

AN009 – Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence



Table of Contents

1. AN009–Running Several Motors in Parallel on One Clean Power VFD	3
1.1. Disclaimer – Running several motors in Parallel on One Clean Power VFD	3
1.2. Plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur Clean Power VFD	4
1.2.1. sécurité et responsabilité.....	5
1.3. Détails de l'application : Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un seul variateur de fréquence	6
1.4. Guide de mise en œuvre : Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un seul variateur de fréquence	9
1.4.1. Extension sécurisée d'une configuration à plusieurs moteurs.....	12
1.4.2. Fonctionnement : Mise en service de moteurs supplémentaires – en toute sécurité	17
1.4.3. Utilisation d'un automate programmable pour connecter davantage de moteurs à un seul variateur de fréquence	20
1.5. point de défaillance unique.....	28
1.6. Avantages et résultats – Fonctionnement en parallèle de plusieurs moteurs sur un seul variateur de fréquence	30
2. Conclusion	31

1. AN009–Running Several Motors in Parallel on One Clean Power VFD

1.1. Disclaimer – Running several motors in Parallel on One Clean Power VFD

Bien que tous les efforts aient été déployés pour garantir l'exactitude et l'exhaustivité des informations contenues dans ces notes d'application, SmartD ne donne aucune garantie, expresse ou implicite, y compris des garanties de qualité marchande ou d'adéquation à un usage particulier. En aucun cas, SmartD ne pourra être tenu responsable envers une partie quelconque des dommages directs, indirects, spéciaux ou autres dommages consécutifs liés à l'utilisation de ces notes d'application

L'utilisateur doit faire preuve de prudence et suivre tous les protocoles de sécurité lors de l'utilisation de VFD (variateurs de fréquence). Cela inclut, mais sans s'y limiter, le port d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés, la déconnexion de l'alimentation avant d'intervenir sur l'équipement et le respect de tous les codes électriques locaux et nationaux applicables.

Ces notes d'application ne doivent pas être utilisées comme substitut à des conseils, inspections ou consultations d'ingénierie professionnelle. L'utilisateur est seul responsable de s'assurer que toutes les pratiques, installations ou actions entreprises sur la base de ces notes d'application respectent toutes les exigences de sécurité et d'exploitation.

En utilisant ces notes d'application, l'utilisateur accepte d'indemniser et de dégager de toute responsabilité SmartD en cas de pertes, dépenses, dommages et coûts, y compris les frais d'avocats raisonnables, résultant de toute violation de cette clause de non-responsabilité ou de toute activité liée au compte de l'utilisateur (y compris une conduite négligente ou fautive) par l'utilisateur ou toute autre personne accédant à ces notes d'application via le compte de l'utilisateur.

SmartD se réserve le droit de modifier ces notes d'application à tout moment et sans préavis. Il revient à l'utilisateur de s'assurer qu'il suit la version la plus récente de ces notes d'application.

1.2. Plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur Clean Power VFD

L'utilisation d'un seul variateur Clean Power VFD pour faire fonctionner plusieurs moteurs en parallèle peut constituer un moyen judicieux de gagner de la place, de simplifier le câblage et de réduire les coûts, en particulier pour les groupes de ventilateurs et de pompes qui fonctionnent toujours à la même vitesse.

La sortie à onde sinusoïdale du variateur Clean Power VFD réduit également les contraintes exercées sur les câbles et les moteurs, ce qui s'avère utile lorsque plusieurs charges sont raccordées à un seul variateur.

Cette configuration modifie toutefois la manière dont la protection, le contrôle et la mise en service doivent être assurés. Un variateur « perçoit » uniquement la charge totale ; il ne peut ni protéger ni diagnostiquer chaque moteur individuellement. Certaines fonctionnalités avancées qui reposent sur un modèle de moteur unique par variateur (par exemple, le réglage automatique par moteur) ne sont pas applicables dans ce cas.

Cette note d'application fournit des conseils pratiques et sûrs pour la conception, la mise en service et l'exploitation de systèmes à plusieurs moteurs équipés du variateur Clean Power VFD.

Contenu de cette note d'application

- Règles claires à respecter et à éviter pour la commande de plusieurs moteurs à partir d'un seul variateur de fréquence
- Architecture de câblage et protection recommandées (avec protection surcharge par moteur)
- Dimensionnement des variateurs et choix de paramètres adaptés à l'exploitation sur le terrain (mode V/Hz, rampes prudentes)
- Une liste de contrôle pour la mise en service et les étapes de dépannage de base
- Consignes de sécurité et recommandations relatives à la conformité aux normes à aborder avec votre autorité compétente

Hypothèses

- Plusieurs **moteurs à induction** de puissances nominales similaires, fonctionnant à la même tension et à la même fréquence, pilotés par une commande de vitesse commune
- Pas de marche arrière ni de régulation indépendante de la vitesse ou du couple par moteur
- Installations groupées conformes aux normes électriques en vigueur (NEC, CEI ou équivalents locaux)

Ce que ce n'est pas



Ce document ne remplace ni le manuel d'utilisation ni les plans certifiés

Il ne s'agit pas d'une application nécessitant la mise en marche ou l'arrêt des moteurs alors que le variateur de fréquence est sous tension

Lisez d'abord la [section consacrée à la sécurité et à la responsabilité](#), puis utilisez les sections suivantes pour planifier votre conception, vérifier les dispositifs de protection, définir les paramètres et mettre le système en service en toute sécurité.

1.2.1. sécurité et responsabilité



Un seul variateur de fréquence commandant plusieurs moteurs **ne peut pas** protéger individuellement chaque moteur. Le variateur « perçoit » une charge globale et ne peut pas détecter de surintensité ni de surcharge thermique sur un moteur spécifique. Vous **devez** installer **une protection contre les surcharges** (thermique/électronique) pour chaque moteur en aval du variateur de fréquence.

Ne **commutez** pas les contacteurs sur la sortie du variateur de fréquence tant que celui-ci produit une tension. Si vous devez isoler un moteur, commencez par **arrêter** le variateur et mettre sa sortie hors tension, puis déconnectez l'appareil en aval.

Respectez la réglementation électrique en vigueur dans votre région. Aux États-Unis, les circuits à plusieurs moteurs sont régis par la norme **NEC 430.53** (installations groupées) et par les règles correspondantes en matière de dimensionnement et de surcharge. Le Canada prévoit des exigences similaires dans le Code canadien de l'électricité (CCE), à l'article 28-200 intitulé « Plusieurs moteurs ou autres charges sur un même circuit dérivé ».

Si vous n'êtes pas tout à fait à l'aise avec ces règles, demandez conseil à un professionnel agréé.

1.3. Détails de l'application : Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un seul variateur de fréquence

Quand un système à un seul variateur de fréquence et plusieurs moteurs est adapté

Utilisez un seul variateur de fréquence pour plusieurs moteurs lorsque toutes les conditions suivantes sont remplies :

- une commande de vitesse identique pour chaque moteur,
- caractéristiques techniques similaires des moteurs (tension, puissance, nombre de pôles),
- pas de marche arrière indépendante,
- acceptation d'un [point de défaillance unique](#),
- et fonctionnement en mode **V/Hz (scalaire)**.

Si l'une de ces conditions n'est pas remplie, utilisez un variateur de fréquence par moteur.

