FONCTION IMAGE THERMIQUE (TTR49L)

À la base, la protection thermique linéaire mesure les courants triphasés échantillonnés. Les valeurs RMS sont calculées et le calcul de la température est basé sur la valeur RMS la plus élevée des courants de phase.

Le calcul de la température est basé sur la solution étape par étape de l'équation thermique différentielle. Cette méthode gère la « sur-température », c'est-à-dire la température supérieure à la température ambiante. Par conséquent la température de l'objet protégé est la somme de la « sur-température » calculée et de la température ambiante.

Si la température calculée (« sur-température » calculée + température ambiante) est supérieure aux valeurs limites, les signaux d'état déclenchement et blocage redémarrage sont générés.

Pour un réglage correct, les valeurs suivantes doivent être mesurées et définies comme paramètres : le courant de charge nominale est le courant continu utilisé pour la mesure, la température nominale est la température stable au courant de charge nominale, la température de base est la température de l'environnement durant la mesure et la constante de temps est la constante de temps de chauffe/refroidissement mesurée de la température exponentielle de la fonction.

Lors de l'alimentation de l'appareil de protection, l'algorithme permet la définition de la température de démarrage comme valeur initiale de la température calculée. Le paramètre Temp. démarrage est la température initiale au dessus de la température de l'environnement comparée à la température nominale au dessus de la température de l'environnement.

La température ambiante peut être mesurée en utilisant par ex. une sonde de température générant des signaux analogiques proportionnels à la température. En l'absence d'une telle mesure, la température de l'environnement peut être définie en utilisant le paramètre dédié TTR49L_Amb_IPar_ (Température ambiante). La sélection entre la valeur du paramètre et la mesure directe est effectuée en définissant le paramètre booléen binaire.

Le problème des éléments métalliques (la ligne protégée) exposés au soleil est qu'ils sont plus chauds que la température « ambiante » même sans courant d'échauffement. Par ailleurs ils sont refroidis par le vent et le coefficient de transfert de chaleur dépend fortement des effets du vent. Comme les lignes aériennes sont situées dans des environnements géographiques différents sur les dizaines de kilomètres de route, les effets du soleil et du vent ne peuvent pas être considérés en détail. La meilleure approximation est de mesurer la température d'une partie de ligne aérienne sans courant mais exposée aux mêmes conditions environnementales que la ligne protégée.

L'utilisation d'une protection thermique de la ligne aérienne est une meilleure solution qu'une simple protection de surcharge en fonction de la surintensité car la protection thermique « se souvient » des états de charge précédents de la ligne et le réglage de la protection thermique ne nécessite pas une marge de sécurité élevée entre le courant permis et le courant thermique continu permis dans la ligne. Dans une large gamme d'états de charge et de températures ambiantes, cela permet une meilleure exploitation thermique et en conséquent du courant transportant la capacité de la ligne.

L'équation différentielle thermique à résoudre est la suivante :

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{1}{T} \left(\frac{I^2(t)R}{hA} - \Theta \right), \text{ et la définition de la constante de temps de chauffe est : } T = \frac{cm}{hA}$$

Dans cette équation différentielle :

I(t) (RMS) courant d'échauffement, la valeur RMS change généralement avec le temps ;
R résistance de la ligne ;
c capacité thermique spécifique du conducteur ;
m masse du conducteur ;
 θ élévation de la température au-dessus de la température de l'environnement ;
h coefficient de transfert thermique de la surface du conducteur ;
A superficie de la surface du conducteur ;
t durée.

La solution de l'équation différentielle thermique pour un courant constant est la température comme fonction de temps (la dérivation mathématique de cette équation est décrite dans un autre document) :

$$\Theta(t) = \frac{I^2 R}{hA} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \Theta_o e^{-\frac{t}{T}}$$

où
 Θ_o est la température initiale.

Garder à l'esprit que le calcul de la température mesurable est le suivant :

$$\text{Température}(t) = \Theta(t) + \text{Temp_ambiante}$$

où
Temp_ambiante est la température ambiante.

