

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS – MG

ENGENHARIA MECÂNICA

LAURA RÍSIA REIS FERREIRA

N. CLASS.	M621.4022
CUTTER	F3831
ANO/EDIÇÃO	2012

**LÂMINAS BIMETÁLICAS ATUANDO COMO SENSORES DE TEMPERATURA
NOS TERMOSTATOS BIMETÁLICOS**

**Varginha
2012**

FEPESMIG

LAURA RÍSIA REIS FERREIRA

**LÂMINAS BIMETÁLICAS ATUANDO COMO SENSORES DE TEMPERATURA
NOS TERMOSTATOS BIMETÁLICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, sob a orientação do Prof. MSc. Carlos Vieira Guedes.

**Varginha
2012**

FEPESMIG

LAURA RÍSIA REIS FERREIRA

**LÂMINAS BIMETÁLICAS ATUANDO COMO SENSORES DE TEMPERATURA
NOS TERMOSTATOS BIMETÁLICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico pela banca Examinador.

Aprovado em / /

Prof. MSc. Carlos Vieira Guedes

Prof. MSc. Alexandre Lopes

Prof. Esp. Altamiro Caldonazo Junior

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ter me dado sabedoria e competência para fazê-lo. Depois, dedico este trabalho à minha família, pela compreensão e ajuda durante todo o período deste curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por todo o apoio durante este período. Agradeço aos professores, que se empenharam ao máximo para transmitir todo o conhecimento possível para a minha formação. E agradeço aos amigos pelo apoio e conselhos oferecidos durante a construção deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais
voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

RESUMO

A aplicabilidade dos controladores de temperatura se dá a partir do momento que se faz necessário a utilização de um circuito elétrico para acionar um sistema e colocar em funcionamento um determinado produto. Os termostatos bimetálicos são exemplos de controladores de temperatura, muito utilizados no ramo de eletrodomésticos, por ser um dispositivo muito eficiente e acessível. Estes termostatos possuem lâminas bimetálicas que atuam como sensores de temperatura, seu funcionamento se dá pelo princípio de dilatação térmica, ou seja, quando a corrente circula pelo circuito elétrico, acontece um aquecimento, que provoca a dilatação das lâminas bimetálicas que ao se dilatarem interrompem o circuito, evitando assim a passagem de corrente, quando a corrente deixa de circular, o sistema volta a se resfriar e as lâminas se contraem permitindo novamente a passagem de corrente, este é o ciclo que vemos acontecer normalmente em ferros, cafeteiras e fornos elétricos. Os termostatos bimetálicos além de controlar a temperatura, funcionam também como dispositivos de proteção de um circuito elétrico, e são exigidos por normas, pois qualquer falha no circuito como superaquecimento e variação na corrente, pode colocar a vida de pessoas em risco.

Palavras-chave: Transmissão de Calor. Termostatos. Lâminas Bimetálicas.

ABSTRACT

The applicability of temperature controllers is given from the time that is necessary to use a circuit to trigger a system and put in place a specific product. The bimetal thermostats are examples of temperature controllers, widely used in the field of home appliances, to be a very efficient and affordable device. These thermostats have bimetallic blade which act as temperature sensors, its operation takes place by the principle of thermal expansion, ie when current flows through electric circuit, a heating occurs, which causes dilatation of the bimetallic strip to interrupt the dilating circuit, thereby preventing the passage of current when the current ceases to circulate, the system returns to cool the blade and contract again allowing the passage of current, this is the cycle that we see normally happen in irons, coffee machines and electric furnaces. The bimetal thermostats and control the temperature, also function as protection devices on a circuit, and are required by standards, because any fault in the circuit and overheating as change in current, can put people's lives at risk.

Keywords: *Thermal Controllers. Bimetallic thermostats. Bimetallic Blade.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Dilatação térmica linear	15
Figura 02 – Exemplo de um termostato bimetálico.	18
Figura 03 – Exemplo de lâminas bimetálicas.....	20
Figura 04 – Funcionamento das lâminas bimetálicas em um circuito elétrico	21
Figura 05 – Barra soldada com dois materiais diferentes caracterizando uma lâmina bimetálica.	22
Figura 06 – Exemplo da atuação de lâminas bimetálicas	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Evoluções do conceito de calor	11
2.2 Definições termodinâmica de calor.....	12
2.3 Conceitos de transferência de calor.....	12
2.4 Transmissões de calor por condução.....	13
2.5 Dilatações térmicas.	14
3 PROTETORES TÉRMICOS - TERMOSTATOS	17
4 TERMOSTATOS BIMETÁLICOS	18
5 SENSORES DE TEMPERATURA – LÂMINAS BIMETÁLICAS.....	20
6 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A importância dos controladores de temperatura está interligada ao fato de que este dispositivo está muito mais presente no nosso cotidiano do que nós imaginamos, constantemente entramos em contato de forma indireta com eles, por exemplo, quando passamos uma roupa utilizando um ferro elétrico, normalmente após alguns minutos que o aparelho está ligado, escutamos aquele famoso click, este barulho que ouvimos é a prova concreta que este aparelho possui um controlador de temperatura, e que o mesmo está em perfeito funcionamento, no caso dos ferros elétricos este controlador costuma ser um termostato bimetalico que possui lâminas bimetalicas que atuam como elemento sensor, este click que ouvimos acontece, pois quando ligamos o ferro ele começa a aquecer e quando atinge sua temperatura máxima preestabelecida, as lâminas bimetalicas se dilatam, encurvando - se e interrompendo o circuito, evitando a continuidade da passagem de corrente e consequentemente o aumento da temperatura, quando o circuito é interrompido, ele volta a se resfriar e quando atinge uma temperatura x de resfriamento as lâminas se contraem novamente fechando o circuito e permitindo a passagem de corrente, este é o ciclo dos controladores de temperatura e sua função é proteger tanto o aparelho quanto o usuário de aquecimentos descontrolados.

