

Protection contre le gel

La protection contre le gel est un sujet très important lors de la conception d'un système de réfrigération. Le problème du gel concerne souvent l'évaporateur, puisqu'il refroidit normalement l'eau avec un frigorigène s'évaporant à basse température. Cela devient un problème lorsque le système est mal conçu et / ou lorsque les facteurs externes ont une influence négative.

La protection contre le gel peut être prévue sur le côté fluide secondaire et / ou le côté frigorigène de l'échangeur de chaleur. La cause réelle du gel est une faible température d'évaporation. Si cette température peut être maintenue au-dessus de la température de gel du fluide secondaire dans toutes les conditions de fonctionnement, il n'y aura aucun risque de gel. Dans cette section, les situations où il existe un risque potentiel de gel sont décrites, et des méthodes pour protéger un système contre le gel sont présentées.

Situations présentant un risque potentiel de gel

Dans certaines applications d'évaporateur, il existe un risque de gel des canaux du fluide secondaire. Une faible température d'évaporation avec de faibles températures du fluide secondaire et un faible débit d'eau total ou local augmente le risque de gel. En fonctionnement normal et stable, le gel est très rarement un problème. Cependant, il existe d'autres situations où il y a un risque accru de gel.

Démarrage à basse température ambiante (systèmes avec condenseur à air)

À basse température ambiante, la pression de condensation est faible pendant le démarrage du compresseur. Cela entraîne également une faible température d'évaporation. La figure 1 montre comment la température d'aspiration varie dans un tel système pendant le démarrage.

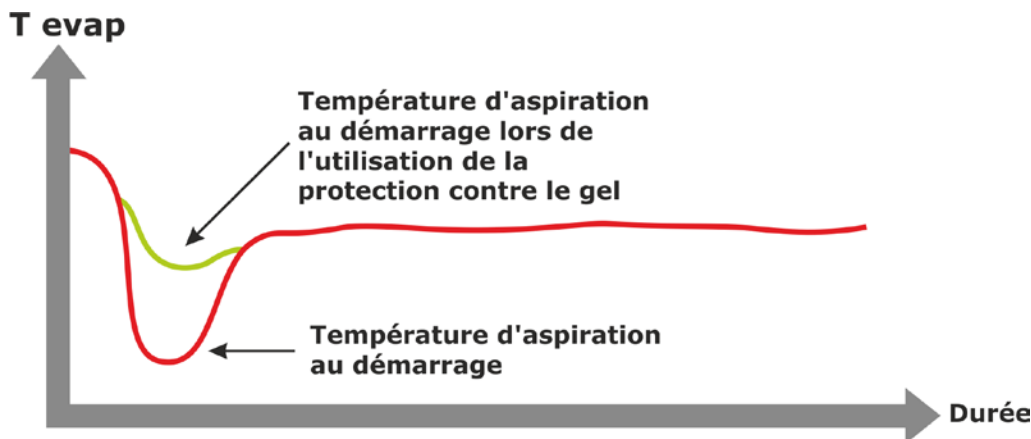


Figure 1. Température d'aspiration au démarrage, avec et sans protection contre le gel

Les différentes méthodes pour augmenter la température d'évaporation pendant le démarrage comprennent :

- Vanne de dérivation de gaz chaud
- Vanne de contrôle de la pression d'aspiration
- Vanne de contrôle de la pression de condensation
- Compresseurs à capacité variable

Dégivrage par cycle inversé (pompes à chaleur)

Pour les pompes à chaleur avec évaporateurs extérieurs air-frigorigène, il est parfois nécessaire de dégivrer l'échangeur de l'unité extérieure. Cela peut être réalisé en inversant le flux de frigorigène. L'évaporateur est ensuite utilisé comme condenseur pendant un court laps de temps, ce qui permet de faire fondre la glace à l'extérieur de l'échangeur de l'unité extérieure. Comme l'échangeur coaxial est très froid lorsque le dégivrage commence, la pression de condensation sera très faible. La situation pendant le dégivrage est donc la même que pour le démarrage d'un système refroidi par air à basse température ambiante, c'est-à-dire que l'évaporation sera relativement faible. Pendant le cycle de dégivrage, l'échangeur de chaleur qui fonctionne normalement en tant que

condenseur fonctionnera comme évaporateur. En raison de la faible température d'évaporation, il peut y avoir un risque de gel dans cet échangeur de chaleur.