Pourquoi le variateur Clean Power VFD est utile dans ce cas (et ce qu'il ne change pas)

Le variateur Clean Power VFD génère une **signal de sortie sinusoïdal** avec un dv/dt et des harmoniques extrêmement faibles, ce qui réduit la sollicitation du moteur et permet d'utiliser **des câbles longs** sans avoir recours à des filtres externes de dv/dt ou de sinusoïdale. Cela s'avère avantageux lorsqu'un seul variateur alimente plusieurs moteurs

- **Sortie sinusoïdale** : dv/dt et harmoniques extrêmement faibles ; compatible avec les moteurs et les câbles.
- **Pas de filtres de sortie externes** : moins de composants, moins d'échauffement, des panneaux plus simples
- **La prise en charge des câbles longs** simplifie les schémas d'installation, facilite la mise en place de configurations multipoints et permet de piloter des moteurs à distance sans câbles spécifiques.

Codes, normes et notions de base sur les « moteurs en parallèle »

- La norme NEC 430.53 (et ses équivalents CEC) régit les circuits dérivés à plusieurs moteurs.
- Des dispositifs de protection contre les surcharges par moteur sont obligatoires ; un dispositif de protection contre les courts-circuits doit être installé en amont. Les dispositifs de protection contre les surcharges et les surchauffes doivent interrompre l'alimentation électrique du moteur, soit en provoquant l'arrêt du variateur de fréquence, soit en coupant le circuit alimentant le moteur protégé.

- Si vous effectuez une conception conformément aux normes CEI/EN ou NFPA 79 relatives aux machines, appliquez les clauses correspondantes ; le principe de la protection contre les surcharges par moteur et de la mise en place d'un dispositif de protection contre les surintensités en amont reste le même.
- Faites valider votre dispositif de protection auprès de votre autorité compétente (AHJ).
Il s'agit de l'organisme, du service ou de la personne chargée d'interpréter et de faire respecter la réglementation applicable à votre projet, ainsi que d'approuver et de contrôler les équipements, les matériaux, l'installation ou les procédures.
Exemples d'autorités compétentes (AHJ) : inspecteur local en électricité ou en bâtiment, chef des pompiers, souscripteur d'assurance ou organisme de certification tiers (selon la localisation et le type d'installation).
Pourquoi est-ce important ? L'autorité compétente a le dernier mot en matière de conformité au code — par exemple, pour déterminer si votre configuration de variateur de fréquence (VFD) ou de moteurs multiples, votre dispositif de protection et votre documentation sont acceptables.

Recommandations mécaniques et de compatibilité

Utilisez des moteurs présentant la même tension, la même vitesse de base, le même nombre de pôles, la même classe de rendement et le même type de boîtier. Veillez à répartir les charges de manière équilibrée.

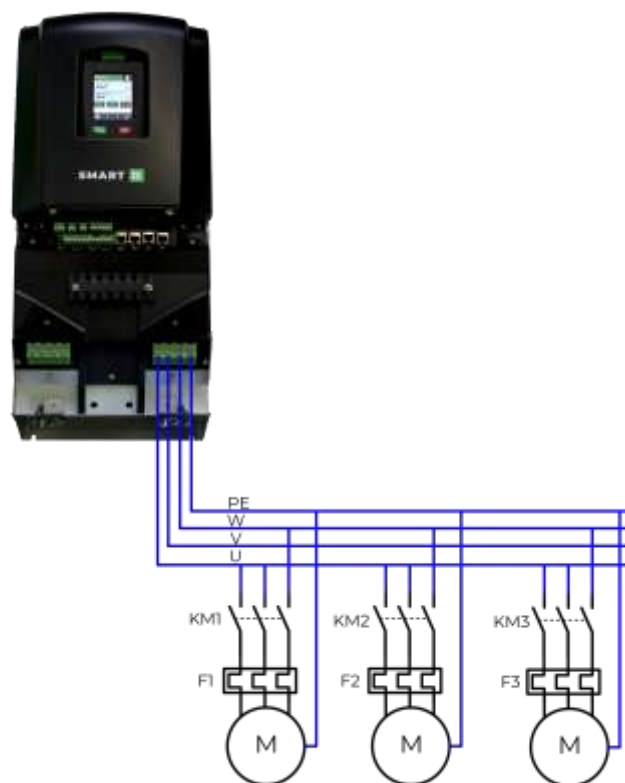
Câblage, CEM et mise à la terre

- **Type de câble :**
Il est souvent possible d'utiliser un câble de moteur classique (dimensionnement conforme à la norme et au manuel d'utilisation) à la place d'un « câble VFD » spécial.
Conseil : Veillez à ce que les faisceaux soient symétriques et bien reliés entre eux afin de favoriser la répartition du courant.
- **Topologie :**
Utilisez une configuration en étoile (radiale) partant d'un bornier de sortie commun vers chaque moteur.
Évitez de connecter les moteurs en série les uns aux autres.
- **Adaptation des longueurs :**
Veillez à ce que les câbles de dérivation soient de longueur et de type similaires afin d'équilibrer l'impédance et la répartition du courant.
- **Limite de longueur totale :**
En ce qui concerne les limites de sortie du variateur, celui-ci « perçoit » en effet la somme de toutes les longueurs des branches.
Exemple : 3 moteurs × 50 m chacun ⇒ total = 150 m.

Ce qu'il ne faut pas faire (restrictions)

- Pas de réglage individuel, ni de codeurs individuels par moteur sur un seul variateur de fréquence.
- Ne lancez pas l'auto-réglage lorsque plusieurs moteurs sont connectés.
- Ne pas ouvrir ni fermer les contacteurs en aval pendant le fonctionnement.
- Ne comptez pas sur le variateur de fréquence pour assurer la protection individuelle des moteurs.

1.4. Guide de mise en œuvre : Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un seul variateur de fréquence



Architecture électrique (recommandée)

Côté entrée du variateur de fréquence : Dimensionner le sectionneur de déconnexion et le dispositif de protection contre les courts-circuits (SCPD) conformément à la réglementation.

Côté sortie : Topologie en étoile pour chaque moteur ; ajouter des **protecteurs électroniques contre les surcharges** individuels pour chaque moteur (adaptés à la tension de sortie du variateur de fréquence).

Isolateurs optionnels par moteur pour la maintenance — à utiliser uniquement lorsque le variateur de fréquence est à l'arrêt.

Thermistances/PTC dans chaque moteur : les relier à des relais distincts dotés de contacts auxiliaires montés en série sur une seule entrée si vous n'avez besoin que d'un déclenchement global.

Modernisation d'une installation dont les câbles ne sont pas tous du même type

Tous les câbles de moteur ne sollicitent pas le variateur de la même manière. Le blindage et la conception modifient la capacité du câble, ce qui sollicite davantage le variateur de fréquence ; c'est pourquoi nous **considérons certains câbles comme « plus longs » qu'ils ne le sont physiquement** :

Convertissez chaque branche en une **longueur effective** à l'aide du guide ci-dessous, puis additionnez simplement les longueurs effectives de toutes les branches.

- **Câble non blindé dans une gaine** : le compter **tel quel** (10 m → compter 10 m).
- **Câble blindé à faible capacitance, adapté aux variateurs de fréquence** : il est **légèrement plus lourd**, x1,5 (10 m → environ 15 m).
- **Câble standard blindé en ruban (feuille + conducteur/tresse)** : comptez-en **environ le double** (10 m → comptez environ 20 m).
- **Plusieurs câbles en parallèle vers un même moteur** : compter **chaque ligne**.
- **Types de câbles inconnus ou mixtes** : par mesure de prudence, appliquez la règle du **coefficient multiplicateur le plus élevé**.
- **Remarque à propos du Clean Power VFD** : la sortie sinusoïdale réduit considérablement la contrainte dv/dt, mais **la longueur effective totale reste un facteur important** car la capacité totale continue de s'accumuler.

