

Les régulateurs de puissance chauffent en douceur

Dans bien des applications de process thermiques avec chauffage par résistance électrique, il existe un paramètre qui peut souvent être affiné : c'est la « chauffe ». Les enjeux sont importants, puisque les courants peuvent atteindre plusieurs centaines voire plusieurs milliers d'ampères. Les régulateurs de puissance à thyristors disposaient de multiples modes de génération de courant pour s'adapter au mieux au type de résistance utilisé. Les modèles dernièrement apparus sur le marché vont plus loin, avec notamment des possibilités de coordonner le fonctionnement de groupes de régulateurs afin de supprimer les paramètres d'influence (variations du secteur, non-linéarités et variations temporelles des charges).



La maîtrise de la fonction « chauffe » est essentielle pour la bonne marche, la qualité, le suivi, l'amélioration de la productivité d'une installation de transformation : verrerie, plasturgie, sidérurgie, etc.

Cette fonction est assurée par des modules spécialisés connus sous différentes appellations ; anciennement appelés « blocs de puissance » ou « gradateurs », on les désigne plus couramment aujourd'hui sous le vocable « commande de puissance à thyristors » et « régulateurs de puissance », cette dernière appellation faisant référence à l'intégration de fonctions de régulation de puissance.

Ces fonctions ont pour but de maintenir constante une tension, un courant ou une puissance affectés à une résistance de chauffe. Toutes les variations dues notamment aux variations du secteur ou aux variations de l'impédance de cette charge sont aujourd'hui maîtrisables.

En choisissant un régulateur de puissance disposant de ces fonctionnalités, les facteurs d'influence déstabilisants pour la boucle de température sont compensés.

La qualité de la boucle de régulation thermique est ainsi grandement améliorée.

Des modes de conductions adaptés à chaque situation

La température et l'atmosphère à l'intérieur d'un four déterminent le type d'élément de chauffe à utiliser. Le plus souvent, il s'agit d'éléments de type résistif ou selfique (ou la combinaison des deux). Certaines résistances nécessitent des tensions d'alimentation basses et isolées du secteur, ce qui demande alors d'avoir recours à un transformateur. Les régulateurs de puissance doivent être capables de s'adapter à tous les cas de figure. Pour ce faire, deux grandes techniques de conduction ont été imaginées : l'angle de phase et le train d'ondes ; il existe aussi des combinaisons de ces deux modes.

■ Mode Tout-Ou-Rien ou train d'ondes

La charge n'est alimentée que lorsqu'une tension est appliquée sur l'entrée de commande. Enclenchement et déclenchement se font au zéro de tension. Ce mode est adapté aux installations les plus simples, possédant une certaine inertie, et lorsqu'une légère oscillation est admissible de part et d'autre de la consigne. Les thyristors conduisent jusqu'à atteindre cette valeur, la conduction reprendra lorsque l'écart sera suffisant.

■ Mode train d'ondes syncopé (TAKT)

