

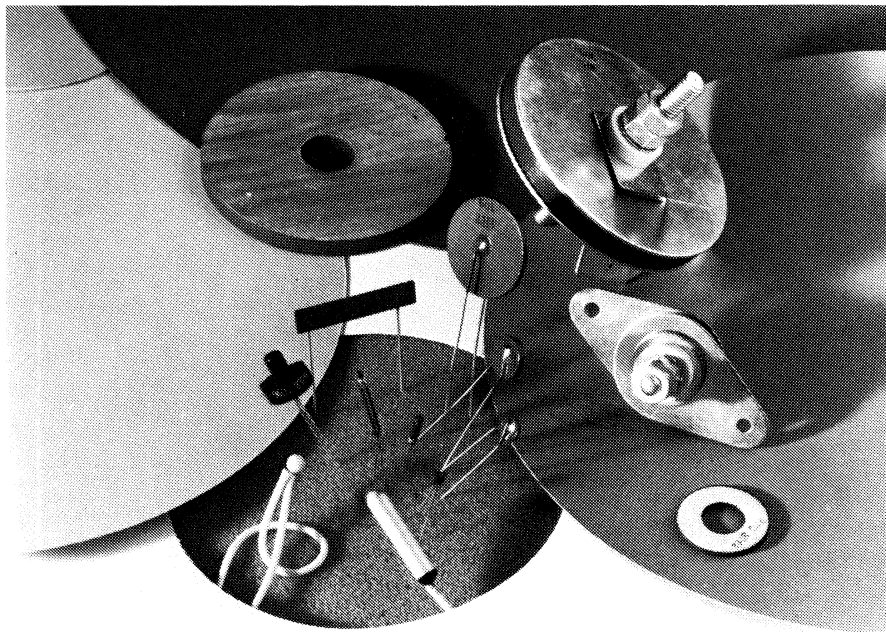
Les thermistances

par J. JACQUEMIN (*)

On appelle thermistance une résistance sensible à l'influence de la température.

Sous cette appellation nous pouvons distinguer deux familles : les thermistances à coefficient de température négatif (CTN) qui présentent une variation bien définie de leur résistivité en fonction de la température. La résistivité diminue quand la température augmente. Et les thermistances à coefficient de température positif (CTP) qui ont une résistivité qui augmente très fortement avec la température, à partir d'un certain seuil. Cette variation positive ne se situe que dans un intervalle restreint de la gamme des températures ; de part et d'autre, la variation est à coefficient de température négatif.

Cet exposé ne traitera que des thermistances à coefficient de température négatif.



Thermistance à usage professionnel.

Mécanisme de semi-conductibilité

Les thermistances CTN sont des céramiques à base d'oxydes semi-conducteurs. Leur semi-conductibilité

(*) *Marketing LCC*

naît de défauts de structure dans le milieu cristallin.

Ces défauts peuvent être d'ordre physique :

Défauts de Schottky

Formation et migration d'une lacune et maintien de la neutralité électrique du cristal.

Défauts de Frenkel

Atome en position intersituelle ou d'ordre chimique.

Imperfections chimiques

Inductance de valence ou encore, il peut s'agir de :

Spinelles

Les cristaux du système pouvant être semi-conducteurs même en l'absence de défauts de structures physiques ou chimiques provoqués.

Etablissement de la formule de variation de la résistivité avec la température

Nous obtenons une expression de la forme :

$$R = R_0 \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

avec B (K) indice de la sensibilité thermique, constant pour une thermistance donnée :

R Résistance à la température T
 R₀ Résistance à la température T₀
 T₀ Température de référence.

Fabrication et variétés

Matières Premières

Pour la fabrication des thermistances CTN, il faut utiliser des oxydes de métaux ayant une grande facilité à changer d'état d'ionisation, donc en pratique on utilise les oxydes de la série de métaux de transition : Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn. Ces oxydes judicieusement choisis permettent de couvrir une gamme étendue de résistivités : de 10 Ω.cm à 1 MΩ.cm avec des coefficients de température variant de 1800 K à 5000 K.

