

Les contacts électriques



De nombreux mécanismes existent, nous avons décidé de les distinguer non pas en fonction de leur technique constructive, mais en fonction de leur vitesse d'ouverture, qui en est l'élément primordial.

1. La rupture lente

Dans les appareils à rupture lente les deux parties s'écartent lentement, à des vitesses de l'ordre de 1/10 de mm par seconde. Dans l'atmosphère normale, il se produit alors, lorsque les contacts sont rapprochés, un arc électrique. La durée de cet arc est fonction de la tension. Pour des tensions jusqu'à 24V continu ou 110V alternatif, la durée de cet arc est courte, inférieure à 0,1s. Pour des tensions supérieures, l'arc dure beaucoup plus longtemps, produisant une fusion prématurée du contact, et de nombreuses interférences radioélectriques. C'est pourquoi il est déconseillé, malgré les avantages mécaniques (simplicité, faible coût, très grande précision), d'utiliser ce contact dans les réseaux secteurs 230V, pour des applications de régulation à cyclage multiple.

Sur les contacts à rupture brusque, l'écartement se produit à des vitesses infiniment supérieures, de l'ordre de 1m par seconde (100.000 fois plus vite). L'écartement des contacts atteint en moins de 1/1000 de seconde la distance nécessaire pour que l'arc électrique s'éteigne. Il n'y a pas de parasites, le contact ne se détériore pratiquement pas. Mécaniquement ce type de contact est beaucoup plus compliqué, plus onéreux, et ne permet pas une finesse de régulation aussi grande. Il est particulièrement adapté aux appareils de régulation, en 240V ou 400V.

Plusieurs techniques sont utilisées pour obtenir une rupture brusque:

- La plus ancienne est l'utilisation d'aimants sur les lames. Le champ magnétique décroît en fonction de la puissance 4 de la distance. L'attraction entre les deux lames s'effectue donc à très courte distance. Ce système est particulièrement fiable, mais peu utilisé actuellement en raison du nombre important de composants qu'il demande. Il fut intensivement utilisé sur les contacts d'aiguille des baromètres, manomètres, thermomètres avec un cadran circulaire

- La plus courante actuellement est la lame à accumulation d'énergie, dont les dessins se sont simplifiés au cours des dernières années, en grande partie grâce à l'apparition de lames ressorts en alliage de bronze au béryllium plus performantes, ainsi qu'à de nouveaux concepts.



2. Matière des contacts

Avant la mise au point des systèmes de contacts électriques en argent, les premiers thermostats électriques utilisaient du mercure. Le mercure liquide, enfermé dans une ampoule en verre comportant deux électrodes, établissait le contact entre celles-ci par basculement, ou plus simplement, une aiguille métallique venait, par son déplacement, établir le contact avec la surface du mercure.

La matière la plus courante actuellement est l'argent pur, ou faiblement allié à d'autres métaux ou oxydes (Cadmium, Nickel, Étain,). Cette matière a été choisie parce que c'est le meilleur conducteur de la chaleur et de l'électricité connu. Un contact s'use par micro vaporisation de l'argent à chaque cycle d'ouverture et fermeture. Cette vaporisation est proportionnelle à la puissance et à la durée de l'arc électrique qui se forme. La conductibilité thermique de l'argent lui permet d'évacuer très rapidement le pic de température se produisant lors de l'ouverture des contacts. Sa très bonne conductibilité électrique permet de réaliser des appareils avec une très faible résistance de contact, en général inférieure à 3 milliohms. Cependant il n'est pas inoxydable, et se couvre progressivement d'une mince couche d'oxyde d'argent, qui n'est pas conductrice de l'électricité. Cette couche est facilement vaporisée lors d'utilisations dans les voltages domestiques courants (240 V, 300V). Cependant, pour des utilisations en très basse tension (moins de 12 volts) et des courants très faibles (quelques milliampères), l'arc électrique créé lors de l'ouverture du contact n'est plus suffisant pour vaporiser le contact. Pour des circuits de faible puissance, les contacts sont protégés contre cette oxydation par une fine couche d'or.

Après l'ouverture, les contacts sont écartés l'un de l'autre. Cet écartement, selon les systèmes, peut varier de 1/10ème de mm à 3mm ou plus. Une valeur courante dans les thermostats est de 0,3 à 0,4 mm qui correspond à ce que les normes appellent la micro-disconnection. Un écartement faible, qui est la conséquence d'appareils avec faible différentielle (voir la définition plus loin) ne permettra pas l'utilisation dans des tensions importantes, car, bien qu'il n'y ait pas contact mécanique, un arc électrique peut spontanément se créer: il suffit de conditions atmosphériques défavorables telle qu'une forte humidité relative. Une méthode permettant d'augmenter la distance d'écartement des contacts sans obliger les thermostats à fournir des déplacements importants est la double coupure, utilisée sur certains thermostats à réarmement manuel, ce qui limite aussi le risque de collage des contacts.

Dans les spécifications d'un thermostat électromécanique, la durée de vie probable est décrite en termes de durée de vie mécanique et durée de vie électrique.

Durée de vie électrique:

Ceci est spécifié comme un nombre minimum de cycles (action d'ouverture et de fermeture) que le contact fera en ouvrant et fermant le circuit sous la charge spécifiée sans se coller ou se souder, et en restant dans les caractéristiques électriques de l'appareil.

Durée de vie mécanique:

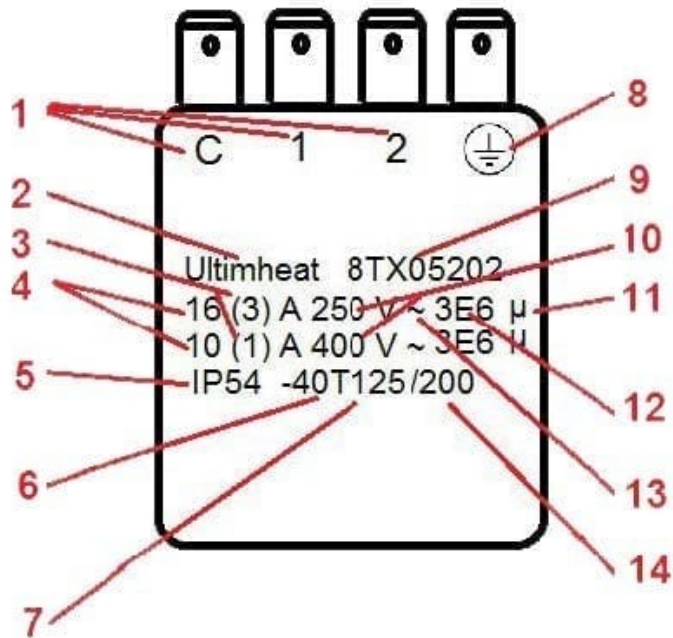
Il s'agit du nombre d'opérations qu'un thermostat peut être appelé à accomplir en conservant son intégrité mécanique. La durée de vie mécanique est normalement testée sans charge ni tension appliquée aux contacts, et son étude ne fait pas partie du présent document.

