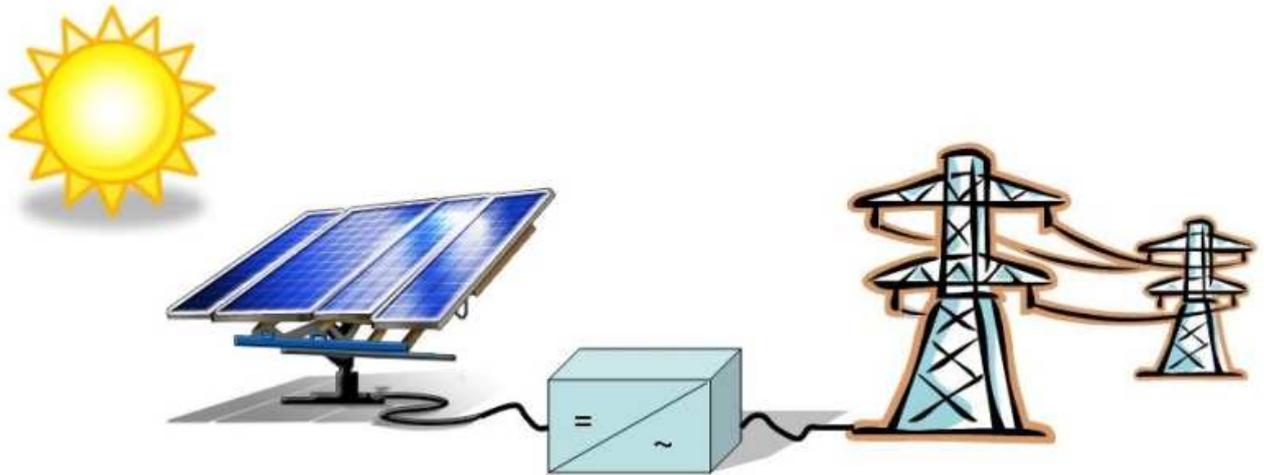


ESPRIT

Études Scientifiques Prénormatives Sur Le
Raccordement Au Réseau Electrique D'Installations
Techniques Photovoltaïques



Évolutions de la DIN VDE 0126

De la version de 1994
à la DIN VDE 0126-1-1 de 2006



energie atomique - energies alternatives



ESPRIT

Évolutions de la DIN VDE 0126

**De la version de 1994
à la DIN VDE 0126-1-1 de 2006**

Rédacteurs : C. Duvauchelle (EDF), B. Gaiddon (HESPUL)

Travaux réalisés avec le soutien financier de l'ADEME



Juin 2010

Sommaire

PREAMBULE	4
I. TRADUCTION NON OFFICIELLE DE LA DIN VDE 0126-1-1 DE FEVRIER 2006	5
AVANT-PROPOS.....	6
I.1 DOMAINE D'APPLICATION	8
I.2 RENVOIS NORMATIFS	8
I.3 DEFINITIONS.....	9
I.3.1 Dispositif de déconnexion.....	9
I.3.2 Exploitation accidentelle en réseau séparé.....	9
I.3.3 Courant de fuite à la terre.....	10
I.3.4 Courant de perte à la terre.....	10
I.3.5 Courant de perte.....	10
I.3.6 Courant de perte de référence ($I_{\Delta n}$).....	10
I.3.7 Séparation simple.....	10
I.3.8 Unité de contrôle du courant de perte (RCMU).....	10
I.4 CRITERES REQUIS.....	10
I.4.1 Sécurité fonctionnelle	11
I.4.2 Contrôle de tension.....	12
I.4.3 Contrôle de fréquence	13
I.4.4 Contrôle du courant continu.....	13
I.4.5 Identification d'une exploitation en réseau séparé	13
I.4.6 Marquage.....	13
I.4.7 Critères spécifiques	14
I.5 EXIGENCES GENERALES	14
I.6 ESSAI D'HOMOLOGATION	15
I.6.1 Sécurité fonctionnelle	15
I.6.2 Contrôle de tension.....	15
I.6.3 Contrôle de fréquence	15
I.6.4 Contrôle du courant continu.....	15
I.6.5 Identification d'une exploitation en réseau séparé	16
I.6.6 Contrôle des courants de perte	19
I.7 ESSAI INDIVIDUEL.....	22
I.8 PRESCRIPTIONS DE MONTAGE	22
I.9 ANNEXE 1 (POUR INFORMATION).....	23
II. PARLONS DE BISI ET NON PLUS D'ENS!	26
II.1 INTRODUCTION	26
II.2 PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE	26
II.3 RESULTATS.....	27
II.4 RESUME.....	29
II.5 REFERENCES	29
III. SYNTHESE DES EVOLUTIONS DE LA DIN VDE 0126	30
III.1 VERSION DU 3 NOVEMBRE 1994.....	30
III.2 VERSION D'OCTOBRE 1997	31
III.3 VERSION D'AVRIL 1999	32
III.4 VERSION DE MAI 2005	33
III.5 VERSION DE FEVRIER 2006.....	35
III.6 ÉVOLUTIONS DEPUIS LA PREMIERE VERSION DE LA DIN VDE 0126 A LA DERNIERE VERSION DE LA DIN VDE 0126-1-1 DE FEVRIER 2006	37
III.7 TABLEAU DE SYNTHESE.....	38

Préambule

Le photovoltaïque « raccordé réseau » (PV) a commencé à fortement se développer en France après la publication de l'arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000.

Avant cette date, le nombre d'installations était faible (quelques centaines) et les gestionnaires de réseaux français ont donc fait le choix de s'appuyer sur une « pré-norme » allemande, la DIN VDE 0126, dans leur référentiel relatif au PV. En effet, l'essor du PV ayant commencé plusieurs années auparavant en Allemagne, certains textes fixant les conditions techniques de raccordement du PV outre-Rhin, dont cette DIN, y avaient déjà vu le jour. Les constructeurs d'onduleurs ont donc proposé des produits répondant à cette pré-norme qui a rapidement montré ses limites et qui a évolué en conséquence.

Bien que cette pré-norme fasse partie des documents techniques de référence des gestionnaires de réseau français, aucune version française officielle n'est parue à ce jour. C'est pour pallier ce manque que le présent document, qui a donc pour vocation d'aider à appréhender les tenants et aboutissants de cette DIN, a été rédigé.

L'objet de ce document est de présenter une traduction de la dernière version de cette pré-norme, de synthétiser ses principales évolutions, en précisant les raisons.

La première partie du document est une traduction **non officielle** de la DIN VDE 0126-1-1.

La deuxième partie est la traduction d'une publication allemande qui précise pourquoi et comment la DIN VDE 0126 a évolué.

Dans la troisième partie ces évolutions sont synthétisées, depuis une première version parue en 1994, jusqu'à la version actuelle, parue en février 2006 et rebaptisée DIN VDE 0126-1-1.

