

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

VACON® NXP Grid Converter pour Smart Grids

Conversion intelligente de l'énergie pour Smart Grids





Transformation du secteur de l'énergie



Le développement accéléré de l'électrification, de la décentralisation et de la digitalisation entraîne une décarbonisation du système énergétique mondial qui a pour but d'atteindre les objectifs climatiques.



Le paysage énergétique évolue pour englober les énergies renouvelables et le stockage d'énergie.

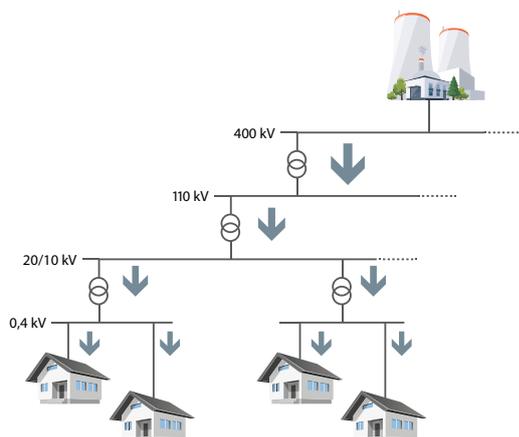
Évolution du réseau

Traditionnellement, les réseaux sont alimentés par des installations électriques centralisées utilisant des combustibles fossiles.

Un réseau d'alimentation moderne intègre diverses sources d'énergie, notamment les énergies renouvelables et le stockage de l'énergie.

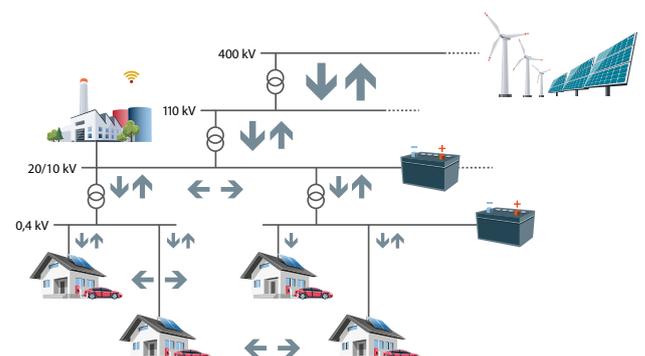
Réseau traditionnel

- Peu de producteurs
- Grandes masses d'inertie
- Flux d'énergie unidirectionnel
- « Réseau propre »
- Pratiquement aucune communication entre les acteurs



Smart Grid

- Nombreux producteurs
- Presque aucune inertie
- Flux d'énergie bidirectionnel
- « Réseau sale »
- Haut niveau d'intercommunication



Les défis de l'évolution des réseaux électriques

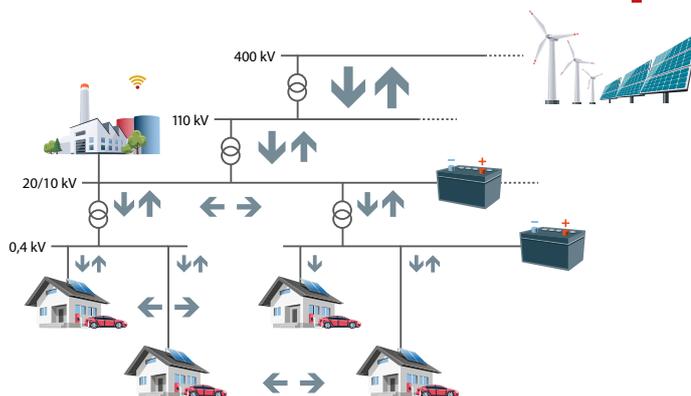
Afin d'atteindre nos objectifs en matière de climat, la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique est en augmentation, ce qui impose des exigences dans la gestion du réseau d'alimentation.

Cependant, le vent ne souffle pas constamment et le soleil ne brille pas en permanence. C'est pourquoi nous recourons au stockage de l'énergie pour assurer une réponse résiliente et flexible à la demande dans le réseau.

Le stockage de l'énergie est la clé de voûte des sources d'énergie renouvelables. Il aide à relever les défis de l'imprévisibilité de l'énergie renouvelable, en facilitant

l'écrêtement des pics, la temporisation et l'alimentation énergétique de secours. Actuellement, le prix des batteries est en baisse et la technologie arrive à maturité.

Les Smart Grids prennent en charge les ressources énergétiques distribuées dans des réseaux bidirectionnels diversifiés, afin d'optimiser l'efficacité et de limiter les pertes.



Qu'est-ce qui définit un réseau intelligent ?

Les smart grids contribuent à la réalisation des objectifs climatiques grâce aux énergies renouvelables, à l'électrification et à la digitalisation.

