

Detalhe da UFCD

1088 - Noções de eletricidade e desenho esquemático

Designação da UFCD:

Noções de eletricidade e desenho esquemático

Código:

1088

Carga Horária:

25 horas

Estabelecer um circuito elétrico simples, a partir de especificações definidas.
Identificar as diferenças entre a corrente contínua e a alternada.
Ler e interpretar desenhos de conjuntos eletromecânicos e desenhos de esquemas elétricos.

Recursos Didáticos

Conteúdos

Leis dos circuitos elétricos e seus componentes básicos
Principais grandezas eléctricas
Lei de Ohm
Lei de Joule
Resistência eléctrica
Trabalho e energia, potência
Geradores
Condutores e isoladores
Aparelhos de medida
Receptores
Circuito eléctrico
Corrente alternada e corrente contínua

- Corrente alternada monofásica
- Corrente alternada trifásica
- Corrente contínua

Simbologia eletromecânica e eléctrica
Desenhos de esquemas elétricos
Normas aplicadas ao desenho

1 - Corrente contínua

Corrente contínua (CC ou DC do inglês *direct current*) é o fluxo ordenado de elétrons sempre numa direção, diferente da corrente alternada cujo sentido dos elétrons varia no tempo. Esse tipo de corrente é fornecido por baterias de automóveis ou de motos (6, 12 ou 24V), pequenas baterias (geralmente de 9V), pilhas (1,2V e 1,5V), dínamos, células solares e fontes de alimentação de várias tecnologias, que retificam a corrente alternada para produzir corrente contínua. Normalmente é utilizada para alimentar aparelhos eletrônicos (entre 1,2V e 24V) e os circuitos digitais de equipamento de informática (computadores, modems, hubs, etc.). Além disso é utilizada para transmissão de energia elétrica em grandes distâncias devido as vantagens de menores perdas aliado à utilização de modernos conversores DC/AC, comparada a transmissão em CA convencional. Este tipo de circuito possui um polo negativo e outro positivo (é polarizado). Fonte - Wikipedia.

As correntes contínuas podem ser constantes ou pulsantes.

Correntes contínuas constantes: A CC é considerada constante quando sua intensidade (ou tensão) e sentido não se altera com o passar do tempo. É comumente encontrada em pilhas e baterias.

O gráfico, assim como a forma de onda dessa corrente é um segmento de reta constante.

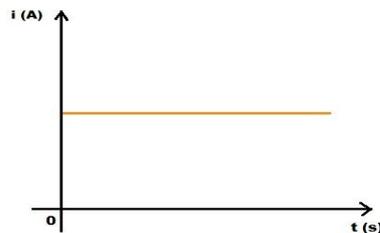


Imagem 0 - Gráfico de corrente contínua

Correntes contínuas pulsantes: Nesse modelo, a corrente tem seu sentido constante, porém o fluxo de elétrons no interior do fio se comporta como pulsos, fazendo com que a intensidade passe por variações no decorrer do tempo. Geralmente é encontrada em circuitos retificadores de corrente alternada.

Há fontes de corrente contínua que fornecem tensões ou correntes, independentemente da carga a qual forem ligadas.

Fonte de tensão CC: As fontes de tensão podem ser divididas em três categorias: baterias, geradores e fontes de alimentação.

Baterias: As baterias são a fonte CC mais comum. Geram energia elétrica pela conversão de energia química e é constituído por células secundárias (células recarregáveis) ou por células primárias (que não podem ser recarregadas).

Fonte de alimentação: É a fonte mais comum encontrada em laboratórios, na qual usa os processos de retificação que converte uma tensão com variação no tempo em uma tensão de magnitude fixa. Geralmente possuem reguladores electrónicos da tensão e até limitadores da intensidade da corrente.

Fonte de corrente CC: Em uma fonte de CC ideal, ainda que tenha variações na tensão, a fonte consegue fornecer corrente de modo contínuo.

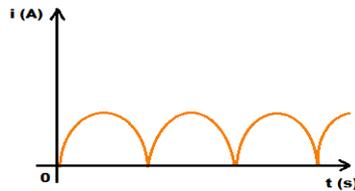


Imagem 1 - Gráfico de corrente contínua pulsante

1.1 - Corrente alterna AC

Fonte de corrente alterna AC - gerador ou alternador

O gerador de automóvel fornece corrente contínua pois usa a retificação por díodos.

Os aerogeradores ou os geradores de barragens produzem tensão e corrente alterna.

A maioria funciona com três fases pelo que se chama trifásico e muitos estão interligados através de transformadores de alta tensão.

Geradores: Convertem energia mecânica em energia eléctrica. Os geradores quando são de corrente contínua também são chamados de dínamos e, quando são de corrente alternada, de alternadores.



Imagem 2 - Fotografias de geradores de automóvel e circuito eléctrico do mesmo

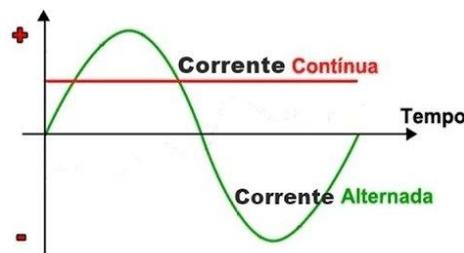


Imagem 3 - Gráfico com corrente contínua e alterna

2 - Lei de Ohm

A Lei de Ohm, assim designada em homenagem a quem a formulou, o físico alemão Georg Simon Ohm (1789-1854), afirma que, para um condutor mantido à temperatura constante, a razão entre a tensão entre dois pontos e a corrente elétrica é constante. Essa constante é denominada de resistência elétrica.

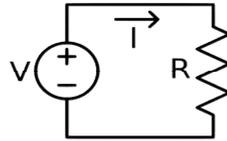


Imagem 4- resistência atravessada por corrente I com o potencial eléctrico V

$$V = R \cdot I \text{ [V]} \quad (1)$$

V é a diferença de potencial eléctrico (ou tensão, ou d.d.p.) medida em volt (V);

I é a intensidade da corrente eléctrica medida em ampere (A);

R é a resistência eléctrica medida em ohm (Ω);

$$R = \frac{U}{I} = \text{constante}$$

Quando essa lei é respeitada por um determinado condutor mantido à temperatura constante, este denomina-se condutor óhmico. A resistência de um dispositivo condutor é dada pela equação:

$$R = V/I \text{ [\Omega]} \quad (2)$$

3 - Potência eléctrica

A potência eléctrica absorvida por um sistema eléctrico é o produto da intensidade da corrente que o atravessa pela diferença de potencial nos seus extremos:

$$P = V \times I \text{ [W]} \quad (3)$$

Por vezes não temos o valor da intensidade mas temos o valor da resistência, assim usando a equação (2) na equação (3) obtemos:

$$P = V^2/R \text{ [W]} \quad (4)$$

Por vezes não temos o valor da tensão mas temos o valor da intensidade, assim usando a equação (2) na equação (3) obtemos:

$$P = R \times I^2 \text{ [W]} \quad (5)$$

Receptores eléctricos - Os receptores eléctricos são *dispositivos que transformam energia eléctrica em outra forma de energia*, seja ela mecânica, térmica, entre outras. Um exemplo de receptor é o motor eléctrico que transforma energia eléctrica em energia mecânica, sendo a base para o funcionamento de vários aparelhos, como os ventiladores, batedeiras, liquidificadores etc.

4 - Lei de Joule

A potência transformada em calor por efeito de Joule é conhecida por lei de Joule. Os condutores metálicos apesar de bons condutores eléctricos têm uma resistência eléctrica que provoca libertação de calor com a intensidade em que a potência é determinada pela equação (5).

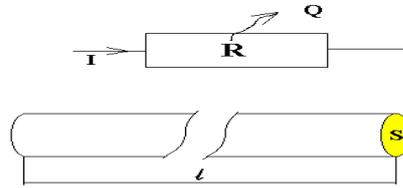


Imagem 5 – Calor libertado num fio condutor por efeito de Joule, Mario Loureiro, 1999

I é a intensidade da corrente eléctrica [A] (ampère) no fio.

P é a potência transformada em calor (Q) por efeito de Joule

A resistência de um condutor eléctrico depende inversamente da sua secção (S), que é a área transversal do condutor, do comprimento (l ou λ) e da resistividade (ρ), esta por sua vez depende da temperatura e do metal utilizado. Geralmente usa-se fios e cabos em cobre, usa-se o alumínio na distribuição da electricidade e iluminação de ruas por ser mais leve e mais barato, usa-se o ouro nos chips electrónicos a fazer a ligação do mesmo aos terminais do circuito integrado. Para fazer resistências eléctricas para aquecimento como no fogão eléctrico e no secador de cabelo usa-se por exemplo aço cromoníquel.