Exemple :

Branche A : 25 m non blindés → calculer $25 \times 1,0 = 25$ m

Branche B : Câble blindé de 25 m → $25 \times 2,0 \sim 50$ m

Branche C : 15 m, câble blindé compatible VFD → calcul : $15 \times 1,5 = 22,5 \sim 20-23$ m

Longueur effective totale = environ 95 m (à comparer avec les recommandations concernant les câbles longs).

Dimensionnement du VFD et paramètres clés

- **Courant nominal** : Additionner tous les courants de charge admissible (FLA) des moteurs et ajouter une marge technique (environ 20 % en général). Le total ne doit pas dépasser la capacité nominale du VFD.
- **Mode de contrôle : V/Hz (scalaire)** ; ne pas utiliser le mode de commande vectorielle (iFOC)

SMART AN009 – Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence

- **Caractéristiques du moteur** : Saisissez la tension/fréquence de base indiquée sur la plaque signalétique. Réglez la limite de courant du variateur de fréquence sur le courant **total** (ne l'utilisez pas comme protection individuelle pour chaque moteur).
- **Accélération/Décélération** : Privilégiez les rampes douces.

Mise en œuvre de la commande de contrôle — utilisez la fonction de verrouillage

Utilisez la **fonction de verrouillage** sur une **entrée numérique** disponible pour désactiver l'étage de sortie.

Configurez le DI en mode « **fail-safe** » : utilisez le contact normalement fermé de l'actionneur (par exemple, un bouton-poussoir ou un commutateur rotatif) dans le câblage, et définissez le type de déclenchement sur « bas » afin qu'un circuit ouvert déclenche l'alarme.

Ajoutez un court délai anti-rebond (par exemple, 200 à 500 ms) dans le circuit logique avant et après le déclenchement de l'alarme.

Raccordez les contacts de protection du groupe (thermistances du moteur/relais PTC, contacts auxiliaires de surcharge par moteur) en série sur cette entrée, en les configurant comme des contacts normalement fermés, de sorte que tout déclenchement isolé ou toute rupture de fil déclenche l'alarme.

Liste de contrôle pour la mise en service

1. **Révision de la conception** : Vérifiez la réglementation en vigueur et les dispositifs de protection correspondants.
2. **Câblage** : Connexion en étoile à partir de T1/T2/T3 ; égaliser les longueurs des branches ; vérifier les mises à la terre et les liaisons.
3. **Paramètres du VFD** : Mode V/f ; rapport V/f nominal ; limite de courant de l'ensemble ; rampes douces.
4. **Tests fonctionnels** : Commencez par un seul moteur, puis ajoutez les moteurs un par un (en arrêtant l'entraînement entre chaque ajout).
5. **Protections** : Vérifiez le déclenchement de la protection contre les surcharges et de la protection par thermistance de chaque moteur.
6. **Documentation** : Enregistrez les paramètres avec les courants mesurés dans chaque branche et les longueurs de câble.

Exemple de dimensionnement (théorique)

- Trois moteurs de 5 HP à 460 V ; courant nominal à vide (FLA) de chacun $\approx 7,6$ A $\rightarrow$ Somme = 22,8 A.
- Ajouter une marge de 20 % $\rightarrow$ **27,4 A** de courant de sortie continu minimal.
- Choisissez un variateur Clean Power VFD d'une intensité nominale $\geq 27,4$ A. Réglez chaque relais de surcharge à une valeur $\approx$ l'intensité nominale du moteur (à ajuster en fonction du cycle de service et des indications de la plaque signalétique).

Conseils de dépannage

- **Une branche à courant élevé** : Vérifiez les écarts de longueur des branches, les terminaisons, ainsi que les problèmes liés aux roulements et à la charge.
- **Déclenchements par surtension lors de la décélération** : Allonger la phase de décélération, gérer correctement l'énergie de régénération.
- **Oscillations à basse vitesse** : Vérifiez le réglage V/f, augmentez le temps d'accélération et réglez la surpression dans les limites autorisées.

1.4.1. Extension sécurisée d'une configuration à plusieurs moteurs



Avec le variateur Clean Power VFD actuel, **ne commutez pas les contacteurs en aval pendant que le variateur alimente la sortie**. L'ajout de moteurs « à la volée » n'est **pas pris en charge**. Utilisez la méthode **Arrêt-avant-Ajout** ci-dessous.

Extension sécurisée du groupe (Arrêt - Désactivation - Connexion - Redémarrage)

C'est la méthode recommandée (prise en charge) : **Arrêt avant ajout**

Faites fonctionner un variateur Clean Power VFD qui pilote déjà un sous-ensemble de moteurs identiques (même consigne de vitesse), puis connectez un ou plusieurs moteurs supplémentaires à la même sortie du variateur sans coupure de l'alimentation électrique active.

La séquence

SMART AN009 – Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence

- mettre le VFD en pause (Arrêt moteur),
- inhiber de manière positive la sortie (verrouillage/désactivation du moteur),
- Mettre à jour et vérifier la configuration du variateur de fréquence,
- fermer les nouveaux contacteurs du moteur avec retour par contact auxiliaire,
- relacher le verrouillage du moteur,
- et redémarrer l'ensemble du groupe sans problème.

Utiliser cette fonction en cas d'augmentation de la charge (pic saisonnier, montée en puissance de la production), après une remise en service suite à une maintenance, ou lors de la mise en service progressive d'équipements (par exemple, des rangées de ventilateurs, des groupes de pompes).

Conditions préalables

- Chaque moteur est équipé de son **propre dispositif de protection contre les surcharges** (réglé sur le courant nominal de ce moteur).
- Chaque dérivation est équipée d'un **sectionneur verrouillable** (ou d'un interrupteur à fusible) en aval du variateur de fréquence.
- Le mode de commande est **V/f (scalaire)**.
- Vous connaissez les règles relatives à la **longueur effective du câble** (les câbles blindés « comptent pour une longueur supérieure »).
- Vous pouvez accepter une brève interruption de l'activité du groupe (en sachant qu'il s'agit d'un point de défaillance unique).

Installation et mise en service

1. Informer et préparer

- Signaler un arrêt prévu, vérifier que le processus peut être interrompu en toute sécurité.
- Enregistrer une sauvegarde **des paramètres actuels** du variateur de fréquence.

2. Arrêter et mettre hors tension

- Commande **Arrêt**. Attendez que l'état « arrêté » s'affiche et que la décharge du bus CC soit signalée.

- Si disponible, activez une protection contre les démarrages intempestifs (POU) en amont des différentes branches. Une fonction de désactivation du moteur, telle qu'un dispositif de verrouillage, répond à ce besoin.

3. Isoler tous les moteurs existants

- Ouvrez les sectionneurs de chaque moteur afin qu'aucun moteur ne soit raccordé à la sortie du variateur de fréquence.

4. Branchez et testez chaque nouveau moteur, un par un

- Fermez le sectionneur pour **uniquement le nouveau moteur n° 1**.
- **Veillez à ce que l'ordre des phases soit cohérent** avec celui des branches existantes.
- Modifiez temporairement la **limite de courant** du variateur pour l'aligner sur le courant nominal à vide (FLA) de ce moteur (ou conservez la limite globale existante — les deux options conviennent pour ce test sur un seul moteur).
- **Démarrez** le variateur de fréquence à basse fréquence (par exemple, 5 à 10 Hz). Vérifiez la **rotation** et la présence de bruits anormaux.
- Mesurez le courant dans la branche ; vérifiez qu'il correspond aux valeurs indiquées sur la plaque signalétique à la vitesse choisie.
- **Arrêter**, ouvrez ce sectionneur, puis répétez l'opération pour chaque nouveau moteur supplémentaire.