Quelques exemples d'ajustements du système pour réduire le risque du mode réversible :

- Arrêter le ventilateur de l'échangeur de l'unité extérieure pour augmenter la pression de condensation
- Activer les thermocouples électriques sur le condenseur
- Ne pas démarrer le dégivrage avec une température d'eau d'entrée trop basse pour le condenseur

Arrêt de la pompe

Lors d'un arrêt de pompe classique d'un système, l'électrovanne de la conduite de liquide est d'abord fermée. Le compresseur continue à fonctionner et le frigorigène est pompé de l'évaporateur vers le côté haute pression du système. La température d'évaporation tombera à des températures relativement basses. Finalement, lorsque la température d'évaporation atteint un niveau préétabli, la régulation à basse pression arrête le compresseur. En raison de la faible température d'évaporation pendant l'arrêt de la pompe, il existe un risque de gel de l'évaporateur. Avec les évaporateurs BPHE, le volume de retenue de l'évaporateur est si petit qu'il n'est pas nécessaire d'arrêter la pompe.

Si l'on effectue l'arrêt de la pompe, il faut s'assurer que la procédure suivante est appliquée

- La pompe côté secondaire maintient un débit élevé dans l'évaporateur
- Ajouter une valeur d'arrêt de pression dans la conduite d'aspiration pour éviter une température trop basse

Arrêt simultané du compresseur et de la pompe à eau à de faibles températures d'aspiration

Si le compresseur est arrêté à des températures d'évaporation inférieures à 0 °C et que la pompe à eau est arrêtée en même temps pour une raison quelconque, il existe un risque évident de gel dans les canaux de fluide secondaire. L'arrêt simultané doit toujours être évité.

Groupes extérieurs pendant les périodes d'arrêt à des températures ambiantes inférieures à 0°C

Si l'échangeur de chaleur (évaporateur ou condenseur) est installé à l'extérieur, il existe un risque de gel lorsque la température ambiante est inférieure à 0 °C. L'isolation et un thermocouple électrique sont des moyens de protection contre le gel. La purge d'un fluide côté secondaire pourrait être nécessaire si une température ambiante très basse est attendue.

Débit d'eau perturbé

Le débit d'eau peut être perturbé localement à l'intérieur de l'évaporateur, ou bien le débit total peut être perturbé. Une perturbation locale peut être causée par l'obturation d'un canal, ou d'une partie d'un canal, par encrassement ou particules. Le débit est ensuite réduit ou arrêté, et le risque de gel augmente considérablement. Le débit total peut être perturbé par une vanne fermée, une panne de la pompe ou une cavitation initiale lors du démarrage de la pompe, ce qui augmente également le risque de gel. L'installation et la maintenance d'un filtre sur le côté secondaire est le moyen le plus simple d'éviter ce problème.

Méthodes de protection contre le gel sur le côté fluide secondaire (eau)

La protection contre le gel du côté fluide secondaire (eau) utilise des méthodes indirectes pour éviter ou réduire les situations présentant un risque de gel. La figure 2 montre un système de réfrigérant qui peut être protégé contre le gel en contrôlant le côté eau du système. Certaines des méthodes de protection sont décrites ci-dessous.