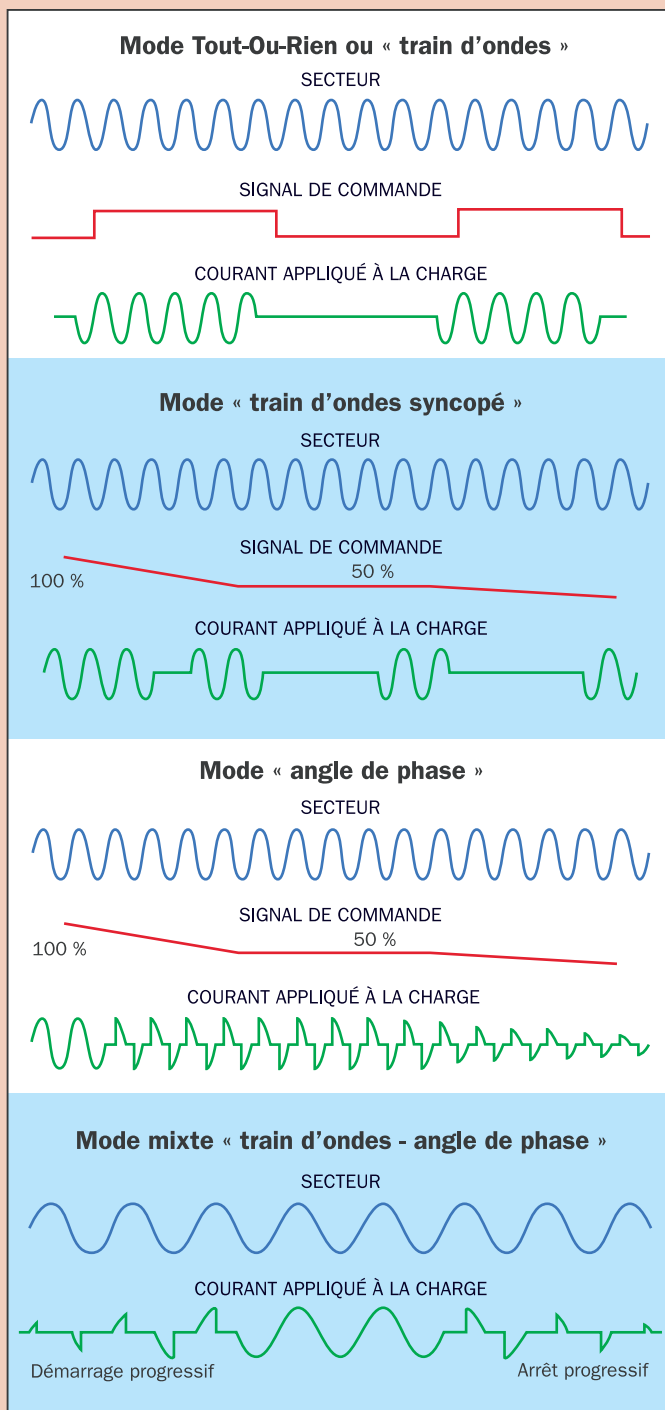
On agit sur la puissance moyenne appliquée à la charge en supprimant un nombre entier d'alternances complètes (20 ms, pour un secteur à 50 Hz) de la sinusoïde de tension d'alimentation. Ce mode de commande sera proposé pour la majeure partie des applications. La tension n'est appliquée à la charge qu'au moment du passage par zéro de la sinusoïde.

■ Mode train d'ondes syncopé rapide

Ce mode, baptisé QTM (quick TAKT mode), est identique au précédent à la différence près que le logiciel du produit autorise des conductions sur une base de temps de 10 ms. Ce fonctionnement permet de commander des résistances à très faible inertie comme les infrarouges courts en diminuant fortement les clignotements de la lampe.

■ Angle de phase (VAR)

Ici, on contrôle la puissance moyenne appliquée en tronquant chaque alternance de la sinusoïde selon un angle précis, variable en fonction de la demande. Ce mode de fonctionnement sera proposé pour des charges selfiques (bobine, transformateur...). La commande par angle de phase est aussi adaptée à une régulation très fine, car une tension est toujours appliquée à la charge. L'inconvénient majeur de ce mode est de générer des perturbations sur le réseau électrique (harmoniques).



Les différents modes de conduction

■ Mode mixte

Ce mode, baptisé SSSD (Soft Start Soft Down), combine les deux modes précédents ; c'est-à-dire un démarrage en angle de phase et un maintien en train d'ondes. Le temps du démarrage sera paramétrable de 10 ms (soit une demi-alternance) jusqu'à plusieurs centaines de millisecondes. Ce mode constitue une bonne alternative au précédent, il ne génère des perturbations qu'au moment de la phase de démarrage. Ce mode mixte est très souvent employé pour magnétiser des transformateurs en supprimant la surintensité à la mise sous tension.

Un algorithme spécialisé « MOSI » améliore encore les performances de ce mode, pour les charges possédant un fort coefficient R_{chaud}/R_{froid} , comme les résistances en bisilicure de molybdène. À froid, la résistance est commandée en angle de phase, puis en train d'ondes lorsque la résistivité a diminué. Cette gestion du mode mixte est totalement transparente pour l'utilisateur.

Synchronisation pour éviter « l'effet flicker »

Les installations comportent en général plusieurs résistances de chauffe et donc plusieurs régulateurs de puissance. Ceci peut conduire à « l'effet flicker ». En effet lorsque sur un même réseau d'alimentation plusieurs régulateurs de puissance sont raccordés, les appels de courant ont toutes les chances de se faire en même temps. C'est très désagréable pour l'installation électrique car cela entraîne un stress du matériel en amont : transformateur TGBT, câblage... et aussi un surcoût de la facture d'électricité à cause des dépassements des courants de pointe. Pour remédier à cela les constructeurs ont intégré aux produits des systèmes de synchronisation.