5. Mettre à jour les protections et les paramètres

- Réglez chaque **surcharge** en fonction de l'intensité nominale à plein charge (FLA) et de la classe (10/20, selon le régime) indiquées sur la plaque signalétique du moteur.
- Recalculez le FLA agrégé = **(ancien FLA du groupe) + (somme des FLA des nouveaux moteurs)**. Réglez la **limite de courant** du variateur de fréquence et tout paramètre interne de protection contre les surcharges sur cette **valeur globale**.
- Recalculez la **longueur totale effective du câble** (en tenant compte des corrections spécifiques à votre type de câble).
Si vous avez désormais dépassé nos recommandations concernant la longueur des câbles, prenez des mesures pour y remédier (raccourcissez les câbles, divisez le groupe ou changez de type de câble).

6. **Reconnecter l'ensemble du groupe**

- Fermer les sectionneurs pour **tous les moteurs concernés** (existants + nouveaux).

7. **Redémarrer**

- Utilisez une **rampe d'accélération modérée** (par exemple, 10 à 20 s ou plus) pour la première rampe.

8. **Vérifier le partage et les températures**

- À vitesse constante, mesurez **le courant de chaque branche**.
- Objectif : des branches situées à **±10 %** les unes des autres (écart plus réduit si les charges sont identiques).
- Si une branche affiche systématiquement une valeur élevée, vérifiez si la longueur du câble est inadaptée, les raccordements, l'état du moteur ou la charge.

9. **Contrôles fonctionnels**

- Déclenchez la **surcharge d'un seul moteur** afin de vérifier la sélectivité et la signalisation.
- Si vous utilisez des **thermistances** (PTC), vérifiez que chaque canal se déclenche et que cela est bien signalé.

10. **Document**

- Enregistrez : la valeur cumulée actualisée du FLA et la limite actuelle, tous les réglages de surcharge, la longueur de chaque branche (physique et « effective »), les courants mesurés dans les branches à une vitesse connue, ainsi que toute modification des paramètres.

À titre d'information — « Ajout en direct » pendant que d'autres tournent (non pris en charge)

Certaines architectures gèrent la mise en marche et l'arrêt progressifs des moteurs sous charge à l'aide de fonctionnalités spécifiques des variateurs de fréquence (commande par contacteur de sortie, prémagnétisation, démarrage coordonné par branche). Le variateur de fréquence Clean Power VFD **actuel ne propose pas** ce mode de commande. **Ne tentez pas** de fermer un contacteur de moteur sur une sortie de variateur de fréquence sous tension ; vous risqueriez de provoquer des pics de tension ou de courant, des déclenchements intempestifs ou des dommages matériels.

Si vous ne parvenez pas à arrêter le processus, utilisez plutôt l'une des solutions suivantes :

- Un variateur de fréquence par moteur, ou
- Répartir les moteurs entre deux variateurs de fréquence afin qu'un groupe puisse être mis en pause pendant que l'autre fonctionne, ou
- Prévoir un **bypass** pour permettre un fonctionnement temporaire à vitesse fixe pendant l'ajout de branches hors ligne.

Critères d'acceptation rapides après l'ajout de moteurs

- Le démarrage s'effectue en douceur avec une accélération modérée ; aucune surtension du bus CC n'est observée lors de la décélération.
- Les courants de branche sont équilibrés ($\approx \pm 10\%$).
- Limite de courant du variateur de fréquence $\geq$ **somme de tous les courants nominaux de démarrage des moteurs** (plus votre marge).
- La longueur totale effective du câble est conforme aux spécifications ; aucun problème inhabituel de surchauffe ou d'interférences électromagnétiques n'a été constaté.
- Les déclenchements dus à une surcharge ou à la thermistance isolent uniquement le moteur concerné et déclenchent l'alarme prévue.

1.4.2. Fonctionnement : Mise en service de moteurs supplémentaires — en toute sécurité

Imaginons un scénario dans lequel 10 moteurs sont raccordés en parallèle à un seul variateur de fréquence :

- 10 moteurs identiques, chacun équipé de son propre dispositif de protection contre les surcharges en aval et de son propre contacteur
- 5 fonctionnent sur un seul variateur de fréquence
- Vous souhaitez **ajouter les 5 autres**, puis **redémarrer les 10 ensemble** — sans surcharger le variateur ni les moteurs

A) Préparer l'arrêt des 5 moteurs en marche

1. Commande d'arrêt normal (décélération)

- Optez pour une décélération modérée afin de ne pas provoquer de fluctuations sur le bus CC (évitez les freinages brusques pour faciliter la gestion de l'énergie par l'AFE régénératif).
- Attendez que le variateur affiche **Fréquence de sortie ≈ 0 Hz** et **Courant moteur ≈ 0** (ou l'état « arrêté »). Le variateur de fréquence Clean Power se trouve alors en état « prêt à fonctionner », signalé par le relais de sortie R2 (réglage par défaut)

2. Mettre hors tension la sortie avant toute action du contacteur

- **Désactivez les moteurs** en ouvrant le contact de l'entrée numérique précédemment affectée à l'événement externe. Cela garantit l'« absence de tension en sortie » avant de toucher les contacteurs de sortie.
- **Pourquoi est-ce important ?** La fermeture ou l'ouverture des contacteurs de sortie en présence de tension peut endommager les MOSFET SiC et/ou le moteur. La mise en marche et l'arrêt doivent être effectués par le variateur, et non en actionnant les contacteurs de sortie.
- Appliquez la procédure de **verrouillage/étiquetage (LoTo)** sur cet actionneur lors de l'exécution de la séquence. Cela offre un moyen efficace et contrôlé par l'homme de **bloquer** et **maintenir** la sortie du VFD **inhibée** pendant que vous fermez les contacteurs ajoutés, et de **la réactiver** uniquement lorsque vous êtes prêt.

3. Confirmer que « la sortie peut être commutée en toute sécurité »

- Conditions à vérifier dans la logique : Aucune commande d'exécution, OutputEnabled = 0.

- Facultatif : ajoutez un petit **temporisateur de sécurité** (par exemple, 500 à 1000 ms) après la désactivation de la sortie du variateur de fréquence, avant de fermer tout contacteur.

B) Ajouter les 5 moteurs restants (contacteurs)

4. Ne fermer les contacteurs qu'une fois la sortie du variateur désactivée

- Fermez **les cinq** contacteurs de moteur restants, ou un par un si votre procédure opérationnelle standard (SOP) l'exige, mais **uniquement** lorsque la sortie du variateur de fréquence est désactivée (inhibition de sortie).
- Utilisez le contact de **retour auxiliaire** de chaque contacteur pour vérifier qu'il s'est bien fermé.
- Laissez les 5 contacteurs d'origine fermés (ils sont déjà raccordés).

Règle d'or à respecter : **ne jamais commuter les contacteurs de sortie d'un variateur de fréquence lorsque celui-ci est sous tension**. Cela constitue une utilisation incorrecte et peut provoquer une surtension au niveau de l'étage de sortie.

