

# Régulation par vitesse variable de la puissance de compresseurs à vis d'installations frigorifiques

**ABB Refrigeration AB a développé un nouvel entraînement pour installations frigorifiques. Il s'agit d'un moteur spécial alimenté par un convertisseur de fréquence. Avec ce système d'entraînement – appelé STAL Rotatune – la puissance est réglée progressivement par le biais de la vitesse de rotation, de sorte que le compresseur conserve son rendement élevé également en charge partielle. Pour un profil de charge normal, la consommation d'énergie diminue d'environ 15% par rapport à la régulation de débit usuelle jusqu'ici, et même d'environ 20% avec un économiseur.**

**S**ans exagération, le moteur triphasé à induit en court-circuit peut être considéré comme la bête de somme de l'industrie. Il est bon marché, fiable et ne requiert presque pas de maintenance. Normalement, il est alimenté par le réseau de 50 ou de 60 Hz.

Pourtant, deux limitations d'énorme importance en découlent: premièrement, la vitesse de rotation n'est pas influençable, et deuxièmement, un moteur à deux pôles ne peut pas dépasser les vitesses de 3000 ou de 3600 min<sup>-1</sup>, selon la fréquence du réseau.

Des vitesses plus élevées peuvent s'obtenir par des engrenages installés en aval du moteur. Pourtant, pour modifier le débit, on doit travailler en fonctionnement intermittent ou, comme dans le cas des compresseurs à vis [1], avec un étranglement mécanique du flux. Une telle réduction peut être considérée lorsque la température d'une installation frigorifique doit être réglée exactement. Ce procédé implique pourtant inmanquablement des pertes d'énergie.

## Régulation précédente de la puissance des installations frigorifiques

La charge des installations frigorifiques n'est pas constante. Elle varie selon la nature, la quantité et la température des produits à réfrigérer. Les fluctuations climatiques influencent également la puissance de l'installation frigorifique.

Dans ce domaine de la technique déjà âgé de plus de 100 ans, les exploitants ont toujours désiré des dispositifs qui permettent une régulation économique de la puis-

sance. Initialement, on se servait de dispositifs de régulation mécaniques à commande manuelle, mais on a bientôt opté en faveur d'équipements automatiques.

Au cours du développement, les techniciens ont souvent cherché des possibilités pour modifier automatiquement la puissance d'installations frigorifiques en maintenant un rendement élevé, à l'aide de compresseurs à vitesse variable.

## L'entraînement à vitesse variable STAL Rotatune

Une solution comprenant un convertisseur de fréquence qui alimente un moteur asynchrone avec une fréquence variable pour commander la vitesse de rotation méritait certainement d'être considérée.

Un tel système n'est pourtant pas exempt d'inconvénients: les harmoniques produites par le convertisseur se transforment en chaleur. Si en complément le couple d'entraînement du compresseur à vis doit rester constant sur toute la gamme des vitesses, le dégagement de chaleur du moteur est accru.

Au vu de ces faits, ABB Refrigeration a développé l'entraînement à vitesse variable STAL Rotatune, en collaboration avec ABB Motors et ABB Corporate Research. Cet entraînement se compose d'un convertisseur de fréquence et d'un moteur à haute vitesse adapté à une alimentation par convertisseur [1].

Avec ce nouveau moteur, on s'attend à obtenir des pertes thermiques dans l'induit, dues au courant des harmoniques, aussi faibles que possible. Comme l'ont montré des études théoriques et des essais pratiques, une bonne alimentation par convertisseur de fréquence dépend essentiellement de la forme des encoches de l'induit. Pour une telle application, un moteur standard serait tout simplement inutilisable.

Le nouveau moteur se distingue par un dégagement thermique considérablement réduit. En outre, il est équipé d'un ventilateur externe entraîné séparément et qui élimine la chaleur résiduelle sur toute la gamme des vitesses de 1000 à 6000 min<sup>-1</sup>.

Le ventilateur absorbe une puissance de 0,75 kW à 1500 min<sup>-1</sup>. Il ne participe donc que faiblement à la consommation totale d'énergie de l'entraînement. Grâce à la ven-

**Lennart Rolfman**  
**Sven Wihlborg**  
ABB Refrigeration AB

**1**  
**Entraînement à vitesse variable  
 STAL Rotatune pour la régulation  
 de la puissance en fonction de la  
 vitesse de rotation de compresseurs  
 à vis FV 19 – à gauche, le  
 convertisseur de fréquence pour  
 le moteur asynchrone de haute  
 vitesse**

tilation externe, le moteur fournit un rendement de 95% à la vitesse nominale **2**.