Un smart grid se caractérise par une production d'électricité distribuée à partir de diverses sources d'énergie qui alimentent le réseau. Ces sources d'énergie comprennent les générateurs à base de combustibles fossiles, mais aussi le stockage et les énergies

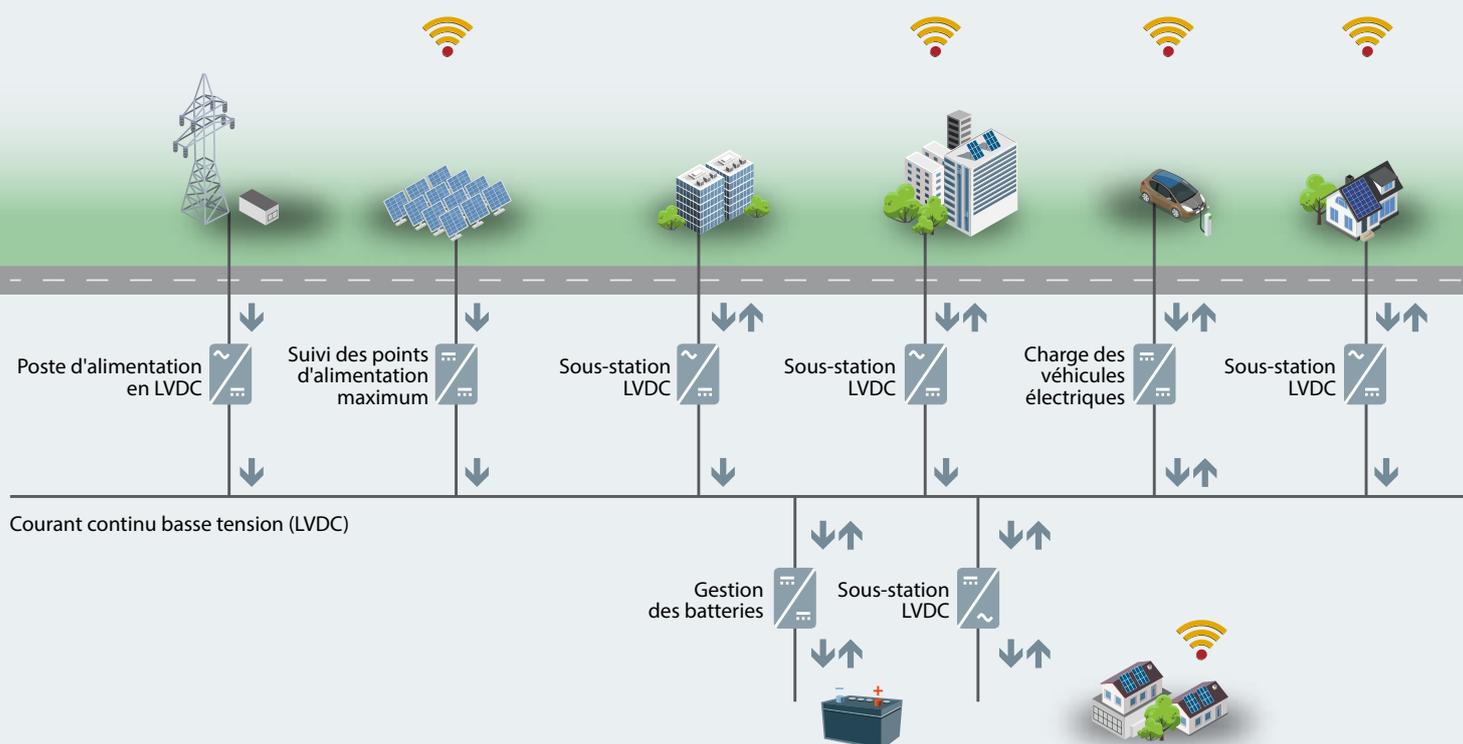
renouvelables : par exemple, l'énergie éolienne, solaire, hydroélectrique, marémotrice et géothermique. Les sources d'énergie doivent être conformes aux normes et aux réglementations du réseau : la sécurité, la directive CEM et les grid codes.

Le stockage de l'énergie apporte résilience et flexibilité au smart grid. Le stockage de l'énergie revêt de nombreuses formes, par exemple

les systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS), les piles à combustible ou le stockage d'énergie par air comprimé (CAES).

Le flux d'énergie est bidirectionnel.

Les systèmes avancés assurent un niveau élevé de compatibilité et de communication pour maintenir une alimentation électrique stable.



La conformité aux grid codes requiert une **conversion avancée de l'énergie**

Les **smart grids** prennent en charge la production d'électricité distribuée dans le réseau à l'aide de grid codes, de systèmes avancés et de communication bidirectionnelle.

Les **grid codes** obligent les générateurs distribués à assumer la responsabilité du maintien de la qualité et de la disponibilité du réseau. Ils nécessitent donc différentes caractéristiques techniques pour les y aider. Par exemple, les générateurs diesel doivent normalement rester couplés au réseau au cas où un creux de tension l'affecterait, et ils peuvent aussi être amenés à fournir un courant réactif pour maintenir la tension.

