

UTILISATION DE VARIATEURS DE FREQUENCE AVEC LES COMPRESSEURS DWM COPELAND™

1 Introduction

Les variateurs de fréquence permettent de varier la vitesse des moteurs et ainsi de réguler la puissance d'un compresseur. Pour les utilisateurs d'installations frigorifiques, ils peuvent constituer un moyen efficace d'adapter exactement la puissance du compresseur aux besoins. Un système de réduction de la puissance du compresseur est nécessaire dans pratiquement toutes les applications. Aujourd'hui, l'accent étant porté sur la recherche d'économies d'énergie par la réduction de la pression de refoulement, un système de régulation de puissance efficace peut s'avérer très bénéfique. En l'absence de possibilité d'un fonctionnement efficace à faible puissance, la régulation du compresseur par marche/arrêt est le plus souvent utilisée. Cette méthode entraîne d'importantes fluctuations et une consommation énergétique élevée en raison de la surcharge des échangeurs thermiques. Des solutions multi-compresseurs permettent de résoudre ce problème dans une certaine mesure, de même que l'étagement de puissance en déchargeant les cylindres des compresseurs à piston.

La variation de vitesse des compresseurs présente les avantages suivants:

- La puissance correspond mieux à la demande avec une variation minimale de la pression d'évaporation et les fluctuations de la température sont réduites au minimum.
- Meilleur rendement de l'installation à charge partielle.
- Durée de vie prolongée des équipements grâce à un fonctionnement continu plutôt que par cycle.
- Le faible courant de démarrage supprime le besoin de dispositifs d'aide au démarrage.
- Grâce à l'augmentation progressive de la vitesse à partir de l'arrêt du compresseur, le risque de retour d'huile ou de liquide soudain vers le compresseur est réduit au démarrage.

L'objectif de ce bulletin est de fournir des conseils techniques aux développeurs, concepteurs ou installateurs qui prévoient d'utiliser des variateurs de fréquence sur des installations frigorifiques dotées de compresseurs DWM Copeland™ semi-hermétiques ou ouverts. Sont décrits ici le fonctionnement du variateur de fréquence, l'impact sur la plage d'application des compresseurs, les performances et la puissance absorbée, les précautions à prendre et certaines implications sur la conception du système.

2 Fonctionnement d'un variateur de fréquence

Un variateur de fréquence fonctionne en convertissant le courant alternatif en courant continu, puis en régénérant un signal alternatif simulé à la fréquence requise. Un compresseur activé par un moteur à cage d'écureuil fonctionnera à une vitesse correspondant à la fréquence. La vitesse sera directement proportionnelle à la fréquence.

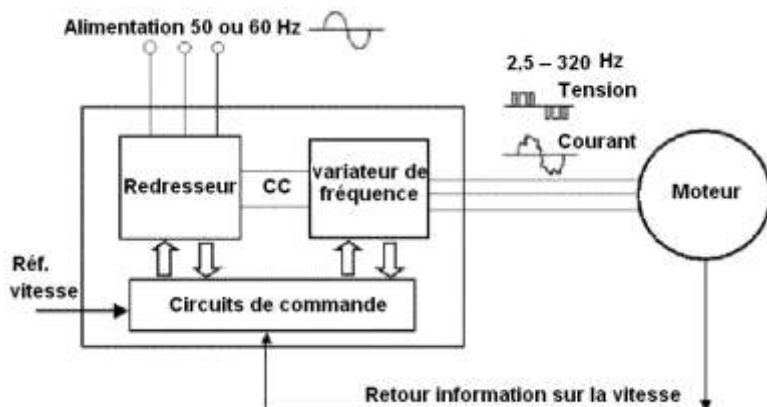


Figure 1

3 Evaluation et considérations importantes

La plupart des variateurs de vitesse peuvent générer des fréquences allant de 2,5 Hz à plus de 300 Hz, bien au-delà de la plage d'application de tous les compresseurs frigorifiques. Il faut faire bien attention à respecter la plage de tension approuvée.