C) Redémarrer les 10 en toute sécurité

5. Choisissez la bonne méthode de démarrage (essentiel pour les systèmes à plusieurs moteurs) : Démarrage et magnétisation (V/Hz)

Lorsque plusieurs moteurs partagent un même variateur, celui-ci génère le flux pour l'ensemble du groupe en une seule fois, à l'aide d'un modèle de moteur unique. Étant donné que le réglage automatique n'est pas effectué lorsque plusieurs moteurs sont connectés, il convient d'adopter une approche prudente en matière de magnétisation :

- Réglez le mode de démarrage V/f sur « Démarrage à zéro ». Il s'agit de la méthode standard, la plus sûre, destinée aux moteurs à l'arrêt avant le démarrage, ce qui est la condition requise pour un groupe parallèle (tous les contacteurs fermés, aucun moteur en roue libre).
- Vérifiez la durée de prémagnétisation. En mode automatique, le variateur calcule la durée de prémagnétisation à partir des caractéristiques nominales d'un seul moteur. Lorsque plusieurs moteurs sont montés en parallèle, le courant de magnétisation total est plus élevé ; il se peut donc que la valeur définie automatiquement ne permette pas de magnétiser entièrement l'ensemble. Si les démarrages sont faibles, irréguliers ou entraînent une consommation de courant excessive, réglez la prémagnétisation sur « Manuel » et augmentez la durée (plage : 1 à 10 000 ms), puis refaites des essais par paliers.

- Veillez à équilibrer les charges et les câbles de dérivation (voir le schéma de câblage), afin que le flux et le courant soient répartis aussi uniformément que possible entre les moteurs pendant la magnétisation et le fonctionnement.

N'utilisez pas les modes de démarrage « Scan Restart » ou « Catch on the Fly » : Lorsqu'un même variateur commande plusieurs moteurs, il ne peut pas détecter de manière fiable la vitesse ou le sens de rotation de chaque moteur, et les moteurs couplés peuvent subir un effet de rétro-entraînement de la part des autres. Utilisez uniquement l'option « Démarrer à partir de zéro ». (La fonction « Catch on the Fly » nécessite également qu'un réglage automatique statique ait été effectué, ce qui n'est pas le cas pour un groupe à plusieurs moteurs.)

Reportez-vous à la section « Modes de démarrage V/f » du manuel d'utilisation.

- Conserver la commande **V/f (scalaire)** pour le fonctionnement multimoteur.
- **Réactiver la sortie du variateur**
 - **Réinitialiser** l'alarme (LoTo désactivé, DI rétabli), attendre que le message **Prêt** s'affiche, puis sélectionner **Démarrer** et accélérer les moteurs.
 - Le variateur exécute la méthode de démarrage sélectionnée (temps constant), puis accélère progressivement jusqu'à la vitesse demandée.
- **Vérifier et surveiller**
 - Vérifiez les **intensités des branches** sur chacun des 10 moteurs à basse vitesse, à vitesse moyenne et à vitesse nominale ; assurez-vous qu'elles se situent dans une fourchette raisonnable (par exemple, $\pm 10\%$).
 - Vérifiez qu'**aucune surcharge** n'est proche du seuil de déclenchement et que les états thermiques sont normaux.
 - Si vous constatez un déséquilibre persistant, vérifiez la symétrie des longueurs de câbles, les terminaisons et les différences de charge.

Pourquoi ces fonctionnalités sont importantes (et quand les utiliser)

- **Sortie désactivée** : garantit qu'aucun couple n'est produit et que l'étage de sortie est désactivé. C'est la méthode la plus sûre et certifiée pour garantir l'absence de tension avant de fermer les contacteurs.
- **Démarrage en temps constant / avec prémagnétisation** : magnétise brièvement les moteurs afin de **immobiliser les arbres tournant librement**, puis effectue une accélération progressive à partir de zéro — **solution plus fiable pour les groupes à plusieurs moteurs**. Commencez par une magnétisation d'environ 3 s ; prolongez-la si les charges en décélération mettent plus de temps à se stabiliser.

1.4.3. Utilisation d'un automate programmable pour connecter davantage de moteurs à un seul variateur de fréquence



Configurer l'entrée d'interverrouillage en logique négative (sécurité intégrée). Si la logique est inversée, le système peut sembler désactivé alors que les sorties restent sous tension, ce qui peut donner un faux sentiment de sécurité. Vérifiez que l'activation du verrouillage entraîne bien la coupure de l'alimentation des sorties avant de vous y fier. Un dispositif de verrouillage ne remplace pas une fonction de sécurité homologuée, un dispositif d'isolation ou une procédure de verrouillage et d'étiquetage.



Dans le cas d'une commande à deux fils, le fait de désactiver le verrouillage alors qu'une commande de MARCHE est toujours active entraînera le démarrage immédiat du moteur. Veillez à ce que la commande d'exécution soit supprimée avant de désactiver le verrouillage sur un groupe parallèle.

Voici une logique de commande minimale permettant de mettre en œuvre le scénario précédent à l'aide d'un automate programmable (PLC) afin d'ajouter un groupe de moteurs à un groupe de moteurs déjà connecté.

Voici une liste concise, **étape par étape**, expliquant comment utiliser l'alarme externe sur DI6 pour désactiver les moteurs.

Extension du groupe en toute sécurité — (Arrêt → Mise hors tension des moteurs → Fermeture de K6-K10 → Relâchement → Démarrage)

Objectif : Ajouter les moteurs restants à un groupe déjà en marche, puis les redémarrer tous ensemble en toute sécurité.

- 1. Exécuter la commande « Add-Group »**

L'opérateur demande l'ajout des moteurs restants (commande verrouillée une seule fois via un circuit à action unique).

2. **Commande d'arrêt (DI4)**

Ramener les moteurs en marche à 0 Hz. Ne touchez pas les contacteurs de sortie lorsque le variateur est sous tension.

3. **Confirmer l'arrêt**

Attendre que **R3 = En marche = 0**, que la fréquence de sortie soit ≈ 0 Hz et que le courant du moteur soit ≈ 0 . Temporisation d'environ 1,0 s.

4. **Bloquer la sortie du variateur de fréquence (DI6 = Verrouillage – Moteur désactivé)**

Cela garantit l'absence de signal ou de couple au niveau de la sortie avant la commutation des contacteurs. Temporisation d'environ 0,5 s.

5. **Fermer les contacteurs des moteurs ajoutés**

Mettre sous tension les contacteurs des nouveaux moteurs (en laissant ceux d'origine fermés). Ne démarrez pas encore le variateur.

6. **Vérifiez que tous les contacteurs sont fermés**

Vérifiez chaque signal de retour auxiliaire. Si un contact auxiliaire tombe en panne avant l'expiration du délai (par exemple, 10 s), signaler un **défaut de séquence**, maintenir DI6 activé et alerter l'opérateur.

7. **Libérer la sortie VFD (DI6 désactivé)**

Supprimer le blocage du moteur pour réarmer l'étage de puissance du variateur. Temporisation d'environ 0,5 s.

8. **Confirmer que le variateur est prêt (R2 = prêt à fonctionner = 1)**

Assurez-vous que le variateur indique qu'il est prêt avant de démarrer.

9. **Démarrage du groupe (DI3 = Marche avant)**

Le variateur effectue un **démarrage par prémagnétisation/temps constant** (recommandé pour les groupes de plusieurs moteurs), puis accélère jusqu'à la consigne à partir de **All (référence de vitesse)**.