Les pouvoirs de coupure sont fonction de nombreux paramètres tels que la configuration des contacts, leur composition, la vitesse de rupture, la fréquence de rupture, les conditions environnementales, température, humidité, altitude etc.... Les normes IEC61058-1, UL 1054, CSA22.55 ont tenté de normaliser les pouvoirs de coupure généraux. Les normes IEC 60730-x ont défini des méthodes d'essai et des classes différentes de durée de vie (nombre de cycles) pour les appareils de régulation et de sécurité.

Ces classes sont : 300 000, 200 000, 100 000, 30 000, 20 000, 10 000, 6 000, 3 000(1), 1000(1), 300(2), 30(2)(4), 1(3).

- (1) N'est pas applicable aux thermostats de régulation et autres appareils cyclant rapidement
- (2) Applicable uniquement aux appareils à réarmement manuel
- (3) Applicable uniquement aux appareils dont il est nécessaire de remplacer une pièce après chaque déclenchement
- (4) Peut être uniquement réarmé par une intervention du constructeur

Ces durées de vie nominales sont à considérer comme les valeurs de base maximales pour la plupart des applications. Ci-dessous sont décrites les limitations qui s'appliquent pour des applications différentes. Le pouvoir de coupure des thermostats est donné dans leurs fiches techniques pour une application sur une charge résistive en 250 ou (et) 400V, et un nombre de cycles donné. Lorsque la place est suffisante, ces valeurs sont imprimées sur l'appareil. Dans la plupart des cas seules les valeurs obligatoires sont indiquées, et le nombre de cycles n'est qu'exceptionnellement précisé alors que c'est un paramètre essentiel pour évaluer la durée de vie de l'appareil.



1. Identification de bornes qui sont appropriées pour le raccordement des conducteurs externes, et si elles sont appropriées pour la phase ou le conducteur de neutres, ou les deux. "L" doit être utilisé pour la phase au Royaume-Uni, mais aucune restriction pour les autres pays. "N" doit être utilisé pour les bornes de neutre (Tous pays)
2. Nom du fabricant ou marque
3. Pouvoir de coupure inductif avec un facteur de puissance = 0,6 (lorsque la valeur inductive n'est pas imprimée, les contacts peuvent être utilisés pour une charge inductive, à condition que le facteur de puissance ne soit pas inférieur à 0,8, et que la charge inductive ne dépasse pas 60 % du courant résistif nominal)
4. Pouvoir de coupure résistif avec un facteur de puissance de 0,95 + / -0,05
5. Degré de protection procuré par l'enveloppe, ne s'applique pas aux appareils classés IP00, IP10, IP20, IP30 et IP40
6. Limite minimale de température ambiante sur la tête d'interrupteur si inférieure à 0° C
7. Limite maximale de température ambiante sur la tête d'interrupteur (Tmax), si autre que 55°C

8. Identification de la borne de terre (si existante)

9. Référence unique identifiant le produit

10. Tension nominale ou plage de tension en volts (V) (L'impression de la fréquence est obligatoire si elle est autre que 50 Hz à 60 Hz inclus)

11. Micro-coupure (ouverture de contact réduite). L'impression n'est pas obligatoire

12. Nombre de cycles de manœuvre

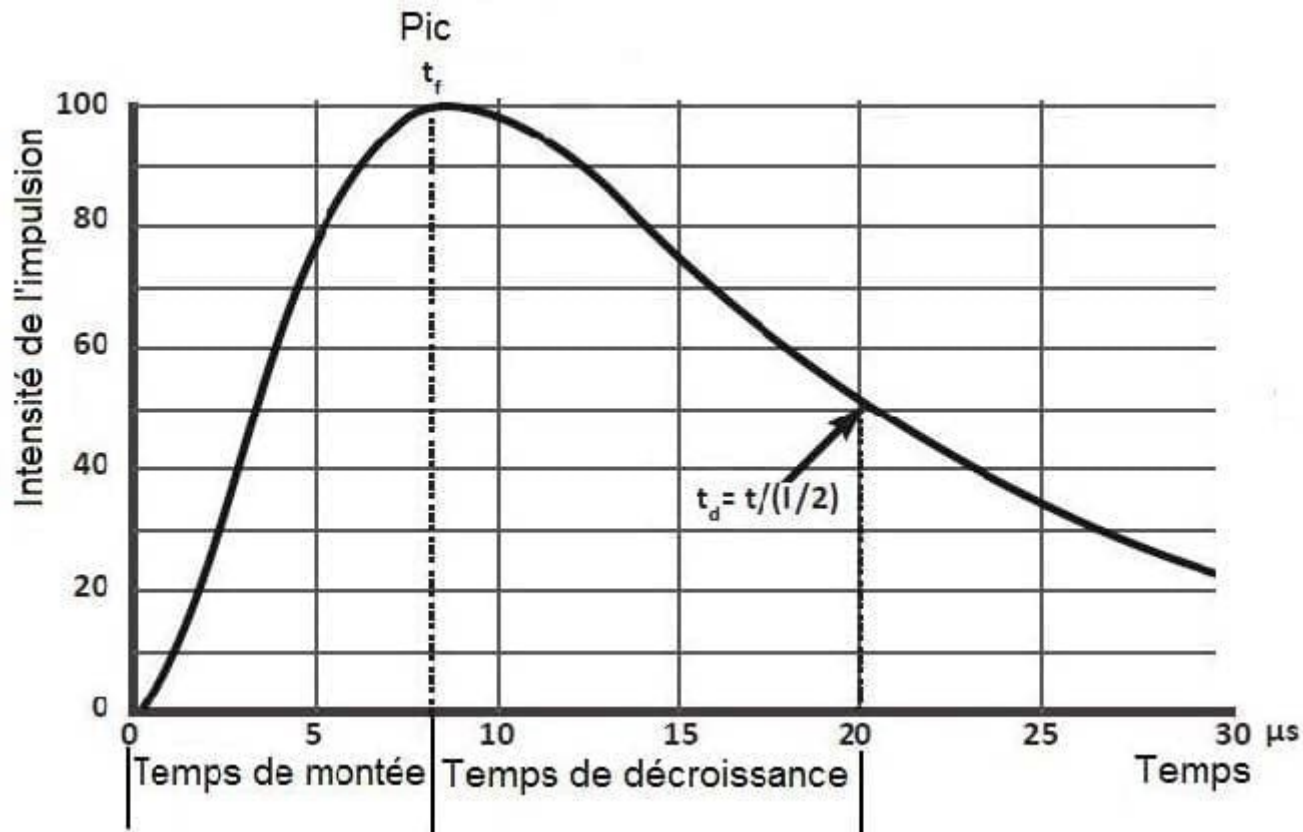
13. Pour utilisation sur circuit alternatif, 50 à 60 Hz inclus