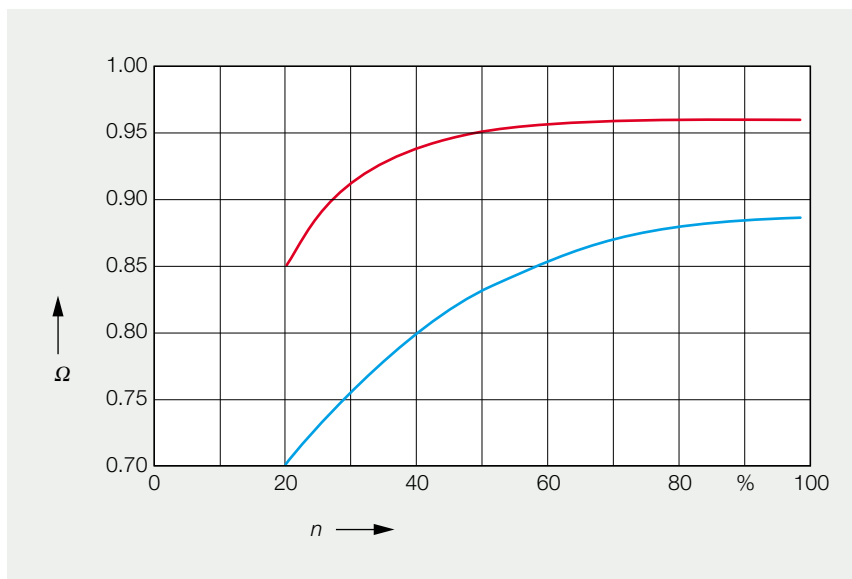
**Avantages du système  
 d'entraînement STAL Rotatune**

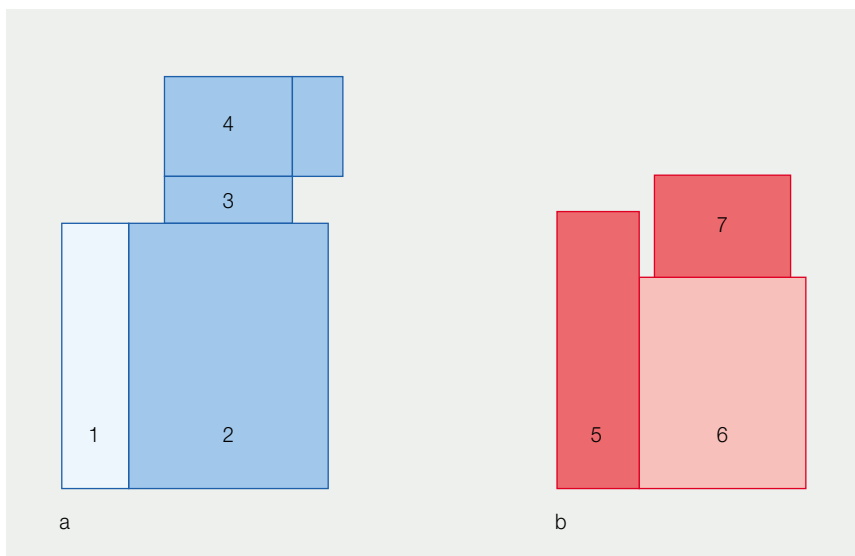
Le nouveau système d'entraînement appelé STAL Rotatune permet une régulation extrêmement efficace de la puissance du compresseur à vis et donc une régulation très précise de la température du processus frigorifique. Pour l'utilisateur, l'avantage réside dans une rentabilité accrue et dans une meilleure adaptation au besoin de froid, par exemple pour la production de denrées alimentaires, les processus chimiques ou les patinoires artificielles.

