada de uma drive de DVD.

Amperímetro:



Do mesmo género do voltímetro, dividido em CC e CA e varia desde 2mA até 20A. Não vou aqui referir como medir intensidade máxima debitada por fontes fontes, que requer procedimentos especiais de acordo com as indicações do fabricante e desaconselhado a quem tem menos prática.

Apenas se mostra o consumo de uma resistência, num circuito simples.



Medição de correntes em CA de forma não intrusiva usando a pinça amperimétrica

A medida de correntes em CA, em circuitos industriais não pode fazer-se pelo método da inserção do amperímetro tradicional em série com o circuito, devido aos valores elevados da corrente, também por causa das tensões envolvidas e ainda porque se quer medir as correntes de trabalho de máquinas sem interromper o seu funcionamento. Assim as medidas da corrente são feitas de modo indirecto aproveitando os campos magnéticos criados por essas correntes à volta dos condutores do circuito.

Usa-se então:

- Um transformador de intensidade cujo núcleo está dividido em duas partes separáveis ("split-core") para permitir "abraçar" o condutor cuja corrente se quer medir sem o desligar (e que constitui o enro-

lamento primário desse transformador - meia espira) no enrolamento secundário recolhe-se uma corrente proporcional à do condutor a medir como em qualquer outro TI.

Ou

- Sensores de efeito de HALL (que apresentam uma tensão proporcional ao campo magnético que os atravessa. Para mais detalhes ver http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Hall) . Com este tipo de sensores podem mesmo medir-se as correntes contínuas que atravessam um condutor.

PINÇA AMPERIMÉTRICA DIGITAL



Características habituais (em aparelhos de qualidade):

Medida True RMS para medição de sinais deformados (não sinusoidais).

Medida adicional de valores de pico, função Peak (Pico) para capturar sinais até 1 ms.

Função Mini/maxi regista os valores mínimos e máximos num determinado período. Indispensável para a vigilância dos sinais.

Função Hold (Suspensão) para manter a visualização do valor.

Função Rel (Relativa) para medições relativas e compensar a resistência dos cabos.

Nos aparelhos mais económicos:

-Normalmente o valor medido não é True RMS .

-Normalmente não existem funções adicionais além do HOLD



Medida de correntes em circuitos

Coloca-se a pinça a envolver o condutor por onde passa a corrente a medir, selecciona-se a escala (se o multímetro não tiver auto selecção de escala) selecciona-se o tipo de valor a medir RMS pico etc. e anota-se a medida . Simples fiável e rápido! Como se exige em ambiente industrial.



Medições de resistência de loop de terra para aplicações comerciais, industriais e de serviços públicos

A técnica de teste de terra através de pinça simplifica os testes do loop de terra e permite a realização de medições não intrusivas de corrente de fuga. Os aparelhos de tamanho compacto e robustos são de fácil utilização em espaços pequenos e ambientes rigorosos, enquanto que a função de retenção de visualização e o teste de continuidade com função de alarme sonoro assegura comodidade na utilização. A nova técnica significa que o teste de resistência de loop de terra e continuidade pode ser realizado sem se interromper o circuito.

Sistema de teste sem estacas

O método de teste sem estacas, elimina a necessidade de desligar condutores nas varetas de terra paralelas ou no terminal amovível e também elimina a necessidade de encontrar locais adequados para colocar estacas de terra auxiliares. Isto poupa tempo e permite que utilizadores como electricistas industriais e de serviços públicos, bem como electricistas de assistência no terreno e fornecedores, realizem testes de resistência de loop de terra em locais onde não é possível recorrer a outras técnicas, incluindo no interior de edifícios ou em postes de electricidade. Com o método de teste sem estacas, deixa de ser necessário usar estacas de terra.

Os aparelhos de medida, como pinça amperimétrica de terra Fluke 1630 são colocados à volta da vareta de terra ou do cabo de ligação. Um dos lados da pinça induz uma determinada tensão e a corrente é medida pelo outro lado da pinça. O equipamento de teste determina automaticamente a resistência de loop de terra nesse ponto de ligação à massa.

MEDIDAS DE GRANDEZAS NÃO ELÉCTRICAS EM AVAC

Pela sua natureza os equipamentos de AVAC controlam grandezas ambientais que não são de natureza eléctrica como a temperatura, a humidade, a pressão, os caudais de ar em condutas e ainda as concentrações de determinadas substâncias (em geral poluentes, como dióxido de carbono, monóxido de carbono e outras). Essas grandezas são medidas através de sensores que produzem sinais eléctricos proporcionais ao valor da grandeza a medir, quer para serem apresentados directamente em mostradores (normalmente digitais), quer para serem analisados pelos sistemas de controlo que a partir deles determinam as correcções e ajustes a efectuar pelo sistema de AVAC
































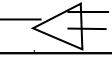


Assim temos:

- **Termómetros** - Medem a temperatura
- **Higrómetros** – Medem o nível de humidade
- **Manómetros** – Medem a pressão ou o diferencial de pressão
- **Caudalímetros** – Medem o caudal circulante em condutas dos sistemas de ventilação ou exaustão
- **Medidores de concentração de gases** – Normalmente são específicos para cada substância a verificar . As substâncias cuja concentração é mais habitual verificar são o CO (em garagens), o CO2 em zonas habitacionais, presença de gases combustíveis e outros.
- **Medidores de opacidade** - Medem a presença de fumos por exemplo



CAPÍTULO 2 – SIMBOLOGIA

GRANDEZAS, SÍMBOLOS E UNIDADES			
<i>Designação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Descritivo</i>	<i>Unidade (S.I.)</i>
Capacidade	C	Carga eléctrica armazenada por um condutor por unid. de tensão	Farad F
Corrente	I	Quantidade de electricidade que passa no condutor por unidade de tempo	Ampere A
Impedância	Z	Relação entre tensão e corrente	Ohm Ω
Tensão (d.d.p.)	U (V)	Diferença eléctrica entre dois condutores capaz de fazer circular corrente	Volt V
Frequência	F	Número de vezes que a corrente ou tensão repete o seu ciclo por unid. tempo	Hertz Hz
Potência Activa	P	Trabalho ou energia que pode ser produzido por uma corrente eléctrica	Watt W
Potência Reactiva	Q	Potência que surge num circuito quando existem bobinas e condensadores.	Volt-Ampere Reactivo VAR
Potência Aparente	S	Produto da corrente pela tensão	Volt-Ampere VA
Resistência	R	Propriedade de um condutor se opor à passagem da corrente eléctrica	Ohm Ω
Indutância	L	Inércia de um circuito à variação de corrente que o atravessa devido a f.e.m. induzida	Henry H
Carga Eléctrica	Q	Estado eléctrico que produz um campo na sua vizinhança	Coulomb C














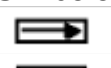














Simbologia Eléctrica Geral			
	Corrente alternada		Comutador de Lustre
	Corrente Contínua		Comutador de Escada
	Terra (Símbolo Geral)		Comutador de escada duplo
	Transformador		Inversor
	Interruptor ou contacto ao fecho		Botão de pressão
	Contacto à abertura		Fusível
	Botão de pressão		Pára-Raios
	Disjuntor		Lâmpada
	Seccionador		Campainha
	Bobina de comando de um relé		Quadro eléctrico
	Interruptor diferencial		Caixa de derivação
	Disjuntor diferencial		Armadura fluorescente com uma lâmpada
	Telerruptor		Equipamento da classe II de isolamento
	Contacto		Transformador de segurança
	Interruptor		Aparelho de corte de entrada
	Tomada monofásica		Tomada de telefone
	Tomada monofásica com terra		Tomada de TV












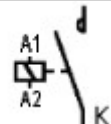



SIMBOLOGIA GERAL AVAC





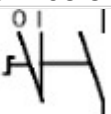



















SIMBOLO	DESCRIÇÃO	SIMBOLO	DESCRIÇÃO
	Colector Solar (Painel)		Caldeira com Queimador a Ar insuflado [1]
	Caldeira com Queimador Atmosférico [1]		Máquina Frigorífica - "Chiller"
	Máquina Frigorífica de Absorção - "Chiller de Absorção"		Bomba de Calor - Água-Água [DIN 2481] - [1]
	Radiador [1]		Convector [2]
	Ventilo-Convector [2]		Aerotermo (unidade local de aquecimento do ar) [2]
	Pavimento Radiante [2]		Permutador de Calor a Água [DIN 2481] - [1]
	Deposito de Acumulação de Água [1]		Deposito de Produção de Água Quente com Resistência Eléctrica
	Deposito de Produção de Água com Permutador		Resistência de Aquecimento [DIN 2481] - [1]
	Bateria de Aquecimento a Água quente [DIN 1946] - [1]		Bateria de Arrefecimento a Água Refrigerada [DIN 1946] - [1]









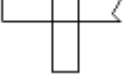

Simbologia Eléctrica usada nas instalações residenciais

Designação	Símbolo
Canalização em rodapé técnico ou calha de pavimento ou caminho de cabos no tecto	
Canalização em abraçadeiras à vista ou no tecto falso à vista	
Canalização em caminho de cabos no pavimento	
Canalização embebida em tectos e paredes	
Canalização embebida no pavimento	
Canalização em abraçadeiras à vista no chão falso	
Canalização enterrada	
Caixa de derivação	
Caixa de passagem	
Designação	Símbolo
Caixa de passagem simples	
Caixa de aparelhagem funda	
Caixa intercomunicação/Vídeo	
Barra colectora de terras	
Eléctrodo de terra	
Ligador (terminal) amovível de terra PE para medida	
Interruptor	
Comutador de lustre	
Comutador de escada	
Pera comutadora	
Designação	Símbolo
Comutador de escada duplo	
Inversor de grupo	
Interruptor de cordão	
Botão de pressão luminoso	
Botão de pressão	
Micro-interruptor	

Spot de iluminação	
Spot de iluminação	
Projector	
Olho de boi	
Designação	Símbolo
Ponto de luz no tecto	
Ponto de luz em applique	
Armadura fluorescente com uma lâmpada	
Armadura fluorescente com duas lâmpada	
Kit de emergência	
Detector de movimento	
Célula fotoelétrica	
Bloco autónomo	
Sinalizador fax	
Letreiro de sinalização de saída	
Designação	Símbolo
Letreiro de sinalização de saída	
Letreiro de sinalização de saída de emergência	
Tomada monofásica 2P	
Tomada monofásica 2P+T	
Tomada monofásica 3P+T	
Tomada monofásica 2P+N+T	
Bloco de tomadas	
Tomada em pedestal rasante	
Caixa de pavimento falso equipada	
Caixa de calha de pavimento	
Designação	Símbolo
Caixa de calha de pavimento equipada	
Lanterna	
Ponto de alimentação	
Relógio calendário	

Tomada TV	
Quadro eléctrico	
Q. E. não pertence à empreitada	
Contador de energia	
Portinhola	
Designação	Símbolo
Interruptor	
Disjuntor	
Interruptor Diferencial	
Disjuntor Diferencial	
Interruptor com bobine	
Disjuntor com bobine	
Contactador	
Designação	Símbolo
Telerruptor	
Contacto normalmente aberto	
Contacto normalmente fechado	

Botão de pressão normalmente aberto	
Botão de pressão normalmente fechado	
Fim de curso	
Contactos auxiliares OF	
Designação	Símbolo
Comutador	
Terminal de ligação	
Relé Térmico	
Relé Electromagnético	
Fusível APC	
Sinalizador	
Transformador	
Aparelho de corte entrada	
Interruptor crepuscular	
Interruptor horário com três canais	
Designação	Símbolo
Relé de falha e desequilíbrio de fases	
Coup de Poing (Botão de paragem de emergência)	
Sirene ou Claxon	
Comutador de voltímetro	
Voltímetro	
Amperímetro	
Frequencímetro	
Termostato	
Caminho de cabos	
Caminho de cabos vertical	

Designação	Símbolo
Botoneira porteiro eléctrico	
Botoneira porteiro de vídeo	
Monitor de vídeo	
Trinco eléctrico	
Telefone porteiro	
Tranca eléctrica	
Leitor de cartões	
Rodapé técnico	
Calha de pavimento	
Telecâmara	

Potência estipulada máxima dos motores alimentados directamente por uma rede de distribuição (pública) (em kW)

Tipo de Local	Tipo De rede	Motores monofásicos 230 V	Motores trifásicos 400 V	
			Arranque directo à plena carga	Outros modos de arranque
habitação	qualquer	1,4	5,5	11
outros locais	aérea	3	11	22
	subterrânea	5,5	22	45



Fonte RTIEBT (comentadas)

236.7 - Nível de isolamento de uma instalação.

Tensão suportável à frequência industrial do elemento mais fraco de uma instalação.

237 - Classificação dos equipamentos relativamente à protecção contra os choques eléctricos.

237.1 - Equipamento da classe 0.

Equipamento em que a protecção contra os choques eléctricos é garantida, apenas, pelo isolamento principal. Para os equipamentos da classe 0 não é prevista qualquer medida para a ligação das eventuais partes condutoras acessíveis a um condutor de protecção que faça parte das canalizações fixas da instalação. A protecção, em caso de defeito do isolamento principal, é garantida pelas características do local onde o equipamento se encontrar instalado.

237.2 - Equipamento da classe I.

Equipamento em que a protecção contra os choques eléctricos não é garantida, apenas, pelo isolamento principal. Para os equipamentos da classe I é prevista uma medida de segurança complementar, por meio da ligação das partes condutoras acessíveis a um condutor de protecção ligado à terra e que faça parte das canalizações fixas, por forma a que as partes condutoras acessíveis não possam tornar-se perigosas em caso de defeito do isolamento principal.

237.3 - Equipamento da classe II.

Equipamento em que a protecção contra os choques eléctricos não é garantida, apenas, pelo isolamento principal. Para os equipamentos da classe II são previstas medidas complementares de segurança, tais como o duplo isolamento ou o isolamento reforçado.

Estas medidas não incluem meios de ligação à terra de protecção e não dependem das condições de instalação.

237.4 - Equipamento da classe III.

Equipamento em que a protecção contra os choques eléctricos é garantida por meio de uma alimentação à tensão reduzida de segurança (TRS) ou à tensão reduzida de protecção (TRP) e no qual não são originadas tensões superiores às do limite do domínio I.

CAPÍTULO 3 – CABOS ELÉCTRICOS EM AVAC

1. Introdução

A utilização da electricidade pressupõe a existência de canais de ligação entre uma fonte de energia eléctrica e os aparelhos de utilização. Esses canais constituem as canalizações eléctricas e são uma parte fundamental das instalações eléctricas, concorrendo de forma relevante para a qualidade e segurança da distribuição de electricidade.

Os condutores isolados e os cabos são constituintes relevantes das canalizações, assumindo uma diversidade significativa para responder às inúmeras situações de estabelecimento e de utilização.

2. Definições

Canalizações eléctricas são os conjuntos constituídos por um ou mais condutores eléctricos e pelos elementos que garantem a sua fixação e, em regra, a sua protecção mecânica.

Condutores isolados são os conjuntos constituídos pela alma, pelo invólucro isolante e pelos eventuais ecrãs (blindagens).

Cabos são os conjuntos constituídos por um ou mais condutores isolados, o seu eventual revestimento individual, os eventuais revestimentos de protecção e eventualmente um ou mais condutores não isolados.

3. Constituição geral

3.1 Almas condutoras

Os metais constituintes são geralmente o cobre ou o alumínio, este com maior resistividade.

As almas podem ser constituídas por um só fio (maciças), situação habitual para as secções mais baixas (até 4 mm²) ou por vários fios cableados (multifilares). As almas multifilares podem ser realizadas com diversos graus de flexibilidade.

As secções das almas são geralmente circulares (dispostas em camadas concêntricas) ou sectoriais (dispostas em sectores).

3.2 invólucro isolante

A natureza e a espessura deste invólucro determinam:

- as qualidades dieléctricas e o limite da tensão estipulada de serviço;
- a resistência à combustão e à propagação da chama;
- o comportamento contra a corrosão (óleos, ácidos e seus vapores).

EXEMPLO



3.3 Bainhas

Podem ser do tipo isolante (constituídas por materiais do mesmo tipo dos invólucros, neste caso

reforçando o isolamento principal do condutor ou do cabo) ou metálico (em fitas de alumínio, chumbo ou aço, com a função de protecção mecânica).

As bainhas interiores asseguram a estanquidade dos cabos. Para Protecção específica contra roedores, micro-organismos e térmitas poderão ser previstas bainhas exteriores com características adequadas.

3.4 Ecrãs

São geralmente de cobre (nu ou estanhado) ou de alumínio, revestindo a forma de fitas, malhas ou tranças.

3.5 Bainha de protecção mecânica

1 – Alma condutora

2 – Isolamento (invólucro isolante)

3 – Bainha interior

4 – Fios de continuidade

5 – Ecrã (blindagem)

6 – Bainha exterior

4 - Tipos de cabos quanto à sua aplicação em AVAC

- Cabos de potência
- Cabos de comando
- Cabos de sinalização e alarme
- Cabos de dados
- Cabos ignífugos (que garantam a sua integridade em caso de de fogo por um período determinado – ex. - 180m e garantam a integridade de um sub-sistema – ex. Desenfumagem – por um período determinado – ex. 90m.)

Segundo as RIEBT as instalações eléctricas em locais recebendo público com riscos especiais de incêndio e necessidades especiais de evacuação classificados como zonas de requisitos de alta segurança (*ver anexos – RTIEBT - Classificação dos locais*):

- locais classificados como BE2 ou BE3 (com riscos de incêndio e de explosão respectivamente),
- locais em que a evacuação de pessoas em caso de emergência seja longa (BD2), atravancada (BD3) ou longa e atravancada (BD4).

não só os cabos mas também caixas de derivação, tubos, caminhos de cabos e restante infra-estrutura associada devem ser isentos de halogéneos (ZH) e de baixa produção de fumos e estes devem ser de baixa opacidade e toxicidade (LS). Além disso os cabos devem ser retardantes da chama (Frt), resistentes ao fogo (Frs):

- nos locais classificados de BE2 os cabos além de terem de ser LSZH devem ser Frt,
- nos locais classificados de BE3 além de terem de ser LSZH devem ser Frt
- no caso dos sistemas críticos como os de suporte ao combate a incêndio (sistemas de desenfumagem) ou à evacuação (iluminação de emergência por exemplo) as infraestruturas eléctricas (incluindo cabos e infraestrutura associada devem) manter a integridade em caso de incêndio (FE 180 m) e garantir a funcionalidade dos sistemas em que estão inseridos por um período mínimo determinado (E90 m).

4.1 - CABOS DE POTÊNCIA

Os condutores de potência destinam-se a alimentar motores e actuadores electromecânicos à tensão nominal da rede de BT e ligados directamente à RESP segundo as RTIEBT os condutores têm a sua secção mínima definida conforme as funções dos circuitos, e o comprimentos e a carga dos mesmos.

Assim para os circuitos de força motriz recomenda-se a secção mínima 2,5mm² e para os circuitos de alimentação de actuadores electromecânicos recomenda-se a secção mínima de 2,5mm²

Em AVAC as normas técnicas impõem o uso de cabos isentos de halogéneos e de baixa opacidade de fumos (LSZH), resistentes ao fogo do tipo frt (*fire retardant*) ou frs (*fire resistant*), pois normalmente os sistemas de AVAC, destinam-se a locais que recebem público e onde pode haver riscos elevados de incêndio e necessidade de evacuação de pessoas. Além disso no caso do sub-sistema de desenfumagem (ou por exemplo da exaustão de zonas de restauração) têm de ser usados cabos ignífugos de elevado tempo de resistência própria ao fogo **frs** (típico 180 minutos) e ainda garantirem o funcionamento dos sistemas em que estão inseridos por 30, 60 ou 90 minutos.