Des limites sont dictées par la capacité de la pompe à huile à maintenir la lubrification à faible vitesse et l'assurance du refroidissement du moteur. Des pertes excessives à vitesse élevée peuvent altérer le fonctionnement et entraîner une surchauffe (températures de refoulement élevées).

La puissance absorbée par un compresseur fonctionnant avec un variateur de fréquence sera toujours supérieure à celle d'un compresseur directement connecté fonctionnant à la même vitesse. Il est important de choisir un variateur de fréquence de haute qualité dans la mesure où le variateur de fréquence absorbe une certaine quantité de puissance et que la nature de la forme d'onde électrique est disjointe au niveau du moteur, entraînant une augmentation des pertes du moteur.

Lors du choix du fonctionnement avec un variateur de fréquence, les points suivants doivent être pris en considération:

- Perte de rendement sauf si la régulation et la conception de l'installation ont été réalisées avec soin.
- Les méthodes de réduction de puissance traditionnelles peuvent ne pas être compatibles avec un variateur de fréquence.
- Une résonance de vibration peut se produire à certaines vitesses et est difficilement prévisible.
- Des restrictions de la plage d'application peuvent s'avérer nécessaires.
- Risque de perturbation électrique des signaux de commande.

4 Limites d'utilisation avec les compresseurs de marque Copeland®

Avec de nombreux variateurs de fréquence, il est très simple de modifier les fréquences de sortie maximum et minimum, ainsi que la plage de fréquences. Il est donc nécessaire de s'assurer que les fréquences soient réglées correctement afin d'éviter tout dommage sérieux sur le compresseur.

NOTE: Dans la majorité des variateurs de fréquence, il est possible de programmer des "sauts" de fréquence pour éviter les vibrations de résonance pouvant se produire à certaines vitesses.

4.1 Plages de fréquences approuvées avec moteurs standards

Gamme de modèles	Plage de vitesses
DK*, DL*, D2D*, D2S*, D3D*, D3S*, D4D*, D4S*, D6D*, D6S*, D8D*, D8S*	25 - 60 Hz

