FONCTION IMAGE THERMIQUE (TTR49M)

Le bloc fonction : « Image Thermique » à partir de la mesure du courant qui circule sur chacune des phases qui alimente le moteur, élabore les composantes Directe et Inverse qui constituent ce courant. Il détermine ensuite une « image thermique » du moteur qu'il protège en appliquant l'équation suivante :

$$I = \sqrt{I_1^2 + k * I_2^2}$$

Où,
I1 est la composante Directe du courant
I2 est la composante Inverse du courant
K est un coefficient de pondération dépendant de la puissance du moteur.

Note : La mesure du courant I2 est limitée à 1,5In. Au-delà de cette valeur, la composante inverse I2 est prise égale à 1,5In et le coefficient K prend autotmatiquement la valeur de 500%.

Le coefficient de pondération est défini par l'utilisateur lors du renseignement du paramètre (INeg. Scale). Ce dernier permet de prendre en consédération l'influence des déséquilbres dans l'échauffement du rotor et des amortisseurs du moteur.

La constante de temps d'échauffement du moteur se définit grace au paramètre : « Time constant ». Le paramètre (Cooling/Heating) permet, quant à lui, de définir la valeur de la constante de refroidissement du moteur lorsque celui-ci est arrêté.

La méthode de suivi de l'échauffement du moteur est obtenue par la résolution de l'équation différentielle « thermique » (voir ci-dessous). Celle-ci considère que l'état thermique du moteur est la somme de la température ambiante et de sa température du fait de la surcharge qu'il vient ou qu'il est en train de subir.

En cas de nécessité de prise en considération de la température ambiante, celle-ci peut être obtenue par l'utilisation d'une sonde thermique (type PT100 par exemple), ou par le renseignement du paramètre « Ambient Temperature ». Le choix entre les deux possibilités se fait par la programmation du paramètre « Temperature Sensor ».

Si l'image thermique calculée (somme de "élévation de température" et de la température ambiante) est supérieure aux seuils, les informations suivantes sont générées.

- Alarme thermique
- Déclenchement thermique
- (Dé)verrouillage thermique

Pour un réglage optimal, les valeurs suivantes doivent être mesurées, définies et paramètrées dans le relais :

- le courant nominal de charge,
- la température nominale au courant nominal de la charge,
- la température de base, ou température ambiante au moment des mesures
- les constantes de temps, (en fonctionnement et à l'arrêt) qui correspond aux constantes de temps d'échauffement/refroidissement.

A la mise sous tension du relais de protection, le programme définit la température à cet instant (Startup Temp) comme étant la température initiale calculée.

Le paramètre Startup Term est la température initiale supérieure à la température ambiante comparée à la température nominale supérieure à la température ambiante.

Pour les moteurs de forte puissance avec de lourdes conditions de démarrage, un signal logique peut diminuer l'échauffement calculé à la moitié de sa valeur ($I^2/2$), évitant ainsi l'émission d'un ordre de déclenchement par surcharge thermique lors du démarrage du moteur.

La protection des moteurs par une fonction Image Thermique est la solution la plus appropriée par rapport à une protection de surcharge classique (maximum de courant) car la fonction thermique mémorise l'état de charge précédent du moteur et les réglages de la protection thermique ne nécessitent pas une grande marge de sécurité vis-à-vis des courant de démarrage et le « courant thermique » autorisé du moteur.

Dans le cas de larges zones de charge et de larges zones de température, cela permet une meilleure surveillance de la température et par conséquence une meilleure capacité de transport de la ligne.

L'équation différentielle de température est la suivante :

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{1}{T}\left(\frac{I^2(t)R}{hA} - \Theta\right)$$, avec pour constante de temps à l'échauffement : $T = \frac{cm}{hA}$

La solution de l'équation différentielle thermique pour un courant constant est une température fonction du temps (pour plus de détail voir document spécifique à cette fonction).