A resistência de um fio condutor é então dada por:

$$R = \rho \times \frac{\lambda}{S} \quad [\Omega] \quad (6)$$

ρ - é a resistividade do material condutor [$\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}$]

Para instalações eléctricas considera-se o condutor quente e usa-se o valor de $\rho = 0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}$

5 - Associação de componentes eléctricos

Associações	Série	Paralelo
♦ Resistores	$R_T = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
♦ Indutores	$L_T = L_1 + L_2$	$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$
♦ Capacitores	$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C_T = C_1 + C_2$

Imagem 6 – associações em série e em paralelo

5.1 - Associação de resistências

Em série - é a soma de todas as resistências.

Em paralelo - usa-se a equação seguinte:

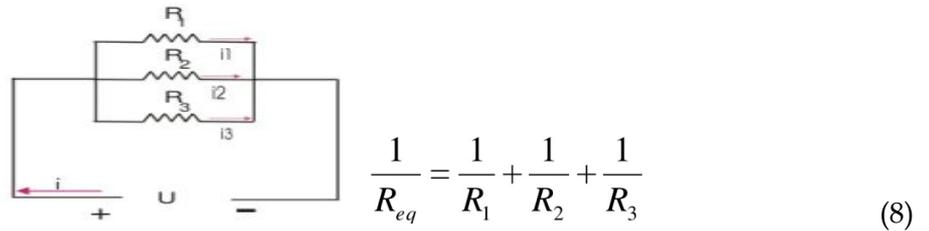


Imagem 7 - circuito com 3 resistências em paralelo

$$R_{eq} = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \quad (9)$$

5.2 - Associação de condensadores

Em paralelo - é a soma de todos os condensadores.

Em série - usa-se a equação seguinte:

$$C_{eq} = 1 / (1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3) \quad (10)$$

5.2 - Associação de bobinas ou indutores

Em série - é a soma de todas as resistências.

Em paralelo - usa-se a equação

$$L_{eq} = 1 / (1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3) \quad (11)$$

6 - Simbologia de componentes

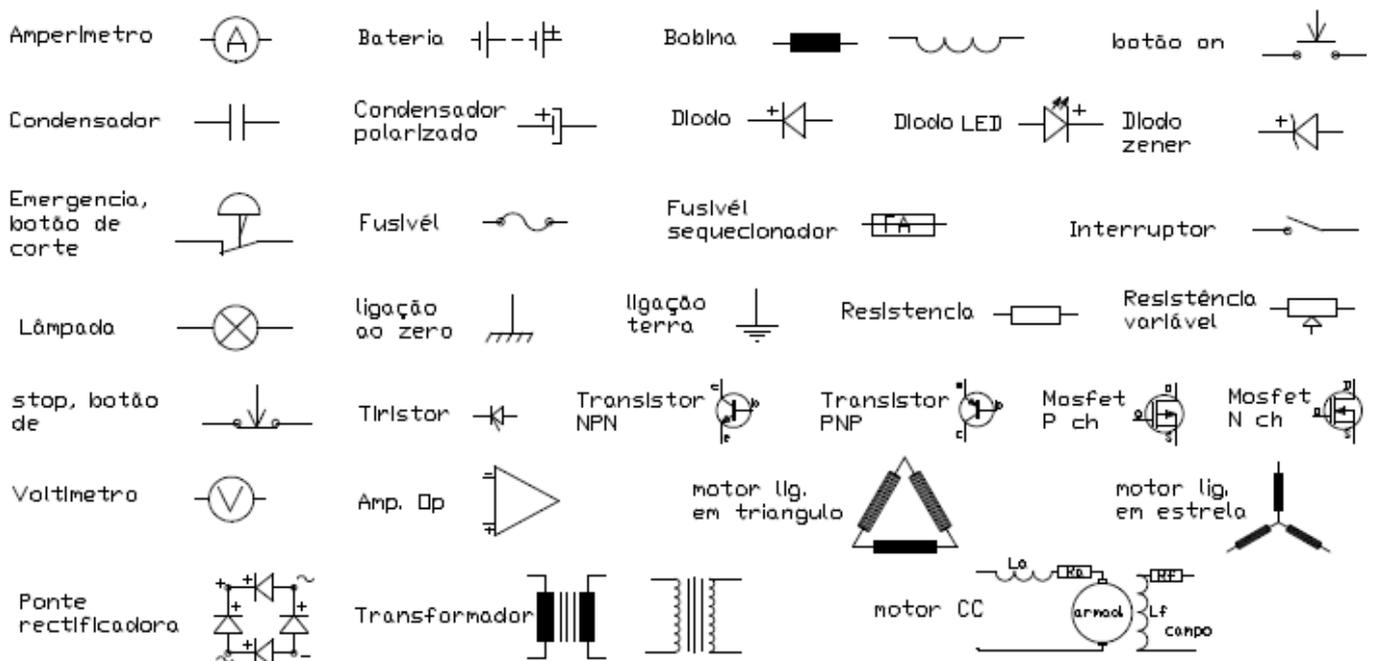


Imagem 8 - Simbologia eléctrica e circuitos, por Mário loureiro

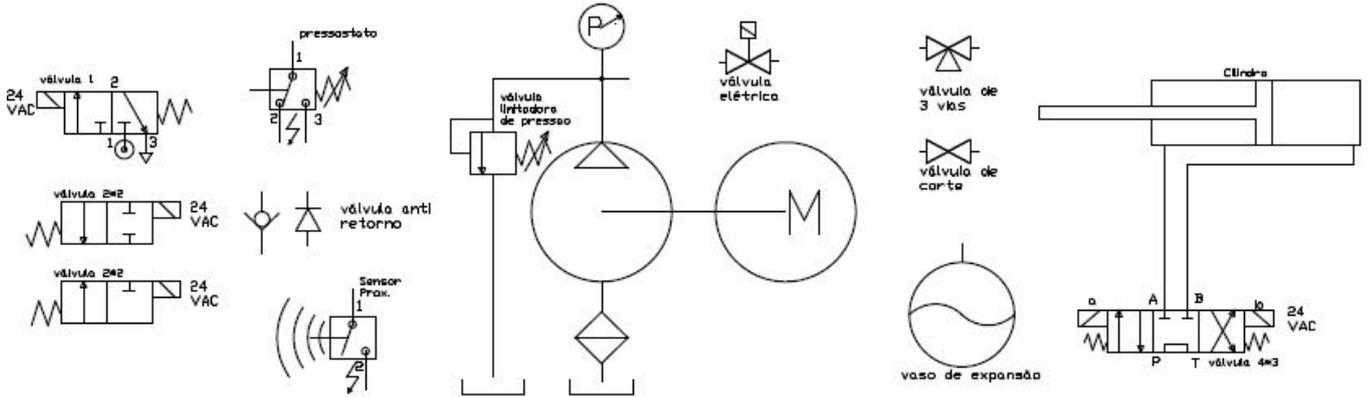


Imagem 8a - Simbologia pneumática, circuitos e partes eléctricas, fonte - Mário Loureiro

7 - Exemplos de circuitos

7.1 - "Detox" com fonte de alimentação contínua

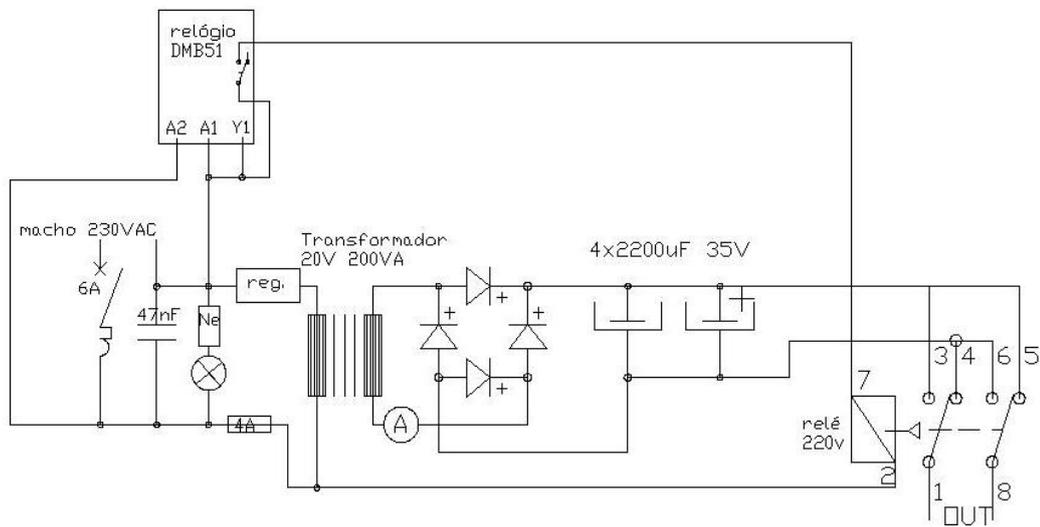


Imagem 9 - circuito de aparelho "Detox" com fonte de alimentação contínua, Mário Loureiro, 2013

O aparelho "Detox" é usado na medicina alternativa para a remoção de químicos, colesterol, metais pesados e toxinas.