Tableau 1

4.2 Fonctionnement de 50 à 60 Hz avec moteurs standards

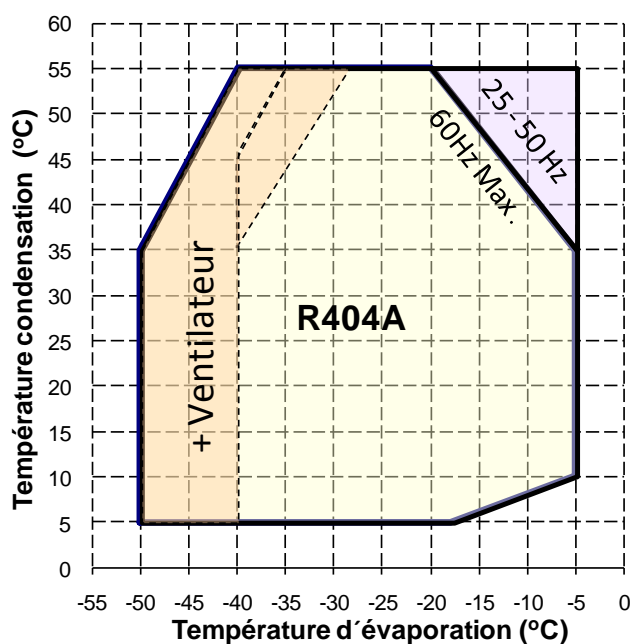
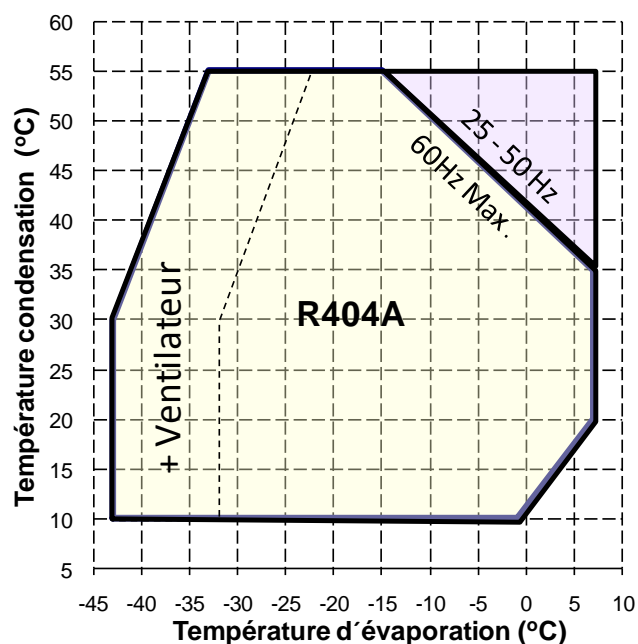
La tension de sortie du variateur ne doit pas dépasser la tension d'entrée. La majorité des compresseurs Copeland® sont conçus pour fonctionner en 60 Hz, étant commercialisés dans des régions où c'est la principale fréquence d'alimentation. Ils peuvent donc fonctionner en toute sécurité et fiabilité à cette fréquence. Cependant, il faut noter qu'en cas de connexion à un réseau en 400V-50 Hz, le variateur de vitesse ne pourra délivrer qu'une tension maximale de 400V. Les moteurs standards nécessitent une tension plus élevée en 60 Hz. Dans la plage de 50 à 60 Hz, l'intensité peut augmenter, donc réduire l'enveloppe comme indiqué sur les diagrammes suivants concernant les compresseurs Discus D4D*, D6D* et D8D* au R404A et R134a.


R404A, Discus moyenne température

D2DC50X, D2DD50X, D2DL75X, D2DB75X, D3DA75X, D3DC100X, D3DS150X, D4DA200X, D4DH250X, D4DJ300X, D6DH350X, D6DJ400X, D8DH500X, D8DJ600X

R404A, Discus basse température

D2DL40X, D2DB50X, D3DA50X, D3DC75X, D3DS100X, D4DF100X, D4DL150X, D4DT220X, D6DL270X, D6DT320X, D8DL370X, D8DT450X



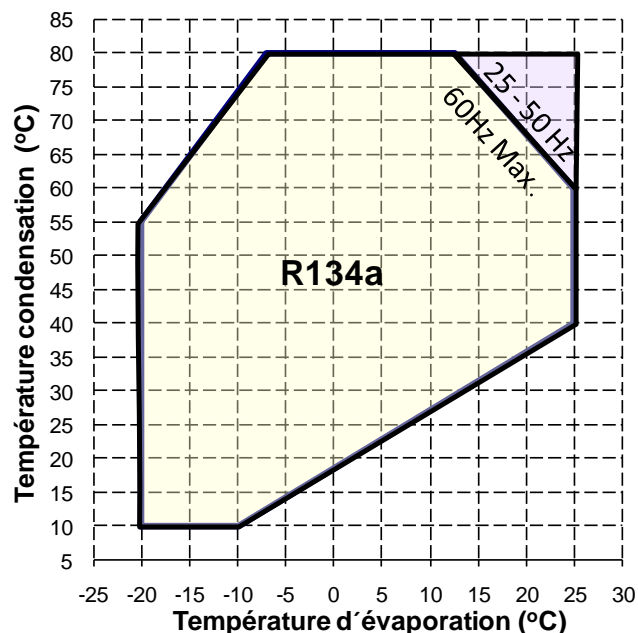
 25°C Gaz aspiré

 0°C Gaz aspiré
 25°C Gaz aspiré

Figure 2: Fonctionnement avec variateur de vitesse et moteur standard de 25 à 60 Hz – R404A