Os termostatos são também bastante utilizados como protetores térmicos de circuitos elétricos, nos dias de hoje para garantir a excelência das empresas, não se faz necessário só produzir grandes volumes, sem se dar conta que a segurança vem em primeiro lugar. Quando se torna necessário a utilização de circuitos elétricos em algum produto, sabemos que existem inúmeros riscos de segurança envolvidos no processo e que se não controlados podem chegar ao consumidor final, para isto exige - se que os circuitos elétricos tenham dispositivos de proteção, sendo eles regulamentados por normas para evitar acidentes durante o funcionamento do produto. Vamos restringir o nosso assunto especificamente no dispositivo de proteção conhecido como termostatos bimetalicos, que quando atuam como protetores térmicos são responsáveis por captar a temperatura do sistema e interromper o circuito quando este apresentar falhas como curto circuito ou uma variação brusca na temperatura, gerando um super aquecimento no produto e oferecendo risco para as pessoas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo, apresentar os conceitos teóricos que serão utilizados para a estruturação deste estudo. Neste sentido, ele está dividido em 5 seções, sendo necessário o estudo de cada assunto para o encadeamento da pesquisa.

2.1 Evoluções do conceito de calor

A definição de calor passou por muitas mudanças ao longo do tempo, várias eram as teorias utilizadas para definir o que era calor. Segundo Gaspar (2009, p.26), fazendo um breve resumo da evolução do conceito de calor, levando em consideração as teorias de alguns grandes cientistas da época, observa-se que para muitos deles, até o século XVII, o calor era proveniente do movimento. Newton por exemplo sugeria que o calor estava relacionado a possíveis vibrações do éter, sendo que para Galileu, o calor era apenas um fluido.

Pierre Gassendi (filósofo francês, 1592-1655), admitia a existência de duas espécies de matéria térmica, uma produzindo calor, outra produzindo frio. Alguns associavam o calor ao flogístico, substância hipotética que estariam contidas nos corpos que pegam fogo. Em 1789 o químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794), definiu o calor como uma substância – o calorífico – e a incluiu como um dos elementos da natureza no seu tratado de química. O prestígio científico de Lavoisier fez com que essa idéia tivesse grande aceitação, embora ela nunca obtivesse unanimidade.

Em 1798, trabalhando em Munique, o físico americano Benjamin Thompson (1753 -1814), ficou impressionado com o intenso aquecimento dos cilindros de latão perfurados para serem utilizados em canos de canhões e Rumford realizou diversas experiências para entender melhor esse aquecimento e, em todas elas, ficou clara que o calor não poderia ser um fluido – a hipótese de ser originário do movimento era bem mais aceitável. Mas, apesar do apoio de importantes cientistas, sua tese teve pouco sucesso.

No início do século XIX a teoria de que o calor era um fluido ainda era amplamente aceita, talvez por causa da predominância dos físicos franceses naquela época. Só em 1840, com as experiências de Joule, a idéia do fluido calórico caiu definitivamente por terra, pois James P. Joule (1818 -1889) montou várias experiências, com o intuito de demonstrar que uma diminuição da energia mecânica acarretaria a transferência de uma quantidade de energia, na forma de calor, em igual valor, comprovando assim que o calor não poderia ser um fluido, mas sim uma forma de energia.

2.2 Definições termodinâmica de calor

O calor é a base para o estudo dos conceitos termodinâmicos, para este trabalho vamos associar o conceito de calor com a termodinâmica sendo a definição termodinâmica de calor um tanto diferente da interpretação comum da palavra.

De acordo com Gordon (1976, p.59),

O calor é definido como sendo forma de energia transferida através da fronteira de um sistema, numa dada temperatura, a outro sistema (ou o meio) numa temperatura inferior em virtude da diferença de temperatura entre os dois sistemas. Isto é, o calor é transferido do sistema de temperatura superior ao sistema de temperatura inferior e a transferência de calor ocorre unicamente devido a diferença de temperatura entre os dois sistemas. Outro aspecto dessa definição de calor é que um corpo nunca contém calor. Ou melhor, o calor pode somente ser identificado quando atravessa a fronteira. Assim, o calor é um fenômeno transitório. Se considerarmos o bloco quente de cobre como um sistema e a água fria do béquer como outro sistema, reconhecemos que originalmente nenhum sistema contém calor (eles contêm energia, naturalmente).

Podemos ver está definição claramente quando colocamos um corpo quente em um recipiente de água fria, sabemos por experiência, que o corpo quente se resfria e a água se aquece até que os dois atinjam a mesma temperatura. O que causa essa diminuição de temperatura do corpo quente e o aumento de temperatura da água fria é o resultado da transferência de energia do corpo quente á água fria. Quando isto acontece, dizemos que os dois estão em comunicação térmica, o calor é transferido do corpo quente á água fria até que seja estabelecido o equilíbrio de temperatura. Nesse ponto já não há mais transferência de calor, pois não há diferença de temperatura. Nenhum sistema contém calor no fim do processo. Interfere-se, também, que o calor é identificado na fronteira do sistema, pois o calor é definido como sendo a energia transferida através da fronteira do sistema.