I. Traduction non officielle de la DIN VDE 0126-1-1 de février 2006

	DIN V VDE V 0126-1-1 (VDE V 0126-1-1)	DIN
	Ceci est en même temps une pré-norme VDE dans le sens de la VDE 0022. Elle est enregistrée sous le numéro ci-dessus dans le Recueil des directives VDE et publiée dans la "etz Elektronik + Automation".	VDE
<p>Reproduction interdite – même à des fins internes</p> <p>ICS 29.240.30</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px auto;"> <p>Pré-norme</p> </div> <p>Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz</p> <p>Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid</p> <p>Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public à basse tension</p> <p style="text-align: right;">Quantité 22 pages</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p>		

Début de validité

Cette norme est valable à compter du 01.02.2006.

Avant-propos

Projet de norme précédent : E DIN VDE 0126-1-1 (VDE 0126-1-1) : 2005-05

Une pré-norme est le résultat d'un travail de normalisation, qui, en raison de certaines réserves sur le contenu ou en raison de la procédure de présentation par DIN différente d'une norme, n'est pas encore publiée en tant que norme. Les expériences avec cette pré-norme sont proposées à la DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Commission Allemande pour les technologies électriques, électroniques et de l'information au sein de DIN et de VDE), Stresemannallee 5, 60596 Francfort-sur-le-Main.

Pour la présente pré-norme, c'est la Commission de Travail K 373 "Systèmes à énergie solaire photovoltaïques" de la DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE qui est compétente.

Dans le cas d'un renvoi non daté dans le texte normatif (renvoi à une norme sans indication de la date de publication et sans référence à un numéro de paragraphe, un tableau, une figure, etc.), le renvoi fait référence à l'édition la plus récente en vigueur de la norme concernée.

Dans le cas d'un renvoi daté dans le texte normatif, le renvoi fait toujours référence à l'édition concernée de la norme.

Le rapport entre la norme citée et les Normes Allemandes correspondantes repose, dans la mesure où un rapport existe, essentiellement sur le numéro de la publication IEC correspondante. Exemple : IEC 60068 est repris par CENELEC sous forme de EN 60068 en tant que Norme Européenne et sous forme de DIN EN 60068 dans le Recueil des Normes Allemandes.

Modifications

Par rapport à la pré-norme E DIN VDE 0126-1-1 (VDE 0126-1-1) de mai 2005, ce sont essentiellement les modifications ci-dessous qui ont été apportées :

- a) Refonte complète des paragraphes I.4, I.4.2, I.4.5 et I.6.6.2.2.1,
- b) Ajout d'explications supplémentaires A2, A3 et A4.

Editions précédentes

E DIN VDE 0126-1-1 (VDE 0126-1-1) : 2005-05

Table des Matières (de la Pré-norme DIN VDE 0126)

AVANT-PROPOS.....	6
I.1 DOMAINE D'APPLICATION.....	8
I.2 RENVOIS NORMATIFS.....	8
I.3 DEFINITIONS.....	9
I.3.1 Dispositif de déconnexion.....	9
I.3.2 Exploitation accidentelle en réseau séparé.....	9
I.3.3 Courant de fuite à la terre.....	10
I.3.4 Courant de perte à la terre.....	10
I.3.5 Courant de perte.....	10
I.3.6 Courant de perte de référence ($I_{\Delta n}$).....	10
I.3.7 Séparation simple.....	10
I.3.8 Unité de contrôle du courant de perte (RCMU).....	10
I.4 CRITERES REQUIS.....	10
I.4.1 Sécurité fonctionnelle.....	11
I.4.2 Contrôle de tension.....	12
I.4.3 Contrôle de fréquence.....	13
I.4.4 Contrôle du courant continu.....	13
I.4.5 Identification d'une exploitation en réseau séparé.....	13
I.4.6 Marquage.....	13
I.4.7 Critères spécifiques.....	14
I.5 EXIGENCES GENERALES.....	14
I.6 ESSAI D'HOMOLOGATION.....	15
I.6.1 Sécurité fonctionnelle.....	15
I.6.2 Contrôle de tension.....	15
I.6.3 Contrôle de fréquence.....	15
I.6.4 Contrôle du courant continu.....	15
I.6.5 Identification d'une exploitation en réseau séparé.....	16
I.6.6 Contrôle des courants de perte.....	19
I.7 ESSAI INDIVIDUEL.....	22
I.8 PRESCRIPTIONS DE MONTAGE.....	22
I.9 ANNEXE 1 (POUR INFORMATION).....	23

Traduction non officielle

1.1 Domaine d'application

Le dispositif de déconnexion automatique est installé comme interface de sécurité entre le générateur et le réseau public à basse tension et remplace un dispositif de déconnexion avec fonction de sectionnement, accessible à tout moment par l'exploitant du réseau de distribution. Il empêche une alimentation inopinée du générateur dans un sous-réseau séparé de l'autre réseau de distribution (exploitation en réseau séparé) et protège ainsi, en complément des mesures préconisées dans la norme DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100), 6.2

- le personnel d'exploitation contre des tensions et des fréquences non admises,
- les moyens d'exploitation contre des tensions et des fréquences non admises,
- les consommateurs contre des tensions et des fréquences non admises et
- les moyens d'exploitation contre la survenue de pannes via le générateur.

En cas de défaillance sur le réseau basse tension, le dispositif de déconnexion automatique protège le générateur contre

- des tensions non admises et
- des fréquences non admises.

Le dispositif de déconnexion automatique ne protège pas le générateur contre la surtension et le court-circuit. Cette protection doit être assurée par ailleurs conformément aux normes DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712), DIN VDE 0100-430 (VDE 0100-430) et DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530).

1.2 Renvois normatifs

Les documents cités ci-après sont nécessaires pour l'utilisation de ce document. Pour les renvois datés, seule prévaut l'édition prise en considération. Pour les renvois non datés, c'est la dernière édition du document concerné qui prévaut (y compris toutes les modifications).

- DIN EN 50160:2000-03, *Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen.*
- DIN EN 50178 (VDE 0160), *Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln.*
- DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1), *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen.*
- E DIN VDE 0664-100 (VDE 0664-100):2002-05, *Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B zur Erfassung von Wechsel- und Gleichströmen – Teil 100: RCCBs Typ B.*
- DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereich.*
- DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-3: Fachgrundnormen – Fachgrundnorm Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe.*
- DIN EN 61008-1 (VDE 0664-10), *Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen.*
- DIN VDE 0100-430 (VDE 0100-430), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-43: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom.*
- DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte.*
- DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik (PV) Stromversorgungssysteme .*
- DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100), *Betrieb von elektrischen Anlagen.*

I.3 Définitions

Les termes ci-dessous servent à l'utilisation de ce document :

I.3.1 Dispositif de déconnexion

Dispositif destiné à mettre fin à l'alimentation en énergie électrique du générateur du réseau en le déconnectant.