S'y ajoute le fait que pour les raisons suivantes, un compresseur à vis équipé d'un système d'entraînement STAL Rotatune présente une configuration beaucoup plus simple **3**:

- Le dispositif précédent relativement compliqué servant à la régulation de la puissance est supprimé. En lieu et place, un entraînement à vitesse variable fournit cette régulation.
- Le moteur peut être commandé progressivement jusqu'à une vitesse maximale de 6000 min<sup>-1</sup> sans engrenage.
- Aucun dispositif de démarrage particulier n'est nécessaire, vu que le courant et la tension sont modifiés directement par le convertisseur de fréquence.
- Poids plus faible, étant donné que tant le compresseur que le moteur sont plus légers qu'en exécution conventionnelle.

**2**  
**Rendement  $\Omega$  des moteurs à  
 haute vitesse du système  
 d'entraînement STAL Rotatune (rouge)  
 en fonction de la vitesse de rotation  
 relative  $n$ , en comparaison de celui des  
 moteurs standard (bleu)**





**Compresseur à vis conventionnel (a) en comparaison d'un compresseur de même puissance équipé d'un système d'entraînement STAL Rotatune (b). Celui-ci fournit une configuration beaucoup plus simple.**

- 1 Dispositif de démarrage
- 2 Moteur asynchrone de la grandeur 280/315
- 3 Engrenage
- 4 Compresseur à régulation de puissance
- 5 Convertisseur de fréquence
- 6 Moteur asynchrone commandé en fréquence, grandeur 225
- 7 Compresseur

Parmi les autres avantages, citons:

- Une sécurité d'exploitation accrue, vu que dans le compresseur, le nombre de pièces en mouvement est réduit.
- Niveau acoustique plus bas, en relation avec le ventilateur de basse vitesse.
- Le compresseur et le moteur ne doivent pas tourner constamment à leur vitesse nominale.

**Démarrage et freinage doux du compresseur à vis**

Le nouveau système d'entraînement se distingue en outre par toute une série de perfectionnements qui se répercutent sur l'exploitation de la machine frigorifique.

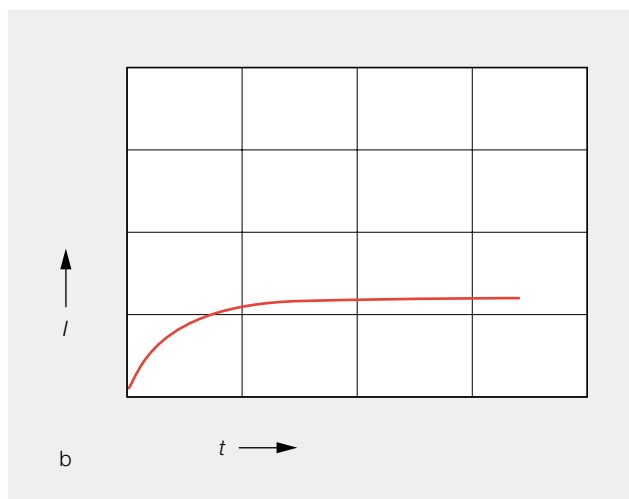
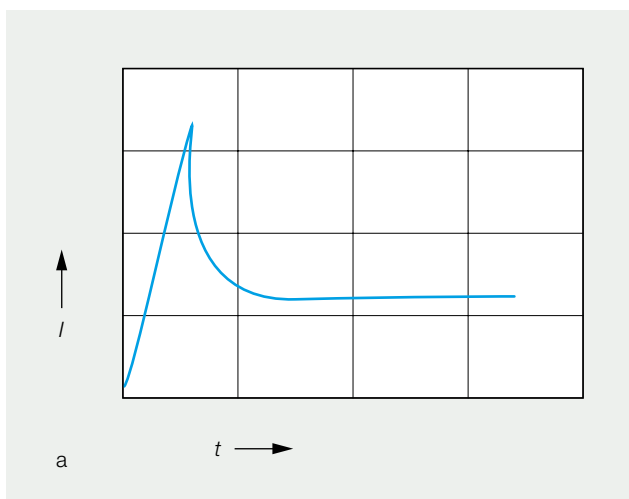
A titre d'exemple, le convertisseur de fréquence permet un démarrage et un freinage doux du compresseur à vis, avec une accélération et une décélération réglées **4**. Ce faisant, les équipements électriques et mécaniques sont moins sollicités au démarrage du compresseur et on évite les pointes de courant qui s'y produisent. Le courant prélevé sur le réseau ne peut en effet pas dépasser le courant nominal du moteur.

