



ELETRICISTA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Itumbiara, OUTUBRO de 2009

SUMÁRIO

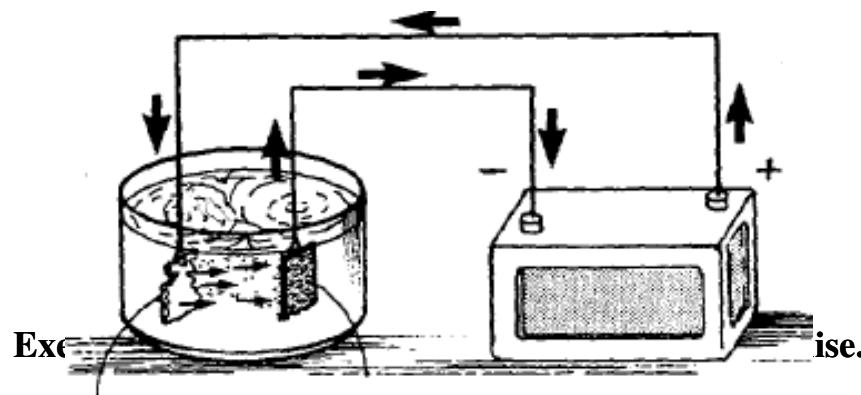
1. ELETROLISE	3
EFEITO ELETROLITICO NAS EMENDAS.....	4
OXIDAÇÃO NA EMENDA.....	5
2. EFEITOS DO CALOR NOS CIRCUITOS ELETRICOS	7
PROTEÇÃO E CONTROLE	7
3. EFEITOS TERMICOS DA CORRENTE ELETRICA	9
CONDUTORES.....	9
4. ARCO VOLTAICO	10
FORMAÇÃO	10
SISTEMA DE EXTINÇÃO DO ARCO VOLTAICO.....	11
MANOBRA E SECCIONAMENTO EM BAIXA TENSÃO.....	12
SECCIONAMENTO	12
MANOBRA.....	13
5. INDUSTRIAL BÁSICO.....	13
GERADORES – PRINCIÓ DE FUNCIONAMENTO	13
GERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS ELEMENTARES	15
FUNCIONAMENTO DO GERADOR SEM CARGA (EM VAZIO)	17
FUNCIONAMENTO EM CARGA	18
CARGAS COM CARATER INDUTIVO	18
GERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS	19
6. TRANSFORMADORES	20
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.....	20
TRANSFORMADORES A ÓLEO.....	24
LIGAÇÃO ZIGUEZAGUE	30
7. MOTORES ELETRICOS.....	32
MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA	35
MOTOR UNIVERSAL	35
MOTOR MONOFÁSICO DE ANEL EM CURTO.....	36
MOTOR MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR.....	37
MOTOR TRIFÁSICO ASSÍNCRONO.....	40
DEFEITOS NAS LIGAÇÕES DOS MOTORES C.A.....	44
O Motor Não Arranca.....	44
Motor não permanece com sua velocidade nominal com carga.....	44
Aquecimento anormal	44
DEFEITOS INTERNOS NOS MOTORES CA	45
O Motor Não Arranca.....	45
O Motor Não Mantém Carga	45
AQUECIMENTO ANORMAL	46
FUNCIONAMENTO RUIDOSO	47
8. MOTORES ELÉTRICOS II.....	48
LIGAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS	52
Estrela - Triângulo	52
Tripla Tensão Nominal.....	52
Série - Paralela	52
LIGAÇÕES EM ESTRELA (Y) E EM TRIÂNGULO (Δ)	52
9. COMANDO, MANOBRA E PROTEÇÃO.....	55
CHAVES DE PARTIDA	91
PARTIDA DIRETA	91
PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO.....	92
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO (Y/ Δ).....	93
CHAVE DE PARTIDA COMPENSADORA	94
10. SIMBOLOGIA	95

SUMÁRIO

1. ELETROLISE	3
EFEITO ELETROLITICO NAS EMENDAS.....	4
OXIDAÇÃO NA EMENDA.....	5
2. EFEITOS DO CALOR NOS CIRCUITOS ELETRICOS	7
PROTEÇÃO E CONTROLE	7
3. EFEITOS TERMICOS DA CORRENTE ELETRICA	9
CONDUTORES.....	9
4. ARCO VOLTAICO	10
FORMAÇÃO	10
SISTEMA DE EXTINÇÃO DO ARCO VOLTAICO.....	11
MANOBRA E SECCIONAMENTO EM BAIXA TENSÃO.....	12
SECCIONAMENTO	12
MANOBRA.....	13
5. INDUSTRIAL BÁSICO.....	13
GERADORES – PRINCIÓ DE FUNCIONAMENTO	13
GERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS ELEMENTARES	15
FUNCIONAMENTO DO GERADOR SEM CARGA (EM VAZIO)	17
FUNCIONAMENTO EM CARGA	18
CARGAS COM CARATER INDUTIVO	18
GERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS	19
6. TRANSFORMADORES	20
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.....	20
TRANSFORMADORES A ÓLEO.....	24
LIGAÇÃO ZIGUEZAGUE	30
7. MOTORES ELETRICOS.....	32
MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA	35
MOTOR UNIVERSAL	35
MOTOR MONOFÁSICO DE ANEL EM CURTO.....	36
MOTOR MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR.....	37
MOTOR TRIFÁSICO ASSÍNCRONO.....	40
DEFEITOS NAS LIGAÇÕES DOS MOTORES C.A.....	44
O Motor Não Arranca.....	44
Motor não permanece com sua velocidade nominal com carga.....	44
Aquecimento anormal	44
DEFEITOS INTERNOS NOS MOTORES CA	45
O Motor Não Arranca.....	45
O Motor Não Mantém Carga	45
AQUECIMENTO ANORMAL	46
FUNCIONAMENTO RUIDOSO	47
8. MOTORES ELÉTRICOS II.....	48
LIGAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS	52
Estrela - Triângulo	52
Tripla Tensão Nominal.....	52
Série - Paralela	52
LIGAÇÕES EM ESTRELA (Y) E EM TRIÂNGULO (Δ)	52
9. COMANDO, MANOBRA E PROTEÇÃO.....	55
CHAVES DE PARTIDA	91
PARTIDA DIRETA	91
PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO.....	92
PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO (Y/ Δ).....	93
CHAVE DE PARTIDA COMPENSADORA	94
10. SIMBOLOGIA	95

1. ELETRÓLISE

E um processo que separa os elementos químicos de um composto através do uso de eletricidade de maneira sumaria, procede-se primeiramente a decomposição (ionização ou dissociação) do composto em íons e posteriormente destes íons são obtidos os elementos químicos. Em muitos casos dependendo da substância a ser eletrolisada e do meio em que ele ocorre, além de formar elementos também ocorre à formação de novos compostos.



- aço cobreado; revestido com cobre;
- terminais zincados; aqueles recobertos por zinco;
- metais cromados; isto é, que recebem banho de cobre;

Para ocorrer a eletrolise de um determinado material é preciso empregar corrente contínua, ou seja, polaridade definida (bateria), dois materiais condutores (eletrodos de carvão) e um eletrólito (solução de água com sulfato de cobre).

Os eletrólitos são soluções que se apresentam dissociadas em íons positivos e íons negativos, seus átomos ionizados se compõem de acordo com suas cargas elétricas:

- átomos negativos, com excesso de elétrons - os íons negativos (ou anions);
- átomos positivos, com falta de elétrons - os íons positivos (cátions);

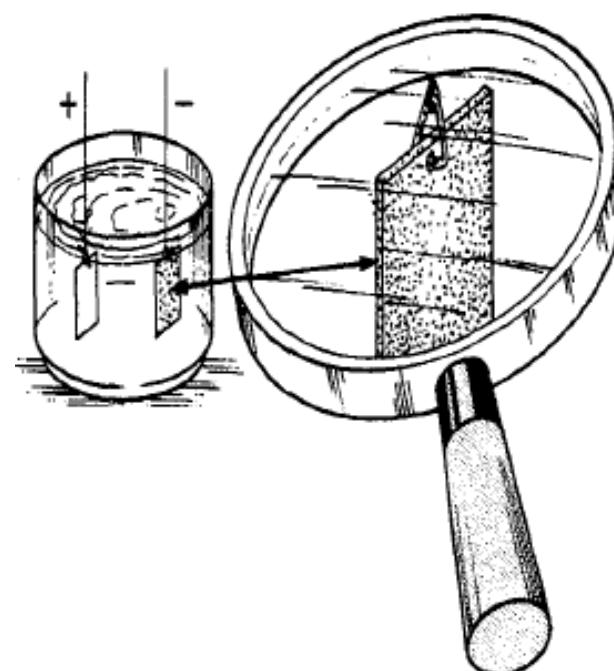
As cargas elétricas dos íons também serão responsáveis por uma outra consequência à *eletrodeposição*.

Os eletrólitos são soluções de água mais sais metálicos, formando uma solução ionizada que conduz a corrente elétrica facilmente:

- água e cloreto de sódio;
- água e ácido sulfúrico;
- água e cianeto de prata;
- água e sulfato de cobre;
- água e sulfato de zinco;

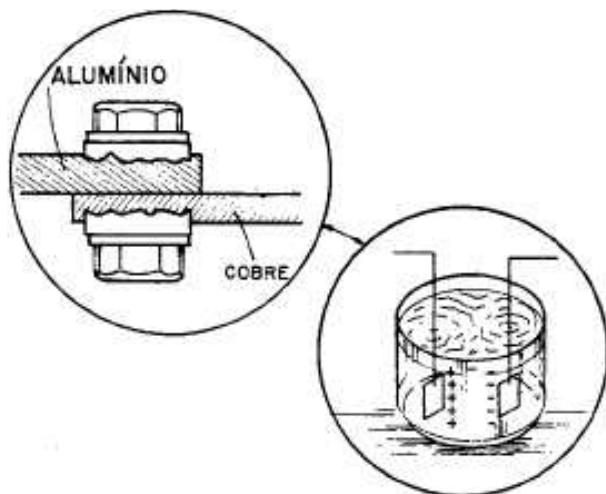
Obs. A água quando quimicamente pura, não conduz eletricidade com facilidade, ela é praticamente isolante.

Eletrodeposição é a deposição de um metal sobre outro material, através de sua decomposição e recomposição provocada pela corrente elétrica.



- Os efeitos eletrolíticos dependem diretamente do:
- eletrólito;
 - eletrodos;
 - intensidade da corrente elétrica;
 - tempo de aplicação da corrente;

EFEITO ELETROLITICO NAS EMENDAS



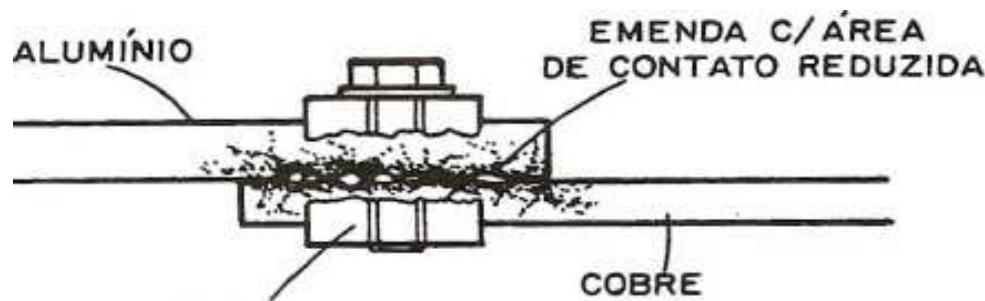
A maioria dos condutores elétricos são de cobre ou alumínio, por isso pode ser dizer que a maioria das emendas podem ser de:

- cobre com cobre;
- cobre com alumínio;
- alumínio com alumínio;
- cobre com ferro galvanizado;
- alumínio com ferro galvanizado;

Portanto as emendas de materiais diferentes apresentam todas as características de uma pilha elementar de um par galvânico, consequentemente entre os condutores da emenda haverá uma d.d.p. que provoca uma corrente elétrica de polaridade definida .Por ser originaria do par galvânico, constituído pela emenda ,essa corrente é chamada de corrente galvânica.

A corrente galvânica produzida na emenda nada tem a ver com a corrente de carga, que circula pelos condutores e existe mesmo com o circuito desligado.

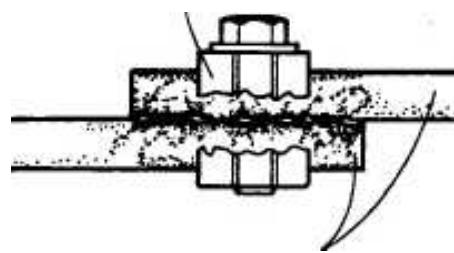
Como já aprendemos circulando corrente continua entre dois materiais diferentes envolvidas por um eletrolítico, neles ocorrerá uma eletrolise: haverá decomposição do material anódico e sua recomposição no material catódico, consequentemente em uma emenda de materiais diferentes submetidos a um eletrólito, observa-se uma dupla situação: produção de CC e eletrolise de dos materiais da emenda, portanto,a emenda acaba provocando a sua própria destruição



A medida que o metal anódico vai sendo decomposto ,a área de contato da emenda vai sendo reduzida ,então o efeito eletrolítico provoca a diminuição da área de contato da emenda.

OXIDAÇÃO NA EMENDA

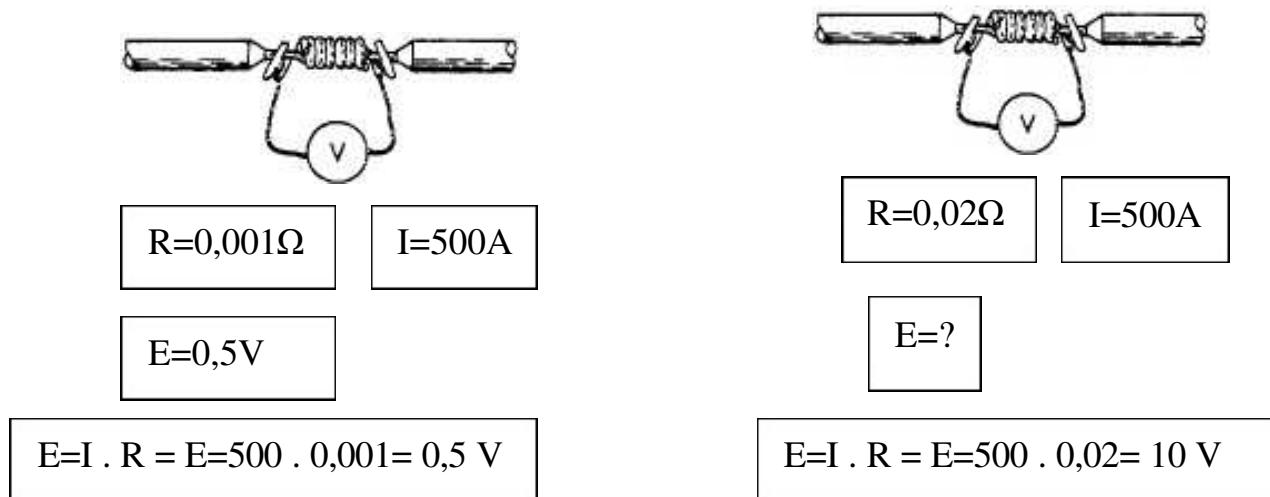
Quando o cobre exposto ao tempo se torna esverdeado escuro. Ele foi recoberto por uma camada de óxido, em outras matérias também ocorre fato semelhante o contato com o oxigênio do ambiente provoca uma reação química, e consequentemente o material fica recoberto por uma capa de óxido, essa capa de óxido é isolante. A oxidação na emenda é um fenômeno que requer atenção especial do eletricista, dependendo do material empregado, a oxidação pode ser desprezada, na emenda cobre com cobre a intensidade da oxidação é pequena e seus efeitos são desprezíveis, mas na emenda alumínio com alumínio , a oxidação rapidamente se torna intensa e causa sérios problemas.O óxido de alumínio é altamente isolante .



Portanto o efeito eletrolítico como a oxidação provoca diminuição da área de contato das emendas e a diminuição da área de contato será a causa de três problemas básicos das emendas :

- queda de tensão;
- aquecimento;
- a perda de resistência mecânica;

Freqüentemente os circuitos apresentam defeitos provenientes das emendas, na maioria das vezes os problemas só aparecem algum tempo depois que o circuito está em operação que é decorrente da diminuição da área de contato provocada pela oxidação e a eletrolise.



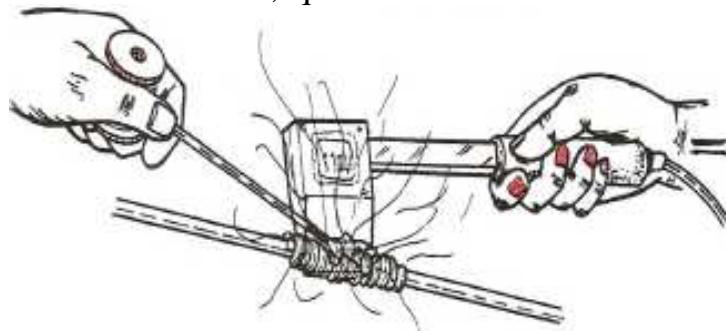
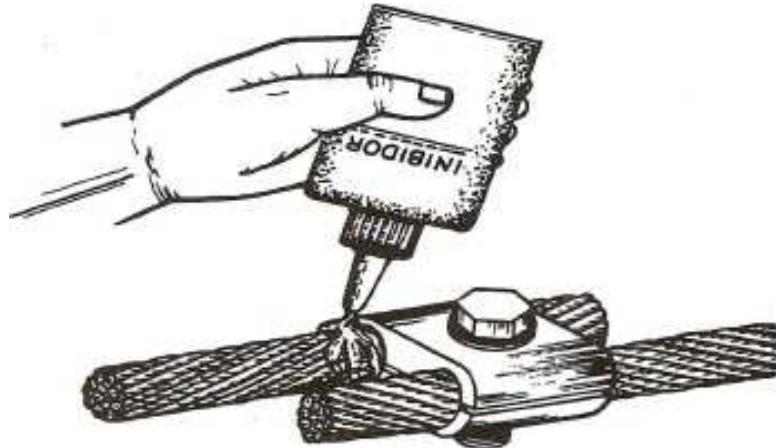
Com um pequeno aumento da resistência na emenda provocado pela diminuição da área de contato fez com que provocasse uma queda de tensão de 10 V. Portanto o aumento da resistência na emenda ,provoca a queda de tensão , quanto maior for a resistência na emenda ,maior será a queda de tensão e maior calor .

Uma emenda aquecida pode ter sua temperatura elevada ate a fusão do material, interrompendo o circuito pelo secciona mento da rede ou destruição do material da rede.

Para resolver estes problemas nas emendas pode se adotada duas soluções:

- Isolar a emenda hermeticamente, isto é, manter a emenda tão “fechada” que a umidade, ácidos, ar etc. não possam chegar ate ela.
- solda fraca é usada nas emendas

cobre com cobre, quanto são necessárias melhores condições de contato e proteção .

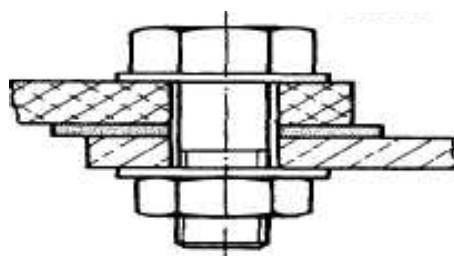


-inibidor, usado nas emendas de alumínio com alumínio, devido o alumínio não pode ser soldado por processos elementares, o inibidor é uma pasta altamente aderente que isola a emenda e impede a ação da umidade.

- Diminuir a d.d.p. entre os materiais para reduzir os efeitos do par galvânico.

A d.d.p. na emenda é grande quando ele é composta por materiais que estão distantes um do outro na tabela de potencial eletroquímico, na tabela de potencial o estanho situa-se entre o cobre e o alumínio. Para reduzir a d.d.p. basta transformá-la

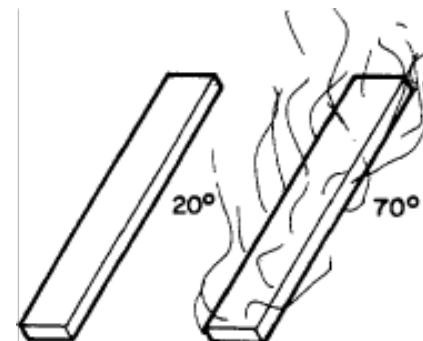
num “sanduíche”, isto é, basta intercalar um pedaço de latão estanhado entre o cobre e o alumínio.



2. EFEITOS DO CALOR NOS CIRCUITOS ELETRICOS

PROTEÇÃO E CONTROLE

O calor também pode ser uma forma de manifestação de energia, que quando controlada pode ter vários benefícios, os materiais podem alterar suas dimensões quando exposto ao calor através de sua dilatação ou sua fusão.



Dilatação – depende da temperatura, quanto maior for o gradiente de temperatura maior a dilatação. Gradiente de dilatação é a diferença entre a temperatura inicial e a final de um material

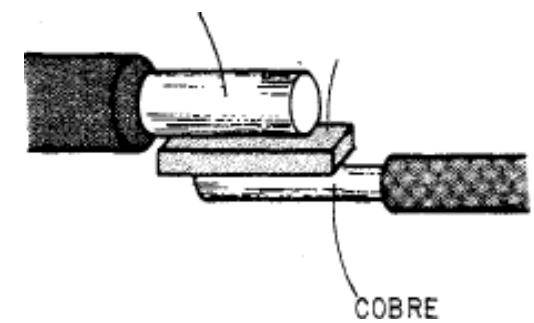
Exemplo.

Um pedaço de cobre a 20°C é elevado a uma temperatura de 70°C.

Portanto teremos

$$70^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

Assim o gradiente é 50°C

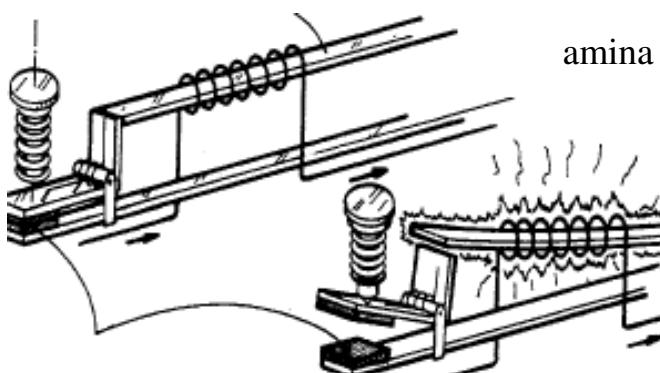


A dilatação térmica é o princípio de funcionamento de vários equipamentos de proteção e controle elétrico.

O princípio usado é quando uma lâmina bimetálica sofre uma dilatação através de ser percorrida por uma corrente elétrica, fazendo com que movimente um contato móvel.

Lâmina bimetálica é uma lâmina formada por dois metais de coeficientes de dilatação diferentes, onde quando aquecida se curva para o lado do metal de menor coeficiente de dilatação, isto é, um metal se alonga mais do que o outro.

A figura ao lado mostra uma bimetálica a temperatura ambiente e outra aquecida, observam-se na sua extremidade há um contato, este contato se abre quando



a lâmina se curva, ao ser aquecido.

A lâmina bimetálica é empregada nos circuitos elétricos, com a função de rele, atua nos comandos básicos dos circuitos automáticos, que são:

- comando;
- controle;
- proteção;

Na ilustração abaixo, o circuito apresenta os seguintes componentes:

- A - chave de comando tipo faca;
- B - lâmina bimetálica com contatos (A e B);
- C - lâmpada incandescente;
- D - reostato;
- E - amperímetro;

Ligando a chave (A), a corrente elétrica passa pela lâmina (B) e deve aquecer-la, quando a lâmina é aquecida diretamente pela corrente elétrica fica caracterizado o rele direto, mas o reostato (D) deve estar no ponto máximo de resistência os contatos (A e B) mantêm a continuidade do circuito, a lâmpada (C) acusará qualquer interrupção que possa ocorrer no circuito antes do reostato, manejando o reostato a corrente do circuito aumentaria e algum tempo depois a lâmina se abriria e a lâmpada se apagaria.

Conclusão:

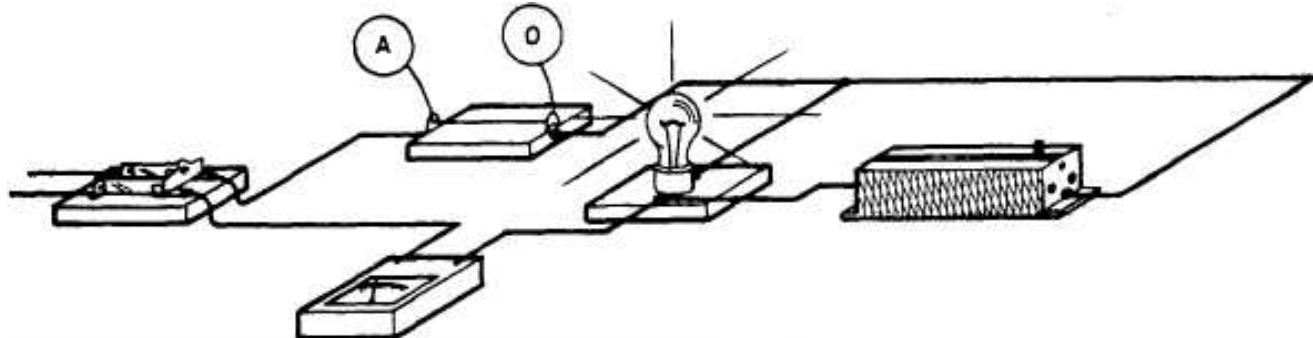
- a lâmina não se abre com qualquer corrente, ela permanece fechada, se a corrente não atingir o limite mínimo capaz de provocar a abertura.
- a lâmina só se abre quando o calor for suficiente.
- após a abertura a lâmina esfria e fecha novamente.

Fusão, a fusão dos metais, ocorre quando eles passam do estado sólido para o estado

Líquido, pela elevação da temperatura a temperatura em que o metal passa do estado sólido para o líquido chama-se “ponto de fusão”, claro que cada material tem seu próprio ponto de fusão.

TABELA DE PONTO DE FUSÃO	
MATERIAL	PONTO DE FUSÃO-°C
Estanho	232
Chumbo	327
Zinco	419
Alumínio	658
Prata	960
Cobre	1084
Níquel	1453

Vamos demonstrar o fenômeno da fusão do metal, com auxílio da ilustração abaixo.



No trecho compreendido entre as letras O e A da figura colocaremos um fio de cobre bem fino, de número 30 AWG. Usaremos um reostato de 20 A. No trecho O-A a

corrente terá densidade bem maior que na rede, em razão dessa densidade, o fio de cobre, nesse trecho O-A,vai esquentar e , consequentemente ,fundir-se , interrompendo o circuito .O fio de cobre do trecho O-A não permite a passagem de uma corrente maior no circuito , o fio de cobre limita a corrente do circuito a um valor determinado ele atua como “guardião” do circuito , não permitindo a passagem de uma corrente maior .Assim , só ele se queimará .

Esse fio é chamado de elo fusível, elo porque mantém a continuidade do circuito e fusível porque funde.

O elo fusível mais comum é feito de cobre, chumbo ou alumínio. Eventualmente é revestido de estanho ou prata.

3. EFEITOS TERMICOS DA CORRENTE ELETRICA

CONDUTORES

Condutor elétrico: corpo constituído de material bom condutor, destinado à transmissão da eletricidade.

Fio: condutor sólido, maciço, de seção circular, com ou sem isolamento.

Cabo: conjunto de fios encordoados, não-isolados entre si, isolado ou não, conforme o uso a que se destina, sendo mais flexível que um fio de mesma capacidade de carga.

Condutor (fio): sólido de cobre eletrolítico nu tempera mole.

Condutor (cabo): formado por fios de cobre eletrolítico nu, tempera mole.

Os cabos podem ser:

Unipolares: quando constituídos por um condutor de fios trançados, com cobertura isolante protetora;

Multipolares: quando constituídos por dois ou mais condutores isolados, protegidos por uma camada protetora de cobertura comum.

4 x Ø ELETRODUTO	AWG MCM	mm²	COBRE	ALUM.	MOTOR TRIF. CV	FACTOR PÓTÉNCIA APROX.	MOTOR TRIF. MAX. 5% QUEDA			MOTOR TRIF. MAX. 5% QUEDA			TRANSFORMADOR TRIF. KVA	TRIF. TRIF. MAX. 3% QUEDA			TRIF. TRIF. MAX. 3% QUEDA		
							380 V		220 V		380 V			380 V		220 V			
							CORREN	CORREN	CORREN	CORREN	A	mm²	mm²	A	mm²	m	CABO	DIST. MÁXIMA	CABO
BITOLA	BITOLA						A	mm²	mm²	A	mm²	mm²	A	mm²	m	A	mm²	A	mm²
10 mm²	16	1	12	7,5	0,33	0,84	0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	30	45	10	71	78	25	55
15 mm²	14	1,5	15,5	9,5	0,5	0,68	1,2	1,5	1,5	2	1,5	1,5	45	68	15	74	118	50	84
20 mm²	12	2,5	21	13	0,75	0,68	1,6	1,5	1,5	2,8	1,5	2,5	50	76	25	100	131	70	78
25 mm²	10	4	28	17	1	0,67	2,1	1,5	1,5	3,5	1,5	2,5	75	114	50	115	197	95	60
35 mm²	8	6	36	22	1,5	0,60	2,9	1,5	1,5	5	1,5	4	100	152	70	117	263	150	67
50 mm²	6	10	50	30	2	0,79	3,8	1,5	1,5	6,5	2,5	4	112,5	171	95	134	296	185	69
70 mm²	4	16	68	42	4	0,88	5,2	1,5	2,5	9	2,5	8	150	228	120	120	394	2x150	90
95 mm²	2	25	89	55	4	0,81	7	1,5	2,5	12	4	10	200	304	185	117	526	2x240	86
120 mm²	0	35	111	68	8	0,69	8,7	1,5	4	15	4	10	225	342	240	115	592	3x150	90
150 mm²	00	50	134	82	8	0,65	10	2,5	4	18	6	16	250	380	2x120	162	557	3x185	94
200 mm²	70	70	171	105	7,5	0,68	13	2,5	6	22	8	16	300	456	2x150	156	782	3x240	86
250 mm²	0000	95	207	127	10	0,88	16	4	8	27	10	16	500	761	3x240	156	1316	5x240	86
300 mm²	250	120	239	146	12,5	0,65	20	4	10	34	10	25	CENTRO DE DISTRIBUÇÃO						
350 mm²	300	150	272	166	15	0,88	23	6	10	40	16	25	POT.	4%	220V	36W	DISJ.		
400 mm²	400	185	310	190	20	0,86	30	6	10	52	16	35	MON.	MAX	A				
500 mm²	500	240	364	223	28	0,88	37	10	16	64	25	50	1000	4,5	1,5	86	10		
600 mm²	600	300	419	256	30	0,87	45	16	16	78	35	70	2000	9	2,5	70	15		
800 mm²	800	400	502	307	40	0,89	60	25	25	104	50	95	3500	16	4	60	20		
1000 mm²	1000	500	578	353	50	0,91	73	25	25	125	70	95	5000	23	6	64	30		
							80	0,92	87	35	35	150	95	120					
VERG. PIAL.							76	0,92	108	50	50	185	120	185	POT.	2%	220V	36W	DISJ.
3/8"	70	142	-	100	0,92	143	70	70	246	105	2 x 95	W		MON.	MAX	A			
TUBO P/AT.							120	0,92	180	120	120	310	2 x 120	2 x 120	1000	4,5	1,5	43	10
3/8"	21	44	-	150	1,93	209	150	150	360	2 x 150	2 x 150	240	480	2 x 240	3500	9	2,5	35	15
							200	0,94	278	240	240	480	2 x 240	2 x 240	3500	16	4	30	20
													5000	23	6	32	30		

REPRODUÇÃO PROIBIDA

4. ARCO VOLTAICO

FORMAÇÃO

O arco voltaico pode ocorrer nos dispositivos de manobra, proteção e seccionamento, como nos seccionadores, disjuntores, contatores etc.

A ação de desligar um dispositivo de comutação é sempre acompanhada pela formação de um arco voltaico.

Com o afastamento das peças de contato na operação de desligar, a corrente passa a circular de um contato para outro através de uma estreita camada metálica. A corrente que passa por esta camada aquece intensamente o material da ponte formada, provoca a fusão e posteriormente a evaporação. A ponte então é desfeita e a corrente circula através do arco voltaico, o arco vai aumentando à medida que os contatos vão se afastando um do outro e permanece estacionário até um comprimento de 2mm e provoca nos pontos nascentes nas peças de contato, uma queima.

Apenas com o aumento da distância entre as peças de contato e que o arco sofre um deslocamento (desdobramento). Com o auxílio de seu próprio campo magnético, é empurrado para fora das peças de contato, aumentando seu comprimento até o ponto em que se auto-extingue.

Arcos transitórios – este tipo de arco envolve voltagens bastante elevadas, quando da sua ocorrência, caracteriza-se pela presença de faíscas e sons. Exemplo típico de arco transitório na natureza é o relâmpago ou raio.

Arcos curtos permanentes – relativa alta voltagem e baixas intensidades de corrente. Nesse tipo de arco voltaico a descarga se processa em um meio gasoso e baixas pressões. Exemplo: lâmpadas fluorescentes.

Arcos estáveis ou automantidos - caracterizados pela alta corrente e baixa tensão. Exemplo: solda elétrica.

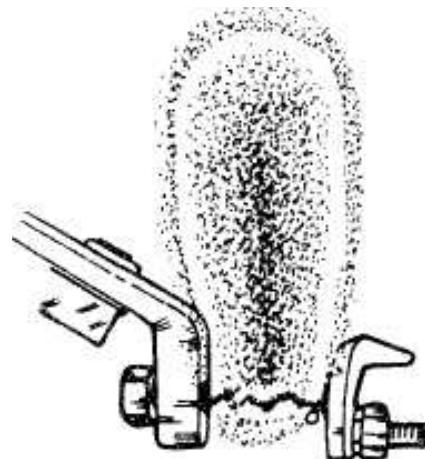
A formação dos arcos voltaicos depende dos seguintes fatores:

- tipo de corrente elétrica (CA ou CC);

Quando um arco é originário por corrente continua sua extinção é bastante complicada, sabendo que a corrente continua circula sempre pelo mesmo sentido no circuito, assim a configuração do arco elétrico será única, sendo que a corrente não está passando pelo momento. Assim o arco elétrico só se cessa quando não tem mais alimentação.