REMARQUE : le dispositif de déconnexion éventuellement intégré au générateur peut tirer sa tension d'alimentation du réseau. Pour la mesure de la tension et de la fréquence, une connexion au réseau s'avère également nécessaire. De plus, des éléments passifs (comme des filtres EMV) peuvent être installés sur le côté de l'alimentation, sans être raccordés.

I.3.1.1 Dispositif de déconnexion séparé

Dispositif de déconnexion, qui travaille de façon autonome en ce qui concerne la fonction de sécurité.

I.3.1.2 Dispositif de déconnexion intégré

Dispositif de déconnexion, qui forme un ensemble fonctionnel avec le générateur.

I.3.2 Exploitation accidentelle en réseau séparé

L'exploitation en réseau séparé est l'état d'un sous-réseau séparé du reste du réseau, dans lequel des générateurs indépendants couvrent la consommation des charges connectées.

Parmi les causes de cette séparation on trouve par exemple des mouvements de manœuvre de l'exploitant, des déclenchements des dispositifs de sécurité ou des défaillances des moyens d'exploitation. En cas d'exploitation accidentelle en réseau séparé, le processus se déroule hors du contrôle de l'exploitant. L'exploitant ne doit pas intervenir sur la tension et la fréquence du réseau séparé.

I.3.3 Courant de fuite à la terre

Courant, qui va des parties sous tension de l'installation à la terre, sans engendrer de défaut d'isolement.

REMARQUE Ce courant peut avoir une composante capacitive, dû en particulier à l'utilisation de *condensateurs*.

I.3.4 Courant de perte à la terre

Courant, qui part à la terre suite à une imperfection de l'isolement

I.3.5 Courant de perte

Somme vectorielle des valeurs instantanées des courants traversant le circuit principal du dispositif de protection contre les courants de pertes (exprimée en valeur effective).

I.3.6 Courant de perte de référence ($I_{\Delta n}$)

Valeur, fixée par le constructeur pour la RCMU, du courant de fuite de déclenchement, à laquelle la RCMU doit déclencher sous des conditions déterminées.

I.3.7 Séparation simple

Séparation entre les circuits électriques ou entre un circuit électrique et la terre par isolement de base.

I.3.8 Unité de contrôle du courant de perte (RCMU)

Une unité de contrôle du courant de perte (Residual Current Monitoring Unit - RCMU) est un dispositif, qui dans le cas d'onduleurs sans séparation simple entre le réseau et le générateur photovoltaïque, sert à la réception et à la coupure des courants de perte alternatifs, continus et des courants de pointe, qui apparaissent en cas de défaillances.

I.4 Critères requis

Les critères ci-dessous sont valables, sauf indications contraires, pour les dispositifs de déconnexion séparés ou intégrés.

Le dispositif de déconnexion doit, en raison :

- de modifications de la tension ou de la fréquence du réseau basse tension,
- d'une alimentation en courant continu du réseau basse tension ;
- d'une exploitation accidentelle en réseau séparé et
- d'une exploitation volontaire en réseau séparé avec des installations réseaux de réserve,

déconnecter l'installation de production coté courant alternatif du réseau au moyen de deux commutateurs montés en série.

Avant la mise sous tension du réseau, on mesure si la tension et la fréquence du réseau se situent dans la zone de tolérance sur une durée de 30 s, conformément aux § 1.4.2.1, 1.4.2.2 et 1.4.3. Si c'est le cas, la connexion et l'alimentation peuvent s'effectuer, pendant lesquels les critères 1.4.2 à 1.4.5 et 1.4.7 sont remplis dès le début de l'alimentation en énergie. Après une déconnexion due à une des fonctions de sécurité du dispositif de déconnexion, une nouvelle connexion est réalisée de la même façon. En cas de déconnexion due à un réenclenchement rapide, il est nécessaire de procéder à une reconnexion, après que la tension et la fréquence du réseau se sont trouvées dans la zone de tolérance pendant 5 s, conformément aux § 1.4.2 et 1.4.3. Un réenclenchement rapide est caractérisé par un dépassement des limites inférieures ou supérieures de la fréquence et/ou de la tension du réseau pendant une durée maximum de 3 s. L'exploitation accidentelle en réseau séparé doit également être identifiée, lorsque la production et la consommation sont équivalentes dans la section séparée du réseau.

1.4.1 Sécurité fonctionnelle

La sécurité des fonctions définies aux § 1.4.2 à 1.4.5 et 1.4.7 du dispositif de déconnexion automatique (voir Figure 1) doit être assurée dans toutes les conditions d'exploitation du réseau. Elle peut être réalisée sous forme d'un dispositif autonome ou sous forme d'un élément intégré de l'installation de production et doit déclencher en cas de défaillance et afficher l'état de défaillance.

1.4.1.1 Tolérance à un défaut unique

Le dispositif de déconnexion doit, en application des principes de sécurité fondamentaux, être conçu, monté, choisi, assemblé et combiné de façon à résister aux contraintes d'exploitation prévues (comme sa fiabilité en ce qui concerne sa puissance de coupure et le nombre d'enclenchements) et aux influences extérieures (comme une vibration mécanique, des champs externes, des coupures ou des pannes de l'alimentation électrique).

Un défaut unique du dispositif de déconnexion ne doit pas engendrer la perte des fonctions de sécurité. Les dysfonctionnements ayant une origine commune doivent être pris en compte, lorsque la probabilité de l'apparition d'un de ces défauts est significative. Qu'il se produise à n'importe quel moment dans une mesure raisonnable, le défaut unique doit être affiché et provoquer une déconnexion du générateur.

REMARQUE 1 Cette exigence pour l'identification d'un défaut unique ne signifie pas que tous les défauts seront identifiés. C'est pourquoi l'accumulation de défauts non identifiés peut engendrer un signal de sortie accidentel et une situation de risque.

REMARQUE 2 Ce comportement du système admet que

- lors de l'apparition d'un défaut unique, la fonction de sécurité est toujours maintenue,
- quelques défauts, mais pas tous les défauts, sont identifiés,
- l'accumulation des défauts non identifiés peut conduire à la perte de la fonction de sécurité.

I.4.1.2 Dispositif de déclenchement

Les interrupteurs montés en série doivent, indépendamment les uns des autres, disposer d'une puissance de coupure correspondant au courant nominal du générateur. Au moins un interrupteur doit faire fonction de relais ou de disjoncteur et être adapté à la classe de surtension 2. Dans le cas de générateurs monophasés, l'interrupteur doit disposer, aussi bien pour le conducteur neutre que pour le conducteur extérieur, d'un contact de cette classe de surtension. Dans le cas de générateurs polyphasés, il est nécessaire d'avoir un contact de cette classe de surtension respectivement pour chacun des conducteurs actifs. Le deuxième interrupteur doit être constitué par les éléments de déconnexion du montage en pont de l'onduleur ou d'un autre couplage, dans la mesure où les éléments de déconnexion électroniques peuvent être déconnectés par le biais de signaux de commande et qu'il est garanti qu'un défaut est identifié et provoque l'arrêt de l'exploitation au plus tard au moment du prochain réenclenchement.