Deux solutions ont été imaginées : la synchronisation statique dans un premier temps, et plus récemment la synchronisation dynamique.

■ Synchronisation statique

Elle détermine le moment exact de l'enclenchement de chaque régulateur de puissance. Ce moment sera toujours le même, y compris si la consigne de chauffe de chaque produit se modifie. Pour réaliser cette fonction, il est nécessaire de posséder un module indépendant et externe au régulateur de puissance. Celui-ci est équipé de plusieurs sorties et chaque sortie commande un régulateur. Le module de synchronisation envoie un top électrique décalé dans le temps à chaque régulateur de puissance présent sur le réseau. Les tops de synchronisation sont immuables et ne tiennent pas compte des variations de charge des différents régulateurs.

■ Synchronisation dynamique

La technique est brevetée et baptisée « ASM » (Automatic Synchronisation Mode). Pour des installations comportant plusieurs régulateurs de puissance, celle-ci consiste à ajuster automatiquement le moment d'enclenchement de chacun d'eux pour permettre un lissage de la puissance du réseau. Ce moment d'enclenchement est calculé en permanence par chaque régulateur de puissance en fonction de sa valeur de consigne et de l'occupation de la ligne de puissance par les autres produits. Ces systèmes « anti-flicker » réduisent considérablement les pointes d'intensité dues à des enclenchements simultanés de régulateurs de puissance configurés en mode train d'ondes syncopé. En conséquence, les dépassements « courants de pointe » seront minimisés sur la facture et les composants montés dans la ligne de puissance seront beaucoup moins sollicités.

De plus en plus communicants

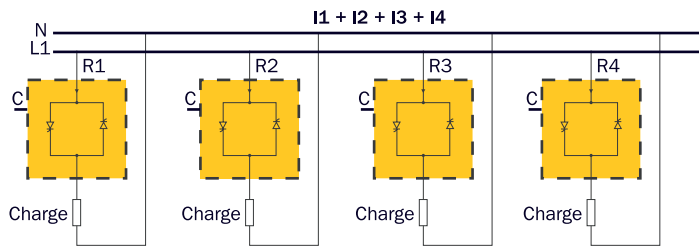
Les constructeurs ont étudié les possibilités de connexion des régulateurs de puissance via des bus de terrain existant sur le marché. Quelques produits sont déjà disponibles et l'offre va continuer à s'étoffer. Ce type de régulateur permet de simplifier grandement le câblage tout en intégrant des fonctions de type « centrale de mesures » adaptées aux résistances de chauffe. En effet, pour un modèle analogique, il faut beaucoup de fils de câblage pour « descendre » les consignes et « remonter » les informations U, I, P, les relais d'alarmes, etc. Avec les bus de terrain, il suffit seulement de deux fils pour « descendre et remonter » toutes les informations accessibles des régulateurs de puissance et cela avec des vitesses de communication très élevées.

Nombreuses fonctions de contrôle...

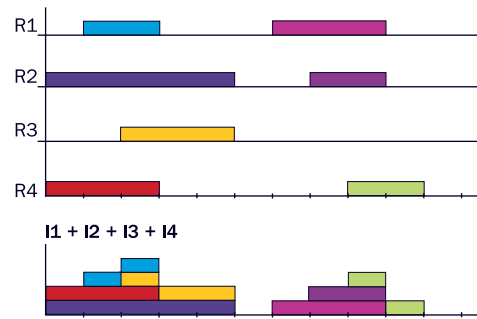
Autre évolution, les régulateurs de puissance comportent désormais de nombreuses fonctions de contrôle ; elles définissent son niveau technologique.

- Limitations en courant, tension ou puissance.