Généralement le coefficient B varie comme la résistivité du matériau : un fort B correspond à une forte résistivité et un faible B à une faible résistivité.

Technologie

Suivant les compositions et les matières premières utilisées on effectue un broyage en milieu aqueux de durée variable (10 heures à 48 heures).

La barbotine est séchée, tamisée, un liant temporaire de mise en forme est incorporée soit en vue d'un filage, soit en vue d'un pastillage.

La cuisson s'effectue sur des supports de cuisson appropriés dans des fours tunnels, à des températures supérieurs à 1000 °C.

Les conditions de broyage, la pression d'agglomération, la température et la

vitesse de cuisson, sont autant de paramètres rigoureusement contrôlés pour assurer la reproductibilité des caractéristiques.

Les pièces après frittage sont métallisées par un procédé classique : peinture à l'argent, pulvérisation de métal (shoopage), dépôt sous vide, etc.

Un ajustage précis de la valeur se fait par meulage ou variations des surfaces de métallisation.

Les pièces peuvent être fournies nues sans connexion (pour montages dans des sondes) ou bien avec des connexions fixées par soudure ou par brasure ; dans ce cas elles sont généralement recouvertes d'un enrobage protecteur.

Variétés - Présentation

Les thermistances pressées se présentent sous forme d'anneaux, de disques ou de barrettes rectangulaires ; des diamètres varient entre 3 et 60 mm et les épaisseurs entre 0,6 et 6 mm.

Les thermistances perles se présentent sous forme de sphérules de diamètre d'environ 1 mm, montées sur deux fils de platine. Elles sont fournies nues ou disposées à l'intérieur d'une ampoule de verre ou encore enrobées d'une pellicule de verre.

Principales caractéristiques électriques

Caractéristiques résistance température

En reprenant la formule donnée auparavant :

$$R(T) = R(T_0) \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

avec $R(T)$: résistance à dissipation nulle à la température T (K)

$R(T_0)$: résistance à dissipation nulle à la température T_0 (K) de référence ou résistance nominale

B (K) : indice de sensibilité thermique caractéristique du matériau

on obtient :

$$B = \frac{T_0 T}{T - T_0} \log_e \frac{R(T_0)}{R(T)}$$

En général :

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298\text{ K}$$

$$T = 85^\circ\text{C} = 358\text{ K}$$

$$\text{et } B = 4095 \log_{10} \frac{R(298)}{R(358)}$$

Conditions de mesures, causes d'erreurs.

La mesure d'une thermistance est une opération délicate qui peut être perturbée par trois causes d'erreur :

a) Mesure de la température ambiante : la thermistance doit être maintenue à une température constante. Cela exige une très bonne régulation.

b) Echauffement de la thermistance par effet Joule. Il est conseillé des tensions de mesure inférieures à 1 V.

c) La précision des appareils de mesure.

Caractéristiques courant - tension

En régime statique (équilibre thermique établi) la relation entre la tension aux bornes d'une thermistance et le courant la traversant n'est pas linéaire. Au départ, l'effet Joule est négligeable et on a un début de caractéristique linéaire, puis l'on passe par un maximum et l'on arrive à une zone d'avalanche thermique.

En effet, la thermistance s'échauffe par effet Joule et du fait de son coefficient de température négatif, sa résistance diminue de plus en plus.

Il en résulte que le courant traversant une thermistance fonctionnant dans cette zone doit toujours être limité par une résistance en série afin d'éviter l'emballement thermique et la destruction de la pièce.

Caractéristiques temps-courant

Le courant ne s'établit pas instantanément et il varie pendant l'échauffement. Là encore, la caractéristique dépend essentiellement de la nature et de la température du milieu, ainsi que de la tension utilisée.

Caractéristique thermiques

Facteur de dissipation thermique

C'est le quotient de la puissance W dissipée dans une thermistance par la variation de température T qui en résulte.

Elle s'exprime en milliwatts par degré Celsius.

L'écart de température est normalement choisi comme étant de 25°C à 85°C .

Constante de temps thermique :

C'est le temps nécessaire à une thermistance pour que sa température varie de 63,2% de la différence totale entre sa température initiale et sa température finale, lorsqu'elle est soumise à un échelon de température dans des conditions de dissipation nulle. On choisit la variation de température de 25°C à 85°C .