Ele é constituído por uma fonte de alimentação com a voltagem de saída de 12 a 24 VDC, com a intensidade máxima entre 5 a 10 A, e que alterna a sua polaridade de minuto a minuto, um cabo com eléctrodos no seu extremo feitos em aço (por exemplo molas helicoidais) ou em aço inox e uma bacia. A fonte limitada a 15 VDC é preferível pois com 24 VDC já se sentem choques eléctricos apesar de ser tensão reduzida e considerada como segura. Estes choques provem de picos aquando a inversão de polaridade pelo que tem de meter um condensador em paralelo com os eléctrodos.

Para a sua utilização o utente despeja água morna dentro de uma bacia apropriada, insere os eléctrodos na bacia, liga o aparelho, enfia lá os pés e adiciona sal de cozinha (cloreto de sódio, Na-Cl) que se vai dissolvendo, com muito sal a fonte pode não suportar o excesso de corrente eléctrica.

Entre o ponto 1 e 8, na saída em paralelo com os eléctrodos deve ser posto um condensador não polarizado para absorver os picos de tensão. Fonte: Invenções, desenhos, ideias e projetos por Mário Loureiro, 2013, disponível em www.MarioLoureiro.net.

Esta fonte não possui um sistema de estabilidade por transístores e como tem 30% de tensão virtual, aquando o consumo de energia a tensão desce com facilidade e pode-se visualizar com o osciloscópio um fenómeno ondulatorio denominado “ripple”.

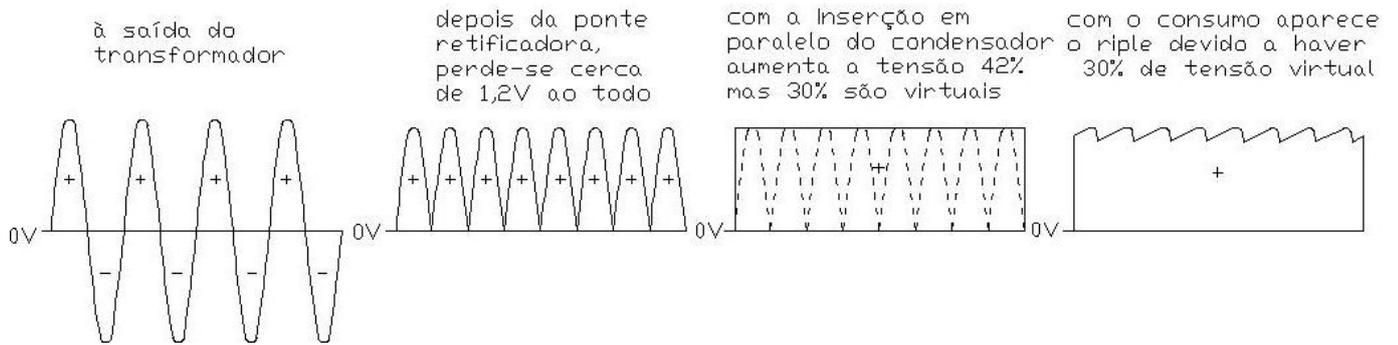


Imagem 10 - Explicação do fenómeno do ripple, Mário Loureiro, 2013

O “ripple” é na realidade uma componente alterna, que será maior quando a capacidade do condensador diminui. Quando se aumenta a capacidade do condensador, que está em paralelo, menor será o “ripple”. Quanto maior for o consumo maior será o “ripple” pelo que interessa ter uma capacidade elevada assim meteram-se dois condensadores em paralelo.

7.2 - Fonte comutada

As fontes comutadas não apresentam “ripple” e conseguem fornecer tensão constante e são bastante eficientes, é normal terem 95% de rendimento.

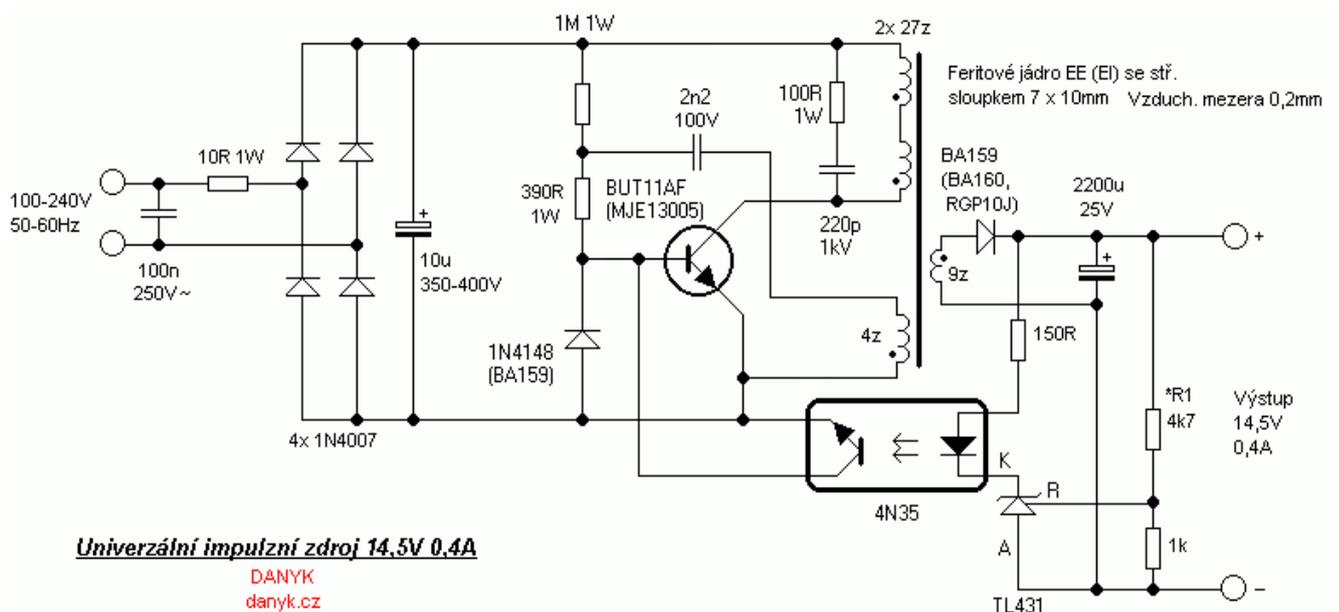


Imagem 11 - fonte comutada

7.3- Circuito de controlo de motor de corrente contínua

Vejamos como construir um circuito de controlo transistorizado para um motor de corrente contínua de baixa potência. Quando a chave está aberta, não haverá corrente na base do transístor. Sem corrente de base, não há corrente no coletor, e o motor fica parado, pois toda corrente que passa pelo motor deve passar pelo coletor do transístor.

Quando a chave é acionada, começa a existir corrente de base.

Os resistores R1 e R2 controlam esta corrente. Quanto maior a corrente de base, maior a corrente entre coletor e emissor do transístor, isto é, maior a corrente no motor. Com este circuito, conseguimos controlar a velocidade do motor, variando a resistência do potenciómetro, que modifica a corrente de base do transístor.