Essa definição nos leva ao conceito de que a tendência de todos os sistemas é encontrar o equilíbrio térmico, ou seja, realizar a transferência de calor, até que todos os corpos contidos no sistema atinjam uma mesma temperatura.

2.3 Conceitos de transferência de calor

Máximo (2003), refere-se a transmissão de calor levando em consideração “A lei zero da termodinâmica” que diz, que quando dois corpos têm igualdades de temperatura com um terceiro corpo, eles terão igualdade de temperaturas entre si. Isso parece bastante obvio para nós, porque estamos familiarizados com essa experiência. Entre tanto sendo esse fato

independente de outras leis e uma vez que na apresentação da termodinâmica ele precede a primeira e a segunda lei, então recebe mesmo a denominação “lei zero da termodinâmica”.

A transmissão de calor pode ser definida como a transferência de energia de uma região para outra, como resultado de uma diferença de temperatura entre elas. Como existem diferenças de temperatura em todo o universo, os fenômenos de diferença de calor são tão universais quanto o associado às atrações gravitacionais. Ao contrário da gravidade, entretanto, a transmissão de calor não é governada por uma única relação, mas por uma combinação de várias leis independentes da física.

São reconhecidos três modos distintos de transmissão de calor: *condução, radiação e convecção*. Apenas a condução e a radiação devem ser classificadas como processos de transmissão de calor, pois somente esses dois mecanismos dependem, para sua operação, do transporte mecânico de massas. Mas, como a convecção também efetua a transmissão de energia de região de maior temperatura para as de menor, o termo “transmissão de calor por convecção” tornou-se geralmente aceito.

2.4 Transmissões de calor por condução

Nos circuitos a onde se encontra os controladores de temperatura conhecidos como termostatos ocorrem a transmissão de calor por condução. A condução térmica pode ser interpretada como a transmissão passo a passo da agitação térmica: um átomo, molécula ou no nosso caso um elétron que transfere parte de sua energia cinética ao elétron vizinho, sendo assim um fenômeno de transporte de energia interna provocado pela agitação molecular.

A condução é um processo no qual o calor flui de uma região de temperatura mais alta para outra de temperatura mais baixa, dentro de um meio sólido (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato físico direto. Na transmissão de calor por condução, a energia é transmitida por meio de comunicação molecular direta, sem apreciável deslocamento das moléculas. De acordo com Incropera (1977, p.3),

A teoria cinética, diz que a temperatura de um elemento de matéria é proporcional á energia cinética média de suas moléculas constituintes. A energia intrínseca de um elemento de matéria, em virtude da velocidade e da posição relativa das moléculas, é chamada de *energia interna*. Assim, quanto mais rápido se movem as moléculas, maiores serão a temperatura e a energia interna do elemento de matéria. Quando as moléculas em uma região adquirem uma energia cinética média maior que a das moléculas da região adjacente, o que se manifestam por uma diferença de temperatura, as moléculas possuidoras de maior energia

transmitirá parte de sua energia para as moléculas da região de temperatura mais baixa. A transferência de energia pode ter lugar pelo impacto elástico (como nos fluidos) ou por difusão de elétrons de movimento rápido das regiões de alta para as baixas temperaturas (como nos metais). Independentemente do mecanismo exato, que de forma alguma é totalmente entendido, o efeito observável da condução de calor consiste em uma equalização da temperatura. Entretanto, se diferenças de temperatura são mantidas pela adição ou remoção de calor em pontos diferentes, uma transmissão contínua de calor da região mais quente para a mais fria será estabelecida.

A condução é maior em sólidos, onde uma rede de relações espaciais relativamente fixas entre átomos ajuda a transferir energia entre eles por vibração.

Condução de calor é diretamente análoga à difusão de partículas em um fluido, na situação onde não há correntes de fluido. Este tipo de difusão de calor difere da difusão de massa em comportamento, apenas na medida em que pode ocorrer em sólidos, ao passo que a difusão de massa é bastante limitada em fluidos.

Com a agitação das moléculas e o aumento de temperatura, alguns efeitos são percebidos nas moléculas, como a dilatação térmica.

2.5 Dilatações térmicas

Os sólidos são constituídos de partículas (moléculas, átomos ou íons), que se distribuem ordenadamente, dando origem a uma estrutura que é denominada rede cristalina. A ligação entre essas partículas se faz por meio de forças eletromagnéticas que atuam como se existissem pequenas “molas” unindo-as. Essas partículas estão em constante vibração em torno de uma posição de equilíbrio. Quando a temperatura do sólido aumenta, a amplitude de vibração também sofre acréscimo e, conseqüentemente, a distância média entre os átomos torna-se maior, ocasionando a dilatação do sólido.

A dilatação térmica é o fenômeno pelo qual um corpo varia as suas dimensões geométricas ao sofrer uma variação de temperatura.