Os critérios para a escolha da secção do cabo são a corrente nominal do consumidor que deve ser menor do que a máxima corrente do cabo e deve ser respeitada a queda de tensão máxima para o circuito (depende do comprimento do cabo)

Assim para cabos de potência (alimentação de motores e actuadores electromecânicos), escolhem-se cabos do tipo LSZH (low smoke ; zero halogen) **frs** (fire resistant) de secção adequada ao consumo dos equipamentos.

Se for um cabo da Cabelte pode usar-se do tipo XZ1-FRS. Se for da Nexans ou TopCable pode ser H07Z1-K (AS) Se for um cabo da Dawyler Cables, pode ser o N2XH. Ou ainda pode ser do tipo

H1XG-U ou se for usado na desenfumagem deve ser ignífugo **firs** do tipo NHXH (ou NHXCH) – FE180/E90

Exemplos:

Para alimentar um motor de ventilador monofásico de 1,1kVA cujo consumo é $1100/230=4,78A$ usa-se um cabo com a secção de 2,5mm² com terra do tipo H1XG-U3G2,5

Para alimentar um Chiller trifásico de 28 kVA com neutro cujo consumo é $28000/(3 \times 230)=40,6A$ usa-se um cabo com a secção de 16mm² H1XG-U5G16

Para alimentar um ventilador do sistema de desenfumagem com 3,45 kVA trifásico cujo consumo é $3450/E90$

4G2,5mm² suporta 180 min ao fogo e garante a integridade do sistema em que está inserido durante 90 min

4.2– Cabos de comando

Consideram-se cabos de comando os cabos eléctricos mono ou multi-condutores, do sistema de AVAC, destinados a conduzir sinais de pequena potência, em tensão reduzida CC ou CA inferior a 48V (usualmente 24V) para comando directo ou por intermédio de relés locais, dos equipamentos de comando de motores, actuadores electromecânicos e outra aparelhagem de controlo electrónica ou não.

As secções dos condutores destes circuitos obedecem às RTIEBT tendo como mínimos os valores no quadro 52J que se pode consultar na secção ANEXOS deste manual

4.3 - Cabos de sinalização medida e alarme

Consideram-se cabos de sinalização e alarme os cabos eléctricos mono ou multi-condutores (normalmente multi-condutores), do sistema de AVAC, destinados a conduzir sinais de muito baixa potência, em tensão reduzida CC ou CA inferior a 48V (usualmente 24V) para sinalização remota (longe da origem do sinal em geral em quadros específicos) dos estados LIGADO DESLIGADO de subsistemas equipamentos ou órgãos ou das saídas de sensores de medida de tensão, corrente, temperatura, pressão e outros.

As secções dos condutores destes circuitos obedecem às RTIEBT tendo como mínimos os valores no quadro 52J atrás referido



4.4 – Cabos de transmissão de dados

Consideram-se cabos de transmissão de dados os cabos eléctricos multi-condutores, destinados a conduzir sinais digitais de comunicação entre equipamentos de controlo digital do sistema de AVAC. Esses cabos são específicos dos protocolos usados por exemplo: RS232; RS485/422, Ethernet ou outros; regra geral são de pares trançados. Para altos débitos Ethernet usam os cabos blindados (com malha exterior) Para baixos débitos RS 485/422 podem usar-se cabos sem blindagem

Os cabos UTP (Ethernet) podem ser de categoria 5E (usos comuns/redes Gigabit) ou categoria 6 (redes Gigabit) ou especiais Categoria 7. Em AVAC recomendam-se cabos Cat 5 Plus ou Cat 6 Plus isentos de halogéneos (isolamentos e bainha de poliolefina). Estes cabos reconhecem-se pela cor violeta ou azul e pelas referências Cat 6 UTP-HF1 ou Cat 6 UTP – HF3 distintos apenas pela sua certificação de resistência ao fogo.



Part Number	C6F/UTP	C6F/UTP-HF1	C6F/UTP-HF3
Outer Sheath	PVC	LSZH	LSZH
Construction	Simplex	Simplex	Simplex
Cable Weight (nom)	51.1 kg/km	53.8 kg/km	58.4 kg/km
Calorific Value	0.22 k Wh/m	0.20 k Wh/m	0.21 k Wh/m
Outer Diameter (nom)	7.15mm	7.15mm	7.25mm
Sheath Colour	Grey RAL 7037	Violet RAL 4005	Blue RAL 5015
Fire Safety Rating	IEC 60332 Part 1	IEC 60332 Part 1	IEC 60332 Part 3c
Acid Gas Emissions	na	IEC 60754-1	IEC 60754-1
Smoke Index	na	IEC 61034	IEC 61034
Packaging	WRL	WRL	WRL
Packaging	RLX	-	RLX

Cabos ignífugos

Introdução fundamentos e conceitos

Nas últimas décadas, vários incêndios de grandes proporções, que resultaram em elevadas perdas de vidas humanas e materiais, colocaram a necessidade de definir um conjunto de regras e práticas relativas à segurança de pessoas e bens nos edifícios.

Verifica-se hoje, uma tomada de consciência generalizada, quer por parte dos projectistas, donos de obra e até utilizadores, para a necessidade de aumentar os níveis de segurança de pessoas e bens no que diz respeito à prevenção de acidentes, nomeadamente incêndios. Temos assistido a inegáveis progressos, não só através da utilização de melhores sistemas de vigilância e segurança, como também, através da construção de melhores infraestruturas, com produtos mais adequados. Dentro deste espírito, procura-se assegurar que os equipamentos colocados nos edifícios reduzam, tanto quanto possível, o risco de incêndio e não contribuam para alimentar o mesmo, uma vez iniciado. Os cabos assumem grande importância no conjunto de todo o equipamento, pois estão presentes em todos os imóveis, e sobretudo em edifícios modernos, a cablagem, além de elevada, percorre e interliga todas as áreas, quer ao nível vertical, quer ao nível horizontal, através das colunas montantes, tectos falsos, pisos técnicos, armários, etc...

A nova geração de cabos, criada para proporcionar um maior nível de segurança numa situação de incêndio, além de cumprir com os requisitos e funções dos cabos convencionais, distingue-se daqueles pelo seu comportamento ao fogo, em quatro vertentes:

- Gases e fumos libertados durante a sua combustão
- Propagação do fogo
- Resistência ao fogo
- Garantia da integridade da função do sistema em presença do fogo

O objectivo deste documento é informar das propriedades e condições limite dos cabos eléctricos de energia ignífugos ou de alta segurança, por forma a maximizar as suas propriedades e proporcionar uma adequada utilização.

Requisitos fundamentais de segurança

A segurança de um cabo traduz-se no facto de não apresentar risco de perigo para a vida ou bens, enquanto utilizado adequadamente. Salvo especificações em contrário, estes cabos só devem ser utilizados com o objectivo de transmissão e distribuição de electricidade.

Os métodos de ensaio, parâmetros de ensaio e requisitos aqui indicados, são estabelecidos com base em normas europeias e internacionais e têm como finalidade a verificação da planificação no que diz respeito à segurança e garantia de qualidade.

Requisitos gerais

Todos os cabos aqui representados são de tensão estipulada 0,6/1kV, para utilização em instalações fixas, em tubos, caleiras, condutas, de natureza ignífuga, sobre tectos falsos ou sob pisos técnicos, de preferência não misturados com os cabos convencionais. Todos os cabos devem ser seleccionados de forma a que sejam compatíveis com as tensões e correntes possíveis de ocorrer em todas as condições que são, ou deveriam ser, previstas no equipamento ou instalações eléctricas.

Os cabos devem ser instalados, protegidos, utilizados e preservados de forma a responderem aos requisitos funcionais e de segurança estabelecidos.



4.5.1 - GASES E FUMOS LIBERTADOS DURANTE A SUA COMBUSTÃO

4.5.1.1. Baixa opacidade dos fumos libertados – low smoke – (ls)

São cabos que, em situações de incêndio e em contacto directo com o fogo, libertam fumos de baixa opacidade e que, por não retirarem visibilidade, permitem realizar as saídas de emergência, operações de busca e salvamento, além de facilitarem os trabalhos de extinção do próprio incêndio.

Nos cabos convencionais, é normal obter taxas de opacidade dos fumos superiores a 85%, de acordo com as normas de referência. Classifica-se um cabo como sendo “(ls)” se, após a realização do ensaio, a transmitância luminosa mínima obtida for igual ou superior a 60%, ou seja, taxa de opacidade dos fumos libertados não superior a 40%.

São normas de referência para verificar esta característica: CEI 61034-2 e EN 50268-2.

4.5.1.2. Baixa toxicidade dos gases libertados – low toxicity – (lt)

São cabos que, em situações de incêndio e em contacto directo com o fogo, libertam gases considerados de baixa toxicidade, que não contêm halogéneos. Os teores médios de monóxido e dióxido de carbono, altamente tóxicos, e de ácido clorídrico presentes nos gases libertados pelos cabos convencionais são de 30%, de acordo com a norma EN 50267-2-1. Classifica-se um cabo como sendo “(lt)”, quando, de acordo com a mesma norma, o teor de gases tóxicos presente nos fumos libertados, não ultrapassa 0,5%.

4.5.1.3. Baixa corrosibilidade e condutividade dos gases libertados – low acid – (la)

São cabos que, em situações de incêndio e em contacto directo com o fogo, libertam gases considerados não corrosivos e de baixa condutividade. Os gases e fumos libertados pelos cabos convencionais são prejudiciais aos equipamentos podendo danificá-los, mesmo quando estes não são atingidos directamente pelo fogo.

Os gases sendo corrosivos atacam quimicamente os metais, e ao infiltrarem-se, sobretudo nos equipamentos electrónicos, ocasionam camadas finas de depósitos condutores, por exemplo, sobre placas de circuito impresso, que os danificam.

De acordo com as normas de referência, a acidez dos fumos libertados nos cabos classificados como “(la)”, traduz-se por um pH $\geq 4,3$, enquanto que nos cabos convencionais e em termos médios a acidez dos gases libertados traduz-se por um pH ≤ 2 . Ainda de acordo com a mesma norma, a condutividade máxima dos gases nos cabos classificados como “(la)”, é de 10 $\mu\text{S}/\text{mm}$, enquanto que a de um cabo convencional é superior a 100 $\mu\text{S}/\text{mm}$.

São normas de referência para verificar esta característica: EN 50267-2-3, CEI 60754-2.

4.5.1.4. Isentos de halogéneos – zero halogen – (zh)

Estão classificados como cabos “(zh)” todos os cabos que em situação de incêndio, e em contacto directo com o fogo, libertam fumos pouco opacos “(ls)”, gases de baixa toxicidade “(lt)” e não corrosivos “(la)”.

4.5.2 - PROPAGAÇÃO DO FOGO

4.5.2.1 Retardante à Chama designados pela sigla **frt**

São cabos que, quando isolados e em contacto directo com uma chama, limitam a possibilidade de actuarem como elementos de propagação, extinguindo-se a chama após eliminado o foco de incêndio. Esta característica é comum a praticamente todos os cabos convencionais.

São normas de referência: EN 50265-2-1 e CEI 60332-1.

4.5.2.2 Retardante ao Fogo designados pela sigla **frs**

São cabos que, em situações de incêndio e em contacto directo com o fogo, limitam a possibilidade de actuarem como elemento de propagação, quando colocados na vertical e em feixe, situação mais exigente e mais próxima do real, como é o caso das colunas montantes e das “corettes” técnicas de passagem de cabos entre pisos.

São normas de referência: EN 50266 e CEI 60332-3.

4.5.3. RESISTÊNCIA AO FOGO

São designados habitualmente por cabos ignífugos tipo **firs**.

São cabos que, em situações de incêndio e em contacto directo com o fogo, se mantêm em serviço para alimentar sistemas eléctricos considerados prioritários, durante mais de 90 minutos.

Na sua nomenclatura usa-se FE (Fire Extinguish) seguida dos minutos Exm FE180 adicionalmente usa-se E (garantia da integridade da função) seguida dos minutos Exm: E90

São normas de referência: CEI 60331-11 e CEI 60331-21.

4.6 - SELECÇÃO DE CABOS

Tal como nos cabos convencionais, a escolha do tipo de cabo a utilizar numa determinada instalação, deve ser feita no total cumprimento das normas, directivas e regulamentos de segurança vigentes.



TUTORIAL DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS DE AVAC

Além do total cumprimento das RTIEBT e da Directiva de Baixa Tensão (LVD), existe um conjunto de normas europeias e internacionais de requisitos e ensaios que nos ajudam a enquadrar o tipo de cabo, consoante o comportamento pretendido.

Nomenclatura, designação, simbologia e normas

Característica	Comportamento	Simbologia	Norma a satisfazer (1)
Propagação da chama	Retardante à chama	Nenhum símbolo (2)	EN 60332-1
Propagação do fogo	Retardante ao fogo	(frt) (fire retardant)	IEC 60332-3
Resistência ao fogo	Resistente ao fogo	(frs) (fire resistant) (3)	IEC 60331-11
Opacidade de fumos	Baixa opacidade dos fumos libertados	(ls) (low smoke)	IEC 61034
Corrosividade	Baixa corrosividade dos fumos libertados	(la) (low acid)	EN 50267, IEC 60754
Toxicidade	Baixa toxicidade dos fumos libertados	(lt) (low toxicity)	

Isento de halógenos	(zh) (zero halogen)	IEC 61034, EN 50267, IEC 60754
---------------------	---------------------	--------------------------------

Nota:

Considera-se que um cabo zh é por natureza também la, ls e lt.

(1) - Ou norma equivalente.

(2) - A não utilização da sigla não é suficiente para se classificar o cabo como retardante da chama.

(3) - Um cabo frs é habitualmente também frt, podendo-se por isso omitir a sigla frt.

Cabos *firs* FE180/E90 – são cabos que mantêm a sua integridade em presença do fogo por 180m e garantem a função dos sistemas em que estão inseridos por 90 m

Seleção de cabos - Quadro resumo

Comportamento		Baixa opacidade	Baixa toxicidade	Baixa Corrosivid.	Retardante Chama	Retardante Fogo	Resistente Fogo	RTIEBT D.L. 226/05
Simbologia (NP 665)		(ls)	(lt)	(la)	-	(frt)	(frs)	Comport. ao FOGO Códigos aplicáveis quanto às influências externas Axx - Ambientes Bxx - Utilizações Cxx - Construção
Normas	CEI	CEI 61034 Parte 1/2	CEI 60754 (em estudo)	CEI 60754 Parte 2	CEI 60332 Parte 1	CEI 60332 Parte 3*	CEI 60331 Parte 11/21	
	EN	EN 61034 Parte 1/2	EN 50267 (em estudo)	EN 50267 Parte 2-3	EN 60332 Parte 1	EN 50266 Parte 1*	-	
Cabos	VV / VAV	-	-	-	✓	-	-	AA6,BD1,BE1,CA2,CB1
	XV / XAV	-	-	-	✓	-	-	AA6,BD1,BE1,CA2,CB1
	VV/VAV(frt)	-	-	-	✓	✓	-	AA6,BD1,BE1,CA2,CB1
	XV/XAV(frt)	-	-	-	✓	✓	-	AA6,BD1,BE1,CA2,CB1
	XHZ1 (zh,frt)	✓	✓	✓	✓	✓	-	AA6,BD4,BE2,CA2,CB2
	XZ1 (zh,frt)	✓	✓	✓	✓	✓	-	AA6,BD4,BE2,CA2,CB2
	XAZ1 (zh,frt)	✓	✓	✓	✓	✓	-	AA6,BD4,BE3,CA2,CB2
	XHZ1 (zh,frs)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	AA6,BD4 ^{IS} ,BE2,CA2,CB2
	XZ1 (zh,frs)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	AA6,BD4 ^{IS} ,BE2,CA2,CB2
	XAZ1 (zh,frs)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	AA6,BD4 ^{IS} ,BE3,CA2,CB2

Legenda: *-Necessário definir categoria ; frt -"fire retardant" ; frs -"fire resistant" ; ✓ - Satisfaz ; ^{IS} -Instal. Segurança

Cabos de comando

Os cabos de comando são multi-condutores e muitas vezes de par trançado e podem ser usados para comandos analógicos ou comandos digitais . Também devem ser isentos de halógenos (ZH) e pouco produtores de fumos e estes de baixa opacidade (LS). Os cabos para comandos digitais em geral são blindados. To-



dos os cabos de comando devem ser resistentes ao fogo e devem ter obrigatoriamente baixa emissão de fumos e estes devem ser de baixa opacidade.

Os seus condutores são numerados excepto o condutor PE (protecção que normalmente tem as cores verde amarelo)

Devem ser equivalentes aos do tipo ÖLFLEX 110H ou ÖLFLEX110CH (do fabricante LAPP CABEL) para AVAC, em geral excepto para os sistemas de desenfumagem que devem ser tipo ignífugo **firs** FE180 / E90

ÖLFLEX 110 H sem blindagem



ÖLFLEX 110 H com blindagem



Aplicação

A área de aplicação dos cabos de controlo ÖLFLEX[®] 110 H, isento de halogéneo, engloba todas as instalações eléctricas em locais secos e húmidos, especialmente em ambientes industriais, mas não no exterior. O

cabo de controlo ÖLFLEX[®] 110 H é apropriado para ser utilizado como cabo de medição, de controlo e de comando em máquinas, ferramentas eléctricas, construção de instalações industriais, centrais eléctricas, tecnologia de aquecimento e climatização, instalações de refrigeração, máquinas de escritório e instalações de processamento de dados. São aplicados em todas as áreas em que exista perigo de incêndio e instalações em que se concentrem um elevado número de pessoas ou elevados valores materiais. São compatíveis inclusive com o meio ambiente visto que, em caso de incêndio é libertada apenas uma corrosibilidade muito fraca nos gases de combustão (VDE 0472, parte 813) e devido à ausência de materiais halogenados (segundo VDE 0472, parte 815), se evita a formação de gases tóxicos, dioxinas e furanos. Protegem-se, assim, vidas humanas e o meio ambiente, além de se evitarem enormes danos materiais em edifícios e instalações, devido à formação de ácidos resultantes da combustão. Os cabos de controlo e condutores isentos de halogéneo, foram concebidos para a aplicação na área de construção de equipamentos, de máquinas e de instalações industriais.

Cabos de sinalização de alarme e transmissão de dados

Os cabos de sinalização e alarme são multi-condutores, também devem ser isentos de halogéneos e devem cumprir as normas de resistência ao fogo, de baixa emissão de fumos e baixa opacidade dos mesmos. Nos casos de uso em sistemas de desenfumagem têm de ser resistentes ao fogo do tipo **firs** FE180/E90. Devem ser do tipo LIHCH



Nota de Aplicação: Cabo adequado para áreas com uma alta densidade de pessoas ex. prédios públicos ou sistema de transporte, assim como propriedade de alto valor que deva ser protegida em caso de incêndio.