Ao contrário do arco elétrico em corrente continua o de corrente alternada poderá ser feita com relativa facilidade, pois em corrente alternada, a inversão do sentido da circulação da corrente, faz inverter-se a configuração do arco voltaico inúmeras vezes por segundo, desta forma o arco uma vez estabelecido, poderá ser extinto no momento em que estiver passando de uma para outra configuração, porque neste instante, a corrente também estará passando pelo momento zero.

- tensão de circuitos: quanto maior a tensão do circuito melhor será a condição para a formação do arco voltaico.



- corrente a ser interrompida: assim, como a tensão quanto maior for a corrente a ser interrompida maior será o arco voltaico.
- indutância e capacidade do circuito: conforme sabemos, na interrupção de circuitos predominante indutivos, ou no estabelecimento de circuitos predominantes capacitivos surgem fenômenos transitórios que acarretam sobre tensão, nestes casos teremos sobre tensão, também teremos maiores proporções de arco voltaico.
- meio existentes entre os contatos: depende da substância existente entre os contatos o favorecimento ou não a formação de arco voltaico, quando não há nenhuma substância entre os contatos, teremos o que chamamos de vácuo, com isso a formação do arco voltaico será dificultada, formando-se apenas um “pequeno” arco voltaico.
- distância entre os contatos e a velocidade de separação dos mesmos: a distância do arco voltaico é inversamente proporcional à distância de separação dos contatos.

De fato, quanto menor for à separação dos contatos, mais intenso será o arco voltaico e vice-versa: maior separação, menor intensidade de arco.

SISTEMA DE EXTINÇÃO DO ARCO VOLTAICO

Na realidade o arco voltaico é fundamental para o bom êxito dos dispositivos de manobra e seccionamento, se o arco voltaico não aparecesse e o circuito fosse de alguma forma interrompido instantaneamente, seriam criadas grandes sobre tensões, que destruiriam os equipamentos alimentados por esse circuito. A sobretensão cresceriam, porque a passagem de corrente em um condutor sempre induz um campo magnético em suas imediações, a energia armazenada no campo magnético é transformada em energia elétrica, quando a corrente decresce e o campo termina.

O arco voltaico permite que a corrente elétrica passe brevemente entre os contatos abertos e isso impede que o campo magnético se interrompa rápido demais, consequentemente, a resistência à passagem de corrente aumenta e a temperatura da área de contato decrescente também aumenta, quando se alcança o ponto de fusão da superfície de contato, somente uma fina ponte de metal fundido permanece para transportar a corrente, nesse instante a temperatura aumenta tão precipitadamente que o metal se vaporiza, portanto, deve-se interromper o circuito com rapidez necessária a cada caso e usar um sistema de extinção de arco voltaico adequado.

Os arcos voltaicos podem-se extinguir através dos seguintes sistemas:
-extinção a ar em condições normais.

Neste sistema os contatos operam ao ar livre, a extinção do arco se faz pela separação dos contatos.

-câmara de extinção a óleo.

Este sistema é o mais comum. Consiste em fazer a abertura ou o fechamento dos contatos em óleo isolante no interior de uma câmara.

-câmara de extinção a ar comprimido.

Este sistema é análogo ao anterior, só difere no seguinte: o arco voltaico é expulso da câmara por um jato de ar comprimido, que é obrigado a passar entre os contatos no momento da separação dos mesmos. Neste caso há necessidade de equipamento auxiliar para comprimir o ar.

-câmara de extinção a gás.

O gás utilizado nesse sistema tem duas funções: isolar os contatos e extinguir o arco voltaico. Normalmente utilizam-se o hexafluoreto de enxofre (SF₆), que é um gás isolante.

Os contatos ficam imersos no gás, que é mantido sob pressão por um equipamento auxiliar.

-câmara de extinção a vácuo.

Como já foi visto, não existindo meio material entre os contatos, a formação do arco voltaico é dificultada. Baseados nesse princípio, são utilizados sistemas de extinção a vácuo (os contatos operam em uma câmara submetida a vácuo).

-sistema de extinção por areia.

Este sistema é usado principalmente no caso de fusíveis diazed e nh.

O fusível Diazed é constituído de um corpo de porcelana, em cujos extremos metálicos se fixa um fio de cobre puro ou recoberto por uma camada de zinco, imerso em areia especial, de granulação adequada, desta forma quando o elo fusível se funde a areia funciona como meio extintor de arco voltaico.

MANOBRA E SECCIONAMENTO EM BAIXA TENSÃO

Existem dois dispositivos para extinção de arcos voltaicos são eles:

- os dispositivos de seccionamento (seccionadoras);
- os dispositivos de manobra (disjuntores e contatores);

SECCIONAMENTO

Os dispositivos se dividem em dois: seccionadores para operarem com ou sem carga.

Os seccionadores para operar sem carga só devem ser manobrados sem carga mínima, nunca devem ser operados (fechados ou abertos) sob carga, pois estes seccionadores em geral não possuem sistemas de extinção de arcos. Ao tentar operar estes seccionadores sob carga, podem ocorrer arcos de grandes proporções, como também curto circuito entre fases, causando explosão.

Os seccionadores para operar sob carga podem atuar com o sistema funcionando em condições normais, ou seja, previsto para interromper a corrente nominal. Em relação aos seccionadores para operar sem carga, este tipo é diferente:

- no tempo de atuação, para uma abertura rápida dos contatos automáticos;
- na sua constituição física, são melhores elaborados para essa finalidade;

-na existência de câmara de extinção, devem possuir câmaras de extinção de arcos elétricos, pois, neste caso, os arcos podem assumir maiores proporções.

MANOBRA

Os disjuntores e contatores para baixa tensão geralmente funcionam pelo sistema em que os contatos operam ao ar livre.

Assim, para que isso seja possível sem danificar os contatos, alem de facilitar a extinção do arco voltaico, os contatos dos disjuntores e contatores que operam por este sistema normalmente são dotados de um prolongamento, desta forma quando se der a abertura dos contatos e surgir um arco voltaico, o propor arco voltaico gera uma intensa zona de calor ao seu redor , assim o ar quente sobe , levando consigo o arco voltaico dos contatos para o seu prolongamento.

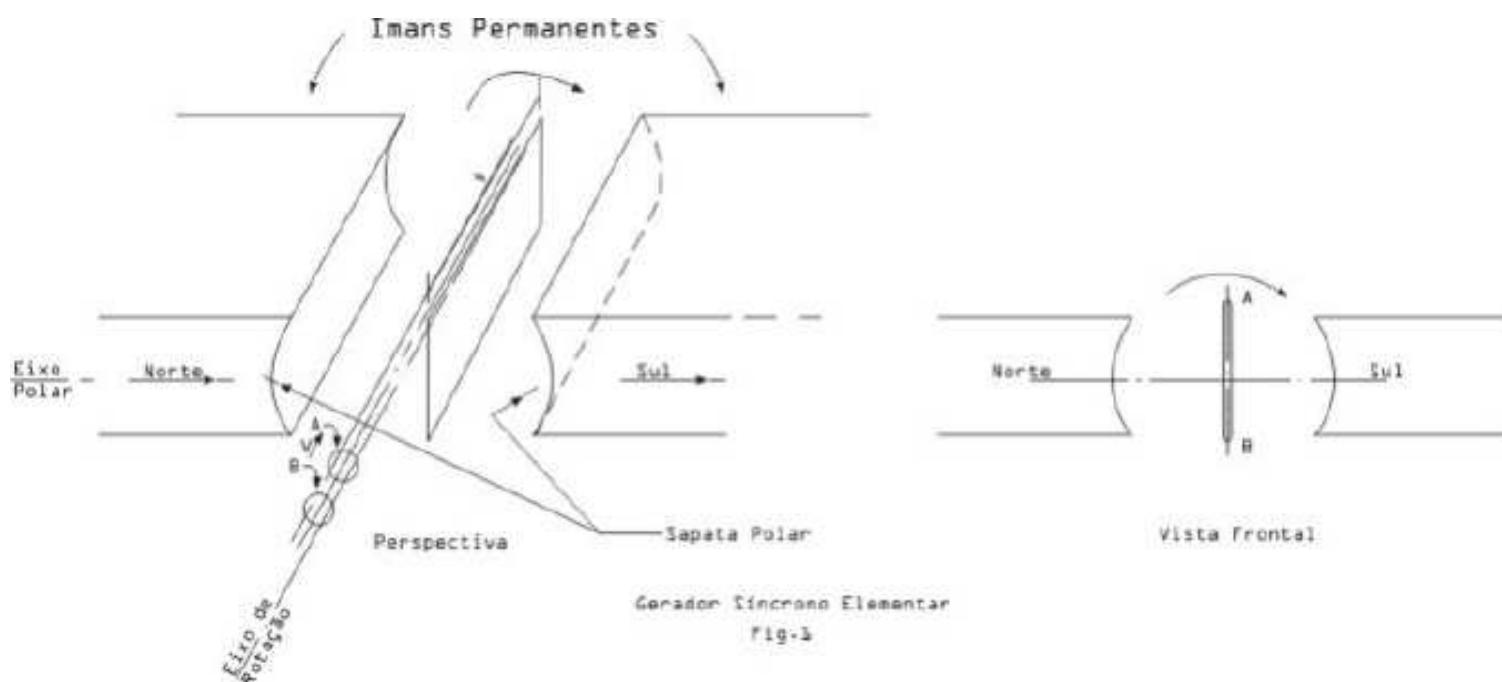
Para contatores e disjuntores que operam com correntes mais elevadas existe ainda o recurso de se utilizarem elementos isolantes dentro da câmara.

Esses isolantes ficam a uma determinada altura e a distancias pré-estabelecidas ,quando o arco sobe pelas placas de condução , e forçado a prolongar-se.

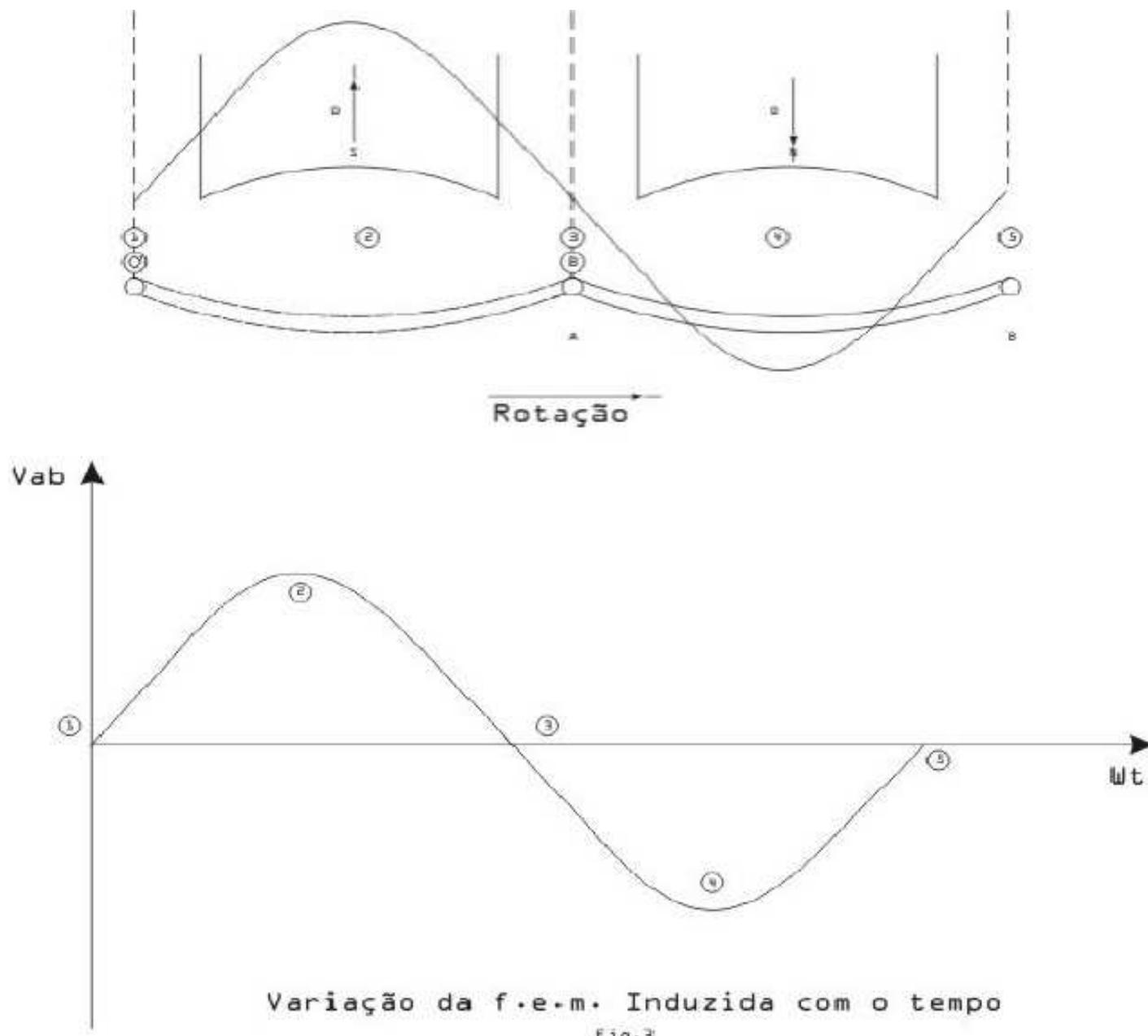
5. INDUSTRIAL BÁSICO

GERADORES – PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

Considere inicialmente uma bobina constituída por "N" espiras e imersa em campo magnético produzido por imãs permanentes. (Fig.1) Acionando-se o eixo de rotação, as espiras da bobina cortam as linhas do campo e, pela lei Fundamental: da indução eletromagnética, uma força eletro motriz (f.e.m.) é induzida nos condutores. Literalmente a f.e.m. (E) é diretamente proporcional ao número de espiras da bobina (N), indução do campo magnético: (B), velocidade periférica (v) é comprimento de cada condutor (L).



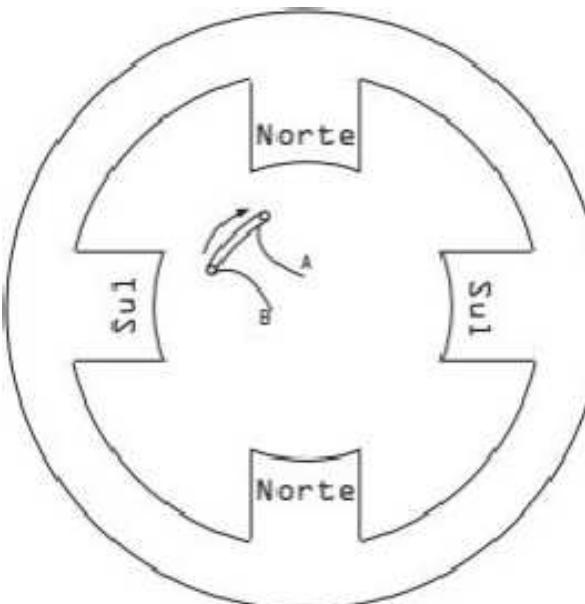
A indução magnética produzida pelos imãs permanentes possui distribuição espacial que depende essencialmente da forma de superfície polar (sapata polar). Com configuração adequada da sapata consegue-se maior concentração de induções no centro do pólo e valores menores nas extremidades. A distribuição senoidal de induções utilizada na construção de geradores, são determinadas pelo desenho conveniente da sapata polar. A bobina "ab" movimenta-se em relação ao campo de induções senoidal, resultando uma f.e.m. induzida também senoidal, ou seja:



polaridade de f.e.m. é contrária a das espiras "b", que se encontra sob o pólo sul. Desta forma, a variação da f.e.m. acompanha em todos os pontos a distribuição de induções e possui polaridade distinta sob os pólos norte e sul.

A ligação dos condutores das "N" espiras é realizada de maneira que a tensão nos condutores "a" é somada à dos condutores "b" ou seja:

$$V_{ab} = V_a + V_b$$



Gerador Síncrono
Elementar 4 Pólos
Fig.4

Cada giro das espiras corresponde a um ciclo completo da tensão gerada. Para que a tensão gerada seja de 60 Hz, é necessário que a espira gire 60 vezes em 1 segundo, ou ainda, 3.600 rotações por minuto (RPM). Na fig. 4 encontra-se um gerador para quatro pólos observe que para quatro pólos, a cada volta completa a espira excursiona sob dois pólos norte e dois pólos sul, gerando dois ciclos. Portanto para a geração de 60 Hz é necessário que a espira gire 30 vezes em 1 segundo, ou seja, 1.800 RPM.

Generalizando o raciocínio, pode-se concluir que para um gerador com "P" pares de pólos girando a n rotações por minuto a freqüência de f.e.m. induzida em hertz (Hz) é determinada por:

$$f = \frac{n \cdot p}{60}$$

Exemplo 1: Determinar a freqüência da tensão induzida em gerador de 12 pólos na rotação de 600 RPM.

Solução: Dados: $P = 6$ pares de pólos (12 pólos) $n = 600$ RPM então:

$$f = \frac{600 \cdot 6}{60} \quad \therefore \quad f = 60 \text{ Hz}$$

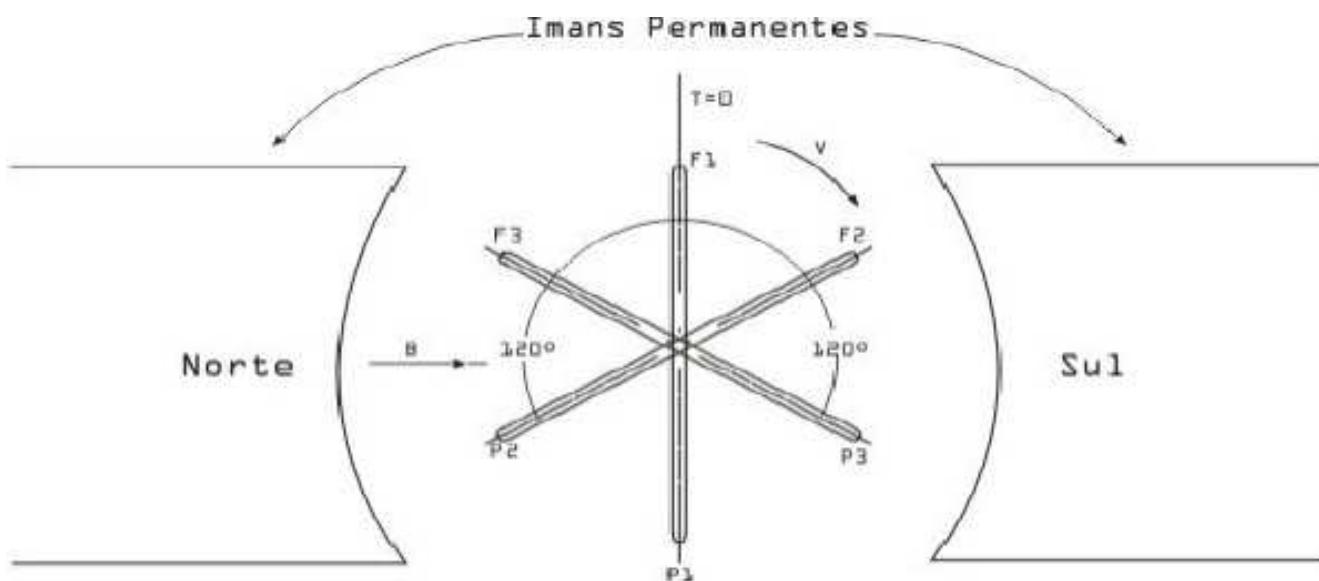
Exemplo 2: Nos geradores para avião a jato que operam na freqüência de 400 Hz, determinar o número de pólos necessários para obtenção dessa freqüência, sabendo que a turbina que aciona esse gerador gira a 24.000 rpm.

Solução: Dados: $f = 400$ Hz $n = 24.000$ rpm então:

$$400 = \frac{24.000 \cdot p}{60}$$

Portanto: $p = 1$ par de pólos Concluído: número de pólos = $2p = 2$ pólos

GERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS ELEMENTARES



Sistema Trifásico de bobinas

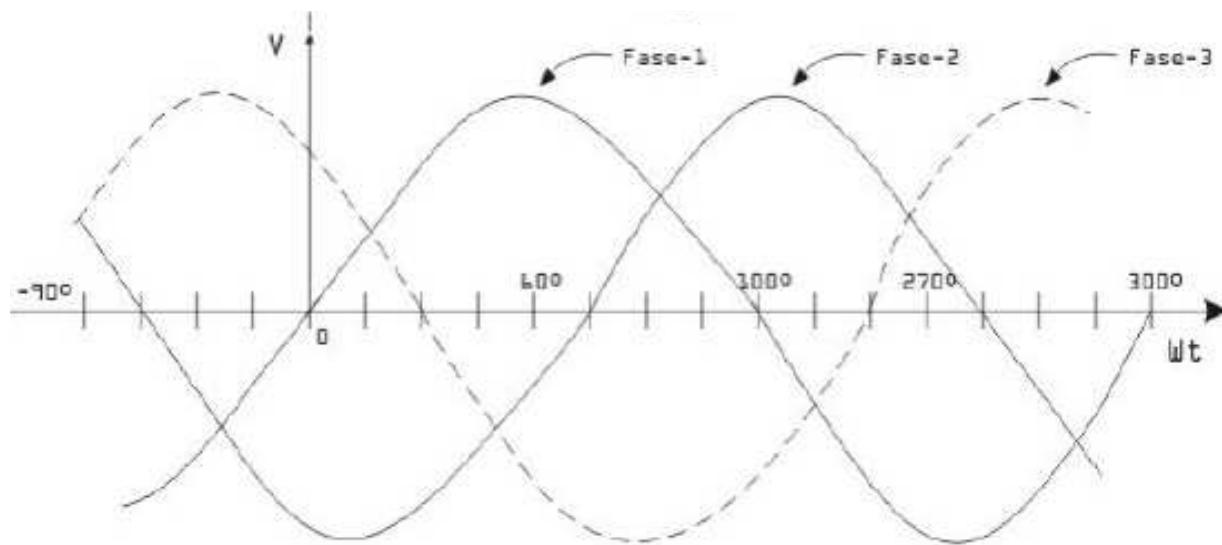
Fig.5a

O gerador trifásico é constituído por três bobinas com o mesmo número de espiras, dispostas simetricamente no espaço, formando entre si um ângulo de 120° , conforme mostra a fig.5a. As bobinas inicialmente são independentes, não possuindo ligação entre si. A nomenclatura dos terminais da bobina é definida por P1, F1, F2, P3, F3, respectivamente princípio e fim das bobinas 1, 2 e 3.

A distribuição de campo de indução magnética, produzido pelos imãs permanentes é exatamente a mesma do gerador monofásico.

Nas bobinas 1, 2 e 3 são geradas tensões iguais, pois possuem o mesmo número de espiras, as mesmas dimensões geométricas e são submetidas a um único campo de induções, possuindo apenas uma defasagem entre si de 120° no tempo, em função da posição espacial que ocupam.

Cada bobina é uma fase e, observando-se a fig.5b nota-se que a f.e.m. gerada nas fases são idênticas e defasadas de 120° no tempo.



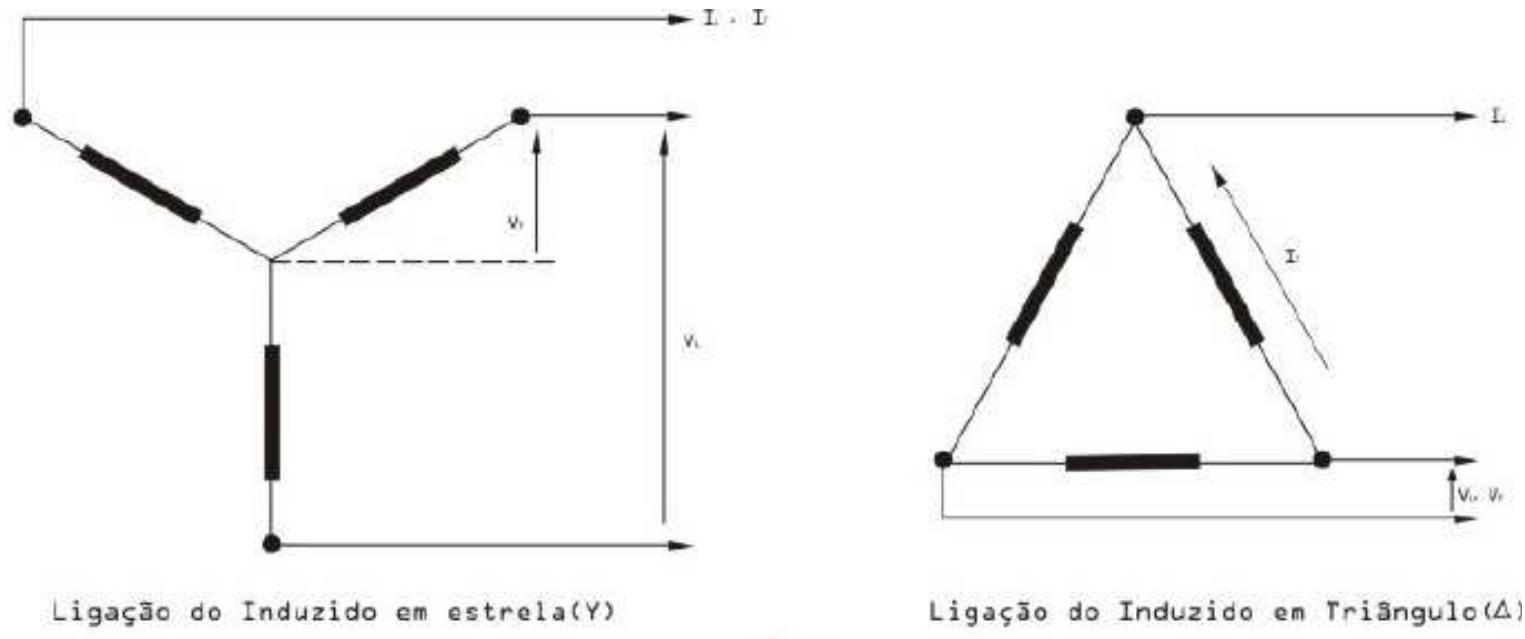
Tensões Geradas em Sistema Trifásico

Fig.5b

FUNCIONAMENTO DO GERADOR SEM CARGA (EM VAZIO)

Alimentando-se as bobinas dos pólos com fonte de c.c. obtém-se o campo magnético que depende da corrente de excitação. As bobinas são dispostas de modo a gerar idêntico número de pólos norte e sul. As linhas de campo atravessam o entreferro, o rotor fecha-se pela coroa. Acionando-se o eixo da armadura as bobinas cortam as linhas de campo, gerando uma tensão alternada monofásica ou trifásica.

Em alternadores trifásicos as bobinas das fases são conectadas em estrela ou triângulo, conforme mostra os esquemas da fig.7.



Ligaçāo do Induzido em estrela (Y)

Ligaçāo do Induzido em Triângulo (Δ)

Fig.7

As características principais das ligações são as seguintes:

Ligações Estrela:

$$V_L = 1,73 \cdot V_f \quad (\text{Tensão de Linha} = 1,73 \cdot \text{tensão de fase})$$

$$I_L = I_f \quad (\text{Corrente de linha} = \text{corrente de fase})$$

$$\text{Ligações Triângulo: } V_L = V_f \quad (\text{tensão de linha} = \text{tensão de fase})$$

$$I_L = 1,73 \cdot I_f \quad (\text{corrente de linha} = 1,73 \cdot \text{corrente de fase})$$

Resumindo o exposto, a tensão gerada depende da intensidade das induções de campo magnético e, para geradores com eletroímãs, da corrente que circula nas bobinas de campo ou corrente de excitação (I_{ex}).

FUNCIONAMENTO EM CARGA

O gerador elétrico é um equipamento eletromecânico que converte energia mecânica em energia elétrica. A carga do gerador também é um equipamento conversor de energia. Os exemplos mais comuns são as lâmpadas que convertem energia elétrica em energia luminosa estufas que convertem energia elétrica em energia térmica e os motores elétricos que convertem energia elétrica em energia mecânica. Através da tensão e corrente elétrica, o gerador envia energia aos conversores de carga. Para um nível de tensão fixo, por exemplo, 220V, quanto maior a corrente elétrica, maior a energia transmitida.

As cargas nem sempre são constituídas por elementos puramente resistivos e normalmente possuem indutâncias e capacitâncias associadas que armazenam energia nos campos elétricos ou magnéticos. O ideal seria que toda energia elétrica fornecida pelo gerador à carga fosse convertida, porém, parte da energia é armazenada nos campos elétricos ou magnéticos e devolvida em seguida ao gerador, sem sofrer conversão. Assim sendo, a corrente circula entre o gerador e a carga sem conversão de energia elétrica para outra forma. Essa corrente que apenas circula entre gerador e carga, não transportando energia efetivamente, denomina-se energia reativa.

A potência reativa será indutiva ou capacitiva, conforme o caráter da carga, indutivo ou capacitivo, respectivamente. A potência efetivamente entregue a carga é potência ativa. Resumindo, o gerador fornece energia a um conversor que poderá ter caráter reativo. Parte da energia entregue é convertidas em energia luminosa, térmica, mecânica, etc., e parte é armazenada no campo magnético (indutor) ou elétrico (capacitor) e devolvida ao gerador.

Evidentemente, quando o fornecimento de energia do gerador é de potência ativa, o motor acionante (diesel, turbina, etc,) fornece energia mecânica ao eixo para a conversão em energia elétrica. Quando o gerador alimenta cargas reativas, o motor acionante não é solicitado pois o gerador não entrega, efetivamente energia à carga. A potência reativa altera apenas a excitação e o comportamento do gerador sob carga pode ser descrito como segue:

CARGAS COM CARÁTER INDUTIVO

São cargas que consomem potência ativa e ainda trocam energia com o gerador. A energia ativa que realmente o gerador entrega à carga comporta-se como carga puramente resistiva, e a energia reativa. Apenas para efeito de registro, na fig.10 é indicado o diagrama de fatores da tensão e corrente do gerador e o triângulo de potência. O co-seno do ângulo entre a corrente ativa I_p e o corrente I_G é denominado de fator de potência da carga.

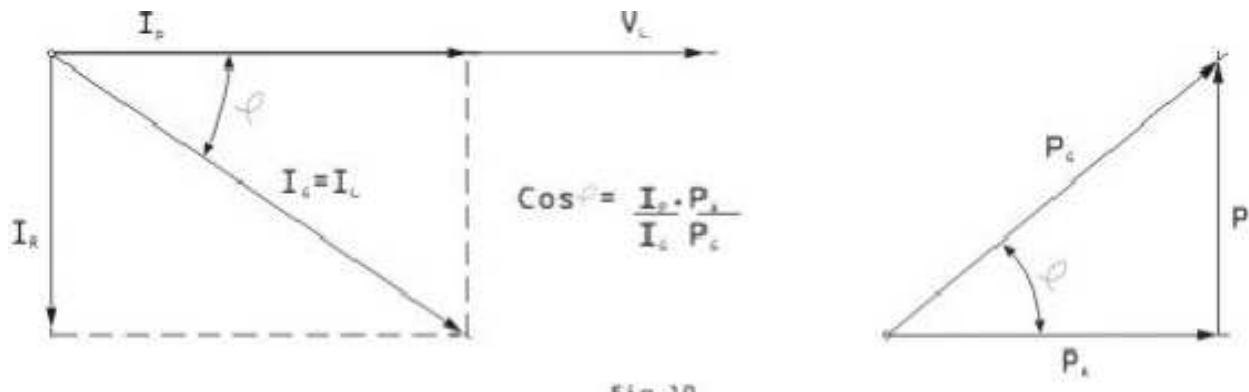


Fig.10

Diagrama de fatores de tensão, corrente e o triângulo de potência p/ carga de caráter indutivo

- V_L = Tensão nos terminais do gerador
- P_s = Potência total do gerador (Kva)
- P_A = Potência ativa do Gerador (Kw)
- P_R = Potência reativa do gerador (Kvar)
- ϕ = Ângulo de Defasagem entre as Potências Ativas e Total ou entre a corrente de linha e corrente Ativa.
- I_s = Corrente Ativa (A)
- I_R = Corrente Reativa (A)
- I_t = Corrente Total do gerador (A)
- I_L = Corrente de Carga (A)

Um gerador elétrico que fornece 100 KVA com fator de potência de 0,8, alimenta uma carga que absorve 80 KW de potência ativa e 60 KVAR de potência reativa (carga de caráter indutivo). Devemos aumentar a excitação para manter a tensão nos terminais do gerador constante devido aos reativos, e o motor acionante deverá fornecer a potência de 80 KW e as perdas de operação do gerador. A fig.11 indica a variação de corrente de campo com diversas cargas afim de manter a tensão do gerador constante.

GERADORES SÍNCRONOS TRIFÁSICOS

O sistema de excitação estático é constituído por gerador síncrono controlado por um componente eletrônico, totalmente em estado sólido, denominado excitatriz estática. A excitatriz verifica a tensão de saída do gerador e alimenta o campo com c.c., necessária para manter constante a tensão nos terminais para qualquer carga e fator de potência. No inicio do processo, ou escorvamento, o gerador é acionado na rotação nominal. As partes de ferro do gerador retém certo nível de indução remanente, mesmo quando a corrente de excitação é nula. A tensão gerada, apenas por indução remanente, normalmente é superior a 5V e suficiente para sensibilizar a excitatriz estática. Se a excitatriz verificar que a tensão de saída é baixa, ela ajusta a corrente de excitação necessária para que a tensão decorrente da colocação ou retirada de cargas é corrigida automaticamente pela excitatriz, através do fornecimento de maior ou menor potência de excitação.