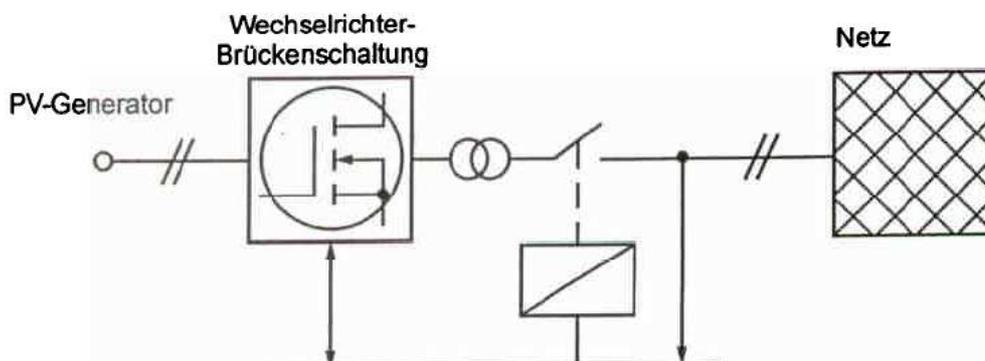


Figure 1 – Schéma de montage d'un dispositif de déconnexion automatique (exemple pour photovoltaïque)

I.4.2 Contrôle de tension

I.4.2.1 Diminution de la tension (fonction de protection)

Les tensions au niveau des conducteurs externes, par lesquels passe l'alimentation électrique, de $\leq 80\% U_N$ doivent provoquer un déclenchement dans un laps de temps de 0,2 seconde. Cette valeur limite doit être impossible à modifier sur l'appareil.

I.4.2.2 Augmentation de la tension (fonction de protection)

Les tensions au niveau des conducteurs externes, par lesquels passe l'alimentation électrique, de $\geq 115 \% U_N$ doivent provoquer un déclenchement dans un laps de temps de 0,2 seconde. Cette valeur limite doit être impossible à modifier sur l'appareil.

I.4.2.3 Augmentation de la tension (contrôle de la qualité de la tension)

Le but est de maintenir les valeurs limites de tension au point de liaison. Pour cela, il convient de mesurer une valeur moyenne mobile par conducteur extérieur, dans lequel passe l'alimentation électrique, sur un intervalle de temps de 10 min. Le seuil de déclenchement peut être réglé entre $110 \% U_N$ et $115 \% U_N$, pour tenir compte de la baisse de tension entre le site de départ et le point de liaison. La distribution s'effectue avec un seuil de déclenchement de $110 \% U_N$. Un dépassement de la valeur limite fixée doit provoquer un déclenchement. Le réglage de cette valeur limite ne doit s'effectuer qu'en accord avec l'exploitant du réseau.

I.4.3 Contrôle de fréquence

Les fréquences inférieures à 47,5 Hz et supérieures à 50,2 Hz doivent provoquer un déclenchement en moins de 0,2 seconde.

I.4.4 Contrôle du courant continu

L'arrivée de courant continu dans le réseau basse tension en raison d'un mauvais fonctionnement du générateur doit provoquer une coupure en moins de 0,2 s. Pour cela, il est possible de prendre soit la panne elle-même soit une fraction égale de courant de plus de 1 A comme critère de déclenchement.

I.4.5 Identification d'une exploitation en réseau séparé

I.4.5.1 Fonctionnement à un générateur

Une exploitation de réseau séparé doit, dans les conditions de contrôle de l'essai d'homologation, conformément au § I.6.5, provoquer une coupure.

I.4.5.2 Fonctionnement à plusieurs générateurs

L'identification de l'exploitation en réseau séparé peut être réalisée indépendamment pour chacun des générateurs, de sorte que les exigences du § I.4.5.1 soient remplies pour chaque générateur. En alternative, le dispositif de déconnexion automatique peut recevoir les ordres de coupure, via une interface, d'un autre dispositif de protection avec une identification du réseau séparé équivalente. Un ordre d'arrêt doit provoquer l'arrêt en moins de 0,2 s. Le dispositif de protection qui donne le signal de coupure et l'interface doivent également répondre aux exigences définies au § I.4.1.1 et relatives à la sécurité fonctionnelle.

I.4.6 Marquage

Un générateur muni d'un dispositif de déconnexion automatique doit comporter la mention, visible de l'extérieur, "VDE 0126-1-1" sur sa plaque signalétique. D'autres mentions doivent

être inscrites, si nécessaire, selon la norme DIN EN 50178 (VDE 160) ou enregistrées dans la documentation correspondante.

I.4.7 Critères spécifiques

I.4.7.1 Photovoltaïque

Sur les onduleurs sans séparation simple entre le réseau et le générateur photovoltaïque, une unité de contrôle du courant de perte (RCMU) est nécessaire. En cas de défaillance, les parties alternative et continue du courant de perte dépendent du type d'onduleur et de la tension continue du générateur photovoltaïque.

Dans le cas d'un dispositif de déconnexion ne disposant pas d'une unité de contrôle du courant de perte, une protection externe contre le courant de perte est nécessaire. Dans ce cas, les contrôles prévus au § I.6.6 deviennent sans objet. Le dispositif obligatoire de protection contre le courant de perte doit être indiqué par le constructeur dans son mode d'emploi.

La résistance d'isolement coté générateur avant la mise sous tension de réseau, doit être $\geq 1 \text{ k}\Omega/\text{V}$ par rapport à la tension d'entrée maximum de l'onduleur, et au minimum de $500 \text{ k}\Omega$. Les courants de perte supérieurs à 300 mA doivent provoquer un arrêt en moins de $0,3 \text{ s}$. Indépendamment de la puissance de coupure de l'onduleur, les courants de perte intempestifs doivent provoquer une coupure selon les valeurs du Tableau 1.

Tableau 1 – Temps de coupure maximum

Valeur effective du courant de perte (mA)	Temps de coupure (s)
30	0,3
60	0,15
150	0,04

Les temps de coupure indiqués sont valables pour l'ensemble de la plage de températures fournie par le constructeur.

Sur les onduleurs sans séparation simple entre le réseau et le générateur photovoltaïque, les deux interrupteurs mentionnés au § I.4.1.2 servent de relais ou de disjoncteurs avec les critères décrits dans ce même paragraphe.

Remarque Une conception avec un dispositif de coupure entre l'onduleur et le générateur PV et un dispositif de coupure entre l'onduleur et le réseau est possible.