Composição do Cabo: condutor de cobre trançado nu, isolamento das veias e revestimento externo livre de halogéneo, código de cor de acordo com a norma DIN 47100, trança de fio de cobre estanhado, retardante de chama de acordo com IEC 60332- 1, cinza quartzo (RAL 7032)

Os cabos de transmissão de dados usados em AVAC podem ser para os protocolos série RS485/422, muito usados para comunicações entre controladores e entre estes e GTC (Gestão Técnica Centralizada) ou cabos compatíveis com o protocolo Ethernet (cabos UTP). Devem ser isentos de halogéneos e devem cumprir as normas de resistência ao fogo, de baixa emissão de fumos e baixa opacidade dos mesmos. Nos casos de uso em sistemas de desenfumagem têm de ser resistentes ao fogo do tipo **firs** FE180/E90. Devem ser do tipo LIHCH TP (twisted pair - par trançado)





Cabos ignífugos

Devem ser usados sempre que se deva garantir a integridade dos cabos e do sistema AVAC (exm: desenfumagem, exaustão etc) em caso de incêndio, tanto nos sub-sistemas de potência como nos de comando sinalização alarme ou comunicações.



CAPÍTULO 4 - QUADROS EM AVAC

Os quadros em AVAC são feitos para acomodar os equipamentos e ligações de circuitos respeitantes de uma determinada função ou de várias funções. Assim temos:

Potência

Neste quadro concentram-se os circuitos de potência, as suas protecções, os equipamentos de seccionamento e corte e algumas sinalizações e os contactores de comando de potência, equipamentos de análise da energia com ou sem contador.

Nota : Segundo as normas aplicáveis ao AVAC sempre que um equipamento tem uma potência $\geq 5\text{kW}$ no seu circuito de alimentação no quadro deve ser instalado um contador de energia

Comando

Neste quadro concentram-se os comandos centralizados de equipamentos consumidores e em alguns casos mesmo os contactores de comando.

Controlo

Neste quadro concentram-se os controladores centralizados e os sistemas de comunicação com a gestão técnica centralizada

Sinalização e alarme

Neste quadro concentram-se os circuitos de sensores e alarmes e sinalizadores centralizados e os sistemas de comunicação com a gestão técnica centralizada

Muitas vezes nas grandes instalações de AVAC os quadros anteriores são contíguos e interligados mecânica e electricamente constituindo uma só estrutura aparente.

Quadros de equipamento

Este quadro, quando existe, está localizado fisicamente junto aos equipamentos. Aí ficam instalados os equipamentos de corte local, equipamentos de protecção local externos às máquinas e ainda dispositivos de comando e alarme locais

CLASSE DE ISOLAMENTO – PROTECÇÃO CONTRA O CHOQUE ELÉCTRICO

- A Classe de Isolamento é a classificação de um equipamento quanto ao modo como é feita a protecção contra o choque eléctrico
- Classe I – equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico não depende unicamente do isolamento principal, mas inclui uma protecção adicional, em que todas as partes condutoras acessíveis estão ligadas ao circuito de terra de protecção
- Classe II – equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico não depende unicamente do isolamento principal, mas inclui uma protecção adicional, como a existência de isolamento duplo ou de isolamento reforçado
- Classe III – equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico depende da alimentação a partir de uma tensão reduzida de segurança (“safety extra-low voltage” - SELV 50V AC 25 V CC) e no qual não são geradas tensões maiores que SELV

TENSÃO REDUZIDA DE SEGURANÇA

- 50 V, quando não há massas susceptíveis de serem empunhadas;
- 25 V, se houver massas susceptíveis de serem empunhadas ou aparelhos portáteis com massas acessíveis.

CLASSES DE ISOLAMENTO DOS QUADROS DE AVAC

Todos os equipamentos ligados directamente à rede (incluindo os quadros eléctricos de entrada) devem ser da classe II de isolamento ou equivalente, satisfazendo às condições indicadas nas secções 803.2.2 e 413.2 do RTIEBT. (ex: Portinhola, caixa contador, armários BTE e quadro geral de entrada das Habitações, Serviços Comuns, Q. Estabelecimentos, Q AVAC, etc...)

Classe 2 de isolamento significa que devem ser isoladores todos os seus elementos estruturais (paredes, portas, divisórias, espelhos, etc., isto é não podem ter partes metálicas acessíveis externas nem partes internas condutoras em que seja provável o contacto). Em alternativa quando tenham estrutura metálica todos os equipamentos nele localizados incluindo os equipamentos de corte e protecção têm de ser instalados sobre isoladores e garantir eles mesmos a classe II de isolamento e além disso o interruptor de corte geral tem de ter associado um disjuntor diferencial regulável (para garantir as regras de selectividade em relação aos equipamentos a jusante). O interruptor de corte geral com disjuntor diferencial associado deve pois ser instalado no interior do quadro num bloco de Classe II de isolamento.

Esta solução aplica-se nos quadros para grandes correntes (por ex.: >600A) e quadros feitos à medida em AVAC dado que não se encontram facilmente no circuito comercial quadros da classe II.

Sobre o assunto ver também:

http://www.iep.pt/inspeccoes/problemas_projelectricos.asp

<http://www.certiel.pt/questoesinstelectricas>

http://www.vercor.pt/uploads/cms/schneider_seguranca_quadros.pdf

Exemplo de quadro com todas as funções

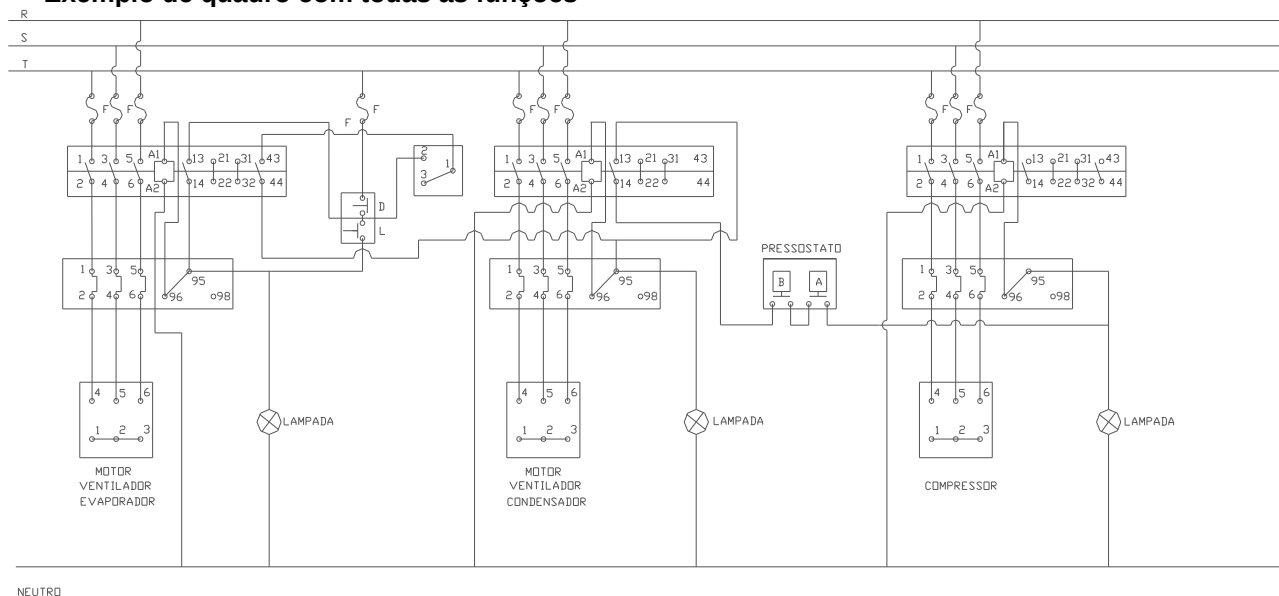


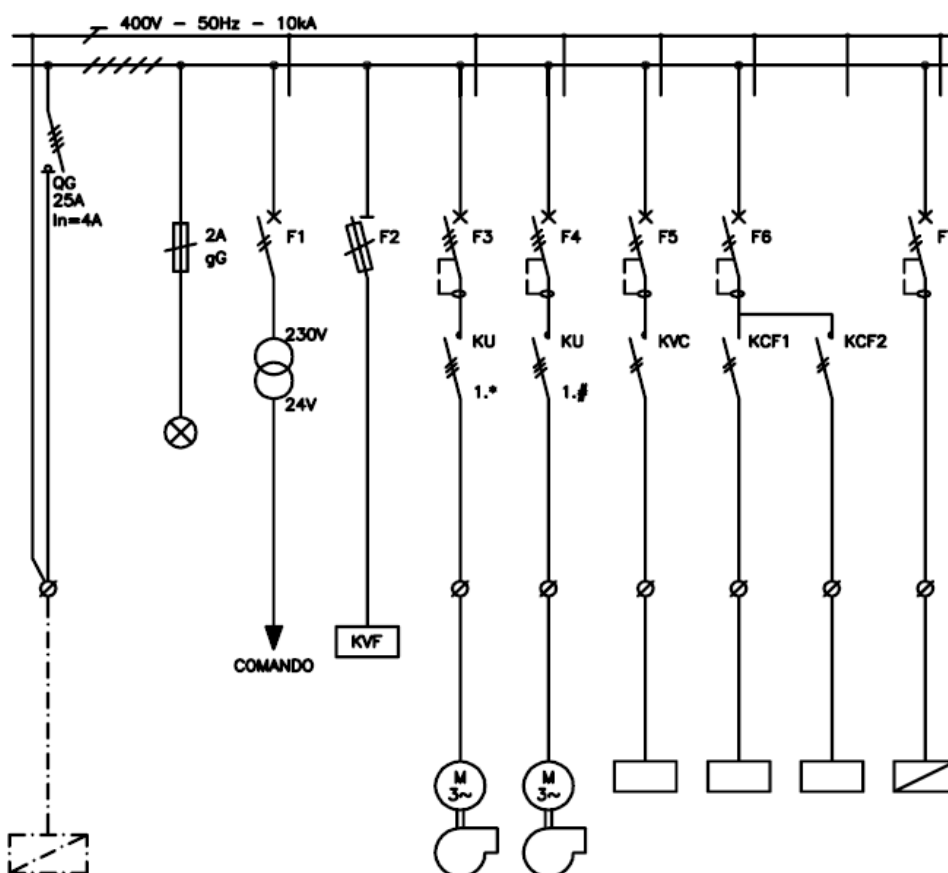
DIAGRAMA DE FORÇA E COMANDO

As condições de funcionamento do compressor são:

- botoneira L/D na posição de ligado que liga directamente o ventilador do evaporador, e dá sinal de autorização para os equipamentos a jusante,
- switch 1,2,3 com os contactos 2e3 fechados o que permite ligar o ventilador do condensador e dar sinal de autorização para o compressor
- pressostatos de alta e baixa não actuados (ou seja com continuidade) o que faz ligar o compressor.

Como o circuito se refere a um equipamento de frio, é habitual que o ciclos de funcionamento sejam comandados por um termostato. Assim o switch 1,2,3 o mais natural é ser um termostato, mas pode ser também um switch de um encravamento de protecção mecânica (por exemplo uma porta de acesso técnico) ou eléctrico (por exemplo só funcionar se outro sistema estiver a funcionar também)

Exemplo Quadro Geral:



Equipamento :

N° SAÍDA \ N° FASES	-	1	2	3	4	5	6	7	8
DESIGNAÇÃO DA SAÍDA	-	TRANSF. 230/24V	KVF	UTA 1.*	UTA 1.#	VC'S	RCF'S	RCF'S	QGC. UTA 1.*
POTÊNCIA [kW]	-	100 VA	-	0,75	0,75	-	-	-	150VA
CONSUMO NOMINAL [A]	-	0,5	-	2,1	2,1	-	-	-	1
INTERRUPTOR DIF. CALIBRE [A]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DISJUNTOR CALIBRE [A]	-	6	1	M2,5	M2,5	16	16	16	6
CONTACTOR CALIBRE T. SERVIÇO	-	-	-	0,75 kW AC3	0,75 kW AC3	-	-	-	-
PROTECÇÃO TÉRMICA CALIBRE [A]	-	-	-	1,6/2,5	1,6/2,5	-	-	-	-
CABOS	-	-	-	A05VV-U 4G2,5	A05VV-U 4G2,5	A05VV-U 3G2,5	A05VV-U 3G2,5	A05VV-U 3G2,5	A05VV-U 3G2,5

*=1 ,3
#= 2,4

2 UNIDADES

DISTRIBUIÇÃO DE FORÇA MOTRIZ

M - DISJUNTOR PARA MOTOR
COM TÉRMICAS REGULÁVEIS

Diagrama de Interligações Eléctricas (Diagrama de Fiação) para o QGC.UTA. 1.* e QAC.UTA. 1.*.

O diagrama mostra a distribuição de energia elétrica entre os dois quadros, QGC.UTA. 1.* (superior) e QAC.UTA. 1.* (inferior), através de uma barra de distribuição comum (X4, X5).

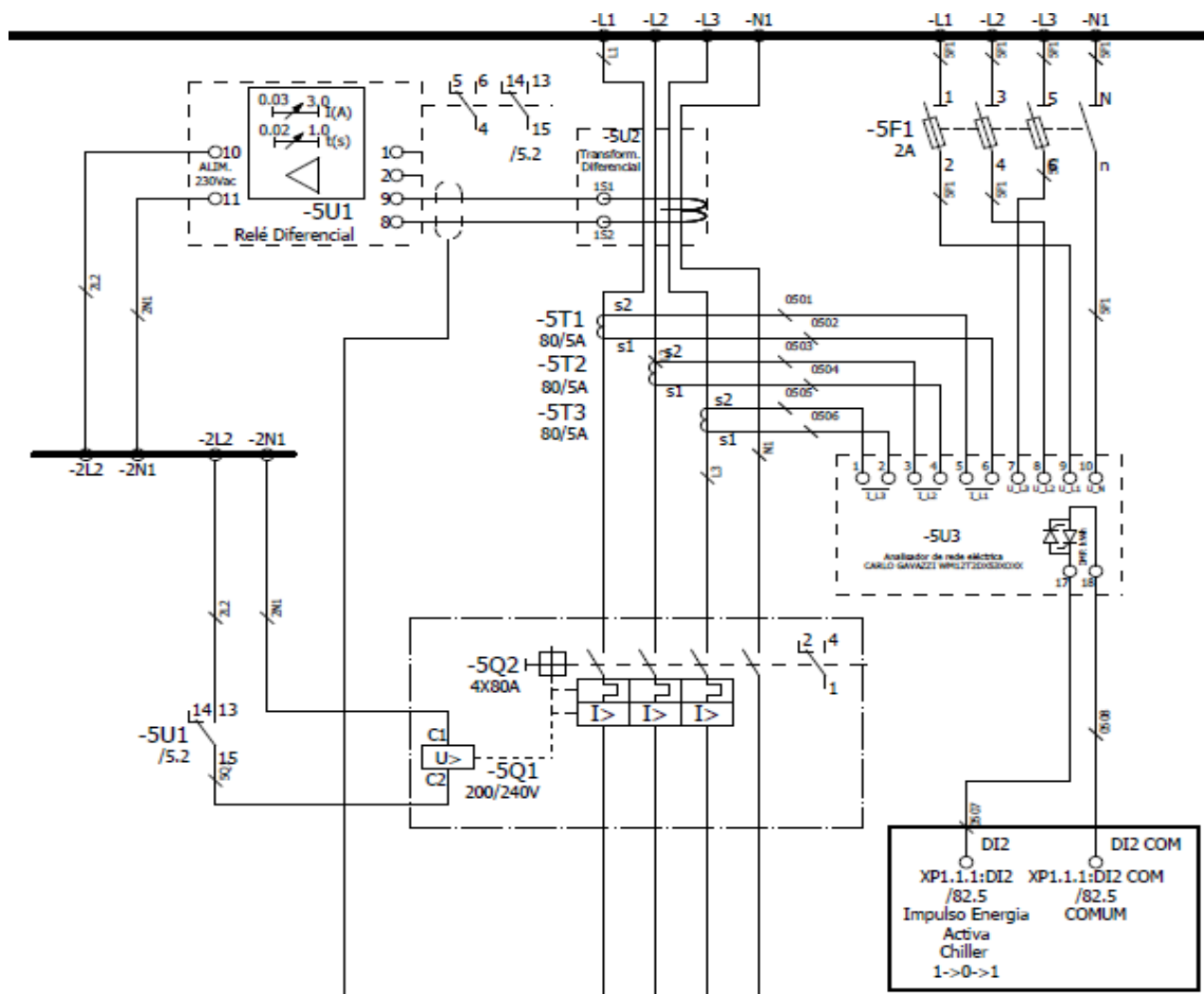
Legenda:

- QGC.UTA. 1.*
- QAC.UTA. 1.*
- Q4
- Q5
- Q6
- Q7
- Q8
- Q9
- Q10
- Q11
- Q12
- Q13
- Q14
- Q15
- Q16
- Q17
- Q18
- Q19
- Q20
- Q21
- Q22
- Q23
- Q24
- Q25
- Q26
- Q27
- Q28
- Q29
- Q30
- Q31
- Q32
- Q33
- Q34
- Q35
- Q36
- Q37
- Q38
- Q39
- Q40
- Q41
- Q42
- Q43
- Q44
- Q45
- Q46
- Q47
- Q48
- Q49
- Q50
- Q51
- Q52
- Q53
- Q54
- Q55
- Q56
- Q57
- Q58
- Q59
- Q60
- Q61
- Q62
- Q63
- Q64
- Q65
- Q66
- Q67
- Q68
- Q69
- Q70
- Q71
- Q72
- Q73
- Q74
- Q75
- Q76
- Q77
- Q78
- Q79
- Q80
- Q81
- Q82
- Q83
- Q84
- Q85
- Q86
- Q87
- Q88
- Q89
- Q90
- Q91
- Q92
- Q93
- Q94
- Q95
- Q96
- Q97
- Q98
- Q99
- Q100

Detalhes do Diagrama:

- QGC.UTA. 1.* (Superior):**
 - Entrada principal: Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q34, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39, Q40, Q41, Q42, Q43, Q44, Q45, Q46, Q47, Q48, Q49, Q50, Q51, Q52, Q53, Q54, Q55, Q56, Q57, Q58, Q59, Q60, Q61, Q62, Q63, Q64, Q65, Q66, Q67, Q68, Q69, Q70, Q71, Q72, Q73, Q74, Q75, Q76, Q77, Q78, Q79, Q80, Q81, Q82, Q83, Q84, Q85, Q86, Q87, Q88, Q89, Q90, Q91, Q92, Q93, Q94, Q95, Q96, Q97, Q98, Q99, Q100.
 - Dispositivos: QDI, VE 'S', STI, VMF, VMQ, UTA 1.ª, Pd (UTA), Pd (FLT), RCF.
 - Conexões: Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q34, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39, Q40, Q41, Q42, Q43, Q44, Q45, Q46, Q47, Q48, Q49, Q50, Q51, Q52, Q53, Q54, Q55, Q56, Q57, Q58, Q59, Q60, Q61, Q62, Q63, Q64, Q65, Q66, Q67, Q68, Q69, Q70, Q71, Q72, Q73, Q74, Q75, Q76, Q77, Q78, Q79, Q80, Q81, Q82, Q83, Q84, Q85, Q86, Q87, Q88, Q89, Q90, Q91, Q92, Q93, Q94, Q95, Q96, Q97, Q98, Q99, Q100.
- QAC.UTA. 1.* (Inferior):**
 - Entrada principal: Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q34, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39, Q40, Q41, Q42, Q43, Q44, Q45, Q46, Q47, Q48, Q49, Q50, Q51, Q52, Q53, Q54, Q55, Q56, Q57, Q58, Q59, Q60, Q61, Q62, Q63, Q64, Q65, Q66, Q67, Q68, Q69, Q70, Q71, Q72, Q73, Q74, Q75, Q76, Q77, Q78, Q79, Q80, Q81, Q82, Q83, Q84, Q85, Q86, Q87, Q88, Q89, Q90, Q91, Q92, Q93, Q94, Q95, Q96, Q97, Q98, Q99, Q100.
 - Dispositivos: STI, VMF, VMQ, UTA 1.ª, Pd (UTA), Pd (FLT), RCF.
 - Conexões: Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q34, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39, Q40, Q41, Q42, Q43, Q44, Q45, Q46, Q47, Q48, Q49, Q50, Q51, Q52, Q53, Q54, Q55, Q56, Q57, Q58, Q59, Q60, Q61, Q62, Q63, Q64, Q65, Q66, Q67, Q68, Q69, Q70, Q71, Q72, Q73, Q74, Q75, Q76, Q77, Q78, Q79, Q80, Q81, Q82, Q83, Q84, Q85, Q86, Q87, Q88, Q89, Q90, Q91, Q92, Q93, Q94, Q95, Q96, Q97, Q98, Q99, Q100.