6. TRANSFORMADORES

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Os *transformadores trifásicos* têm as mesmas funções que os monofásicos, ou seja, abaixar e elevar a tensão. Mas trabalham com *três fases*, ao invés de apenas uma como os monofásicos.

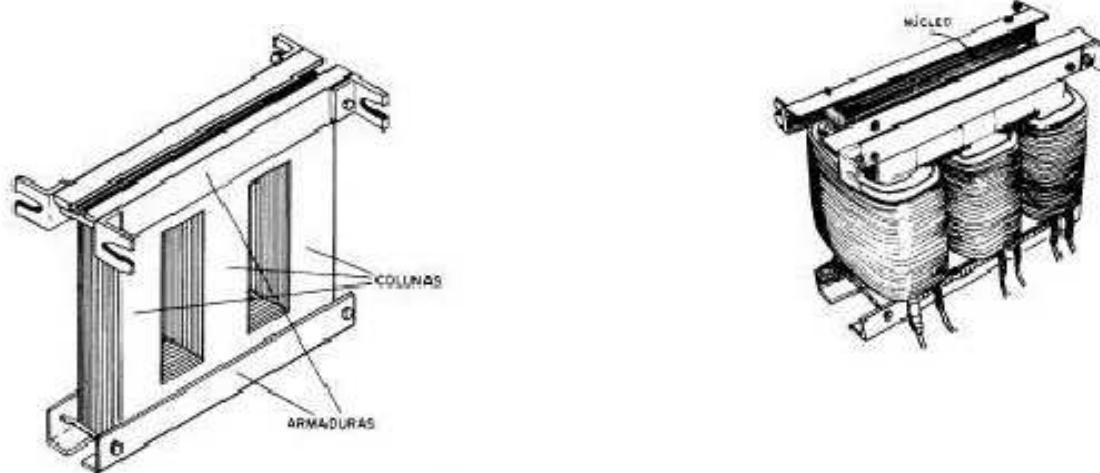
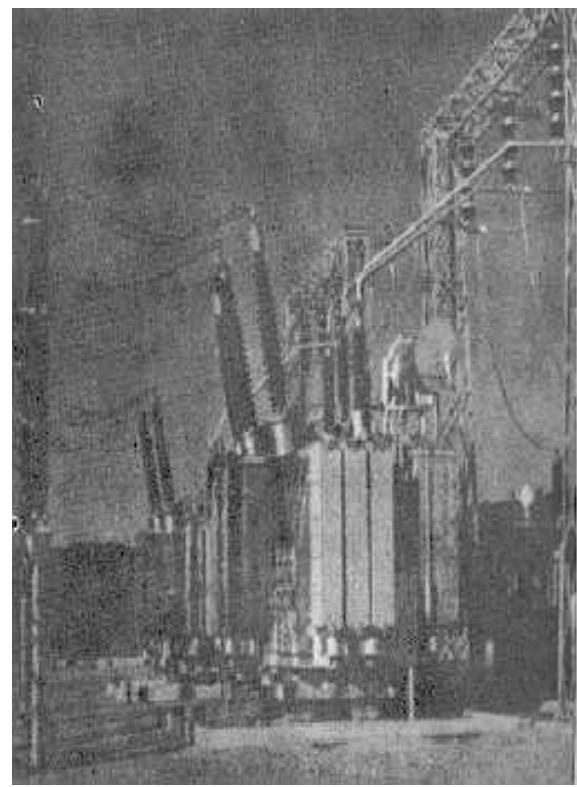
Enquanto o transformador de seu televisor tem a função de reduzir 220 volts para 110 volts, ou estabilizar a tensão, o transformador que você vê nos postes tem por finalidade a distribuição da energia elétrica para os consumidores. Existem vários tipos de transformadores trifásicos de força.

Existem transformadores de grande potência e alta tensão. Você poderá ver transformadores de força de grande potência e alta tensão nas subestações.

Nas subestações, o transformador não tem a mesma finalidade que os pequenos transformadores domésticos. Eles são distribuídos e tem maiores capacidades. Mas tem, basicamente, o mesmo princípio de funcionamento e executam o mesmo trabalho: *transforma tensões*.

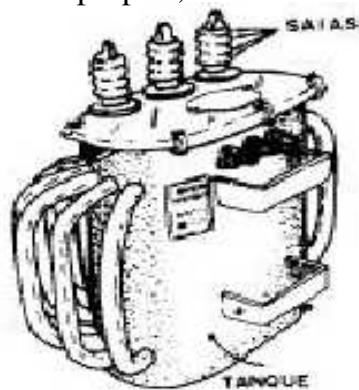
Transformar, por exemplo, 120 KV em 13,8 KV.

Os enrolamentos do transformador trifásico nada mais é que uma associação de três enrolamentos monofásicos. O núcleo dos transformadores trifásicos é constituído de chapas siliciosas a exemplo dos monofásicos. Possuem três colunas.



Cada coluna servirá de núcleo para uma fase, como se cada coluna fosse um transformador monofásico. Então em cada coluna você terá duas bobinas, uma primária e outra secundária. Portanto, o transformador trifásico tem no mínimo seis bobinas: **três primárias e três secundárias**.

Veja a figura onde as seis bobinas estão montadas no núcleo. O conjunto é colocado em um recipiente próprio, denominado tanque.

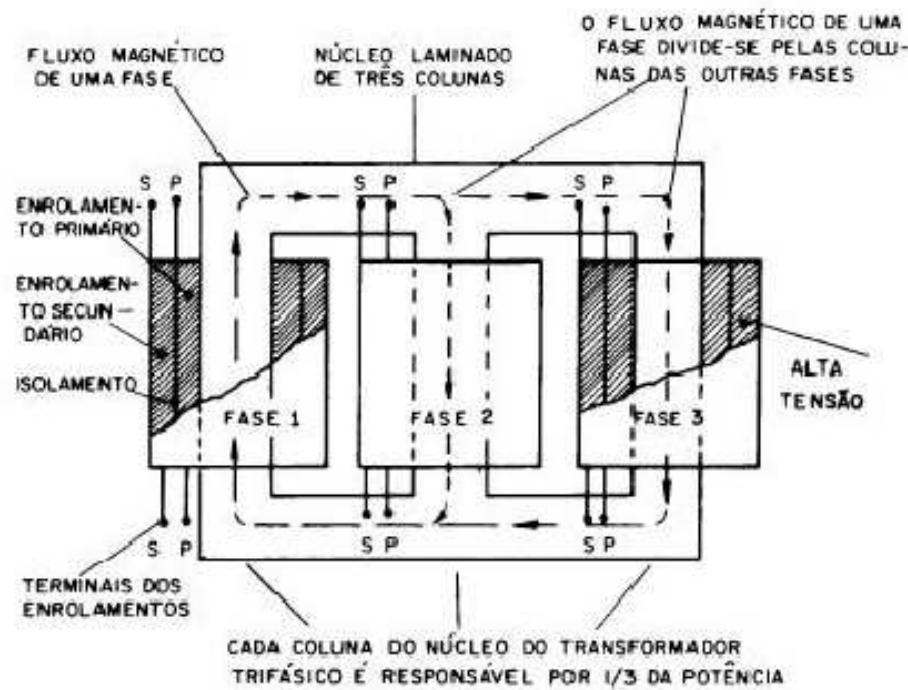


Fora do tanque, existem seis terminais: três para entrada da rede trifásica e três para a saída. Note que, no lado da tensão mais elevada, os terminais são próprios para alta tensão: tem muitas “saias” e são bem mais longos.

O isolador para as tensões mais baixa é bem menor em comprimento, tem menos “saias” e os seus terminais (parafusos de fixação do condutor) tem maior diâmetro, pois a corrente, nesses terminais, é bem maior que a existente no lado de alta tensão.

As bobinas das três fases (fases 1, 2 e 3) devem ser exatamente iguais.

Nos transformadores de alta tensão, o enrolamento de alta tensão fica do lado externo, para facilitar a isolação.



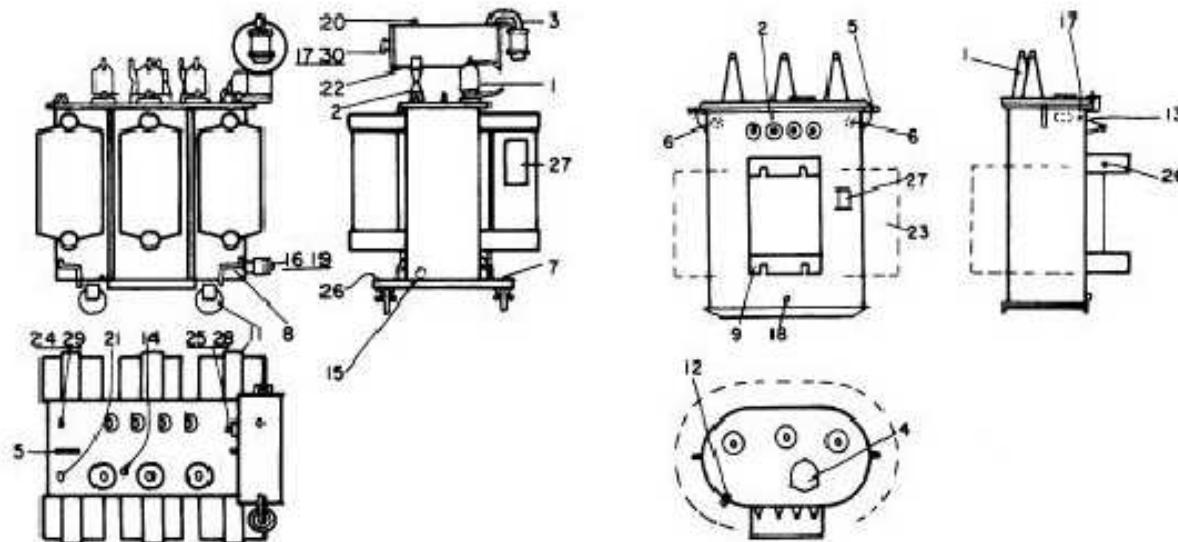
Vejamos algumas particularidades do transformador trifásico.

- O transformador trifásico difere do transformador monofásico na construção do núcleo e na disposição das bobinas das fases.
- Cada fase funciona independentemente das outras duas fases. É exatamente como se fossem três transformadores monofásicos num só. Tanto que, numa

instalação, três transformadores monofásicos, exatamente iguais, podem substituir um transformador trifásico.

- Os primários e secundários são isolados entre si, como nos transformadores monofásicos.
- O transformador trifásico pode alimentar cargas monofásicas e *trifásicas*.

Acessórios do Transformador



Acessórios Normais

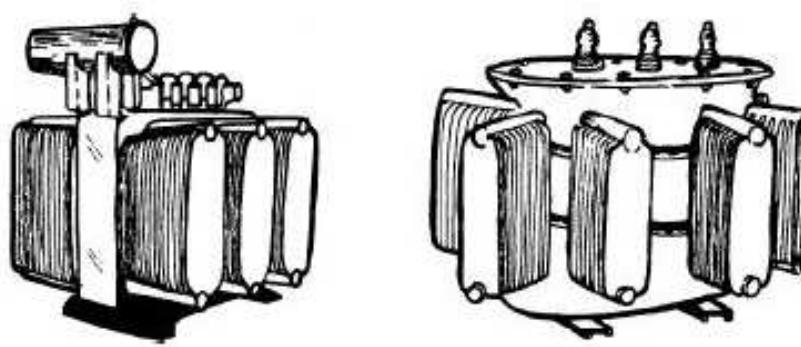
- 1- Bucha TS 15 ou 25 KV
- 2- Bucha TI e neutra 1,2 KV
- 3- Secador de ar
- 4- Janela de inspeção
- 5- Olhal de suspensão
- 6- Suspensão da parte extraível (interna)
- 7- Olhal de tração
- 8- Apoio para macaco
- 9- Suporte para ganchos
- 11- Rodas bidirecionais
- 12- Fixação de tampa
- 13- Mudança de derivações (interna)
- 14- Acionamento do comutador
- 15- Bujão para drenagem de óleo

Acessórios Opcionais

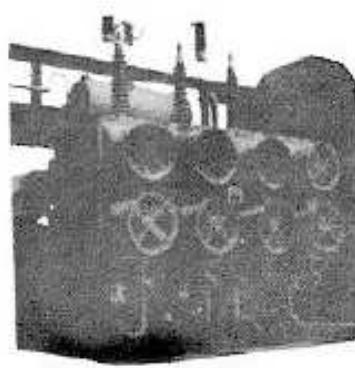
- 28- Relé Buchholz
- 29- Termômetro com contatos

- 16- Dispositivo para amostra de óleo
- 17- Indicador de nível de óleo
- 18- Bujão para drenagem e retirada de amostra do óleo
- 19- Válvula para drenagem e ligação do filtro-prensa
- 20- Tubo de encher
- 21- Tubo para ligação do filtro-prensa
- 22- Bujão para drenagem do conservador
- 23- Radiadores
- 24- Bolsa para termômetro
- 25- Previsão para relé Buchholz
- 26- Terminal de aterramento
- 27- Placa de identificação

- 30- Indicador magnético do nível de óleo



Resfriamento dos Transformadores



Resfriamento por
ventiladores



Resfriamento por
tubulações



Resfriamento por
radiadores ao natural

Como você já sabe, as *perdas do transformador* geram calor, provocando o aquecimento dos enrolamentos.

Com o excesso de calor, o isolamento dos enrolamentos e também o isolamento entre as bobinas, tendem a deteriorar-se, provocando curto-círcito e queima do transformador.

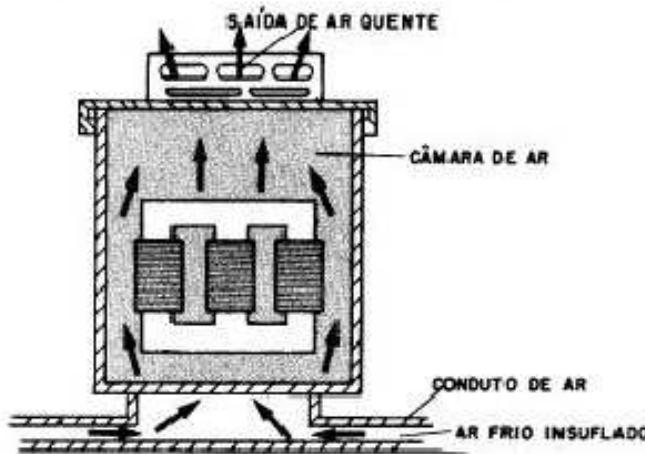
O calor deve ser dissipado, a fim de que a temperatura estabelecida para os enrolamentos seja mantida.

Os pequenos transformadores podem dissipar o calor por radiação direta, isto é, *expostos ao ar, naturalmente*.

Porém, transformadores para grandes capacidades monofásicas ou trifásicas, precisam de maior resfriamento. Não sendo suficiente a ventilação natural, esses transformadores podem ser resfriados por ventilação *forçada*.

Na ventilação forçada, empregam-se ventiladores que impelem ar frio para dentro do transformador.

A contínua circulação de ar frio retira o calor dos pontos onde ele é gerado.



Esses transformadores, resfriados a ar, por ventilação natural ou forçada, são classificados como *transformadores a seco*.

TRANSFORMADORES A ÓLEO

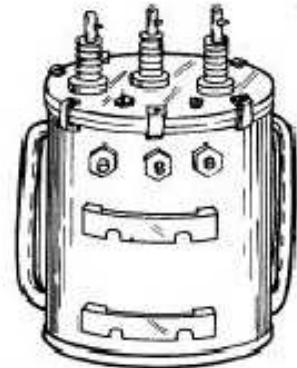
Você viu que os transformadores a seco são resfriados por ventilação natural ou forçada. Agora, vamos examinar outra forma de resfriamento de transformadores: trata-se da *refrigeração a óleo*.

Transformadores a óleo têm suas bobinas e núcleos colocados num tanque, cheio de óleo isolante.

Circulando no tanque, o óleo retira o calor das bobinas e se aquece, precisando ser novamente resfriado. O óleo pode ser *resfriado pelo ar*, em movimento natural ou forçado por ventiladores; pode também ser *refrigerado pela água*, com o uso de serpentinhas.

Analise cada caso:

1º - O óleo pode ser resfriado pelo ar ambiente, em movimento natural, de três maneiras: circulando no próprio tanque, circulando por canos externos ao tanque, circulando por aletas.



Em todos os casos, o resfriamento do óleo é possível graças ao processo de *convecção*. Veja como ele ocorre num transformador de aletas:

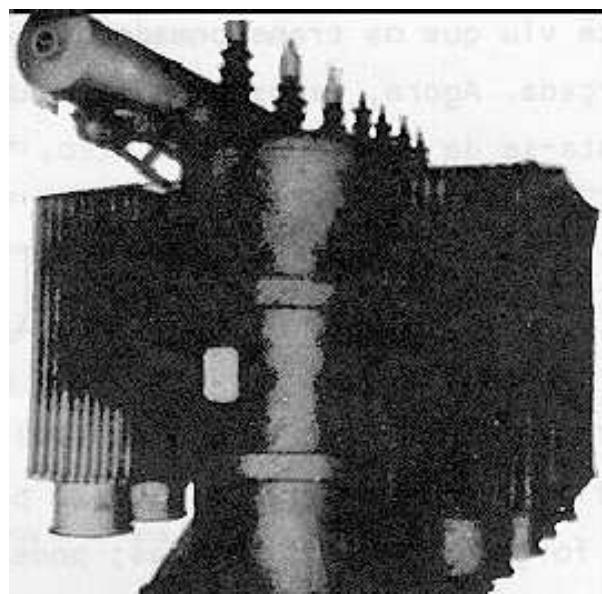
- O óleo quente sobe e vai para as aletas;

- Ao circular pelas aletas, o óleo se resfria e volta ao transformador;
- O óleo frio, mais pesado, força a entrada no transformador e vai resfriar as bobinas;
- E, assim, o processo recomeça.

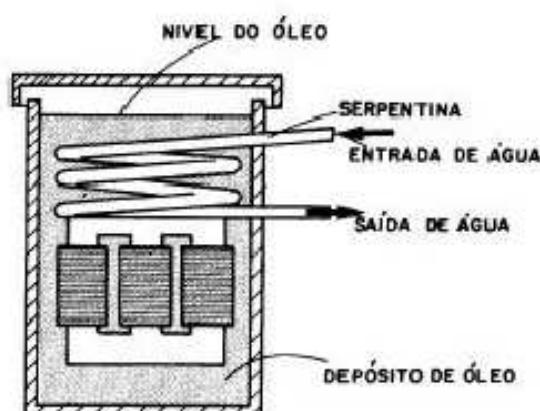
Essa é a refrigeração por óleo, com a ajuda do ar ambiente. O ar é o agente da dissipação do calor.

2º - Os transformadores de aletas podem ter refrigeração forçada, através do ar frio, que é impelido por ventiladores.

O ar frio é movimentado por entre as aletas, retirando o calor, num processo contínuo.



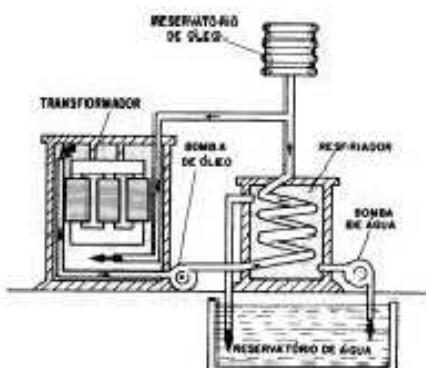
3º - A refrigeração pode ser conseguida com o uso de água, para dissipar o calor. A água retira o calor do óleo e o óleo retira o calor das bobinas e núcleo. Nesse caso, a água é o agente dissipador do calor.



O óleo é refrigerado pela circulação de água fria, através de serpentinas de cobre (tubo) imersas no óleo. As serpentinas são colocadas na parte superior interna do tanque. Nesse caso, o óleo tem refrigeração forçada, através da água.

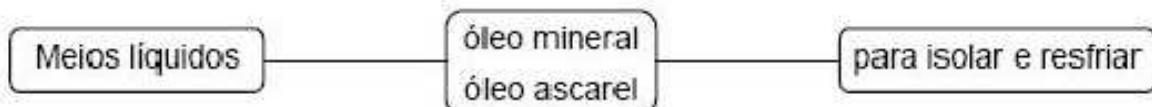
O calor do óleo passa para a água, onde é dissipado. Porém a serpentina de água é interna ao transformador.

4º - O mesmo processo é utilizado de outra forma.



Nesse caso, o óleo circula pela serpentina, passando por um processo de resfriamento toda vez que ele percorre os dutos de retorno ao reservatório. A água, por sua vez, numa atividade contínua, faz o resfriamento da serpentina, por onde circula o óleo. Trata-se de uma refrigeração forçada. A serpentina de óleo é externa ao transformador.

Completando nosso estudo sobre tipos de resfriamento para transformadores, trataremos de mais alguns detalhes; por exemplo:



O *óleo mineral* é o mais usado, por satisfazer aos casos normais de instalação, além de ter preço reduzido. O uso do *óleo ascarel*, produto químico não inflamável, se restringe a casos especiais.

Por ser isolante, o óleo do transformador deve ser verificado a cada três anos, pelo menos. Essa inspeção só pode ser feita por *pessoal especializado*, porque até o simples contato com o óleo pode contaminá-lo.

O tanque do transformador, além de ser um depósito de óleo, tem a característica de dissipador de calor, transferido pelo meio líquido (óleo isolante).



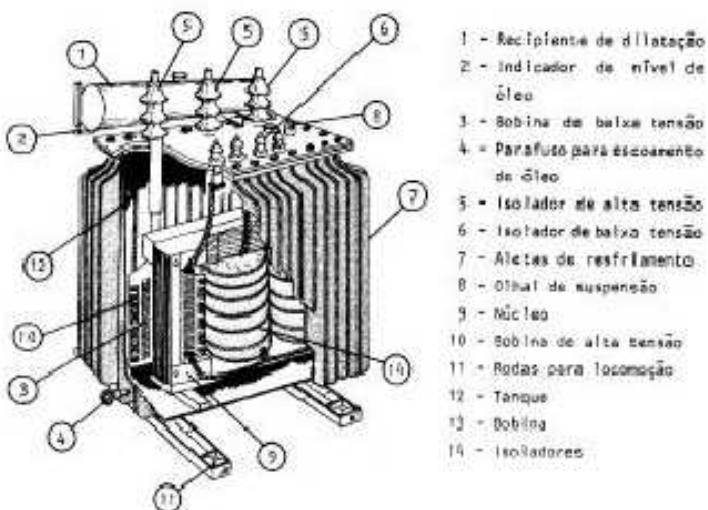
Como você pode observar nas ilustrações, os tanques tem formas próprias para essa finalidade, ou seja, são providos de *aletas ou tubulações*, por onde circula o óleo.

O peso de toda a estrutura dos enrolamentos (bobinas, núcleo e ainda isoladores) é sustentado pelo tanque, principalmente quando se trata de transformadores que se montam em postes e são presos por ganchos.

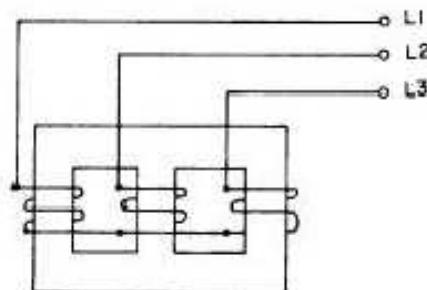
Construídos com chapa reforçada, o acabamento dos tanques é cuidadoso, por ser responsável, também pelo bom funcionamento.

Os tipos variam; podem ser lisos ou corrugados (de chapa ondulada). Esse tipo de tanque é normalmente utilizado em transformadores de média capacidade, onde o aquecimento das bobinas é menor.

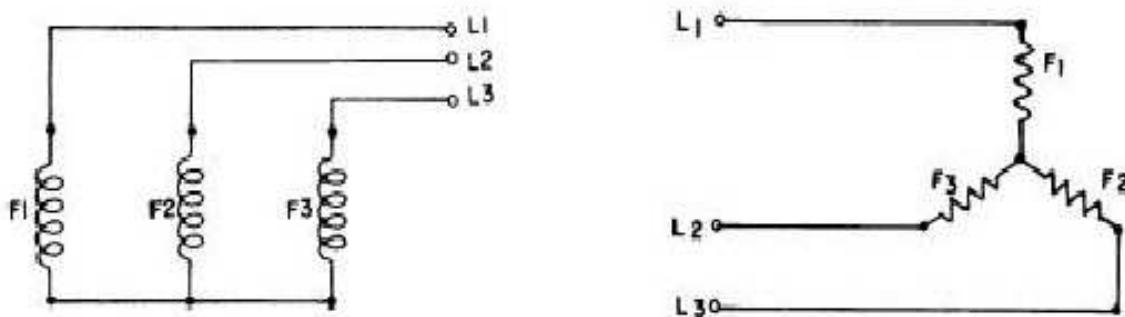
É necessário verificar o nível do óleo periodicamente, para que não haja falta de óleo no transformador. Mas nunca abra um transformador, para não contaminar seu óleo isolante.



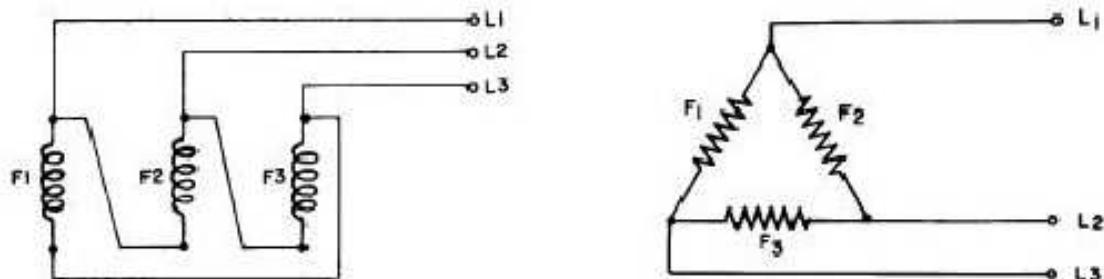
Analise, no esquema abaixo, as ligações das bobinas do primário.



Veja, novamente, a mesma ligação, representada de forma mais simples. Observe que os três diagramas representam a mesma *ligação em estrela*.



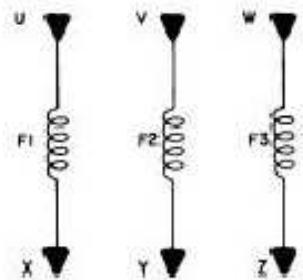
Essa ligação é válida tanto para o primário como para o secundário. De forma idêntica, você pode fazer a ligação triângulo. Vejamos um exemplo de ligação triângulo no primário de um transformador.



A ligação triângulo também é válida, tanto para o primário como para o secundário.

No transformador, as ligações estrela ou triângulo devem obedecer às *notações* que correspondem às Entradas e Saídas das fases.

Isso é necessário, pois a corrente, em cada fase, tem que ter sentido definido.
Vamos representar as fases, com as entradas e saídas, e as letras correspondentes, conforme as normas.
Observe o diagrama:

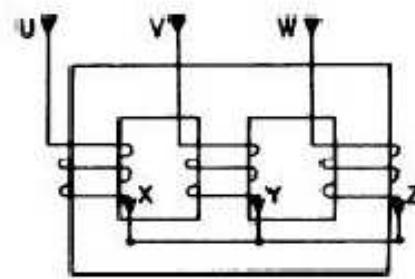


As letras U, V e W correspondem às entradas das fases F₁, F₂ e F₃, respectivamente.

As letras X, Y e Z correspondem às saídas das fases F₁, F₂ e F₃, respectivamente.

Como ficou visto acima, essas letras são normalizadas.

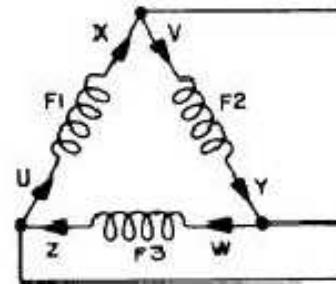
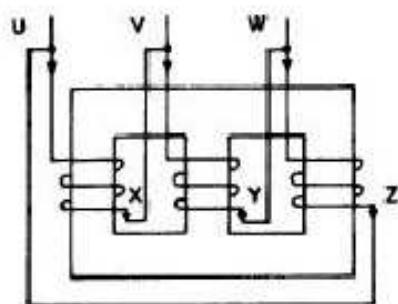
- U, V e W são sempre *entradas*.
- X, Y e Z são sempre *saídas*.



Para o fechamento em *estrela*, temos que ligar as três saídas das fases.

Fechamos X, Y e Z. Esse fechamento origina o ponto neutro. U, V e W ficam sendo as entradas das fases.

Vamos, agora, ao fechamento em triângulo, conforme as notações de entrada e saída.
Veja o diagrama abaixo:



Esse diagrama representa as conexões internas de um transformador fechado em triângulo.

Tem, ainda, as notações de entrada e saída das fases.

Em U, V e W temos as entradas das fases.

Para o fechamento em triângulo, as ligações são feitas da seguinte forma:

- Entrada de F₁ com saída de F₃ . U com Z;
- Entrada de F₂ com saída de F₁ . V com X;
- Entrada de F₃ com saída de F₂ . X com Y.

Essas conexões são válidas para primário e secundário.

Vimos os fechamentos *estrela* e *triângulo*, conforme as notações para entrada e saída.

Vamos, agora, complementá-las:

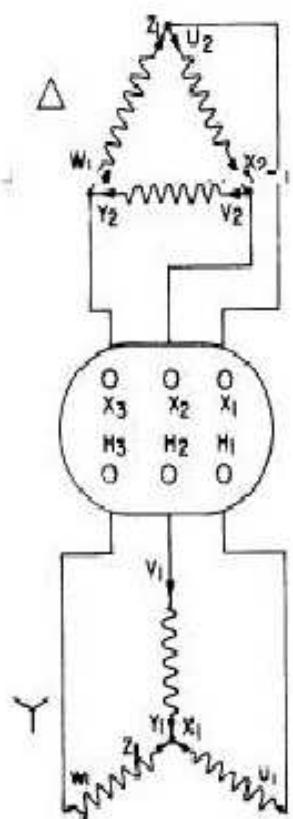
- Para o primário você notará U₁, V₁ e W₁;
- Para o secundário você notará U₂, V₂ e W₂.

Por norma, temos que observar os terminais que correspondem à entrada e saída do transformador.

Não confundir entrada e saída das fases, com a entrada e saída do transformador.

A entrada e saída do transformador se referem aos terminais de entrada e saída do primário e secundário. Esses terminais ficam na tampa, na parte superior externa do transformador.

Veja na figura abaixo, onde tem origem os terminais do primário e secundário. Note que por hipótese, suas fases são ligadas em triângulo e estrela.



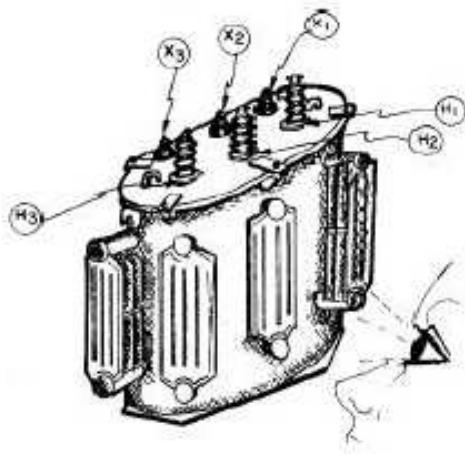
A notação dos terminais é feita conforme as normas da ABNT:

- H₁, H₂ e H₃ ⇒ é usada para os terminais de tensão mais alta;
- X₁, X₂ e X₃ ⇒ é usada para os terminais de tensão mais baixa.

Essas notações devem obedecer, ainda, a outras regras:

O terminal H₁ deve ficar à direita de quem olha para os terminais, a partir do lado de tensão mais alta.

Em frente a H₁ deve ficar o terminal X₁, de tensão mais baixa.



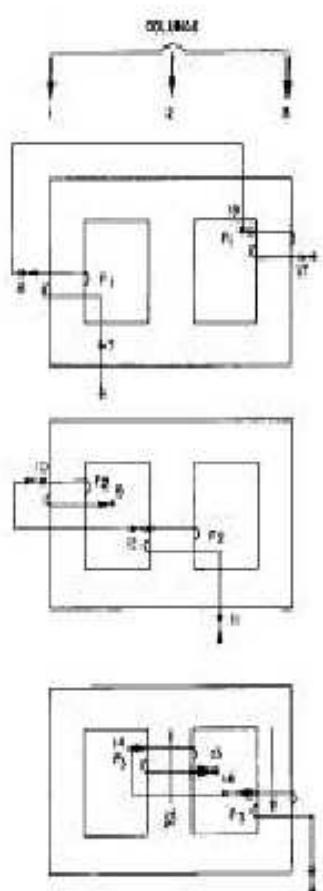
LIGAÇÃO ZIGUEZAGUE

A ligação de um secundário em ziguezague é assim denominada porque, como você pode observar nas ilustrações, o *secundário das fases* é distribuído, metade numa coluna e metade na outra. Veja o exemplo da ligação ziguezague da fase

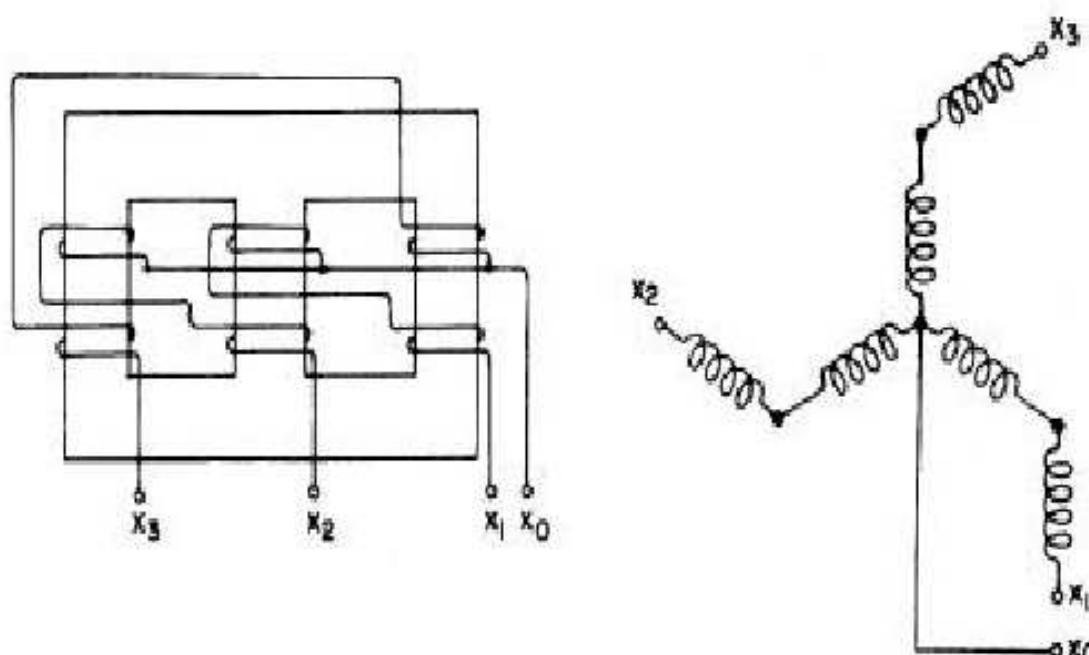
1. A metade 7-8 está na coluna 1 e a segunda metade (18-17) está na coluna
2. Na ilustração abaixo, você pode perceber como é ligada a fase
2. A primeira metade(11-12), na coluna 2, e a segunda metade (9-10), na coluna 1.