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

Avec pour les trois équations :

I(t)	courant de surcharge ;
R	résistance du moteur ;
c	capacité thermique du conducteur ;
m	masse du conducteur ;
θ	élévation de température au dessus de la température ambiante ;
h	coefficient de transfert de chaleur à la surface du conducteur ;
A	surface du conducteur ;
t	temps.
Θ_o	Température de départ.

Rappelons le calcul de la température mesurée répond à l'équation suivante : Temperature(t) = Θ(t)+Temp_ambient (où Temp_ambient est la température ambiante).

Dans un document séparé, il est présenté qu'une approche avec des paramètres mesurables donc plus facilement accessibles peuvent être utilisés en lieu et place de ceux mentionnés ci-dessus. Ainsi, la solution générale de cette équation est :

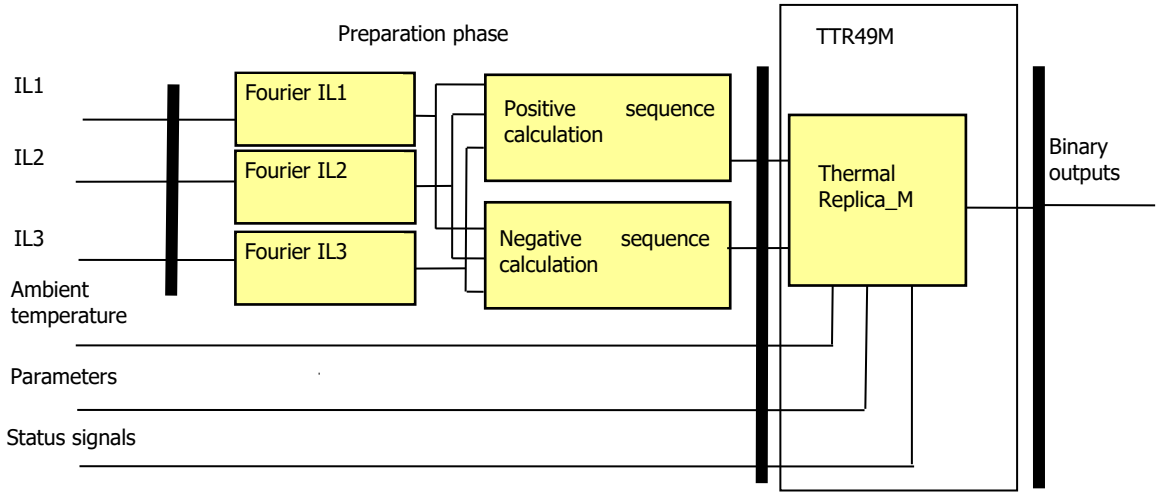
$$H(t) = \frac{\Theta(t)}{\Theta_n} = \frac{I^2}{I_n^2}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \frac{\Theta_o}{\Theta_n} e^{-\frac{t}{T}}$$

où:

H(t)	"état thermique" du moteur, il s'agit d'une valeur par rapport à la température de référence Θ_n. (C'est une valeur sans dimension mais elle peut être exprimée sous forme de pourcentage.)
Θ_n	température de référence supérieure à la température de l'environnement, qui peut être mesurée en régime établi et dans le cas d'un courant constant de référence In.
I_n	courant de référence (peut être considéré comme le courant nominal du moteur). Si la circulation du courant est permanente, alors la température de référence peut être mesurée en régime établi.
$\frac{\Theta_o}{\Theta_n}$	rapport de la température de départ sur la température de référence

Le module "RMS calculations modul" calcule les valeurs efficaces des courants triphasés individuellement. La fréquence d'échantillonage du calcul est de 1kHz, toutefois, théoriquement, les composantes de fréquence en dessous de 500 Hz sont prises en considération dans les valeurs RMS. Ce module ne fait pas partie de la fonction image thermique, il appartient à la phase préliminiaire.

Principe d'élaboration de l'image thermique d'un moteur



Le bloc fonction « Image Thermique » travail à partir du courant circulant sur les trois phases (IL1, IL2, IL3).