Température maximale admissible :

C'est la température ambiante maximale à laquelle la thermistance peut être mise en fonctionnement continu à dissipation nulle.

Puissance maximale admissible :

C'est la puissance maximale admissible par la thermistance en service continu à l'air calme à 25°C .

La puissance maximale admissible dépend de la nature du matériau et de la dimension des pièces. On adjoint quelquefois à celles-ci des ailettes de refroidissement pour augmenter la dissipation.

Utilisations

Les applications sont basées sur les propriétés fondamentales des thermistances CTN.

a) Utilisation de la caractéristique résistance - température à dissipation nulle

Cette caractéristique permet de mesurer ou de réguler des températures.

En effet, leur grande sensibilité permet d'utiliser un appareillage simple et peu coûteux.

Le coefficient de température des thermistances est dix fois plus grand que celui du platine et six fois plus grand que celui du nickel.

Nous allons donner deux exemples d'utilisation.

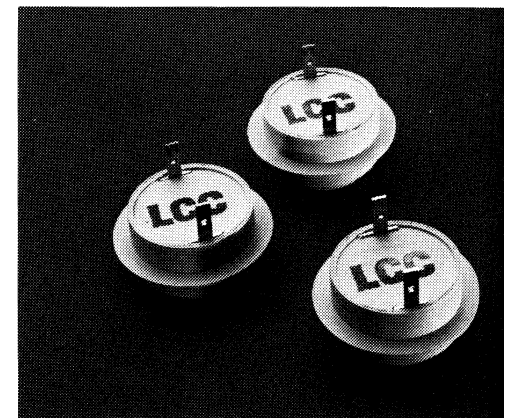
1°) Thermométrie automobile :

La thermistance est en série avec un milliampèremètre ; sa résistance variant avec la température entraîne une modification du courant qui peut se traduire par une déviation d'aiguille sur un cadran.

2°) Régulation de température :

Pour une mesure précise la (ou les) thermistance est incorporée dans un circuit en pont. On peut amplifier le

Capteur de température pour machines à laver.



signal et atteindre une très grande précision.

Ce type de circuit est utilisé pour les régulateurs de températures en électroménager sur congélateurs, machines à laver, chauffage central.

Nous retrouvons ces utilisations dans de nombreux secteurs industriels.

— Automobile : mesure de la température de l'eau des radiateurs, de l'huile des carters, ou des gaz d'échappement.

— Mesure de la température des paillers des machines, des étuves, des silos à céréales.

— Détection des incendies.

— Enregistrement de la température de l'atmosphère par ballons-sondes.

— Régulation de la température des glaces chauffantes des avions.

— Détection des gelées nocturnes dans les installations agricoles.

— Climatisation des voitures de chemin de fer.

— Thermométrie médicale, physiologique et chirurgicale.

Pour leur part, des thermistances LCC sont rentrées dans plusieurs programmes spatiaux, assurant la mission des mesures de température à bord des satellites.

Cette caractéristique peut également remplir une fonction de compensation des dérives thermiques.

Nous pouvons citer comme exemple la résistance des bobinages en cuivre qui augmente avec la température et qu'on compense par la mise en série d'une thermistance de faible valeur.

b) Utilisation de la caractéristique courant-tension

Régulateur de tension : un montage à thermistances donnera une solution simple, peu coûteuse et de réalisation facile si l'on désire réguler une tension avec une bonne précision. Ce montage fonctionne aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu, mais est limité en puissance (10 W maximum).

Les courbes d'équilibre statique d'une résistance ① d'une thermistance ② et

d'une thermistance disposée en série avec une résistance ③ sont représentées figure 1.

La régulation utilise la partie horizontale de la courbe ③.

Le schéma utilisé est donné figure 2.

E tension d'entrée non régulée,
U tension de sortie régulée,
r résistance chutrice,
p résistance de régulation série,
R (T) thermistance,
R Résistance de charge.