Bloco de entrada de um quadro (potência) destinado a garantir Classe II equivalente



Este é um bloco típico da entrada de um quadro de AVAC , com o disjuntor de corte geral (5Q2) onde a protecção diferencial da entrada (Relé diferencial 5U1 e TI - 5U2- que envolve as 3 fase e neutro) garante a Classe II equivalente para o quadro. Adicionalmente neste bloco também se efectuam as funções de contagem de energia (5U3 e os TI por fase 5T1;5T2 e 5T3)

CAPÍTULO 5 - RECEPÇÃO DE OBRA OU COMISSIONAMENTO

5.1 - Conceito de Comissionamento

O conceito de comissionamento nasceu no mundo do AVAC (HVAC). O termo comissionamento está associado à construção de empreendimentos como um processo de garantir que os mesmos (designadamente edifícios novos) atingem e mantêm ao longo do tempo o desempenho desejado globalmente e parcelarmente em todos os seus sistemas, subsistemas e equipamentos.

5.1.1. Definição e enquadramento do conceito do comissionamento

Para uma adequada compreensão do conceito de comissionamento importa definir previamente o que se entende por edifício. Um edifício consiste num sistema complexo, composto por vários subsistemas com funções distintas, que estabelecem relações intrínsecas entre si e que devem satisfazer os requisitos regulamentares (Junior, Neto e Simões 2006).

Definem-se ainda subsistemas do edifício como partes integrantes do mesmo, ou seja, estrutura, paredes, cobertura, instalações entre outros.

Historicamente referia-se o termo “comissionamento” ao processo pelo qual o subsistema AVAC, em particular, era testado e equilibrado de acordo com os requisitos estabelecidos pelo dono do edifício. Embora os primeiros guias de comissionamento tenham sido constituídos na segunda metade dos anos 80, a actividade de comissionamento teve início na década de 70 nos E.U.A e no Reino Unido (Nakahara, 2003). Hoje devido a maiores exigências de conforto, eficiência e qualidade dos edifícios, o comissionamento passa pela integração de todos os subsistemas no desempenho de um edifício tendo impacto sobre a funcionalidade, sustentabilidade, produtividade, segurança e bem-estar dos utilizadores. Esta abordagem de comissionamento é também definida em alguma literatura como comissionamento total de edifícios, no entanto no âmbito desta dissertação utiliza-se a apenas expressão comissionamento para referir o comissionamento de todo o edifício. Existem diferentes conceitos de comissionamento de edifícios que importa definir e agrupar da seguinte forma:

- **comissionamento**
- **retro-comissionamento**
- **recomissionamento.**

Comissionamento

A definição de Comissionamento (Building Commissioning) pela Conferência Nacional de Comissionamento de Edifícios (National Conference of Building Commissioning) é a seguinte (Energy Design Resources, “The Building Commissioning Guide”, Abril 2005):

“Processo sistemático para assegurar através da verificação e documentação, desde a fase de concepção até ao mínimo de um ano após a construção, que todos os subsistemas funcionam interactivamente de acordo com a documentação do projecto e objectivos de dimensionamento, e de acordo com a necessidades operacionais do dono do edifício, incluindo a preparação das pessoas da operação”.

Também, segundo a Associação de Comissionamento de Edifícios (Building Commissioning Association, BCA) e a Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) o comissionamento de edifícios é um processo pelo qual se assegura que os subsistemas estão dimensionados, instalados, testados funcionalmente e capazes de ser operados e mantidos de acordo com as necessidades operacionais do dono do edifício ou dos utilizadores (U.S. Department of Energy).

O comissionamento é, portanto, um processo sistemático que ajuda a melhorar o desempenho e garante a qualidade do edifício reduzindo os seus custos de operação e manutenção, melhora a sua eficiência energética e não energética e aumenta a segurança, conforto e saúde dos seus utilizadores. O processo de comissionamento visa também validar e documentar que o desempenho de todo o edifício e que os seus subsistemas estão de acordo com o programa preliminar e os requisitos do dono do edifício, bem como garantir o treino necessário aos operadores de modo a que estes continuem a operar dos equipamentos do edifício do modo eficaz mantendo um elevado desempenho.

Retro-Comissionamento

O termo retro-comissionamento é aplicado quando se pretende comissionar um edifício existente mas que nunca foi comissionado. É um processo independente que ocorre depois da construção e ocupação do edifício.



cio e que geralmente tem como objectivo o aumento da eficiência do edifício e dos seus equipamentos, identificando e corrigindo erros existentes. Tal como o comissionamento de um edifício, o retro-comissionamento é um processo que pretende otimizar e assegurar o funcionamento dos subsistemas e dos equipamentos. Os objectivos da aplicação deste processo podem variar consoante as necessidades do dono do edifício, do orçamento e das condições dos equipamentos. (Haasl,T., Sharp,T., 1999)

Recomissionamento

O recomissionamento de um edifício apenas pode ocorrer quando, em algum momento passado, o edifício foi comissionado. Uma vez que um edifício tenha sido comissionado ou retro-comissionado, como definido anteriormente, o recomissionamento periódico assegura que os resultados originais persistem ou são melhorados. Deste modo, o recomissionamento é um evento periódico que repete os testes de comissionamento iniciais de modo a manter o edifício a operar de acordo com as necessidades dos utilizadores. Idealmente o recomissionamento deve ocorrer em períodos de 3 a 5 anos, contudo, a sua frequência depende da complexidade dos subsistemas envolvidos e das necessidades dos seus ocupantes, (Haasl,T., Sharp,T., 1999) e sempre que uma nova utilização seja dada ao edifício.

As diferentes actividades de comissionamento acima mencionadas partilham o mesmo objectivo: produzir edifícios que vão ao encontro das necessidades do dono de obra e dos seus utilizadores, que operem eficientemente, que providenciem um ambiente seguro e confortável e que sejam mantidos e operados por pessoas bem treinadas para esse efeito. Para um processo comissionamento eficaz é requerida uma participação activa de todas as partes interessadas, ou seja, as equipas de arquitectura e engenharia, do empreiteiro, de comissionamento e também do dono da obra. Os requisitos de comissionamento devem ser apropriados à dimensão do projecto em causa, à sua complexidade e à estratégia de gestão de risco do proprietário uma vez que edifícios mais complexos requerem maior atenção relativamente ao processo de comissionamento.

O comissionamento de um edifício deve ser organizado por sistemas subsistemas e equipamentos e finalmente na sua globalidade considerando a interacção global entre todos os sistemas do edifício. Agrupar um edifício por subsistemas ajuda à compreensão de todo o seu funcionamento e facilita a organização do processo de comissionamento. No decorrer deste processo os parâmetros chave sobre os testes efectuados a todos os subsistemas e equipamentos, garantindo que estes funcionam com o melhor desempenho para o que foram previstos, são documentados e organizados para serem mais tarde apresentados no Relatório de Comissionamento. Neste documento constam também informações relevantes sobre a equipa de comissionamento, treino dos operadores para a utilização dos equipamentos e sobre a sua manutenção.

Idealmente, na construção de um novo edifício o comissionamento deve começar na fase inicial do projecto, deste modo a entidade de comissionamento pode trabalhar mais cedo em conjunto com a equipa de projecto e familiarizar-se com os objectivos e requisitos do projecto desde o início. O comissionamento pode também iniciar-se apenas na fase de construção ou quando esta já está acabada, uma vez que a fase mais importante do comissionamento é a sua implementação, baseada em:

- testes aos subsistemas do edifício,
- treino de operadores
- organização de manuais

esta fase ocorre durante e após a construção do edifício.

No entanto, se o processo começar na fase de concepção os benefícios de custo-eficácia serão maiores, dado que o início tardio do comissionamento dificulta o processo de documentação do edifício, a identificação dos erros de concepção e o desenvolvimento e condução dos testes funcionais, podendo deste modo o potencial do comissionamento pode estar comprometido.

Muitas vezes os edifícios não alcançam um desempenho óptimo, mesmo que se respeitem todos os regulamentos e documentação técnica obrigatória actualmente em vigor e existam normas ou outros documentos técnicos de implementação voluntária que apoiem essa optimização. Uma importante razão para este problema é o facto de muitos edifícios serem construídos com base nos projectos de execução, ou mais grave ainda, em projectos incompletos que foram desenvolvidos para o efeito de licenciamento das entidades oficiais sem que se implementem processos que permitam identificar e corrigir eventuais erros ou otimizar as soluções técnicas preconizadas naqueles projectos, assim como a falta de testes de desempenho ao edifício.

Um contributo para a resolução destes problemas é a implementação do processo de comissionamento:

- Realização de testes de desempenho apropriados aos edifícios e seus sistemas como o de AVAC.
- Realização de regulações ajustes e programações nos equipamentos, sub-sistemas e sistemas.

- Organização da sua documentação mais relevante nomeadamente no Manual de Operação e Manutenção

O comissionamento permite identificar e posteriormente corrigir problemas relacionados com o desempenho dos sistemas de AVAC de modo a garantir que este começa o seu ciclo de vida com uma operacionalidade optimizada e cumpridas as recomendações do Manual Operação e Manutenção, tenha uma vida útil prolongada garantindo o desempenho dentro das especificações do projecto.

Pretende-se assim que o utilizador final possa usufruir de um edifício e dos seus sistemas como o de AVAC, que se apresenta, desde o início da sua utilização, funcional, económico e com qualidade.

Um edifício consiste em diferentes subsistemas e elementos que necessitam de ser comissionados e, para uma maior simplicidade, estes costumam ser avaliados individualmente mas é necessário ter em conta que muitos deles interagem. Deste modo, por exemplo, o comissionamento deve não só identificar os benefícios energéticos e não-energéticos associados ao aumento de desempenho de cada componente individualmente, mas também a sua interacção com todo o edifício.

Actualmente em Portugal é feita apenas uma vistoria para a recepção provisória da obra e posteriormente outra para a sua recepção final, no caso de obras públicas. Segundo o novo Código de Contratação Pública (Artigo 394, Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de Janeiro de 2008 - CCP), esta vistoria tem como finalidade:

- Verificar se todas as obrigações contratuais e legais do empreiteiro estão cumpridas de forma integral e perfeita,
- Atestar a correcta execução do plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição, nos termos da legislação aplicável.

Deste modo a vistoria verifica o funcionamento de um edifício em conformidade com o seu projecto, o que difere do conceito de comissionamento pois este tem como objectivos assegurar a qualidade e o desempenho óptimo do edifício, requeridos pelo dono de obra, e não apenas o seu funcionamento.

O comissionamento deve estar integrado no processo de construção para assegurar que os donos de obra recebem sistemas que justificam o investimento realizado. Infelizmente, a maior parte dos actuais edifícios não foi sujeita a qualquer tipo de comissionamento planeado e portanto o seu desempenho poderá estar abaixo do seu potencial. No entanto, estes edifícios podem ainda vir a ser retro-comissionados como já se disse.



A Figura apresenta o enquadramento do comissionamento na realização de uma obra.

Apresentam-se de seguida alguns factores que tradicionalmente suportam a necessidade do comissionamento (U.S. GSA Building Commissioning Guide, 1998):

- Complexidade dos subsistemas e aumento da especialização,
- Melhorar a comunicação e coordenação entre diferentes equipas do projecto,
- Conflitos entre especificações e códigos aplicáveis,
- Falta de testes funcionais e inadequada documentação,
- Falta de treino dos operadores e inadequados manuais de O&M,
- Vários problemas de acessibilidade e manutenção.



- Aumento da eficiência energética dos edifícios.
- Por último refira-se um estudo internacional (Piette, M. A., Nordman, B., 1996) de 60 edifícios concluiu que mais de metade dos edifícios sofriam de problemas de controlo de temperatura e cerca de 40% dos mesmos tinham problemas com os equipamentos de aquecimento ventilação e ar condicionado (AVAC). Foi concluído ainda que em um terço dos edifícios os sensores não funcionavam correctamente e em cerca de 15% dos edifícios existia a falta de equipamento especificado.

Os factores acima justificam a importância do processo de comissionamento de edifícios (desenvolvimento dos testes funcionais) como suporte à garantia da qualidade, funcionalidade, e adequação dos equipamentos.

5.1.2 Benefícios do comissionamento

Independentemente dos cuidados na fase de concepção de um edifício, se os subsistemas e equipamentos não estiverem instalados e a operar devidamente, o edifício não terá um desempenho adequado. É fundamental que, para operações eficazes, os subsistemas e os seus equipamentos sejam fiáveis, trabalhem eficientemente e que existam operadores com o conhecimento e recursos necessários para a sua operação e manutenção.

O comissionamento como um processo, mais do que como medida prescritiva, adapta-se para ir ao encontro das necessidades únicas de cada proprietário ou futuros utilizadores. Um dos maiores benefícios mencionados (U.S. General Services Administration, U.S. Department of Energy) é o aumento da eficiência global do edifício, essa eficiência é alcançada através de melhores desempenhos de determinadas particularidades do edifício. Entre elas estão:

- o aumento do desempenho do edifício e dos seus equipamentos,
- aumento da qualidade do ar interior (QAI) e conforto,
- treino dos operadores
- ganhos energéticos
- identificação e mitigação dos defeitos do edifício,

benefícios estes que se passam a explicar com maior detalhe.

Melhor desempenho do edifício e dos equipamentos.

Através do comissionamento é confirmado que os subsistemas do edifício e os seus equipamentos funcionam de modo optimizado. Equipamentos que funcionam correctamente trabalham com melhor fiabilidade, têm maior longevidade e requerem também menores reparações durante a sua vida útil. Deste modo os equipamentos consomem menos energia, o que leva a um edifício mais sustentável, e os custos de manutenção associados são inferiores.

Aumento da QAI (Qualidade do Ar interior) e conforto.

A relação entre conforto e produtividade é conhecida, utilizadores que se sintam confortáveis são geralmente considerados como mais produtivos. Quando os utilizadores de um edifício se queixam do desconforto os custos adicionais e a perda de produtividade é significativa. O comissionamento de edifícios pode ser usado para evitar despesas e perdas de produtividade associadas à fraca qualidade do ar interior e desconforto dos colaboradores, uma vez que o comissionamento assegura que o sistema de AVAC, se existir, está instalado e a operar correctamente. Edifícios comissionados tendem a ter menores problemas relacionados com o conforto dos utilizadores.

Treino dos operadores

Através do processo de comissionamento os operadores são treinados de modo a que saibam utilizar e manter os equipamentos do modo mais correcto. Assim, estão prevenidos menores desempenhos do edifício devido à má utilização de equipamentos.

Ganhos energéticos

A promoção de soluções construtivas mais sustentáveis, nomeadamente através de uma maior eficiência energética dos edifícios, é hoje apontada como uma solução que deve continuar a ser promovida dados os elevados benefícios que potencia. Deste modo através do processo de comissionamento pretende-se garantir uma elevada eficiência energética do edifício e deste modo reduzir também os seus custos.



Identificação e mitigação de defeitos do edifício.

Parte importante do processo de comissionamento é a identificação de defeitos do edifício, seguidamente, apresentam-se as principais deficiências encontradas através do processo de comissionamento de edifícios:

- Incorrecto horário de equipamentos de iluminação e AVAC.
- Incorrecta sequência de equipamentos de arrefecimento e aquecimento.
- Incorrecta calibração de sensores e instrumentação.
- Falta da documentação do edifício.
- Falta de treino de operadores de equipamentos.
- Falta de estratégias de controlo para conforto óptimo e operação eficiente.

Parte destas deficiências ao serem identificadas ainda no processo de construção de um edifício facilitam a sua correcção e portanto diminuição dos custos provenientes das mesmas.

Para além das vantagens acima referidas escritórios, comissionar os edifícios produz outros benefícios tais como:

- Melhor coordenação entre diferentes equipas,
- Redução de chamadas
- Redução dos custos de operação e manutenção,
- Documentação completa
- Redução das queixas dos utilizadores

Para melhor compreender estes benefícios teremos de considerar o aumento da complexidade dos edifícios nas últimas décadas. Trinta anos atrás os subsistemas de edifícios que o com micro-processadores eram novidade e inovação, hoje em dia é comum. Os níveis de eficiência pretendidos são alcançáveis devido às novas tecnologias que são aplicadas aos edifícios e é necessário que se garanta que estas estão a funcionar nas melhores condições.

Consideremos também o aumento dos novos materiais que nas últimas duas décadas são incorporados em todo o edifício, tanto na sua construção como posteriormente na sua utilização, em alguns casos podem conter produtos químicos não testados provocar a deterioração da qualidade do ar e causar problemas aos utilizadores a não ser que o sistema de AVAC esteja dimensionado e testado correctamente.

Deste modo, e devido à complexidade actual que o seu funcionamento é adequado à sua utilização. Um edifício correctamente comissionado tem menores alterações durante a construção longo prazo, inferiores custos com energia, diminuição de substituições de equipamentos, aumentos das potenciais margens de lucro do proprietário do edifício. (Adaptado de Mills, E., et al, 2004)

5.2 - Comissionamento dos sub-sistemas do sistema de AVAC - procedimentos de start-up (arranque)

O primeiro funcionamento de um sistema de AVAC depois da instalação ou depois de uma operação de manutenção extensa, é um conjunto de operações críticas, que têm de ser feitas de forma criteriosa e muito rigorosa, de acordo com a lista de medidas ajustes e procedimentos recomendados pelos fabricantes e pelo projectista do sistema, constantes no Manual de Operação e Manutenção.

Todas as operações são suportadas por um conjunto de formulários de verificações (check list) para cada conjunto de acções ou partes (órgãos) do sistema.