10. **Surveiller et vérifier**

Vérifiez que la répartition des courants de branche est raisonnable (par exemple, ± 10 %), s'assurer qu'aucun avertissement de surcharge n'apparaît et enregistrer les valeurs aux vitesses faible, moyenne et nominale.

11. **Retour au fonctionnement normal**

La séquence libère le contrôle ; les commandes standard de démarrage/arrêt et de vitesse reprennent.

Notes

- **Ne jamais** ouvrir ou fermer les contacteurs de sortie lorsque le variateur de fréquence fournit de l'énergie.
- Privilégier le mode **V/f (scalaire)** pour le fonctionnement multimoteur ; activer le démarrage **à temps constant/pré-magnétisation**.
- Les protections contre les surcharges par moteur restent obligatoires ; le variateur de fréquence ne peut pas protéger chaque moteur individuellement.

Chemin de défaut (échec d'une étape quelconque ou R1 = Alarme) :

Désactiver **Run (DI3)**, activer **Motor Disable (DI6)**, ouvrir les contacteurs ajoutés, verrouiller **Sequence Fault**, et exiger une réinitialisation/un diagnostic par l'opérateur avant toute nouvelle tentative.

Programme Ladder

Tags

PLC → VFD

- VFD_RUN_FWD → VFD **DI3** (Run FWD)
- VFD_Stop_Motor → VFD **DI4** (Stop – ramp)
- MotorGroup_Disable → VFD **DI6** (configuré comme « Désactivation du moteur / Verrouillage »)
- Vitesse (Hz) → Variateur de fréquence **AI1** (Référence de vitesse en Hz, non utilisée dans la séquence décrite)

VFD → PLC

- VFD_Alarm ← VFD **R1** (Alarme)
- VFD_Ready_to-Run ← VFD **R2** (Ready-to-Run)
- VFD_Running ← VFD **R3** (Running)

Moteurs / Contacteurs (les numéros 6 à 10 sont ceux « à ajouter »)

- O_K6..O_K10 (bobines de contacteurs)
- I_K6_Aux..I_K10_Aux (contact auxiliaire « fermée »)

Opérateur / IHM

- Group_Start, Group_Stop (démarrage/arrêt normal du groupe)

- AddGroup (commande permettant d'ajouter les 5 restants)

Bits et temporisateurs internes

- Seq_Active, S1_Stop, S2_Disable, S3_Close, S4_Release, S5_Run, Seq_Fault
- T_StopDwell (TON, PT=1.0s), T_DisableDwell (TON, PT=0.5s), T_CloseTimeout (TON, PT=10s), T_PostCloseDwell (TON, PT=0.5s), T_PreRunDwell (TON, PT=0.5s)

Remarques concernant la configuration du variateur de fréquence

- DI4 = **Arrêt (rampe)**, DI6 = **Verrouillage du moteur (désactivation)**, DI3 = **Marche avant**.
- Assurez-vous que le dispositif de verrouillage **bloque bien la sortie de puissance** ; c'est la mesure de sécurité à mettre en place avant de commuter les contacteurs de sortie.

Remarques sur l'éditeur Ladder — à lire avant de copier-coller

Ce programme Ladder est un **exemple simple** visant à illustrer une séquence sécurisée « Arrêt → Mise hors tension → Connexion → Redémarrage » pour l'ajout de moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence. **Vous devez l'adapter** à votre installation réelle (matériel, configuration des E/S, sorties désactivées, exigences de sécurité et procédures de mise en service).

Caractéristiques de l'éditeur/du PLC

- Certains éditeurs Ladder **interdisent la présence de plusieurs boucles sur un même échelon** ou **les écritures multiples sur la même balise** ; d'autres l'autorisent mais fonctionnent selon le principe « **la dernière écriture l'emporte** ». Vérifiez les règles de votre editeur Ladder. En cas de doute, utilisez une **seule bobine physique** par sortie et commandez-la via un bit de commande interne (par exemple, CMD_RUN → VFD_RUN_FWD).
- Vérifiez l'**ordre de scan** et tout **comportement de rétention implicite** (SET/RESET). Veillez à ce que les bits d'étape **ne puissent pas se réécrire** lors de la mise sous tension ou après un défaut.

Master Run (fonctionnement normal)

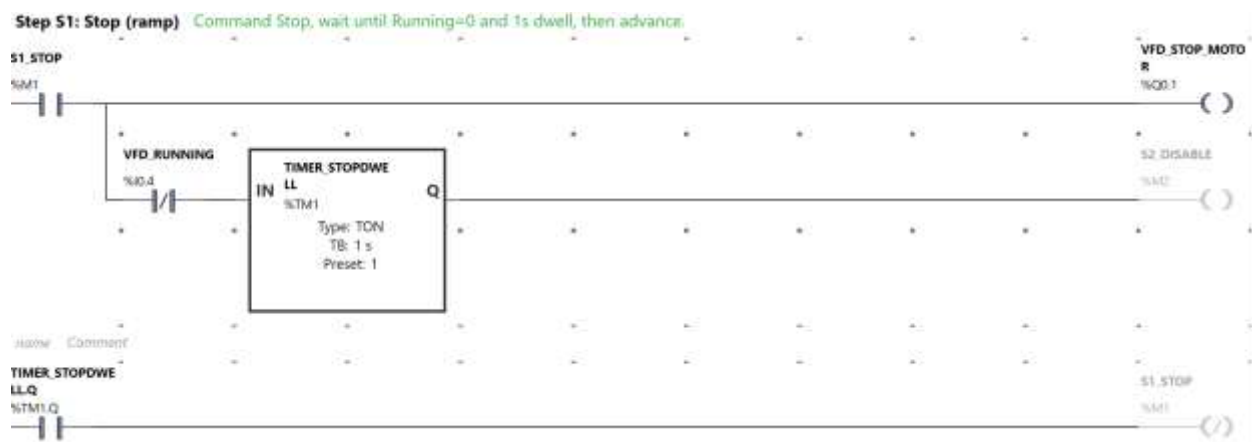
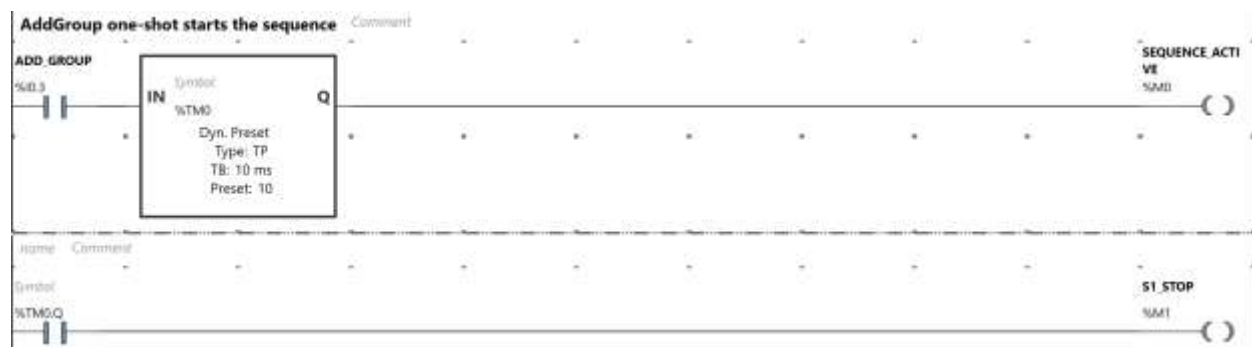


SMART[®] AN009 – Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence

Lancer le fonctionnement du moteur si le Master Run est activé, si le variateur est prêt et si la séquence d'ajout de moteurs supplémentaires n'est pas active