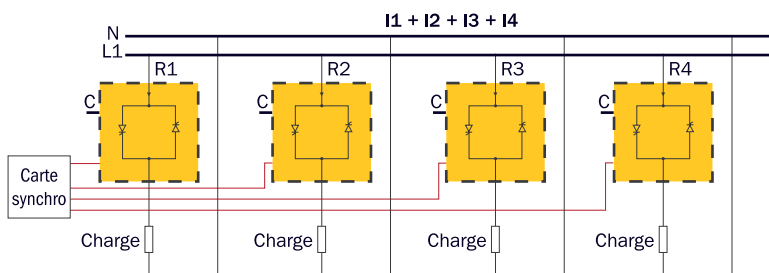
Sans synchronisation



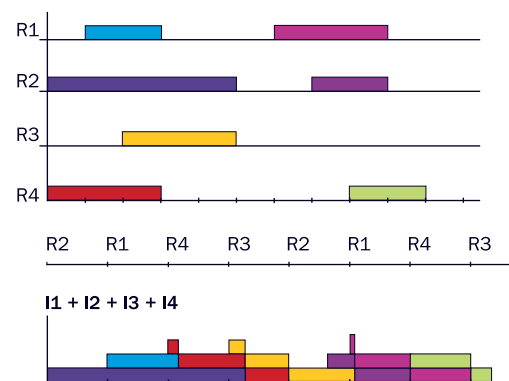
Chaque régulateur de puissance à thyristor (R) déclenche au moment où il reçoit le signal de consigne. Le courant résultant qui circule dans le réseau électrique est très déformé.



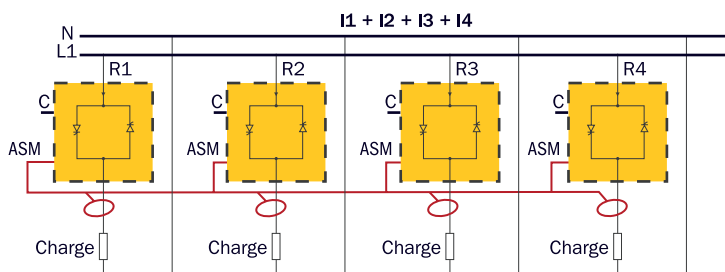
Avec synchronisation statique



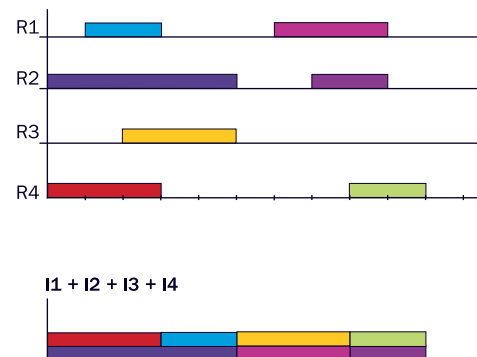
Ici, une carte de synchronisation impose un top de déclenchement à chaque régulateur. L'ordre de déclenchement est immuable.



Avec synchronisation dynamique



Ici, c'est l'intelligence incorporée dans chaque régulateur qui décide du top de déclenchement. Ce top, variable dans le temps, est fixé en fonction du signal de consigne mais aussi de l'état du courant sur le réseau.



Les différents modes de réglages

- Alarmes, via des contacts secs ou par le réseau de terrain, pour informer sur une rupture partielle ou totale de la charge – une valeur anormale sur le réseau d'alimentation – une surintensité anormale dans la charge – un défaut interne, thyristor ou un fusible défaillant...
- Fonction « Datalogger » pour l'horodatage et la mémorisation des différentes anomalies.

... et d'enregistrement

Certains régulateurs de puissance de très haut niveau technologique intègrent des fonctions d'enregistrement de données et affichent en temps réel sur un écran type LCD les courbes telles que le courant, la tension, la puissance ou la valeur ohmique de la charge.

Des applications exigeantes

Grâce à leurs multiples modes de fonctionnement et leurs fonctions intégrées, les régulateurs de puissance de nouvelle génération peuvent s'attaquer à des applications dites difficiles.

■ « Boosting four » dans l'industrie verrière

Le verre a la particularité physique d'être conducteur de l'électricité à l'état liquide. Sa conductance varie en fonction de la température. Beaucoup d'applications pour fours verriers profitent de cet état pour chauffer le verre, directement à cœur. Le verre fait donc office de résistance et des électrodes en molybdène plongeant à cœur permettent la circulation de ce courant électrique. Selon le type de four, il est possible de trouver des applications nécessitant des courants jusqu'à 3 000 A. En plus de l'intensité demandée, le type de régulateur de puissance utilisé doit respecter un certain nombre de critères techniques. Il doit notamment présenter un très haut MTBF (temps moyen de bon fonctionnement) car un four verrier ne s'arrête jamais. Il ne doit pas générer de composante continue qui entraîne une dégradation des électrodes. Enfin, il doit tenir compte des variations très importantes de l'impédance du verre.