Assim entre outros temos pelo menos a necessidade de verificar:

- Conformidade das Telas Finais do projecto com o executado
- Lista com localização de quadros e dos equipamentos neles instalados
- Lista com localização dos equipamentos ("out-door") instalados na parte de fora das instalações
- Lista com localização dos equipamentos ("in-door") instalados no interior das instalações
- Lista com localização das condutas, tubagens e registos (controladores de fluxo) e acessibilidades
- Lista com localização de todos sensores
- Lista com os parâmetros de configuração ("set points" de temperatura, humidade, poeiras e níveis de gases poluidores, mapa de horários de funcionamento de máquinas e sistemas e outros):
 - Por máquina (parâmetros de funcionamento e protecção),
 - Por actuador de registo ou regulador de caudal (posicionamento e diferenciais de pressão, temperatura ou humidade), por sensor (sensibilidade),



- Por sala ou local de presença humana ou de maquinaria (temperatura, humidade e nível de poluentes)

Lista de testes genéricos com inspecção visual

5.2.1 – Sistemas de aquecimento

Testes de fugas de fluídos
Testes de humidade no circuito
Testes de sensores e alarmes
Testes de temperaturas
Programação e ajustes de “set points”
Limpeza

5.2.2 - Sistemas de frio

Testes de fugas de fluídos frigorigéneos (refrigerante)
Testes de humidade no circuito
Evacuação do sistema
Carga de óleo
Carga de refrigerante
Medição das pressões de sucção e descarga
Verificação das Válvulas de expansão
Verificação de sobreaquecimento
Verificação de sobre-arrefecimento
Verificação do filtro secador
Recolhimento do refrigerante ("Pump down" -descarga)
Limpeza de circuitos frigoríficos
Verificação do nível de óleo
Substituição de óleo

5.2.3 – Sistemas de tratamento de ar (ventilação, filtragem e condicionamento do ar interior)

Inspecção e verificação da selagem das condutas em todos os ramais e interligações
Verificação e ajuste dos reguladores de caudal (registos) e seus actuadores
Verificação e teste de todos os sensores e equipamentos de medida
Verificação dos filtros
Verificação de todos os ventiladores
Verificação teste ajuste e programação dos set points de todas as unidades de tratamento de ar UTA e UTANS
Verificação teste ajuste e programação dos set points de todas as unidades de condicionamento de ar como splits, VRV (VRF) nas suas unidades interiores, tubagens e unidades exteriores
Verificação da sinalização
Verificação dos sistemas de alarme e protecção tanto os colocados nos quadros (de potência e de comando) como os colocados nos quadros dos equipamentos ou incorporados nestes.

5.3 – Manuais

Verificação da existência e correcto arquivamento dos manuais de O&M de todos os equipamentos.
Verificação da adequação do Manual Geral de Operação e Manutenção do AVAC do edifício às necessidades dos operadores e técnicos de manutenção. Comprovar que no caso da existência de Gestão Técnica Centralizada esta consegue actuar e controlar conforme o especificado no manual de O&M do sistema AVAC



6 – Treino dos operadores

O comissionamento não pode considerar-se completo se não for dado o treino adequado aos operadores do sistema AVAC

Esse treino consiste em:

- Explicação detalhada da estrutura do sistema
- Explicação detalhada das funcionalidades e controlos do sistema
- Apresentação detalhada e justificação do plano de ajustes das variáveis do sistema “set points”
- Execução das manobras necessárias ao funcionamento do sistema incluindo a colocação de novos “set points”
- Iniciar e organizar os mapas de registos do sistema
- Princípios de planeamento e solicitação de manutenção
- Uso do software de O&M quando exista



CAPÍTULO 6 – MANUTENÇÃO

NOÇÕES GERAIS

A Manutenção é um conjunto de técnicas destinadas a prevenir e a corrigir as falhas de um equipamento ou de um sistema. A manutenção conheceu ao longo dos tempos, um processo evolutivo paralelo à evolução da tecnologia numa linha de aperfeiçoamento de conceitos, de práticas e de métodos.

Na época da mecanização: final do séc. XIX e princípios do séc. XX, os equipamentos eram na sua maioria concebidos para aumentar a velocidade e o volume de produção nas fábricas, ou para executar tarefas que as limitações humanas dificilmente poderiam executar.

Mesmo quando H. Ford iniciou em 1908 a produção em série do famoso modelo T. (que durou até 1927, com pequeníssimas alterações), considerada a primeira grande produção industrial de uma máquina, questões como planos de manutenção preventiva e revisões periódicas, não eram ainda conhecidas e muito menos prática comum.

Os equipamentos só eram intervencionados quando avariavam ou paravam. A prevenção não fazia parte do dicionário do “mecânico” da época. A habilidade na reparação e na execução dos componentes avariados valorizava extraordinariamente o executante, numa filosofia muito própria da época, em que a formação era conseguida à base da prática. **Era mexendo que se aprendia.**

Conceitos como **produtividade, qualidade e fiabilidade**, só seriam tomados em consideração em termos técnicos e de gestão a partir da última metade do séc XX (em particular no último quartel).

No último meio século a evolução da actividade de Manutenção foi profunda sendo impulsionada pela massificação do consumo dos produtos industrializados, pela revolução científico técnica e pelos grandes projectos ligados à aviação comercial e militar e à conquista espacial.

A evolução da técnica, a complexidade dos equipamentos, o aumento do seu custo de aquisição e o aumento da competitividade das empresas, questões tais como a Produtividade e os Custos de Produção passaram a ser estudados.

Os custos de Manutenção passam a ter uma avaliação contabilística e económica. A paragem ou redução da produtividade ou diminuição da qualidade do produto produzido por avaria dos equipamentos, passou a ser importante na economia das empresas.

A Prevenção passou a ter uma importância económica e passou a ser um objectivo de gestão. Ter os equipamentos sempre disponíveis passou a ser uma marca de eficiência e de excelência de uma empresa.

Evitar a avaria através de operações preventivas passa a ser um objectivo primordial. **Reparar antes de partir** em vez de **reparar quando partir**, através de métodos de planeamento, distribuídos no tempo e repetitivos de acordo com a experiência ou indicações do fabricante: é a época da Manutenção Preventiva Sistemática. Veja-se os planos de manutenção preventiva das companhias de aviação e das companhias de electricidade.

Na aviação civil e militar, as avarias são extraordinariamente importantes e os seus impactos podem levar a grandes perdas de bens ou de vidas. É importante que as avarias não aconteçam ou que no mínimo seja reduzida a hipótese de acontecerem. Isto leva a que os custos de manutenção sejam muito elevados.

Substituir componentes apenas porque o plano de manutenção a isso obriga, quando os mesmos se encontram em perfeitas condições, levanta questões económicas.

Os componentes apenas deveriam ser substituídos quando se pudesse confirmar por medidas ou observações que apresentavam sintomas de terem chegado ao fim de vida, ou seja se verificasse que a avaria esta-

ria eminente. Devido à importância económica da manutenção desenvolveu-se um novo conceito de prevenção: a Manutenção Preventiva Condicionada ou Manutenção Preditiva, que pretende garantir a fiabilidade com custos minimizados.

Os equipamentos passam a disponibilizar sistemas de avaliação e análise do funcionamento dos mesmos, e as manutenções são efectuadas de acordo com as condições de operação e o estado dos componentes devidamente avaliados testados e medidos em permanência por sistemas automáticos.

Este conceito no entanto não define responsabilidades, e os serviços de manutenção continuavam a ser os principais responsáveis pelos equipamentos, mesmo quando a sua operação era efectuada por terceiros e nem sempre nas melhores condições.

A passagem da responsabilidade das operações básicas de manutenção para os operadores dos equipamentos (lubrificação, limpeza e pequenas afinações), é uma das formas que a indústria japonesa tem para minimizar os efeitos da má operação, dos tempos de paragem para manutenção (e portanto correspondentes a quebras de produção), e a garantia da disponibilidade dos equipamentos para a produção 24 sobre 24 horas. A Manutenção Produtiva Total (TPM) embora com muitos seguidores, esbarra com a cultura europeia e americana e nunca é totalmente implementada no ocidente. A aplicação dos seus princípios em casos pontuais e específicos é no entanto a solução para muitos processos os chamados processos de missão crítica, e os resultados da sua aplicação são normalmente um sucesso.

A Qualidade e a Fiabilidade dos equipamentos e componentes, largamente implementadas pela sofisticação quer de materiais, quer dos processos de fabrico, a impossibilidade de em determinados casos de efectuarem reparações ou Manutenções durante a operação dos equipamentos, (ex: viagens espaciais) relança o tema da operacionalidade dos equipamentos e da garantia do seu funcionamento.



O conceito de RCM (manutenção centrada na fiabilidade dos componentes) é o novo desafio dos profissionais dedicados à Manutenção.

No entanto, importa salientar que cada vez mais, a função do Técnico de Manutenção deixou há muito de ser reparar avarias, para ser **EVITAR QUE AS AVARIAS ACONTEÇAM**.



MANUTENÇÃO PREVENTIVA CONDICIONADA

A **Manutenção Preventiva Condicionada** consiste na resolução das anomalias detectadas no âmbito das acções de Manutenção Preventiva Sistemática, e ou na Inspeção. Essas anomalias deverão ser resolvidas em função da sua gravidade e de acordo com uma prioridade (1 – 2 – 3), que deverá ser estabelecida com base nos seguintes critérios:

1. Anomalias graves com forte probabilidade de originar, no curto prazo, uma avaria com interrupção de serviço ou que afectem a segurança de pessoas e bens.
2. Anomalias de media gravidade ou extensas que podem prejudicar a qualidade do serviço e por isso devem ser resolvidas a curto prazo
3. Anomalias de média gravidade que não evoluam, no curto prazo, para uma situação de risco de avaria.
4. Anomalias menos graves que não ponham em risco a segurança das instalações e pessoas.

A título de exemplo, os prazos máximos de resolução dessas anomalias em função das prioridades indicadas, poderão ser os seguintes:

PRIORIDADES	1 - Urgente	2 - Curto Prazo	3 -Médio prazo	4 – Longo Prazo
PRAZOS DE RESOLUÇÃO (DIAS)	IMEDIATA	24 a 48h	≤ 30 dias	≤60 dias



MANUTENÇÃO EM AVAC

A Manutenção preventiva ou preditiva em AVAC não é uma despesa, é um bom investimento.

Imagine que trabalha numa torre de escritórios que carece ventilação e circulação de ar - uma vez que é sufocante e abafado no verão, e gelado e totalmente frio no inverno. Ninguém, incluindo você e sua equipe, gostaria de trabalhar lá, muito menos de arrendar lá um escritório.

A qualidade e a funcionalidade de construção são a alma de qualquer imóvel. Sem iluminação, aquecimento de água, ou e refrigeração, um edifício seria inabitável. É por isso que um programa fiável de manutenção preventiva e preditiva AVAC não é uma opção, é uma obrigação.

O conforto e a vida de um prédio, não podem ser deitados a perder, por causa da falta de um sólido programa de prevenção de falhas. O melhor é o prédio ter manutenção: o mais provável é que tenha várias manutenções apropriadas durante respectivo o ciclo de vida. Se não, irá deteriorar-se. Se o proprietário está à procura de uma ocupação rentável, precisa de manter o edifício confortavelmente habitável e os seus equipamentos funcionais para que as pessoas que lá trabalham possam dar a máxima produtividade.

PRINCIPAIS CONCEITOS

A manutenção de sistema AVAC não é cara em comparação com o que se gasta se o sistema se deteriorar, (e em último caso avariar).

Em primeiro lugar deve ter um plano de manutenção do AVAC de acordo com o manual do fabricante dos equipamentos.

Com um sistema de monitorização de diferentes indicadores, podem-se colmatar muitos problemas emergentes antes que eles atinjam uma situação de crise ou falha completa e podem elaborar-se planos de manutenção preditiva minimizando os custos da manutenção.

É importante fazer uma análise de custo do ciclo de vida, para determinar se devemos reparar ou substituir um componente envelhecido do sistema AVAC.

Idealmente, a proporção de gastos em sistemas de AVAC deve ser 70 por cento para manutenção preventiva ou preditiva e 30 por cento para manutenção correctiva.

Por exemplo: Se existe uma peça de equipamento que custa 20.000€ e tem uma vida prevista de 10 anos, se for devidamente mantido com custos de manutenção de 1000€/ano, em 10 anos o custo total é 30.000€. No entanto, se não se fizer manutenção adequada e a unidade for substituída aos 5 anos, Será preciso gastar 20.000€ para substituí-lo depois de 5 anos e depois substituir essa mesma unidade novamente depois de outros 5 anos, se continuar a não realizar a manutenção.

O custo total seria então 40.000€. É uma economia significativa.

Elaboração do Plano de Manutenção

São duas as questões principais de qualquer programa manutenção de AVAC:

- As tarefas de medida de desempenho e manutenção para cada peça de equipamento.
- O funcionamento global do sistema em relação ao edifício em que ele estiver instalado.

Dependendo desses dois requisitos e da sofisticação do equipamento, assim como o ambiente e operação de todo o sistema - é necessário decidir se o plano de manutenção preventiva é uma manutenção completa ou se se justifica uma actualização ("upgrade") do sistema.

Se tiver dúvidas sobre como construir um plano de manutenção de AVAC o primeiro recurso que deve ter à mão ou pelo menos numa estante próxima ou numa gaveta: é o manual de operação e manutenção, do fabricante dos equipamentos ou do sistema.

Não negligencie estes manuais de manutenção. Eles fornecem um plano concreto para os passos que é preciso fazer para manter "chillers", caldeiras, motores, unidades de tratamento de ar - em suma cada equipamento do sistema de AVAC de um edifício. Os fabricantes gastam muito tempo e dinheiro a testar os seus equipamentos para determinar quais são as necessidades de manutenção. Eles colocam essa informação nos manuais: está tudo lá preto no branco. Os manuais de manutenção não foram sonhados na mesa de um café a beber cerveja. Foram planeados e verificados por uma equipa de peritos. Se por acaso se perderam os manuais originais, pode-se facilmente obter substituições, na Internet em geral no sítio dos fabricantes ou integradores. Pesquisando pelo modelo e números de série, encontra-se com certeza o manual de operação e de manutenção além da lista de partes ou componentes de substituição. Com base na



informação constante do manual, elabora-se o plano de manutenção preventiva e preditiva que é adaptado às condições do edifício (temperatura e ambiente operacional) onde está instalado o sistema de AVAC.

Aspectos a realçar

Alguns aspectos de um plano de manutenção são simples e óbvias- mudar o óleo, mudar correias e mudar dos filtros. Mas, para manter um sistema operacional com a máxima eficiência, é preciso fazer muito mais do que o básico de tempos em tempos.

As bobinas do manipulador de ar precisam ser limpas periodicamente para manter transferência de calor em quantidades máximas.

As caldeiras precisam ser limpas anualmente. Até mesmo uns meros mm de fuligem e cinzas no permutador de calor de uma caldeira a gás pode reduzir a eficiência em 10 por cento.

E, não se esqueça do teste de fogo. Sugere-se teste de fogo e ignição com ajuste chama a cada 3 anos.

Não se pode apenas testar a chama a olho; isso pode dar resultados de que estão muito distantes da marca. É preciso medir.

A manutenção preventiva também é importante. O rastreamento dos diferentes indicadores do sistema, tais como temperatura do óleo, velocidade de rotação (RPM), e outros factores, pode despistar muitos problemas emergentes antes que eles atinjam uma situação crítica. Um grande número de diagnósticos diferentes pode apontar para questões onde a manutenção não se está a realizar da forma e com a periodicidade prevista. A instalação de sistemas de automação e controlo pode ser inestimável para diagnósticos de rotina e criação de ordens de trabalho que melhoram consideravelmente o tempo de resposta na resolução dos principais problemas de manutenção.

Quando na gestão técnica há alguém sentado num PC a controlar o estado do sistema para ver o que está a acontecer, em noventa por cento das vezes pode-se descobrir a causa do problema e corrigi-lo com uma simples combinação de teclas. Estes sistemas de automação de edifícios podem também ser ligados a sistemas de gestão (GTMC) central informatizada da manutenção para melhorar ainda mais a operacionalidade global e reduzir custos gerais.

Criado o plano de manutenção de AVAC, introduz-se no programa de gestão informatizada da manutenção, a lista de tarefas de AVAC que precisam ser feitas mensalmente, trimestralmente, anualmente, etc, que o programa criará os documentos de suporte às actividades (Ordens de Trabalho, Requisições ao Armazém, Encomendas a Fornecedores, Alocação de mão de obra etc). Uma lista de tarefas de manutenção preventiva ou preditiva detalhada é tão importante como as pessoas que vão executar essas tarefas. Quanto mais informação tiver a equipa manutenção sobre uma determinada instalação melhor e mais barato pode fazer a manutenção. A formação dos elementos da equipa de manutenção é crucial para o seu bom desempenho. Por isso em primeiro lugar, uma empresa de manutenção deve contratar pessoas que possam ser ensinados e queiram aprender. Devem ser treinados no manuseamento de cada parte do equipamento que encontram e não “lançados aos bichos” no trabalho externo na esperança de que aprendam com a prática.

Deve-se ter um processo de treino formal, devidamente enquadrado, nas boas práticas da arte e nas especificidades de cada equipamento e deve-se proporcionar regularmente sessões reciclagem.

Além disso, recomenda-se que se mantenha o pessoal envolvido nos processos de comissionamento (entrega de obra e primeiro arranque) dos sistemas a manter. Os instaladores sabem mais sobre o sistema do que qualquer outra pessoa e assim o técnico pode ficar a saber a razão de cada ajuste ou forma de funcionamento que até pode ter sido mudado em relação às configurações originais de fábrica.

Pessoas boas = Manutenção Preventiva Boa

Considere este exemplo quando se pensa em manutenção preventiva:

“O proprietário do sistema pensa que ele é com certeza facilmente recuperável de qualquer anomalia.”

Um programa de manutenção sólido, deve fornecer uma história completa das operações de manutenção realizados em cada peça de equipamento, bem como os custos envolvidos.

É preciso de um registo, bem claro do serviço executado e quando foi realizado. É necessário manter actualizado um dossier de papel ou um dossier electrónico. Com isso o responsável da manutenção, será capaz de ver as tendências e melhor prever o que deve ser feito.

A colocação de autocolantes (etiquetas adesivas) de registo no equipamento é outra maneira de manter profissionais de manutenção a par do trabalho que tem sido feito em muitos e variados componentes de um sistema. Um simples registo colado nos equipamentos que lista a última vez que o equipamento foi intervencionado, o que foi feito, o que se substituiu etc tem um valor inestimável. Assim, tem-se um registo da última vez que alguém esteve num troço do sistema ou equipamento de AVAC e aquilo que lá fez. Só é preciso uma rápida verificação visual.

Reparação em versus substituição



No ciclo de vida de qualquer sistema, chega-se um ponto onde é preciso decidir se é fiscal e praticamente viável continuar a manutenção e reparação de uma peça, devido ao envelhecimento e ou degradação dos equipamentos. É importante fazer uma análise de custo do ciclo de vida ao determinar se deve ser reparado ou substituído um componente velho no sistema de AVAC.

Para manter a unidade vai, substituir-se a peça, que será custo de 'X' euros, ou substitui-se a unidade inteira? .

Considerem-se todos os custos em uma análise de custo do ciclo de vida - o custo do equipamentos, manutenção e energia . Talvez considere que é de 10 anos o ciclo de vida da unidade por causa da maneira tem sido mantido e operado, mas que poderia ter uma vida de de 15 anos com a manutenção adequada. Uma análise de custo de ciclo de vida irá considerar a condição actual e a eficiência energética da unidade. "

Por exemplo se temos um chiller de 30 anos de idade e ter gasto mais dinheiro do que o previsto em manutenção temos de considerar que os chillers actuais têm duas vezes a eficiência do chiller antigo. Com os preços da energia em alta constante a decisão de substituir é fácil de tomar se fizermos uma análise global uma análise de custo de ciclo de vida. Idealmente, a proporção de gastos com sistemas de climatização devem ser 70 por cento de manutenção preventiva e 30 por cento de manutenção correctiva. Estes números são (metas) "benchmarks" que os profissionais do planeamento as manutenção usam para examinar a eficácia dos programas de manutenção dos clientes. "Se o nível de manutenção correctiva ultrapassa em muito a marca tabelada, o programa de manutenção está desajustado. Os edifícios onde a números são ao contrário são os edifícios nos quais as pessoas não querem estar lá dentro É o que acontece quando não é instituído um programa apropriado de manutenção preventiva.