Des systèmes de **conversion d'énergie avancés** et d'autres dispositifs sont nécessaires.

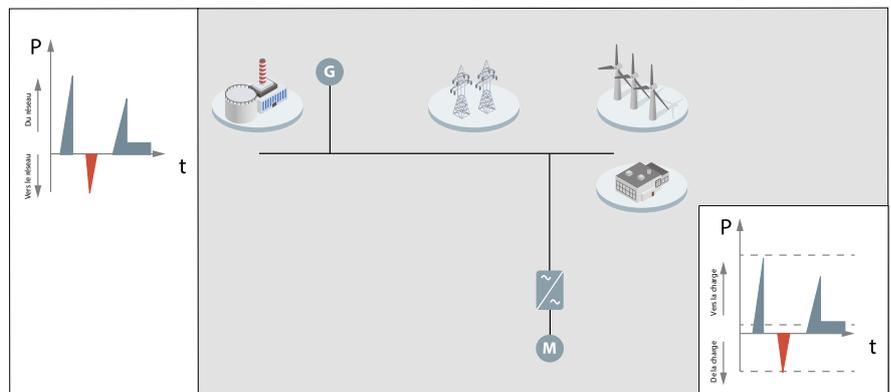
- Pour l'optimisation des performances :
 - Afin de rester couplé au réseau pendant les creux de tension
 - Afin de fournir un courant réactif pour maintenir la tension
- Pour la sécurité :
 - La protection anti-îlotage déconnecte le système lors des pannes de réseau



L'écrêtement des pointes assure **plus de qualité et moins d'infrastructures**

Réseau traditionnel sans stockage d'énergie

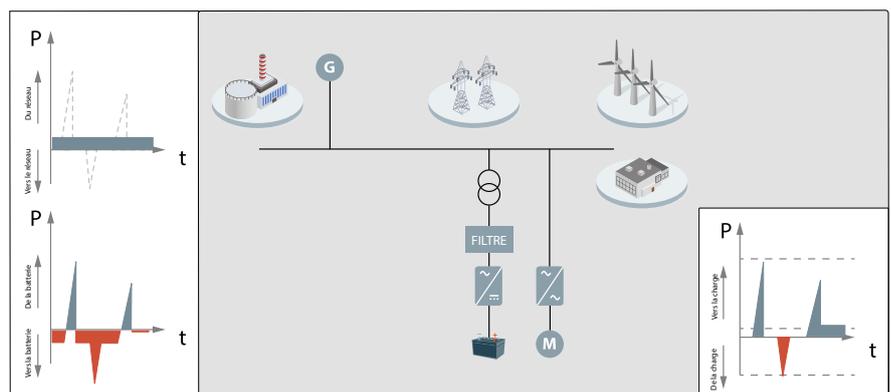
La charge des consommateurs crée des pics sur le réseau d'alimentation.



Smart grid avec stockage d'énergie

Le stockage sur batterie élimine les pics de puissance sur le réseau d'alimentation, de sorte que la charge des consommateurs ne perturbe pratiquement pas le réseau. Les avantages :

- Bonne qualité de l'énergie
- Réduction de l'échelle et du coût des infrastructures



Applications de **conversion énergétique** dans le contexte du réseau intelligent



Énergie éolienne



Énergie solaire (photovoltaïque, thermique)



Systèmes de stockage d'énergie par batterie BESS



Énergie hydroélectrique



Piles à combustible



Stockage d'énergie par air comprimé CAES



Énergie marémotrice



Énergie géothermique

VACON® NXP Grid Converter pour Smart Grids

Les convertisseurs de smart grids sont des dispositifs qui couplent un type de source d'énergie au réseau électrique. En plus de la distribution d'énergie, ils permettent d'offrir un large éventail de services à l'opérateur de réseau.

Le contrôle de la fréquence ou de la tension, l'émulation de l'inertie et le maintien de l'alimentation en creux de tension sont quelques exemples d'éléments que les autorités peuvent demander.

Les applications types peuvent être le stockage d'énergie, l'éolien, le solaire, l'hydraulique ou les piles à combustible.

Avantages :

- Convertit différentes sources d'énergie pour alimenter le réseau électrique
- Respecte les grid codes et les réglementations de sécurité locaux
- Fournit des services auxiliaires

Ce que propose Danfoss

-  Produits à grande échelle
-  Application logicielle dédiée
-  Large éventail de conformité certifiée aux grid codes
-  Certifications de sécurité
-  Modèle de simulation de convertisseur
-  Documentation complète

Produit	Refroidis à l'air			Refroidis à l'eau				
Taille du boîtier de protection	FI9	FI10	FI13	CH5	CH61	CH62	CH63	CH64