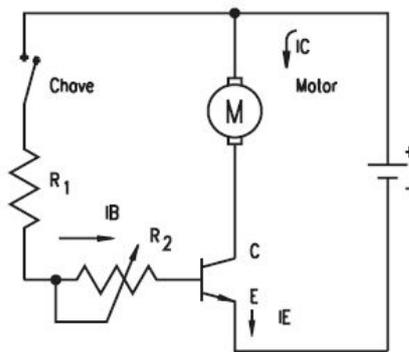


Imagem 12 - controlo de motor de corrente contínua

7.4- Circuito de gerador automóvel e controlo

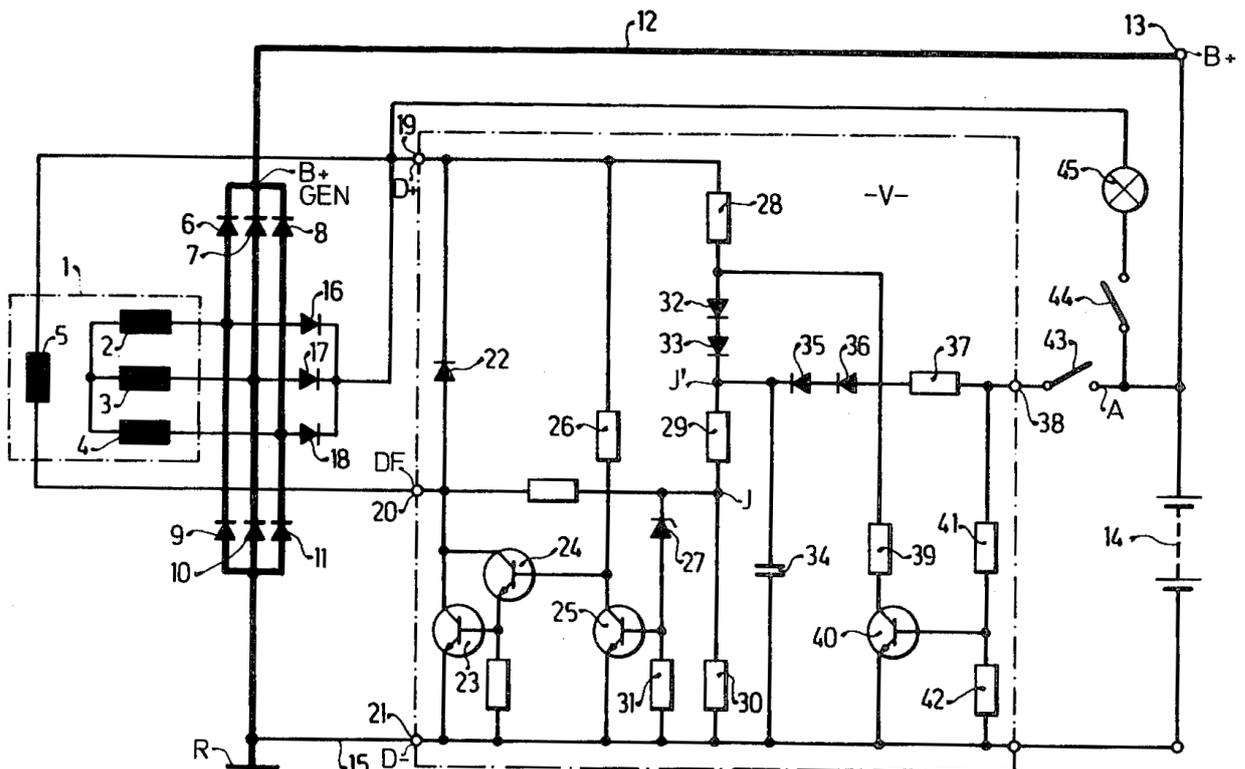


Imagem 13 - Circuito do gerador de automóvel, fonte - patente US 4143313 de 1979

Quando a chave 44 é ligada, a lâmpada 45 apaga-se assim que o gerador produz energia, pois quando tiver cerca de 12 V em cada extremo, ela não tem diferença de potencial eléctrico e assim não acende.

Em alguns circuitos, quando não há a ligação da chave nº 43, esta lâmpada dá início ao funcionamento do gerador e se ela estiver fundida o gerador não funciona. O funcionamento do regulador e excitação é alimentado pelos díodos 16 a 18. O transistor 23 é que vai fornecer energia à excitação de modo que a tensão na bateria esteja sempre constante para um valor com cerca de 14 V.

As bobinas nº 2 a 4 são as do gerador e que produzem electricidade de tensão e corrente alterna com frequência varável e que pode alcançar 1 kHz, será dada pela rotação máxima do motor multiplicada pelo nº de vezes que o gerador roda a mais devido a ter uma pequena polia comparada com a mandante acoplada ao veio da cambota do motor.

A bobina nº 5 é a excitação do gerador. Ela está no meio do rotor que circula no meio do gerador e em muitos casos como em geradores pequenos a ligação ao circuito é por dois anéis e por duas escovas, sendo a principal avaria destes quando se gastam e deixam de fazer contacto. Esta bobina geralmente tem alguns ohm de resistência.

7.5 - Circuito eléctrico de arranque de motor monofásico de indução (sem escovas)

Muitos motores de máquinas monofásicas não têm escovas e precisam de uma força auxiliar para o arranque.

Geralmente usam um condensador ligado em série com a bobina de arranque ou partida ou auxiliar. Esta bobina tem menos espiras e menor resistência que a bobina principal ou de marcha.

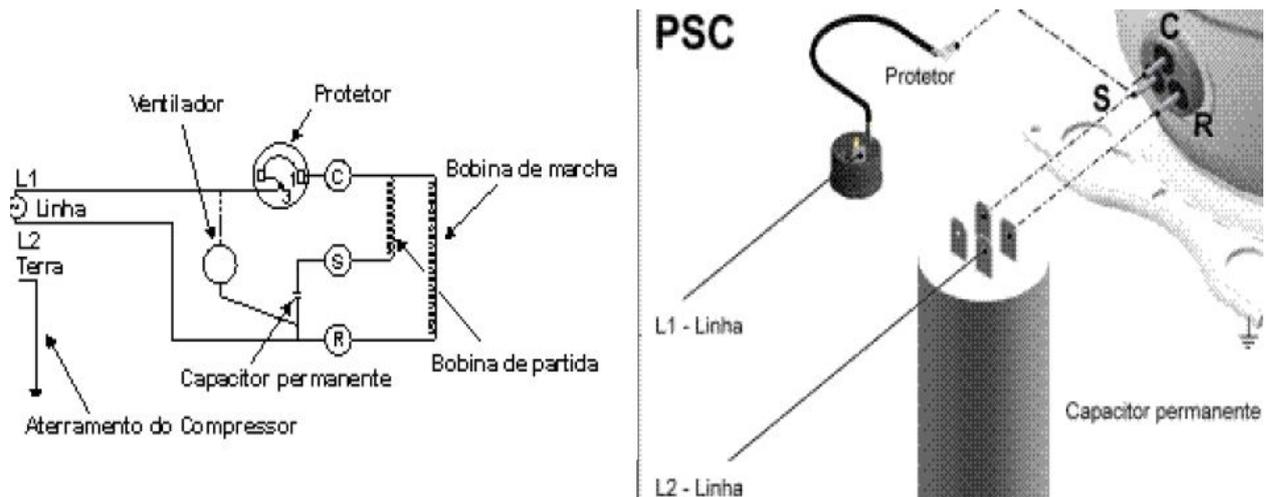


Imagem 14 - Esquema de arranque de motor de compressor frigorífico

Nos compressores de frio é utilizada uma proteção térmica que ao fim de pouco tempo volta a ligar. Em máquinas trifásicas o térmico não se rearma automaticamente, temos de ser nós a pressionar o botão de *reset*.

7.6 - Circuito eléctrico para ligar motor trifásico de máquina em segurança

Nas máquinas por segurança temos de usar dois botões para se faltar a electricidade a máquina não arranque com o regresso da energia, um botão verde para arranque e um botão vermelho para stop.