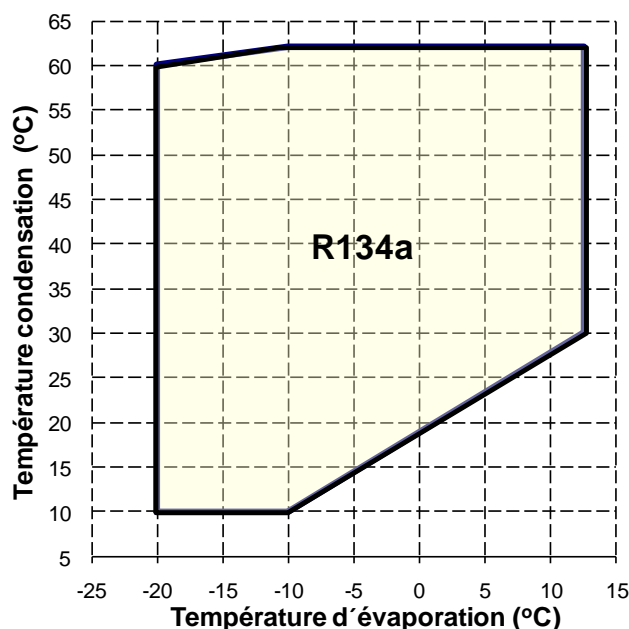
R134a, Discus haute température


D2DL75X, D2DB75X, D3DA75X, D3DC100X, D3DS150X,
D4DA200X, D4DH250X, D4DJ300X, D6DH350X, D6DJ400X,
D8DH500X, D8DJ600X



R134a, Discus moyenne température

D2DL40X, D2DB50X, D3DA50X, D3DC75X, D3DS100X, D4DF100X,
D4DL150X, D4DT200X, D6DL270X, D6DT320X, D8DL370X,
D8DT450X



 25°C Gaz aspiré


 25°C Gaz aspiré

Figure 3: Fonctionnement avec variateur de vitesse et moteur standard de 25 à 60 Hz – R134a

4.3 Vitesse minimale

La fréquence minimale autorisée de 25 Hz est définie par la vitesse la plus faible à laquelle le système de lubrification peut fonctionner efficacement.

4.4 Survitesse avec moteurs spéciaux

Avec un moteur conçu pour une tension inférieure à 400V/50 Hz, associé à une alimentation en 400 V, le variateur de fréquence peut augmenter la tension pendant les périodes de survitesse. En règle générale, le rapport Tension/Fréquence (T/f) reste constant et c'est seulement lorsque la tension requise dépasse la tension d'alimentation que l'intensité augmente. Par exemple, un moteur en 380V 60 Hz nécessitera uniquement 320V à 50 Hz selon la règle T/f constante et pourra ainsi fonctionner en toute sécurité dans toutes les conditions allant jusqu'à 60 Hz avec un variateur de fréquence adapté. En passant à un moteur 230V/50 Hz, la vitesse d'augmentation de la tension est même plus importante.