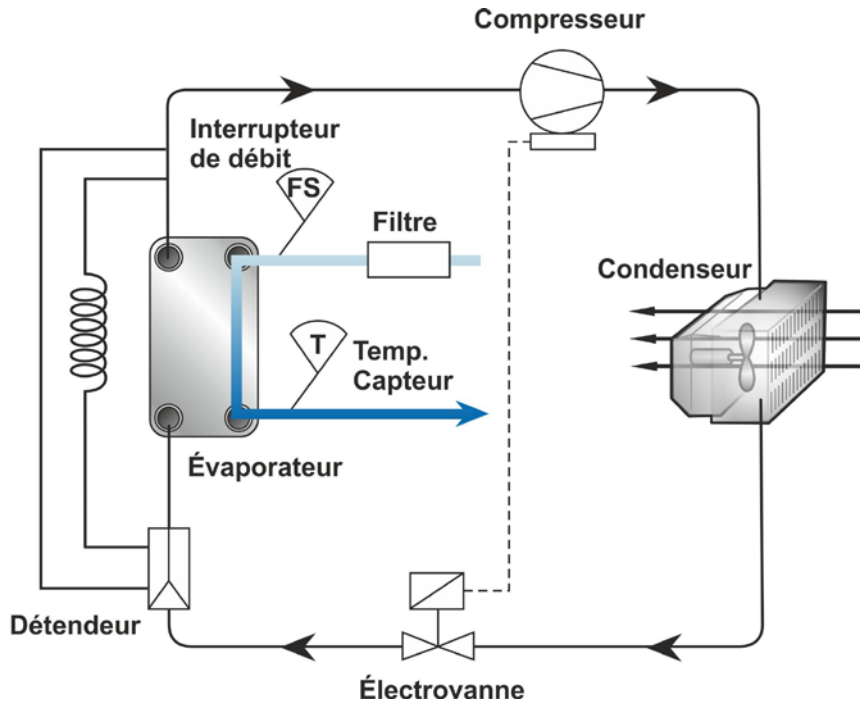


Figure 2. Système avec réfrigérant qui peut être protégé contre le gel en contrôlant le côté eau.

Interrupteur de débit dans le circuit d'eau de chaque évaporateur.

L'interrupteur de débit arrête le compresseur si le débit d'eau tombe en dessous d'un certain niveau. Ce niveau devrait être aussi élevé que possible pour garantir un débit maximal d'eau.

En alternative à un interrupteur de débit, un capteur de pression différentielle dans le circuit d'eau peut être utilisé. Lorsqu'il y a un débit d'eau, le capteur détecte une différence de pression entre l'entrée et la sortie de l'évaporateur. S'il n'y a pas de débit, il n'y aura pas de différence de pression et le compresseur sera arrêté. Une deuxième alternative à un interrupteur de débit traditionnel est un capteur de pression monté dans le tuyau d'entrée d'eau. Lorsque la pompe à eau fonctionne, il y a une pression d'eau accrue, qui est détectée par le capteur. Si la pompe (et donc le débit) est coupée, la pression diminue et le capteur indique au compresseur de s'arrêter.

Filtre pour éviter un écoulement localement faible à l'intérieur de l'évaporateur.

L'interrupteur de débit ne protège que contre un faible débit d'eau total. Un filtre est nécessaire pour empêcher les particules d'entrer dans l'évaporateur et de perturber le flux localement à l'intérieur de l'échangeur de chaleur. Le filtre doit arrêter les particules de plus de 1 mm. Cela correspond à une taille de maille de 16-20 mesh (0.8 -1 mm), selon le diamètre du fil. Le filtre doit être installé avant l'entrée du BPHE.

Capteur thermique dans le débit d'eau sortant de l'évaporateur

Le capteur thermique protège contre les faibles températures de l'eau. Lorsque la température de l'eau sortante tombe en dessous d'un certain niveau, le compresseur est arrêté. Ce niveau devrait être aussi élevé que possible sans perturber le fonctionnement du système. En raison de la stratification de l'eau dans le tuyau, il pourrait être difficile de mesurer la température d'eau la plus basse. La mesure à l'intérieur du port d'eau est donc également une possibilité. Le placement optimal du capteur peut dépendre des conditions de fonctionnement. Cela devrait être évalué lors de la vérification du système.

Arrêt de la pompe à eau retardé lors de l'arrêt du compresseur.



A DOVER COMPANY

RAPPORT DE GESTION D'APPLICATION

La pompe peut être autorisée à fonctionner pendant quelques minutes après l'arrêt du compresseur. Cela donne le temps de température d'évaporation d'augmenter à un niveau suffisamment élevé pour éviter le gel.

Thermocouple électrique et isolation appliqués à l'extérieur de l'échangeur de chaleur.

Un chauffage électrique et une isolation peuvent empêcher le gel des groupes extérieurs pendant les périodes d'arrêt. Le chauffage électrique est également une protection possible contre le gel dans des conditions de fonctionnement spéciales, comme par exemple le démarrage à basse température ambiante et le dégivrage de l'échangeur coaxial

Évitez le dégivrage par cycle inversé lorsque la température de l'eau entrante du condenseur est basse.