A outra figura representa a fase 3. A primeira metade (15-16) está na coluna 3 e, a segunda (13-14), na coluna 2.

Note que todas as primeiras metades estão *num sentido* e, as segundas metades, em *outro*. Isso é necessário para retorno do fluxo magnético.



Veja como são feitas as ligações de linhas e fases, em ziguezague, no secundário de um transformador. Essa ligação tem saída para o condutor neutro (X_0), para cargas monofásicas de 120 volts.



A figura acima, mostra a representação das bobinas secundárias ligadas em ziguezague, nas colunas.

A figura acima, mostra a mesma ligação, em representação esquemática.

A ligação ziguezague é recomendada para pequenos transformadores de distribuição, cuja carga no secundário não seja equilibrada.

Imagine que a carga do secundário, por exemplo, na fase 1, se desequilibra, isto é a fase 1 receba maior carga que os demais.

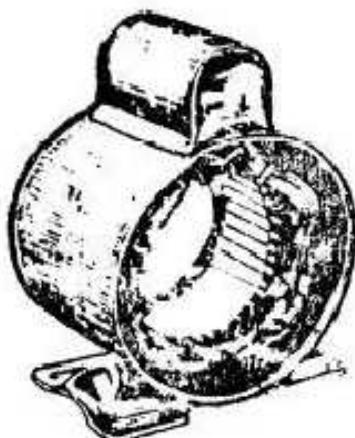
Como a fase 1 está distribuída em 2 colunas, ela recebe indução dessas duas colunas. Assim, a maior carga de fase 1 será compensada pela indução de 2 colunas. Isso tenderá a equilibrar a carga no primário do transformador, resultando menor queda de tensão na fase secundária correspondente.

7. MOTORES ELETRICOS

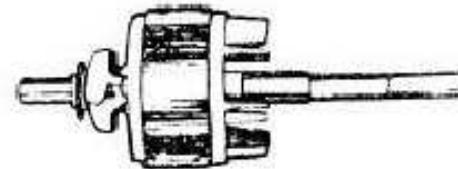
Os motores elétricos são máquinas que transformam energia elétrica em energia mecânica; assim, ao ligarmos um motor à rede, ele irá absorver uma dada quantidade de energia elétrica, e em troca aciona uma carga, por exemplo, um bonde.

Este processo de conversão da forma de energia é análogo ao que se verifica num motor a gasolina. Neste motor, também dito motor a explosão, aproveita-se a energia proveniente da queima de combustível para movimentar o veículo. Num motor elétrico o combustível é a energia elétrica.

Os motores elétricos em geral se compõem de duas partes: o *rotor* que é a parte móvel e o *estator ou carcaça* que é a parte fixa.

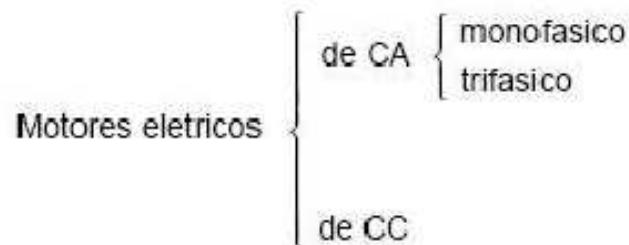


Estator ou Carcaça



Rotor

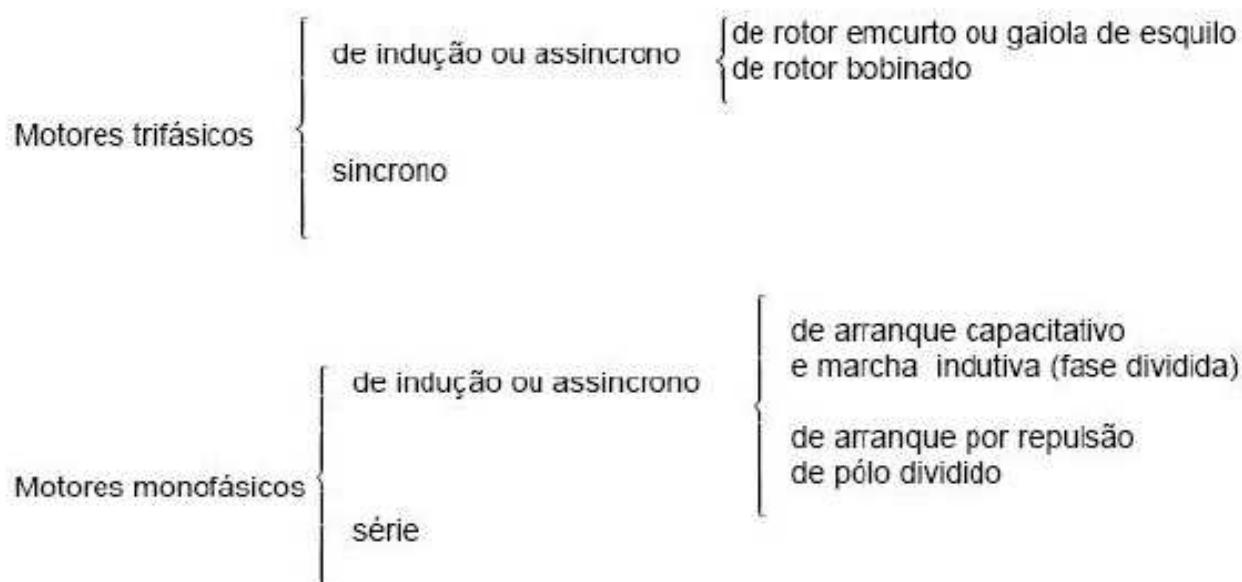
Podemos classificar os motores, quanto à energia elétrica absorvida, da seguinte maneira:



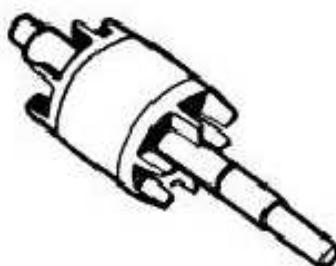
Os motores elétricos de corrente alternada funcionam quando ligados a uma rede de tensão alternada; são monofásicos ou trifásicos se necessitam de tensão monofásica ou de tensão trifásica.

Os motores elétricos de corrente contínua funcionam quando ligados à uma rede de tensão contínua.

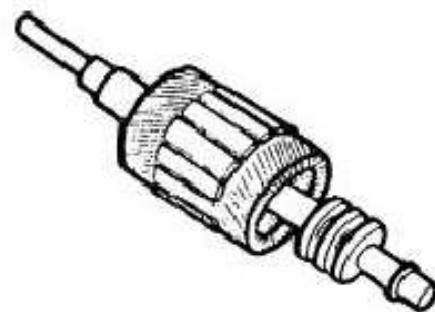
Os motores de CA são hoje os mais utilizados; podemos encontrá-los em refrigeradores domésticos, em máquinas ferramentas etc. Os motores de CC são de emprego mais restrito, sendo encontrados na tração elétrica, grandes laminadores etc. Vamos estudar com maior profundidade os motores de CA. Eles podem se classificar, segundo o sistema elétrico de alimentação e o princípio de funcionamento ou arranque, em:



Existem outros tipos de motores de CA, que se encontram mais raramente. Os motores de indução (tanto trifásicos como monofásicos) possuem no estator um jogo de bobinas que produzem um campo magnético. No interior do motor, apoiando-se sobre mancais, encontra-se a parte móvel, ou rotor. Este rotor dispõe de um enrolamento constituído por simples condutores ou barras postas em curto-círcuito entre si (rotor em curto ou em gaiola de esquilo) ou podem também possuir um outro tipo de enrolamento, cujos extremos são levados a anéis coletores eletricamente isolados do eixo e entre si e sobre os quais se apoiam escovas de carvão, fixas ao estator, que nos permitem ligar o motor a um circuito externo.



Rotor Gaiola



Rotor Bobinado

O motor de indução possui velocidade praticamente constante.

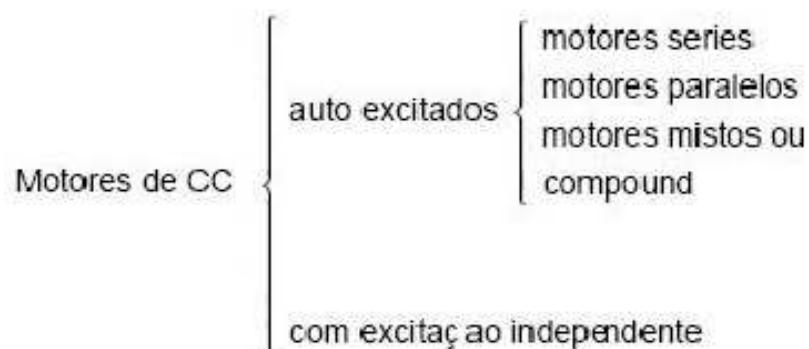
Os motores de indução de pequena potência são, na maioria das vezes, monofásicos, com rotor em curto; para a partida necessitam de dispositivos especiais, uma vez que não tem arranque próprio.

Já os motores trifásicos de indução são de maior potência e tem arranque próprio. Como exigem grande corrente da rede, no instante de partida, usam-se dispositivos especiais para diminuí-la.

No motor monofásico série ou universal o enrolamento do rotor é levado às escovas, por intermédio de um comutador (coletor constituído por lâminas isoladas entre si), e ligado ao estator.

Este tipo de motor funciona tanto com CC como com CA. Possui velocidade variável. No motor à repulsão o enrolamento do rotor é levado às escovas que estão ligadas em curto circuito. Possui velocidade variável, sendo usualmente empregado como motor repulsão indução. Na partida funciona como motor de repulsão (que tem arranque próprio) e, posteriormente, por um dispositivo centrífugo, as lâminas do coletor são colocadas em curto-círcuito, passando a funcionar como motor de indução monofásico.

Os motores de corrente contínua podem ser classificados segundo o modo de excitação em:



Num motor de CC distinguimos o estator com pólos indutores, o rotor com enrolamento induzido e o comutador.

Eles são empregados em razão de terem suas velocidades variáveis, conforme a corrente no campo indutor.

De acordo com as normas brasileiras de eletrotécnica NB-3, todos os motores elétricos devem possuir uma placa metálica firmemente presa ao estator, na qual são marcadas, de maneira legível, pelo menos as seguintes características:

- Nome, marca comercial ou símbolo identificador do comerciante;
- Tipo, série e número de fabricação;
- Espécie de corrente (alternada ou contínua);
- Espécie de motor (indução, paralelo, etc.);
- O número de fases ou freqüência em ciclos(seg. (motores de CA);
- Potência nominal em KW, HP (1 HP = 0,746 KW), ou em CV (1 CV = 0,736 KW);
- Tensão nominal ou tensões nominais de operação;
- Corrente nominal à plena carga;
- Velocidade angular nominal à plena carga (rotações p/min.);

- Tensão e corrente do circuito secundário (motores de indução com rotor bobinado de anéis).

Todos os motores devem trazer, ainda, na mesma ou noutra placa, o esquema das ligações.

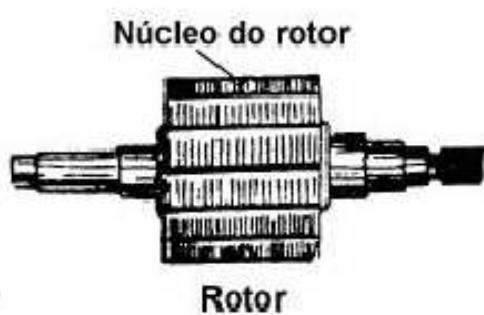
As placas de características podem ainda indicar:

- Fator de potência nominal à plena carga;
- Espécie de serviço (contínuo, de pequena duração; quando falta esta indicação, o motor é de serviço contínuo);
- Aumento permitível da temperatura dos enrolamentos e partes adjacentes, em graus centígrados;
- O fator de serviço (sobrecarga que o motor pode suportar em serviço contínuo).

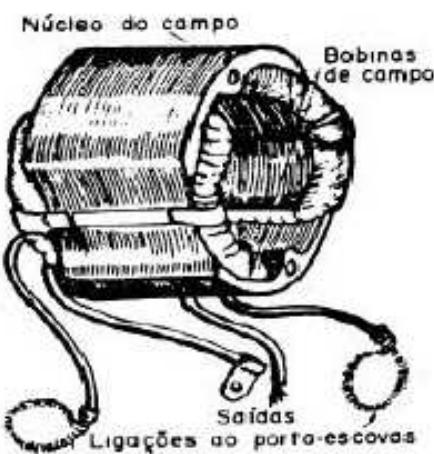
MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA

MOTOR UNIVERSAL

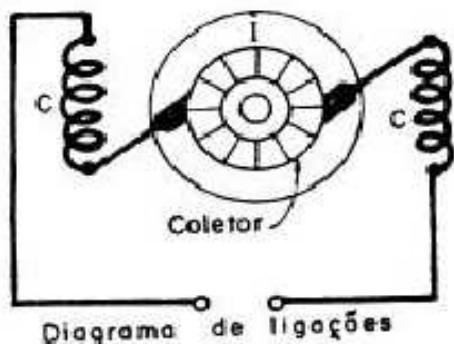
O motor elétrico universal é um motor que permite ligação, tanto na corrente contínua como na corrente alternada, pois o seu rotor bem como seu estator são formados por chapas de ferrosilício, que reduzem ao mínimo os efeitos caloríficos originados pelas correntes induzidas nas massas metálicas, quando sob a ação de um campo magnético variável.



Nas ranhuras do estator são alojadas as bobinas de campo (geralmente duas), necessárias para a formação do campo indutor. Nas ranhuras do rotor são enroladas diretamente as bobinas induzidas, cujas pontas terminais são ligadas devidamente nas lâminas que formam o coletor.



O induzido I e o campo indutor C, são ligados em série, como mostra o diagrama. Para a mudança do sentido de rotação, basta inverter as ligações nos portaeescovas, ou as ligações das bobinas do campo indutor, quando a colagem de ligações ao coletor, são equivalentes aos dois sentidos.

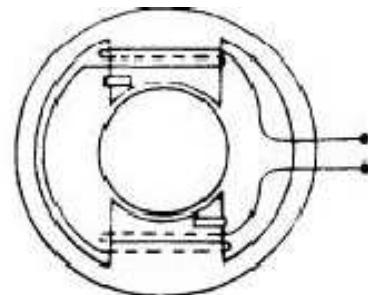


Os motores universais apresentam um alto conjugado de partida, desenvolvem alta velocidade, são construídos para tensões de 110V e 220V CC ou CA e normalmente a sua potência não vai além de 300W, salvo em casos especiais.

Este tipo de motor é aplicado na maioria dos aparelhos portáteis eletrodomésticos e em algumas máquinas portáteis usadas na indústria.

MOTOR MONOFÁSICO DE ANEL EM CURTO

O motor monofásico de anel em curto é um motor de indução de rotor tipo gaiola de esquilo e seu estator é de pólos salientes com cavidades, onde são colocados anéis de cobre ou latão, que abraçam pouco menos da metade de cada pólo.



É criado pelos anéis, um fluxo, devido as correntes induzidas produzida pelo fluxo variável, defasado em atraso do fluxo originado pelas bobinas dos pólos indutores, surgindo com a resultante, um campo giratório. O rotor dentro dele é forçado a girar no mesmo sentido devido ao campo produzido pelas correntes induzidas nas barras alojadas nas ranhuras do rotor.



São construídos para tensões de 110V e 220V, 50 ou 60 Hz, 25W a 120W e normalmente para 2 - 4 e 6 pólos para velocidades de 900 a 2800 R.P.M. em 50 Hz e

1000 a 3400 R.P.M. para 60 Hz. tem velocidade constante não admite regulagem e nem reversibilidade.

A aplicação desses motores se faz em pequenas máquinas tais como: toca-discos, relógios, servo-mecanismo, etc., porque é um motor de baixo conjugado de partida e baixo rendimento.

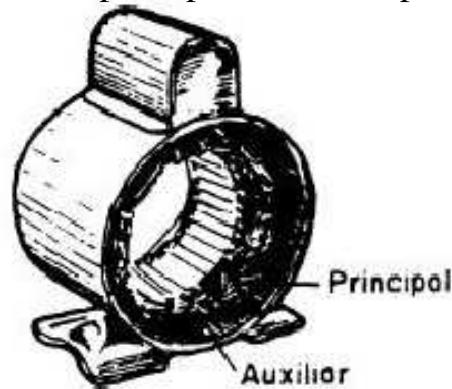
MOTOR MONOFÁSICO DE FASE AUXILIAR

O motor de fase auxiliar é um motor de indução constituído de um rotor tipo gaiola de esquilo e um estator formado por coroas de chapas isoladas de ferro-silício, com ranhuras na parte interna, fixadas numa carcaça.

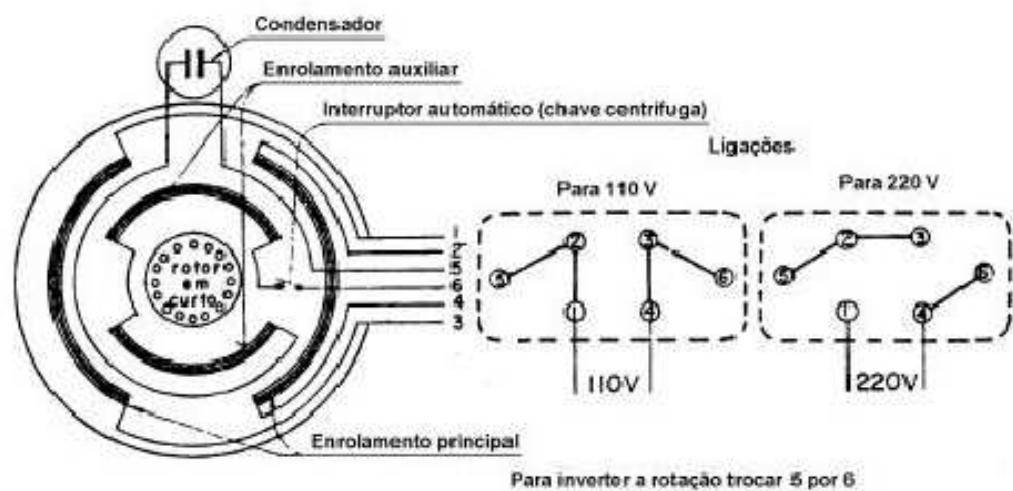
Os enrolamentos, principal e auxiliar são alojados nas ranhuras isoladas, deslocadas de um ângulo de 90° elétricos um do outro.

Os motores monofásicos de indução sem dispositivos de partida, não tem arranque próprio, por não produzir campo rotativo, daí a necessidade, de se utilizar a fase auxiliar com características diferentes do principal, para que os campos magnéticos defasados entre si produzam uma resultante rotativa, que por indução movimente o rotor tipo gaiola colocado dentro dele.

O enrolamento principal é calculado de modo preciso, mas o auxiliar é conseguido de maneira empírica, mas sempre em relação ao principal, isto é, o auxiliar vai de 34% a 80% do número de condutores do principal e a seção do condutor varia de 30% a 50% do condutor empregado no principal, calculado para 110 V.



Para duas tensões, basta desdobrar o enrolamento do principal calculado inicialmente para 110 V em duas vezes o número de condutores, com sua seção reduzida pela metade, dividido em dois circuitos, para que possibilite ligar em paralelo para 110 V e em série para 220 V.

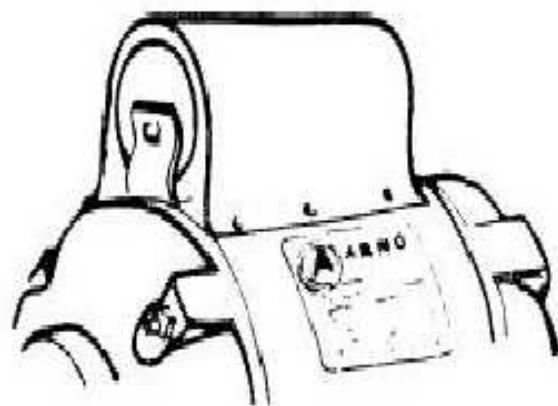


O enrolamento auxiliar não deve ser modificado para 220 V, mas seus terminais deverão ser ligados um num dos extremos e o outro no centro da ligação série do principal, para que o condensador que fica ligado em série com o auxiliar, não receba uma tensão além de 110 V.

Geralmente é usado o enrolamento auxiliar somente para o arranque, depois, por intermédio de um interruptor comandado por um dispositivo centrífugo o auxiliar é desligado, permanecendo o campo rotativo pela ação do sentido de rotação do rotor e pela componente de campo criada pelas correntes induzidas nas barras do tipo gaiola (rotor em curto).

Atualmente estes motores são fabricados para duas tensões. 110 V e 220 V, para as freqüências de 50 Hz ou 60 Hz, para as potências, de 1/6 a 2 CV.

Sobre o motor é colocado um condensador eletrolítico com sua proteção conforme a figura abaixo.



Nas tabelas abaixo temos as características principais dos motores monofásicos de fase auxiliar.

A tabela ao lado dá o valor da corrente em ampères dos motores monofásicos em geral, nas diversas potências relacionadas com a tensão de alimentação.

C.V.	110V (A)	220V (A)
1/6	3,2	1,6
1/4	4,6	2,3
1/2	7,4	3,7
3/4	10,2	5,1
1	13,0	6,5
1 1/2	18,4	9,2
2	24,0	12,0

Número de Pólos	Velocidade aproximada em R.P.M.			
	50 Hertz		60 Hertz	
	Em vazio	À plena carga	Em vazio	À plena carga
2	3.000	2.920	3.600	3.500
4	1.500	1.435	1.800	1.730
6	1.000	960	1.200	1.140

Para velocidade em vazio foi tomada a velocidade de sincronismo, embora, na prática, essa velocidade seja ligeiramente menor.

A velocidade marcada na placa dos motores refere-se àquela medida à plena carga.

Os motores monofásicos de indução têm os seguintes inconvenientes:

- Pequena capacidade para suportar sobrecarga;
- Baixo rendimento;
- Baixo fator de potência;
- Manutenção de custo elevado.

Os motores monofásicos de indução de fase auxiliar são utilizados em máquinas de lavar roupas, em eletrobombas, em geladeiras, enceradeiras de potência elevadas, etc.

O condensador aplicado nos motores de fase auxiliar tem dupla finalidade:

- Dar maior conjugado no arranque;
- Produzir maior defasamento entre os campos magnéticos principais e auxiliar.

A capacidade dos condensadores de partida, determinada experimentalmente pelos fabricantes de motores, varia ao variar a potência do motor, conforme a tabela abaixo com limite máximo até 1 CV

Condensadores de Partida	
C.V.	microfarads (μF)
1/6	de 161 até 193
1/4	de 216 até 259
1/3	de 270 até 324
1/2	de 340 até 408
3/4	de 430 até 516
1	de 540 até 648

MOTOR TRIFÁSICO ASSÍNCRONO

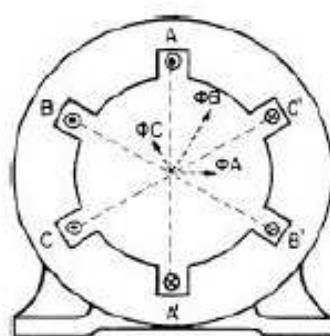
O motor trifásico se compõe de um estator com ranhuras no seu interior, onde são alojadas várias bobinas perfeitamente isoladas da massa estatórica e entre si, devidamente distribuídas e ligadas formando três circuitos distintos e simétricos chamados fases.

Estas fases deverão estar ligadas em triângulo (Δ) ou estrela (Y) a uma rede trifásica para que suas bobinas produzam um campo resultante giratório de valor invariável.

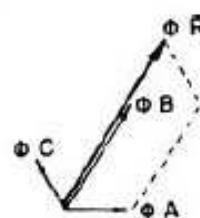
O motor trifásico de aplicação mais comum tem seu rotor do tipo gaiola de esquilo, podendo também ser do tipo bobinado com anéis para controlar o arranque por intermédio de reostato.

O campo giratório ao passar pelas barras ou condutores produz nestes correntes induzidas, fazendo com que o rotor crie um campo magnético que acompanhe seu sentido de giro.

Pode-se enunciar o seguinte princípio de funcionamento: três enrolamentos idênticos A, B e C simetricamente colocados com os respectivos eixos a 120° entre si, percorridos por três correntes alternadas de igual freqüência e valor eficaz, mas defasadas uma da outra de 120° elétricos ou de $1/3$ de período, produzem um campo magnético rotativo ϕ_R com amplitude constante, igual a 1,5 vezes o valor máximo de cada um dos três campos componentes ϕ_A , ϕ_B e ϕ_C .

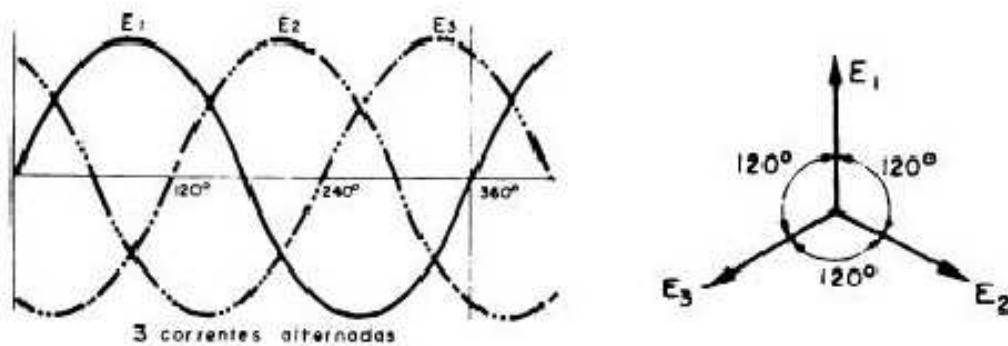


$$\phi_R = 1,5 \times \phi_B, \text{ onde } \phi_B = \text{máximo no instante considerado.}$$

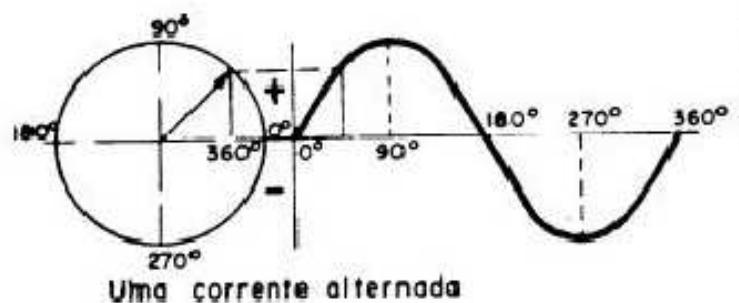


O campo magnético rotativo gira com velocidade uniforme, fazendo uma rotação em cada período da corrente de alimentação.

O sentido de giro está subordinado à seqüência de fases das correntes nos três enrolamentos das fases do motor que para girar ao contrário é preciso inverter-se a corrente de dois enrolamentos. Em geral, os três enrolamentos são ligados em estrela ou triângulo, para receber ligação de uma linha trifásica com três fios. O sentido de giro do campo poderá ser invertido, trocando-se simplesmente dois fios da linha ligados aos terminais do motor.



O gráfico abaixo mostra uma curva senoidal que é a representação da f.e.m. da corrente alternativa, e do campo magnético variável produzido por uma corrente que varia periodicamente seu sentido e sua intensidade.



O motor trifásico de indução tem rotação de campo girante de acordo com a freqüência da rede e do número de pares de pólos:

onde: f = freqüência de rede elétrica e P = número de pólos do motor.

$$\text{Escorregamento} \quad n = \frac{120 \times f}{P}$$

A diferença entre a velocidade do campo girante e a do rotor dá-se o nome de escorregamento. Geralmente o escorregamento é expresso percentualmente em relação à velocidade de sincronismo. Seu valor é baixo quando o motor funciona à vazio. O escorregamento é calculado pela relação:

Onde:

s = escorregamento, em %;

n_s = velocidade síncrona;

n = velocidade do rotor.

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

O rotor do motor à plena carga dá um escorregamento que varia de 3% para os motores potentes até 6% para os de pequena potência.

Estes motores levam vantagem sobre o motor síncrono, pelo fato de poder partir com carga. Há dois tipos de motores de indução, conforme a forma do enrolamento do seu induzido:

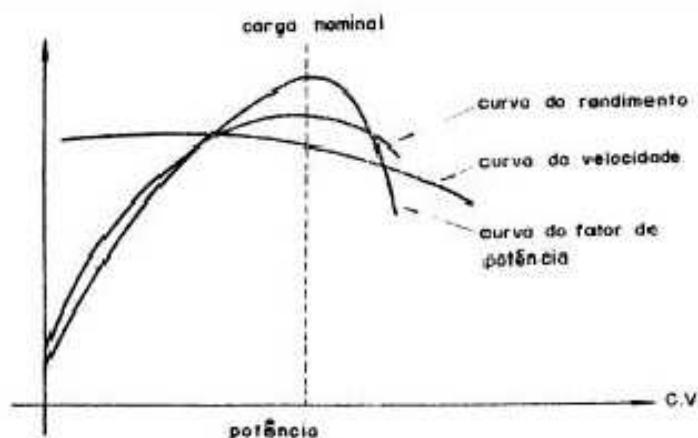
- Motor de rotor gaiola de esquilo;
- Motor de rotor bobinado.

Rotor com Gaiola de Esquilo

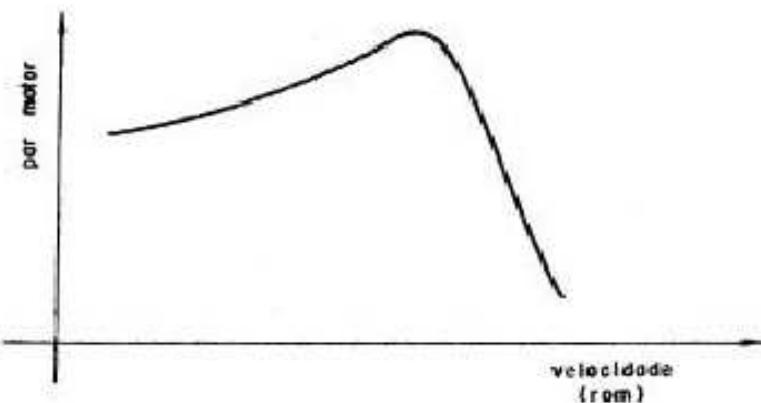
O enrolamento do induzido deste tipo de motor é formado por barras de alumínio ou cobre, colocadas dentro das ranhuras do rotor e tendo suas extremidades reunidas através de anéis de curto circuito; as barras, quando de cobre, são soldadas aos anéis. Este motor é também chamado rotor em curto circuito.

A velocidade do motor é praticamente constante, pois o escorregamento varia pouco com a carga. O fator de potência aumenta com a utilização do motor até próximo à plena carga nominal, quando alcança o seu máximo; a partir de então elevando-se a carga, diminuirá o valor de $\cos \phi$.

O rendimento cresce, com a carga, até determinado ponto, também vizinho à plena carga nominal quando as perdas fixas e variáveis se equivalem; além deste ponto o rendimento passa a baixar. As características acima podem ser observadas no gráfico seguinte, onde 3 curvas relacionam o rendimento, a velocidade e o fator de potência com a potência solicitada ao motor.



O conjugado que vem relacionado com o escorregamento, no gráfico seguinte é baixo no início do funcionamento, sendo próprio para arranques sem carga. Quando se necessita maior conjugado no início do funcionamento eleva-se a resistência do induzido usando-se rotores com dupla ou tripla gaiola, ou ainda com ranhuras profundas.



O motor de indução com o rotor em curto circuito é próprio para comando de eixo de transmissão, acionando bombas centrífugas, compressores de ar, ventiladores, tornos mecânicos etc.

Rotor Bobinado

O enrolamento do induzido é constituído por condutores de cobre isolados entre si e montados nas ranhuras do rotor. O conjugado no arranque, deste tipo de motor, é bem melhor que o anterior porque podemos inserir resistores em série com as fases do enrolamento do rotor. Há tipos em que os resistores são montados no rotor e eliminados, quando a máquina atinge a sua velocidade normal, através de mecanismos centrífugos. Outro tipo de rotor bobinado é aquele em que seus enrolamentos se ligam à anéis coletores sobre os quais apóiam-se as escovas. Para estes tipos usam-se reostatos, em estrela (Y), ligados em série com os enrolamentos do rotor através de escovas e anéis coletores. A medida que o motor aumenta a sua velocidade, manobra-se o reostato a fim de retirar gradativamente os resistores do circuito até ligar os enrolamentos em estrela. Em alguns tipos de motores, para que as escovas não fiquem desgastando-se durante a marcha normal, elas são suspensas e, através de alavancas, os anéis são curtos circuitados.