Todos os corpos existentes na natureza, sólidos, líquidos ou gasosos, quando em processo de aquecimento ou resfriamento, ficam sujeitos à dilatação ou contração térmica. O processo de contração e dilatação dos corpos ocorre em virtude do aumento ou diminuição do grau de agitação das moléculas que constituem os corpos. Ao aquecer um corpo, por exemplo, ocorrerá um aumento na distância entre suas moléculas em conseqüência da elevação do grau de agitação das mesmas. Esse espaçamento maior entre elas se manifesta através da expansão

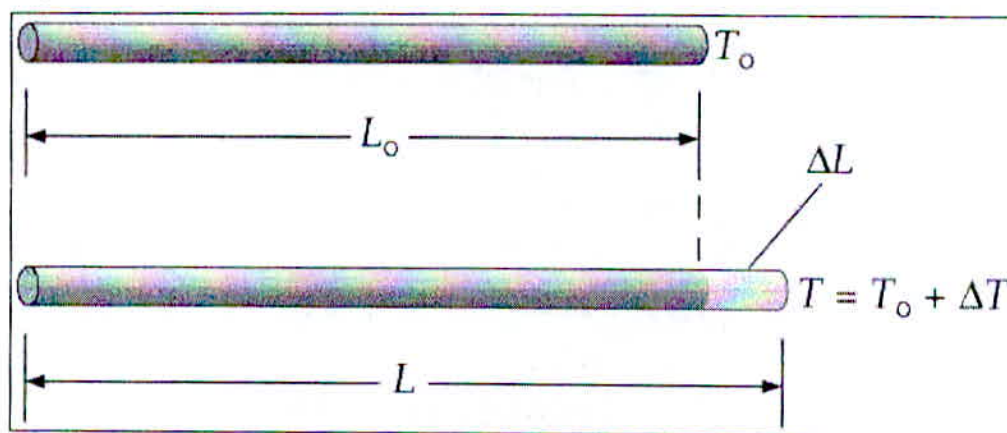
das dimensões do corpo, as quais podem ocorrer de três formas: linear, superficial e volumétrica. O contrário ocorre quando os corpos são resfriados. Ao acontecer isso as distâncias entre as moléculas são diminuídas e em consequência disso há diminuição nas dimensões do corpo.

Corpos geometricamente idênticos, porém constituídos de diferentes substâncias, ao serem submetidos a uma mesma variação de temperatura, não têm suas dimensões alteradas igualmente. Isto se deve a uma propriedade denominada de coeficiente de dilatação volumétrica.

Apesar de ocorrer alteração nas três dimensões do corpo, dependendo de sua forma, pode ser conveniente analisar apenas a variação no seu comprimento ou na sua superfície. No primeiro caso, diz-se que há dilatação linear e a ela é associado um coeficiente de dilatação linear, cujo valor corresponde a $1/3$ do coeficiente de dilatação volumétrica. No segundo, a dilatação é superficial e o coeficiente de dilatação equivale a $2/3$ do de dilatação volumétrica.

A dilatação linear ocorre de maneira proporcional à variação de temperatura e ao comprimento inicial L_0 . Mas ao serem analisadas barras de dimensões iguais, mas feitas de um material diferente, sua variação de comprimento é diferente, isto porque a dilatação também leva em consideração as propriedades do material com que o objeto é feito, este é a constante de proporcionalidade da expressão, chamada de coeficiente de dilatação linear (α). Podemos observar que na figura.1, temos uma barra com um comprimento L_0 , a uma temperatura T_0 , com o aquecimento da barra, podemos observar que o seu comprimento tem uma variação ao qual chamamos de ΔL , ou seja, $T = T_0 + \Delta T$.

Figura 01: Dilatação térmica linear



Fonte: DILATAÇÃO linear, 2012.

A dilatação térmica que ocorre nos sólidos está diretamente ligada ao tipo de material e a temperatura que o mesmo está submetido, abaixo estão alguns dos coeficientes de dilatação mais utilizados nas indústrias.

Tabela 1. Os coeficientes de dilatação mais comuns.

Material	Coefficiente de dilatação linear (α) em $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Aço	$1,1 \times 10^{-5}$
Alumínio	$2,4 \times 10^{-5}$
Chumbo	$2,9 \times 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
Ferro	$1,2 \times 10^{-5}$
Concreto	$1,0 \times 10^{-5}$
Latão	$2,0 \times 10^{-5}$
Ouro	$1,4 \times 10^{-5}$
Prata	$1,9 \times 10^{-5}$
Vidro comum	$0,9 \times 10^{-5}$
Vidro pirex	$0,3 \times 10^{-5}$
Zinco	$6,4 \times 10^{-5}$

Fonte: COEFICIENTE de dilatação, 2012.

3 PROTETORES TÉRMICOS - TERMOSTATOS

O protetor térmico é um dispositivo limitador de temperatura que atua em um sistema ou em partes do mesmo, protegendo - o contra possíveis falhas e sobrecargas do sistema. Sua utilização tornou - se necessária, pois nos circuitos elétricos o aumento da temperatura devido à circulação de corrente projetada para o funcionamento normal, é tal que não afeta qualquer elemento do sistema. Entretanto, a corrente pode atingir valores muitas vezes maiores do que aqueles projetados para condição normal de operação, quando houver algum tipo de defeito no circuito, nos aparelhos ligados na rede elétrica ou mesmo, quando ocorrer situações de utilização indevida de rede. Essa sobrecarga produz sobre aquecimento nos condutores, podendo provocar, inclusive, incêndios. Há possibilidade, de se fundir o condutor, ocasionando faíscas que podem incendiar materiais inflamáveis próximos, ou mesmo inflamar materiais constituintes da isolação presentes em alguns tipos de condutores, por isso emprega-se, dispositivos de proteção, em número tal a garantir o perfeito suprimento da carga que está sendo alimentada (equipamentos elétricos) além da função de proteção dos condutores. Estes dispositivos devem interromper o circuito, automaticamente, sempre que a intensidade de corrente atingir valor que poderá causar danos.