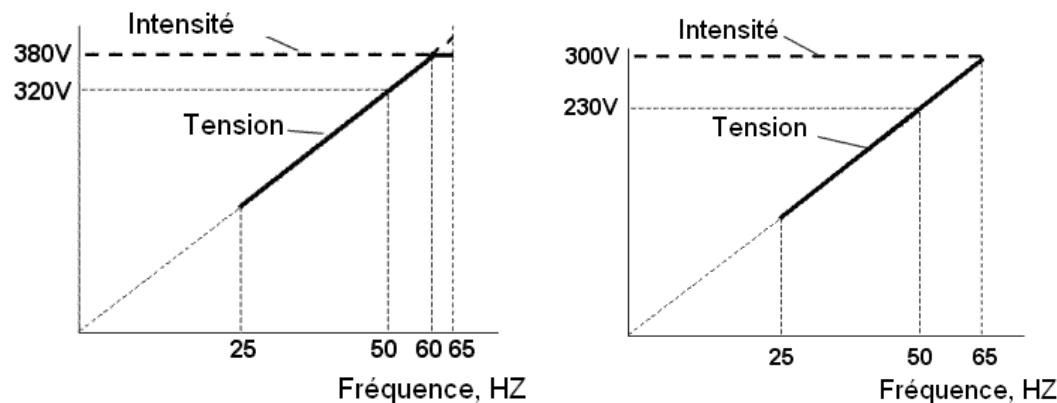


Figure 4

Il est important de noter que l'emploi de moteurs spéciaux ne permet pas un fonctionnement direct en cas de défaillance du variateur de fréquence.

5 Régulation de la fréquence du variateur de vitesse

Le signal nécessaire pour réguler le variateur de fréquence dépend du type de variateur de fréquence utilisé. Ils sont généralement régulés par un signal de 4 à 20 mA ou un signal de tension. Ce signal peut être actionné par le paramètre utilisé pour réguler l'installation frigorifique, par exemple la pression d'aspiration ou la température désirée.

6 Mesure de la puissance absorbée et calibrage des câbles

Le variateur de fréquence peut altérer la forme d'onde sinusoïdale du courant. Par ailleurs, le variateur de fréquence et le moteur sont reliés par un courant alternatif approchant une onde sinusoïdale. Les variateurs de fréquence de qualité supérieure présentent une altération et des pertes de puissance réduites. La puissance peut être mesurée selon la méthode des deux wattmètres à l'entrée du variateur de fréquence.

Les courants peuvent excéder les valeurs calculées à partir de cette puissance. Les câbles, fusibles et contacteurs devront être calibrés pour l'intensité efficace réelle les traversant. Les règles générales suivantes doivent être suivies:

- Câble du moteur au variateur de fréquence: calibrer pour une intensité 10% supérieur au standard;
- Câble du variateur de fréquence au réseau électrique: calibrer une intensité 20% supérieur au standard.

7 Positionnement du contacteur de démarrage

Le variateur de fréquence ne doit pas fonctionner avec la sortie du variateur de fréquence vers le moteur en circuit ouvert. Un contacteur doit être placé des deux côtés du variateur de fréquence, à savoir, entre le variateur de fréquence et l'alimentation et entre le variateur de fréquence et le moteur du compresseur. Ils doivent s'enclencher de façon à couper le côté alimentation en premier. Au démarrage, le contacteur côté moteur doit être actionné en premier.

Avec une dérivation par variateur de fréquence, il faut s'assurer qu'il n'y a aucun retour de tension vers le variateur de fréquence. Par conséquent, lorsque le contacteur de dérivation est fermé et que la dérivation est active, les contacteurs placés des 2 côtés du variateur de fréquence doivent être ouverts.

8 Démarrage et accélération

Un variateur de fréquence peut offrir un démarrage en douceur mais il est nécessaire de s'assurer qu'aucun décrochage ne se produit. Le variateur de fréquence doit être capable de fournir suffisamment de puissance à basses fréquences pour garantir l'accélération du compresseur jusqu'à la vitesse nominale en approximativement 3 secondes ou moins. Seules des consignes d'ordre général peuvent être données ici dans la mesure où les spécifications du couple requis dépendent des pressions du circuit au démarrage. Un délai d'accélération plus important peut entraîner une lubrification inadéquate. Il peut s'avérer nécessaire de définir le variateur de fréquence de façon à ce qu'il fournisse une tension légèrement plus importante (comparée à la règle T/f habituelle décrite au paragraphe 4.4) à basse fréquence applicable au cours de l'accélération. Toutefois, cette opération ne doit pas entraîner d'écart par rapport à la règle T/f au cours du fonctionnement normal.