Com a adição de reostatos além de se melhorar o conjugado do motor pode-se variar a velocidade do mesmo, porém com o inconveniente de aumentar a perda por efeito Joule nos resistores, diminuindo o seu rendimento.

O motor com rotor bobinado é usado quando se necessita arrancar com carga e ainda quando se precisa variar a velocidade, como no caso das guias, elevadores, etc.

Os motores de indução, gaiola ou rotor bobinado, apresentam as seguintes vantagens: São simples, robustos, de arranque próprio e bom rendimento.

O tipo gaiola de esquilo deve ser utilizado em todos os locais onde haja perigo de explosão, visto não produzir faíscas, pois não contém contatos deslizantes (coletor, escovas, etc.).

O tipo com rotor bobinado é empregado quando há necessidade de arranque e paradas freqüentes (serviço intermitente) que exige maior conjugado inicial. Além disso, com reostatos se tem velocidade regulável.

Como desvantagens dos motores assíncronos citamos: o fator de potência não igual a unidade, sendo baixo nos motores de pequena potência, salvo no caso de serem bem construídos. O tipo gaiola de esquilo apresenta um baixo conjugado inicial, exceto nos de gaiolas especiais, e sua velocidade não pode ser regulada por meios comuns.

Quando for necessário a velocidade na proporção de 2 para 1 ou vice-versa, usa-se efetuar enrolamentos especiais de estator.

DEFEITOS NAS LIGAÇÕES DOS MOTORES C.A.

Trataremos apenas dos defeitos externos mais freqüentes dos motores de CA.

O Motor Não Arranca

Interrupção de uma ou mais fases da rede

Com o auxílio de um multímetro, pode ser verificado se há fios interrompidos, conexão solta, contato frouxo, fusível queimado, ou falta de tensão em uma ou mais fases da rede. Com exceção da última, que depende da rede da distribuição externa, as outras causas podem ser facilmente reparadas.

Reostato de arranque interrompido

Com o auxílio de um multímetro, pode se verificar a continuidade do circuito dos resistores ou o mau funcionamento dos contatos. Este defeito é de fácil reparação.

Motor não permanece com sua velocidade nominal com carga

Tensão baixa

Com a diminuição da tensão, a velocidade decresce, pois a potência é proporcional a ela. Com um voltímetro devemos conferir o valor da tensão e ajustá-la ao devido valor, quando possível.

Ligaçāo trocada

Corrige-se o defeito trocando-se as ligações.

Aquecimento anormal

Interrupção de uma das fases

O motor funciona como se fosse monofásico, sua velocidade baixa e apresenta um ruído característico, consome uma corrente muito maior que a de regime e, no caso de estar com carga, acaba por queimar o enrolamento. Deve-se parar a máquina imediatamente, localizar o defeito com um multímetro e repará-lo, sempre que possível.

Ligaçāo trocada

Corrige-se o defeito, mudando-se as ligações. Caso se mude as ligações e o motor continue apresentando o problema, é por que o defeito é interno.

DEFEITOS INTERNOS NOS MOTORES CA

O Motor Não Arranca

Interrupção numa das fases do estator trifásico

A interrupção numa das fases dos motores trifásicos transforma o enrolamento em monofásico e o motor não arranca. O consumo de corrente será excessivo e o enrolamento, como é óbvio, se aquecerá demasiadamente, podendo até queimar o motor. Com um multímetro, procura-se a fase interrompida e a seguir, usando-se o mesmo processo, verifica-se qual a ligação ou bobina defeituosa. Encontrando-se o defeito, o reparo é simples.

Interrupção do circuito de trabalho ou auxiliar dos estatores monofásicos

A interrupção na alimentação de uma das bobinas (ou nas próprias bobinas), no condensador ou no interruptor centrífugo faz com que o motor não arranke. Localize o defeito como anteriormente e repare.

Rotor roçando no estator

O entreferro de motores de pequena e média potência é muito reduzido e qualquer desgaste de mancais ou defeitos nos rolamentos desloca o rotor que entra em contato com o estator; tem-se então o rotor bloqueado em razão da atração magnética, o que faz com que o rotor permaneça parado. Constatado o defeito, proceder ao reparo dos mancais ou rolamentos.

Interrupção em uma das fases do rotor bobinado

Havendo interrupção em uma das fases do rotor, o motor não dá partida. Com um multímetro observar os defeitos que podem ser devido à falta de contato das escovas com os anéis, ligações não executadas ou bobinas interrompidas. Constatado o defeito, proceder o reparo.

O Motor Não Mantém Carga

Fase interrompida no enrolamento do rotor bobinado

A interrupção de uma fase no rotor bobinado, durante o funcionamento sob carga provoca perda de velocidade do motor, gradualmente, até parar; essa anomalia é verificada também por um ruído característico. A localização deste defeito se efetua ligando-se três amperímetros em série com as fases respectivas do rotor. No funcionamento à vazia, as correntes assinaladas nos aparelhos são iguais; a medida que se carrega o motor, há diminuição da velocidade e um desequilíbrio nas fases do rotor

que se observa nos amperímetros. Num dos aparelhos a corrente cai a zero e nos outros dois, ela se eleva, indicando a fase interrompida naquela em que a corrente se anula. Procurar o defeito e efetuar o reparo.

Defeito de fundição ou de solda no rotor gaiola de esquilo

Pode acontecer que, na fundição, o alumínio não encha completamente as ranhuras, ficando as barras defeituosas, ou ainda, partirem-se devido ao esforço a que o rotor está submetido. Em se tratando de barras de cobre, ligadas ao anel de curto circuito, com solda fraca, podem elas, por aquecimento dessoldarem-se. Essas irregularidades trazem consigo aumento de resistência do rotor, o motor se aquece e a velocidade será inferior à do regime. Inspecionando-se o rotor, constata-se o defeito e substitui-se o induzido ou refaz-se a solda conforme o caso.

É sempre preferível usar a solda forte ao invés da solda fraca, pois o ponto de fusão da solda forte é mais elevado que o da fraca.

AQUECIMENTO ANORMAL

Interrupção numa fase do estator

Durante o funcionamento, ocorrendo a interrupção numa fase do estator, o motor passa a trabalhar como monofásico, absorvendo maiores correntes e aquecendo exageradamente.

Deve-se parar o motor, verificar a fase interrompida, com um multímetro e efetuar o conserto.

O interruptor centrífugo não desliga (motores monofásicos)

O circuito auxiliar dos motores monofásicos não sendo interrompido durante o funcionamento, provoca aquecimento do motor podendo queimar o enrolamento. Verificar o interruptor centrífugo e repará-lo.

Ligações erradas

Engano nas ligações das fases ou nos grupos de bobinas de uma fase, ou ainda desigualdade do número de espiras nas fases dão lugar a desequilíbrios de correntes. Comumente a corrente resulta ser superior a do regime e o aquecimento será anormal. Com três amperímetros inseridos em série nas fases do motor verificam-se as diferenças das correntes.

Também pode ocorrer dissimetria devido a curto circuito entre espiras de uma fase. Localizar o defeito, com instrumento adequado e conferir as ligações. Refazer as conexões conforme esquema ou trocar bobinas com espiras em curto.

Curto circuito no rotor bobinado

Contatos entre espiras ou entre bobinas do rotor provocam maiores consumo de corrente do estator, principalmente no arranque, e forte aquecimento. Localizar o defeito com instrumento adequado e efetuar o reparo.

Contato defeituoso entre barras e anéis de curto circuito

A *f.e.m.* induzida nas barras do rotor é muito pequena e a corrente, dada a baixa resistência da gaiola, é grande. Os contatos, quando imperfeitos, provocam aumento de resistência, havendo, pela Lei de Joule, aquecimento suficiente para dessoldar as barras de anéis (quando se trata de solda fraca).

Com este defeito o motor perde velocidade. Com gaiola de alumínio fundido sob pressão ou com barras de cobre unidas aos anéis, com solda forte, estes inconvenientes não se manifestam.

Umidade ou óleo nos enrolamentos

Umidade ou óleo nos enrolamentos baixa a resistência do isolamento, provocando aquecimento anormal na máquina.

Quando este fica depositado em lugar pouco arejado e com vapor de água os enrolamentos adquirem umidade. É de boa norma efetuar um teste de isolação antes de colocarmos a máquina em funcionamento. No caso do óleo lubrificante escorregar dos mancais, penetrando nos enrolamentos; é necessário efetuarmos um teste de isolação, pois tanto a umidade como o óleo lubrificante estragam o verniz dos enrolamentos. Para repararmos estes inconvenientes é necessário colocarmos a máquina em estufa, tendo o cuidado de retirar as partes que podem se danificar com a temperatura que vai aproximadamente a 100°C.

Em alguns casos torna-se necessário aplicar nova camada de verniz nos enrolamentos.

Enrolamento do estator ou do rotor ligados à massa

Com um megômetro, verificar se há contato entre condutores e massa. Localizar as bobinas defeituosas e isolá-las ou substituí-las por outras novas, conforme a necessidade.

Mancais ou rolamentos gastos

Verificar a folga nos mancais e rolamentos e proceder a reparação do mancal ou substituição dos rolamentos.

Defeitos de lubrificação (falta ou excesso)

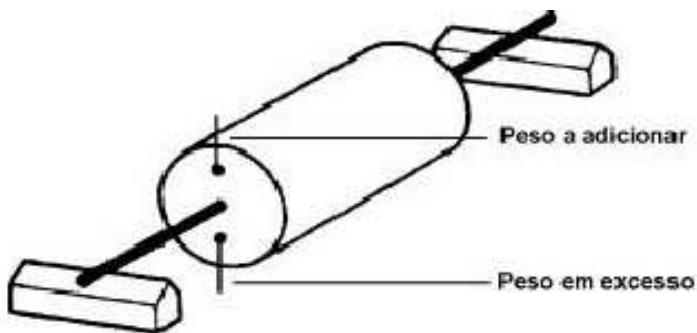
Verificar os mancais e reparar caso haja excesso ou falta de lubrificação.

FUNCIONAMENTO RUIDOSO

Rotor desequilibrado

O defeito se manifesta com um ruído periódico, tanto mais acentuado quanto for o desequilíbrio do rotor e excessiva vibração da máquina. Essa irregularidade pode ser proveniente de um enrolamento mal distribuído. Deve-se restabelecer de imediato, o equilíbrio estático, com máquina apropriada; o desequilíbrio faz com que a parte mais pesada do rotor se desloque para baixo. Adiciona-se ou retira-se um contrapeso, que pode ser de chumbo, na parte diametralmente oposta.

A fixação deste contrapeso deve ser firme para evitar que se solte sob a ação da rotação.



Desgaste dos mancais ou rolamentos

O desgaste dos mancais ou dos rolamentos provoca um ronco no motor que pode ser contínuo ou intermitente. Reparar os mancais ou substituir os rolamentos quando comprovada essa anomalia.

Indução excessiva

Sobre carga, tensão superior à normal, e freqüência inferior a de regime fazem com que a indução se eleve, provocando aquecimento do motor e funcionamento ruidoso. A sobrecarga eleva a corrente acima do normal, aumentando por conseguinte o número de ampère-espiras, o que determina excesso de indução. A tensão superior à normal e a freqüência inferior à do regime produzem o mesmo efeito da sobrecarga. A indução excessiva se elimina fazendo com que o motor trabalhe dentro de suas características que estão indicadas na placa fixada na carcaça.

8. MOTORES ELÉTRICOS II

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica, baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos. Os tipos mais comuns de motores elétricos 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 converte 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 elétrica é feita normalmente em corrente alternada. Os principais tipos são:

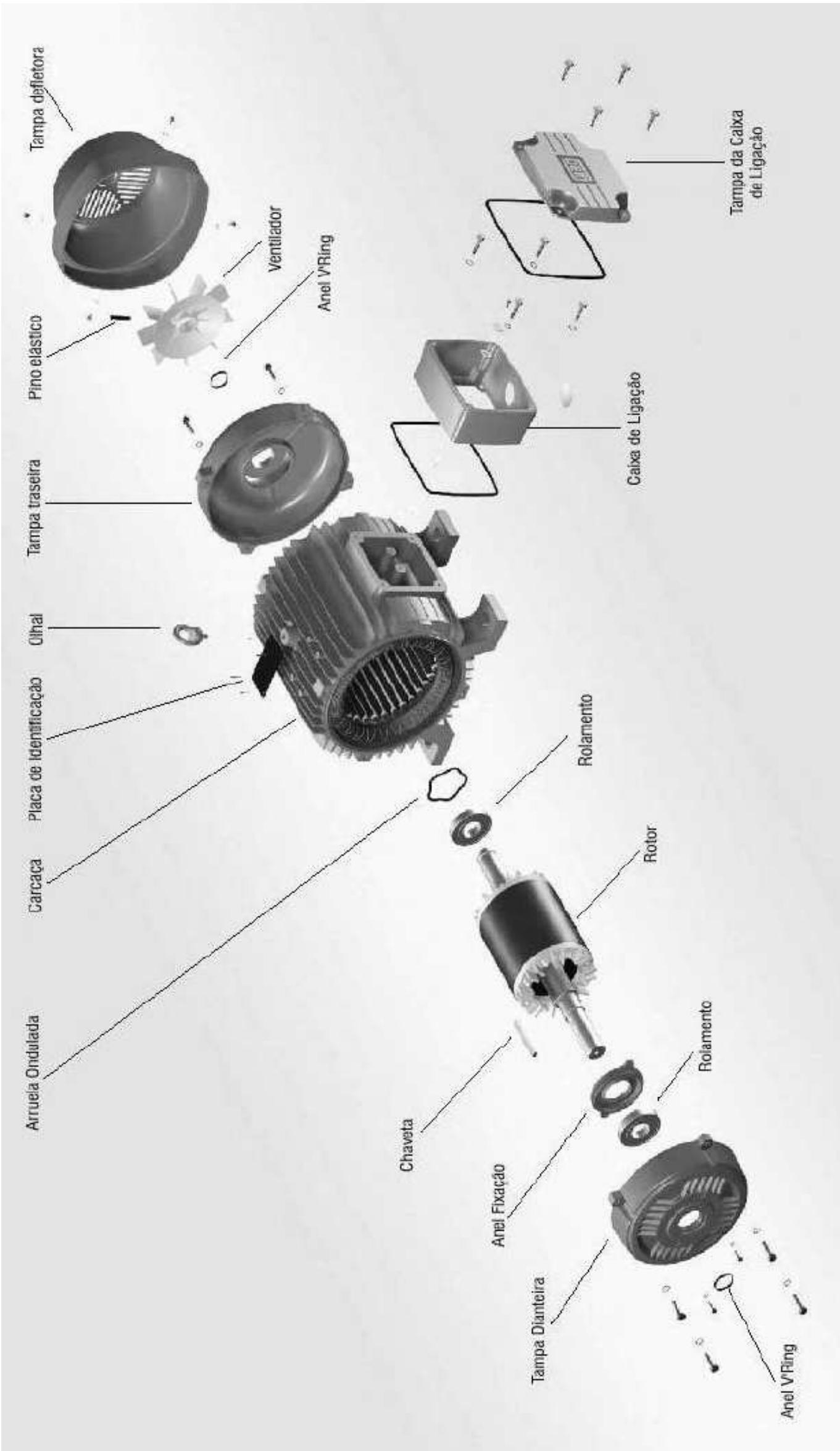
Motor síncrono: Funciona com velocidade fixa, utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.

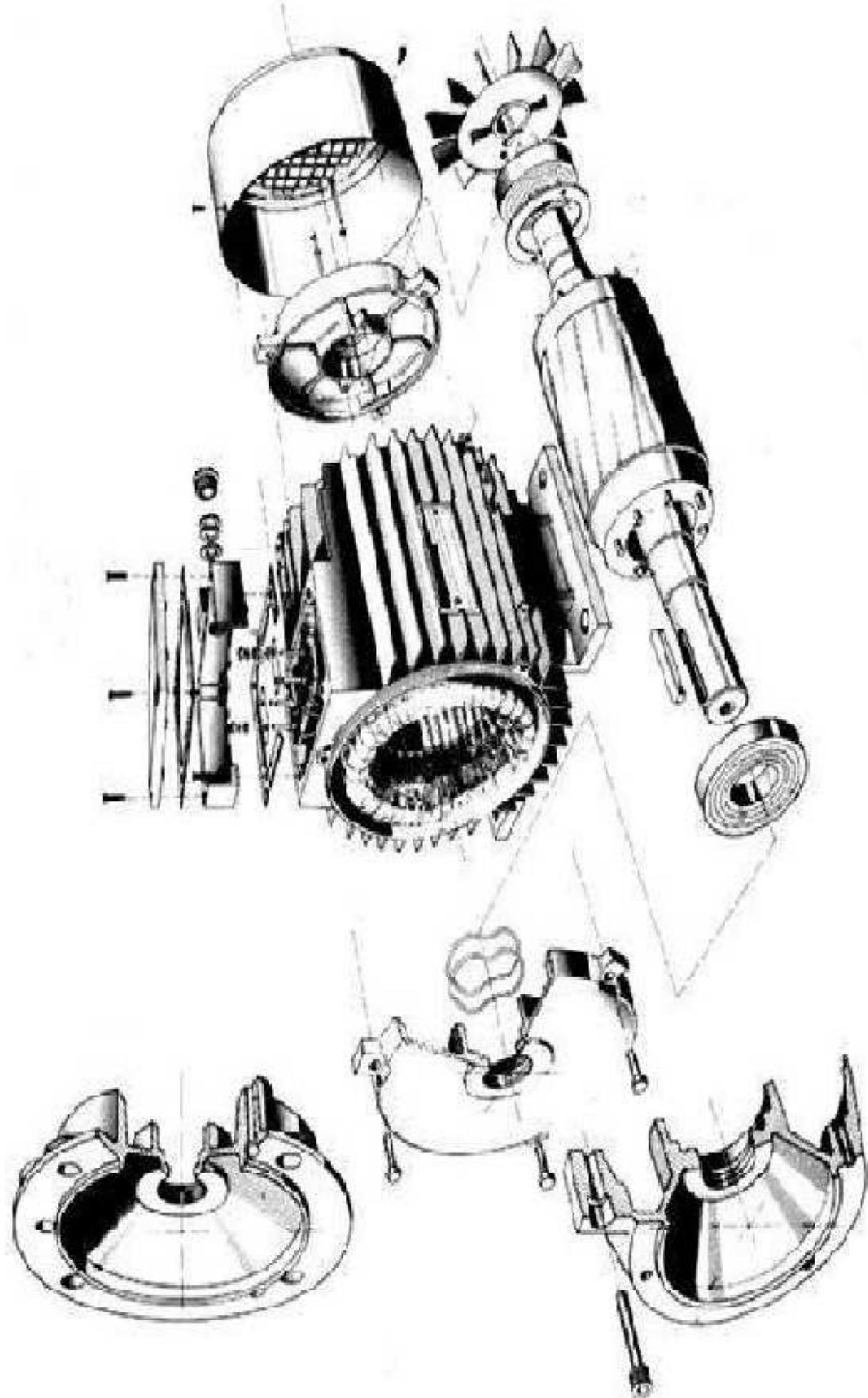
Motor de indução: Funciona normalmente com velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente é possível controlarmos a velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de freqüência.

CONSTITUIÇÃO DO MOTOR DE INDUÇÃO

O motor assíncrono é constituído basicamente pelos seguintes elementos: um circuito magnético estático, constituído por chapas ferro magnéticas empilhadas e isoladas entre si, ao qual se dá o nome de estator; por bobinas localizadas em cavidades abertas no estator e alimentadas pela rede de corrente alternada; por 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 entreferro (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 fator de potência em vazio. Como exemplo apresentamos a "projeção" dos diversos elementos o motor assíncrono de rotor em gaiola de esquilo.





LIGAÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Os motores trifásicos podem apresentar 6 ou 12 terminais sendo cada par de terminais referente a uma bobina.

Os terminais são numerados como a seguir:

Estrela - Triângulo

- Segunda tensão $\sqrt{3}$ vezes maior que a primeira;
- Tensões: 220/380 V, 380/660 V, 440/760 V
- Cabos: 6 (seis)

Tripla Tensão Nominal

- Tensões: 220/380/440/760 V
- Cabos: 12 (doze)

Série - Paralela

- Cada fase é dividida em 2 partes;
- Segunda tensão é o dobro da primeira;
- Tensões: 220/440 V e 230/460 V
- Cabos: 9 (nove)

LIGAÇÕES EM ESTRELA (Y) E EM TRIÂNGULO (Δ)

Cada bobina do motor trifásico deve receber 220 V em funcionamento normal, exceto se for motor especial para alta tensão.

- O motor de 6 terminais pode ser ligado em 220 V ou em 380 V;
- O motor, de 12 terminais pode ser ligado em 220 V, 380 V, 440 V, ou 760 V.

A tensão com que se pode alimentar o motor depende da forma como são associadas suas bobinas.

Tal ligação pode ser estrela (ou y) ou triângulo (ou Δ) sendo que em triângulo as bobinas recebem a tensão existente entre fases e em estrela as bobinas recebem tal tensão dividida por $\sqrt{3}$.

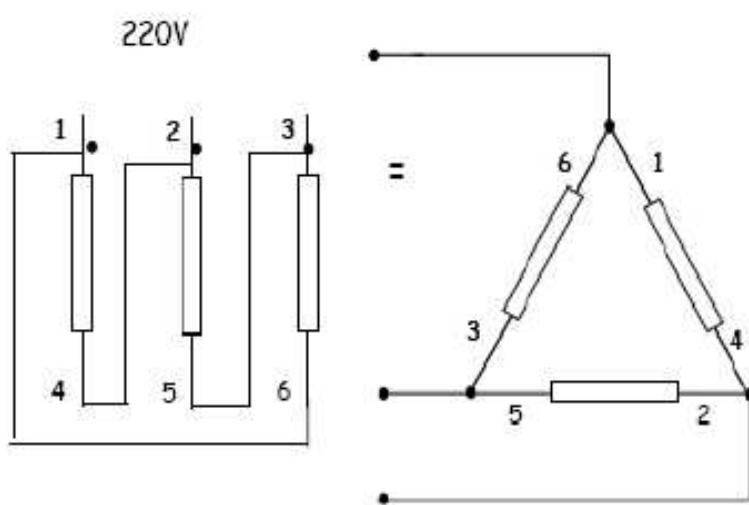
As bobinas do motor de 6 terminais podem ser associadas em triângulo (para funcionar em 220V) ou em estrela (para funcionar em 380V ou para partir em 220V).

As bobinas do motor de 12 terminais podem ser ligadas de diversas formas diferentes: triângulo paralelo (220V) , estrela paralelo (380V), triângulo série (440V) e em estrela série (760V)

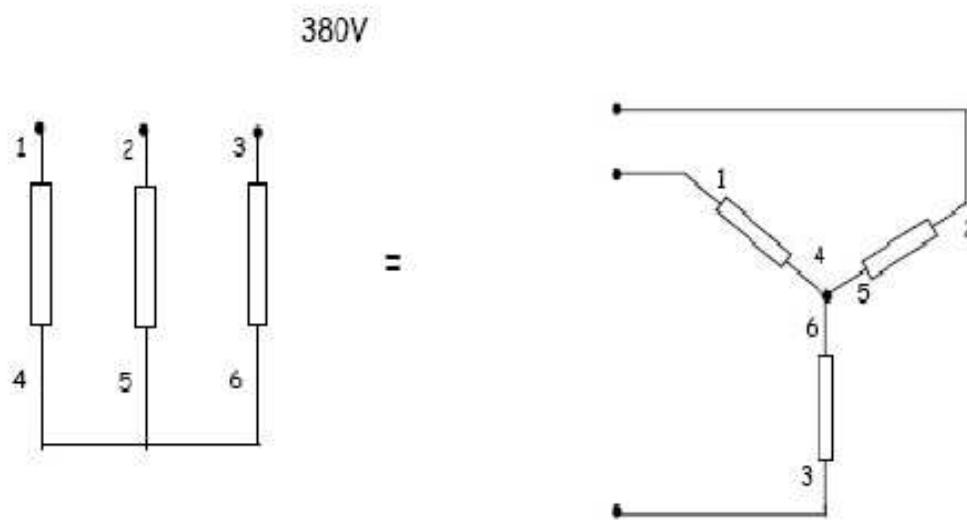
Observe-se que em paralelo as tensões são as mesmas do motor de 6 terminais e em série as tensões são dobradas.

Terminais de alimentação: 1, 2 e 3

Ligaçāo em triângulo



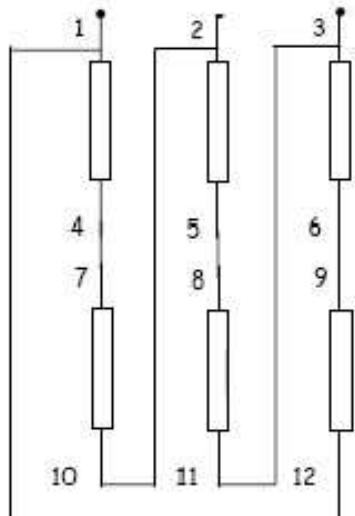
Ligaçāo em estrela



Ligaçāo do motor de 12 terminais.

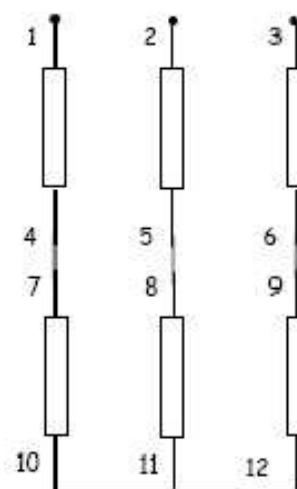
Triângulo paralelo

220V



Estrela paralelo

380V



9. COMANDO, MANOBRA E PROTEÇÃO

17. CONTATORES

Neste capítulo estudaremos um dispositivo de manobra eletromecânico usado no comando de motores, quando acoplado a relés de sobrecarga.

Esse dispositivo chama-se **contator**. Suas características, utilização e funcionamento são aqui apresentados para que você possa utilizá-lo corretamente.

Contatores são, acionados eletromagneticamente, construídos para uma elevada freqüência de operação.

17.1 TIPOS

Basicamente, existem dois tipos de contatores:

- contatores para motores;
- contatores auxiliares.

Esses dois tipos de contatores são semelhantes. O que os diferencia são algumas características mecânicas e elétricas.

Assim, os contatores para motores caracterizam-se por apresentar:

- dois tipos de contatos com capacidade de carga diferentes chamados principais e auxiliares;
- maior robustez de construção;
- possibilidade de receberem relés de proteção;
- câmara de extinção de arco voltaico;
- variação de potência da bobina do eletroímã de acordo com o tipo de contator;
- tamanho físico de acordo com a potência a ser comandada;
- possibilidade de ter a bobina do eletroímã com secundário.

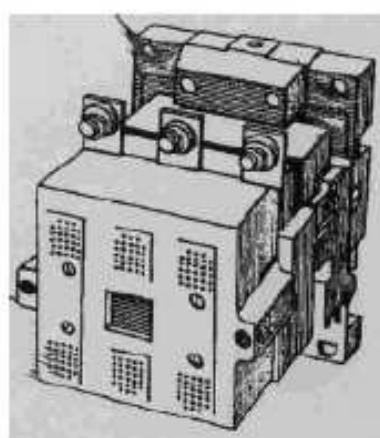


Figura 17.1 – Contator para motor

Os contatores auxiliares são usados para aumentar o número de contatos auxiliares dos contatores de motores, para comandar contatores de elevado consumo na bobina, para evitar repique, e para sinalização.

Esses contatores caracterizam-se por apresentar:

- tamanho físico variável conforme o número de contatos;
- potência do eletroímã praticamente constante;
- corrente nominal de carga máxima de 10A para todos os contatos;
- ausência de necessidade de relé de proteção e de câmara de extinção.

Um contator auxiliar é mostrado na ilustração a seguir.

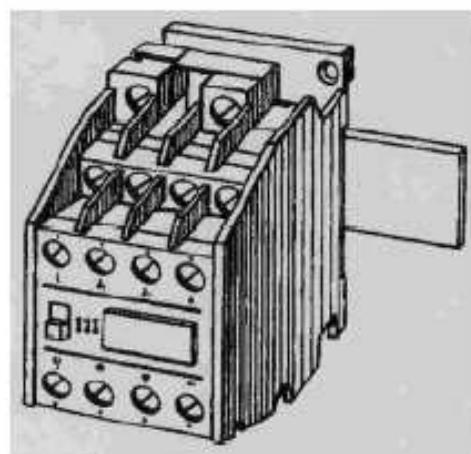


Figura 17.2 – Contator auxiliar

17.2 CONSTRUÇÃO

Os principais elementos construtivos de um contator são:

- contatos;
- sistema de acionamento;
- carcaça; .
- câmara de extinção de arco-voltaico.

Contatos dos Contatores e Pastilhas

Os contatos são partes especiais e fundamentais dos contatores, destinados a estabelecer a ligação entre as partes energizadas e não-energizadas de um circuito ou, então, interromper a ligação de um circuito.

São constituídos de pastilhas e suportes. Podem ser fixos ou móveis, simples ou em ponte.



Figura 17.3 – Contato simples e contato em ponte

Os contatos móveis são sempre acionados por um eletroímã pressionado por molas. Estas devem atuar uniformemente no conjunto de contatos e com pressão determinada, conforme a capacidade para a qual os contatores foram projetados.

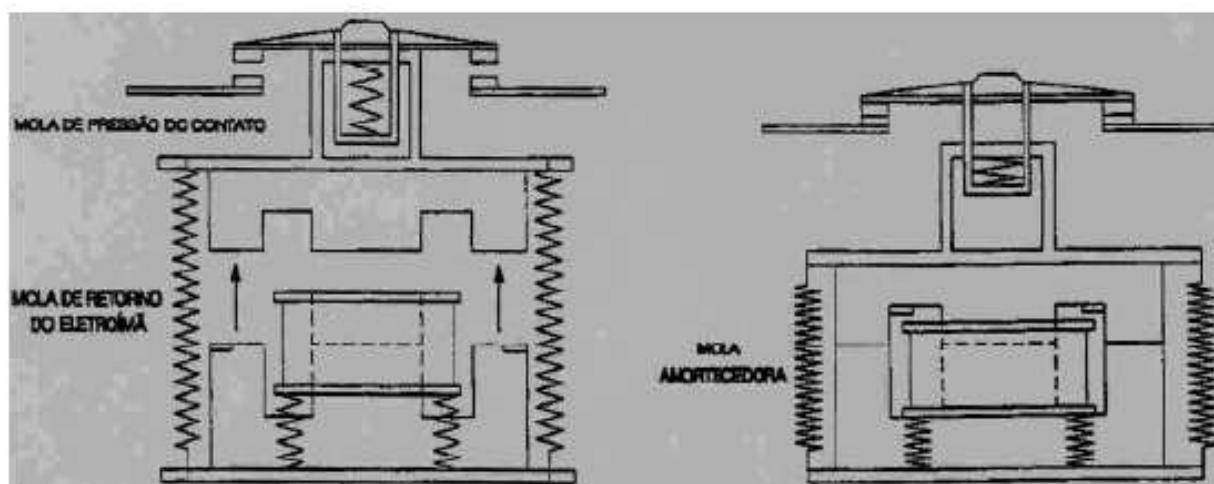
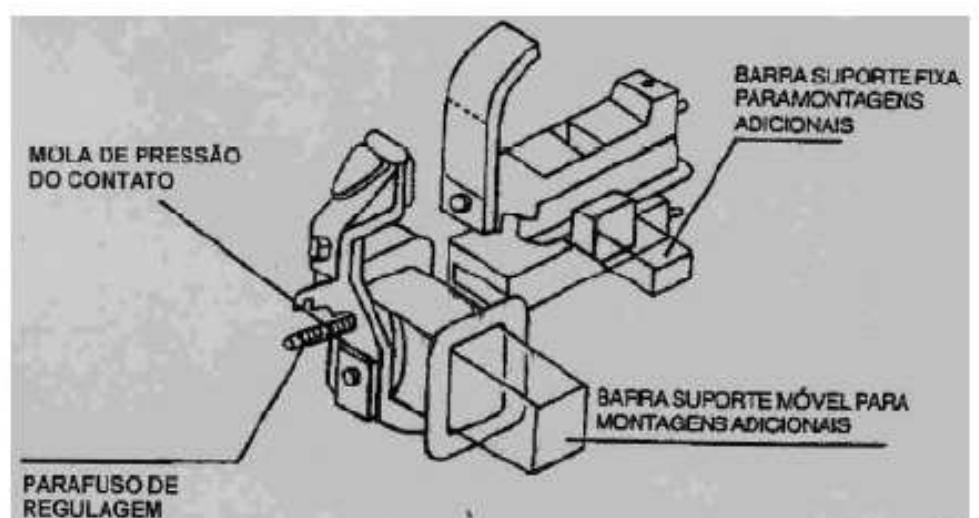


Figura 17.4 – Contator aberto e contator fechado

Para os contatos simples, a pressão da mola é regulável e sua utilização permite a montagem de contatos adicionais.



O acionamento com CC não possui anéis de curto-círcito. Além disso, possui uma bobina de enrolamento com derivação, na qual uma das derivações serve para o atracamento e a outra para manutenção.

Um contato NF é inserido no circuito da bobina e tem a função de curto-circuitar parte do enrolamento durante a etapa do atracamento. Veja representação esquemática a seguir.

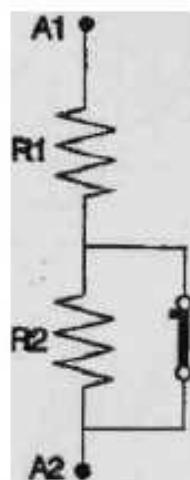


Figura 1.7 – Acionamento

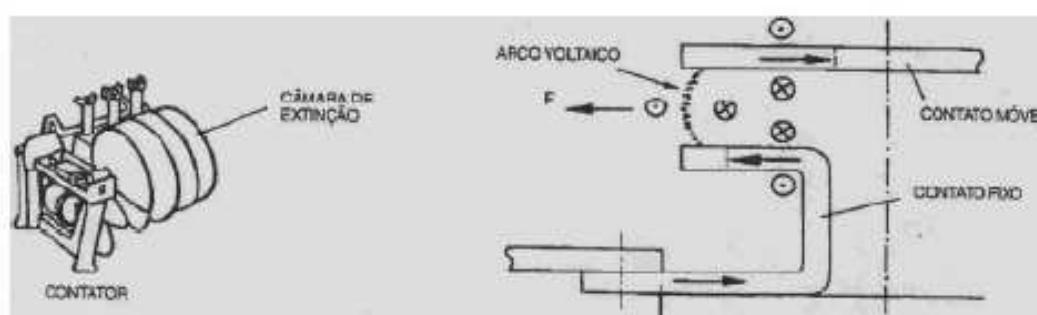
O enrolamento com derivação tem a função de reduzir a potência absorvida pela bobina, após o fechamento do contator, evitando o superaquecimento ou a queima da bobina.