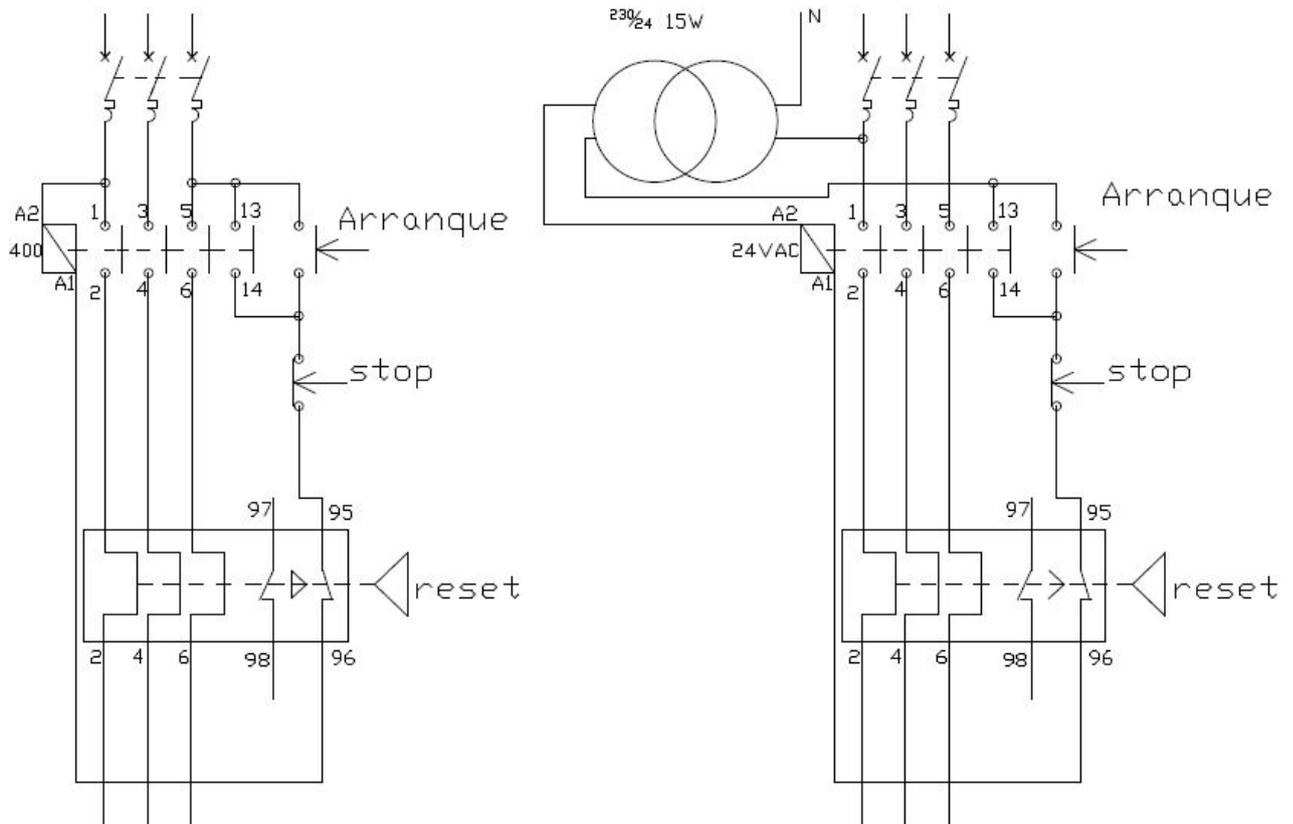


Imagem 15 - circuito para máquina com proteção térmica com solenóide a 400 ou 24 VAC, por Mário loureiro

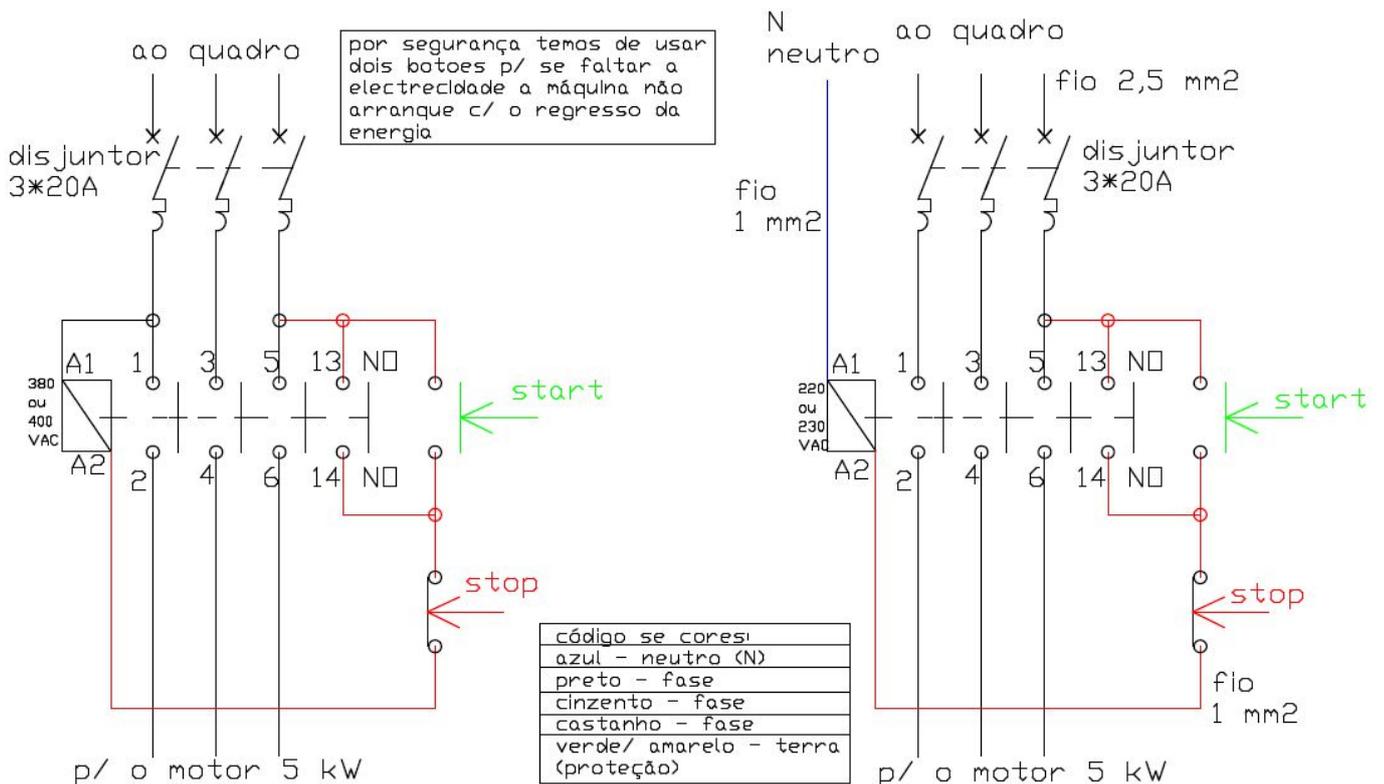


Imagem 16 - circuitos para máquina com solenóide a 230 ou 400VAC, por Mário loureiro
Mário Loureiro, Escola Secundária da Anadia, 2020/2021

7.7 - Circuito pneumático de compressor

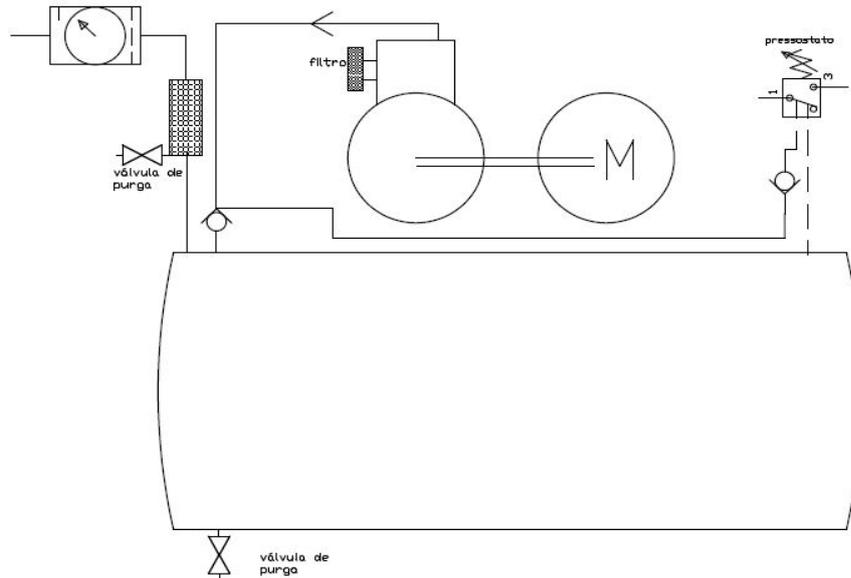


Imagem 17 – circuito pneumático de compressor de ar, por Mário loureiro

8 - Medição de circuitos e teste de componentes

Multímetro digital - Nos multímetros digitais o galvanómetro é substituído por um conversor analógico digital (ADC, do inglês Analogic Digital Converter) e por um mostrador de algarismos, que pode ser de cristais líquidos, de LED (Light emitting diodes) ou outro sistema luminoso. A ADC converte uma tensão analógica, isto é, uma tensão que varia continuamente, num valor numérico proporcional ao valor da tensão de entrada, o mais aproximado possível tendo em conta a precisão da própria ADC.



Imagem 18- Multímetro digital.

Os multímetros têm sempre vários alvéolos onde se introduzem os cabos próprios para as medições e a sua utilização depende do objetivo da medição. Assim, por exemplo: O alvéolo marcado COM é sempre ligado (abreviatura de Common) e corresponde nas tensões e correntes contínuas ao

UFCD 1088 - Noções de eletricidade e desenho esquemático negativo. O outro cabo será ligado em V quando se pretende medir uma tensão, em mA se a medida for de correntes fracas, em Ω quando se pretende medir resistências.

Existe ainda um seletor que permite escolher o tipo de medida a efetuar, em termos de grandeza e de valor máximo da mesma. Estes seletores podem ser de teclas ou rotativos.

ATENÇÃO: O valor escolhido é o valor máximo da escala e a unidade é a unidade em que está expressa a medida efetuada. Por exemplo se a escala for 10 M Ω , pode-se medir um valor máximo de 10 M Ω , e o valor lido vem expresso em M Ω .