Grid code et **certifications de sécurité**

L'intégration croissante de sources non conventionnelles dans les systèmes électriques a obligé les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution (GRT et GRD) à mettre à jour et à reconcevoir leurs grid codes, dans de nombreux pays. Les grid codes sont essentiellement des ensembles de règles de connexion et de comportement que les générateurs des réseaux électriques doivent satisfaire. Les règles sont différentes dans chaque pays et

l'opérateur correspondant est chargé de définir ces conditions et d'en assurer le respect. Les grid codes prennent comme référence les caractéristiques électriques et la conception du réseau, et leurs exigences sont directement liées à l'énergie non distribuable présente et au taux de pénétration prévu. La nouvelle politique poursuit l'objectif suivant : mettre le comportement de la production d'énergie renouvelable au même niveau que celui des groupes

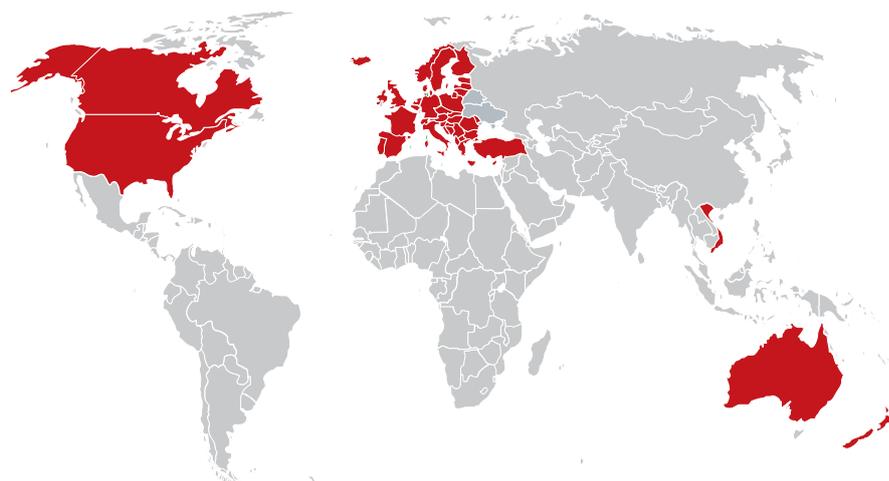
conventionnels déjà en service. Cela garantit que le remplacement des unités de production du système par d'autres ne présente aucun risque supplémentaire en termes de fiabilité. Il existe une relation étroite entre les réglementations, les conséquences qu'elles établissent pour les producteurs, et le taux de pénétration de l'énergie non distribuable dans le système.

Grid codes

- CEI 62116:2014
- ENTSO-e (2016/631/UE)
- BDEW
- VDE-4110/4120
- Unités refroidies à l'air AS4777.2:2015
- IEEE 1547 (600 VCA)
- Règlement 14H (Hawaï)
- Règlement 21 (Californie)
- PEA 2013 (Thaïlande)

Normes de sécurité

- UL1741 (600 VCA)
- CEI 62109-1 et CEI 62109-2 Unités refroidies à l'air



Application logicielle **dédiée aux smart grids**



L'application logicielle intégrée pour smart grids assure :

- ⚡
 - La fourniture d'énergie de qualité
 - Harmoniques/Interharmoniques/Papillotement
 - Opérations de commutation
- ✋
 - La prise en charge des réseaux statiques
 - Contrôle de la fréquence et de la puissance active
 - Contrôle de la tension et de la puissance réactive
- 📡
 - La prise en charge des réseaux dynamiques
 - Maintien de l'alimentation en creux de tension
 - Maintien de l'alimentation en pic de tension
- ⚙️
 - La conformité au grid code
- 🔌
 - La déconnexion immédiate en cas de détection d'un mode d'îlotage inattendu
- 🛡️
 - La résistance aux déséquilibres de charge et aux perturbations du réseau
- ⚙️
 - Une grande polyvalence de configuration

	AFE	Île	μGrid
Circulation de l'énergie	Circulation bidirectionnelle de l'énergie	Génération du réseau et alimentation des charges	Partage de la puissance de charge requise avec d'autres unités locales
Topologie du réseau	Couplage au secteur	Réglage de la tension et de la fréquence	Modes de chute ou isochrones
Contrôle du bus CC	Oui	Non	Non
Prise en charge du grid code	Oui	N/A	N/A



Comment dimensionner le VACON® NXP Grid Converter pour les applications smart grids

Ensemble des fonctionnalités

Le VACON® NXP peut être utilisé pour de nombreuses fonctions, comme le montre la carte des fonctionnalités. Dans cette section, nous expliquerons comment dimensionner le variateur pour les applications de smart grids.