O núcleo é maciço, pois, sendo a corrente constante, o fluxo magnético também o será. Com isso, não haverá força eletromotriz no núcleo nem circulação de correntes parasitas.

O sistema de acionamento com CC é recomendado para aplicação em circuitos, onde os demais equipamentos de comando são sensíveis aos efeitos das tensões induzidas pelo campo magnético de corrente alternada. Enquadram-se, nesse caso, os componentes CMOS e os microprocessadores, presentes em circuitos que compõem acionamentos de motores que utilizam conversores e/ou CLPs (controladores programáveis).

Câmara de Extinção de Arco Voltaico

É um compartimento dos seccionadores que envolve os contatos principais. Sua função é extinguir a faísca ou arco voltaico, que surge quando um circuito elétrico é interrompido.



Os contatos simples têm apenas uma abertura. Eles são encontrados em contatores de maior potência.

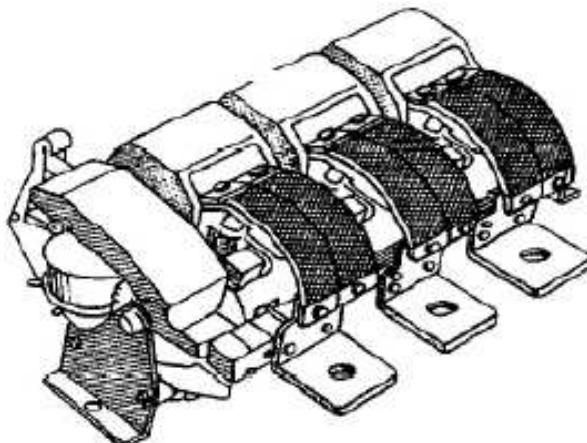


Figura 17.6 – Contator com contato simples para grande potência

Os contatos são construídos em formatos e tamanhos determinados pelas características técnicas do contator. São classificados em principal e auxiliar. Os contatos principais têm a função de estabelecer e interromper correntes de motores e chavear cargas resistivas ou capacitivas. O contato é realizado por meio de placas de prata cuja vida útil termina quando elas estão reduzidas a 1/3 de seu volume inicial.

Os contatos auxiliares são dimensionados para a comutação de circuitos auxiliares para comando, para sinalização e para intertravamento elétrico.

Podem ser do tipo NA (normalmente aberto) ou NF (normalmente fechado) de acordo com sua função.

Sistema de Acionamento

O acionamento dos contatores pode ser feito com corrente alternada ou com corrente contínua.

Para o acionamento com CA, existem anéis de curto-círcuito que se situam sobre o núcleo fixo do contator e evitam o ruído por meio da passagem da CA por zero. Um entreferro reduz a remanência após a interrupção da tensão de comando e evita o colamento do núcleo.

Após a desenergização da bobina de acionamento, o retorno dos contatos principais (bem como dos auxiliares) para a posição original de repouso é garantido pelas molas de compressão.

Figura 17.8  = linha de força magnética entrando

 = linha de força magnética saindo

Com a câmara de extinção de cerâmica, a extinção do arco é provocada por refrigeração intensa e pelo repuxo do ar.

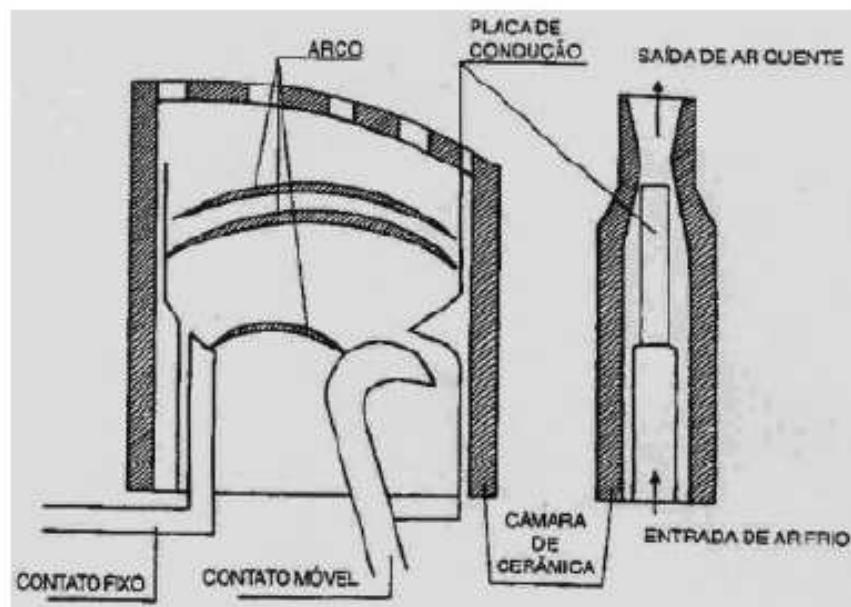


Figura 17.9 – Extinção do arco com câmara de extinção de cerâmica

17.3 FUNCIONAMENTO

Como já sabemos, uma bobina eletromagnética, quando alimentada por uma corrente elétrica, forma um campo magnético. No contator, ele se concentra no núcleo fixo e atrai o núcleo móvel.

Como os contatos móveis estão acoplados mecanicamente com o núcleo móvel, o deslocamento deste no sentido do núcleo fixo movimenta os contatos móveis.

Quando o núcleo móvel se aproxima do fixo, os contatos móveis também devem se aproximar dos fixos de tal forma que, no fim do curso do núcleo móvel, as peças fixas e móveis do sistema de comando elétrico estejam em contato e sob pressão suficiente.

O comando da bobina é efetuado por meio de uma botoeira ou chave-bóia com duas posições, cujos elementos de comando estão ligados em série com as bobinas.

A velocidade de fechamento dos contatores é resultado da força proveniente da bobina e da força mecânica das molas de separação que atuam em sentido contrário.

As molas são também as únicas responsáveis pela velocidade de abertura do contator, o que ocorre quando a bobina magnética não estiver sendo alimentada ou quando o valor da força magnética for inferior à força das molas.

17.4 MONTAGEM

Os contatores devem ser montados, de preferência verticalmente, em local que não esteja sujeito à trepidação.

Em geral, é permitida uma inclinação máxima do plano de montagem de 22,5º em relação à vertical, o que permite a instalação em navios.

Na instalação de contatores abertos, o espaço livre em frente à câmara deve ser de no mínimo 45mm.

Intertravamento de Contatores

O intertravamento é um sistema de segurança elétrico ou mecânico, destinado a evitar que dois ou mais contatores se fechem acidentalmente ao mesmo tempo, o que provocaria curto-circuito ou mudança na seqüência de funcionamento de um determinado circuito.

17.5 VANTAGENS

Os contatores apresentam as seguintes vantagens:

- comando à distância;
- elevado número de manobras;
- grande vida útil mecânica;
- pequeno espaço para montagem;
- garantia de contato imediato;
- tensão de operação de 85 a 110% da tensão nominal prevista para o contator.

17.6 NORMAS

A normalização na identificação dos contatores e demais dispositivos de manobra de baixa tensão, é o meio utilizado para tornar mais uniforme a execução de projetos de comandos e facilitar a localização e função destes elementos na instalação.

Contatos principais

São numerados de acordo com a norma DIN EM 50011.

Os terminais de entrada 1, 3 e 5 voltam-se para a rede (fonte) enquanto os terminais de saída 2, 4 e 6 voltam-se para o motor (carga), sendo os terminais de alimentação da bobina identificados por "A₁" e "A₂" ou ainda "a" e "b".

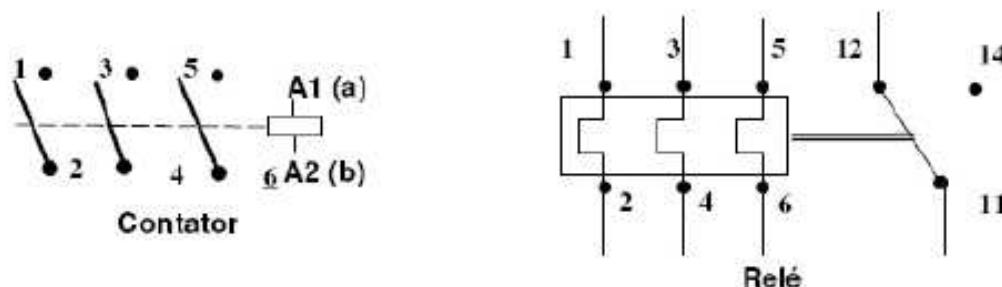


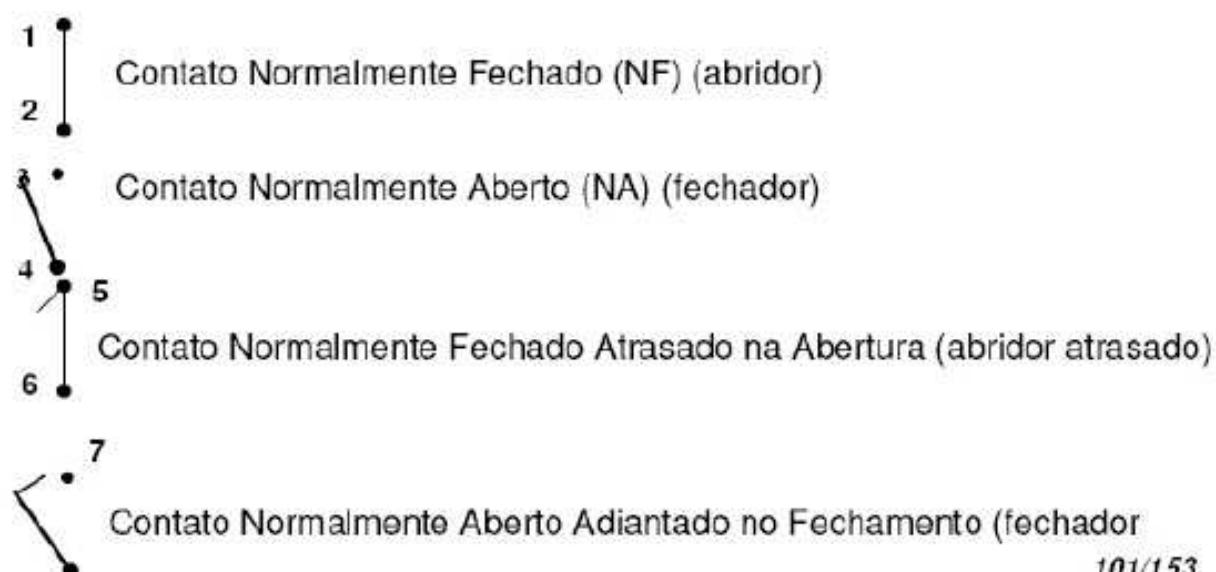
Figura 17.10 - Identificação dos contatos de um contator e um relé de sobrecarga

Contatos Auxiliares

São identificados por números de dois dígitos de acordo com a norma DIN EM 50011, respeitadas as determinações de seqüenciamento, função e disposição mecânica.

Seqüenciamento: o primeiro dígito integrante da identificação de um contato auxiliar indica a posição ocupada pelo mesmo a partir da esquerda.

Função: a função do contato é indicada pelo segundo dígito, conforme o convencionado pela norma, como segue:



8 adiantado)

Figura 17.11 - Contatos auxiliares

Os casos da folha representam as funções usuais em contatores sendo o número superior, o de entrada e o inferior, o de saída. Veja o exemplo de um contator auxiliar (especificação do contator - terminação "E").

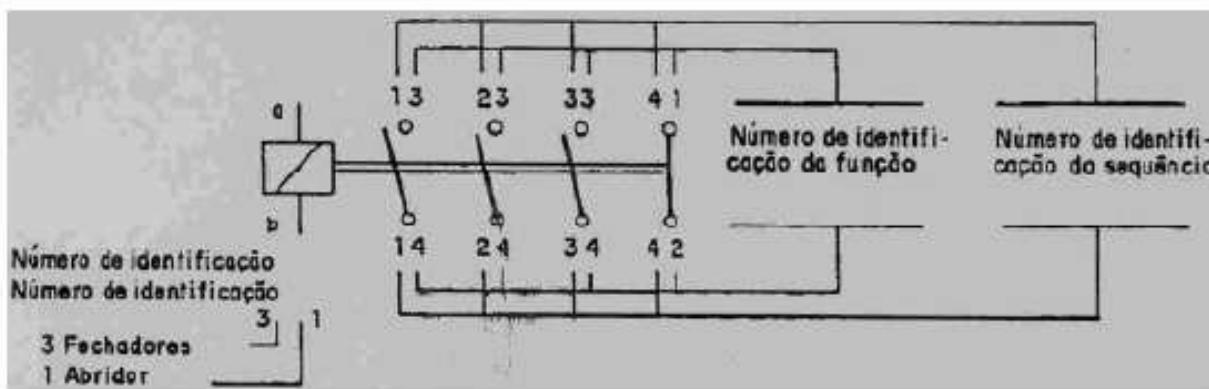


Figura 17.12 – Especificação do contator - terminação "E"

Na especificação de um contator, os dígitos numéricos de identificação têm os seguintes significados:

- 1º dígito = número de contatos fechadores
- 2º dígito = número de contatos abridores
- 3º dígito = número de contatos comutadores

Não existindo contatos fechadores ou abridores, deve ser escrito, na posição correspondente, o algarismo "0".

Independente do tipo de construção do equipamento, as identificações de terminais e símbolos para contatores auxiliares vêm indicadas na DIN 46199.

Os contatores auxiliares duplos e relés de ligação têm normalizado também o posicionamento físico dos contatos.

Disposição Mecânica

Além da codificação normal de seqüenciamento e função dos contatos auxiliares, existe ainda uma nomenclatura dependente da disposição mecânica destes, a saber:

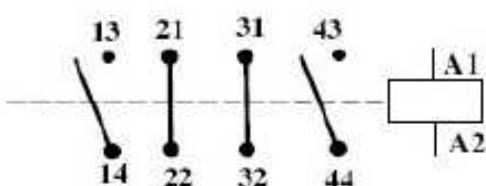


Figura 17.13 - Exemplo de um contator auxiliar CAW 04.22E (Fabricação WEG)

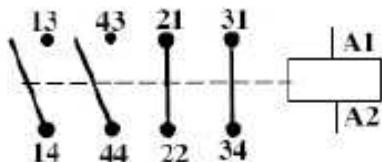


Figura 17.14 - Exemplo de um contator auxiliar CAW 04.22Z (Fabricação WEG)

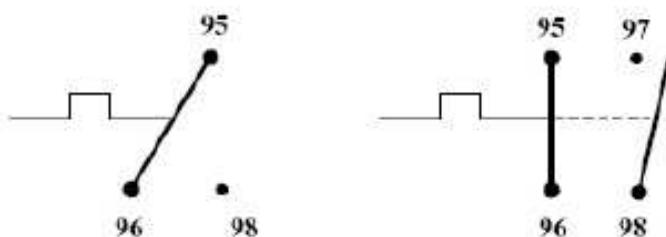


Figura 17.15 - Contatos de um relé de sobrecarga

17.7 DEFEITOS NOS CONTATORES

Já sabemos que os contatores são dispositivos de manobra eletromecânica acionados eletromagneticamente, utilizados como dispositivos de comando de motores ou como dispositivos de proteção contra sobrecarga, se acoplados a relés.

Estudaremos, agora, os defeitos mais comuns nos contatores e os problemas causados nos circuitos elétricos por eles comandados.

Defeito	Causas
Contator não liga	Fusível de comando queimado. Relé térmico desarmado. Comando interrompido. Bobina queimada
Contator não desliga	Linhos de comando longas (efeito de "colamento" capacitivo). Contatos soldados.

Faiscamento excessivo	Instabilidade da tensão de comando por: <ul style="list-style-type: none"> ▪ regulação pobre da fonte; ▪ linhas extensas e de pequena seção; ▪ correntes de partida muito altas; subdimensionamento do transformador de comando com diversos contadores operando simultaneamente. Fornecimento irregular de comando por: <ul style="list-style-type: none"> ▪ botoeiras com defeito; ▪ chaves fim-de-curso com defeito.
Contator zumbé	Corpo estranho no entreferro. Anel de curto-círcuito quebrado. Bobina com tensão ou freqüência errada. Superfície dos núcleos (móvel e fixo) sujas ou oxidadas, especialmente após longas paradas. Fornecimento oscilante de contato no circuito de comando. Quedas de tensão durante a partida de motores.
Relé térmico atua e o motor não atinge a rotação normal (contator com relé)	Relé inadequado ou mal regulado. Tempo de partida muito longo. Freqüência muito alta de ligações. Sobrecarga no eixo.
Bobina magnética se aquece	Localização inadequada da bobina. Núcleo móvel preso às guias. Curto-círcito entre as espiras por deslocamento ou remoção de capa isolante (em CA). Curto-círcito entre a bobina e o núcleo e por deslocamento da camada isolante. Saturação do núcleo, cujo calor se transmite à bobina.
Bobina se queima	Sobretensão. Ligação em tensão errada. Subtensão (principalmente em CC). Corpo estranho no entreferro.
Contatos sobreaquecem	Carga excessiva. Pressão inadequada entre contatos. Dimensões inadequadas dos contatos Sujeira na superfície dos contatos. Superfície insuficiente para a troca de calor com o meio ambiente. Oxidação (contatos de cobre). Acabamento e formato inadequados das superfícies de contato.
Contatos se fundem	Correntes de ligação elevadas (como na comutação de transformadores a vazio). Comandos oscilantes. Ligação em curto-círcito. Comutação estrela-triângulo defeituosa.

Contatos se desgastam excessivamente	Arco voltaico. Sistema de desligamento por deslizamento (remove certa quantidade de material a cada manobra).
Isolação é defeituosa	Excessiva umidade do ar. Dielétrico recoberto ou perfurado por insetos, poeira e outros corpos. Presença de óxidos externos provenientes de material de solda.

Tabela 17.1

Defeitos Mecânicos

Os defeitos mecânicos são provenientes da própria construção do dispositivo, das condições de serviço e do envelhecimento do material.

Salientam-se em particular:

- lubrificação deficiente;
- formação de ferrugem;
- temperaturas muito elevadas;
- molas inadequadas;
- trepidação no local da montagem.

Ricochete Entre Contatos

Ricochete é a abertura ou afastamento entre contatos após o choque no momento da ligação. Isso é consequência da energia cinética presente em um dos contatos.

O ricochete reduz sensivelmente a vida útil das peças de contato, especialmente no caso de cargas com altas correntes de partida. Isso acontece, porque o arco que se estabelece a cada separação sucessiva dos contatos vaporiza o material das pastilhas.

Visando à redução de custos, o tempo de ricochete deve ser reduzido para 0,5ms. Baixa velocidade de manobra, reduzidas massas de contato móveis e forte pressão nas molas são algumas condições que diminuem o tempo do ricochete.

Os contatores modernos são praticamente livres de ricochete. Na ligação, eles acusam um desgaste de material de contato equivalente a 1/10 do desgaste para desligamento sob corrente nominal. Assim, a corrente de partida de motores não tem influência na durabilidade dos contatos.

18. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E COMANDO

Os dispositivos de segurança e proteção são componentes que, inseridos nos circuitos elétricos, servem para interrompê-los quando alguma anomalia acontece. São também as partes integrantes de um disjuntor industrial que, ao ser alterada uma grandeza elétrica (corrente ou tensão), age mecanicamente sobre o elemento de comando dos contatos, provocando a interrupção do circuito.

18.1 FUSÍVEIS

São inseridos nos circuitos para interrompê-los em situações anormais de corrente, como curto-círcuito ou sobrecargas de longa duração.

De modo geral, são classificados segundo a tensão de alimentação em alta ou baixa tensão, e, também, segundo as características de desligamento em efeito rápido ou retardado.

Fusíveis de Efeito Rápido

Os fusíveis de efeito rápido são empregados em circuitos em que não há variação considerável de corrente entre a fase de partida e a de regime normal de funcionamento.

Esses fusíveis são ideais para a proteção de circuitos com semicondutores (diodos e tiristores).

Fusíveis de Efeito Retardado

Os fusíveis de efeito retardado são apropriados para uso em circuitos, cuja corrente de partida atinge valores muitas vezes superiores ao valor da corrente nominal, e em circuitos que estejam sujeitos a sobrecargas de curta duração.

Como exemplo desses circuitos, podemos citar os motores elétricos, as cargas indutivas e as cargas capacitivas em geral.

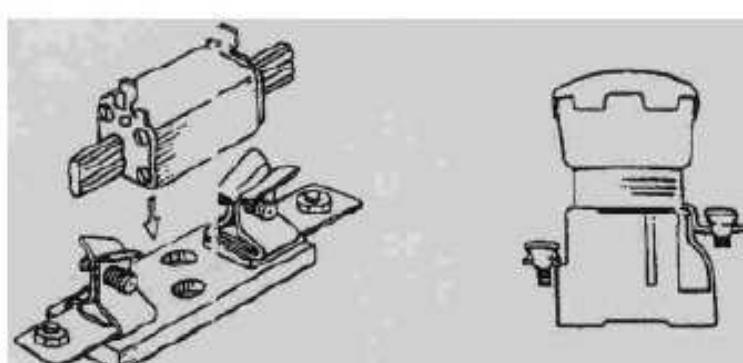


Figura 18.1 – Fusíveis NH e DIAZED

Fusíveis NH

Os fusíveis NH suportam elevações de corrente durante um certo tempo sem que ocorra fusão.

Eles são empregados em circuitos sujeitos a picos de corrente e onde existem cargas indutivas e capacitivas.

Sua construção permite valores padronizados de corrente que variam de 6 a 1000 A. Sua capacidade de ruptura é sempre superior a 70kA com uma tensão máxima de 500V.

Construção dos Fusíveis NH

Os fusíveis NH são constituídos por duas partes: base e fusível.

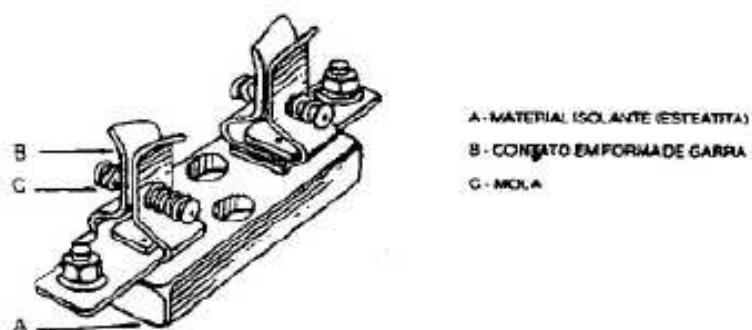


Figura 18.2 – Base de montagem de fusíveis do sistema NH

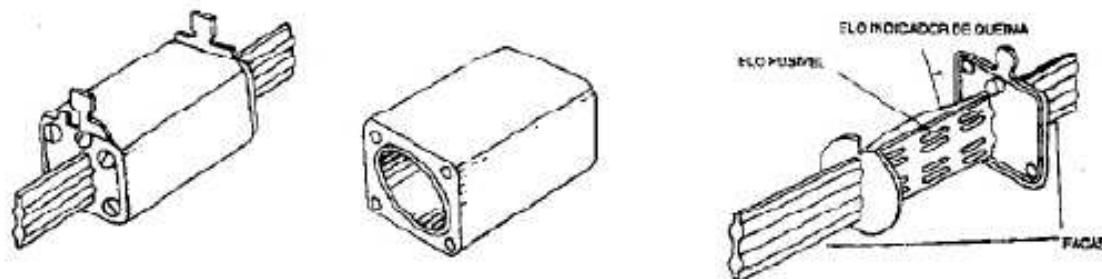


Figura 18.3 – Partes do fusível NH

O elo fusível é feito de cobre em forma de lâminas vazadas em determinados pontos para reduzir a seção condutora. O elo fusível pode ainda ser fabricado em prata.

Fusíveis DIAZED

Os fusíveis DIAZED podem ser de ação rápida ou retardada. Os de ação rápida são usados em circuitos resistivos, ou seja, sem picos de corrente.

Os de ação retardada são usados em circuitos com motores e capacitores, sujeitos a picos de corrente.

Esses fusíveis são construídos para valores de, no máximo, 200 A. A capacidade de ruptura é de 70kA com uma tensão de 500V.

Construção dos Fusíveis DIAZED

O fusível DIAZED (ou D) é composto por base (aberta ou protegida), tampa, fusível, parafuso de ajuste e anel.

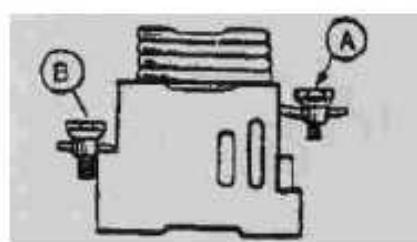


Figura 18.4 – A = Borne ligado ao corpo rosado
B = Borne ligado ao parafuso de ajuste

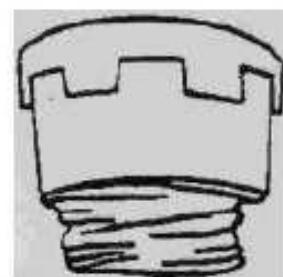


Figura 18.5 – Tampa do fusível DIAZED

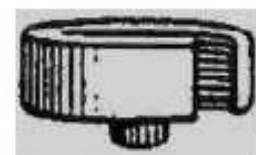


Figura 18.6 – Parafuso de ajuste



Figura 18.7 – Anel

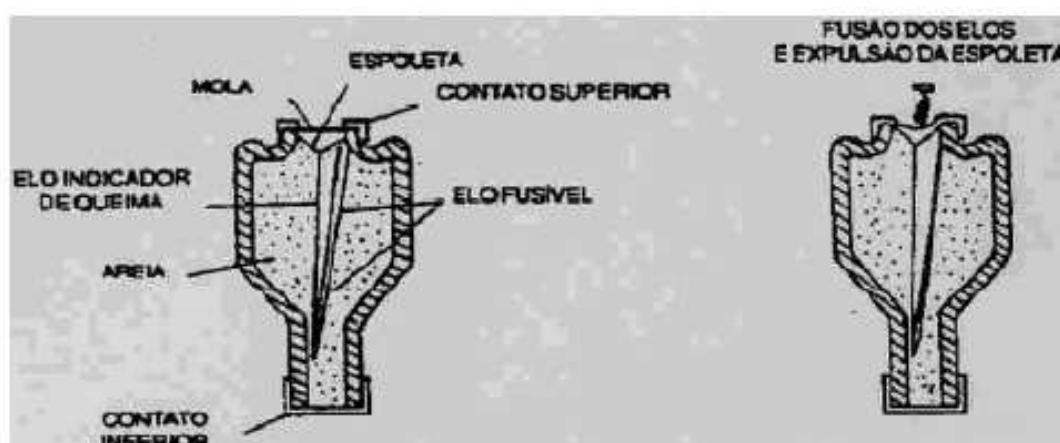


Figura 18.8 – Visão interna do fusível

O fusível possui um indicador, visível através da tampa, cuja corrente nominal é identificada por meio de cores e que se desprende em caso de queima. Veja, na tabela a seguir, algumas cores e suas correntes nominais correspondentes.

Cor	Intensidade de corrente (A)
Rosa	2
Marrom	4
Verde	6
Vermelho	10
Cinza	16
Azul	20
Amarelo	25
Preto	35
Branco	50
Laranja	63

Tabela 18.1

O elo indicador de queima é constituído de um fio muito fino ligado em paralelo com o elo fusível. Em caso de queima do elo fusível, o indicador de queima também se funde e provoca o desprendimento da espoleta.

Características e Instalação

As principais características dos fusíveis DIAZED e NH são:

Corrente nominal: corrente máxima que o fusível suporta continuamente sem interromper o funcionamento do circuito. Esse valor é marcado no corpo de porcelana do fusível.

Corrente de curto-circuito: corrente máxima que deve circular no circuito e que deve ser interrompida instantaneamente.

Capacidade de ruptura (kA): valor de corrente que o fusível é capaz de interromper com segurança. Não depende da tensão nominal da instalação.

Tensão nominal: tensão para a qual o fusível foi construído. Os fusíveis normais para baixa tensão são indicados para tensões de serviço de até 500V em CA e 600V em CC.

Resistência elétrica (ou resistência ôhmica): grandeza elétrica que depende do material e da pressão exercida. A resistência de contato entre a base e o fusível é a responsável por eventuais aquecimentos que podem provocar a queima do fusível.

Curva de relação tempo de fusão x corrente: curvas que indicam o tempo que o fusível leva para desligar o circuito. Elas são variáveis de acordo com o tempo, a corrente, o tipo de fusível e são fornecidas pelo fabricante. Dentro dessas curvas, quanto maior for a corrente circulante, menor será o tempo em que o fusível terá que desligar. Veja a curva típica abaixo:

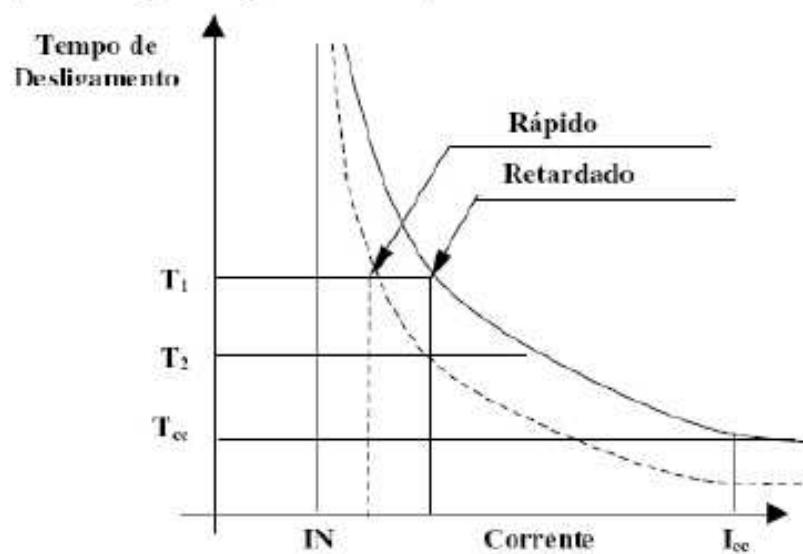


Figura 18.9 - IN: Corrente Nominal I_{cc}: Corrente de curto-circuito T_{cc}: Tempo de desligamento para curto-circuito

A instalação dos fusíveis DIAZED e NH deve ser no ponto inicial do circuito a ser protegido.

Os locais devem ser arejados para que a temperatura se conserve igual à do ambiente. Esses locais devem ser de fácil acesso para facilitar a inspeção e a manutenção.

A instalação deve ser feita de tal modo que permita seu manejo sem perigo de choque para o operador.

Escolha do Fusível

A escolha do fusível é feita considerando-se corrente nominal da rede, a malha ou circuito que se pretende proteger. Os circuitos elétricos devem ser dimensionados para uma determinada carga nominal dada pela carga que se pretende ligar.

A escolha do fusível deve ser feita de modo que qualquer anormalidade elétrica no circuito fique restrita ao setor onde ela ocorrer, sem afetar os outros.

Dimensionamento

Para dimensionar um fusível é necessário levar em consideração as seguintes grandezas elétricas:

- Corrente nominal do circuito ou ramal;
- Corrente de curto-circuito;
- Tensão nominal.

18.2 RELES

O relé é um dispositivo de comando, ou seja, é empregado na partida de motores no processamento de solda de ponto, no comando de laminadoras e prensas e no controle de iluminação de edifícios.

Para compreender com mais facilidade o funcionamento desse dispositivo, é necessário ter conhecimentos anteriores sobre eletromagnetismo.

Diferentemente dos fusíveis, que se auto-destroem, os relés abrem os circuitos em presença de sobrecarga, por exemplo, e continuam a ser usados após sanada a irregularidade.

Em relação aos fusíveis, os relés apresentam as seguintes vantagens:

- Ação mais segura;
- possibilidade de modificação do estado ligado para desligamento (e vice-versa);

- proteção do usuário contra sobrecargas mínimas dos limites predeterminados;
- retardamento natural que permite picos de corrente próprios às partidas de motores.

Tipos

Os relés usados como dispositivos de segurança podem ser eletromagnéticos e térmicos.

Os **relés eletromagnéticos** funcionam com base na ação do eletromagnetismo, por meio do qual um núcleo de ferro próximo de uma bobina é atraído, quando esta é percorrida por uma corrente elétrica. Os mais comuns são de dois tipos:

- Relé de mínima tensão;
- Relé de máxima corrente.

O relé de mínima tensão recebe uma regulagem aproximadamente 20% menor do que a tensão nominal.

Os relés de mínima tensão são aplicados principalmente em contatores e disjuntores.