Pour réduire le risque de gel, le dégivrage ne doit pas être autorisé lorsque la température du fluide secondaire entrant dans le condenseur est inférieure à 20 °C. Pendant le dégivrage, la température d'évaporation est normalement très faible. Le maintien d'une température élevée de l'eau est important.

Démarrez la pompe à eau avant de démarrer le compresseur.

La pompe doit être démarrée avant le compresseur pour permettre au débit d'eau de se stabiliser. Cela évite une perturbation possible du débit d'eau due à la cavitation initiale de la pompe.

Méthodes de protection contre le gel sur le côté réfrigérant

La protection sur le côté réfrigérant vise à maintenir la température d'évaporation au-dessus de la température de gel du fluide secondaire. Certaines méthodes de protection contre le gel du côté réfrigérant sont décrites ci-dessous.

Contrôle basse pression (LP).

Le contrôle LP arrête le compresseur lorsque la température d'évaporation tombe en dessous d'un certain niveau. Cela pourrait donc fournir une protection optimale contre le gel. Cependant, il convient de noter que, pour des raisons pratiques, ce dispositif est souvent détourné et ne fonctionne pas pendant la situation la plus critique, c'est-à-dire pendant le démarrage. Cette dérivation du contrôle LP doit être réduite. Il est également important qu'elle soit différenciée du contrôle LP qui est destiné à protéger le compresseur. La valeur d'arrêt du compresseur est souvent beaucoup plus faible et ne protégera pas le BPHE.

Vanne de dérivation de gaz chaud

Lorsque la température d'évaporation tombe en dessous d'un niveau réglé, cette vanne conduit le gaz du côté haute pression du système à l'entrée de l'évaporateur (voir figure 3). Cela empêchera la température d'évaporation de diminuer, et ainsi, protégera contre le gel. Cette fonction peut être réalisée à l'aide soit d'une vanne de régulation (régulation continue) ou d'un contrôleur combiné avec une électrovanne.

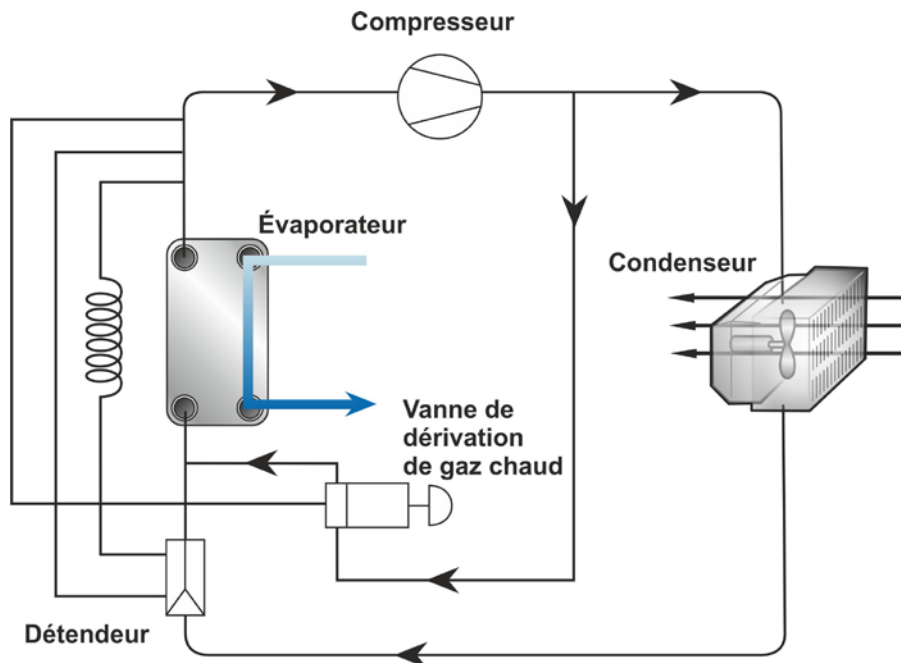


Figure 3. Système de réfrigérant avec contrôle du gel à l'aide d'une vanne de dérivation des gaz chauds du côté réfrigérant.