14. Limites de température de la surface l'organe de mesure (Ts) si elle est supérieure à 20 K au-dessus de Tmax

3. Tension, circuit inductif ou résistif, angle de déphasage (cosinus phi)

En Europe, la tension la plus courante est 230 Volts alternatif. En règle générale, tous les appareils sont conçus pour ces conditions.

Le fonctionnement en 400 V doit respecter des conditions particulières d'écartement de contact. Cependant, il faut particulièrement faire attention à la charge qui est commandée: les valeurs des pouvoirs de coupure sont toujours données avec une charge résistive (cos phi= 1). Des applications avec charges inductives, moteurs, transformateurs, bobinages, ballast, ou capacitatives, telles que des condensateurs sur des commandes de moteurs bi-vitesse provoquent au niveau des contacts, des arcs électriques beaucoup plus importants. Les charges inductives ou capacitatives limitent fortement le pouvoir de coupure.



Lorsqu'un thermostat coupe une charge inductive, une force électromotrice relativement grande (force contre-électromotrice) est générée dans le circuit provoquant une surtension et un pic de courant transitoires. Plus cette force est importante, plus elle détériore les contacts.

Surtensions transitoires :

La quantité de courant électrique qui circule à travers le contact influe directement sur la vie du contact. Les surtensions transitoires sont des paramètres critiques auxquels doit résister le contact lorsqu'elles se produisent dans des circuits inductifs. Elles produisent une onde de surtension qui a généralement une largeur d'impulsion de 20 à 50 μs. L'impulsion de surtension est définie par son intensité et sa largeur. La largeur nominale est le temps mesuré à partir du début de l'impulsion jusqu'au moment où l'intensité est descendue à 50% de la valeur maximale. La courbe ci-dessus montre une surtension transitoire de 8/20μs.

Courants induits par les moteurs :

Lors du démarrage, un moteur peut avoir un courant d'appel 600% supérieur à son courant nominal. Par exemple, un moteur avec un courant nominal de 3 ampères peut requérir jusqu'à 18 ampères ou plus lors du démarrage. En outre, en cas de déconnexion, un moteur agit comme un générateur de tension car il ralentit jusqu'à l'arrêt. En fonction du moteur, il peut réinjecter dans le circuit une tension bien supérieure à la tension de ligne nominale. Ces tensions apparaissant sur les contacts peuvent provoquer un arc destructeur amenant une défaillance précoce du contact.

Courants induits par les lampes à incandescence:

Les lampes à incandescence, à filament de tungstène, peuvent, lors de l'allumage à froid, provoquer une surintensité de 10 à 15 fois la valeur nominale.

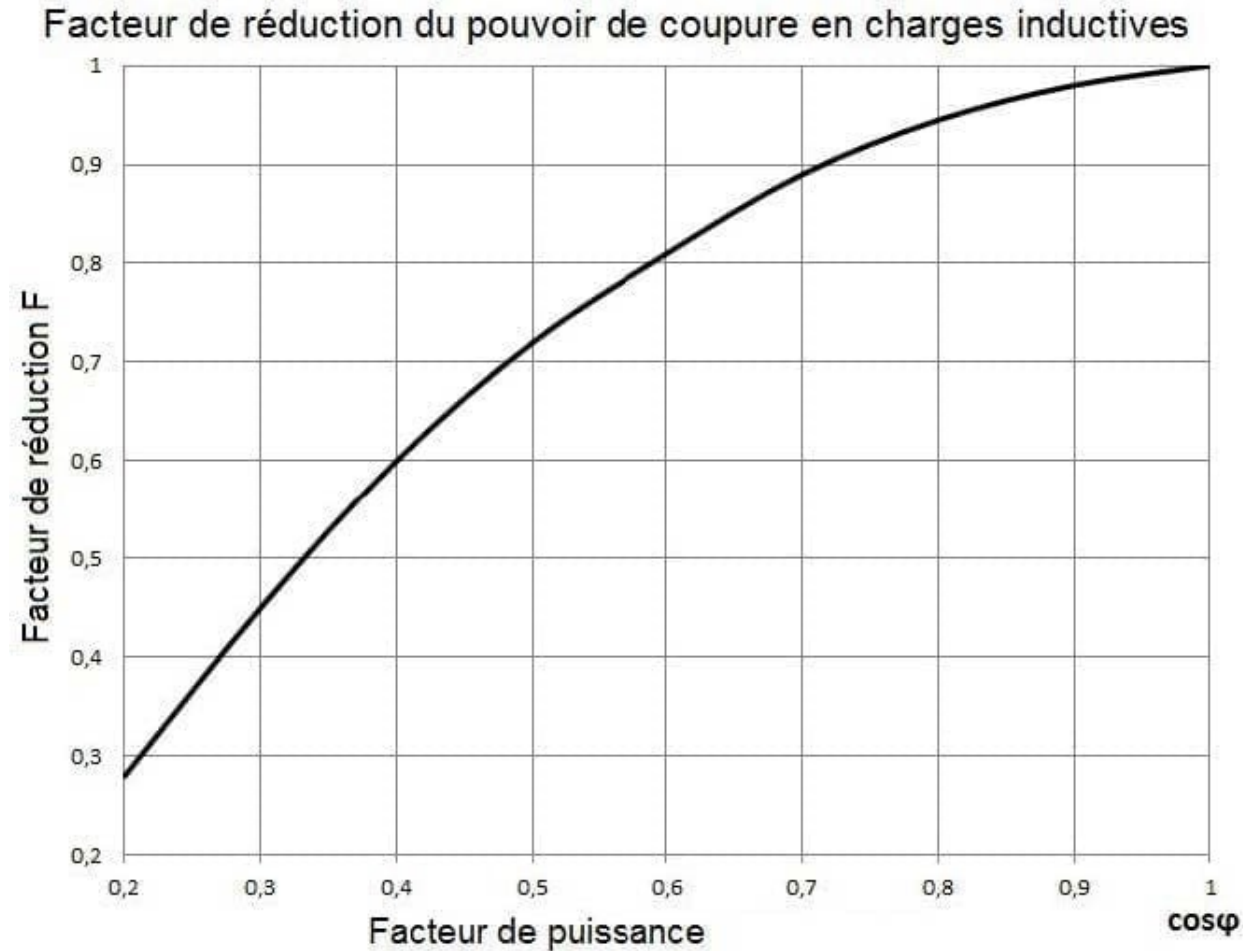
Courants inductifs induits par les transformateurs:

Lorsque l'alimentation est coupée dans le circuit d'un transformateur, son noyau peut contenir un magnétisme rémanent. Si le courant est rétabli lorsque la tension est de la même polarité que celle de l'aimantation rémanente, le noyau peut passer en saturation au cours de la première moitié du cycle de puissance. En conséquence, l'inductance sera minime et un courant d'appel pouvant aller jusqu'à 1000% peut survenir pendant quelques cycles jusqu'à ce que le noyau ne soit plus saturé. Comme pour les moteurs, lorsque l'alimentation d'un transformateur est coupée, le transformateur produira une force contre électromotrice pouvant initier un arc destructeur entre les contacts.

Charges capacitatives de ligne:

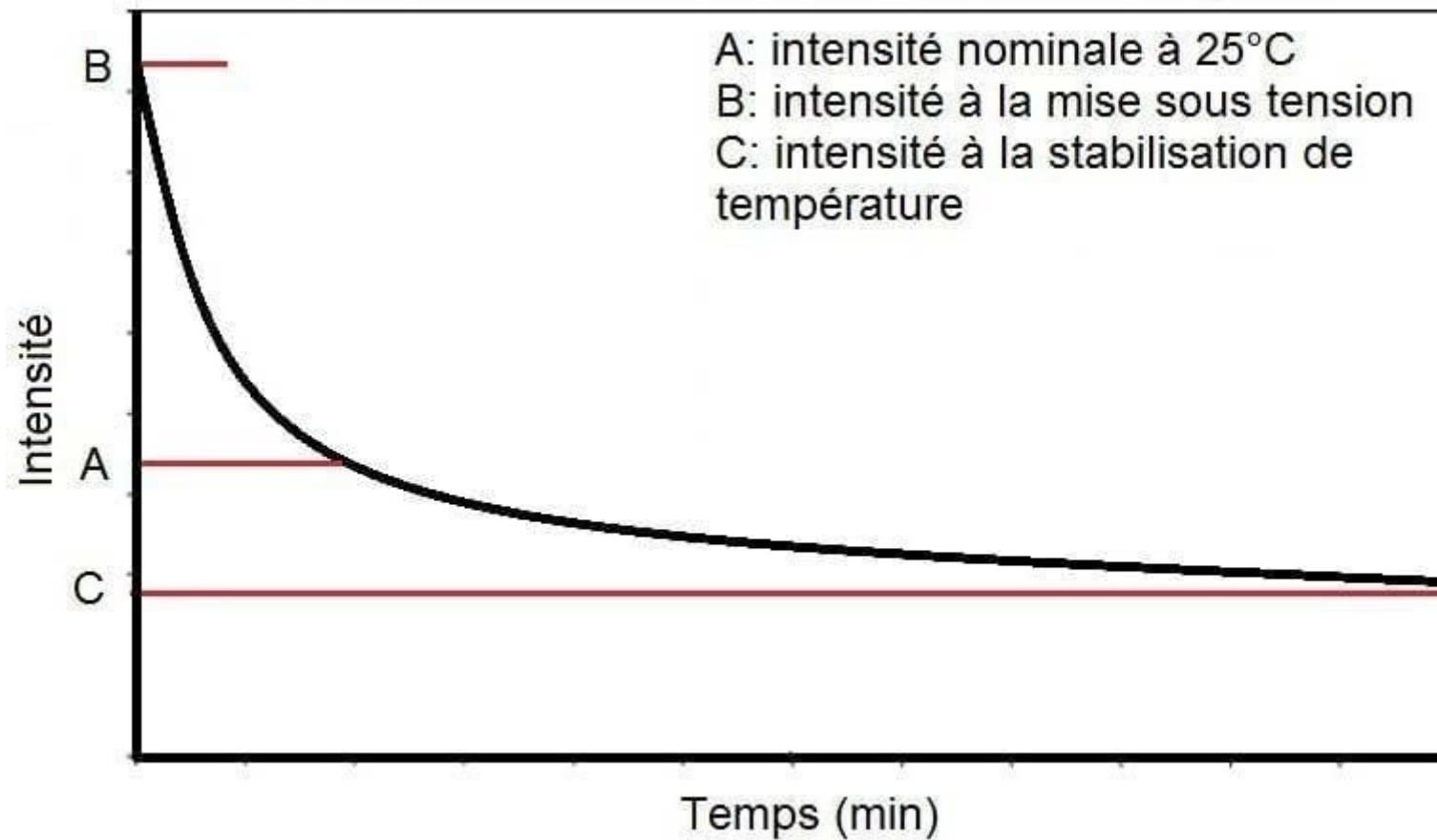
Cela se produit quand un thermostat est situé à une distance considérable de la charge à commuter. Au moment où le contact se ferme, la capacité du câble se charge avant que le courant circule. Au niveau des contacts, cet effet peut être comparé à un court-circuit, augmentant l'intensité bien au-delà de ce que peut supporter le contact.

Facteur de correction moyen lors de l'utilisation de charges inductives (sans système de réduction d'arc)



Pointes de courant des câbles auto-régulants

Il s'agit ici d'un effet complètement différent des surtensions et surintensités transitoires dues à l'interaction des contacts avec la charge. Cette surintensité est due à la conception des câbles auto-régulants à coefficient de température positif et cette surintensité peut prendre plusieurs minutes à se dissiper. Souvent le câble chauffant est à une température relativement basse (et donc sa résistance électrique est faible) lorsqu'il est mis sous tension. Sa faible résistance produira un fort courant de démarrage, inversement proportionnel à la température ambiante. Cette surintensité peut atteindre 2 fois la valeur nominale à 25 ° C donnée par le fabricant. Se référer aux notices des constructeurs de câbles pour en connaître la valeur.