Enquanto cada parte do equipamento terá de ser substituído eventualmente, após uma manutenção, rigorosa e abrangente, irá prolongar a vida do sistema principal de AVAC, criando não só um ambiente base saudável, mas também condições para ter os inquilinos e o público felizes, satisfeitos, e confortáveis.

A maior parte dos gestores de instalações comerciais conhece bem as consequências e os prejuízos que têm com a negligência quando se trata de manutenção preventiva e preditiva, especialmente com unidades de tratamento de ar, chillers de grande porte, e sistemas de bombeamento ",



A MANUTENÇÃO DOS COMPONENTES ELÉCTRICOS DO AVAC Motores e circuitos de comando protecção e manobra

Lista das avarias, diagnósticos e soluções

Anomalia

1- O compressor monofásico zumba continuamente , mas não arranca (a protecção do motor dispara ciclicamente).

Causa

1.1- Tensão de linha medida inferior aos limites de tolerância.

Intervenção sugerida

1.1-Medir a tensão na saída do contador: Se for inferior aos limites de tolerância requerer a intervenção da companhia fornecedora de electricidade. Se ao contrario as tensões estiverem nos limites, verificar se houve queda de tensão na entrada do compressor quando o compressor zumba, mas não parte. Se houver queda de tensão tem-se a demonstração que a linha é de secção insuficiente para o consumo. Substituir a linha com outra de secção adequada. Se a tensão insuficiente não se deve a linha interna e se a diminuição não for temporária, pode-se incrementar o torque (binário) de arranque do compressor (caso este seja do tipo de PSC) instalando um conjunto que compreende um condensador de arranque e um relé, transformado assim o sistema de arranque do compressor de PSC a CRS.

Se ao contrário o compressor tem um sistema de arranque do tipo RSIR, sua transformação em CSIR é quase sempre desaconselhável pois não é homologada pelo fabricante do compressor.

Causa

1.2- Falta Calibração das pressões durante a paragem rápida do compressor (de modelo a dupla baixa no sistema capilar). Paragens demasiadas e breves são imputáveis a um termómetro com diferencial demasiado limitado.

Intervenção sugerida

1.2- Substituir o termostato com outro de diferencial mais amplo ou aplicar o termostato com diferencial regulável. Eventualmente dessensibilizar o elemento sensível do termostato existente, para não exceder cinco intervenções horárias.

Causa

1.3- Relé de arranque defeituoso ou não estando conforme as especificações do fabricante do compressor.

Intervenção sugerida

1.3- Procurar instalar um novo relé e ter o cuidado que as letras TOP (alto em inglês) fique no alto do relé instalado. Se o relé original for do tipo amperimétrico (com TI) e não se encontrar a peça adequada, pode-se instalar um relé de estado sólido até uma potencia do compressor de 500W absorvidos.

Causa

1.4- condensador de arranque defeituoso ou com tensão de etiqueta inferior àquela indicada pelo fabricante do compressor. condensador de marcha defeituoso.

Intervenção Sugerida

1.4- Procurar instalar novos condensadores



Causa

1.5- ligações eléctricas erradas depois de manuseadas.

Intervenção sugerida

1.5- Restabelecer as ligações conforme os esquemas originais.

Causa

1.6- Enrolamento do motor eléctrico defeituoso.

Intervenção sugerida

1.6- Desligar os cabos de alimentação das baterias de terminais do compressor e averiguar com um ohmímetro, se a resistência do enrolamento de arranque e de trabalho estão corretas; averiguar o isolamento de massa (teste da rigidez dielétrica). Se os testes indicarem uma disfunção do enrolamento consertar ou substituir o compressor.

Causa

1.7- Compressor travado mecanicamente ou os acoplamentos cambota - bronzes não são suficientemente lubrificados.

Intervenção sugerida

1.7- Pode ser feita uma tentativa de destravar o compressor ligando-o provisoriamente de forma que o motor eléctrico receba um impulso que o leva a rodar no sentido contrário ao normal. Se a tentativa falhar, deve-se consertar ou substituir o compressor.

Causa

1.8-Unidade sobrecarregada de refrigerante.

Intervenção sugerida

1.8- Descarregar o refrigerante em excesso para um recipiente externo com a maior lentidão, de um lugar da unidade onde haja somente presença de gás. No caso de se tratar de sistema hermético sem registo. Utilizar um registo perfurador aplicado ao tubo de serviço do compressor. dosear a carga por meio das indicações do indicador de passagem de liquido. Se este não estiver instalado, o mesmo levantamento pode ser feito utilizando um indicador de passagem de liquido de ultra-som, aplicado temporariamente no inicio da linha de liquido.

Causa

1.9- Protecção do motor defeituoso.

Intervenção sugerida

1.9- Verificar que a corrente de arranque e a de trabalho estejam nos limites previstos pelo fabricante do compressor. Verificar também a temperatura do compressor. A ausência de sobrecarga ou de sobreaquecimento evidente demonstram que o dispositivo Protecção de motor é insuficiente. Para os sistemas de protecção diferente proceder como segue:

Protecção de motor térmica ou termostático externo (clixon) :substituir a protecção de motor.

Protecção de motor térmica embutido no compressor: substituir o compressor.

Anomalia

2.0-O compressor trifásico tenta mas não arranca
(A protecção do motor dispara de forma cíclica)



Neste contexto com a palavra compressor entenderemos moto-compressor hermético ou semi-hermético e nunca compressor de tipo aberto. As definições e as conclusões aqui referidas aos compressores herméticos e semi-herméticos, se devidamente interpretadas são também válidas para os compressores abertos. Por exemplo: “constatada a interrupção do enrolamento, consertar e substituir o compressor” deve-se entender como “constatada a interrupção do enrolamento, consertar ou substituir o motor eléctrico de tracção”.

Causa

2.1- Falta uma das três fases de alimentação.

Intervenção sugerida

2.1- A falta de fase pode ser verificada medindo a tensão entre as três fases na bateria de terminais do compressor. Portanto verificar toda a linha de alimentação a partir da entrada do contador. É provável encontrar a interrupção de um fusível ou um desgaste de um binário de contactos do contador ou terminais frouxos.

Causa

2.2- Tensão da linha inferior aos limites de tolerância.

Intervenção sugerida

2.2- Verificar a tensão de cada uma das três fases no contador, se for inferior aos limites de tolerância ou se houver desequilíbrio entre as três fases requerer a intervenção da companhia fornecedora de electricidade. Se ao contrário não for levantada anomalia nenhuma, verificar a tensão de cada uma das três fases nos terminais do compressor em quanto este tenta, mas não parte. Se houver queda de tensão nos terminais do compressor temos a demonstração que a linha entre o contador e o compressor é de secção insuficiente. Substituir a linha com outra de secção adequada.

Causa

2.3- Interrupção do enrolamento do motor eléctrico.

Intervenção sugerida

2.3- Desligar os cabos de alimentação da bateria de terminais do compressor e verificar que a resistência dos três enrolamentos esteja equilibrada. Se o teste indicar um desequilíbrio, consertar ou substituir um compressor.

Causa

2.4- Enrolamento do compressor em curto com massa.

Intervenção sugerida

2.4- Testar o isolamento de massa. Se for insuficiente consertar ou substituir o compressor.

Causa

2.5- Compressor travado mecanicamente.

Intervenção sugerida

2.5- É inútil destrava-lo invertendo a sequência das fases na bateria de terminais. O compressor deve ser consertado ou substituído.



Causa

2.6 - Protecção de motor descalibrada ou defeituosa.

Intervenção sugerida

2.6-Em primeiro lugar verificar que a corrente de arranque e a de serviço estejam nos limites previstos pelo fabricante do compressor. Controlar também a temperatura do compressor. A ausência de sobrecargas ou de um sobreaquecimento evidente demonstram que um dispositivo de protecção do motor é ineficiente. Para os diferentes sistemas de protecção proceder da seguinte forma:

- Protecção de motor térmica ou termostática externa (clixon): Substituir a Protecção de motor.
- Protecção de motor térmica embutida no compressor: Substituir o compressor.
- Protecção de motor no quadro (relé térmico): verificar Calibração e se ela corresponde à corrente de trabalho do compressor substituir o relé térmico.
- Protecção de motor a termístores: substituir o módulo electrónico por outro novo, verificando que a corrente absorvida pela bobina do disjuntor que comanda o compressor não seja superior àquela permitida pelo fabricante do módulo electrónico. Se a disfunção persistir, significa que um dos termístores no enrolamento do compressor está interrompido (o teste da continuidade do circuito feito com um ohmímetro que tem nas extremidades a tensão máxima de 1.5 Volt indica resistência infinita). Uma alternativa ao conserto do compressor é representada pela aplicação, a jusante do disjuntor, de uma relé térmico devidamente calibrado.

Causa

2.7 – Falta de fluído frigorígeno (gás).

Intervenção sugerida

2.7 – Substituição do gás repondo a quantidade recomendada. Em casos especiais onde for possível e recomendado pelos fabricantes acrescentar uma recarga .

Anomalia

3.0- O compressor pára por intervenção do protector térmico.

Causa

3.1- Condensador ineficiente.

Intervenção sugerida

3.1- Se o condensador é refrigerado a ar, limpar o conjunto de aletas deformadas com um pente de aletas. Se for resfriada a água, tirar as incrustações dos passadores de água com soluções adequadas ou escovar os feixes de tubos.

Causa

3.2- Unidade sobrecarregada de refrigerante.

Intervenção sugerida

3.2- Descarregar o refrigerante para um recipiente externo com a maior lentidão, de um lugar da unidade haja somente gás. No caso de um sistema hermético sem registos, utilizar um registo perfurador aplicado ao tubo de serviço do compressor. dosear as cargas através das indicações do passador de liquido. Se este não for instalado, o mesmo tipo de levantamento pode ser feito utilizando um indicador de passagem de liquido de ultra-som, temporariamente aplicado no inicio da linha de liquido.

Causa



3.3- Presença de ar no sistema.

Intervenção sugerida

3.3- Efectuar a purga do circuito. A purga do ar é uma operação bastante complexa que requer bastante experiência. Às vezes é conveniente descarregar a unidade interna, esvazia-la e carrega-la novamente, doseando a carga como indicado no parágrafo precedente.

Causa

3.4- Fluxo de ar insuficiente no condensador refrigerado a ar.

Intervenção sugerida

3.4- Verificar a eficiência dos ventiladores (eficiência dos motores, sentido de rotação, situação das ventoinhas).

Causa

3.5- Recirculação de ar quente no condensador refrigerado a ar. Uma parte de ar aspirado pelos ventiladores não é fresca mas sim de recirculação, em consequência do facto que o condensador é instalado num espaço demasiadamente pequeno ou condensador é protegido por uma chapa furada que obstrui excessivamente o fluxo de ar.

Intervenção sugerida

3.5- Corrigir o arranjo da unidade condensadora e do condensador.

Causa

3.6- Fluxo de água insuficiente no condensador refrigerado à água.

Intervenção sugerida

3.6- Averiguar a Calibração e a eficiência das válvulas pressostáticas, limpar os filtros da tubagem de aspiração, verificar que todos os registos na aspiração estejam abertos, medir a pressão da rede hídrica. Se o fluxo de água insuficiente for à consequência de uma diminuição de pressão não temporária, considerar a possibilidade de inserir uma bomba de circulação ou instalar uma torre de resfriamento. Se a água de resfriamento provém de uma torre, verificar a eficiência desta.

Causa

3.7- Oclusão parcial da linha de descarga.

Intervenção sugerida

3.7- Verificar a posição dos registos da linha de descarga. O enforcamento da secção da passagem pode também ser provocado por uma junção imperfeita (por exemplo por um excesso de liga de brasagem).

Causa

3.8- Pressão de sucção demasiado elevada em relação à pressão prevista de evaporação.

Intervenção sugerida

3.8- Averiguar a Calibração da válvula reguladora de pressão de sucção. Se a unidade for equipada com uma válvula de expansão com carga convencional e não estiver presente uma válvula reguladora de pressão de sucção, verificar que o bulbo termostático da válvula de expansão seja bem fixado à tubagem de sucção e seja adequadamente revestida. Apurar que a válvula seja calibrada correctamente (sobreaquecimento entre 4 e 8°C) e não seja de potência excessiva. Se a unidade for equipada com válvula de expansão com carga MOP, a pressão de sucção excessiva pode ser causada pela abertura demasiada da própria válvula, pode não ser calibrada adequadamente (sobreaquecimento insuficiente) ou pode ser de potência excessiva. Tomar as devidas providências. Se a unidade for do tipo capilar, a pressão de sucção excessiva é causada por carga em demasia.

Causa



3.9- Protecção de motor com calibração inadequada ou defeituosa.

Intervenção sugerida

3.9- Verificar que a corrente de arranque e aquela de marcha esteja nos limites previstos pelo fabricante do compressor. Verificar também a temperatura do compressor. A ausência de sobrecargas ou de um sobreaquecimento evidente demonstram que o dispositivo Protecção de motor é insuficiente. Para os sistemas de protecção diferentes proceder como segue:

- Protecção de motor térmica ou termostático externo (clixon): Substituir a protecção de motor
- Protecção de motor térmica embutida no compressor: Substituir o compressor.
- Protecção de motor no quadro (relé térmico): Verificar a Calibração e se ela corresponde a corrente de marcha do compressor substituir o relé térmico
- Protecção de motor a termístores: Substituir o módulo electrónico com outro novo, verificando que a corrente absorvida pela bobina do disjuntor que comanda o compressor não seja superior aquela permitida pelo fabricante do módulo electrónico. Se a disfunção persistir, significa que um dos termístores no enrolamento do compressor é interrompido (o teste de continuidade do circuito é feito com um ohmímetro que tem nas extremidades a tensão máxima de 1,5 Volt indica resistência infinita). Uma alternativa no conserto do compressor é representada pela aplicação, a jusante do disjuntor, de um relé térmico devidamente calibrado.

Causa

3.10- Tensão de linha inferior aos limites de tolerância.

Intervenção sugerida

3.10- Verificar a tensão de cada uma das três fases no contador, se for inferior aos limites de tolerância e se houver desequilíbrio entre as três fases requerer a intervenção da companhia fornecedora de electricidade. Se ao contrário a tensão entre as fases estiver nos limites, verificar que não a queda de tensão na entrada do compressor enquanto o compressor gira. Se houver queda de tensão tem-se a demonstração que a linha entre o contador e o compressor é de secção insuficiente. Substituir a linha com outra de secção adequada.

Causa

3.11- Enrolamento do motor em curto-circuito

Intervenção sugerida

3.11- Consertar ou substituir o compressor.

Causa

3.12- Acoplamento cambota - bronzes não lubrificado satisfatoriamente ou princípio de “gripagem” do acoplamento pistão-cilindro.

Intervenção sugerida

3.12- Consertar ou substituir o compressor.

Causa

3.13- Linha trifásica desbalanceada.

Intervenção sugerida

3.13- Verificar se as tensões entre as fases estão balanceadas. Caso negativo primeiro verificar no quadro geral se as correntes por fase têm valores não demasiado distintos e se for o caso tentar ver se é possível distribuir as cargas de forma mais equilibrada. Caso as correntes por fase estejam equilibradas deve-se requerer a intervenção da companhia fornecedora de electricidade.

Causa

3.14- Temperatura do compressor muito elevada.

Intervenção sugerida

3.14- Verificar se o compressor esteja adequadamente refrigerado (circulação de ar natural), ventilador suplementar, camisa de circulação de água, etc.) e se sua superfície esteja limpa.



Causa

3.15- Ligações eléctricas erradas e montagem eléctrica de arranque.

Intervenção sugerida

3.15- Verificar as ligações segundo o esquema fornecido pelo fabricante do compressor. Verificar que o relé de arranque seja colocado de forma que a escrita TOP (alto em inglês) fique na parte alta do relé instalado.

Causa

3.16- relé ou condensador de trabalho ou de arranque defeituoso ou não adequado para o compressor específico.

Intervenção sugerida

3.16- Procurar instalar um novo relé e ter cuidado que a escrita TOP (alto em inglês) fique na parte alta do relé instalado. Se o relé original for do tipo amperimétrico e não se encontrar a peça adequada, pode-se instalar um relé no estado sólido até uma potencia do compressor de 500W absorvidos. Tentar substituir os condensadores.

Anomalia

4.0-Os contactos de relé de arranque deterioram rapidamente e ficam colados.

Causa

4.1- O numero das intervenções horárias do compressor é muito elevado (superior a cinco). Diferencial do termostato muito e limitado.

Intervenção sugerida

4.1- Substituir o termostato com outro diferencial mais amplo ou aplicar o termostato com diferencial regulável. Eventualmente ajustar o elemento sensível do termostato existente, para não exceder cinco intervenções diárias.

Causa

4.2- A resistência que liga os dois terminais do condensador de arranque é interrompida ou inexistente.

Intervenção sugerida

4.2- Aplicar uma resistência de 15 a 18 K 2W cuidando particularmente das soldaduras de estanho de seus terminais aos terminais do condensador.

Anomalia

5.0- O condensador de arranque queima-se.

Causa

5.1- Falta de equilíbrio das pressões durante a paragem muito breve do compressor. Paragens muito breves são imputáveis a um termostato com diferencial muito limitado.

Intervenção sugerida

5.1- Substituir o termostato com outro de diferencial mais amplo ou aplicar o termostato com diferencial regulável. Eventualmente dessensibilizar o elemento sensível do termostato existente, para não exceder cinco intervenções horárias. Ou nos casos onde for possível e aceitável, colocar um temporizador que atrase o arranque por exemplo 10 minutos

Causa

5.2- relé de arranque defeituoso ou não conforme as especificações do fabricante do compressor.

Intervenção sugerida

5.2- Procurar instalar um novo relé e ter o cuidado que a escrita TOP (alto em inglês) fique na parte alta do



relé estalado. Se o relé original for do tipo amperimétrico e não se encontrar a peça adequada, pode-se instalar um relé no estado sólido até uma potência do compressor de 500W absorvidos

Causa

5.3- Condensador de arranque defeituoso ou com tensão de etiqueta inferior aquela prescrita pelo fabricante do compressor.

Intervenção sugerida

5.3- Instalar como tentativa um novo condensador.

Causa

5.4- Ligações eléctricas erradas por terem sido manipuladas.

Intervenção sugerida

5.4- Restabelecer as ligações de acordo com os esquemas originais.

Causa

5.5-Enrolamento do motor eléctrico defeituoso.

Intervenção sugerida

5.5- Desligar os cabos de alimentação da bateria de terminais do compressor e averiguar com um ohmímetro, se a resistência do enrolamento de arranque e daquele de marcha estão corretas: averiguar o isolamento de massa (teste da rigidez dieléctrica). Se os testes indicarem uma disfunção do enrolamento, consertar ou substituir o compressor.

Causa

5.6- Compressor travado mecanicamente ou os acoplamentos árvore - bronzes não são bastante lubrificados.

Intervenção sugerida

5.6-Pode ser feita uma tentativa de destravar o ligando-o provisoriamente de forma que o motor eléctrico receba um impulso que o leve a lidar no sentido contrário ao normal. Se a tentativa for falha, deve-se consertar ou substituir o compressor.

Causa

5.7 -A unidade esta sobrecarregada de refrigerante.

Intervenção sugerida

5.7- Descarregar o refrigerante em excesso para um recipiente externo com a maior lentidão, para um lugar da unidade onde haja somente presença de gás. No caso de se tratar de sistema hermético sem registo, utilizar um registo perfurador aplicado ao tubo de serviço do compressor. dosear a carga por meio de indicações do indicador de passagem de liquido. Se este não estiver instalado, o mesmo levantamento pode ser feito utilizando um indicador de passagem de liquido de ultra-som, aplicado temporariamente no início da linha de liquido.