Fonction	Fonctionnalité	Base pour le dimensionnement
AFE	Maintien d'un réseau propre tout en conservant un bus CC solide pour les variateurs de moteur.	Charge moteur avec cos typique $\phi=1$, ce qui signifie kVA~kW
Réseau offshore	Création et maintien du réseau CA avec d'autres générateurs.	Puissance apparente et active du réseau, et capacité d'alimentation en courant de défaut
Smart Grid (réseau terrestre)	Maintien d'un réseau propre tout en conservant un bus CC solide pour les applications de production d'énergie. Contrôle du flux d'énergie entre la source et le réseau tout en assurant la conformité au réseau.	Puissance active de la source d'énergie et conformité au grid code d'alimentation. kVA \neq kW
Générateur	Contrôle de la charge, de la vitesse et du couple de freinage du générateur, afin d'assurer la prise de puissance nécessaire sans surcharger le générateur.	Dimensionné selon la même méthode que celle utilisée pour les variateurs de moteur ou un AFE. Les options de puissance sont décidées au cas par cas. Classement en fonction des valeurs électriques dans « bus CC ».
CC/CC	Utilisé pour la circulation bidirectionnelle de l'énergie entre le bus CC et la source CC. Contrôle la tension et/ou le courant de la source.	Dimensionnement à l'aide de l'outil, en fonction du rapport $U_{source} / U_{bus\ CC}$
DCGuard	Utilisé pour détecter rapidement une situation de court-circuit dans le réseau CC et pour séparer la partie saine de la partie affectée.	Capacité de débit CC selon le courant nominal CA.

Modèle de simulation

Le modèle de simulation VACON® NXP Grid Converter est un modèle Simulink pour le simulateur de circuit Matlab/Simulink.

Le modèle comprend deux parties :

Modèle de circuit électrique principal

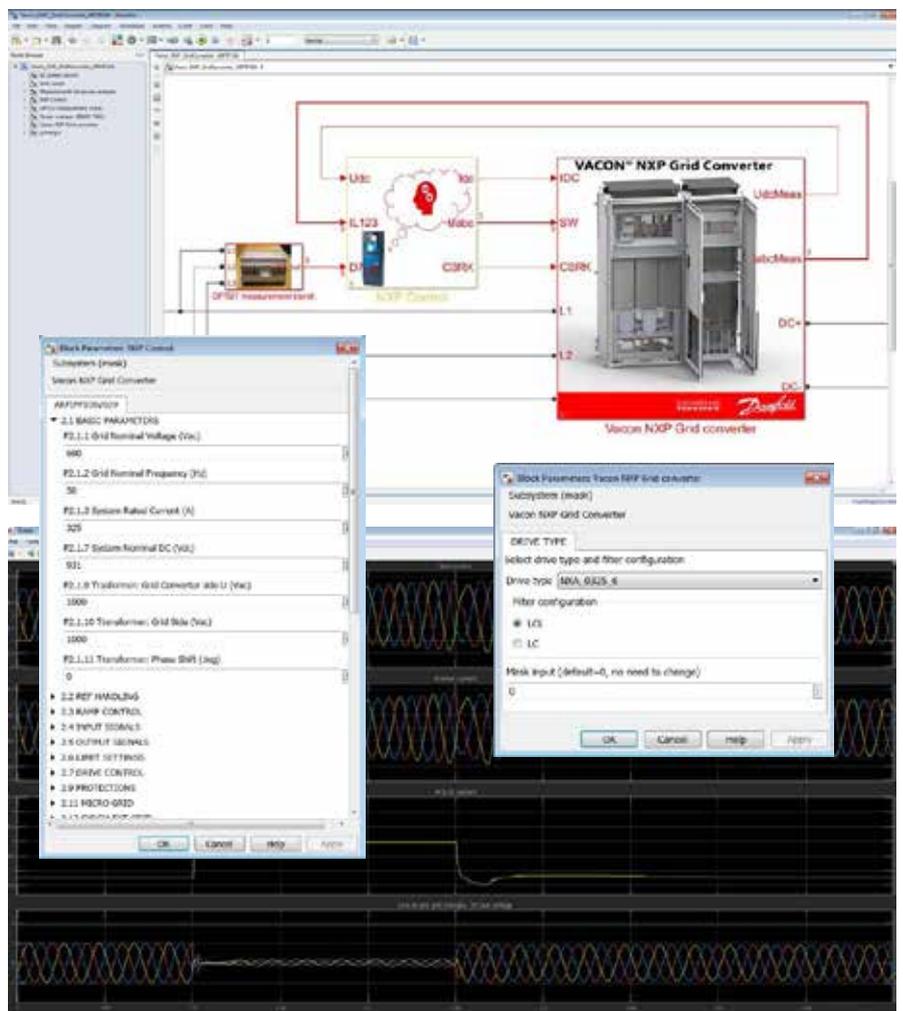
- Bornes CC et bornes CA (triphases)
- Filtre LCL inclus dans le modèle

Unité de commande

- Contrôle de la conversion énergétique
- Application logicielle
- Unité de mesure de la tension de ligne (OPT-D7)

Les fonctionnalités de l'application avec paramètres ajustables pertinents comprennent :

- Mode AFE incluant une fonctionnalité de grid code
- Mode MicroGrid



Conformité pour les applications de réseau terrestres

Le VACON® NXP Grid Converter pour Smart Grids

est un choix judicieux et facile pour la plupart des applications de processus nécessitant un bus CC stable pour les modules d'onduleur et une interaction parfaite avec le réseau. Ce variateur garantit un contenu harmonique adapté au réseau. Il facilite également la récupération de l'énergie vers le réseau lorsque de l'énergie excédentaire du processus est disponible.