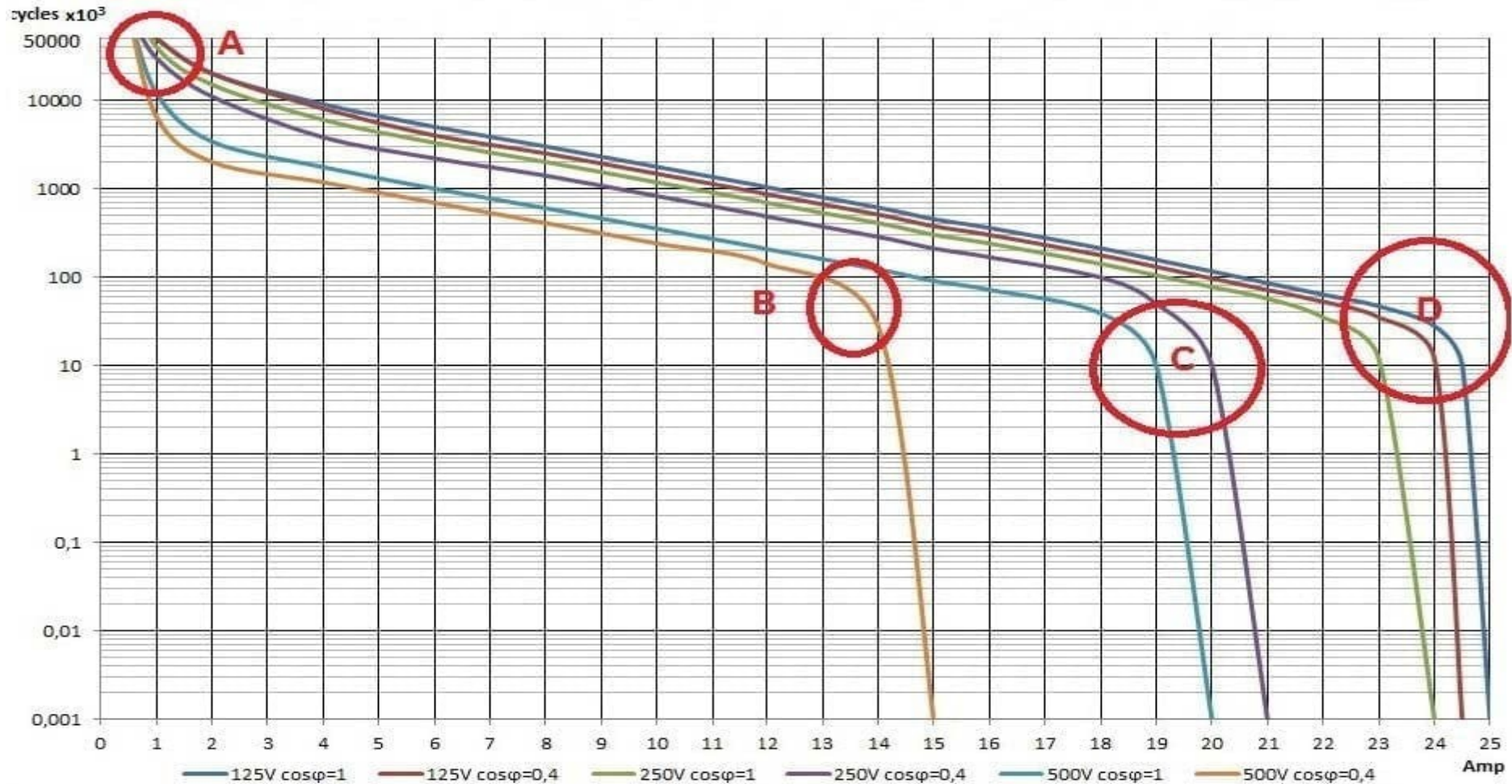
Valeur indicative moyenne des coefficients de réduction des pouvoirs de coupure en courant alternatif :

Charge résistive	Lampe à incandescence**	Bobine électromagnétique	Transformateur	Moteur monophasé	Moteur triphasé	Câbles chauffants autorégulants*
1	0.8	0.5	0.5	0.12/0.24	0.18/0.33	0.6

* Valeur moyenne, variable selon la température ambiante des câbles au démarrage, voir les notices des constructeurs et la norme CEI60898

** avec filament chaud

Durée de vie moyenne du contact électrique d'un thermostat 15A 250V, 300.000 cycles



Valeurs indicatives moyennes, pour un mécanisme à rupture brusque, avec contacts en argent. Points caractéristiques :

A : zone de rupture mécanique de la lame de contact par fatigue du métal

B : Zone de fusion rapide des contacts due au cumul courant inductif, tension élevée et intensité importante

C : Zone de détérioration rapide des contacts due aux arcs importants

D : Zone de détérioration des contacts due à l'échauffement de la lame de contact par effet Joule et à la perte de ses caractéristiques élastiques, combinée aux arcs électriques importants

Pour les courants alternatifs, la tension s'annule à chaque cycle, provoquant l'extinction de l'arc électrique.

Dans les circuits en courant continu le contact ne passe pas par un point avec une tension nulle lors de son action.

Cet arc ne s'éteint que lorsque l'écartement de contacts est très important (phénomène utilisé dans les postes de soudure à l'arc). Dans les thermostats de régulation cet écartement est en général faible, de 0,3 à 0,5 mm. Pour les tensions supérieures à 48V, l'écartement des contacts des thermostats est insuffisant pour éteindre l'arc, qui perdure grâce à la conductibilité électrique de l'air ionisé provoqué par le passage du courant. L'usure des contacts est alors excessivement rapide, et les contacts peuvent fondre ou se souder en quelques cycles, car le flux unidirectionnel du courant provoque un transfert de métal entre les contacts. Toute application demandant l'utilisation d'un thermostat dans un circuit en courant continu doit être étudiée avec soin, en collaboration avec le fournisseur du thermostat, pour que des solutions techniques fiables (augmentation de la distance des contacts, soufflage magnétique de l'arc, etc) soient mises en œuvre.

Réduction indicative des pouvoirs de coupure en courant continu sur des contacts en argent à rupture brusque, à durée de vie identique, en circuit résistif

Courant	Écartement 0.2 mm	Écartement 0.25 mm	Écartement 0.5 mm
Alternatif 250V	15	15	15
Continu 8V	15	15	15
Continu 30V	2	2	6
Continu 120V	0.4	0.4	0.5
Continu 230V	0.2	0.2	0.25

Hautes fréquences

Les utilisations en haute fréquence sont déconseillées, car elles font apparaître des surchauffes dans les boucles métalliques et ressorts de lames de contact, ce qui a pour effet de les recuire et de modifier leur flexibilité. La lame de contact perd alors son action brusque et le contact se soude ou s'use prématurément.