Causa

5.8- Os contactos do relé de arranque estão colados. A resistência que liga os dois terminais do condensador de arranque está interrompida ou inexistente.

Intervenção sugerida

5.8- Aplicar uma resistência de 15 a 18 kW, 2W cuidando particularmente das soldaduras de estanho de seus terminais aos terminais do condensador.

Anomalia

6.0- O condensador de trabalho entra em curto-circuito



Causa

6.1-Condensador não esta conforme as especificações do fabricante do compressor.

Intervenção sugerida

6.1- Substituir o condensador com outro de acordo com as especificações do fabricante do compressor.Em fase de montagem ter o cuidado para que o terminal marcado com um selo vermelho seja ligado ao terminal R (marcha) do compressor monofásico.

Anomalia

7.0- O compressor não arranca e não é possível perceber nenhum zumbido, mesmo que na tomada ou no quadro chegue corrente e o termostato seja regulado numa temperatura mais baixa daquela existente na câmara refrigerada.

Causa

7.1- Intervenção de um dispositivo eléctrico de protecção ou de segurança de tipo de ligação manual. Funcionamento defeituoso de um dispositivo automático de protecção.

Intervenção sugerida

7.1 Apertar os botões de ligação manual dos pressostatos e do relé térmico. Verificar a integridade dos dispositivos automáticos de protecção.

Causa

7.2- O elemento bulbo -fole do termostato descarregou , o circuito eléctrico fica aberto.

Intervenção sugerida

7.2 -Substituir o termostato.

Causa

7.3- O disjuntor não se excita pela interrupção de sua bobina .

Intervenção sugerida

7.3- A certeza da interrupção tem-se averiguando a presença de tensão nas extremidades da bobina. Substituir a bobina interrompida.

Causa

7.4- A linha de alimentação do compressor é interrompida.

Intervenção sugerida

7.4- Desligar a linha da suas extremidades e verificar sua continuidade de circuito.

Causa

7.5- O enrolamento do motor eléctrico é interrompido.

Intervenção sugerida

7.5- Verificar a continuidade do circuito do enrolamento. Consertar ou substituir o compressor.

Anomalia

8.0- Os períodos de paragem do compressor são muito breves ou o compressor efetua mais de cinco intervenções por hora.

Causa

8.1- Diferencial do termostato muito limitado.

Intervenção sugerida

8.1- Substituir o termostato com outro de diferencial mais amplo ou aplicar o termostato com diferencial regulável. Eventualmente ajustar elemento sensível do termostato existente.



Causa

8.2- Infiltração grande de calor na câmara refrigerada.

Intervenção sugerida

8.2- Nas câmaras de temperatura baixa as paragens rápidas do compressor são imputáveis a estanquidade insuficiente das portas isotérmicas. A dificuldade elimina-se averiguando dobradiças e fechaduras.

Causa

8.3- As válvulas do compressor têm uma estanquidade perfeita.

Intervenção sugerida

8.3- Verificar a vedação das válvulas por meio de um vacuómetro aplicado na sucção do compressor. Um aumento rápido da pressão de sucção na paragem do compressor denuncia uma vedação imperfeita das válvulas. Se essa disfunção não compromete o rendimento do compressor, a imperfeição pode ser corrigida aplicando uma válvula de retenção na linha de sucção ou na de descarga.

NOTA IMPORTANTE: o fluido refrigerante substituído ou descarregado deve ser sempre recuperado e mandado para a reciclagem, no estrito respeito das normas, em especial se forem gases já proibidos. Nas operações de substituição de fluido e descargas, deve sempre ter-se o máximo cuidado com as fugas e derrames que produzam riscos de poluição.



A MANUTENÇÃO DOS COMPONENTES MECÂNICOS DO AVAC Lista das avarias, diagnósticos e soluções em bombas de calor

Anomalia

9.0- A pressão de descarga é muito elevada.

(verificar-se a intervenção eventual da protecção de motor ou do pressostato de pressão alta)

Causa

9.1- Condensador ineficiente.

Intervenção sugerida

9.1- Se o condensador é refrigerado a ar, limpar o conjunto de aletas e eventualmente endireitar as aletas deformadas com um pente de aletas . Se for refrigerado a água, tirar as incrustações dos passadores com soluções adequadas ou escovar o feixe de tubos.

Causa

9.2- Fluxo de ar insuficiente no condensador refrigerado a ar.

Intervenção sugerida

9.2- Verificar os ventiladores (eficiência dos motores, ventoinhas, sentido de rotação, estado dos ventiladores -se estão mesmo a trabalhar). Por vezes quando há muitos ventiladores 4 por ex. pode acontecer que um esteja avariado, mas quando se olha, à nossa vista parece que está em funcionamento, mas isso é por arrasto da ventilação dos outros ventiladores em funcionamento.

Causa

9.3- Recirculação de ar quente no condensador refrigerado a ar. Uma parte de ar resfriada pelos ventiladores não é fresca mas sim de recirculação, isto é consequência do condensador ter sido instalado num espaço muito pequeno ou o condensador esta protegido por uma capa furada que trava o fluxo de ar excessivamente.

Intervenção sugerida

9.3- Corrigir o arranjo da unidade condensadora ou do condensador.

Causa

9.4- Fluxo de água insuficiente no condensador refrigerado à água.

Intervenção sugerida

9.4 - Averiguar a Calibração e a eficiência das válvulas pressostáticas, limpar os filtros na tubagem de aspiração, verificar que todos os registos na aspiração estejam abertos, medir a pressão da rede hídrica. Se o fluxo de água insuficiente for à consequência de uma diminuição de pressão temporária , considerar a possibilidade de inserir uma bomba de circulação ou instalar uma torre de resfriamento . Se a água de refrigeração provém de uma torre, verificar a eficiência desta.

Causa

9.5- Presença de ar na unidade.

Intervenção sugerida

9.5-Efectuar a purga do circuito. A purga do ar é uma operação bastante complexa que requer bastante experiência. Às vezes é conveniente descarregar a unidade inteira, esvazia-la e carrega-la novamente, doseando a carga como indicado no parágrafo 9.8

Causa

9.6- Oclusão parcial da linha de descarga.

Intervenção sugerida



9.6- Verificar a posição dos registos da linha de descarga. O enforcamento da secção de passagem pode também ser provocado por uma junção imperfeita (por exemplo por um excesso de liga de brasagem)

Causa

9.7- Pressão de sucção muito elevada face à pressão de evaporação prevista.

Intervenção sugerida

9.7- Averiguar a Calibração da válvula reguladora da pressão de sucção. Se a unidade for equipada com uma válvula de expansão com carga convencional e não estiver presente uma válvula reguladora de pressão de sucção, verificar que o bulbo termostático da válvula de expansão esteja bem fixado a tubagem de sucção e esteja adequadamente revestida. Apurar que a válvula esteja calibrada correctamente (sobreaquecimento entre 4 e 8 °C) e não seja de potência excessiva. Se a unidade for equipada com válvula de expansão com carga MOP, a pressão de sucção excessiva pode ser causada pela abertura demasiada da mesma válvula, por não ser calibrada adequadamente (sobreaquecimento insuficiente) ou por ser de potência excessiva. Tomar as devidas providências. Se a unidade for de tipo capilar, a pressão de sucção excessiva é causada por carga em demasia.

Causa

9.8- Unidade sobrecarregada de refrigerante.

Intervenção sugerida

9.8- Descarregar o refrigerante para um recipiente externo com lentidão máxima, para um lugar da unidade onde haja somente gás. No caso de um sistema hermético sem registos, utilizar um registo perfurador aplicado ao tubo de serviço do compressor. Dosear a carga através as indicações do passador de líquido. Se este não estiver instalado, o mesmo tipo de levantamento pode ser feito utilizando um indicador de passagem de líquido de ultra-som, temporariamente aplicado no início da linha de líquido.

Anomalia

10.0 - A pressão de sucção é muito elevada em relação pressão de evaporação prevista.

(Há eventual intervenção da Protecção de motor. Pode-se manifestar também o congelamento parcial do compressor e o batimento dos pinos)

Causa

10.1-Válvula reguladora da pressão de sucção não esta nos padrões da Calibração.

Intervenção sugerida

10.1-Aplicar um vacuómetro jusante da válvula e calibra-la a uma pressão que permita evitar sobrecargas no compressor em fase de arranque.

Causa

10.2-Bulbo da válvula de expansão termostática não esta bem fixado à tubagem de sucção.

Intervenção sugerida

10.2- Providenciar a fixação do bulbo da válvula de expansão à tubagem de sucção. Usar as devidas bainhas metálicas.

Causa

10.3-Bulbo da válvula de expansão termostática investido por uma corrente de ar.

Intervenção sugerida

10.3-Isolar o tubo com fita impermeabilizadora adesiva.

Causa

10.4-Válvula de expansão excessivamente aberta (sobreaquecimento insuficiente)



Intervenção sugerida

10.4- Retirar a válvula de modo que o sobreaquecimento fique entre 4 e 8 °C.

Causa

10.5- Válvula de expansão de potência excessiva.

Intervenção sugerida

10.5-Substituir a válvula com outra de potência adequada aquela do evaporador.

Causa

10.6-Carga de refrigerante em excesso (nos sistemas com capilar)

Intervenção sugerida

10.6-Descarregar o refrigerante para um recipiente externo com a maior lentidão, para um lugar da unidade onde haja somente gás. No caso de um sistema hermético sem registo, utilizar um registo perfurador aplicado ao tubo de serviço do compressor. Dosear a carga através do indicador do passador de liquido. Se este não estiver instalado, o mesmo tipo de levantamento pode ser feito utilizando um indicador de passagem de liquido de ultra-som, temporariamente aplicado no início da linha de liquido.

Anomalia

11.0- A pressão de sucção é muito baixa em relação à pressão de evaporação prevista.
(Há eventual intervenção do pressostato de pressão baixa).

Causa

11.1- Evaporador gelado em demasia por ineficiência dos dispositivos de descongelação ou por falta de funcionamento dos ventiladores.

Intervenção sugerida

11.1-Verificar a eficiência dos dispositivos de descongelação,o temporizador é o termostato de térmico dege-lo. Verificar também o funcionamento dos ventiladores.

Causa

11.2- Carga de refrigerante insuficiente.

Intervenção sugerida

11.2- Complementar a carga da unidade referindo-se as indicações do indicador de passagem de liquido. Se este não estiver instalado, o mesmo tipo de levantamento pode ser efectuado utilizando um indicador de passagem de ultra-som, temporariamente aplicado no início da linha de liquido.

Causa

11.3- Entupimento da linha de liquido ou do capilar.

Intervenção sugerida

11.3-Verificar a eficiência de todos os componentes montados na linha de liquido e especialmente do filtro desidratador . Se este estiver parcialmente entupido sua conexão de saída resultara mais fria do que a conexão da entrada. Verificar também a posição das hastes de comando dos registos. Um entupimento pode também ser causado por uma junção imperfeita (excesso de liga de brasagem no interior da junção). O entupimento do capilar em geral é provocado pela unidade ou pelas impurezas presentes no circuito. Desligar o filtro desidratador, expurgar o capilar com bomba de alta pressão, instalar um filtro de três vias novo, efectuar o esvaziamento e a carga.

Causa

11.4-Válvula de expansão muito fechada (sobreaquecimento excessivo).



Intervenção sugerida

11.4- Calibrar novamente a válvula de forma que o sobreaquecimento fique entre 4 e 8 °C.

Causa

11.5- Válvula de expansão da pressão de sucção descalibrada.

Intervenção sugerida

11.5- Aplicar um vacuómetro jusante da válvula e calibrá-la a uma pressão um pouco superior a pressão normal de evaporação.

Causa

11.6- Perda excessiva de carga da linha de sucção

Intervenção sugerida

11.6- Levantar a queda de pressão por meio de filtros (regeneradores, mecânicos etc.) e verificar a posição das hastes de comando dos registos.

Causa

11.7- O fluido contido no elemento termostático da válvula de expansão MOP condensou no fole (ou na parte superior da membrana) no lugar do bulbo.

Intervenção sugerida

11.7- Aquecer levemente a parte superior da válvula de expansão em relação ao corpo cilíndrico que contém o fole (ou em correspondência do lado superior da membrana).

Causa

11.8- O elemento termostático da válvula de expansão está descarregado.

Intervenção sugerida

11.8- Substituir o elemento termostático (conjunto bulbo-capilar-membrana) ou substituir integralmente a válvula, caso a construção da válvula não permita a substituição dos componentes.

Nota: A queda de pressão através dos filtros (D_p) pode ser quantificada aplicando um manómetro na entrada e outro na saída do filtro.

Causa

11.9- Válvula de expansão de potência insuficiente.

Intervenção sugerida

11.9- Substituir a válvula com outra de potência adequada à do evaporador.



A MANUTENÇÃO DOS COMPONENTES MECÂNICOS DO AVAC **Lista das avarias, diagnósticos e soluções em Filtros de Ar**

AVAC - O FILTRO DE AR

Mesmo que tenha um plano de manutenção preventiva abrangente, não se esqueça de um passo simples: Controlar as condições e a “idade” do filtro de ar.

O filtro de ar é importante para a vida do prédio. Um bom filtro de ar mantém a qualidade do ar ambiente. A saúde mecânica do sistema de AVAC também depende das condições do sistema de filtragem do ar. Mudar os filtros de ar com frequência e usar filtros de qualidade pode estender a vida de um equipamento de AVAC caro.

Sugestões para uma boa manutenção do filtro de ar:

1º

Certificar-se de que instala o tamanho correto de filtro (tipo e tamanho comprovadamente equivalente ao original). Se não fizer isso, o ar vai escapar ao redor do filtro sem ser filtrado (bypass de ar) e anula o objectivo da filtragem do sistema.

2º

Verifique se o meio filtrante está danificado.

3º

Verifique a selagem do meio filtrante no quadro de suporte.

4º

Instale o filtro de acordo com as especificações de manutenção do fabricante.

5º

Inspeccionar visualmente componentes para procurar danos e áreas de circulação de ar. Calafetar rachaduras na parede de vedação da conduta e na carcaça do filtro.

6º

Substituir todos os filtros, ao mesmo tempo. Recomenda-se também o registo da medida da pressão diferencial leituras em ciclos específicos ao longo do ano para ter uma melhor ideia de quando deve alterar filtros.

O intervalo da necessidade de mudança do filtro é determinado pelo tipo de instalação, pelas necessidades da instalação e do ambiente em que a instalação está localizada. Um filtro de ar, não importa com o que seja, vai ficar sujo. O leitura da pressão diferencial irá ajudá-lo a conhecer melhor quando é preciso ser mudado.



ANEXOS

REGRAS DE DENOMINAÇÕES NORMALIZADAS DOS CABOS

CORRESPONDÊNCIA COM NORMALIZAÇÃO		
H	CONFORME DOCUMENTOS DE HARMONIZAÇÃO DO CENELEC	H05V-K

TENSÃO NOMINAL		
03	TENSÃO NOMINAL 300/300V	H03VVH2-F
05	TENSÃO NOMINAL 300/500V	H05V-K
07	TENSÃO NOMINAL 450/750V	H07V-K

ISOLAMENTOS E REVESTIMENTOS NÃO-METÁLICOS		
*D	BORRACHA DE ETILENO-PROPILENO	DHV
E	POLIETILENO	EV V
E 2	POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE	E2V V
*I	HYPALON	DI
J	TRANÇA DE FIBRA DE VIDRO	SJ

* Símbolos não adoptados pela CENELEC

ISOLAMENTOS E REVESTIMENTOS NÃO-METÁLICOS		
N	POLICLOROPRENO	N
P	PAPEL DE ISOLAMENTO	PCV
Q	POLIURETANO	DQ
R	BORRACHA	H07RR-F
S	BORRACHA DE SILICONE	SJ
T	TRANÇA TÊXTIL	H03RT-K
V	POLI(CLORETO DE VINILO) / PVC	V V
X/*R	POLIETILENO RETICULADO	RV-K
V5/*Vh	PVC RESISTENTE AOS ÓLEOS	V V5
Z	COMPOSTO RETICULADO, COM BAIXA EMISSÃO DE HALOGÉNEOS, SEM FUMOS OPACOS	H07Z-R
Z1	COMPOSTO TERMOPLÁSTICO COM BAIXA EMISSÃO DE HALOGÉNEOS, SEM FUMOS OPACOS	07Z1-K RZ1-K XG



REVESTIMENTOS METÁLICOS		
C3	BLINDAGEM DE COBRE, CORRUGADA	VC3V
*F/*A	ARMADURA DE FITAS DE AÇO	RVFV VAV
*FA/*1A	ARMADURA DE FITAS DE ALUMÍNIO	RFAV X1AV
*F3/*2A	ARMADURA DE FITA DE AÇO CORRUGADA	RVF3V X2AV
*H	BLINDAGEM DE CAMPO RADIAL	DHV
L/*C	BAINHA DE CHUMBO	DLV PCV
C/*0	CONDUTOR CONCÊNTRICO EM COBRE	V VCV XOV
C4	BLINDAGEM POR TRANÇA DE COBRE	VC4V
*M/*R	ARMADURA DE FIOS DE AÇO	V VMV XRV
*MA/*1R	ARMADURA DE FIOS DE ALUMÍNIO	VMAV V1RV
*O	BLINDAGEM METÁLICA COLECTIVA	RVOV
*01	BLINDAGEM INDIVIDUAL DE PARES, TERNOS...	E01V
*02	BLINDAGEM COLECTIVA DE PARES, TERNOS...	E02V
Z5	TRANÇA DE FIOS DE AÇO	VZ5V

* Símbolos não adoptados pela CENELEC

OUTROS SÍMBOLOS		
x	SEM CONDUTOR AMARELO / VERDE	3 x 2,5 mm ²
G	COM CONDUTOR AMARELO / VERDE	3 G 2,5 mm ²

CODIGOS DAS CORES DOS CABOS E CONDUTORES UNIFILARES

TABELAS	CONTEÚDO
I	Cabos Rígidos / Multi filares de Potência e Sinalização
II	Cabos Flexíveis de Potência e Sinalização
III	Cabos Datax Par e Data Cel Par
IV	Cabos segundo as Normas DIN 47.100
V	Alteração na identificação dos condutores isolados



TABELA I Cabos Rígidos / Multifilares, de Potência e Sinalização

Numero Condutores	Com condutor de Protecção	Sem Condutor de Protecção
2	---	Azul
2	---	Preto
3	Amarelo-Verde	Azul
3	Preto	Castanho
3	Azul	Preto
4	Amarelo-Verde	Azul
4	Preto	Castanho
4	Cinzento	Preto
4	Castanho	Cinzento
5	Amarelo-Verde	Preto-Amarelo
5	Preto	---
5	Castanho	---
5	Cinzento	---
5	Amarelo-Verde	Preto numerado
6	Preto numerado e Amarelo-Verde	Preto-Vermelho

TABELA II Cabos Flexíveis, de Potência e Sinalização

Num condutores	Cores
2	Azul / Castanho
3	Azul / Castanho / Amarelo-Verde
4	Castanho / Preto / Amarelo-Verde / Cinza
5	Azul / Castanho / Preto / Amarelo-Verde / Cinza
6 ou mais	Preto numerado / Amarelo-Verde

TABELA III Cabos Datax Par e Data Cel Par

Nº Pares	Cores	Nº Pares	Cores
1	Preto-Vermelho	7	Preto-Laranja
2	Preto-Branco	8	Vermelho-Branco
3	Preto-Verde	8	Vermelho-Verde
4	Preto-Azul	10	Vermelho-Azul
5	Preto-Amarelo	11	Vermelho-Amarelo
6	Preto-Castanho	12	Vermelho-Castanho

TABELA IV Cabos segundo as Normas DIN 47.100

Nº Condutores	Cores	Nº Condutores	Cores
1	Branco	14	Castanho-Verde



TUTORIAL DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS DE AVAC

2	Castanho	15	Branco-Amarelo
3	Verde	16	Amarelo-Castanho
4	Amarelo	17	Branco-Cinzento
5	Cinzento	18	Cinzento-Castanho
6	Rosa	19	Branco-Rosa
7	Azul	20	Rosa-Castanho
8	Vermelho	21	Branco-Azul
9	Preto	22	Castanho-Azul
10	Violeta	23	Branco-Vermelho
11	Cinzento-Rosa	24	Castanho-Vermelho
12	Vermelho-Azul	25	Branco-Preto
13	Branco-Verde	-----	-----

TABELA V Alteração na identificação dos condutores isolados

Nº Condutores	ANTIGO	NOVO
2x	Az / Pt	Ct / Az
3x	Az / Pt / Ct	Ct / Pt / Cz
3G	Az / Pt / AmVd	Ct / Az / AmVd
3,5x	Az / Pt / Pt / Ct	Ct / Pt / Cz / Az
4x	Az / Pt / Pt / Ct	Ct / Pt / Cz / Az
4G	Az / Pt / Ct / AmVd	Ct / Pt / Cz / AmVd
5x	Az / Pt / Pt / Pt / Ct	Ct / Pt / Cz / Pt / Az
5G	Az / Pt / Pt / Ct / AmVd	Ct / Pt / Cz / AmVd / Az

A aplicação da nova edição do documento CENELEC HD 308 implicou alterações nas cores dos isolamentos dos cabos de baixa tensão.