Os multímetros digitais mostram exactamente o valor medido. Apenas deverá se ter a atenção a vírgula para distinguir um valor de 250 V de um de 2,50 V.

8.1 - Medições de intensidade de corrente (A) - Para efetuar a medida de uma intensidade de corrente o multímetro é montado em série com este, de tal forma que a corrente eléctrica que passa no circuito o atravesse. Temos de seleccionar alterna ou continua.

Nos multímetros digitais a polaridade não é importante, se as conexões estiverem trocadas aparece um sinal (-) que indica esse fato.

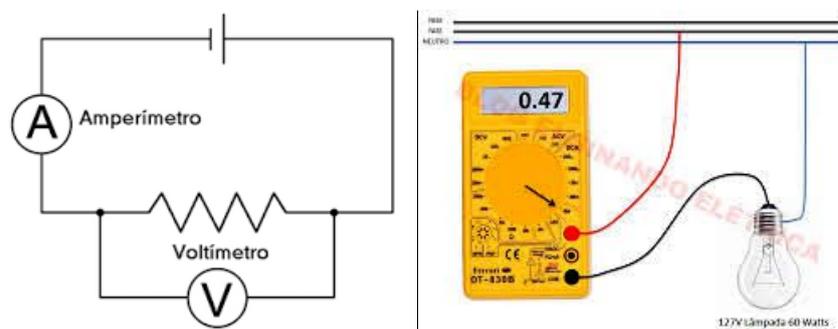


Imagem 19a e 19b - Circuito para medir tensão e intensidade e multímetro ligado em série.

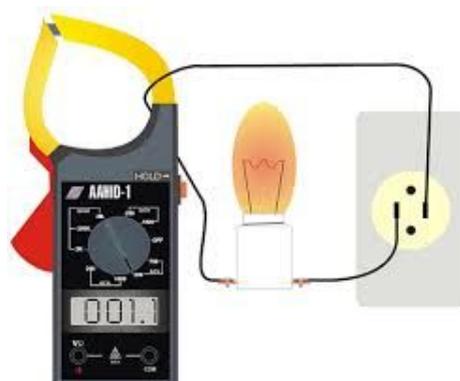


Imagem 20 - Pinça amperimétrica a medir a intensidade.

Nas pinças amperimétricas não é necessário interromper o circuito, pois o seu gancho faz a medição envolvendo o fio.

8.2 - Medições de tensões (V) - Para medir a tensão entre dois pontos de um circuito o multímetro é ligado nesses dois pontos em paralelo com o circuito. Temos de seleccionar alterna ou continua.

Nota -os voltímetros têm uma elevada resistência interna para não consumirem energia e assim não apresentarem um resultado ligeiramente errado.

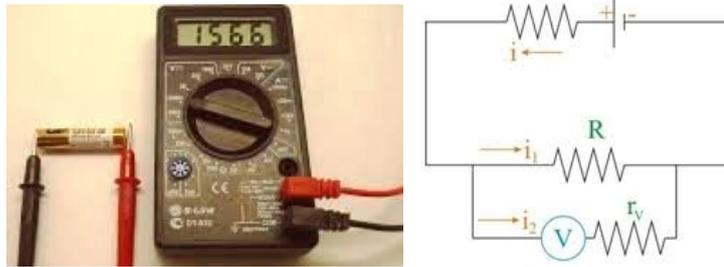


Imagem 21a e 21b - Multímetro a medir pilha ligado em VDC e circuito equivalente.

Nota - os voltímetros têm uma elevada resistência interna para não consumirem energia e assim não apresentarem um resultado errado, pois podem reduzir a tensão da fonte com o seu consumo.

8.3 - Medições de resistências (Ω) - Para medir a resistência de um condutor, circuito ou componente roda-se o interruptor para Ω , liga-se o multímetro aos seus terminais e lê-se a resistência no mostrador.

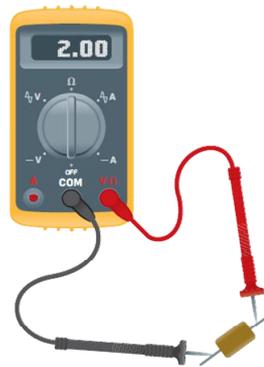


Imagem 22 - Multímetro ligado aos terminais de uma resistência.

Durante a medição de resistências há um cuidado suplementar a ter: todos os geradores de tensão têm de estar desligados, pois tensões adicionais falseiam os resultados.

NOTA - Para minimizar a incerteza associada a cada medida deve sempre utilizar-se a menor escala onde cabe o valor que se quer medir. Exemplo: o multímetro tem, para corrente elétrica, as escalas 1 mA, 10 mA, 100 mA e 1 A e a corrente que estamos a medir é de cerca de 8 mA; a escala correta será a que tem por valor máximo 10 mA e não qualquer das outras de valor superior, embora elas permitam a realização da medição.

IMPORTANTE: O seletor de funções e escalas é o mais importante no manuseamento do Multímetro. Um erro na seleção da escala ou na função pode danificar o aparelho. Por exemplo ao colocar o multímetro na escala de corrente e as ponteiros em paralelo a uma fonte, imediatamente será efectuado um curto-circuito, podendo queimar o instrumento.

8.4 - Medições de Bobinas - Para medirmos bobinas, o uso do multímetro não chega pois quando o fio tem 1 mm² de secção (área do cobre), a resistência medida em tensão contínua é quase zero ohm e não dá para saber se está em curto-circuito, assim temos de usar um aparelho que meça a indutância desta, os valores são em henry, quando uma bobina tem algumas espiras em curto mesmo que poucas a sua indutância reduz-se muito.

8.5 - Medições de Díodos - Para testar díodos, por exemplo de um gerador, com um multímetro seleccionamos a posição com o símbolo do díodo, deve dar cerca de 600 mV num dos dois sentidos e no outro não dá nada, mas sem aparelho de medida podemos usar uma bateria de 12 V e uma lâmpada de 12 V, conforme imagem 23.

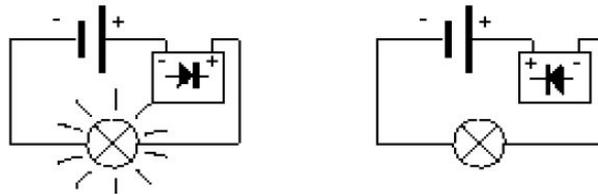


Imagem 23 – teste de díodo

Se o díodo estiver em curto-circuito a lâmpada vai acender com as duas polaridades do díodo.

Se o díodo estiver avariado sem conduzir a lâmpada não vai acender com as duas polaridades do díodo.

Se o díodo já tiver alguma fuga a lâmpada acende-se um pouco quando a polaridade está invertida.

8.6 - Medições de Condensadores – é necessário um capacímetro para medir o seu valor, e só alguns multímetros é que têm esta função. Quando a têm são limitados por exemplo a 100 µF.

9 - Exercícios

9.1 - Tens uma associação de 3 resistências de 1 kΩ em paralelo, qual o valor total?

9.2 - Tens uma associação de 4 resistências de 1 kΩ em série, qual o valor total?

9.3 - Determinar a queda de tensão nas resistências.

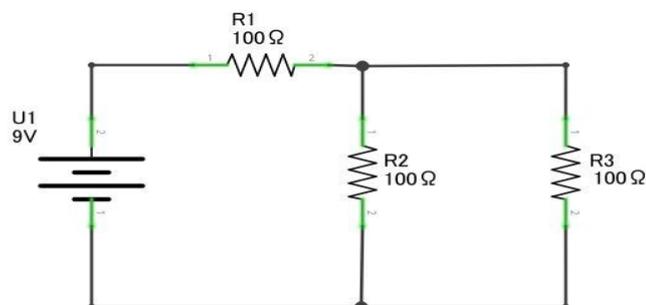


Imagem 24 – circuito para calcular quedas de tensão

9.4 - Para o seguinte circuito determina a intensidade, considerando que a fonte tem 20 V e $R = 20 \Omega$:

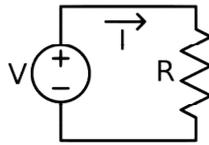


Imagem 25 – circuito para calcular de potência

9.5 - Determina a potência dissipada na resistência do circuito anterior

9.6 - Calcula a resistência de um cabo em cobre tipo FVV de 2 condutores, cada com a secção de 6 mm^2 para abastecer uma Bomba-de-água a 80 m de distância?

9.7 - Para calcular a energia (E) ou trabalho usa-se $E = P \Delta t$ com P = potência e t em segundos (s). Com os dados do exercício 9.5 calcule a energia libertada para $t = 3600 \text{ s}$ (uma hora).