Le VACON® NXP Grid Converter offre les caractéristiques suivantes pour améliorer les performances des Smart Grids.

- Conception pour la fonctionnalité du réseau d'alimentation public
- Homologations des grid codes
- Harmoniques inférieures ou conformes aux normes du réseau
- Récupération de l'énergie vers le réseau lorsque le processus fournit de l'énergie régénérative
- Maintien du bus CC à un niveau stable même dans des conditions de réseau non idéales

Informations techniques

Fonctions de base

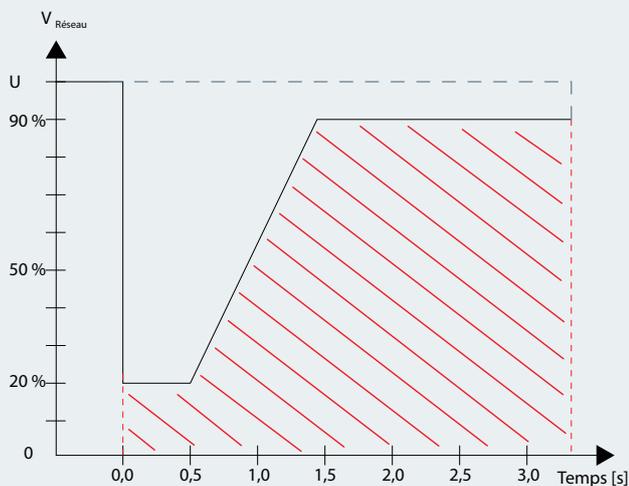
- Régulation robuste du bus CC
- Courant de réseau CA à faible taux d'harmoniques
- Facteur de puissance unitaire
- Prise en charge de l'option de réinjection de la tension dans le réseau
- Limitations de la puissance et du courant
- Mise en parallèle avec absence de communication entre variateurs
- Synchronisation automatique sur le réseau CA

Interface utilisateur

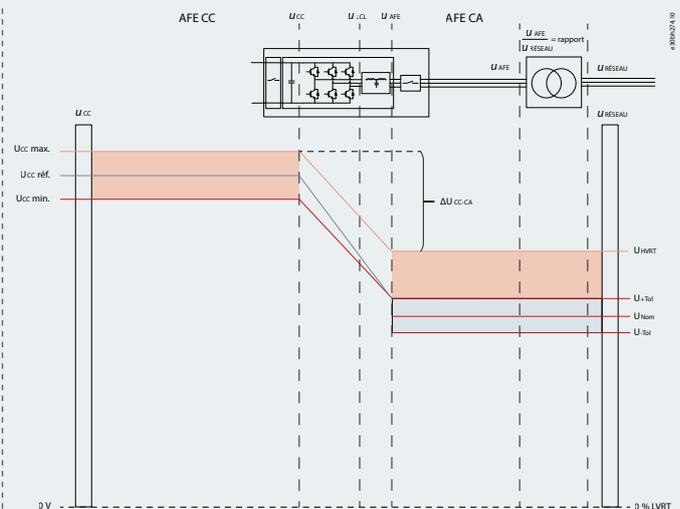
- Modification de la dénomination des paramètres (alarme, défauts, avertissements, info)
- Modification de la structure des paramètres
- Assistance au démarrage et à la configuration
- Modification de l'écran de démarrage



Le comportement de la tension du réseau nécessite d'ajuster les tensions nominales. Cet impératif est dû aux attentes en matière de maintien de l'alimentation en creux de tension (LVRT) et en pic de tension (HVRT) dans les différents grid codes.



Les marges de contrôle et les capacités dynamiques nécessitent d'établir des courants nominaux. En raison des attentes de maintien de l'alimentation en creux de tension, le variateur doit être capable de détecter les courts-circuits du réseau.



Exemple de dimensionnement

Énergie éolienne : application

Dans une éolienne, le convertisseur de réseau contrôle que le bus CC atteint une tension spécifique. Plus la tension est élevée, moins il faut de courant pour une même puissance. Par conséquent, le matériel requis peut être moins important. En cas d'exigence de maintien de l'alimentation en pic de tension, il faut vérifier si la tension CA maximale qui peut être atteinte en cas de fonctionnement en pic de tension se traduit par un niveau CC dans la plage de sécurité.