9 Blindage électrique et hausse de tension

Le câblage de l'enveloppe électrique et de l'installation doit être réalisé très attentivement conformément aux recommandations CEM. Des capteurs de pression de qualité et de fiabilité supérieures doivent être utilisés en respectant la CEM pour garantir que le variateur de fréquence ne perturbe pas les signaux des capteurs de pression. Les signaux des capteurs de pression HP et BP ne doivent contenir aucun bruit jusqu'à l'entrée du régulateur. Le variateur de fréquence lui-même doit être équipé de filtres CEM adaptés, par exemple EN55011 Classe B.

Dans la mesure où la forme d'onde générée par le variateur de fréquence se compose d'impulsions, une hausse de tension sur une impulsion risque d'être trop rapide. En règle générale, cette hausse est mesurée en kV par microseconde et les limites applicables aux bornes du moteur à respecter pendant la première microseconde sont définies par la norme EN 60034. Afin de minimiser le risque de problèmes moteur, il est suggéré que le variateur de fréquence fonctionne à sa fréquence de commutation la plus basse et qu'il soit aussi proche que possible du compresseur.

10 Vibration

Un compresseur fonctionnant à vitesse fixe génère des vibrations au niveau de son châssis sur une gamme de fréquences définie. Le châssis peut évidemment être conçu de telle façon que ses fréquences propres diffèrent des fréquences imposées.

Un compresseur fonctionnant à vitesse variable imposera des fréquences différentes pour chaque vitesse. La conception du cadre permettant de supprimer les vibrations sur toute la plage de vitesses est donc plus complexe.

Le châssis doit être suffisamment rigide pour que ses fréquences de résonance soient supérieures à la fréquence maximum, à savoir, 60 ou 65 Hz. Un modèle conçu avec des fréquences propres inférieures à la vitesse minimale de 20 ou 25 Hz risque de générer des problèmes vibratoires lors du démarrage. Les suspensions ressorts ne doivent pas être utilisées, leur fréquence propre étant inférieure à 65 Hz.

NOTE: L'installation doit être conçue ou le régulateur de variateur de vitesse doit être configuré (programmé pour les sauts de fréquence) de façon à ne pas fonctionner aux fréquences de résonance entre 20 et 70Hz.

11 Compresseurs bi-étagés

Le fonctionnement des compresseurs bi-étagés à vitesse variable peut nécessiter l'emploi à l'étage intermédiaire d'un détendeur d'injection de liquide de taille différente. Contacter Emerson Climate Technologies pour plus de détails.

12 Gamme de variateurs de fréquence recommandés

Emerson Climate Technologies recommande d'employer, avec les compresseurs DWM Copeland Standard ou Discus, les variateurs de fréquence de la marque Control Techniques.

Consulter le tableau de sélection en **annexe**.

13 Résumé

Les principales considérations à prendre en compte lors de l'utilisation d'un variateur de fréquence comme régulateur de puissance sont récapitulées ci-après:

- Le compresseur ne doit pas fonctionner en dehors des plages 25 à 60 ou 20 à 65 Hz.
- La plage d'application du compresseur doit être réduite pour permettre une surchauffe du moteur et réduire la charge du moteur, en cas de survitesse.
- La puissance du compresseur sera directement proportionnelle à la vitesse.
- La puissance absorbée par le compresseur dépendra du rendement du variateur de fréquence et de la fréquence.
- Le châssis doit être conçu de telle sorte que ses fréquences de résonance soient supérieures à 65 Hz.
- L'installation doit être conçue, ou le variateur de fréquence configuré (programmé pour les sauts de fréquence) de façon à ne pas fonctionner aux fréquences de résonance.
- Il existe des inefficacités inhérentes associées au fonctionnement du variateur de fréquence.
- Il est nécessaire, lors du réglage du variateur de fréquence, de s'assurer qu'il ne fonctionne pas en dehors de la plage de fréquences définie et qu'il opère à un rendement maximum.
- Les câbles entre l'alimentation principale et le moteur du compresseur doivent être dimensionnés de façon à tenir compte de courants supérieurs à ceux d'une installation de taille similaire sans variateur de fréquence.
- Le circuit de commande doit être conçu de telle façon que le variateur de fréquence ne puisse pas fonctionner avec la puissance allant du variateur de fréquence vers le circuit ouvert du moteur.
- Les vitesses de gaz réduites à faible vitesse peuvent nécessiter la reconfiguration des tuyauteries de refoulement et d'aspiration.