10 - Unidades utilizadas em electricidade do Sistema Internacional

V = volt = medida de tensão eléctrica ou diferença de potencial

A = ampère = medida de intensidade da corrente eléctrica

C = coulomb = medida de carga eléctrica

s = segundo = medida de tempo

Ω = ohm = medida de resistência eléctrica

S = siemens = medida de condutância eléctrica

J = joule = medida de energia

W = watt = medida de potência

Hz = hertz = medida de frequência

F = farad = medida de capacitância

H = henry = medida de indutância

Wb = Weber = medida de fluxo magnético

T = Tesla = medida de densidade do fluxo magnético

VA - Voltampere = é a unidade utilizada na medida de potência aparente em sistemas eléctricos de corrente alternada (AC).

10.1 - Outras unidades

hp = horse power (cavalo de força) = medida de potência Obs: 1 hp = 746 W

cv = cavalo vapor = medida de potência. Obs: 1 cv = 736 W

10.2 - Unidades de base do SI

Grandeza de base		Unidade de base	
Nome	Símbolo característico	Nome	Símbolo
Tempo.....	<i>t</i>	segundo.....	s
Comprimento.....	<i>L, x, r, etc.</i>	metro.....	m
Massa.....	<i>m</i>	kilograma.....	kg
Corrente elétrica.....	<i>I, i</i>	ampere.....	A
Temperatura termodinâmica.....	<i>T</i>	kelvin.....	K
Quantidade de matéria.....	<i>n</i>	mole.....	mol
Intensidade luminosa.....	<i>I_v</i>	candela.....	cd

Fonte - Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro

10.3 - Unidades do SI com nomes e símbolos especiais (parte)

Grandeza derivada	Nome	Expressão em unidades de base do SI	Expressão em outras unidades do SI
Ângulo plano.....	radiano (<i>a</i>).....	rad = m m ⁻¹	
Ângulo sólido.....	esterradiano (<i>b</i>).....	sr = m ² m ⁻²	
Frequência.....	hertz (<i>c</i>).....	Hz = s ⁻¹	
Força.....	newton.....	N = kg m s ⁻²	
Pressão, tensão.....	pascal.....	Pa = kg m ⁻¹ s ⁻²	
Energia, trabalho, quantidade de calor.....	joule.....	J = kg m ² s ⁻²	N m
Potência, fluxo energético.....	watt.....	W = kg m ² s ⁻³	J s ⁻¹
Carga elétrica.....	coulomb.....	C = s A	
Diferença de potencial elétrico (<i>d</i>).....	volt.....	V = kg m ² s ⁻³ A ⁻¹	W A ⁻¹
Capacidade elétrica.....	farad.....	F = kg ⁻¹ m ⁻² s ⁴ A ²	C V ⁻¹
Resistência elétrica.....	ohm.....	Ω = kg m ² s ⁻³ A ⁻²	V A ⁻¹

Fonte - Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro

10.4 - Unidades derivadas do SI

Grandeza derivada	Símbolo característico da grandeza	Unidade derivada expressa em unidades de base
Superfície.....	A	m ²
Volume.....	V	m ³
Velocidade.....	v	m s ⁻¹
Aceleração.....	a	m s ⁻²
Número de onda.....	σ	m ⁻¹
Massa volúmica.....	ρ	kg m ⁻³
Massa superficial.....	ρ _A	kg m ⁻²
Volume mássico.....	v	m ³ kg ⁻¹
Densidade de corrente.....	j	A m ⁻²
Campo magnético.....	H	A m ⁻¹
Concentração de quantidade de matéria.....	c	mol m ⁻³
Concentração mássica.....	ρ, γ	kg m ⁻³
Luminância.....	L _v	cd m ⁻²

Fonte - Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro

11 - Corrente alternada trifásica - introdução

O campo girante do rotor induzirá tensões nos 3 enrolamentos do estator (bobinas estáticas no entreferro do corpo exterior do gerador) tensões que são desfasadas 120° entre elas.

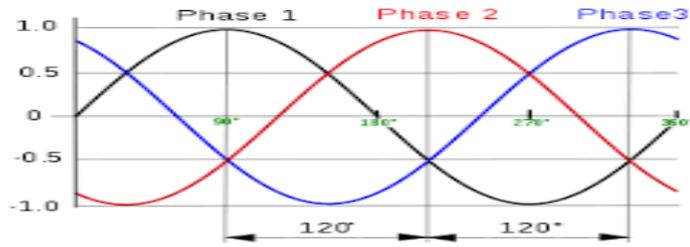


Imagem 26 - visualização das 3 fases ao longo do tempo

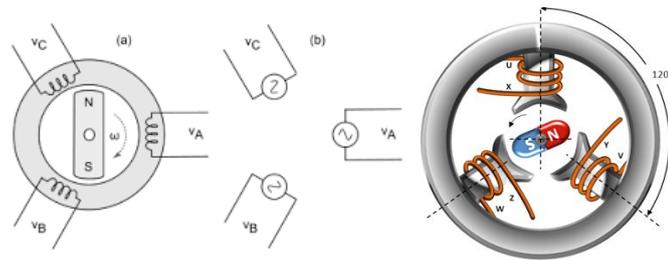


Imagem 27 - Há 3 bobinas nos geradores desfasadas 120° umas das outras

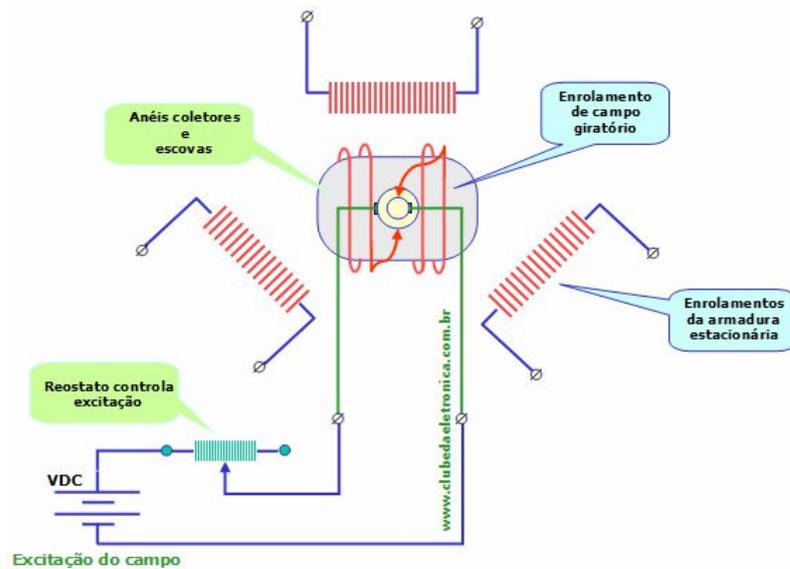


Imagem 28 - Circuito de excitação de gerador regulado manualmente

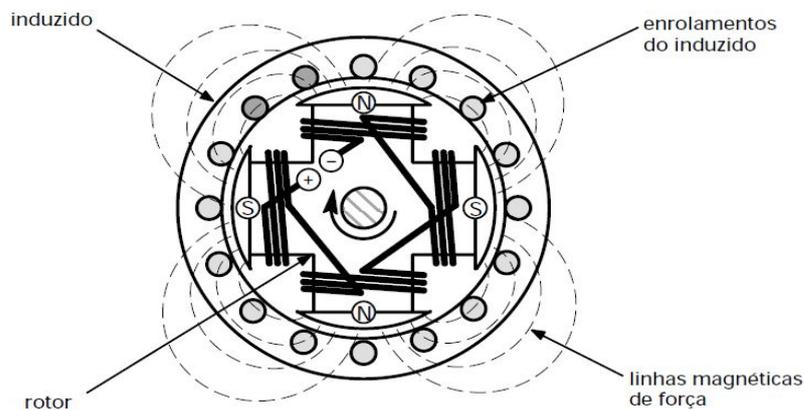


Imagem 29 - Excitação por 2 dipolos ou seja 4 polos

Nota - Um gerador com 4 polos a 1500 RPM fornece 50 Hz. É o mais utilizado com motores Diesel.