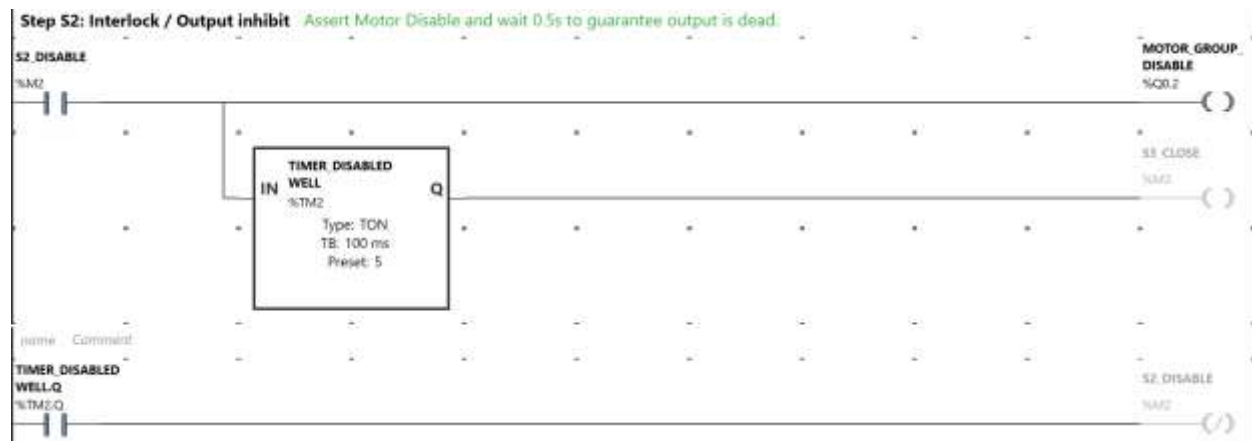


Lancer la procédure d'ajout de moteurs supplémentaires

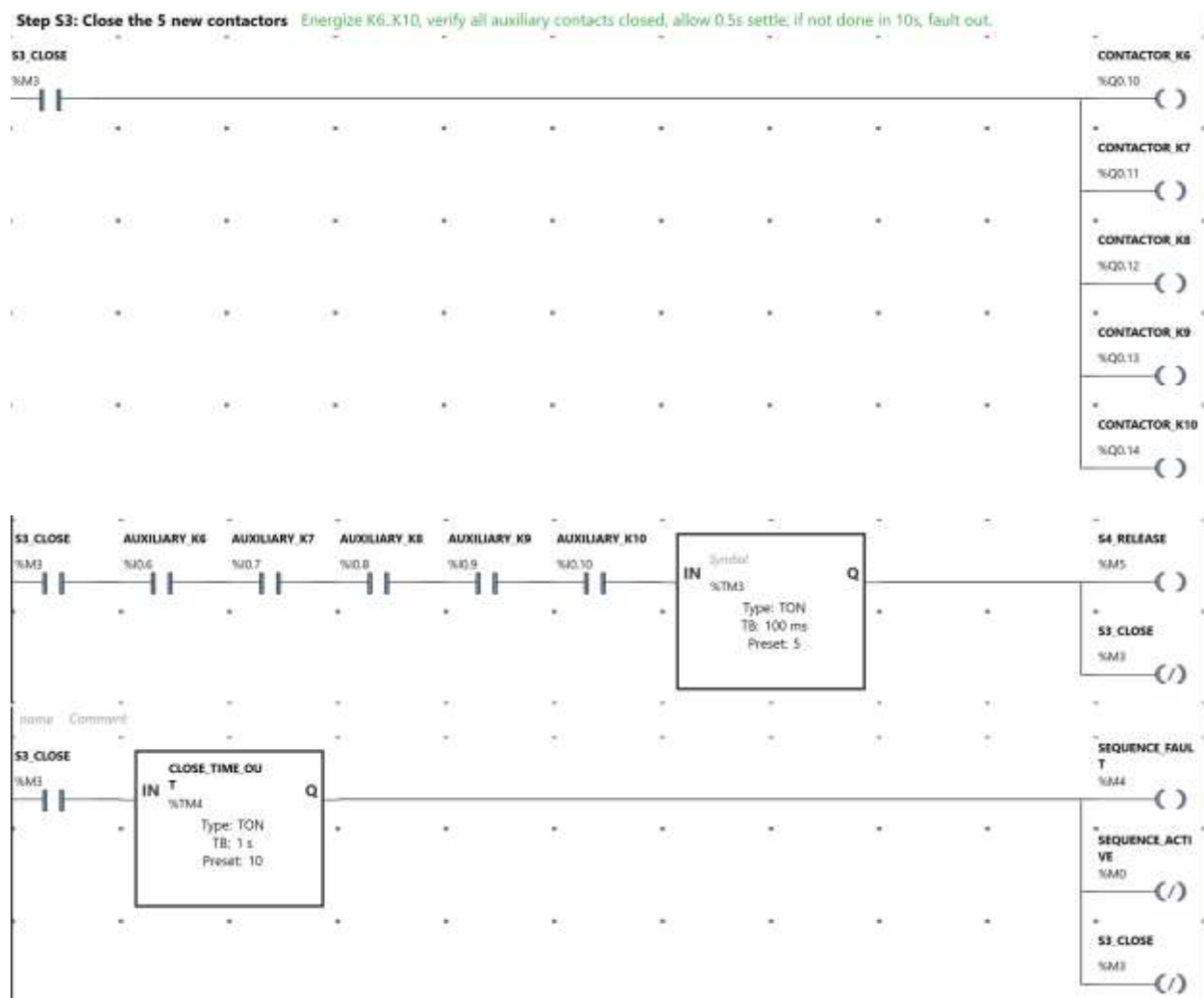


SMART[®] AN009 – Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence

Désactiver la sortie du variateur de fréquence



Fermer les contacteurs pour ajouter les autres moteurs



SMART[®] AN009 – Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence

Détecter la fin de la séquence, relâcher la commande du moteur



Redémarrer l'ensemble des moteurs et désactivez la séquence



Gestion des erreurs

SMART[®] AN009 – Fonctionnement de plusieurs moteurs en parallèle sur un variateur de fréquence



Déroulement de l'intervention (ce que fait le technicien)

1. Appuyer sur la commande **Ajouter un groupe**.
2. La logique **arrête** les 5 moteurs (rampe), **désactive** la sortie du variateur de fréquence, **ferme** les contacts K6 à K10, **réactive** la sortie, puis **démarre** les 10 moteurs.
3. Si un dispositif auxiliaire ne se déclenche pas à temps ou si le variateur de fréquence déclenche une alarme, le système **se met en état de défaut en toute sécurité** et maintient les moteurs désactivés.

1.5. point de défaillance unique

Lorsqu'un **variateur alimente plusieurs moteurs**, ce **variateur devient le point unique dont la défaillance entraîne l'arrêt de tous les moteurs**.

Tout problème entraînant la mise hors service du variateur (déclenchement pour défaut, panne matérielle, coupure de l'alimentation de commande, fusible en amont grillé, perte de communication avec l'automate) provoque l'arrêt de l'ensemble du groupe. Vous gagnez en simplicité et réalisez des économies, mais vous perdez en contrepartie la possibilité d'isoler les pannes.

Pourquoi est-ce important ?