Il existe entre ces éléments les relations suivantes :

$$rI + U = E$$

$$I = i + \frac{U}{R}$$

$$E = rI + U + \frac{r}{R}U$$

Cette dernière équation est celle de la droite de charge.

Prenons le cas d'un stabilisateur pour le chauffage d'un cathoscope de terminal avec

E : 24 V ± 15 % U :

12 V ± 5 % sous 0,15 A.

On choisira une thermistance dont la courbe d'équilibre statique présente un maximum légèrement inférieur à 12 V - 5 % (Référence LCC DPAC 46).

La résistance série sera choisie de manière que la courbe d'équilibre statique de l'ensemble (p + RT) présente une partie aussi grande que possible entre 12 ± 5 %.

La résistance chutrice sera déterminée de manière que la droite de charge coupe la courbe d'équilibre statique de (p + RT) lorsque la tension d'alimentation varie entre 24 V + 15 % et 24 V - 15 %.

Indicateurs de niveau liquide :

On utilise la différence de facteur de dissipation de la thermistance plongée dans l'air ou dans le liquide.

La droite de charge qui détermine les deux points de fonctionnement dans l'air et dans le liquide doit être judicieusement choisie pour permettre l'allumage (dans l'air) ou l'extinction (dans le liquide) d'un voyant lumineux.

c) Utilisation de la caractéristique courant-temps

Temporisation à l'enclenchement des relais.

Le temps de temporisation pour un circuit donné dépend de la résistance de la thermistance, de sa masse, de la température ambiante et de la tension d'alimentation.

On peut réaliser des montages avec compensation d'ambiance en insérant une deuxième thermistance en parallèle sur le circuit. Pour permettre au circuit de fonctionner de façon répétée, il faut shunter la thermistance par un des contacts disponibles du relais, ce

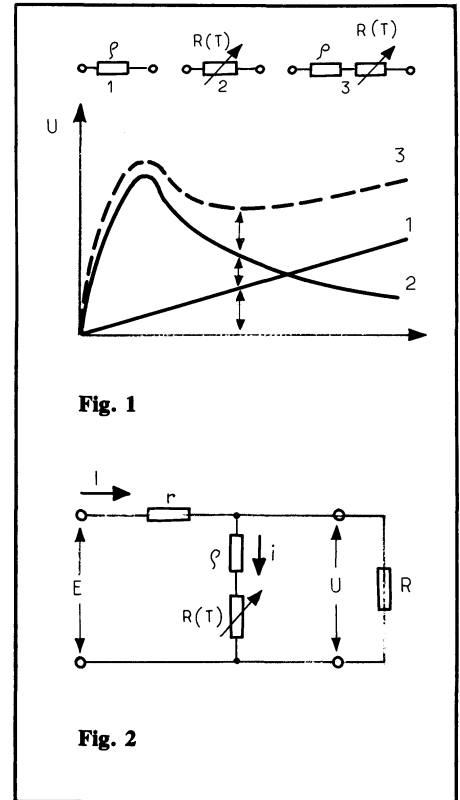
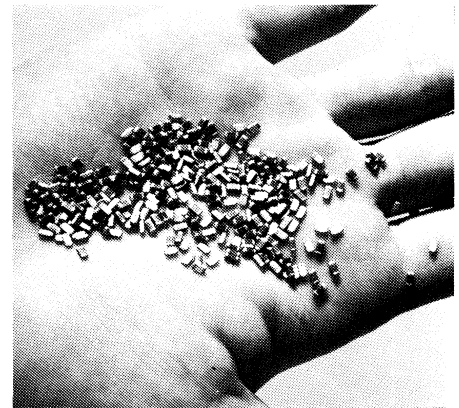


Fig. 1

Fig. 2



Chips thermistances.

qui laisse à cette thermistance le temps de refroidir pour être prête à un nouveau fonctionnement.

Conclusion

Ces quelques cas d'utilisation montrent toutes les possibilités offertes par les thermistances CTN.

Aujourd'hui, l'électronique débouchant dans l'industrie automobile, l'électroménager, le chauffage domestique, un grand besoin de capteurs de température.

Cette fonction peut être parfaitement assumée par les thermistances CTN, tant au point de vue technique, qu'au point de vue économique.