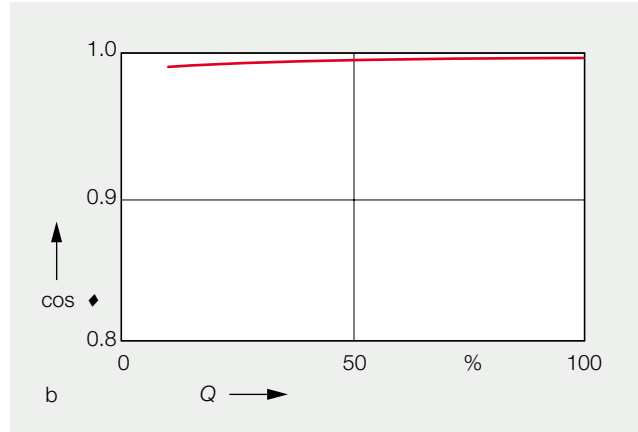
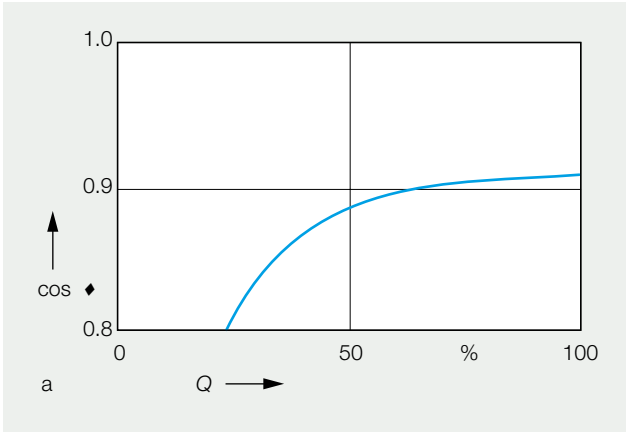
Par conséquent, il n'existe pas de limite supérieure pour le nombre de démarrages du compresseur pour une durée donnée. Ce faisant, l'exploitation de l'installation frigorifique s'adapte plus facilement au besoin de froid variable.

Vu qu'en outre le système d'entraînement fonctionne sans commutateur étoile-triangle ou dispositif de démarrage analogue et qu'il n'est même plus sollicité par ce courant de démarrage limité, les transformateurs et les câbles de branchement ne doivent pas être surdimensionnés.

Finalement, le moteur possède un facteur de puissance pratiquement égal à 1 sur toute la gamme des vitesses **5**. Conjointement avec le rendement élevé du convertisseur

**Evolution du courant du moteur I d'un compresseur à vis conventionnel (a) et d'un compresseur à système d'entraînement STAL Rotatune (b). Dans ce second cas, le démarrage est doux et on n'a pas de pointe de courant.**





**Facteur de puissance  $\cos \phi$  en fonction du débit relatif  $Q$  d'un compresseur à vis conventionnel (a) et d'un compresseur à système d'entraînement STAL Rotatune (b). Dans ce second cas, on a un facteur de puissance de presque 1, c'est-à-dire une marche presque exempte de courant réactif.**

5

seur de fréquence, le système d'entraînement présente de faibles pertes. La puissance réactive est pratiquement nulle, ce qui supprime les frais d'un équipement de compensation correspondant.

**Niveau acoustique bas**

Avec le système d'entraînement STAL Rotatune, le compresseur à vis fournit une puissance frigorifique proportionnelle à la vitesse de rotation. Le moteur et le compresseur ne doivent donc tourner qu'à la vitesse requise pour obtenir le débit d'agent frigorifique voulu.

Etant donné que dans la plupart des installations frigorifiques, une grande partie du temps d'exploitation ne nécessite que 40-70% de la puissance, le système d'entraînement STAL Rotatune tourne pendant de longues périodes à des vitesses de rotation relativement basses, ce qui se traduit par un niveau acoustique bas 6.

**Amortissement en une année par les économies d'énergie**

Généralement, la puissance d'un compresseur à vis qui travaille à vitesse constante est réglée par un étranglement du flux (com-

mande par tiroir). Des pertes sont donc inévitables.