Imagem 30 – Corpo de gerador sem escovas da Stamford



Imagem 31 – Grupo gerador, fonte Grupel, fábrica em Vagos

11.1 - Equações em ligações trifásicas

Conexão estrela	Conexão triângulo	
$U_L = \sqrt{3} U_F$	$U_L = U_F$	Tensão de linha
$I_L = I_F$	$I_L = \sqrt{3} I_F$	Corrente de linha
$S_F = U_F \cdot I_F$	$S_F = U_F \cdot I_F$	Potência de uma fase
$S_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}} \cdot I_L$	$S_F = U_L \cdot \frac{I_L}{\sqrt{3}}$	Potência em função da tensão e corrente de linha
$S_F = \frac{U_L \cdot I_L}{\sqrt{3}}$	$S_F = \frac{U_L \cdot I_L}{\sqrt{3}}$	Simplificando
$S_F = \frac{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L}{3}$	$S_F = \frac{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L}{3}$	Potência aparente de uma fase
$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$		Potência aparente trifásica
$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$		Potência ativa trifásica
$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \phi$		Potência reativa trifásica

Tabela 4.2 Relações de tensão, corrente e potências nas conexões trifásicas.

Imagem 31 – Equações em ligações trifásicas, fonte - Fabio Flandoli, 2016

12 - Algumas Normas do Desenho Técnico

Lista não exaustiva (algumas estão disponíveis para venda em <https://lojanormas.ipq.pt>):

NP 9:1960 - Escrita dos números;

NP-48:1968 - Desenho Técnico. Formatos;

NP 49:1968 - Desenho técnico. Modo de dobrar folhas de desenho;

NP 62:1961 - Desenho técnico. Linhas e sua utilização;

NP 89:1963 e ISO 3098 - Letras e Algarismos;

NP 107:1962 - Tolerâncias e ajustamentos. Terminologia

NP 189:1962 - Sistema de tolerâncias. Noções fundamentais.

NP 190:1963 - Sistema de tolerâncias. Simbologia.

NP 167:1966 - Desenho técnico. Figuração de materiais em corte;

NP 204:1968 e ISO 7200 - Desenho técnico. Legendas;

NP 205:1970 - Desenho técnico. Listas de peças;

NP 265:1962 - Cotas não toleranciadas. Diferenças para peças metálicas trabalhadas por arranque de apara;

NP 297:1963 - Desenho técnico. Cotagem;

NP 327:1964 e ISO 128 - Desenho técnico - Representação de vistas;

NP 328:1964 - Desenho técnico - Cortes e secção;

NP 366:1964 - Enchavetamentos. Tolerâncias na largura dos escatéis;

NP 406:1968 - Inscrição de tolerância;

NP-671:1973 - Desenho Técnico. Representação convencional. Convenção de utilização geral;

NP-716:1968 - Desenho Técnico. Cotagem e especificação de tolerâncias de elementos cónicos;

NP 717:1968 - Escalas;

NP 718:1968 e ISO 5457 - Desenho técnico. Margens e esquadrias;

NP 1895:1982 e ISO 965-1:1980 - Roscas métricas de perfil triangular ISO para usos gerais. Tolerâncias. Generalidades;

NP 1896:1982 e ISO 965-2:1980- Roscas métricas de perfil triangular ISO para usos gerais. Tolerâncias. Dimensões limites. Qualidade média;

NP 1897:1982 e ISO 965-3:1980 - Roscas métricas de perfil triangular ISO para usos gerais. Tolerâncias. Desvios;

ISO 225:1983 e EN 20225:1991 - Elementos de fixação;

ISO 2768-1: 1989 - Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicações de tolerâncias individuais;

EN 20898-1:1991 e ISO 898-1:1988 - Propriedades mecânicas dos elementos de ligação. Parte 1: Parafusos de cabeça, parafusos com fenda e pernos;

EN 2851:1992 - Série aeroespacial. Marcação de peças e conjuntos, exceto motores. Indicação nos desenhos;

EN 24018:1992 - Parafuso hexagonal;

ISO 6410-1:1993 e ISO 6410-3:1996 - Representação de peças roscadas;

NP EN ISO 3098-0:2002 - Documentação técnica de produtos; Escrita; Parte 0: especificações gerais;

NP EN ISO 5457:2002 - Desenho técnico. Formato do papel;

NP EN ISO 5455:2002 - Desenho técnico. Escalas - Redução e Ampliação;

NP EN ISO 9431:2005 -Desenhos de construção; Zonas para desenho e para texto, e legendas em folhas de desenho;

NP ISO 129-1:2007 - Indicação de cotas e tolerâncias; Parte 1: Princípios gerais;

NP ISO 3864-1:2013 - Símbolos gráficos; Cores de segurança e sinais de segurança; Parte 1: Critérios de desenho para sinais e marcações de segurança;

NP EN ISO 3098-4:2015 - Documentação técnica de produtos; Escrita; Parte 4: Sinais diacríticos e sinais particulares do alfabeto latino;

ISO 128-1: 2020 - Documentação técnica do produto (TPD) - Princípios gerais de representação - Parte 1: Introdução e requisitos fundamentais;

Nota - a vermelho está desatualizada ou revogada

13 - Bibliografia

Decreto-Lei n.º 76/2020 de 25 de setembro;

Mário Loureiro, *Invenções, desenhos, ideias e projectos*, Coimbra, 2013;

Mário Loureiro, *Projecto de um transformador óptimo*, Universidade de Coimbra, 1999,

Mário Loureiro, *UFCD 6007 - Corrente contínua*, Coimbra, 2018;

Mário Loureiro, *UFCD 6596 - Desenho técnico – leitura e interpretação*, Coimbra, 2021;

Web

www.google.com

<https://grupel.eu>

www.marioloureiro.net

<https://revistapotencia.com.br/eletricista-consciente>

<https://www.uspto.gov>

<https://pt.wikipedia.org>

Índice

1 - Corrente contínua	2
1.1 - Corrente alterna AC	3
2 - Lei de Ohm	4
3 - Potência elétrica	4
4 - Lei de Joule	5
5 - Associação de componentes eléctricos	5
5.1 - Associação de resistências	6
5.2 - Associação de condensadores	6
5.2 - Associação de bobinas ou indutores	6
6 - Simbologia de componentes	6
7 - Exemplos de circuitos	7
7.1 - “Detox” com fonte de alimentação contínua	7
7.2 - Fonte comutada	8
7.3- Circuito de controlo de motor de corrente contínua	9
7.4- Circuito de gerador automóvel e controlo	9
7.5 - Circuito eléctrico de arranque de motor monofásico de indução (sem escovas)	10
7.6 – Circuito eléctrico para ligar motor trifásico de máquina em segurança	11
7.7 - Circuito pneumático de compressor	12
8 - Medição de circuitos e teste de componentes	12
8.1 - Medições de intensidade de corrente (A)	13
8.2 - Medições de tensões (V)	13
8.3 - Medições de resistências (Ω)	14
8.4 - Medições de Bobinas	15
8.5 - Medições de Díodos	15
8.6 - Medições de Condensadores	15
9 - Exercícios	15
10 - Unidades utilizadas em electricidade do Sistema Internacional	16
10.1 - Outras unidades	17
10.2 - Unidades de base do SI	17
10.3 - Unidades do SI com nomes e símbolos especiais (parte)	17
10.4 - Unidades derivadas do SI	17
11 - Corrente alternada trifásica - introdução	18
11.1 - Equações em ligações trifásicas	19
12 - Algumas Normas do Desenho Técnico	20
13 - Bibliografia	21

Mário Loureiro

Faz manutenção desde 1974 a veículos incluindo pesados, máquinas, hidráulicos, pneumáticos, gruas, equipamentos de elevação, geradores, aparelhos electrónicos e de som, automatismos...

Fabrica desde 1980 aparelhos electrónicos, colunas de som, quadros eléctricos, automatismos,...

Instala e faz manutenção a instalações eléctricas/águas, sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, iluminação a LED desde 2013, ...

Curso Secundário Tecnológico de Mecânica, Escola Secundária Avelar Brotero (ESAB) 1979-1982.

Formador externo desde 1996 (FORSIVA) e professor no Ministério da Educação desde 1998.

Inscrito na Ordem dos Engenheiros (OE) desde 20/12/1998.

Licenciatura em Eng.^a Mecânica pela Universidade de Coimbra (UC), 1997.

Mestre em Eng.^a Mecânica (pré-Bolonha), pela UC, 2008.

Engenheiro sénior da OE, 2013.

Técnico responsável de instalações eléctricas e geradores, inscrito na DGEG desde 2013.

Aluno do mestrado em Eng.^a Electrotécnica, UC, de 2015 a 2017, (do 5º ano só falta a dissertação).

Doutorando em Construções Metálicas e Mistas, Eng.^a Civil, UC, de 2013 a 2017.

Realizou 70 cadeiras do ensino superior, incluindo 5 de doutoramento com média de 15 valores.

Especialista em Engenharia de Segurança da OE, 2021.

UFD 1088 - Versão atualizada a

Coimbra 17/02/2021

Este e outros manuais estão disponíveis em www.marioloureiro.net/EnsinoFormacao.htm