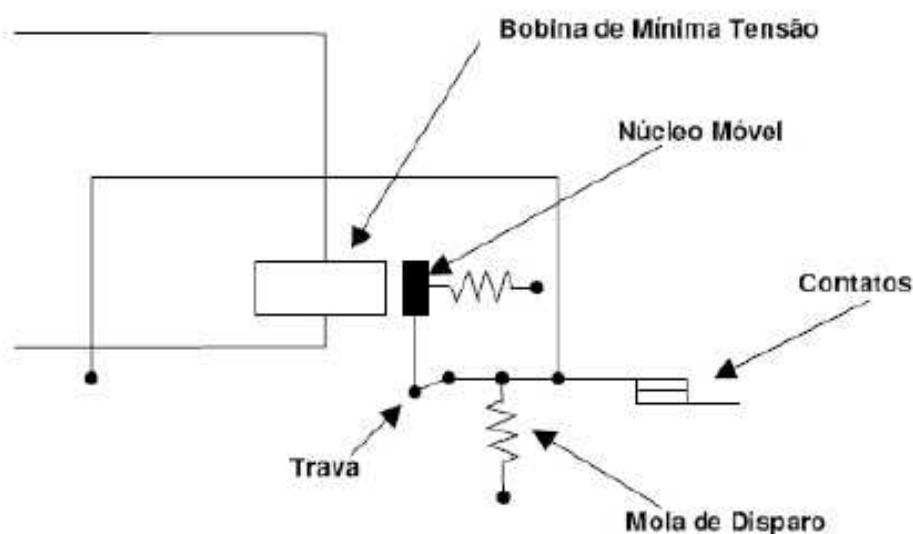


Figura 18.10 - Esquema simplificado de um relé de mínima tensão

O relé de máxima corrente é regulado para proteger um circuito contra excesso de corrente. Esse tipo de relé abre, indiretamente, o circuito principal, assim que a corrente atingir o limite da regulagem.

A corrente elevada, ao circular pela bobina, faz com que o núcleo do relé atraia o fecho. Isto provoca a abertura do contato abridor e interrompe o circuito de comando.

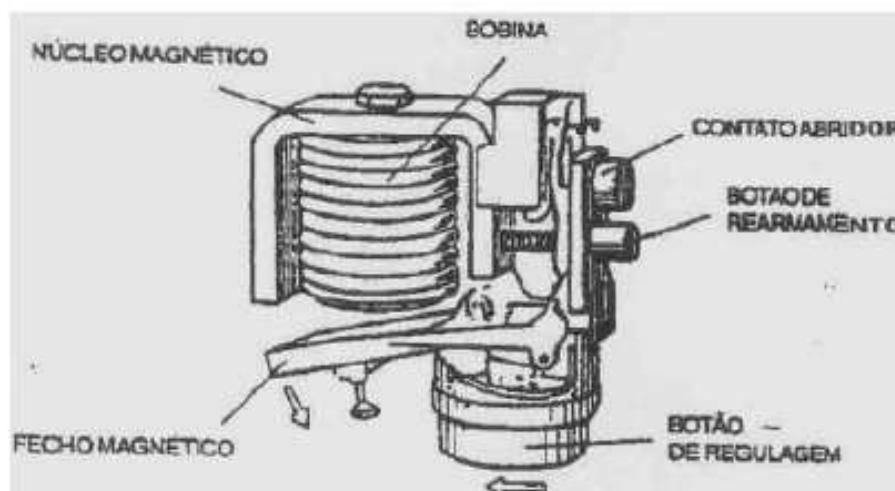


Figura 18.11 – Relé de máxima corrente

A regulagem desse tipo de relé é feita aproximando-se ou afastando-se o fecho do núcleo. Quando o fecho é afastado, é necessário uma corrente mais elevada para acionar o relé.

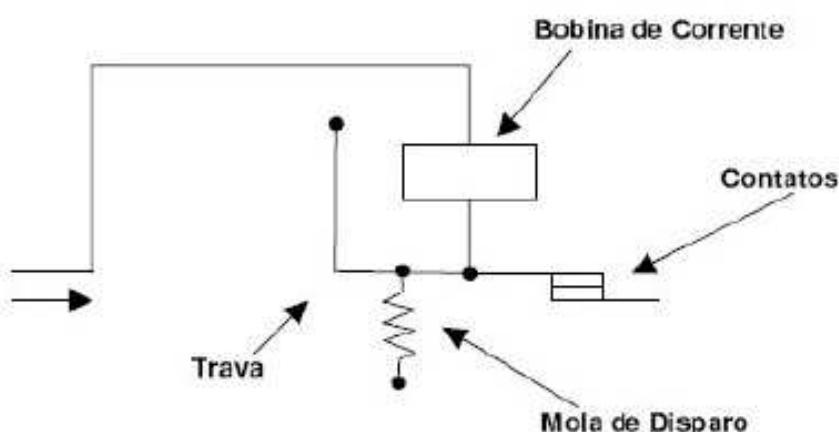


Figura 18.12 – Esquema simplificado de um relé de máxima corrente

Os **relés térmicos**, como dispositivos de proteção, controle ou comando do circuito elétrico, atua por efeito térmico provocado pela corrente elétrica.

O elemento básico dos relés térmicos é o bimetal.

O bimetal é um conjunto formado por duas lâminas de metais diferentes (normalmente ferro e níquel), sobrepostas e soldadas.

Esses dois metais, de coeficientes de dilatação diferentes, formam um par metálico. Por causa da diferença de coeficiente de dilatação, se o par metálico for submetido a uma temperatura elevada, um dos metais do par vai dilatar mais que o outro.

Por estarem fortemente unidos, o metal de menor coeficiente de dilatação provoca o encurvamento do conjunto para o seu lado, afastando o conjunto de um ponto determinado.

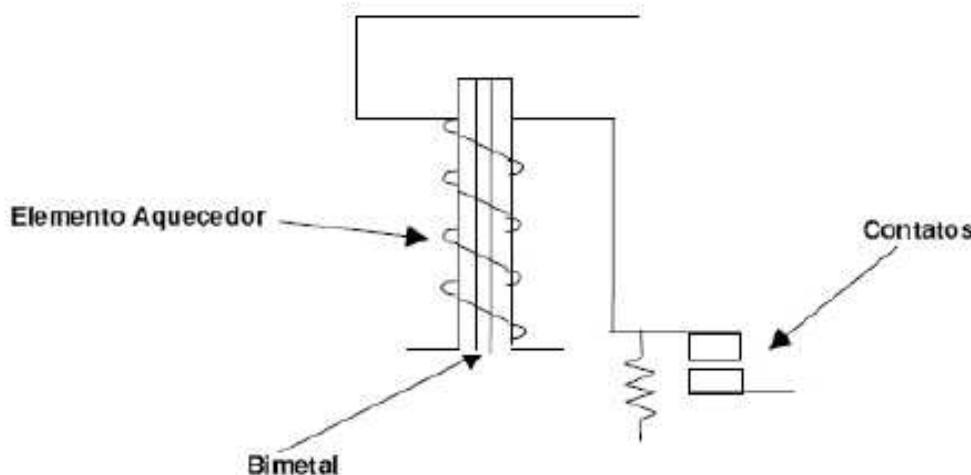


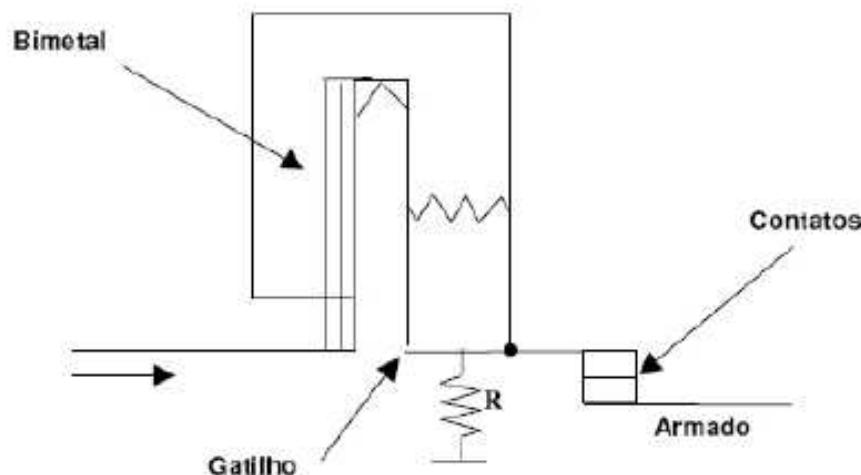
Figura 18.13 – Representação esquemática da atuação dos relés térmicos

Esse movimento é usado para disparar um gatilho ou abrir um circuito, por exemplo. Portanto, essa característica do bimetal permite que o relé exerça o controle de sobrecarga para proteção dos motores.

Os relés térmicos para proteção de sobrecarga são:

- diretos;
- indiretos;
- com retenção.

Os **relés térmicos diretos** são aquecidos pela passagem da corrente de carga pelo bimetal. Havendo sobrecarga, o relé desarma o disjuntor. Embora a ação bimetal seja lenta, o desligamento dos contatos é brusco à ação do gatilho. Essa abertura rápida impede a danificação ou soldagem dos contatos.



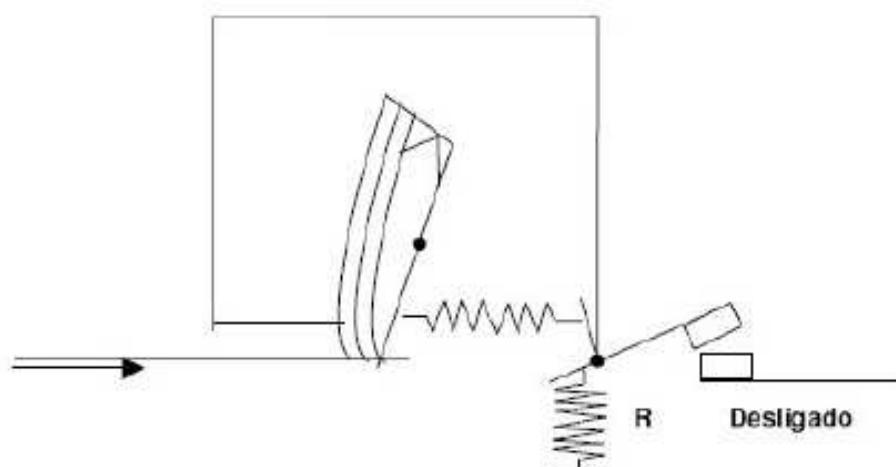


Figura 18.14 - Representação esquemática de um relé térmico direto desligado por sobrecarga

Nos circuitos trifásicos, o relé térmico possui três lâminas bimetalicas (A,B,C), que atuam conjuntamente quando houver sobrecarga equilibrada.

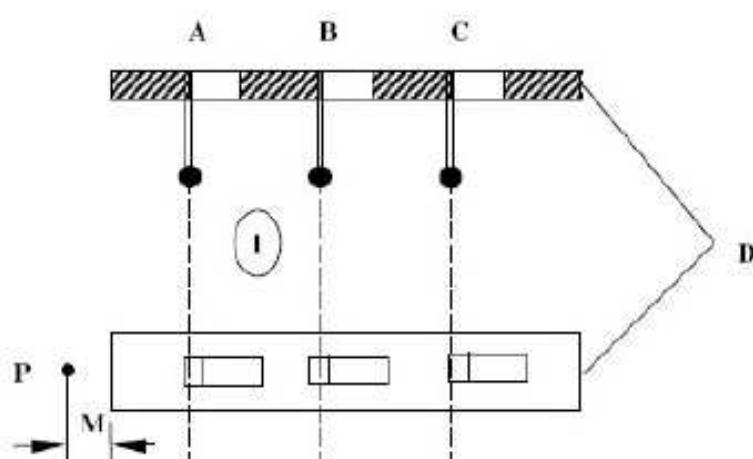
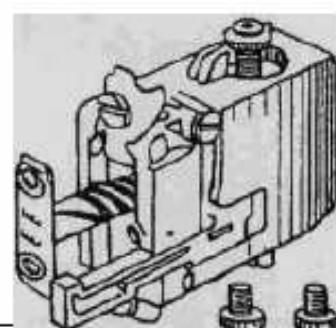


Figura 18.15 – Representação esquemática das lâminas bimetalicas do relé térmico

Os **relés térmicos indiretos** são aquecidos por um elemento aquecedor indireto que transmite calor ao bimetal e faz o relé funcionar.



115/153

Os relés térmicos com retenção possuem dispositivos que travam os contatos na posição desligados, após atuação do relé. Para que os contatos voltem a operar, é necessário soltar, manualmente a trava por meio de um botão específico. O relé, então, estará pronto para funcionar novamente.

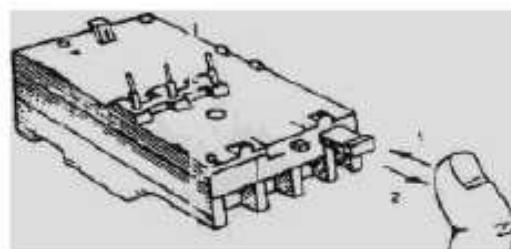


Figura 18.17 – Relé térmico com retenção

Observação: É necessário sempre verificar o motivo por que o relé desarmou, antes de armá-lo novamente.

Os relés térmicos podem ser ainda compensados ou diferenciais.

O **relé térmico compensado** possui um elemento interno que compensa as variações da temperatura ambiente.

O **relé térmico diferencial** (ou falta de fase) dispara mais rapidamente que o normal, quando há falta de uma fase ou sobrecarga em uma delas. Assim, um relé diferencial, regulado para disparar em cinco minutos com cargas de 10 A, dispara antes, se faltar uma fase.

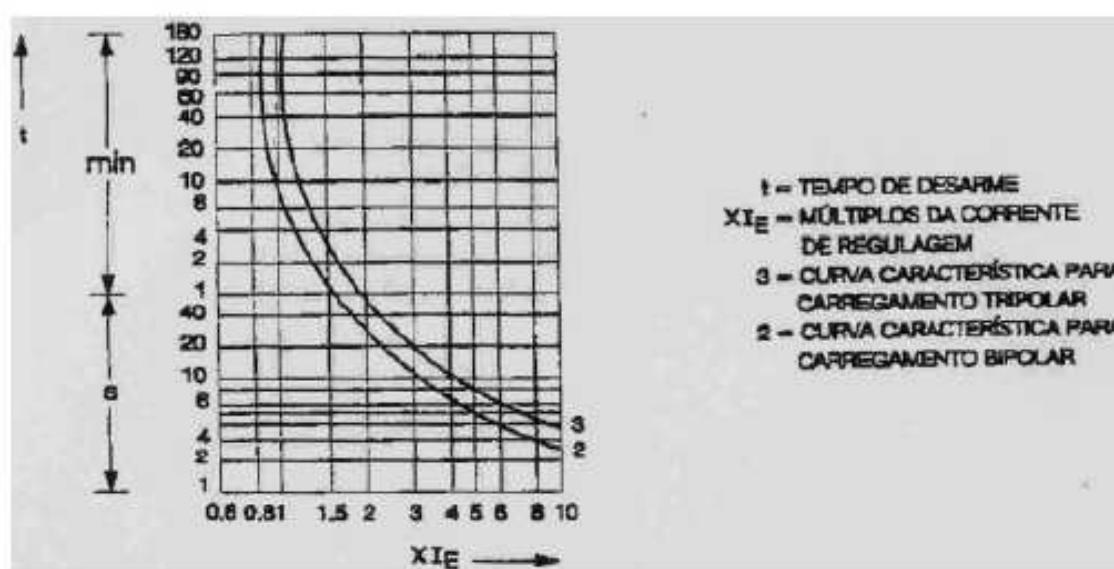


Figura 18.18 – Curva característica da relação tempo/corrente de desarme

No eixo horizontal (abscissas), encontram-se os valores múltiplos da corrente de regulagem (Xle) e no eixo vertical (ordenadas), o tempo de desarme (t).

A curva 3 representa o comportamento dos relés quando submetidos a sobrecarga tripolar e a curva 2 para sobrecarga bipolar.

Os valores de desligamento são válidos para sobrecarga a partir da temperatura ambiente, ou seja, sem aquecimento prévio (estado frio).

Para relés que operam em temperatura normal de trabalho e sob corrente nominal (relés pré-aquecidos), deve-se considerar os tempos de atuação em torno de 25 a 30% dos valores das curvas.

Isso acontece porque os bimetálicos já terão sofrido aproximadamente 70% do deslocamento necessário para o desarme, quando pré-aquecidos pela passagem da corrente nominal.

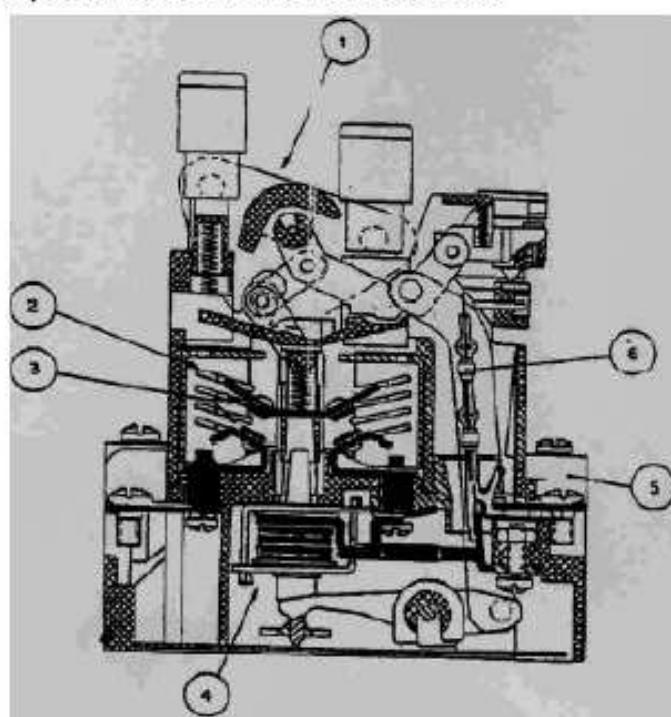
18.3 DISJUNTOR INDUSTRIAL

É um dispositivo de manobra mecânico, utilizado para comandar motores elétricos trifásicos.

Composição

O disjuntor industrial é composto basicamente por:

- Bornes de ligação;
- Câmara de extinção de arco;
- Contatos principais;
- Relé de sobrecorrente (curto-círcuito);
- Relé térmico de sobrecarga;
- Dispositivo de manobra mecânico.



- 1-Dispositivo de manobra mecânico
- 2-Câmara de extinção
- 3-Contatos principais
- 4-Relé do sobrecorrente
- 5-Bornes de ligação
- 6-Relé térmico de sobrecarga

Aplicação

Os disjuntores industriais são utilizados para estabelecer, conduzir e interromper correntes sob condições normais do circuito, assim como interromper correntes sob condições anormais do circuito, como por exemplo, curto-circuito, sobrecarga ou queda de tensão. São utilizados também para manobra de motores, para derivações de redes ou proteções de outros circuitos.

Tipos

No mercado brasileiro, são poucas as indústrias que produzem este tipo de disjuntor. Mesmo assim, existe uma grande variedade de modelos e tipos de disjuntor industrial.

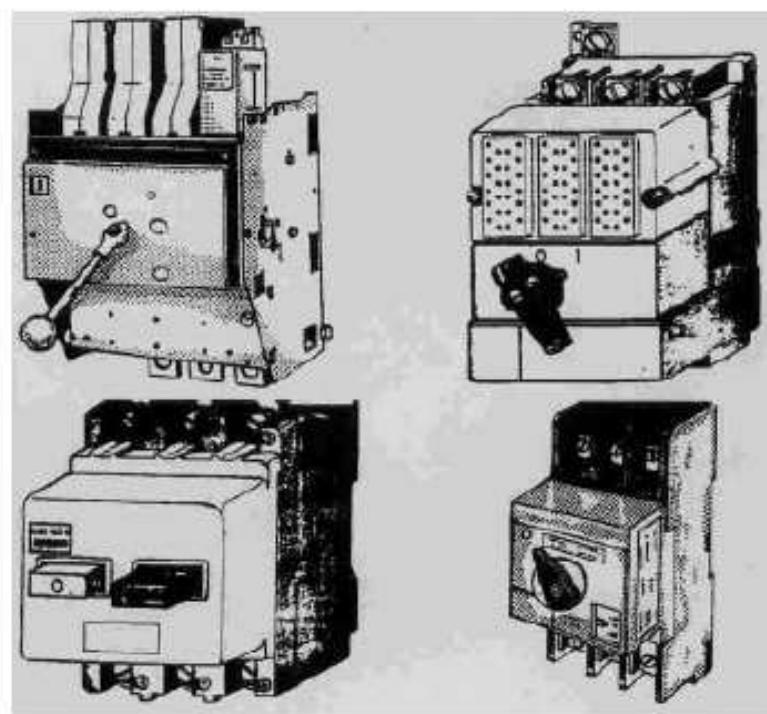


Figura 18.19 – Modelos de disjuntores industriais

Cada modelo possui uma faixa de aplicação e tem características próprias, devendo ser consultados os catálogos dos fabricantes para se determinar o tipo a ser utilizado.

Funcionamento

O funcionamento do disjuntor industrial é muito simples. Vejamos como é feita a manobra.

Na ligação: estando energizados os bornes do disjuntor e acionando-se o dispositivo mecânico manual até o travamento, haverá a retenção dos contatos principais, fechando-se assim, o circuito entre a rede e a carga.

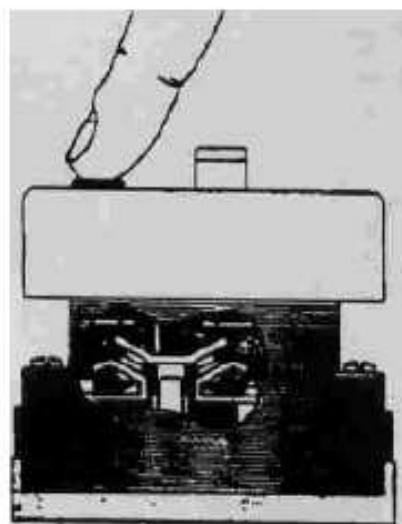


Figura 18.20 – Disjuntor industrial na ligação

Na interrupção: para interromper o circuito, você deve acionar o dispositivo manual no sentido inverso ao realizado para fazer a ligação. Assim, destrava-se a retenção mecânica, abrindo-se os contatos e interrompendo o circuito.

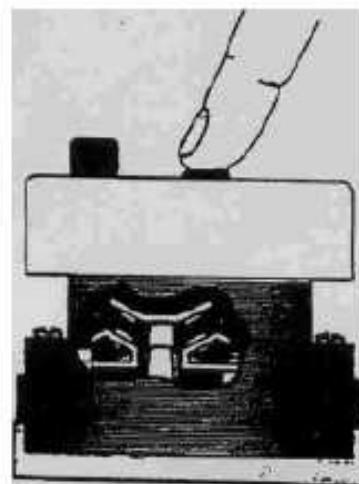


Figura 18.21 – Disjuntor industrial na interrupção

Nos disjuntores industriais, para serem ligados, há sempre uma ação mecânica manual sobre o disjuntor e, para a interrupção, o acionamento pode ser por ação mecânica manual (local), ou por acionamento elétrico à distância.

18.4 DISPOSITIVO DE COMANDO MECÂNICO MANUAL

É o único dispositivo que permite ligar e desligar o disjuntor industrial por atuação direta do operador sobre o sistema mecânico, podendo ser realizado por alavanca ou teclas.

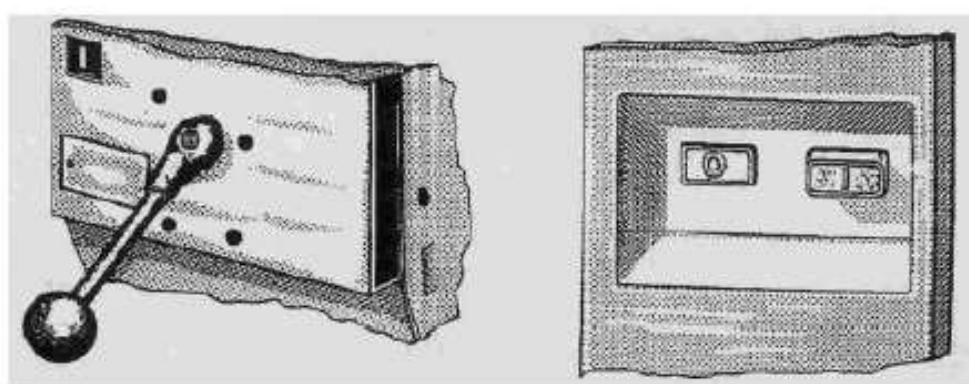


Figura 18.22 – Dispositivo de comando mecânico manual

Quando o acionamento for através de alavanca, para fazer a ligação, devemos girar a alavanca no sentido horário, ocorrendo o travamento da retenção mecânica dos contatos, fechando o circuito.

Para desligar, gira-se a alavanca no sentido anti-horário, destravando a retenção mecânica dos contatos.

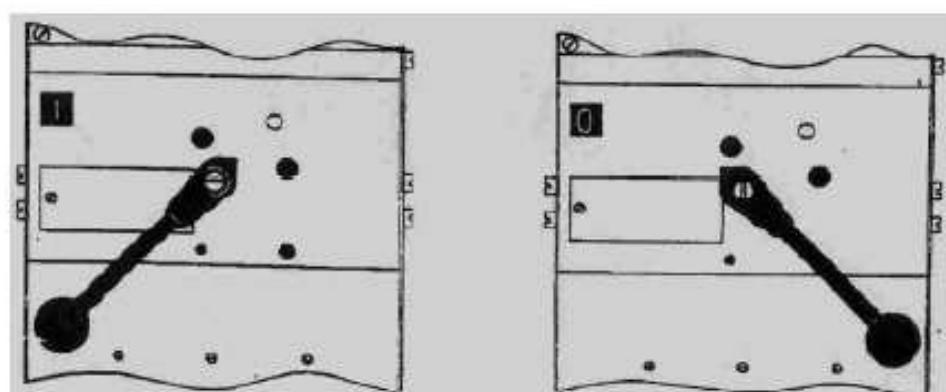


Figura 18.23 – Acionamento do dispositivo de comando mecânico manual

6.10 RELÉ FALTA DE FASE

Este relé é um componente eletroeletrônico que monitora um circuito elétrico verificando a presença, ou não, das três fases. Desliga-o caso isso ocorra, evitando que a máquina funcione com falta. Alguns modelos verificam também a presença do neutro, sendo então chamados de *relé falta de fase e neutro*.

A ligação desses componentes exige um circuito apropriado com dispositivos de controle a distância integrado (contator, por exemplo), pois a atuação ocorre com a modificação da posição de um contato auxiliar, que então deve atuar em um circuito de comando. Normalmente o contato que deve ser conectado em série ao circuito é o contato NA (normalmente aberto), pois fecha assim que recebe os condutores energizados da rede elétrica.

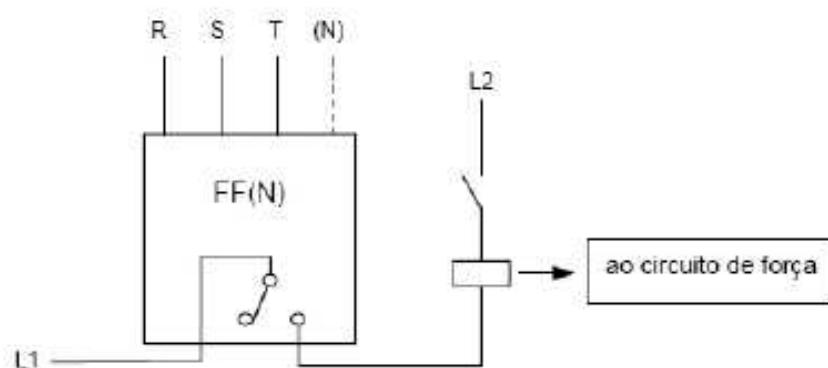


Figura 48 – Esquema básico para a ligação de um relé falta de fase

6.10 RELÉ FALTA DE FASE

Este relé é um componente eletroeletrônico que monitora um circuito elétrico verificando a presença, ou não, das três fases. Desliga-o caso isso ocorra, evitando que a máquina funcione com falta. Alguns modelos verificam também a presença do neutro, sendo então chamados de *relé falta de fase e neutro*.

A ligação desses componentes exige um circuito apropriado com dispositivos de controle a distância integrado (contator, por exemplo), pois a atuação ocorre com a modificação da posição de um contato auxiliar, que então deve atuar em um circuito de comando. Normalmente o contato que deve ser conectado em série ao circuito é o contato NA (normalmente aberto), pois fecha assim que recebe os condutores energizados da rede elétrica.

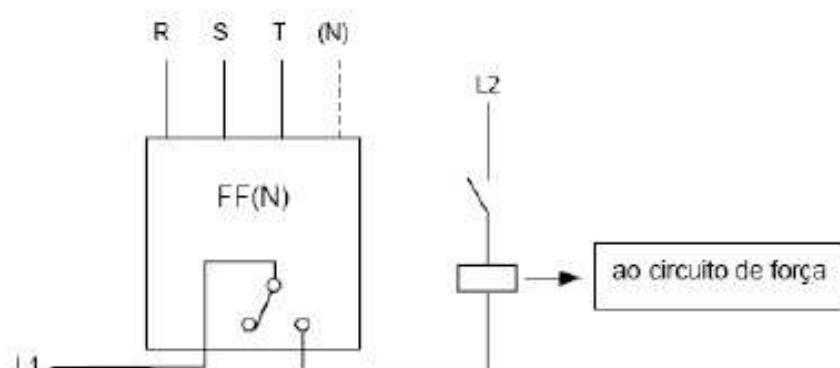


Figura 48 – Esquema básico para a ligação de um relé falta de fase

Quando o acionamento for através de teclas, para fazer a ligação, pressionamos a tecla verde ou preta, ocorrendo o travamento da retenção mecânica dos contatos, fechando o circuito. Para desligar, pressionamos a tecla vermelha, destravando a retenção mecânica dos contatos.

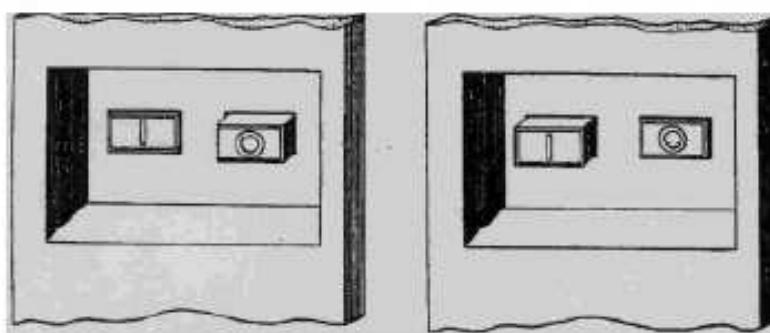


Figura 18.24 – Teclas de acionamento e desligamento

A condição de ligado ou desligado é indicada, também, por símbolos impressos no corpo do disjuntor ou no dispositivo de acionamento.

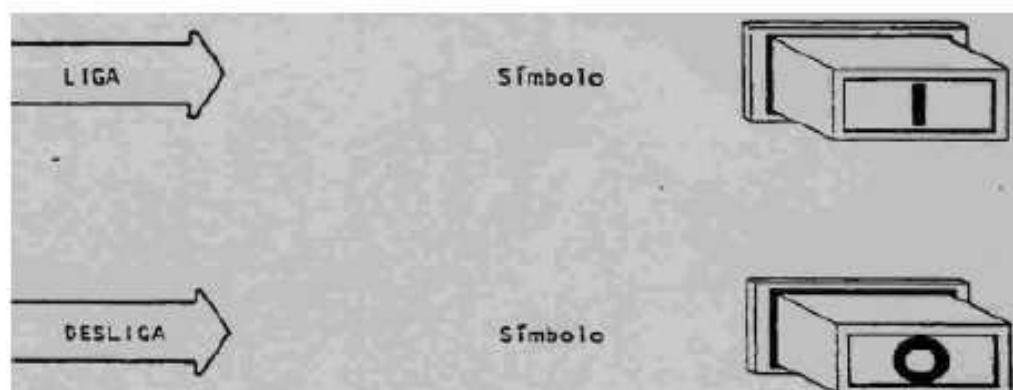


Figura 18.25 – Símbolos “Ligado” e “Desligado”

22. TRANSFORMADORES PARA COMANDOS

Quando é necessário reduzir a corrente de linha e a tensão a valores que possibilitem a utilização de relés de pequena capacidade, em circuitos de comando de motores, usam-se transformadores.

Transformadores também são usados junto a chaves compensadoras para evitar o arranque direto.

Este é o assunto deste capítulo. Para aprendê-lo com mais facilidade, é necessário que você tenha conhecimentos anteriores sobre tensão, corrente e transformadores.

Transformadores para comando são dispositivos empregados em comandos de máquinas elétricas para modificar valores de tensão e corrente em uma determinada relação de transformação.

A instalação de transformadores exige que se considere algumas características elétricas. Elas são:

- tipo de transformador;
- índice de saturação para relés temporizados;
- relação de transformação;
- tensões de serviço;
- tensões de prova;
- classe de precisão;
- freqüência.

Os transformadores de comando podem ser de vários tipos:

- transformadores de tensão;
- transformadores para chaves compensadoras;
- transformadores de corrente.

Transformadores de Tensão

Os transformadores de tensão são usados para:

- reduzir a tensão a níveis compatíveis com a tensão dos componentes do comando (relés, bobinas);
- fornecer proteção nas manobras e nas correções de defeitos;
- separar o circuito principal do circuito de comando, restringindo e limitando possíveis curtos-circuitos a valores que não afetem o circuito de comando;
- amortecer as variações de tensões, evitando possíveis ricoschets e prolongando, portanto, a vida útil do equipamento.

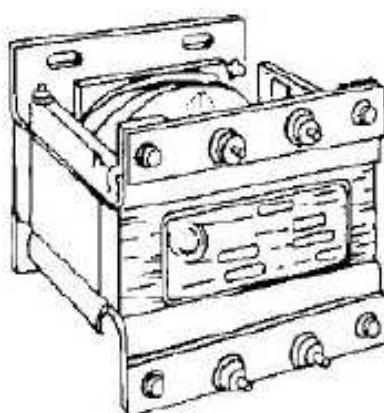


Figura 22.1 - Transformador de tensão

Transformadores Para Chaves Compensadoras

Esse tipo de transformador é usado para evitar o arranque direto do motor. Suas derivações permitem partidas com 65 a 80% da tensão nominal, conforme o torque necessário para a partida. São construídos com duas colunas, com ligações em triângulo, ou com três colunas, com ligação em estrela.