Données de dimensionnement :

- Éolienne de 600 kW
- Doit être conforme aux grid codes
- HVRT = 110 %
- LVRT = 0 %
- Tension réseau = 690 V CA \pm 10 %
- Doit être en mesure de fournir 0,95 cos phi

Calcul de la plage de sécurité

Pour une tension de réseau de 690 V CA plus 10 %, nous pouvons avoir 759 V CA du côté secondaire. Cela correspond à $1,575 \times 759 = 1\,195$ V CC, ce qui est bien supérieur à la limite de 1 100 V CC. La valeur 1,575 provient du rapport de 1,5 ($\sqrt{2}$ + marge de contrôle) entre le bus CC et le côté INU, plus 5 % de pertes de filtre.

Calcul de la tension CA maximale

Quelle est la tension CA la plus élevée possible du côté secondaire, qui n'entraîne pas le dépassement de la tension CC maximale du bus CC ? $V_{CA\ maximum} \leq 1\,100/1,575 = 698$ V CA. Cela correspond à un niveau de tension CA avec une tolérance de +10 % de tension et +10 % en cas d'épisode de maintien de l'alimentation en pic de tension, donc la tension CA nominale devrait correspondre à : $V_{CA\ nominale} = 698/1,21 = 577$ V CA. Un transformateur de 690/577 V CA doit donc être installé.

Calcul du courant nominal

L'éolienne doit exporter la puissance nominale quelles que soient les conditions du réseau. Pour calculer le courant nominal, nous devons donc utiliser la tension CA nominale avec une tolérance de -10 %, c'est-à-dire,

$$\begin{aligned} V &= 520 \text{ V CA} \\ P &= 600 \text{ kW} \\ &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 520 \text{ V} \times I \times 0,95 \end{aligned}$$

Par conséquent, le courant nominal

I = 700 A

Sélection

Les sélections possibles dans les tableaux des caractéristiques nominales du VACON® NXP Grid Converter sont :

- NXA_0920 6 refroidi à l'air
- NXA_0750 6 à refroidissement par liquide

En raison des exigences de maintien de l'alimentation en pic de tension et de la marge de contrôle, le convertisseur de réseau 690 V CA pour cette application de Grid Converter a été évalué à 600 V CA nominal.

Le système doit résister à un LVRT de 0 %. En fonction des caractéristiques du système, telles que le type de générateur, la commande et le système de pas, il peut être nécessaire d'installer un hacheur de freinage pour contrôler la turbine afin d'éviter toute survitesse.

Valeurs nominales

Unité (NXI)						Courant nominal NXA pour les onduleurs AFE connectés au réseau	
Unité (NXI)	Unité (AFE/soutien du réseau)	Type de refroidissement	Taille du boîtier de protection	Surcharge élevée NXI I_h [A]	Surcharge faible NXI I_L [A]	Courant nominal NXA pour les onduleurs AFE connectés au réseau [A]	Courant nominal NXA pour les onduleurs de soutien au réseau [A]
NXI_0168 5	NXA_0168 5	Air	FI9	140	170	170	140
NXI_0205 5	NXA_0205 5	Air	FI9	170	205	205	170
NXI_0261 5	NXA_0261 5	Air	FI9	205	261	261	205
NXI_0385 5	NXA_0385 5	Air	FI10	300	385	385	300
NXI_0460 5	NXA_0460 5	Air	FI10	385	460	460	385
NXI_1150 5	NXA_1150 5	Air	FI13	1 030	1 150	1 150	1 030
NXI_1300 5	NXA_1300 5	Air	FI13	1 150	1 300	1 300	1 150
NXI_0125 6	NXA_0125 6	Air	FI9	100	125	125	100
NXI_0144 6	NXA_0144 6	Air	FI9	125	144	144	125
NXI_0170 6	NXA_0170 6	Air	FI9	144	170	170	144
NXI_0261 6	NXA_0261 6	Air	FI10	208	261	261	208
NXI_0325 6	NXA_0325 6	Air	FI10	261	325	325	261
NXI_0920 6	NXA_0920 6	Air	FI13	820	920	920	820
NXI_1030 6	NXA_1030 6	Air	FI13	920	1 030	1 030	920
NXI_0168 5	NXA_0168 5	Liquide	CH5	112	153	153	140
NXI_0205 5	NXA_0205 5	Liquide	CH5	137	186	186	168
NXI_0261 5	NXA_0261 5	Liquide	CH5	174	237	237	205
NXA_0300 5	NXA_0300 5	Liquide	CH61	200	273	273	261
NXA_0385 5	NXA_0385 5	Liquide	CH61	257	350	350	300
NXA_0460 5	NXA_0460 5	Liquide	CH62	307	418	418	385
NXA_0520 5	NXA_0520 5	Liquide	CH62	347	473	473	460
NXA_0590 5	NXA_0590 5	Liquide	CH62	393	536	536	520
NXA_0650 5	NXA_0650 5	Liquide	CH62	433	591	591	590
NXA_0730 5	NXA_0730 5	Liquide	CH62	487	664	664	650
NXA_0820 5	NXA_0820 5	Liquide	CH63	547	745	745	730
NXA_0920 5	NXA_0920 5	Liquide	CH63	613	836	836	820
NXA_1030 5	NXA_1030 5	Liquide	CH63	687	936	936	920
NXA_1150 5	NXA_1150 5	Liquide	CH63	766	1 045	1 045	1 030
NXA_1370 5	NXA_1370 5	Liquide	CH64	913	1 245	1 245	1 150
NXA_1640 5	NXA_1640 5	Liquide	CH64	1 093	1 491	1 491	1 370
NXA_2060 5	NXA_2060 5	Liquide	CH64	1 373	1 873	1 873	1 640
NXA_2300 5	NXA_2300 5	Liquide	CH64	1 533	2 091	2 091	2 060
NXA_0170 6	NXA_0170 6	Liquide	CH61	113	155	155	144
NXA_0208 6	NXA_0208 6	Liquide	CH61	139	189	189	170
NXA_0261 6	NXA_0261 6	Liquide	CH61	174	237	237	208
NXA_0325 6	NXA_0325 6	Liquide	CH62	217	295	295	261
NXA_0385 6	NXA_0385 6	Liquide	CH62	257	350	350	325
NXA_0416 6	NXA_0416 6	Liquide	CH62	277	378	378	385
NXA_0460 6	NXA_0460 6	Liquide	CH62	307	418	418	416
NXA_0502 6	NXA_0502 6	Liquide	CH62	335	456	456	460
NXA_0590 6	NXA_0590 6	Liquide	CH63	393	536	536	502
NXA_0650 6	NXA_0650 6	Liquide	CH63	433	591	591	590
NXA_0750 6	NXA_0750 6	Liquide	CH63	500	682	682	650
NXA_0820 6	NXA_0820 6	Liquide	CH64	547	745	745	750
NXA_0920 6	NXA_0920 6	Liquide	CH64	613	836	836	820
NXA_01030 6	NXA_01030 6	Liquide	CH64	687	936	936	920
NXA_01180 6	NXA_01180 6	Liquide	CH64	787	1 073	1 073	1 030
NXA_01300 6	NXA_01300 6	Liquide	CH64	867	1 182	1 182	1 180
NXA_01500 6	NXA_01500 6	Liquide	CH64	1 000	1 364	1 364	1 300
NXA_01700 6	NXA_01700 6	Liquide	CH64	1 133	1 545	1 545	1 500