I.5 Exigences générales

Les valeurs limites selon la norme DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3) relatives aux signaux parasites doivent être respectées. En ce qui concerne la résistance aux interférences, il convient de se fonder sur les perturbations d'essai, conformément à la norme DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3).

1.6 Essai d'homologation

Les essais suivants sont valables, sauf indications contraires, pour les dispositifs de déconnexion intégrés et séparés. Un dispositif de déconnexion séparé doit être testé avec une alimentation adaptée. Il convient de s'assurer que le signal de coupure n'est pas envoyé par l'alimentation mais par le dispositif de déconnexion.

1.6.1 Sécurité fonctionnelle

Le contrôle de sécurité à défaut unique et l'identification du défaut suivis d'une coupure conformément au § 1.4.1 sont réalisés par une simulation de défaut.

1.6.2 Contrôle de tension

Pour tester le contrôle de tension, le dispositif de déconnexion automatique doit être actionné via une source de tension alternative à amplitude variable pour une tension alternative nominale et une puissance arbitraire. Les temps de coupure spécifiés au § 1.4.2 doivent être respectés en cas de sauts de tension, au cours desquels la valeur limite inférieure selon le § 1.4.2 n'est pas dépassée de plus de 3 % de la tension nominale et où la valeur limite supérieure n'est pas dépassée de plus de 3 % de la tension nominale. Cet essai doit être réalisé sur chaque conducteur extérieur, par lequel passe l'alimentation.

1.6.3 Contrôle de fréquence

Pour tester le contrôle de fréquence, le dispositif de déconnexion automatique doit être actionné via une source de tension alternative à amplitude variable pour une tension alternative nominale et une puissance arbitraire. Les temps de coupure spécifiés au § 1.4.3 doivent être respectés en cas de changements continus de la fréquence entre la valeur nominale et chacune des valeurs limites, avec un taux de changement de 1 Hz/s. La fonction de contrôle de fréquence doit être vérifiée, dans le cadre de la plage de tension définie au § 1.4.2, au niveau de la limite inférieure pour la tension nominale et au niveau de la limite supérieure.

1.6.4 Contrôle du courant continu

Le contrôle de la coupure suite à une arrivée de courant continu s'effectue au choix selon les points a) ou b)

- a) Dans le système de mesure du dispositif de déconnexion (transformateur, résistance, par ex.), on applique un courant continu de 1 A. La coupure doit intervenir en moins de 0,2 s.
- b) Dans une simulation de défaut, une mesure permet de déterminer si un dysfonctionnement du générateur avec une fraction continue du courant appliqué de plus de 1 A provoque une coupure en moins de 0,2 s.

I.6.5 Identification d'une exploitation en réseau séparé

Le contrôle de la coupure due à une exploitation en réseau séparé s'effectue selon l'une des procédures décrites dans les § I.6.5.1 à I.6.5.3. La mise en œuvre de la procédure adoptée doit répondre aux exigences de sécurité fonctionnelle définie au § I.4.1.

I.6.5.1 Mesure d'impédance

I.6.5.1.1 6Circuit test

Le circuit test (voir Figure 2) est une simulation de cas de charge et d'alimentation en parallèle équilibrées ainsi que des conditions de stabilité de la tension et de la fréquence d'un réseau, qui peut créer un réseau séparé à la suite d'une coupure. Même sous ces conditions, le dispositif de déconnexion automatique doit identifier avec précision la coupure de réseau et arrêter le générateur en moins de 5 s.

Le circuit test présente les propriétés suivantes :

Le côté tension continue de l'onduleur est alimenté par une source d'énergie variable. Sur des générateurs sans onduleur, l'alimentation électrique est assurée par un entraînement adapté. Sur le côté tension alternative du dispositif d'alimentation sont branchés parallèlement à la sortie des résistances (R_1), des bobines d'arrêt (L_1) et des condensateurs (C_1), tels que le niveau de la puissance apparente (de référence ou utile) sur le dispositif de commutation (S) pour une augmentation de l'impédance du raccordement réseau est inférieure à 5 % de la puissance assignée du générateur (mise au point de contrôle).

Le dispositif de commutation est une résistance test de 1Ω (R_3) montée en parallèle. Partant de l'impédance $Z_N \leq 0,5 \Omega$ du réseau, sur lequel les essais sont réalisés, l'impédance (R_2, L_2) est augmentée par paliers choisis avec des variations admissibles (y compris les oscillations de l'impédance du réseau) de $\pm 0,25 \Omega$ à des valeurs allant jusqu'à une résistance idéale de 1Ω ou de $0,8 \Omega$, combinée à une réactance de $0,5 \Omega$; on vérifie alors si une coupure se produit dans les 5 s suite à un saut d'impédance de 1Ω .

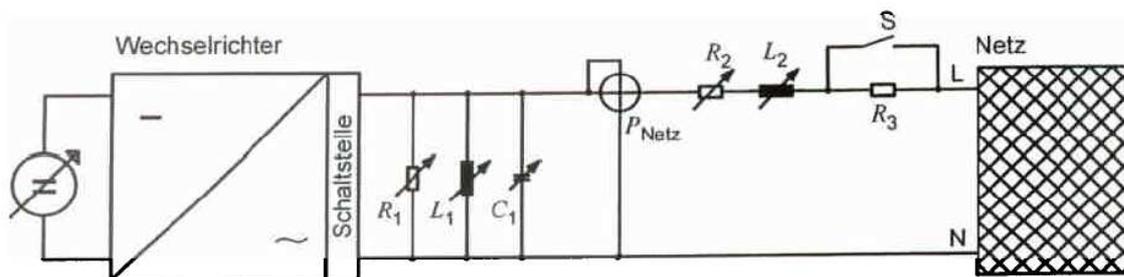


Figure 2 – Circuit test selon I.6.5.1 – Exemple avec dispositif de déconnexion intégré à l'onduleur

I.6.5.1.2 Déroulement du test

Par la source d'énergie variable, on envoie une puissance de 100 % de la puissance assignée de l'onduleur à l'entrée de ce dernier. Sur les générateurs sans onduleur, la

puissance assignée doit également être ajustée. Sur le côté tension alternative, les résistances, les bobines d'arrêt et les condensateurs sont réglés sur la mise au point de contrôle. Dans ce cas, le dispositif de commutation S est ouvert. Une coupure doit se produire dans les 5 s suivant l'ouverture du dispositif de commutation.

Lorsque la tension et la fréquence se trouvent dans la zone de tolérance, le dispositif de déconnexion doit se réenclencher 30 secondes au plus tôt après la coupure.

Entre 20 s et 60 s après le réenclenchement du dispositif de déconnexion, le dispositif de commutation S se ferme et après un minimum de 30 s, il s'ouvre à nouveau. Dans les 5 s suivant l'ouverture du dispositif de commutation, une coupure doit se produire.

Ce test est reproduit pour les différentes impédances du réseau.