■ Primaire de transformateur

Certains types de résistance comme le bisiliciure de molybdène, le graphite, le carbure de silicium nécessitent une tension basse pour fonctionner. Pour diminuer cette tension, il faut intercaler un transformateur abaisseur de tension entre le régulateur de puissance et cette résistance. Dans ce type d'application, le régulateur de puissance doit être capable de travailler dans deux modes de conduction différents. Dans un premier temps, pendant le temps de magnétisation du transformateur, il doit travailler en mode « angle de phase ». Dans un deuxième temps, il doit passer au mode train d'ondes entières « zéro de tension ».

La commande en angle de phase sur la première sinusoïde doit se faire non pas au passage zéro volt de la tension mais à un instant qui correspond au zéro de courant (les deux instants sont décalés car il y a souvent un déphasage entre la tension et le courant). Si cette commande en angle de phase ne se faisait pas exactement au bon

endroit de la sinusoïde (en angle et en temps), le courant traversant le transformateur pourrait croître d'une manière exponentielle et prendre des valeurs très importantes et entraîner la détérioration des thyristors et des fusibles de protection associés.

Ensuite, le passage au mode de conduction « train d'ondes » évite la génération d'harmoniques.

Pyro-Contrôle Chauvin Arnoux maîtrise ce type de technologie. Il est possible de réaliser une commande de transformateur avec un montage triphasé en coupure deux phases. Ce type de montage est très économique. En effet, le régulateur de puissance est équipé seulement de deux groupes de thyristors au lieu de trois. Le courant traversant le transformateur via la phase L2 est contrôlé par les thyristors de la phase L1 et L3 avec un temps de magnétisation de 10 ms.

Le niveau total des harmoniques générées par ce mode est identique à un mode train d'ondes, c'est à dire très faible.

Régulateurs de puissance : notre solution de mesure pour une « chauffe » en douceur.

Pyro-Contrôle Chauvin Arnoux traduit en solution industrielle tous les besoins de mesure et de contrôle en température, et pour une « chauffe en douceur » propose le Thyritop 40, le régulateur de puissance communicant.

Le THYRITOP 40, le dernier né de la gamme des régulateurs de puissance, assure tous les besoins en commande de charges nécessaires aux process de température.

Ce régulateur de puissance à thyristors intègre un processeur « RISC » 32 bits et est disponible en 3 versions (1,2 ou 3 phases) et plus de 100 modèles.

Entièrement électronique, il garantit une rapidité et une commutation des charges de 37 A à 2 900 A et cela avec une précision de mesure de 0,25 % de la pleine échelle.

Il s'utilise pour tous types de charges résistives et inductives, sur des réseaux mono ou triphasés de 230 V à 690 V, avec coupure 2 ou 3 phases.

Son module afficheur / programmeur à cristaux liquides, débrochable et déportable, affiche les grandeurs U, I et P (courbes ou valeurs) et les consignes de commande. Ce module enregistre, en fonction programmation, les paramètres sélectionnés sur un THYRITOP 40 et permet de reprogrammer à l'identique d'autres THYRITOP 40.

Ce régulateur haut de gamme dispose de nombreuses fonctions : régulations I^2 , U^2 et P^2 , limitations I, U et P, trois sorties « recopie mesure », synchronisation dynamique, détection de rupture de charge, diagnostic, alarmes, ...

Pour la programmation et la supervision à distance avec un ordinateur, il utilise la communication par réseau Modbus ou Profibus.

Le THYRITOP 40 est configurable par le logiciel THYROTOOL (Win 95 / 98 / NT4.0), livré en option avec un convertisseur RS 232 / fibre optique.

Enfin, un service d'aide à l'installation et une formation spécifique sur site sont proposés sur demande.



Service-lecteur n° 8

PYRO-CONTRÔLE - CHAUVIN ARNOUX
Pôle Équipement Thermique
Tél. : 04 72 14 15 40 - Fax : 04 72 14 15 41
e-mail : info@pyro-contrôle.tm.fr