4. Vitesse de cyclage et nombre de cycles

La durée de vie d'un contact est, comme on l'a vu ci-dessus, le résultat de nombreux facteurs. Il est important que le contact ait le temps d'évacuer l'échauffement dû à l'arc électrique.

Des cycles trop rapides (supérieurs à 0,5 par seconde en général) provoquent une usure prématurée, car le contact n'arrive pas à évacuer l'élévation de température que ces cycles rapides provoquent.

La plupart des appareils sont conçus pour supporter :

- 100 000 cycles dans les appareils de régulation.
- 10 000 cycles dans les appareils de sécurité.

Mais il est possible, dans certaines applications que le nombre de cycles soit nettement plus faible. Un appareil prévu pour supporter 100 000 cycles à 1A pourra supporter 25A pendant quelques centaines de cycles, et 100 ou 150A pendant 1 cycle. C'est donc un paramètre très important à connaître pour la détermination d'un appareil.

5. La protection des contacts (condensateurs, filtres, varistances, soufflage magnétique)

Il est possible, par des accessoires externes au contact, de prolonger ou d'améliorer sa longévité. Ces systèmes ont tous pour but de limiter la durée de l'arc électrique.

- Le plus ancien est la capacité, montée en parallèle sur le contact, qui permet d'utiliser celui-ci en courant continu. Cette solution a été fortement utilisée il y a plusieurs dizaines d'années, lorsqu'il existait encore des distributions domestiques de courant continu. C'est une solution efficace et peu coûteuse
- Le filtre (ensemble condensateur et self) est principalement utilisé sur les contacts à rupture lente, pour éviter les parasites radio-électriques. Il augmente de manière notable la durée de vie
- Les varistances, plus récentes, absorbent les surtensions créées lors de l'ouverture du contact, et limitent la durée de l'arc et son intensité. Elles doublent ou triplent la durée de vie, particulièrement dans les circuits inductifs
- Le soufflage magnétique, peu utilisé, est uniquement destiné aux forts courants. Un aimant, situé autour de la zone de contact, dévie l'arc électrique ionisé, et lui fait parcourir un trajet plus important. C'est la solution aux coupures de courants continus en 110 et 240V de puissance importante
- L'inductance : ce système est monté en série sur le système de contact. Il a pour effet de lisser les pointes de tension. C'est un système interne au thermostat

6. Les contaminants

La présence dans l'atmosphère d'un certain nombre de corps peut avoir un effet nocif sur le fonctionnement des contacts.

En particulier:

- Une humidité relative élevée: arcs électriques plus intenses, car l'air perd une partie de son pouvoir isolant
- Présence d'ammoniaque: oxydation des lames porte-contact, qui sont à base de cuivre
- Présence de silicone: la présence de silicone sur les contacts empêche le passage du courant, car lors de l'arc électrique, le silicone se transforme en silice (oxyde d'alumine), isolant stable, résistant aux très hautes températures

7. Systèmes de contacts traversés par le courant

Dans certains appareils de petite taille (limiteurs de température), les lames porte-contact sont elles-mêmes les éléments de mesure de la température. Ces lames ne sont pas, en raison de leur composition, de très bons conducteurs de l'électricité. Le passage du courant dans celles-ci provoque un échauffement qui vient s'ajouter à la mesure de la température. On parle de sensibilité au courant et de dérive thermique de l'étalonnage.

8. Oxydation des contacts

Nous avons vu plus haut que la résistance du contact était très faible, de l'ordre de quelques milliohms. Quelle que soit l'intensité du courant qui y passe, cette résistance est trop faible pour provoquer un échauffement notable. Cependant, si pour une raison ou une autre (contamination, oxydation, pression de contact insuffisante, déformation mécanique etc.) cette résistance augmente, il peut très rapidement apparaître à cet endroit une surchauffe suffisante pour fondre les contacts ou endommager ou provoquer une inflammation des éléments proches.

9. L'action du contact

9.1 La régulation

C'est à l'origine la première fonction des thermostats. Un contact de régulation est un contact destiné à cycler régulièrement, en ouvrant et fermant un circuit électrique. Ce n'est pas une fonction de sécurité. Les contacts doivent supporter un nombre de cycles élevé.

9.2 Le réarmement automatique

Le réarmement automatique est une fonction de limitation de la température qui ne nécessite pas, en cas de déclenchement, l'intervention d'un opérateur. Le déclenchement de ce type de contact est destiné à avertir d'un mauvais fonctionnement. Le réarmement se fait lorsque la température est revenue dans des limites autorisées. Le nombre courant de cycles de fonctionnement de ce type d'action est compris entre 300 et 10 000.

9.3 Le réarmement manuel

Le réarmement manuel est une fonction de limitation de la température, qui nécessite, en cas de déclenchement, l'intervention d'un opérateur pour réarmer l'appareil. Le déclenchement de ce type de contact est destiné à avertir d'un mauvais fonctionnement. Le réarmement ne peut se faire que lorsque la température est revenue dans des limites autorisées. Le réarmement manuel peut être accessible ou caché. En général, on ne peut y accéder qu'après utilisation d'un outil ou démontage d'une pièce. Le nombre courant de cycles de fonctionnement de ce type d'action est compris entre 300 et 10 000.

9.4 Le réarmement électrique

C'est la même fonction que ci-dessus, mais il n'existe aucun poussoir de réarmement. Le réarmement se fait automatiquement après que l'on ait coupé l'alimentation électrique de l'appareil.

9.5 Le réarmement par baisse

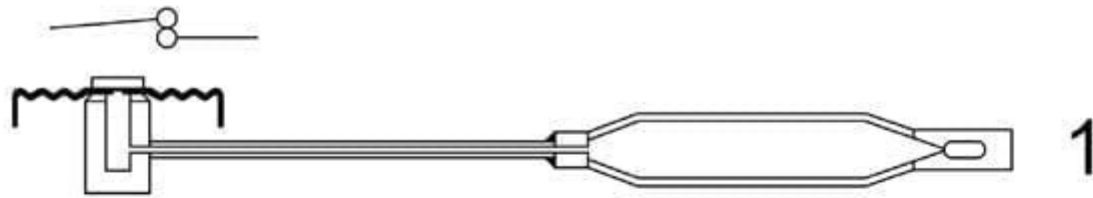
Le réarmement par baisse consiste en une remise en marche automatique après une baisse très importante de la température, en général proche de la température ambiante. Cette solution est très peu utilisée.