Os termostatos pertencem ao grupo dos chamados protetores térmicos, e neste trabalho vamos falar especificamente deste dispositivo, do seu funcionamento, das suas aplicações e do seu principal componente o elemento sensor.

O termostato foi inventado pelo cientista Cornelius Jacobszoon Drebbel (Holanda 1572 -1633) e foi utilizado primeiramente como controlador de temperatura de um forno, mas só em 1915 ele começou a ser utilizado, e ganhou um grande espaço no mercado, por ser um dispositivo eficiente e de fácil aplicação. Sua função é impedir que a temperatura de um determinado sistema varie além de certos limites preestabelecidos. Um mecanismo desse tipo é composto, fundamentalmente, por dois elementos: um indica a variação térmica sofrida pelo sistema e é chamado elemento sensor; o outro controla essa variação e corrige os desvios de temperatura, mantendo dentro do intervalo desejado.

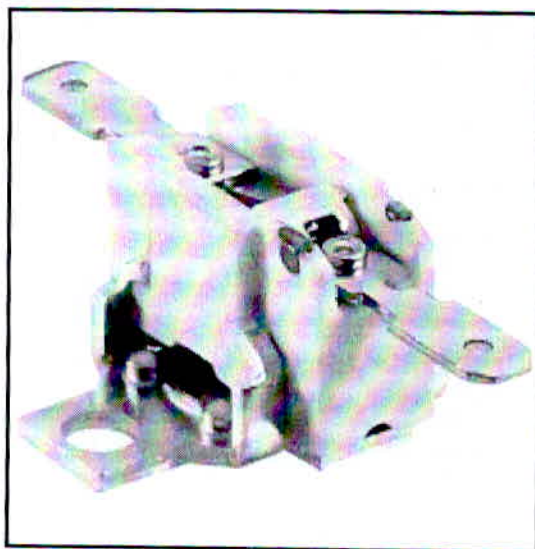
Em uma linguagem mais popular, dizemos que o Termostato é um controle que funciona como uma Chave "liga-desliga" que é comandada pela temperatura. Os valores de liga-desliga são definidos de acordo com o sistema em que esse termostato será utilizado.

São suas características internas que determinam os valores de temperatura. Por isso, Termostatos podem ter as mesmas características externas, mas com valores de liga-desliga totalmente diferentes.

4 TERMOSTATOS BIMETÁLICOS

Os termostatos bimetálicos, são assim chamados, por utilizar as lâminas bimetálicas como elemento sensor, sendo elas as responsáveis por captar a temperatura do sistema, este dispositivo funciona através da abertura automática do circuito elétrico após ser ultrapassado o limite de temperatura máxima programada para este dispositivo, sendo que ao resfriar o circuito ele volta a sua condição inicial e acontece o re ligamento automático do sistema, seu funcionamento é basicamente devido às variações de temperatura.

Figura 02: Exemplo de um termostato bimetálico



Fonte: Fabricante Intercontrol - Holanda

Para os dispositivos de proteção térmicos como os termostatos, define-se:

Corrente Nominal: É a máxima intensidade de corrente que, circulando continuamente pelo dispositivo, não provoca abertura do circuito. É definida como sendo o máximo valor eficaz da intensidade de corrente que pode circular por um dispositivo de proteção sem causar seu desligamento automático.

Capacidade Disruptiva: É a máxima intensidade de corrente que o dispositivo consegue efetivamente interromper. Usualmente é expressa em termos de potência aparente, calculada considerando a tensão nominal e a corrente supracitada. É a capacidade de suportar e de interromper a corrente de curto circuito em um intervalo de tempo inferior aquele que o danifica.

A proteção térmica é realizada por meio de lâminas (em geral bimetálicas) que é aquecida diretamente ou indiretamente pela corrente que atravessa o sistema, desse aquecimento resulta a deformação com conseqüente deslocamento da lâmina. Quando o deslocamento atinge um valor determinado aciona por meio de dispositivo mecânico, a chave, abrindo-o.

Os termostatos são comumente usados em eletrodomésticos, como ferros, cafeteiras, fornos elétricos e outros, para isso, precisam atender as normas regulamentadoras que garantem que o produto possui meios de proteger o consumidor final, caso o circuito elétrico apresente alguma falha ou variação. Uma dessas normas é a ABNT. NBR 5410: 2004, que cita nos termos 5.1.3.2.2:

Casos em que o uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade como proteção adicional é obrigatório. Além dos casos especificados na seção 9, e qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal igual ou inferior a 30 mA:

- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro (ver 9.1);
- b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar

Equipamentos no exterior;

- d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

Os termostatos precisam estar conforme a norma, por estarem presentes em locais de habitação que servem de pontos de utilização situados em cozinha, copas, lavanderias e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens. Este dispositivo, por um descuido qualquer pode entrar em contato com água, e precisa estar pronto para exercer seu funcionamento, interrompendo, assim que o sistema entrar em um curto circuito.