Annexe: Tableau de sélection

Compresseurs DWM et variateurs de fréquence Control Techniques correspondants

Gamme de variateurs de fréquence Control Technique: Commander SK

Compresseur	Variateur de fréquence Control Techniques Commander SK	Compresseur	Variateur de fréquence Control Techniques Commander SK	Compresseur	Variateur de fréquence Control Techniques Commander SK
DKM-5X	SKB3400110	D2SC-65X	SK2403	D6SJ-300X	SK4401
DKM-7X	SKB3400150	D2DB-50X	SK2403	D4SJ-300X	SK4401
DKJ-7X	SKB3400220	D3DA-50X	SK2403	D8SH-400X	SK4401
DKJ-10X	SKC3400220	D3DC-100X	SK2403	D4DJ-300X	SK4401
DKSJ-10X	SKC3400220	D2SK-75X	SK2403	D4ST-200X	SK4401
DKSJ-15X	SKC3400220	D3SC-100X	SK2404	D4DT-220X	SK4401
DKL-20X	SKC3400220	D2SK-65X	SK2404	D6SK-400X	SK4402
DKSL-15X	SKC3400300	D3DC-75X	SK2404	D6DH-350X	SK4402
DKL-15X	SKC3400300	D3SC-75X	SK2404	D6SH-350X	SK4402
DKSL-20X	SKC3400300	D4SH-150X	SK2404	D6DL-270X	SK4402
DLF-20X	SKC3400400	D3DS-100X	SK3401	D6SL-250X	SK4402
DLE-20X	SKC3400400	D4SA-200X	SK3402	D8SJ-500X	SK4403
DLJ-20X	SKD3400550	D4DA-200X	SK3402	D6DT-320X	SK4403
DLF-30X	SKD3400550	D3DS-150X	SK3402	D6SJ-400X	SK4403
DLJ-30X	SKD3400550	D4DF-100X	SK3402	D6ST-320X	SK4403
DLL-30X	SKD3400550	D3DS-100X	SK3402	D6ST-300X	SK4403
D2DC-50X	SKD3400550	D4SF-100X	SK3402	D8SH-370X	SK4403
DLL-40X	SKD3400550	D3SS-150X	SK3402	D6DJ-400X	SK4403
D2DD-50X	SKD3400750	D4SJ-200X	SK3402	D8DH-500X	SK4403
DLSG-40X	SKD3400750	D4SL-150X	SK3402	D8SK-600X	SK4403
D2SA-55X	SK2403	D3SS-100X	SK3402	D8DL-370X	SK4403
D2DL-40X	SK2403	D6SH-200X	SK3403	D6SK-500X	SK4403
D2DL-75X	SK2403	D4DH-250X	SK3403	D8SH-500X	SK4403
D2SA-45X	SK2403	D4SH-250X	SK3403	D6SU-400X	SK4403
D3DA-50X	SK2403	D6SF-200X	SK4401	D8SJ-600X	SK5401
D3DA-75X	SK2403	D4DL-150X	SK4401	D8DJ-600X	SK5401
D2SC-55X	SK2403	D4SL-150X	SK4401	D8DT-450X	SK5401
D2DB-75X	SK2403	D6SA-300X	SK4401	D8SJ-450X	SK5401
D3SA-75X	SK2403				

Tableau 2