9.6 Le « one shot »

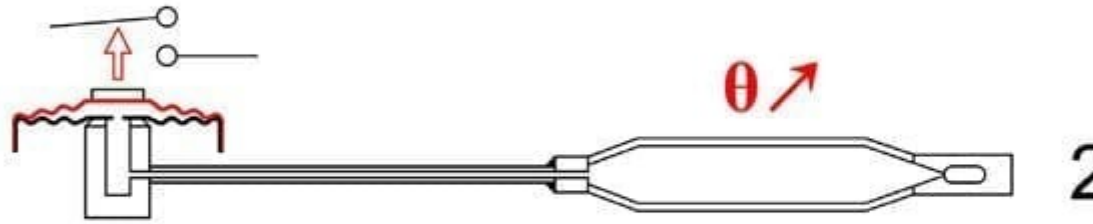
Le «one shot» est un type de contact qui ne peut s'ouvrir qu'une fois. Son utilisation est typiquement celle de la sécurité ultime, qui coupera définitivement l'alimentation électrique d'un appareil. La remise en marche demande le changement du thermostat. Son nombre de cycles de fonctionnement est de 1. Cette fonction peut être réalisée par la fusion d'un alliage, la rupture d'une bille de verre, le déclenchement d'un disque bimétallique dont le retour à la position initiale n'est pas possible dans les températures ambiantes les plus froides.

9.7 La sécurité positive

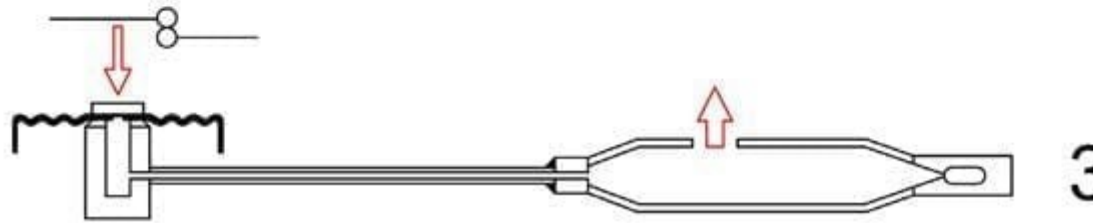
La sécurité positive est une fonction d'auto contrôle de l'appareil. Toute fuite ou rupture du système de mesure de la température amène une coupure définitive du chauffage. Cette fonction est difficile à définir dans les thermostats bimétalliques (disques, canne, bilames), mais dans les appareils comportant un train thermostatique, elle définit le mode de fonctionnement lorsque ce train thermostatique est percé.



1



2



3

Fonctionnement d'un train thermostatique standard :

En position 1: un train thermostatique standard est représenté en position de départ, à la température ambiante.

En position 2: la température sur le bulbe a atteint le point de consigne, et le gonflement du soufflet a provoqué l'ouverture du contact et donc l'arrêt du chauffage.

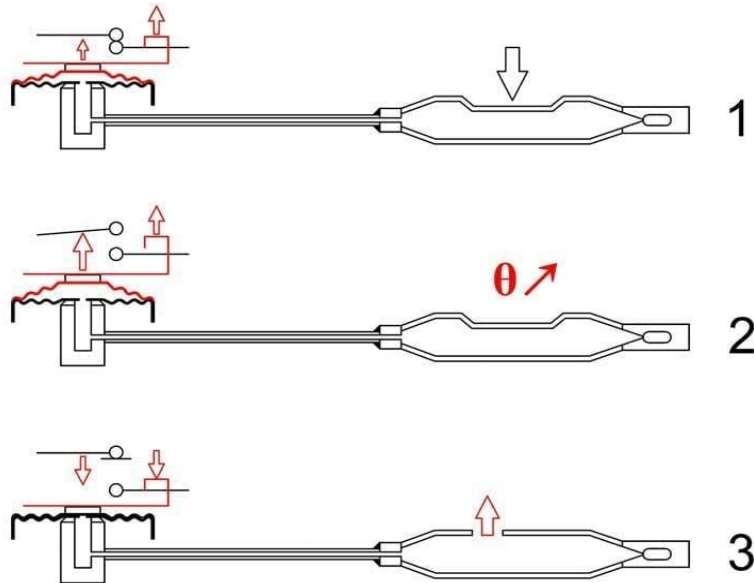
En position 3: le bulbe (ou le capillaire) est percé, le soufflet se dégonfle, le contact électrique se referme, et le chauffage est de nouveau mis en marche.

Mais plus aucune dilatation n'est transmise au soufflet, et rien n'arrête ni ne régule le chauffage. C'est la situation dangereuse à laquelle les systèmes à sécurité positive pallient. La sécurité positive est principalement utilisée sur les thermostats à réarmement manuel, montés en sécurité derrière un appareil de régulation.

Il existe deux systèmes ayant un mode de fonctionnement différent, chacun des systèmes ayant ses propres avantages et inconvénient.

- La sécurité positive des systèmes à dilatation de liquide
- La sécurité positive des systèmes à ébullition

La sécurité positive des systèmes à dilatation de liquide:



Dans ces systèmes, après fermeture du train thermostatique on provoque un gonflement artificiel du soufflet (1), à la température ambiante par un coup de presse sur le bulbe. Il est aussi possible de réaliser la même fonction en remplissant et fermant le train thermostatique à une température négative (-20, -30°C). De cette manière le soufflet continue à avoir un déplacement possible dans les températures situées sous la température ambiante.

Lorsque la température sur le bulbe augmente (2), la partie mobile du contact électrique est actionnée par le soufflet. Lorsque le bulbe ou le capillaire est percé (3) un mécanisme auxiliaire (en rouge) déplace la partie fixe du contact lorsque le soufflet se dégonfle, ouvrant alors le contact.

Ce système à sécurité positive permet de régler facilement la température de déclenchement des thermostats, car le mécanisme est similaire aux thermostats réglables, et permet donc de couvrir toute la zone de température de ceux-ci.