Vanne de contrôle de la pression d'aspiration

Cette vanne est positionnée dans la conduite d'aspiration (voir la figure 4). Lorsque la température d'évaporation tombe en dessous du niveau réglé, la vanne commence à se mettre au ralenti. On empêche donc la température d'évaporation de diminuer davantage. Cette vanne offre une bonne protection contre le gel. L'inconvénient est qu'il y a également une chute de pression dans la vanne lorsqu'elle est complètement ouverte. La chute de pression aura un impact négatif sur l'efficacité du système (COP).

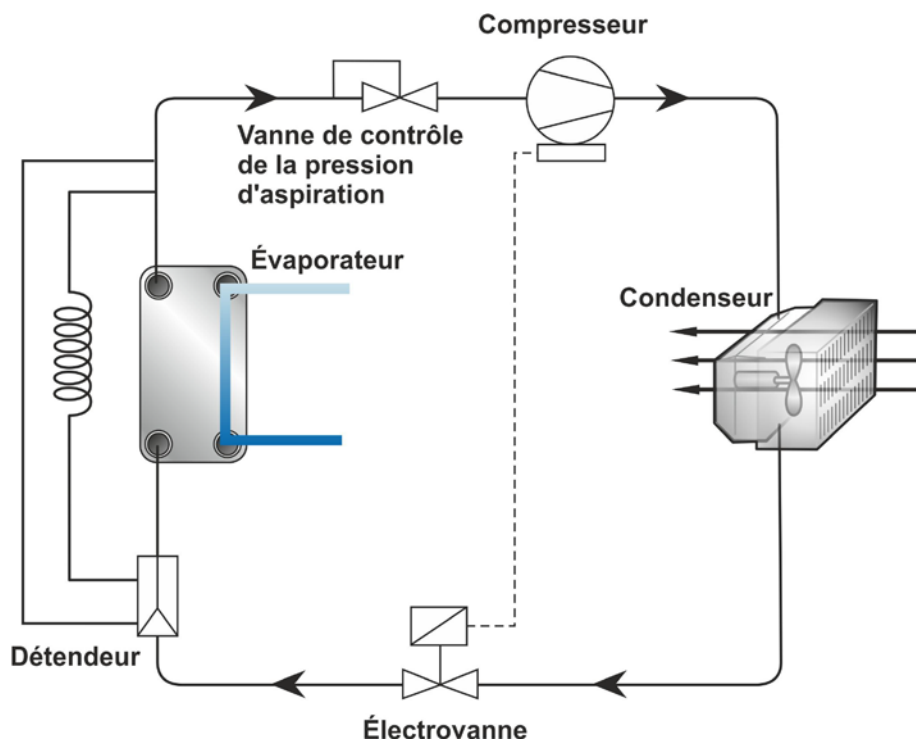


Figure 4. Système de réfrigérant avec contrôle du gel à l'aide d'une vanne de régulation de la pression d'aspiration côté réfrigérant.

Vanne de contrôle de la pression de condensation

Cette vanne est positionnée dans la conduite de liquide entre le condenseur refroidi par air et le réservoir de liquide (voir Figure 5). Pendant l'hiver, lorsque la basse température ambiante entraîne une faible pression de condensation, la vanne commence à se mettre au ralenti. Le liquide est ensuite refoulé dans le condenseur, ce qui diminue la surface de transfert de chaleur disponible pour la condensation. La pression de condensation augmente donc, et la chute de la température d'évaporation sera évitée.