- **Comportement « tout ou rien »** : Un seul déclenchement = arrêt de tous les moteurs. Il n'y a pas d'option permettant de « laisser les autres fonctionner ».
- **Calcul de disponibilité** : La disponibilité du système dépend de cette chaîne d'entraînement (alimentation secteur → variateur de fréquence → sorties). Avec un variateur par moteur, une panne isolée ne met hors service qu'un seul moteur (baisse des performances, mais pas d'arrêt total).
- **Impact des temps d'arrêt** : Le temps moyen de réparation (MTTR) du variateur de fréquence s'applique à l'ensemble du système. Les pièces de rechange et les procédures de remplacement ont leur importance.

Quand l'acceptation est raisonnable

- Le processus **peut être arrêté** et redémarré en toute sécurité sans risque de dommages (par exemple, ventilation non critique, pompe non continu).
- **Le coût, l'espace ou la simplicité** l'emportent sur le risque d'un arrêt complet du groupe.
- Les opérateurs peuvent **tolérer une brève interruption de service**, et vous disposez d'un plan de reprise rapide (VFD de secours sur site, sauvegarde des paramètres).
- Les moteurs fonctionnent selon le **même profil de vitesse** et ne nécessitent pas de commande individuelle.

Quand ce n'est pas raisonnable

- **Services liés à la sécurité des personnes ou essentiels à la mission** (par exemple, les ventilateurs de désenfumage) qui doivent continuer à fonctionner même en cas de défaillance.
- Processus où les **coûts liés aux temps d'arrêt** sont élevés (lignes de production en continu, pompes critiques d'eaux usées sans stockage).

- Applications nécessitant **une commande/protection indépendante** pour chaque moteur.

Solutions alternatives (si vous souhaitez tout de même n'utiliser qu'un seul VFD)

- **Circuit de dérivation** (en parallèle) permettant de basculer en mode à vitesse fixe lorsque la vitesse variable n'est temporairement pas indispensable.
- **Divisez le groupe** en deux petits groupes équipés de **deux VFD** (pour limiter l'impact de panne).
- Conservez un **variateur de fréquence de rechange préprogrammé** ainsi qu'un kit de déconnexion rapide ; conservez un fichier de paramètres à jour.
- **UPS** ou alimentation de commande avec batterie de secours pour l'électronique de commande du variateur de fréquence et les E/S de l'automate programmable.
- **Surveillance de l'état et alarmes** permettant de détecter les tendances avant les arrêts (surchauffe, panne de ventilateur, anomalies du bus CC).
- **Procédures opérationnelles standard claires** : « Si le disjoncteur ou le VFD se déclenche sur alarme → étapes 1 à 5 », avec les rôles, les outils et les critères d'acceptation.

Éléments à consigner (validation par le propriétaire/l'autorité compétente)

- Une brève **déclaration relative aux risques** : « Un variateur de fréquence commande les moteurs M1 à M4 ; toute panne de ce variateur entraîne l'arrêt des quatre moteurs. »
- **Plan de reprise** : pièce de rechange disponible sur site, délai cible pour le remplacement (par exemple, <60 min), responsable de l'intervention.
- **Limites de fonctionnement** : dans quels cas le contournement est autorisé, et quelles sont les pertes de performances qui en découlent.
- **Contrôle des modifications** : registre des tests périodiques, des sauvegardes des paramètres et des versions du micrologiciel.

En résumé : Vous acceptez expressément que l'**ensemble du groupe dépende d'un seul VFD**. Si ce risque est acceptable et que vous disposez d'un plan de reprise rapide et bien rodé, cette architecture se justifie. Sinon, utilisez plusieurs variateurs de fréquence ou mettez en place une redondance.

1.6. Avantages et résultats – Fonctionnement en parallèle de plusieurs moteurs sur un seul variateur de fréquence

Les avantages de cette méthode avec le Clean Power VFD pour faire fonctionner des moteurs en parallèle

- **Une expansion en toute sécurité, sans risques.**
La séquence **Arrêt → Désactivation → Connexion → Redémarrage** empêche la commutation des contacteurs sous tension.
Résultat : moins de déclenchements intempestifs et aucune sollicitation excessive de l'étage de sortie lors de l'ajout de moteurs au groupe.
- **Redémarrages prévisibles pour les grands groupes de moteurs.** L'utilisation de la **prémagnétisation** ou d'un **démarrage à durée constante** évite un faux rattrapage à la volée lorsque les arbres tournent à des vitesses différentes.
Résultat : une montée en courant plus progressive, moins de déclenchements dus à une surintensité ou à une surtension, et une synchronisation parfaite de tous les moteurs.
- **Efficacité sans filtre**
La **sortie sinusoïdale** du variateur de fréquence Clean Power VFD rend superflus les filtres externes dv/dt ou sinusoïdaux, éliminant ainsi leurs pertes, la chaleur générée, l'encombrement et la maintenance.
Résultat : une chaleur réduite au niveau du panneau et une nomenclature simplifiée.
- **Meilleure santé du moteur et meilleure compatibilité avec les câbles**
Un véritable **faible dv/dt** et un mode commun bas réduisent les contraintes sur l'isolation entre les enroulements, l'usure des roulements et les problèmes de charge des câbles – ce qui est particulièrement utile en cas de branchements multiples.
Résultat : une durée de vie prolongée du moteur et du câble, et moins de problèmes imprévus liés aux roulements.
- **Une alimentation propre, moins d'interférences**
Un niveau d'harmoniques extrêmement faible et une sortie propre permettent de réduire les problèmes liés aux interférences électromagnétiques (EMI) et radioélectriques (RFI) sur les circuits parallèles et les commandes en aval.
Résultat : moins de déclenchements intempestifs des disjoncteurs différentiels (RCD/GFI) et un environnement électrique plus silencieux.
- **Réduction des coûts d'installation et de l'encombrement**
L'utilisation d'un seul variateur pour un groupe à vitesse commune permet de réduire le nombre de variateurs, de disjoncteurs, la dissipation thermique et la complexité du câblage (en précisant toutefois que chaque

moteur doit toujours disposer de sa **propre protection contre les surcharges**).

Résultat : un tableau plus compact, une mise en service plus simple, un approvisionnement en pièces de rechange facilité.

- **Simplicité d'utilisation**

Une seule référence de vitesse (All) et une seule commande marche/arrêt pour l'ensemble du groupe.

Résultat : une mise en place plus rapide et moins d'erreurs de coordination lors de l'installation ou du retrait des moteurs.

- **Comportement de sécurité vérifiable**

La fonction « Motor Disable » génère un état « absence de sortie » avant la commutation. Résultat : une procédure que vous pouvez consigner, tester et faire valider par votre autorité compétente.

2. Conclusion

Cette note d'application a mis en évidence les avantages substantiels et les capacités de performance améliorées fournis par le Clean Power VFD de SmartD Technologies.

En tirant parti de ses algorithmes de contrôle avancés et en maintenant un fonctionnement optimal du moteur, le Clean Power VFD garantit une efficacité, une fiabilité et une durabilité supérieures dans les applications de contrôle de moteur.

Nous encourageons les industries qui cherchent à moderniser ou à installer de nouveaux systèmes de contrôle de moteur à considérer le Clean Power VFD pour ses avantages exceptionnels.

Pour plus d'informations et des spécifications détaillées, ou pour initier une mise en œuvre dans vos opérations, veuillez visiter notre site Web : <https://smartd.tech/> ou nous contacter au +1-866-776-2783.

Laissez SmartD vous aider à atteindre l'excellence opérationnelle avec des solutions d'alimentation plus propres et plus efficaces.