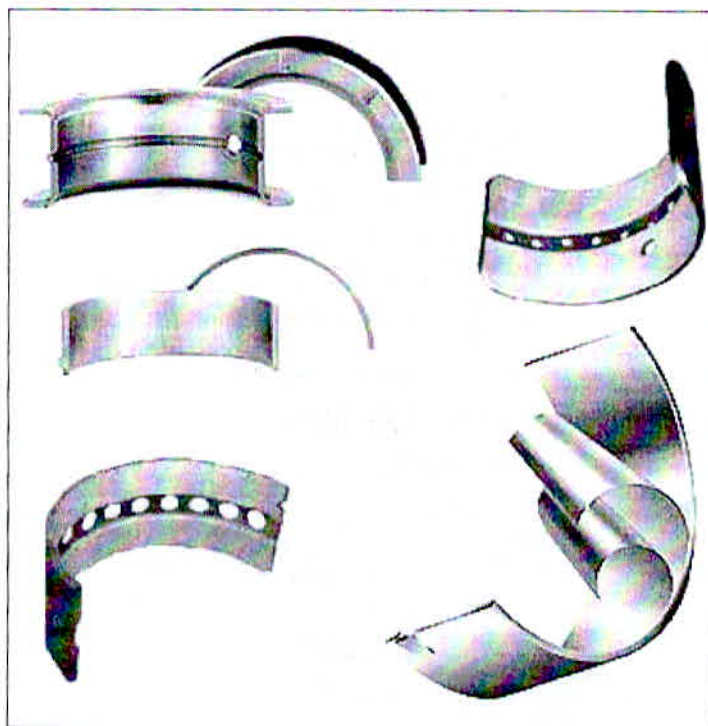
5 SENSORES DE TEMPERATURA – LÂMINAS BIMETÁLICAS

A lâmina bimetálica é um componente utilizado como elemento sensor em um termostato, sendo um elemento muito importante para o dispositivo, pois este sensor é responsável por captar a temperatura do sistema e realizar a interrupção do circuito, a lâmina bimetálica é basicamente uma placa composta de dois tipos de metais diferentes, onde em um lado da placa predomina um tipo de metal, e no outro lado um metal diferente do primeiro.

Um desses metais é mais sensível ao calor. Este metal mais sensível é dimensionado para que no caso de ocorrer uma corrente acima do especificado (consequentemente aumentando a temperatura) este material curve-se por dilatação, enquanto o outro mantém sua posição, abrindo o circuito, evitando a passagem de corrente.

São encontradas de diversas formas no mercado, porém uma lâmina bimetálica, sempre será composta por dois materiais de coeficientes de dilatação diferentes um do outro.

Figura 03: Exemplos de lâminas bimetálicas.



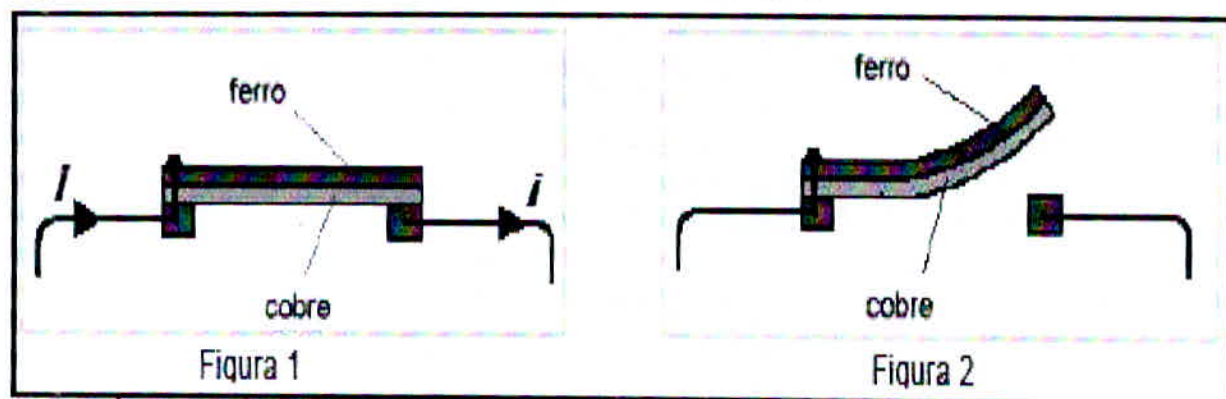
Fonte: LÂMINAS bimetálicas, 2012.

As lâminas bimetálicas são rigidamente ligadas uma a outra e possuem diferentes coeficientes de dilatação térmica que justificam o seu funcionamento, pois quando um bimetal é submetido a uma variação de temperatura, este será forçado a curvar-se, pois os metais não

se dilatam igualmente. Esse encurvamento pode ser usado para estabelecer ou interromper um circuito elétrico, que põe em movimento o sistema de correção.

Na figura abaixo, temos um exemplo claro do funcionamento de uma lâmina bimetálica, está é composta por dois tipos de materiais com coeficientes de dilatação diferentes um do outro. Na figura 1 o circuito está fechado permitindo a passagem de corrente elétrica pelo sistema, após algum tempo com a passagem da corrente, ocorre um aquecimento no circuito, a lâmina bimetálica captura essa temperatura e na figura 2, vemos quando esta atinge o ponto máximo de temperatura do seu coeficiente de dilatação e encurva - se, interrompendo assim a passagem de corrente e o aquecimento do sistema. Após o resfriamento a lâmina volta a sua condição inicial.

Figura 04: Funcionamento das lâminas bimetálicas em um circuito elétrico.