Pour le contrôle d'un dispositif de déconnexion triphasée, la série est connectée après un circuit test à chacune des phases, conformément à la Figure 2. Les deux autres phases sont chacune connectées directement au réseau. Les coupures doivent toujours avoir lieu dans les 5 secondes suivant l'ouverture du commutateur S.

1.6.5.2 Test du circuit oscillant

1.6.5.2.1 Circuit test

Le côté tension continue de l'onduleur est alimenté par une source de tension continue adaptée. Sur des générateurs sans onduleur, l'alimentation électrique est assurée par un entraînement adapté. Sur le côté tension continue du générateur sont branchés parallèlement à la sortie des résistances, des bobines d'arrêt et des condensateurs, qui forment un circuit oscillant RLC et qui peuvent être adaptés finement à la puissance réelle et à la puissance apparente produites (Figure 3). Le circuit oscillant RLC tout comme les générateurs doivent être connectés au réseau par le biais de commutateurs séparés ou par un simulateur de réseau approprié.

Ce circuit oscillant doit avoir un facteur de qualité Q d'au moins 2. La puissance réelle issue du circuit oscillant doit être conforme à celle du générateur ou de l'onduleur située à au moins $\pm 3\%$. Le facteur de distorsion harmonique du courant constant doit être inférieur à 3 % en tension nominale. Pour le réglage de l'inductance et de la capacité, les équations suivantes s'appliquent :

$$L = \frac{U^2}{2\pi \cdot f \cdot P \cdot Q} \quad C = \frac{P \cdot Q}{2\pi \cdot f \cdot U^2}$$

Où U représente la tension réseau, f la fréquence réseau et P la puissance réelle fournie par le générateur.

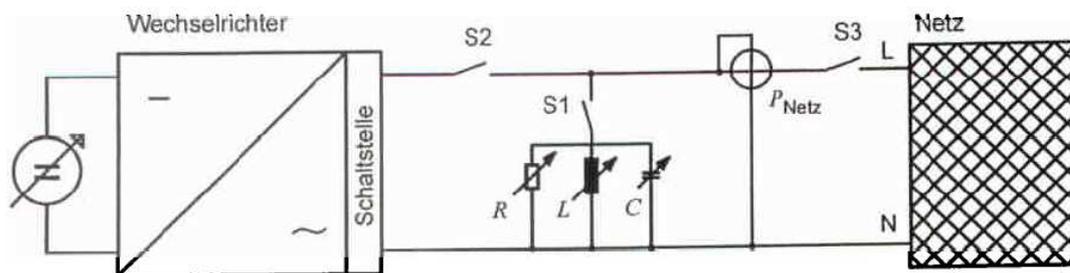


Figure 3 – Circuit test selon I.6.5.2 – Exemple avec dispositif de déconnexion intégré à l'onduleur

I.6.5.2.2 Déroulement du test

1. Dans le cas de générateurs sans onduleurs, la puissance des générateurs est déterminée à l'aide de la source de tension continue ou d'un entraînement approprié.
2. Le générateur est connecté au réseau ou au simulateur de réseau par la fermeture de S3 et S2. En l'absence de connexion d'un circuit oscillant, (S1 ouvert), seules la puissance réelle (P) et apparente ($P_{Q,WR}$) fournie au réseau par le générateur sont mesurées.
3. Le générateur est séparé du réseau (S2 ouvert).
4. Le circuit oscillant est équilibré de la façon suivante :
 - (a) L'inductance est réglée de telle sorte que Q est > 2 .
 - (b) La capacité est réglée de telle sorte que $P_{QC} + P_{QL} = -P_{Q,WR}$.
 - (c) La résistance est réglée de telle sorte que la puissance réelle fournie par l'ensemble du circuit oscillant est égale à P_{WR} .
 - (d) Le circuit oscillant et le générateur sont connectés au réseau (S1, S2 et S3 fermés) et le générateur est mis en service.

REMARQUE L'objectif de l'équilibrage est de réduire autant que possible les composants d'oscillation fondamentale du courant via S3. Les conditions défavorables concernant la possible formation d'un réseau isolé doivent être créées par une syntonisation précise du circuit oscillant (étape 6).

5. Pour démarrer le test, on ouvre S3 et on mesure le délai jusqu'à la déconnexion du générateur.
6. Après chaque test réussi, un paramètre (L ou C) est modifié d'env. 1 % dans une zone globale de ± 5 % env. et le test est répété.

Le déroulement global du test doit respectivement avoir lieu avec $P = 25$ %, 50 % et 100 % de la puissance assignée. L'ensemble du test est considéré comme réussi, quand les temps de coupure de chacun des tests sont inférieurs à 5 s.

Le test doit être réalisé avec une fréquence nominale de $\pm 0,1$ Hz et une tension nominale de ± 3 %.

Pour le contrôle d'un dispositif de déconnexion triphasé, la série est connectée après un circuit test à chacun des conducteurs extérieurs, conformément à la figure 3. Les deux autres

conducteurs extérieurs sont chacun connectés directement au réseau. Les coupures doivent toujours avoir lieu dans les 5 secondes suivant l'ouverture du commutateur S.

1.6.5.3 Contrôle de tension triphasée

Un contrôle triphasé des tensions des conducteurs extérieurs n'est autorisé comme critère d'identification d'un réseau séparé que pour des alimentations monophasées. Dès qu'au moins une tension d'un conducteur extérieur dépasse les limites mentionnées au § 1.4.2 de $80\% U_N$ ou $115\% U_N$, il faut effectuer une coupure en moins de 0,2 s. Ici aussi, les exigences relatives à la sécurité fonctionnelle doivent être remplies.

REMARQUE Le contrôle de tension triphasée est également possible dans le cas d'une intégration structurelle de plusieurs alimentations monophasées, qui fournissent l'énergie dans différents conducteurs, tant que les courants de ces alimentations font l'objet d'un réglage indépendant, de sorte que n'importe quelle position de phase peut être réglée.

Pour tester le contrôle de tension, le dispositif de déconnexion automatique doit être actionné via une source de tension alternative à amplitude variable pour une tension alternative nominale et une puissance arbitraire. Les temps de coupure spécifiés au § 1.4.2 doivent être respectés en cas de sauts de tension, au cours desquels la valeur limite inférieure selon le § 1.4.2 n'est pas dépassée de plus de 3 % de la tension nominale et où la valeur limite supérieure n'est pas dépassée de plus de 3 % de la tension nominale. Cet essai doit être répété pour toutes les combinaisons de conducteurs extérieurs.

1.6.6 Contrôle des courants de perte

Tous les contrôles doivent être réalisés avec $0,85 U_N$, U_N et $1,10 U_N$.

REMARQUE Ces limites de tension garantissent qu'il n'y aura pas de coupure du contrôle de tension pendant le test.