Le système d'entraînement STAL Rotatune rend ces dispositifs superflus. Sur toute la gamme des vitesses, la puissance absorbée correspond au débit momentané du compresseur. On économise ainsi de l'énergie, principalement lorsque l'installation frigorifique travaille à une puissance réduite 7. Si en complément, le compresseur est équipé d'un économiseur, la puissance spécifique accrue peut également être utilisée dans toute la gamme des vitesses.

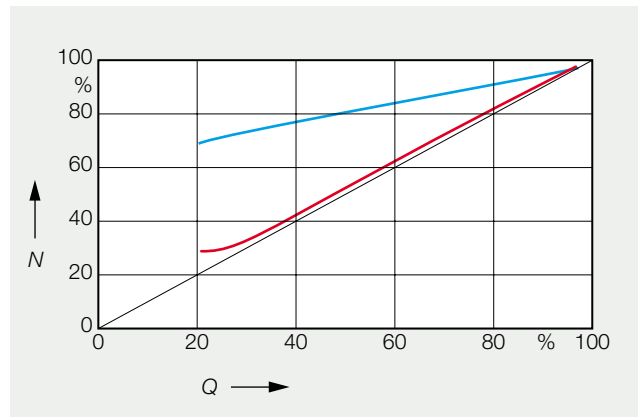
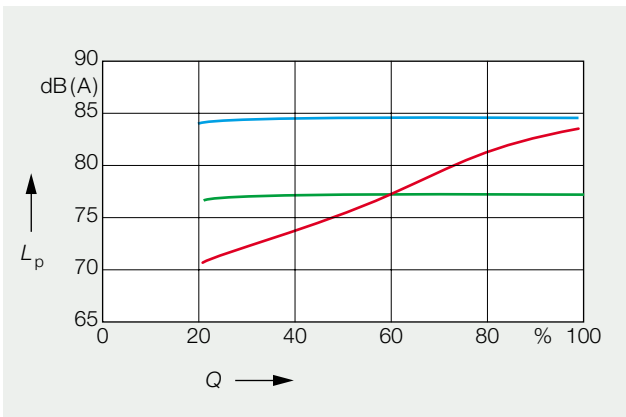
**Niveau acoustique  $L_p$  en fonction du débit relatif  $Q$  d'un compresseur à vis conventionnel (bleu) et d'un compresseur à système d'entraînement STAL Rotatune (rouge).**

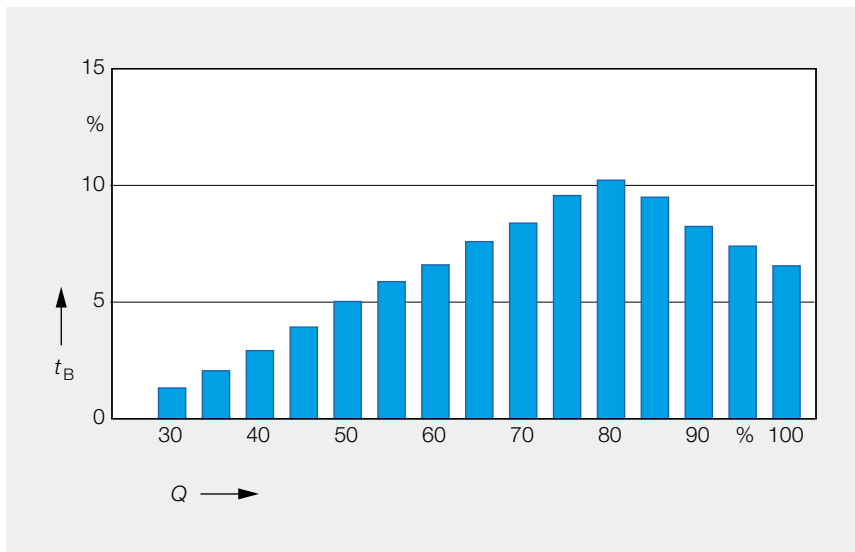
La ligne verte indique la valeur moyenne de ce dernier.