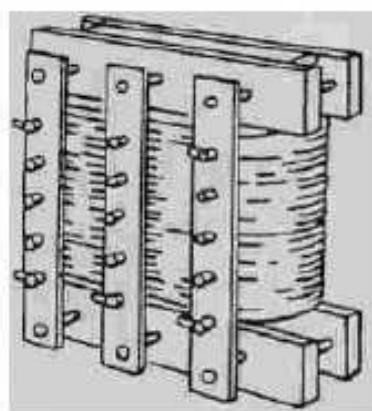


Figura 22.2 - Transformador para chaves compensadoras

Um único transformador pode ser usado para a partida em seqüência de vários motores. Nesse caso, a partida será automática, realizada por meio de relés temporizadores e contatores.

TRANSFORMADOR DE CORRENTE

O transformador de corrente atua com relés térmicos de proteção contra sobrecarga. Ele é associado a relés térmicos cuja corrente nominal é inferior à da rede.

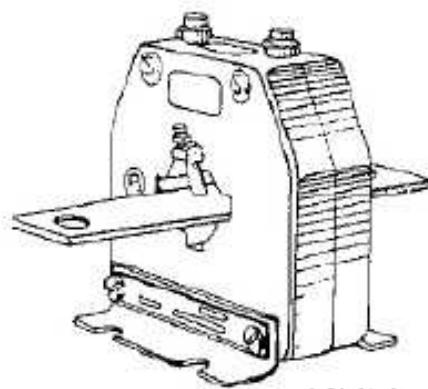


Figura 22.3 - Transformador de correntes

Sua relação de transformação é indicada na placa. Por exemplo, uma indicação 200/5 mostra que, quando houver uma corrente de 200A na rede principal, a corrente do relé será de 5A.

Na proteção contra sobrecarga, esse transformador permite longos picos de corrente de partida dos motores de grande porte. Nesse caso, ele estabiliza a corrente secundária pela saturação do núcleo, o que permite um controle mais efetivo.

Além disso, o tamanho reduzido do relé torna possível uma regulagem mais eficiente com a redução dos esforços dinâmicos produzidos pela corrente elétrica.

Relés Temporizadores (ou relés de tempo)

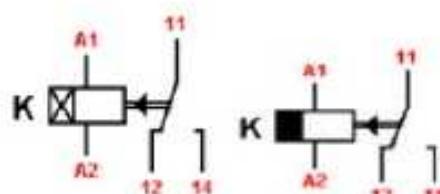
Os relés temporizadores ou de tempo não comutam imediatamente, eles "esperam" um tempo para fazer a comutação.

O tempo de espera para a comutação (fechamento dos contatos abertos e abertura dos contatos fechados) é chamado de retardo. O retardo pode ser tanto na ligação como no desligamento da bobina do relé.

A ilustração a seguir apresenta um modelo de relé temporizador.



Os símbolos a seguir representam os relés com retardo na ligação (esquerda) e no desligamento (direita).



Vamos ver a seguir a descrição do funcionamento do relé com retardo na ligação.

Este relé possui um contato comutador e uma bobina, como os demais. Quando a bobina é energizada, o acionamento do contato comutador é retardado por um circuito eletrônico de acordo com o tempo previamente regulado. Se o ajuste do tempo for, por exemplo, de 5 segundos, o contato 11/12 muda para 11/14 somente 5 segundos depois que a bobina foi energizada.

Quando a bobina é desligada, o contato comutador retorna imediatamente à posição inicial. Como se vê, trata-se realmente de um relé temporizador com retardo na ligação.

E se o relé possui um retardo no desligamento? Se você respondeu que ocorre exatamente o inverso, acertou.

Vamos imaginar que o ajuste do tempo seja de 5 segundos e que quando a bobina é energizada o contato comutador do relé também é imediatamente acionado, fechando o contato 11/14.

O contato comutador irá retornar à posição inicial (11/12) somente 5 segundos depois do desligamento da bobina. Houve, então, um retardo no desligamento do relé.

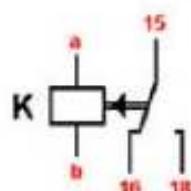
O ajuste do retardo nos relés temporizadores é feito através de um potenciômetro.

Um outro tipo de relé temporizador é o cíclico. Ele é muito encontrado em comandos elétricos e também é chamado de relé pisca-pisca.

Veja abaixo um modelo.



O funcionamento deste componente é semelhante aos temporizadores já citados. Seu símbolo aparece na figura a seguir.



O relé pisca-pisca possui dois potenciômetros para controlar individualmente o tempo de retardo de inversão dos contatos.

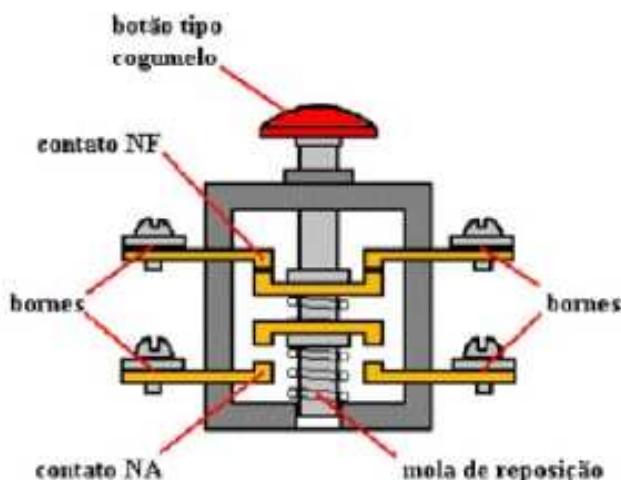
Quando a bobina é energizada, o contato comutador é invertido ciclicamente, ou seja, o potenciômetro da esquerda controla o tempo de inversão de 15/16 para 15/17 e o potenciômetro da direita o tempo de retardo do contato para a posição inicial de 15/17 para 15/16.

Botoeiras e Chaves

As botoeiras são dispositivos mecânicos, acionados manualmente, que servem para ligar e desligar máquinas e esteiras nas plantas. As botoeiras também são importantes como botões de emergência, fornecem um sinal para o circuito de controle que interrompe imediatamente a operação que está sendo realizada.

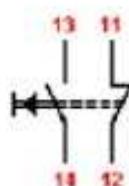
As botoeiras são chaves elétricas que são acionadas manualmente e apresentam, geralmente, um contato aberto (NA) e outro fechado (NF).

A figura abaixo apresenta uma visão esquemática da botoeira.



Esta botoeira ou botão pulsador é chamada de pulsadora, pois ao cessar o acionamento, ao desapertar o botão, ela retorna à posição inicial pela ação de uma mola.

Veja seu símbolo na figura abaixo.



Observe na figura abaixo uma botoeira industrial.



Fonte: Produtos Eletrônicos Metaltek, www.metaltek.com.br

As botoeiras com trava também invertem seus contatos com o acionamento do botão. Entretanto, ao contrário das botoeiras pulsadoras, elas continuam acionadas e travadas mesmo depois do acionamento ter sido interrompido.

A botoeira com trava é acionada por um botão que possui uma trava e mantém os contatos na última posição acionada. Comparando a botoeira com trava com a botoeira pulsadora observamos que ambas possuem as mesmas características nos bornes e no corpo de contato, mas são diferentes em relação à trava e ao cabeçote de acionamento.

A figura abaixo apresenta o símbolo de uma botoeira com trava.



As botoeiras de emergência apresentam uma trava interna que mantém os contatos fixos quando se interrompe o acionamento do botão. O botão em geral é de apertar e seu formato é chamado cogumelo. Seu símbolo é o mesmo da figura anterior.

Para o destravamento, para voltar à posição inicial, gira-se o botão. O mecanismo faz o destravamento e aciona automaticamente os contatos para que voltem à situação anterior ao acionamento.

Bem, depois de estudarmos as botoeiras vamos ao conteúdo referente ao processamento de sinais. E vamos iniciar pelo estudo dos relés.

CHAVES DE PARTIDA

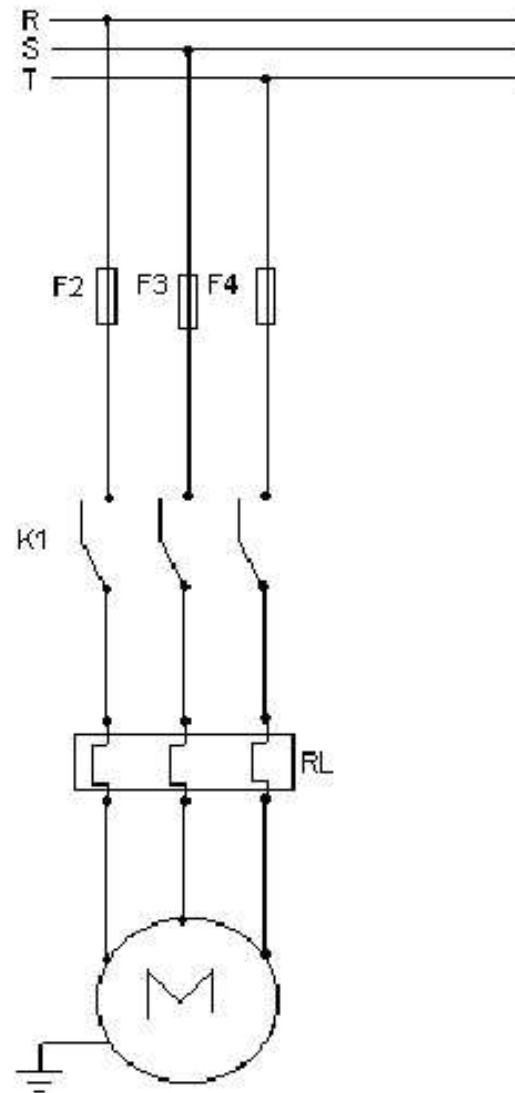
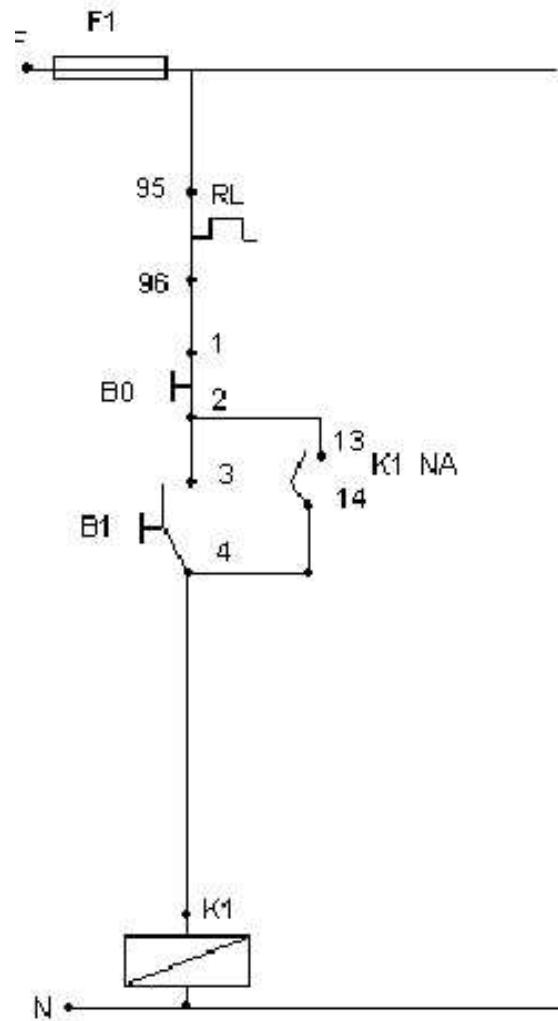
Durante a partida a corrente pode atingir valores muito altos, por isso, nos motores de maior potência utilizam-se meios de aplicar às bobinas menor valor de tensão durante a partida, a fim de se reduzir a corrente nesse momento.

PARTIDA DIRETA

Provoca: Picos de corrente na rede;

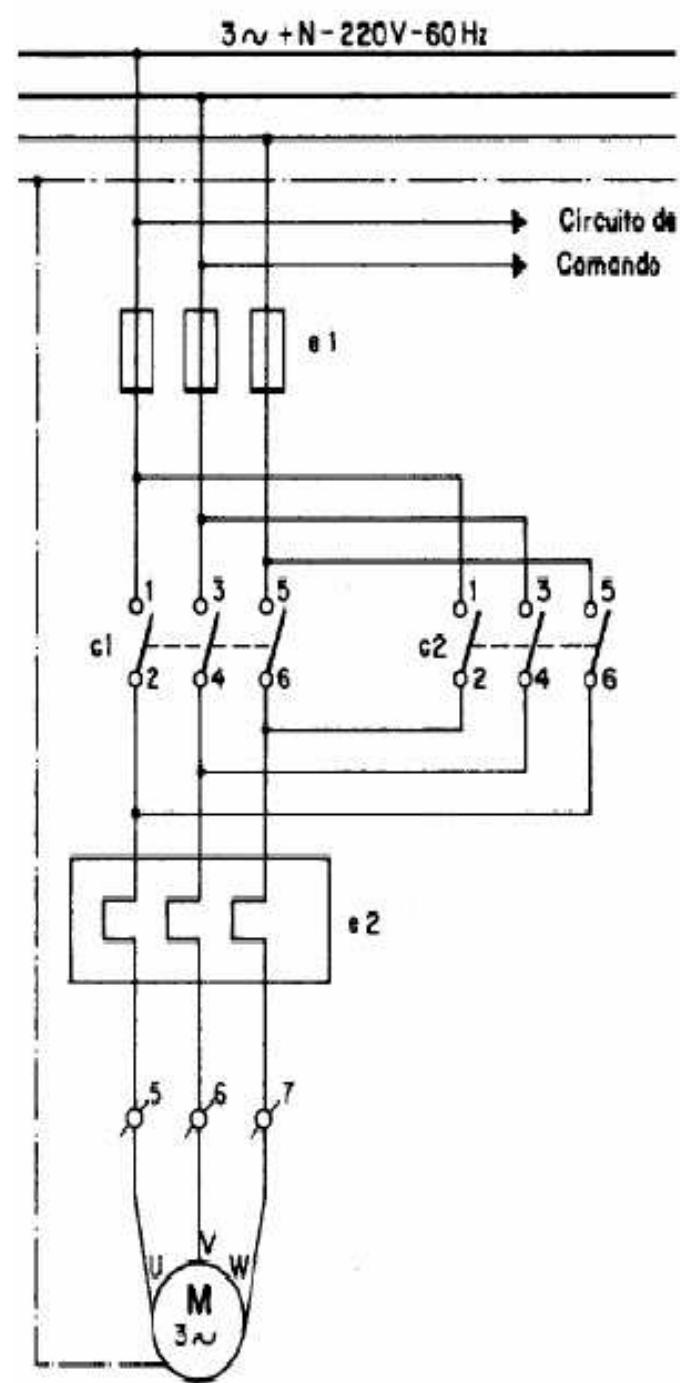
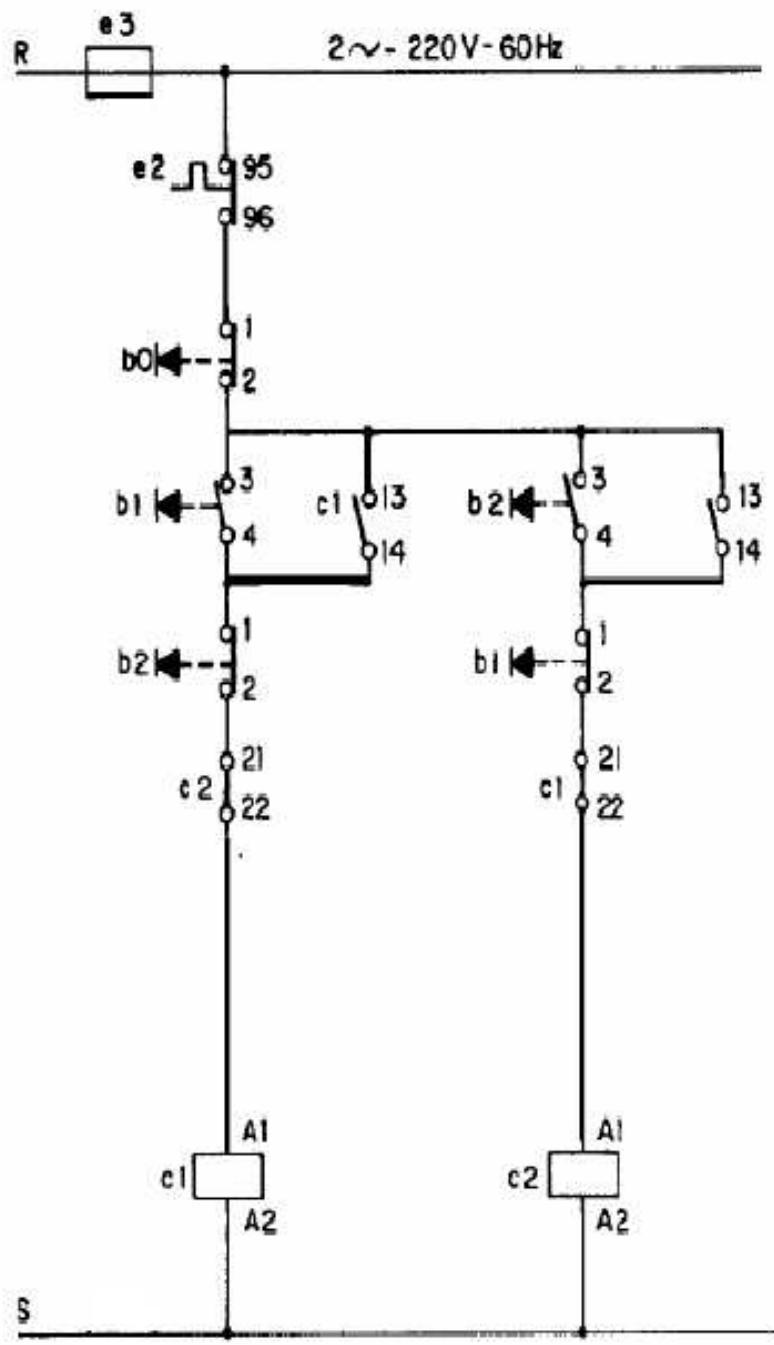
Pode provocar: Queda de tensão na rede;

Suscita: Restrições por parte da concessionária; Redução da vida útil da rede (quando não dimensionada de acordo).



PARTIDA DIRETA COM REVERSÃO

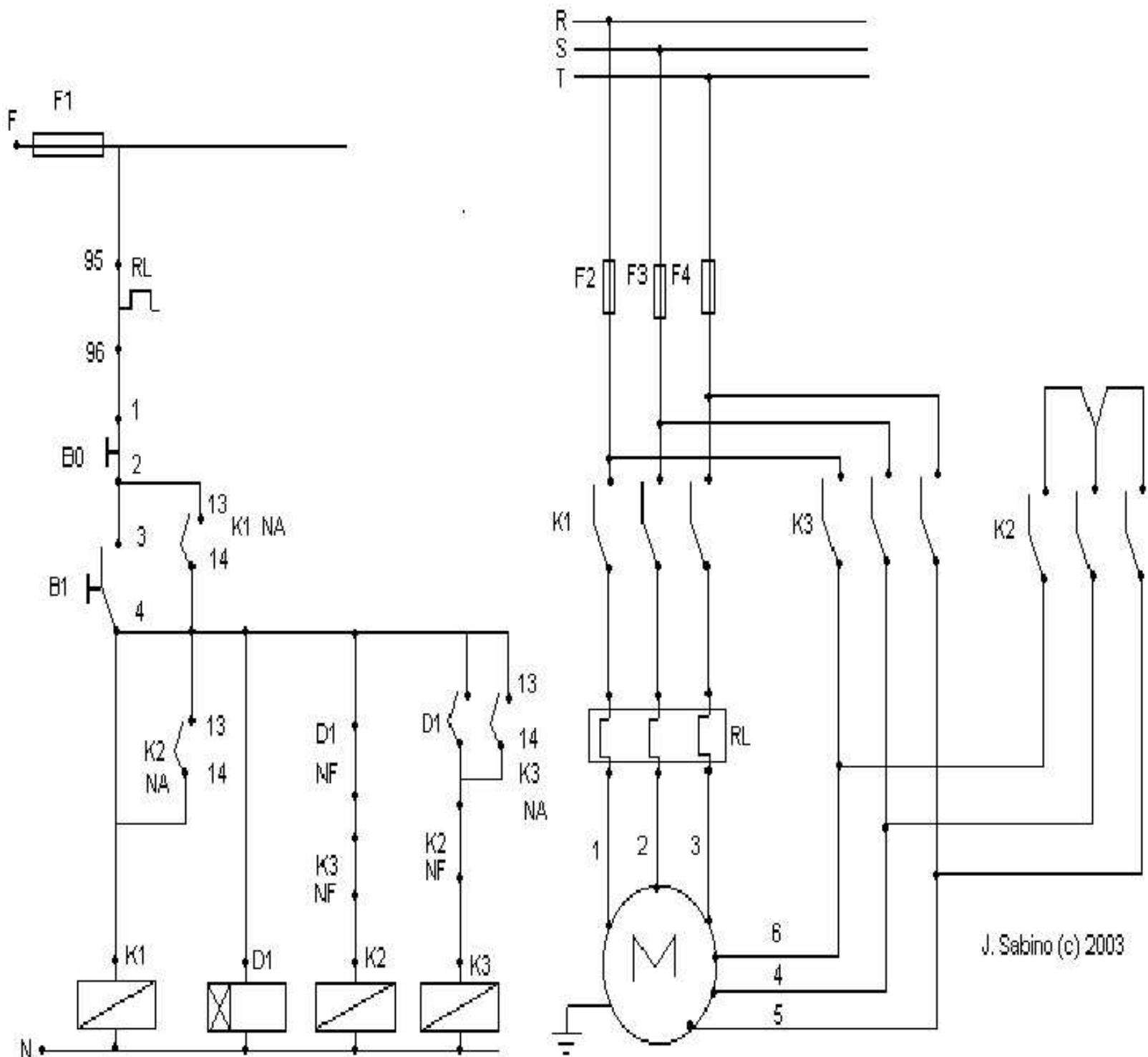
Se desejarmos que um motor trabalhe nas duas rotações possíveis (horário e anti horário) basta inverter uma das fases no motor que o sentido de rotação será invertido. Veja o exemplo prático abaixo:



PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO (Y/Δ)

- Utilizada em aplicações cujas cargas têm conjugados baixos ou partidas a vazio;
- O motor deve possuir 6 terminais;
- A corrente e o conjugado de partida ficam reduzidos a 33%;
- Dupla tensão, sendo a segunda tensão $\sqrt{3}$ vezes a primeira; (Ex.: 220/380Volts);
- Na partida o motor é ligado em estrela até próximo da rotação nominal e em seguida ocorre a comutação para a configuração triângulo.

Uma das formas de se conseguir essa redução é ligar as bobinas de forma que pudessem receber tensão maior que a de funcionamento. Por exemplo, se o motor funciona em 220V, na partida este pode ser ligado em estrela, de forma que cada bobina receba 127V, e depois que o motor atinge pelo menos 75% da rotação nominal as bobinas passam para ligação triângulo. Esta técnica de partida é chamada estrela triângulo, Y/Δ.



CHAVE DE PARTIDA COMPENSADORA

A chave de partida compensadora alimenta o motor com tensão reduzida em suas bobinas na partida. Essa redução é feita através da ligação de um autotransformador em série com as bobinas, após o motor ter acelerado, elas voltam a receber tensão nominal. A redução da corrente de partida depende do TAP em que estiver ligado o autotransformador:

- TAP 65% - Redução para 42% do seu valor de partida direta
- TAP 80% - Redução para 64% do seu valor de partida direta

A chave de partida compensadora é utilizada em motores que partem sob carga; o conjugado resistente de partida da carga deve ser inferior à metade do conjugado de partida do motor.

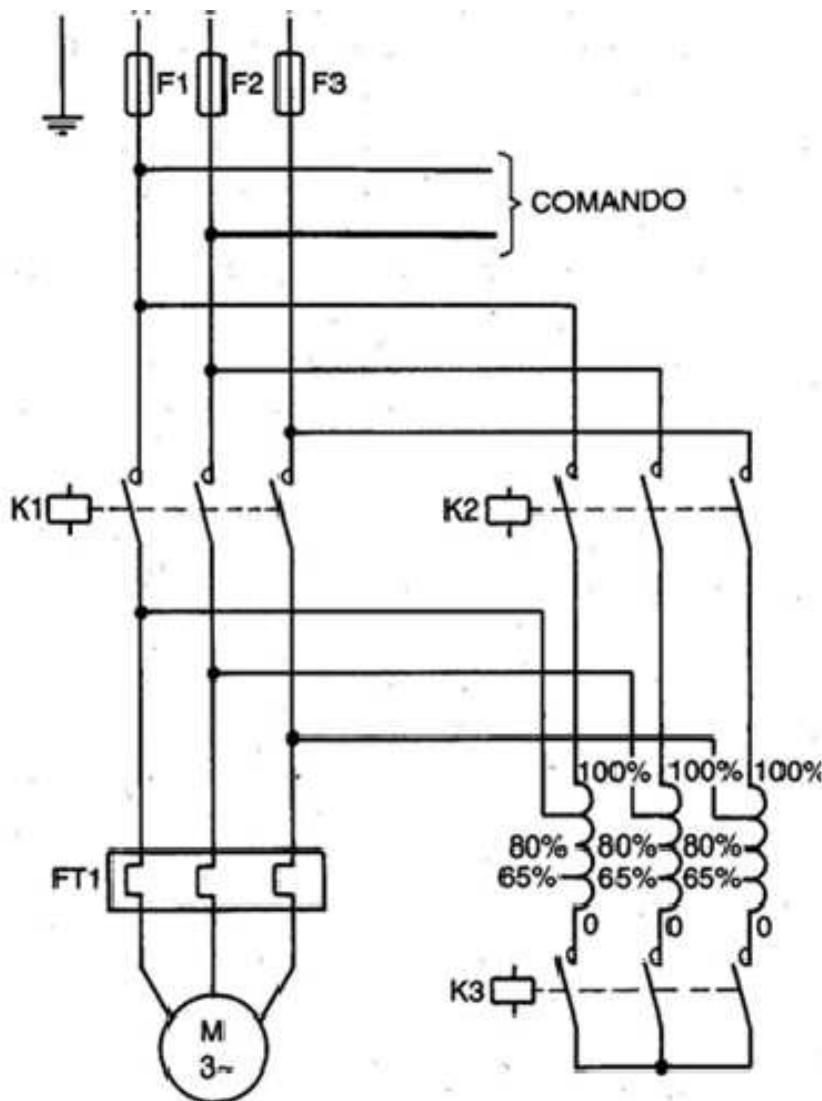


Figura 1 – Força

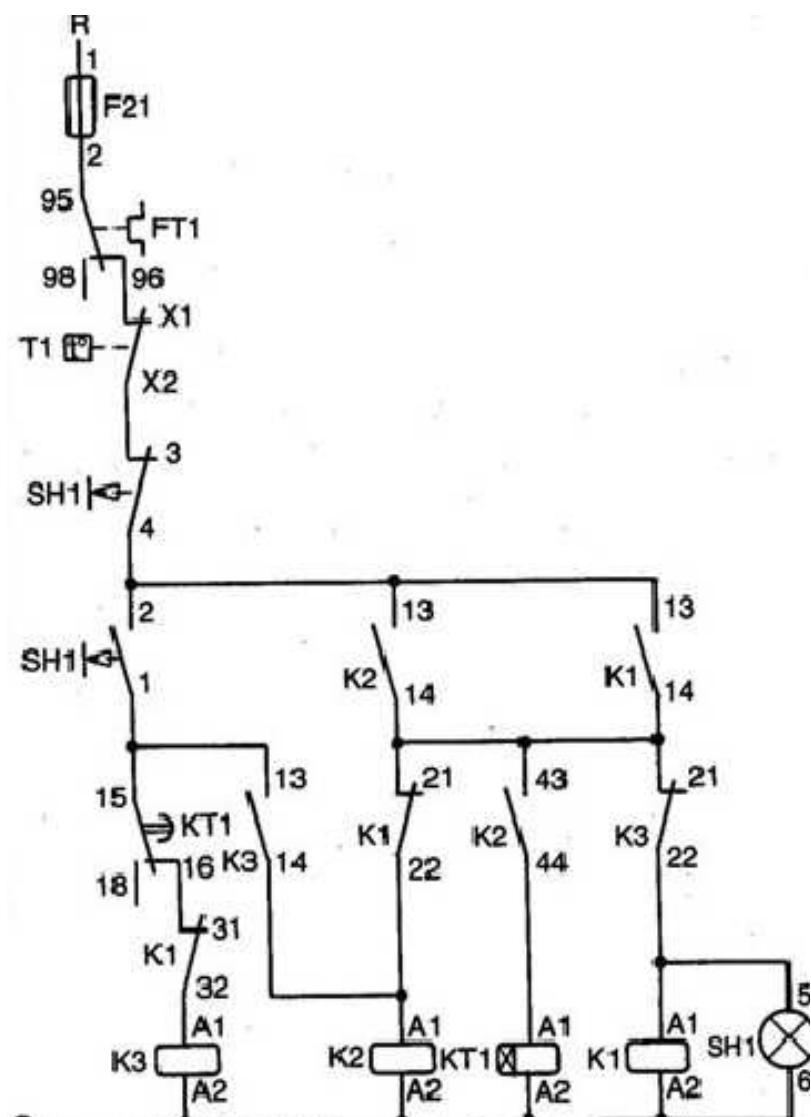
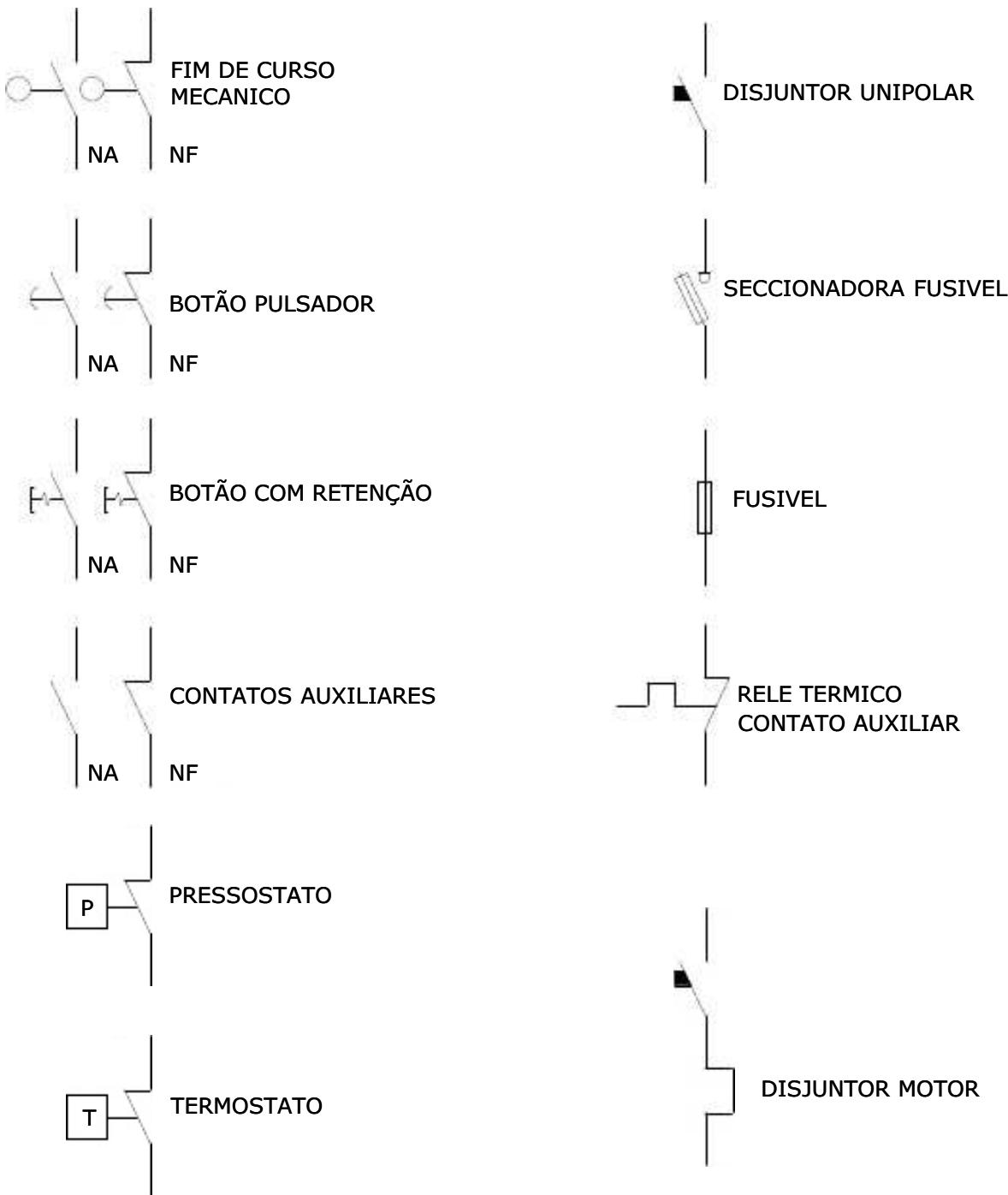


Figura 2. – Comando

10. SIMBOLOGIA





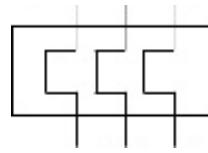
CORRENTE ALTERNADA



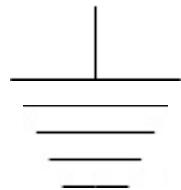
CORRENTE RETIFICADA



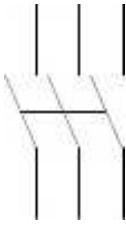
CORRENTE CONTINUA



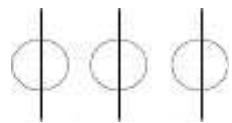
RELE TERMICO
CONTATOS PRINCIPAIS



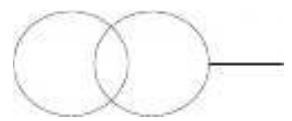
TERRA



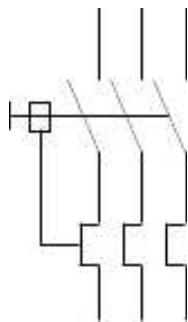
CONTATOR
CONTATOS PRINCIPAIS



BORNE



TRANSFORMADOR



DISJUNTOR MOTOR
CONTATOS PRINCIPAIS