1.6.6.1 Dispositif de déconnexion séparé

Le contrôle des courants de pertes d'un dispositif de déconnexion, qui n'est pas intégré à l'onduleur, est testé selon la norme E DIN VDE 0664-100 (VDE 066-100):2002-05.

Les paragraphes à appliquer sont les paragraphes 9.9.1 "Circuit test" à 9.9.3 "Contrôle de la déconnexion correcte en charge à la température de référence". Lors d'un test selon le § 9.9.2.2 "Contrôle de déconnexion correcte lors d'une mise sous tension sur un courant de perte", il convient de vérifier que le dispositif de déconnexion peut s'enclencher avec une temporisation.

Le délai de déconnexion valable pour ce test est le temps entre l'enclenchement automatique et la déconnexion due à un courant de perte.

Cette fonction dans le cas de courants de perte de voie pulsés est testée selon le § 9.21.1. Cette fonction dans le cas de courants de perte lisses est testée selon les § 9.21.2.1 "Contrôle de déconnexion correcte lors d'une augmentation constante du courant de perte lisses" à 9.21.2.7 "Contrôle de déconnexion correcte dans le cas de courants de perte pulsés avec recouvrement par des courants de pertes lisses".

I.6.6.2 Dispositif de déconnexion intégré

Le contrôle des courants de pertes d'un dispositif de déconnexion intégré à l'onduleur est testé, pour une puissance assignée et une tension continue d'entrée maximum, conformément aux paragraphes ci-dessous.

I.6.6.2.1 Circuit test

Une résistance réglable et commutable est connectée entre respectivement un conducteur de tension continue et le neutre (N). Dans le cas d'un onduleur avec les connexions de tension continue PV+ et PV-, deux configurations sont possibles (voir Figure 4) : N avec PV+ (R_1 dans la Figure 4), N avec PV- (R_2 dans la Figure 4). Dans le test conformément au § I.6.6.2.2.3, un condensateur réglable est monté en parallèle sur la résistance commutable (C_1 , C_2 dans la Figure 4).

I.6.6.2.2 Déroulement du test

Les tests sont réalisés comme précisé au § I.6.6.2.1 pour le branchement des connexions de tension continue et du conducteur neutre.

I.6.6.2.2.1 Circuit d'essai

Le dispositif de déconnexion est monté comme un emploi conforme aux dispositions. Le circuit d'essai doit présenter une inductance négligeable et correspondre à la Figure 4. Les instruments de mesure pour la mesure du courant de perte doivent correspondre au moins à la classe 0, et doivent présenter des valeurs effectives allant jusqu'à une fréquence de 2 kHz. Les instruments de mesure pour la mesure du temps ne doivent présenter aucun défaut relatif supérieur à 10 % de la valeur mesurée.

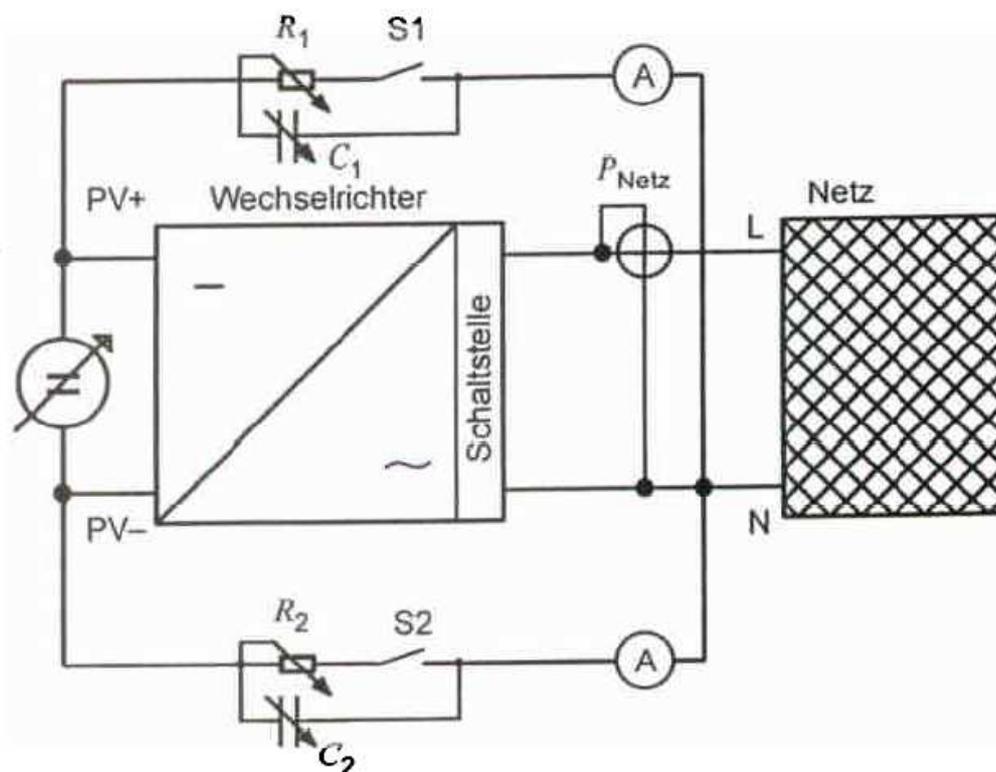


Figure 4 – Circuit test selon I.6.6.2.1 – Structure pour un onduleur d'alimentation monophasée

1.6.6.2.2.2 Contrôle de la coupure correcte en présence d'un courant de perte en constante augmentation

Le commutateur d'essai S1 est en position fermée. Le courant de perte est continuellement augmenté, pour essayer d'attendre la valeur de 300 mA en moins de 30 s. Le courant de coupure est mesuré 5 fois. Les 5 valeurs mesurées doivent être ≤ 300 mA. Le test est répété avec le commutateur d'essai S2. Pour des structures avec plus de deux connexions de générateurs, le circuit test doit être étendu de façon appropriée et le test réalisé pour chacune des différentes positions de commutation.

1.6.6.2.2.3 Contrôle de la coupure correcte en présence d'un courant de perte intempestif

Ce test détecte la fonction de la RCMU dans le cas d'un courant de perte capacitif conforme à la production, qui est recouvert par un courant de perte ohmique intempestif. Pour la détection du courant de perte capacitif maximum, le condensateur C₁ est augmenté, les commutateurs S1 et S2 étant ouverts, jusqu'à la coupure du dispositif de déconnexion. Ensuite, le condensateur C₁ est réglé de façon à ce que le courant de perte capacitif apparaissant pendant le test autour des valeurs mentionnées dans le Tableau 1 soit inférieur au courant de perte capacitif maximum détecté.

La résistance R₁ est réglée sur les valeurs de courant de perte ohmiques définies dans le tableau 1. Le commutateur d'essai S1 est branché. Le dispositif de déconnexion doit se

déclencher. Pour chaque valeur de courant de perte, 5 mesures du délai de coupure sont réalisées. Aucune valeur ne doit dépasser la valeur limite définie dans le Tableau 1.