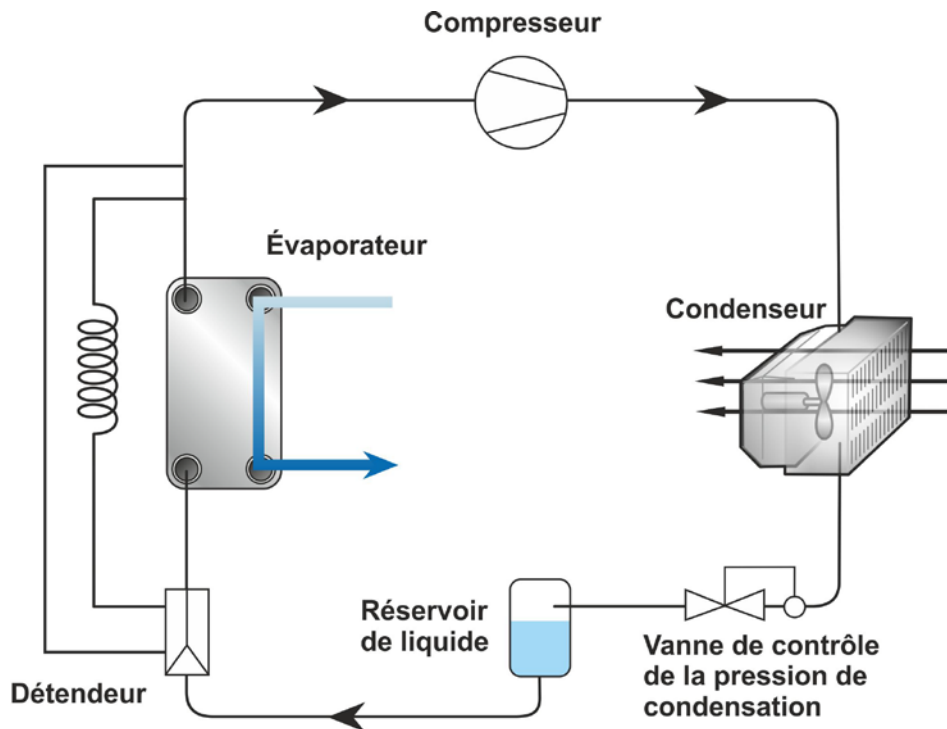


Figure 5. Système de réfrigérant avec contrôle du gel à l'aide d'une vanne de régulation du compresseur à condensation côté réfrigérant.

Capteur thermique dans la conduite d'aspiration ou la conduite d'arrivée de liquide réfrigérant.

La mesure de la température du réfrigérant dans et hors de l'évaporateur n'entraîne pas une protection optimale contre le gel. Tout d'abord, il ne mesure pas la température la plus basse, ce qui est plus pertinent. Deuxièmement, la manière d'interpréter la mesure dépend de la condition de fonctionnement. Si la température du gaz de sortie est mesurée à une valeur nominale, la surchauffe peut encore être très élevée, ce qui entraîne une très faible température d'évaporation et donc un risque de gel. Pour la mesure de l'entrée, cela est influencé par la chute de pression du distributeur. Le fonctionnement à haute puissance entraînera une chute de pression élevée et une température d'admission élevée. En raison d'une capacité plus élevée, la température d'évaporation diminuera et, dans le pire des cas, le gel se produira.

Une meilleure solution serait de surveiller la température d'évaporation réelle et cela peut être fait en mesurant la pression de saturation hors de l'évaporateur, puis en recalculant à la température de saturation correspondante.

Éviter une faible pression de condensation au démarrage.

Le démarrage différé du ventilateur du condenseur peut être utilisé pour réduire le problème d'une faible pression de condensation. Le compresseur est autorisé à démarrer avant le démarrage du ventilateur. La pression de condensation augmente plus rapidement et la chute de la température d'évaporation ne sera pas aussi grande. Il existe des indications où un démarrage retardé du ventilateur du condenseur pourrait augmenter la température d'évaporation d'environ 5 °C. Lorsque la pression augmente, le ventilateur démarre. Si possible, la vitesse du ventilateur devrait être augmentée progressivement pour éviter une chute brutale de la pression de condensation.

Capacité de compresseur variable.

Si un compresseur à capacité variable est installé, il peut être utilisé pour éviter de faibles températures d'évaporation. Le compresseur démarre à une puissance aussi faible que possible. Cela réduira la chute de la température d'évaporation pendant le démarrage.

Pas d'arrêt de la pompe.

Dans les systèmes utilisant les évaporateurs BPHE, le volume de réfrigérant est très faible et il n'est pas nécessaire d'utiliser un système d'arrêt de la pompe. Au lieu de cela, l'électrovanne de la conduite de liquide est fermée en même temps que le compresseur s'éteint. La désactivation de ce système évite que la faible température d'évaporation ne se produise pendant un arrêt classique de la pompe.