Les grandeurs d'entrée du module « Thermal replica » sont les composantes directe et inverse des courants circulant sur les trois phases, la température ambiante, les paramètres et l'état d'une information logique.

Le module "Thermal replica" résoud l'équation différentielle de 1er ordre en utilisant une méthode pas à pas et compare la température calculée aux valeurs programmées.

La fonction peut être désactivée par paramètrage, ou générer une impulsion de déclenchement si la température calculée dépasse le seuil réglé. L'acquittement du défaut, selon la progarmmation de l'appareil peut n'être possible que si la température redescend en dessous d'une valeur "Unlock temperature".

Caractéristiques techniques

Donnée technique	Précision
Précision sur la dynamique de courant de 20 à 2000%In	<± 1% In
Précision du temps de fonctionnement à 150% du seuil	<5%

Paramètres de réglages

Paramètre	Désignation	Réglage				Défaut
Mode de fonctionnement						
TTR49M_Oper_EPar_		Off, Pulsed, Locked (1)				Pulsed
Seuil d'alarme		**Unité**	**Min**	**Max**	**Pas**	
TTR49M_Alm_IPar_	Alarm Temperature	deg	60	200	1	80
Seuil de fonctionnement						
TTR49M_Trip_IPar_	Trip Temperature	deg	60	200	1	100
Température nominale						
TTR49M_Max_IPar_	Rated Temperature	deg	60	200	1	100
Température de base						
TTR49M_Ref_IPar_	Base Temperature	deg	0	40	1	25
Température d'acquittement						
TTR49M_Unl_IPar_	Unlock Temperature	deg	20	200	1	60
Température ambiante						
TTR49M_Amb_IPar_	Ambient Temperature	deg	0	40	1	25
Température initiale						
TTR49M_Str_IPar	Startup Term	%	0	60	1	0
Courant nominal de charge						
TTR49M_Inom_IPar_	Rated Load Current	%	20	150	1	100
"Idle current" valeur de courant en dessous de laquelle la constante de refroidissement est active						
TTR49M_Imin_IPar	Idle current	%	1	30	1	5
Constante d'échauffement						
TTR49M_pT_IPar_	Time Constant	min	1	999	1	10
Constante de refroidissement						
TTR49M_cpT_IPar_	Cooling/Heating	%	100	400	1	200
Coefficient de ponderation de la composante inverse						
TTR49M_NegScale_IPar_	INeg Scale	%	100	500	1	200
Présence d'une sonde de température						
TTR49M_Sens_BPar_	Temperature Sensor	No, Yes				No

(1)
Off — la fonction est désactivée ; aucun signal de sortie n'est généré ;
Pulsed — la fonction génère une impulsion de déclenchement si la température calculée dépasse le seuil de déclenchement
Locked — la fonction génère un signal de déclenchement si la température calculée dépasse le seuil de déclenchement. Ce signal est acquitté si la température redescend en dessous de la valeur "Unlock temperature".

Informations logiques

TTR49M_Alarm_GrI_	Alarm	**Sorite logique indiquant la presence d'une Alarme Thermique**
TTR49M_GenTr_GrI_	General Trip	Sortie logique indiquant l'émission d'un ordre de déclenchement dû à une surcharge thermique
TTR49M_Lock_GrI_	Reclose locked	Sortie logique interdisant la remise sous tension du moteur tant que son état thermique n'est pas redescendu sous une limite
TTR49M_Blk_GrO_	Block	Entrée logique inhibant le fonctionnement de l'unité thermique (bloc function)
TTR49M_Reset_GrO_	Reset	Entrée permettant de remettre à zero ll'image thermique (à utilizer lors des tests de mise en service de la protection)
TTR49M_StartUp_GrO_	Heavy start	Entrée permettant de prendre en compte le démarrage de gros moteurs. L'activation de cette entrée réduit de moitié la valeur de l'échauffement ($I^2/2$).

Les utilisations des informations logiques sont définies par l'utilisateur, à l'aide de l'éditeur d'équation logique EUROCAP.