Dans un document séparé il est prouvé que certains paramètres plus facilement mesurables peuvent être introduits au lieu de ceux susmentionnés. Ainsi, la forme générale de l'équation du dessus est :

$$H(t) = \frac{\Theta(t)}{\Theta_n} = \frac{I^2}{I_n^2} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \frac{\Theta_o}{\Theta_n} e^{-\frac{t}{T}}$$

où :
H(t) est le « niveau thermique » de l'objet chauffé, cette température est un pourcentage de la température de référence Θ_n . (C'est une quantité adimensionnelle mais elle peut également être exprimée sous forme de pourcentage.)

Θ_n est la température de référence supérieure à la température de l'environnement, qui peut être mesurée en état stable en cas de courant de référence continu I_n .

I_n est le courant de référence (peut être considéré comme le courant nominal de l'objet chauffé). Si le débit est continu, alors la température de référence peut être mesurée en état stable.

$\frac{\Theta_o}{\Theta_n}$ est un paramètre de la température initiale lié à la température de référence

Le *module de calcul RMS* calcule les valeurs RMS des courants de phase individuellement. La fréquence d'échantillonnage des calculs est de 1 kHz. Donc, théoriquement, les composants dont la fréquence est inférieure à 500 Hz sont considérés correctement dans les valeurs RMS. Ce module ne fait pas partie de la fonction de surcharge thermique, mais de la phase préparatoire.

Le *module de sélection max* sélectionne la valeur maximale des courants RMS des trois phases.

Le module de réplique thermique résout la première équation différentielle thermique en utilisant une simple méthode étape par étape et compare la température calculée avec les valeurs définies par les paramètres. La valeur du capteur de température proportionnelle à la température ambiante peut être une entrée (ce signal est facultatif, défini au réglage du paramètre).

La fonction peut être désactivée par un paramètre, ou génère une impulsion de déclenchement si la température calculée dépasse la valeur de déclenchement donnée par un paramètre. Mais elle ne réinitialise que si la température descend au-dessous de la « Débloquer température ».

La fonction de protection thermique linéaire possède deux signaux d'entrée binaires. Les conditions de la désactivation sont définies par l'utilisateur, en utilisant l'éditeur d'équation graphique. Un des signaux peut bloquer la fonction de protection thermique linéaire, l'autre peut redéfinir la chaleur accumulée et régler la température à la valeur définie pour la procédure de test de chaleur subséquente.

Données techniques

Données techniques	Précision
Durée de fonctionnement à $I > 1,2 * I_{trip}$	<3 % ou <± 20 ms

Réglages

Paramètre	Désignation	Sélection	Par défaut
Paramètre pour mode de fonctionnement			
TTR49L_Oper_EPar_	Fonctionnement	Désactivé, Cadencé, Verrouillé	Cadencé

La signification des valeurs énumérées est la suivante :

Désactivé la fonction est désactivée. Aucun signal de sortie n'est généré ;

Cadencé la fonction génère une impulsion de déclenchement si la température calculée dépasse la valeur de déclenchement

Verrouillé la fonction génère un signal de déclenchement si la température calculée dépasse la valeur de déclenchement Elle réinitialise uniquement si la température descend au-dessous de « Débloquer température ».

Paramètre	Désignation	Unité	Min	Max	Pas	Par défaut
Alarme de température						
TTR49L_Alm_IPar_	Alarme de température	degré	60	200	1	80
Température déclenchement						
TTR49L_Trip_IPar_	Température déclenchement	degré	60	200	1	100
Température nominale						
TTR49L_Max_IPar_	Température nominale	degré	60	200	1	100
Température base						
TTR49L_Ref_IPar_	Température base	degré	0	40	1	25
Déverrouiller température						
TTR49L_Unl_IPar_	Déverrouiller température	degré	20	200	1	60
Température ambiante						
TTR49L_Amb_IPar_	Température ambiante	degré	0	40	1	25
Temp. démarrage						
TTR49L_Str_IPar_	Temp. démarrage	%	0	60	1	0
Courant de charge nominale						
TTR49L_Inom_IPar_	Courant de charge nominale	%	20	150	1	100
Constante de temps						
TTR49L_pT_IPar_	Constante de temps	mn	1	999	1	10

Paramètre booléen	Titre signal	Sélection	Par défaut
Paramètre pour utilisation du capteur de température ambiante			
TTR49L_Sens_BPar_	Capteur de température	Non, Oui	Non