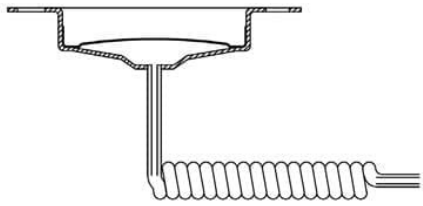
Il comporte cependant deux défauts:

- Le gonflement artificiel du soufflet augmente considérablement le volume de liquide à l'intérieur de celui-ci, et donc sa sensibilité à la température ambiante sur la tête du thermostat. Exemples de dérive du point de consigne sur un thermostat à réarmement manuel avec capillaire 1,5m, étalonné à 90°C :

Type de mécanisme	Température de coupure si la tête du thermostat est à 0°C	Température de coupure si la tête du thermostat est à 50°C
Avec sécurité positive	90+8,1	90-9,5
Sans sécurité positive	90+5,5	90-6,5

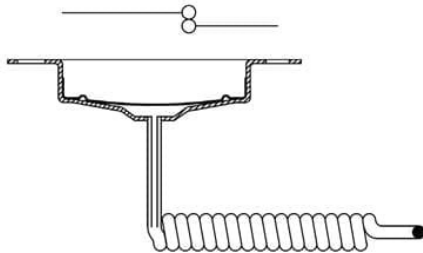
- Lorsque la température ambiante descend, le soufflet continue à se contracter, et peut atteindre le seuil de déclenchement de la sécurité. Ce type de déclenchement intempestif est prévu par la norme EN60730, qui fixe le seuil minimal sans déclenchement à -15°C. Cependant lors d'utilisation de ces thermostats dans des zones froides, il est nécessaire de réchauffer le bulbe du thermostat jusqu'à des températures proches de 20°C pour permettre le réarmement manuel de la sécurité

La sécurité positive des systèmes à ébullition:



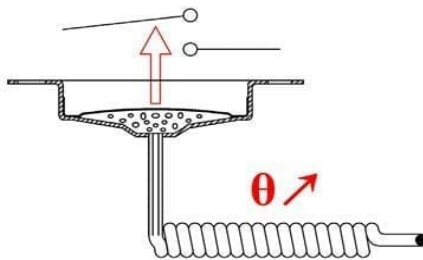
1

Dans les systèmes à ébullition, le soufflet du train thermostatique est composé de deux coupelles, dont une seule se déforme. Cette coupelle déformable est bombée comme un disque bimétallique, passant brusquement d'une position concave à convexe lorsqu'elle est soumise à une contrainte. Le train thermostatique, avant son remplissage (1) est réalisé pour que cette coupelle soit en position normale bombée vers l'extérieur.



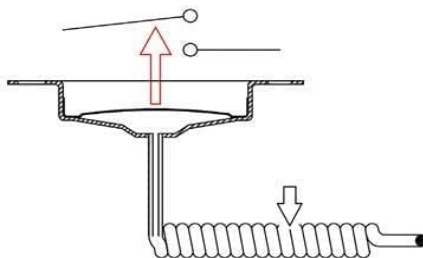
2

Ce train thermostatique est ensuite rempli de liquide sous vide, puis fermé en maintenant la coupelle bombée vers l'intérieur (2). Dans cette position, les contacts sont fermés.



3

En cas d'augmentation de température, le liquide à l'intérieur se met à bouillir à la température déterminée par sa composition. L'augmentation importante de volume provoquée par cette ébullition provoque le changement de forme de la coupelle, qui ouvre le contact (3). Lors du refroidissement du liquide, la force nécessaire au retournement de la coupelle est insuffisante, et il est nécessaire d'appuyer sur celle-ci avec un bouton de réarmement pour lui faire retrouver sa forme initiale.



4

En cas de percement ou de fuite dans le bulbe ou le capillaire, le liquide à l'intérieur est mis à la pression atmosphérique, et la coupelle se bombe vers l'extérieur.

Ce système est particulièrement simple, fiable, et ne nécessite pas de mécanisme compliqué. Il n'est pas sensible à la température ambiante sur le capillaire ou sur la tête, ne déclenche pas intempestivement lorsque les températures ambiantes sont trop basses. Il comporte cependant, comme le précédent deux défauts:

- Les températures de déclenchement sont fonction des températures d'ébullition des liquides utilisés, (En général mélanges d'eau, de glycol et d'alcool), et de ce fait ils sont limités à des plages entre 60 et 170°C
- Ils sont sensibles à la pression atmosphérique, et leur point de consigne varie légèrement avec l'altitude

10. Les contacts multiples

10.1 Les contacts inverseurs

Le contact inverseur est un contact comportant 3 bornes de raccordement. On distingue un commun, un contact normalement fermé et un contact normalement ouvert. Lors de son actionnement, le contact bascule d'une position à l'autre. Cela permet par exemple de couper le chauffage et simultanément de mettre en marche une ventilation.

10.2 Les contacts simultanés

Les contacts simultanés sont des contacts indépendants, dont le basculement est synchrone. C'est particulièrement important dans les appareils coupant un circuit triphasé, car la coupure des trois phases doit se faire au même moment.

10.3 Les contacts étagés

Les contacts étagés sont des contacts actionnés par le même système de mesure, mais coupant à des températures différentes.

10.4 Les contacts à zone neutre

Ces contacts sont une version des contacts étagés. Leur application particulière est le conditionnement d'air ou la réfrigération. Par exemple le contact N°1 coupera le chauffage à 100°C, le contact N°2 mettra en marche la ventilation à 120°C. Entre ces deux températures, aucune action ne sera demandée : c'est la zone neutre.

10.5 Les contacts à différentielle réglable

La différentielle est la différence de température existante entre le moment où l'appareil actionne (coupe) un contact et le moment où, à la suite de la baisse de température résultant de son action de coupure, il réenclenche. Selon le type de contact, ces différentielles peuvent être très différentes. La différentielle réglable est un système de réglage permettant à l'utilisateur de modifier cet écart. Pour des raisons techniques et de coût, cette configuration est réservée aux systèmes à dilatation de gaz de types industriels.

10.6 Les contacts mixtes

Par contacts mixtes, on entend une combinaison des différents systèmes ci-dessus. La combinaison la plus courante est un contact de régulation et un contact à réarmement ou un contact « one shot ».

10.7 Les contacts antidéflagrants

Le contact antidéflagrant est un contact qui ne permet pas à l'arc électrique qu'il produit de propager une explosion à l'extérieur de son enveloppe. L'arc électrique n'est pas supprimé. On distingue les appareils dont seul le contact électrique est protégé et ceux dont la totalité du mécanisme est protégée.

10.8 Les contacts sous enveloppe antidéflagrante

Dans ces appareils seul le mécanisme du contact électrique est protégé par une enveloppe antidéflagrante. Les raccordements électriques se font à l'extrémité d'un câble solidaire de l'enveloppe du contact, obligatoirement hors zone, ou dans un boîtier de raccordement approprié. Cette solution autorise des appareils de petite dimension, et permet des coûts faibles.

10.9 Les boîtiers antidéflagrants

Les boîtiers antidéflagrants sont des enveloppes massives où la totalité de l'appareil est enfermée. Les raccordements électriques peuvent s'effectuer à l'intérieur de cette enveloppe.