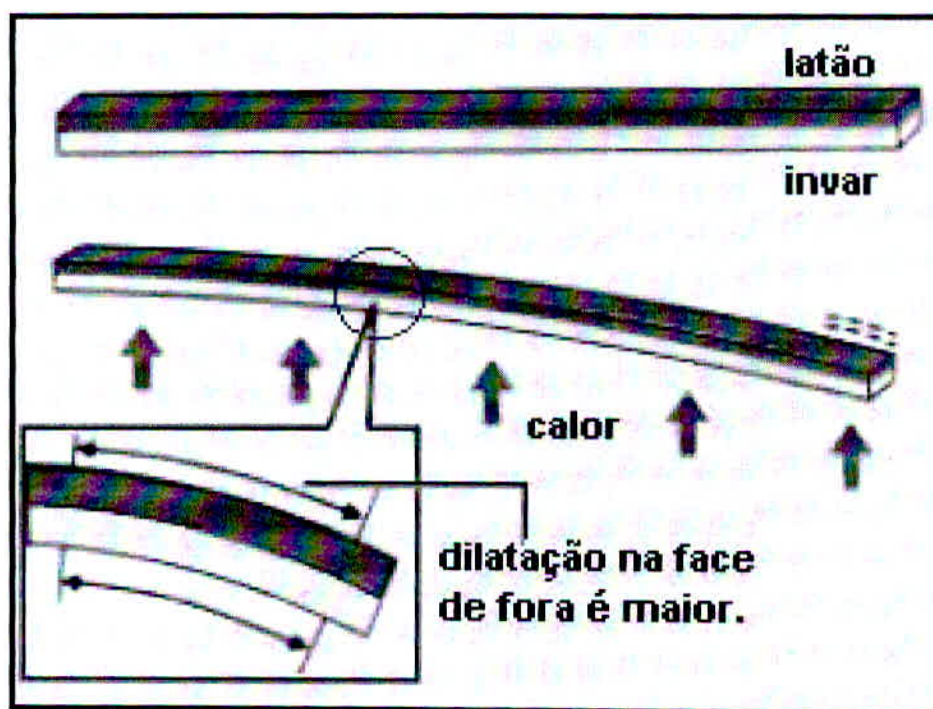
Fonte: LÂMINAS bimetálicas, 2012.

Segundo Gaspar (2009, p.31), “Os corpos ocos se dilatam como se fossem maciços. Tudo se passa como se a parte oca tivesse o mesmo coeficiente de dilatação do material do invólucro”.

Ou seja, quando você solda duas barras de materiais diferentes você obtém uma lâmina bimetálica e, se você as submeter à mesma variação de temperatura, o sistema vai curvar-se para o lado da barra de menor coeficiente de dilatação, quando aquecida e para o lado da barra de maior coeficiente de dilatação, quando resfriada.

Observe nas figuras abaixo uma lâmina bimetálica constituída de latão ($\alpha_{\text{latão}} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) e invar (liga de ferro e níquel – $\alpha_{\text{invar}} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) e observe como a lâmina se inclina quando a temperatura aumenta.

Figura 05: Barra soldada com dois materiais diferentes caracterizando uma lâmina bimetálica.



Fonte: LÂMINAS bimetálicas, 2012.

Como podemos observar na figura 5, quando ocorre o aquecimento das lâminas, como a face inferior corresponde a liga de Invar, que possui um coeficiente de dilatação menor que a face superior que corresponde ao latão, ela tende a se encurvar e quando resfria, ela volta a sua condição inicial.

Invar são ligas à base de Ni (Níquel) e Fe (Ferro), que apresentam a propriedade de um baixo coeficiente de dilatação térmica.

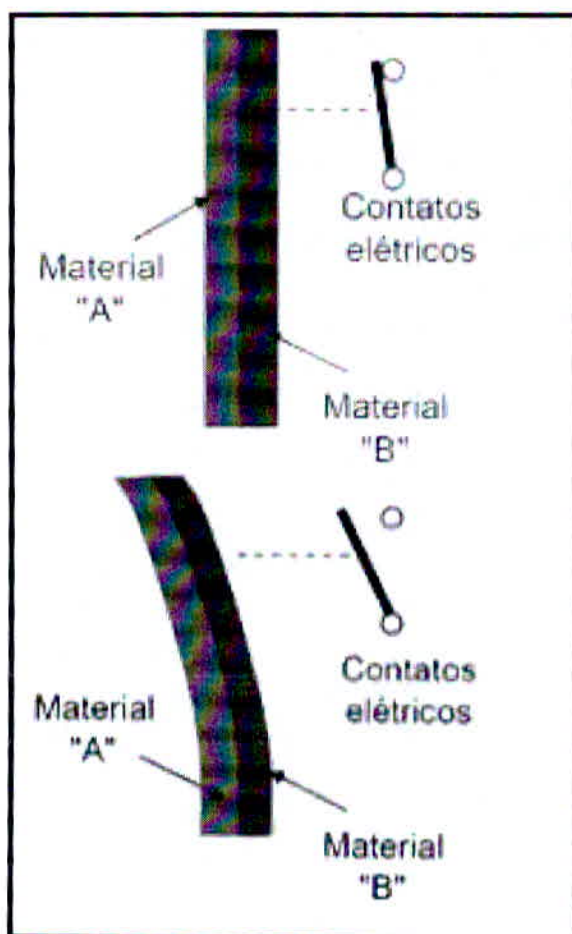
O Invar foi descoberto em 1896 por Charles Edouard Guillaume, que trabalhava no Instituto Internacional de Pesos e Medidas (Bureau International des Poids et Mesures, localizado em Sèvres, França). Por seus trabalhos com ligas Ni-Fe, Charles Edouard Guillaume recebeu o Prêmio Nobel de Física de 1920. A liga foi nomeada Invar por seu descobridor.