A better tomorrow is **driven by drives**

Danfoss Drives est un leader mondial dans le domaine de l'électrification et de la commande de vitesse variable des moteurs électriques.

Nous vous offrons un avantage concurrentiel inégalé grâce à nos produits de qualité et optimisés pour vos applications ainsi qu'à une gamme complète de services dédiés à la gestion du cycle de vie du produit.

Vos objectifs sont les nôtres. Afin d'assurer une performance optimale de vos applications, nous mettons à votre disposition des produits innovants et notre savoir-faire en matière d'application pour optimiser le rendement, accroître la facilité d'utilisation et réduire la complexité.

De la fourniture des divers composants d'un variateur à la planification et à la livraison de systèmes de variateurs complets, nos experts sont prêts à vous aider à tout moment.

Travailler avec nous est simple comme tout. Que ce soit en ligne ou localement dans plus de 50 pays, nos experts ne sont jamais très loin et répondent rapidement à vos demandes.

Faites appel à nos années d'expérience acquise depuis 1968. Nos variateurs de fréquence basse et moyenne tension sont utilisés dans diverses facettes de l'électrification, et équipent toutes les grandes marques et technologies de moteurs, des faibles puissances aux puissances plus élevées.

Pour plus d'informations, rendez-vous sur notre site web



VLT® | VAGON®

Danfoss Drives, 1 bis Av. Jean d'Alembert, 78990 Elancourt, France, Tél. +33 (0) 1 30 62 50 00, info.variateurs@danfoss.com, drives.danfoss.fr

Danfoss Drives, A. Gossetlaan 28, 1702 Groot-Bijgaarden, Belgique, Tél. +32 (0) 2 808 27 00, drives.sales@danfoss.be, www.danfoss.be

Danfoss AG Antriebstechnik, Parkstrasse 6, CH-4402 Frenkendorf, Tél. +41 61 510 00 19, cs@danfoss.ch, drives.de.danfoss.ch

Danfoss n'assume aucune responsabilité quant aux erreurs qui se seraient glissées dans les catalogues, brochures ou autres documentations écrites. Dans un souci constant d'amélioration, Danfoss se réserve le droit d'apporter sans préavis toutes modifications à ses produits, y compris ceux se trouvant déjà en commande, sous réserve, toutefois, que ces modifications n'affectent pas les caractéristiques déjà arrêtées en accord avec le client. Toutes les marques de fabrique de cette documentation sont la propriété des sociétés correspondantes. Danfoss et le logotype Danfoss sont des marques de fabrique de Danfoss A/S. Tous droits réservés.