6

**Puissance absorbée relative  $N$  en fonction du débit relatif  $Q$  d'un compresseur à vis conventionnel (bleu) et d'un compresseur à système d'entraînement STAL Rotatune (rouge). Le système d'entraînement STAL Rotatune fournit un meilleur rendement, spécialement en charge partielle.**

7





**Profil de charge typique d'un compresseur: durée de service relative en pour-cent  $t_B$  pour différentes valeurs de charge Q** **8**

Comme le montrent des calculs réalistes, dans une installation frigorifique à profil de charge normal **8**, la mise en oeuvre du système d'entraînement STAL Rotatune permet de réaliser une économie d'énergie de 10 à 17%. Avec une puissance de moteur de 100 kW, une durée de service de 6000 h/an et un profil de charge normal, on peut économiser annuellement environ 50 000 kWh. Selon le prix du courant électrique, l'investissement au profit d'un système d'entraînement STAL Rotatune s'amortit relativement vite.

Finalement, la consommation d'énergie d'un compresseur à vis doté d'un entraînement STAL Rotatune est plus basse que celle d'un compresseur à pistons, même en charge partielle. En outre, le système d'entraînement STAL Rotatune permet d'atteindre une régulation beaucoup plus précise de la température qu'une installation conventionnelle.

**Nombreuses possibilités d'application**

A l'heure actuelle, le système d'entraînement STAL Rotatune représente la régulation de puissance la plus efficace pour les installations frigorifiques. A l'aide de la régulation progressive de la vitesse de rotation, on obtient un rapport volumétrique optimal sans perte de puissance, également en charge partielle.

Le système d'entraînement STAL Rotatune constitue la solution idéale pour toutes les installations frigorifiques petites et moyennes, dans lesquelles les compres-



**Groupe frigorifique à liquide d'une installation de refroidissement à distance suédoise. Il comprend entre autres un système d'entraînement STAL Rotatune et un compresseur à vis FV 26 pour l'adaptation précise de la puissance au besoin de froid.** **9**



**Compresseur à vis d'une installation frigorifique espagnole pour denrées alimentaires. Le groupe d'entraînement STAL Rotatune avec le compresseur à vis FV 19 et l'économiseur fournissent la régulation de la puissance de l'installation.** 10

seurs à vis doivent travailler à puissance variable. Mais même dans les grandes installations à plusieurs compresseurs, un ou deux compresseurs équipés d'entraînements STAL Rotatune peuvent s'utiliser avec avantage pour la régulation de la puissance. Dans ce cas, les autres compresseurs travaillent à pleine charge. Ce faisant, même en cas de grandes machines frigorifiques, le système d'entraînement STAL Rotatune peut contribuer à adapter l'installation aux charges variables avec le rendement maximal.

Avec l'unité de commande équipée d'un microprocesseur Stalelectronic 700, on peut réaliser la commande séquentielle et la surveillance de 8 compresseurs au maximum. Cette commande offre en outre une communication homme-machine conviviale.

Actuellement, le système d'entraînement STAL Rotatune est livrable pour trois tailles de compresseurs à vis **1**, **9**, **10** (tableau 1). Comme mentionné, les moteurs correspondants sont spécialement conçus pour l'alimentation par convertisseurs de fréquence.

**Frais de maintenance bas pendant toute la durée de service**

Vu que les organes de régulation mécaniques sont supprimés, les compresseurs à vis équipés d'un entraînement STAL Rotatune présentent normalement beaucoup moins de pièces mobiles que les compresseurs à entraînements conventionnels. Conjointement avec le comportement de

démarrage et de freinage doux, on obtient une sécurité d'exploitation élevée et une faible usure.

Le rendement et la disponibilité élevés du système d'entraînement STAL Rotatune correspondent aux principales exigences des exploitants de machines frigorifiques. Par le service après-vente ABB, comprenant des contrats de maintenance et un service d'intervention d'urgence, ces propriétés restent maintenues pendant des années et garantissent une durée de service prolongée des machines à leurs exploitants, avec des frais de maintenance plus bas.

**Tableau 1: Grandeurs livrables de compresseurs à vis avec système d'entraînement STAL Rotatune**

Désignation du type	Débit max. m <sup>3</sup> /h	Puissance correspondante du moteur kW
FV 19	400	90
FV 24	660	145
FV 26	925	225

**Bibliographie**

[1] Asplund, T.; Rolfsman, L.: Compresseurs à vis silencieux et compatibles avec l'environnement pour installations de réfrigération. Revue ABB 9/95, 10-14.

**Adresse des auteurs**

Lennart Rolfsman  
Sven Wihlborg  
ABB Refrigeration AB  
S-60187 Norrköping/Suède  
Téléfax: +46 (0) 11 10 23 42