As ligas Invar têm teor de Ni na faixa de 30-36%, sendo o restante de Fe, podendo ser acrescentados outros elementos. A liga mais usada tem 36%Ni e 64%Fe, sendo conhecida como Invar-36, cujo coeficiente de dilatação é inferior a $1,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, entre 0°C e 100°C .

A escolha das combinações de solda das lâminas bimetálicas, tem que levar em consideração a sua aplicação, pois mesmo se tratando de circuitos elétricos, sabemos que os

mesmos possuem muitas variações, para cada aparelho, por exemplo, existe uma corrente específica, uma potência e uma resistência, as lâminas bimetálicas, precisam estar prontas para atuar com temperaturas acima a que o circuito foi programado para funcionar normalmente. Observe a aplicação de lâminas bimetálicas como, "chave liga-desliga".

Figura 06: Exemplo de atuação de lâminas bimetálicas.



Fonte: LÂMINAS bimetálicas, 2012.

A utilização das laminas bimetálicas nos termostatos estão diretamente ligados ao tipo de componentes que ela será utilizada, em se tratando de eletrodomésticos como ferros e cafeteiras, a combinação de metais mais utilizados é o metal e o cobre e a liga invar e cobre, pois estas combinações conseguem agüentar até uma temperatura de 250°.

A escolha dessa combinação de lâminas é de extrema importância para garantir o bom funcionamento do termostato, pois mesmo se tomando todo o cuidado na escolha do tipo de termostato e na escolha da combinação de lâminas que atuaram como sensores devem ainda se tomar cuidado com a aplicação dos protetores no circuito, pois uma das falhas mais comuns, é quando o termostato não é bem posicionado no aparelho e com isso o seu elemento

sensor não fica em contato direto com a placa de aquecimento, existi então um guepe de escape de calor, com esse escape as lâminas bimetálicas não conseguem captar a real temperatura do circuito e demoram a se dilatar permitindo assim o aquecimento excessivo do sistema, falhas como essa, podem ocorrer facilmente e espera-se que os protetores atuem protegendo o circuito e o consumidor final, pois uma falha desta pode colocar em risco o equipamento e o usuário, por isto este componente segue normas rigorosas como a ABNT 5410 e DIN EN 60730 – 1: 1995.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo, apresentar um estudo detalhado, sobre a importância da atuação dos termostatos bimetálicos e do seu elemento sensor como controladores de temperatura e protetores térmicos de circuitos elétricos, tendo em vista que estes dispositivos se encontram em nosso meio constantemente.

Estes dispositivos se encontram facilmente em eletrodomésticos de uso comum, como cafeteiras elétricas, ferros e fornos elétricos, talvez não seja importante para o consumidor final entender todos os conceitos que regem o funcionamento de um desses aparelhos, mas com certeza é de extrema importância entender a necessidade de se ter um dispositivo capaz de evitar acidentes ao manusear um desses aparelhos.

Estes protetores térmicos são importantes, pois possuem a função de proteger o circuito contra possíveis falhas que possam ocorrer durante o seu funcionamento, por exemplo, um curto circuito ou uma variação brusca na corrente, essas falhas podem ocasionar fulga de corrente ou um superaquecimento no produto e talvez até pequenas explosões, espera-se então que os protetores térmicos percebam essa variação no sistema e controlem a temperatura do circuito, com a ajuda dos seus sensores bimetálicos que ao captarem um aumento maior que o pré - estabelecido do sistema se dilatam e interrompam o circuito, evitando assim danos maiores. Estes dispositivos são tão importantes que existem normas como a NBR 5410:2004, que regulamentam e exigem a utilização destes protetores em todos os circuitos elétricos.

Para melhor compreensão do tema estudado, foi necessário se aprofundar em conceitos básicos que explicam toda a sistemática do dispositivo, pode se verificar que o funcionamento do protetor térmico se baseia na transferência de calor e na dilatação térmica e que a maior preocupação, ao se escolher um termostato bimetálico eficiente, deve-se também preocupar com o coeficiente de dilatação das lâminas escolhidas, pois elas precisam atender a temperatura mínima do sistema, a ponto que a mesma só sofra dilatação quando o mesmo atingir a sua temperatura ideal.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004**. Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

COEFICIENTE de dilatação, 2012. Disponível em:
<http://www.cultura.ufpa.br/petfisica/conexaofisica/termo/025.html>. Acesso 22/08/2012

DILATAÇÃO linear, 2012. Disponível em:
<http://www.geocities.ws/saladefisica8/termologia/linear.html>. Acesso em 22/08/2012.

GASPAR, Alberto. **Física Básica**. Volume único. São Paulo: Ática Ltda, 2009

GORDON J. Van Wylen; RICHARD E. Sonntag. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1976.

INCROPERA, Frank. P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1998.

KREITH, Frank. **Princípios da transmissão de Calor**. 3. ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1977.

LÂMINAS bimetálicas, 2012. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/fisica/lamina-bimetalica.htm>. Acesso em: 16/05/2012.

MÁXIMO, A; ALVARENGA, B. **Física de olho no mundo do trabalho**. São Paulo: Scipione, 2003.

OZISIK, M. Necati. **Transferência de Calor: um texto básico**. São Paulo: Guanabara, 1985.