No quadro seguinte consta a correspondência entre os antigos e os novos códigos de cores:

CABOS E CORDÕES FLEXÍVEIS – Cor dos condutores isolados e respectiva ordem sequencial

Composição/ Número de condutores isolados	Código de cores actual				Novo código de cores (HD 308.S2)	
	Condutores rígidos		Condutores flexíveis		Condutores rígidos e flexíveis	
	C/cond.V/A	S/cond.V/A	C/cond.V/A	S/cond.V/A	C/cond.V/A	S/cond.V/A
2						
3						
4						
5						

Nota: Nas situações previstas com duas configurações dá-se preferência à configuração com condutor de isolamento cinzento.



Cabos de Potência para usos comuns residenciais

Designação de Cabos e Condutores		
Designação NP 2361 (1984)	Tensão Estipulada (V)	Designação NP 665 (1972)
H07V-U	450/750	V ⁽¹⁾
H07V-R	450/750	V ⁽²⁾
H05V-U	300/500	V<1 mm ²
H07V-K	450/750	FV
H05V-K	300/500	FV
PT-N05VV-U	300/500	VV ⁽¹⁾ ⁽³⁾
PT-N05VV-R	300/500	VV ⁽²⁾ ⁽³⁾
PT-N05VVH2-U	300/500	VVD
H03VH-H	300/300	FFVD
H03VVH2-F	300/300	FVVD< 1 mm ²
H03RT-F	300/300	FBT
H05RR-F	300/500	FBB
H07RN-F	450/750	FBBN

- a) Unifilares
- b) Multifilares
- c) Dimensões da bainhas aligeiradas pelo que a correspondência não é directa. Continua a existir o cabo VV (0,6/1 kV) CEI 502 para utilização em redes de distribuição, canalizações enterradas e canalizações exteriores.

Secções Nominais (mm ²)	
Condutor de Fase	Condutor de protecção
1,5	1,5
2,5	2,5
4	4
6	6
10	10
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	95
185	95
240	120
300	150
400	240

RESISTÊNCIA DE TERRA E PROTECÇÕES DIFERENCIAIS

Protecção Diferencial	
Corrente diferencial residual (mA)	Resistência de terra máxima permitida (Ω)
500	100
300	166
100	500
30	1666
10	5000

Entradas Monofásicas – Tabela prática para CONDUTORES				
Potência (kVA)	Intensidade (A)	Condutores (mm ²)	Tubos (mm)	Protecções (A)
3,45	15	6	32	32
6,9	30	6	32	32
10,35	45	16	40	63
13,8	60	16	40	63



Entradas Monofásicas – Tabela prática para CABOS				
Potência (kVA)	Intensidade (A)	Condutores (mm ²)	Tubos (mm)	Protecções (A)
3,45	15	6	40	40
6,9	30	6	40	40
10,35	45	10	50	63
13,8	60	10	50	63

Entradas Trifásicas – Tabela prática para CONDUTORES				
Potência (kVA)	Intensidade (A)	Condutores (mm ²)	Tubos (mm)	Protecções (A)
6,9	3x10	6	32	32
10,35	3x15	6	32	32
13,8	3x20	6	32	32
17,25	3x25	6	32	32
20,7	3x30	6	32	32
27,6	3x40	10	40	40
34,5	3x50	16	50	63
41,4	3x60	16	50	63

Entradas Trifásicas – Tabela prática para CABOS				
Potência (kVA)	Intensidade (A)	Condutores (mm ²)	Tubos (mm)	Protecções (A)
6,9	3x10	6	50	40
10,35	3x15	6	50	40
13,8	3x20	6	50	40
17,25	3x25	6	50	40
20,7	3x30	6	50	40
27,6	3x40	6	50	40
34,5	3x50	10	50	50
41,4	3x60	16	63	63

Características dos equipamentos em função da presença de água a que podem ficar submetidos		
A – Condições ambientais		
AD – Presença de água		
Código	Classe das influências externas	Características dos equipamentos e sua instalação
AD1	Desprezável	IP X0
AD2	Gotas de água	IP X1
AD3	Chuva	IP X3
AD4	Projecção de água	IP X4
AD5	Jactos de água	IP X5
AD6	Jactos de água fortes ou massas de água	IP X6
AD7	Imersão temporária	IP X7
AD8	Imersão prolongada	IP X8

Características dos equipamentos em função da presença sólidos estranhos a que podem ficar submetidos		
A – Condições ambientais		
AE – Presença de corpos sólidos estranhos		
Código	Classe das influências externas	Características dos equipamentos e sua instalação
AE1	Desprezável	IP 0X ⁽¹⁾
AE2	Objectos pequenos (<2,5 mm)	IP 3X ⁽²⁾
AE3	Objectos muito pequenos (<1 mm)	IP 4X ⁽¹⁾
AE4	Poeiras ligeiras	
AE5	Poeiras médias	IP 5X ⁽²⁾ ou IP 6X ⁽³⁾
AE6	Poeiras abundantes	

- i) Ver RTIEBT
j) Se a penetração de poeiras não for prejudicial ao funcionamento do equipamento.



- k) Se a penetração de poeiras for prejudicial ao funcionamento do equipamento, os diferentes graus de penetração correspondem aos ensaios definidos na Norma NP EN 60529.

Secções mínimas convencionais dos condutores de terra

Condutor de terra	Protegido mecanicamente	Não protegido mecanicamente
Protegido contra a corrosão	De acordo com a secção 543.1	16 mm ² , se de cobre nu ou de aço galvanizado
Não protegido contra a corrosão	25 mm ² , se de cobre 50 mm ² , se de aço galvanizado	

Diâmetro nominal dos tubos do tipo VD, em função da secção e do número de condutores da coluna (primeiro estabelecimento)

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Diâmetro nominal dos tubos (mm)				
	Número de condutores (*)				
	1	2	3	4	5
10	32	32	32	40	40
16	32	32	40	40	50
25	32	40	50	50	63
35	32	50	63	63	63
50	40	50	63	75	75
70	40	63	75	75	90
95	50	63	90	90	90
120	50	75	90	110	110
150	63	90	110	110	110
185	63	90	110	110	-
240	75	110	-	-	-
300	75	110	-	-	-
400	90	-	-	-	-
500	110	-	-	-	-

(*) Para condutores de secção nominal superior a 16 mm², os valores correspondentes a quatro e a cinco condutores consideram que, respectivamente, 1 ou 2 condutores são de secção reduzida (condutor neutro - N e condutor de protecção - PE).

Diâmetro nominal dos tubos do tipo VD, em função da secção e do número de condutores da coluna (em caso de aumento de potência)

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Diâmetro nominal dos tubos (mm)				
	Número de condutores (*)				
	1	2	3	4	5
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	90
185	50	63	75	90	90
240	50	75	90	90	110
300	63	75	110	110	110
400	63	90	110	110	-
500	75	110	-	-	-

(*) Para condutores de secção nominal superior a 16 mm², os valores correspondentes a quatro e a cinco condutores consideram que, respectivamente, 1 ou 2 condutores são de secção reduzida (condutor neutro - N e condutor de protecção - PE).

803.5.5.3 — Nas entradas, não devem ser utilizadas canalizações com condutores de secção nominal inferior a 6 mm² nem tubos de diâmetro nominal inferior a 32 mm.

Secções mínimas dos condutores

Natureza das canalizações		Utilização do circuito	Condutores	
			Material	Secção (mm²)
Instalações fixas	Cabos e condutores isolados	Potência e iluminação	Cobre	1,5
			Alumínio	2,5(1)
	Sinalização e comando	Cobre	0,5(2)	
	Condutores nus	Potência	Cobre	10
		Sinalização e comando	Alumínio	16
			Cobre	4
Ligações flexíveis por meio de cabos ou de condutores isolados		Para um dado aparelho	Cobre	(3)
		Para todas as outras aplicações	Cobre	0,75(4)
		Circuitos de tensão reduzida para aplicações especiais	Cobre	0,75

(1) - Os ligadores usados para as ligações de condutores de alumínio devem ser ensaiados e aprovados para esse fim específico. Em Portugal, não são, na prática, utilizados condutores em alumínio de secção inferior a 16 mm².

(2) - Admite-se a secção mínima de 0,1 mm² para os circuitos de sinalização e de comando destinados a aparelhos electrónicos.

(3) - De acordo com a Norma desse aparelho.

(4) - Admite-se a secção mínima de 0,1 mm² nos cabos flexíveis com pelo menos 7 condutores para os circuitos de sinalização e comando destinados a aparelhos electrónicos.

Fusíveis

Intensidade nominal In (A)	Intensidade Nominal de não fusão - Inf (A)	Intensidade convencional de fusão - If (A)
2	3	4
4	6	8
6	9	13



8	12	16
10	15	19
12	17	21
15	21	26
16	22	28
20	28	35
25	35	44
30	39	48
32	41	51
40	52	64
50	65	80
60	78	96
63	82	101
80	104	128
100	130	160
125	162	200
160	208	256
200	260	320
250	325	400
315	410	504
400	520	640
500	650	800
630	820	1008

Disjuntores

Intensidade de Regulação - Ir (A)	Intensidade Convencional de não Funcionamento - Inf (A)	Intensidade Convencional de Funcionamento - If (A)
6	7	8
10	11	13
15	16,5	19,5
20	22	26
25	27,5	32,5
30	33	39
40	44	52
50	55	65
60	66	78
80	88	104
100	110	130
125	137	162
150	165	195
200	220	260

Corrente nominal do fusível A	Potência máxima admissível (kW) para motores com rotor de curto-circuito							
	Arranque directo $I_a = 6 I_n \quad t_a \leq 5 \text{ s}$				Arranque estrela triângulo $I_a = 2 I_n \quad t_a \leq 15 \text{ s}$			
	125 V	220 V	380 V	500 V	125 V	220 V	380 V	500 V
2	0,15	0,25	0,45	0,6	0,25	0,43	0,75	1
4	0,33	0,55	1	1,3	0,55	1	1,7	2,2
6	0,6	1,05	1,8	2,7	0,9	1,55	2,7	3,6
10	1,1	1,9	3,3	4,3	1,5	2,6	4,5	6
15	1,5	2,6	4,5	6	2,3	4	7	9,2
20	2	3,5	6	8	3,2	5,5	9,5	12,5
25	3	5,2	9	12	4	7	12	16
35	4,1	7,2	12,5	17	5,8	10	17,5	23
50	5,5	10	17	22	8,3	14,5	25	33
60	7,5	13,3	23	30	10	18	31	41
80	10	17	30	40	13,3	24	41	54
100	13,3	23	40	53	17,7	31	53	70
125	18	32	55	72	22	39	67	88
160	—	40	70	92	—	49	85	112
200	—	52	90	120	—	62	107	141
225	—	66	115	152	—	71	122	160
260	—	81	140	185	—	81	140	185
300	—	93	160	210	—	93	160	210
350	—	107	185	—	—	107	185	—
430	—	132	225	—	—	132	225	—
500	—	155	—	—	—	155	—	—
600	—	186	—	—	—	186	—	—

I_a : Corrente de arranque; I_n : Corrente normal; t_a : Tempo de arranque.

PROTECÇÃO DOS CIRCUITOS

Utilização do circuito	Secção dos cabos (fase/neutro/terra)	Calibre do disjuntor de seccionamento
Iluminação	1,5 mm ²	10A
Tomadas gerais	2,5 mm ²	16 A
Tomadas electrodomésticos	4 mm ²	20 A
Fogões e fornos	6 mm ²	32 A

Seleção das canalizações

Condutores e cabos	Modos de instalação							
	Sem fixação	Fixação directa	Condutas circulares (tubos)	Calhas	Condutas não circulares	Caminhos de cabos, escadas e consolas	Sobre isoladores	Cabos auto-suportados
Condutores nus	-	-	-	-	-	-	+	-
Condutores isolados	-	-	+	+	+	-	+	-
Cabos multicondutores ⁽¹⁾	+	+	+	+	+	+	0	+
Cabos monocondutores ⁽¹⁾	0	+	+	+	+	+	0	+

- - *Interdito*

+ - *Permitido*

0 - *Não aplicável ou não utilizado na prática*

⁽¹⁾ - *incluindo os cabos armados e os cabos com isolamento mineral*

Quedas de tensão máximas admissíveis

Utilização	Iluminação	Outros usos
A - Instalações alimentadas directamente a partir de uma rede de distribuição (pública) em baixa tensão	3 %	5 %
B - Instalações alimentadas a partir de um Posto de Transformação MT/BT ⁽¹⁾	6 %	8 %

⁽¹⁾ - *Sempre que possível, as quedas de tensão nos circuitos finais não devem exceder os valores indicados para a situação A. As quedas de tensão devem ser determinadas a partir das potências absorvidas pelos aparelhos de utilização com os factores de simultaneidade respectivos ou, na falta destes, das correntes de serviço de cada circuito.*

Duração máxima da tensão de contacto presumida para
 $U_L = 50 \text{ V}_{ac}$ ou $U_L = 120 \text{ V}_{dc}$.

Tensão de contacto presumida U_C (V)	Tempo de corte máximo do dispositivo de protecção t (s)	
	Corrente alternada [a]	Corrente contínua [b]
≤ 50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10

[E] 433.2 Coordenação entre os condutores e os dispositivos de protecção

As características de funcionamento dos dispositivos de protecção das canalizações contra as sobrecargas devem satisfazer, simultaneamente, às duas condições seguintes⁽⁴⁾:

$$1) I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$2) I_2 \leq 1,45 I_Z$$

em que:

I_B é a corrente de serviço do circuito, em amperes;

I_Z é a corrente admissível na canalização (veja-se 523), em amperes;

I_n é a corrente estipulada do dispositivo de protecção, em amperes⁽⁵⁾;

I_2 é a corrente convencional de funcionamento, em amperes (veja-se 254.2A).

Na prática I_2 é igual:

- à corrente de funcionamento, no tempo convencional, para os disjuntores;
- à corrente de fusão, no tempo convencional, para os fusíveis do tipo gG.

Nota: A figura 43GA traduz, esquematicamente, as condições indicadas nesta regra.

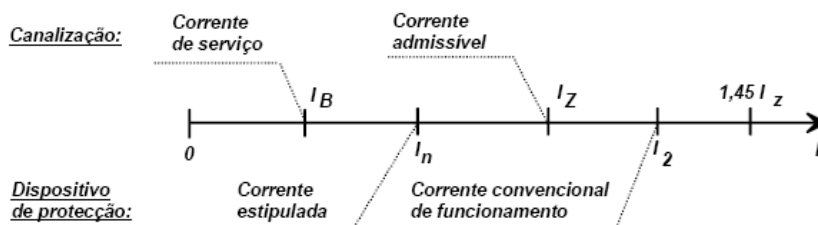


Figura 43GA - Coordenação entre os condutores e os dispositivos de protecção



Secções mínimas dos condutores dos circuitos em locais de habitação

Natureza dos circuitos	Secção (mm ²)
Iluminação	1,5
Tomadas	2,5
Termoacumuladores	2,5
Máquinas de lavar e de secar roupa ou de lavar loiça	2,5
Fogões	4
Climatização ambiente	2,5

RTIEBT- Classificação dos locais

322.4 - Evacuação das pessoas em caso de emergência

Código	Classificação	Características	Referência (secções)
BD1	Normal	Baixa densidade de ocupação e condições de evacuação fáceis	482, 512.2 e 522.18
BD2	Longa	Baixa densidade de ocupação e condições de evacuação difíceis	
BD3	Atravancada	Grande densidade de ocupação e condições de evacuação fáceis	
BD4	Longa e atravancada	Grande densidade de ocupação e condições de evacuação difíceis	

A condição BD1 aplica-se aos edifícios de altura inferior a 60 m, quando destinados a habitação, ou a 28 m, quando destinados a outros usos.

A condição BD2 aplica-se aos edifícios de grande altura (alturas superiores às indicadas para a condição BD1).

A condição BD3 aplica-se aos estabelecimentos recebendo público, como por exemplo, teatros, cinemas e grandes armazéns;

A condição BD4 aplica-se aos edifícios em que se devem combinar as condições BD2 e BD3, como por exemplo, estabelecimentos recebendo público em edifícios de grande altura (hotéis, hospitais, etc.).

322.5 - Natureza dos produtos tratados ou armazenados.

Código	Classificação	Características	Referência (secções)
BE1	Riscos desprezáveis	-----	42, 512.2 e 522.18
BE2	Riscos de incêndio	Tratamento, fabricação ou armazenamento de produtos inflamáveis.	
BE3	Riscos de explosão	Tratamento ou armazenamento de produtos explosivos ou com ponto de ignição baixo (incluindo a presença de poeiras explosivas).	512.2 e 522.18
BE4	Riscos de contaminação	Presença de alimentos, produtos farmacêuticos e análogos sem protecção.	

A condição BE2 aplica-se aos locais com riscos de incêndio definidos como tal na legislação em vigor, como por exemplo, os celeiros, as marcenarias, os locais de arquivo e de armazenamento de papel, os locais de reprografia, de impressão e de encadernações (na secção 801 são indicados casos específicos de locais com risco de incêndio - BE2).



A condição BE3 aplica-se às zonas dos edifícios onde possam existir atmosferas explosivas gasosas, como por exemplo, as refinarias e o armazenamento de hidrocarbonetos.

A condição BE4 aplica-se, por exemplo, às indústrias alimentares e às cozinhas industriais, devendo ser tomadas as precauções necessárias para evitar que, em caso de defeito ou de acidente, os produtos tratados nesses locais possam ser contaminados pelos equipamentos eléctricos (por exemplo, fragmentos de lâmpadas).