Le test est répété avec le commutateur d'essai 2 et le condensateur C_2 . Dans ce cas, C_2 n'est pas branché. Pour des structures avec plus de deux connexions de générateurs, le circuit test doit être étendu de façon appropriée et le test réalisé pour chacune des différentes positions de commutation.

1.6.6.2.4 Contrôle de l'identification d'un défaut d'isolement avant l'alimentation en énergie

Au moins une connexion d'un conducteur de phase PV de l'onduleur est connecté à une source de tension avec la tension de générateur maximum autorisée. L'onduleur est connecté au réseau. Chaque connexion d'un conducteur de phase de l'onduleur est alors reliée au potentiel du sol via une résistance, qui se situe en dessous de la valeur définie au § 1.4.7. Dans tous les cas, l'onduleur doit afficher le défaut et ne doit pas lancer la fourniture d'énergie.

1.7 Essai individuel

Chaque constructeur doit, avant la livraison d'un dispositif de déconnexion automatique, soumettre celui-ci à un essai individuel relatif aux paramètres de sécurité.

1.8 Prescriptions de montage

Les tests principaux et les tests répétés du dispositif de déconnexion automatique pour l'essai individuel peuvent être sans objet. Si le dispositif de déconnexion automatique est conçu comme dispositif autonome, il ne doit pas être installé dans le système TN-C. Dans ce cas, il faut créer un système TN-C-S.

I.9 Annexe 1 (pour information)

Explications

A.1 Autres procédures d'identification du réseau séparé

Dans le cadre de l'harmonisation européenne, d'autres procédures, qui comportent le même objectif de protection, peuvent être autorisées.

A.2 Limites de fréquence

En conformité avec les prescriptions relatives aux centrales électriques dans le réseau mixte, le seuil inférieur de coupure est fixé à 47,5 Hz. Cela permet d'éviter qu'en cas de manque de puissance dans le réseau mixte, que l'on détecte par une chute de la fréquence, d'autres générateurs ne soient déconnectés. Pour la limite de fréquence supérieure, en raison de différentes réflexions, on s'écarte de ces prescriptions :

Une augmentation de la fréquence dans le réseau mixte est l'indice d'un excédent de puissance. En déconnectant les générateurs, on peut donc dans ce cas contribuer à une adaptation de la production aux besoins et ainsi à la stabilisation du réseau. Dans les centrales à grande puissance, le seuil de coupure est cependant fixé relativement haut (51,5 Hz), étant donné que l'arrêt de ces centrales et "la nécessaire récupération pour ses besoins propres" qui en résulte, ainsi que le redémarrage qui s'ensuit, ne sont pas sans poser de problèmes. Lorsque ces centrales sont à nouveau requises pour un besoin à court terme, cela peut éventuellement engendrer un état critique du réseau. Chez les petits producteurs, ce mode de fonctionnement n'est ni nécessaire ni judicieux, si bien que la limite supérieure de fréquence a été fixée à 50,2 Hz.

A.3 Exploitation des générateurs de réserve

Pour les exploitants du réseau de distribution il est nécessaire, pour certains travaux sur le réseau, de séparer des sous-réseaux du réseau normal (par ex, changement d'un transformateur de réseau régional). Pour pouvoir alimenter les clients pendant cette période, l'exploitant installe des générateurs de réserve (des groupes diesel électrogènes). Dans la plupart des cas, une fourniture d'énergie sans coupure est même possible.

Les générateurs de réserve sont réglés de telle façon que la puissance produite est adaptée à la charge actuelle du réseau. Dans le cas d'un grand nombre de générateurs non réglés dans ce sous-réseau, on pourrait arriver à un recouvrement de la charge, ce qui provoquerait la coupure du générateur de réserve pour des raisons de sécurité. Un fonctionnement stable de ces générateurs ne serait alors plus possible. Pour empêcher cela, il faut faire attention à ce que les générateurs soient coupés dans un tel cas. Pour cela, les exploitants du réseau appliquent dans le sous-réseau, après la séparation du réseau normal avec le générateur, une fréquence de 50,3 Hz, pour déconnecter les générateurs au-dessus de ce critère de

fréquence. Cette valeur doit être respectée, étant donné que chez les clients, les fournitures de courant éventuellement présentes et sans coupure, sont séparées du réseau à 50,4 Hz.

Pour garantir la sélectivité désirée entre chacun des cas d'exploitation, il est donc nécessaire de fixer le seuil de coupure supérieur des générateurs le plus exactement possible à 50,2 Hz.

Pour permettre une resynchronisation sans coupure du sous-réseau avec le réseau normal, la fréquence du sous-réseau est de nouveau alignée sur la fréquence actuelle du réseau, pour mettre fin à l'utilisation du générateur de réserve. Pour que les générateurs ne se remettent pas en route immédiatement, lorsque la fréquence se trouve à nouveau dans la zone de tolérance et pour qu'ils ne mettent pas ainsi en danger la stabilité de l'exploitation du réseau pendant cette phase, il convient d'observer une temporisation de 30 s après une période de coupure importante des générateurs.

A.4 Coupures de courte durée

Dans le cas de coupure de courte durée du générateur, pour des raisons de protection (i;d; R après un dépassement de la limite inférieure de tension sur une durée inférieure à 3 s), une temporisation de 5 s est autorisée, s'écartant ainsi de la valeur mentionnée plus haut de 30 s avant la resynchronisation, mesurée à partir du moment où la fréquence et la tension se trouvent à nouveau dans la zone de tolérance. Il convient cependant de respecter ici les particularités spécifiques à chaque appareil, comme un arrêt complet pour des générateurs rotatifs.

Notes bibliographiques

Normes de la série DIN EN 60146, Semi-conducteurs-convertisseurs

Données Bibliographiques

Aucun élément de la norme !

Classification VDE	VDE V 0126-1-1
Numéro DIN	DIN V VDE V 0126-1-1
Date de publication	Février 2006
Titre normatif français	Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public à basse tension
Titre normatif anglais	Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid
Type de document	VN
ICS	29.240.30
En remplacement de	E DIN V VDE V 0126-1-1 ; VDE V 0126-1-1 (2005-05)
Commission de normalisation	DKE
Numéro de distribution VDE	0126003
Groupe de prix	13K

Traduction non officielle

II. Parlons de BISI et non plus d'ENS!

Ce chapitre est la traduction d'une publication allemande [1] qui précise pourquoi et comment la DIN VDE 0126 a évolué et a donné naissance à la DIN VDE 0126-1-1.

II.1 Introduction

La pré-norme DIN VDE 0126-1-1 « Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension » publiée en février 2006 correspond à la mise à jour de la pré-norme DIN VDE 0126 [2]. Parallèlement à la publication de ce texte, les instances allemandes se sont fortement impliquées au sein du CENELEC pour élaborer une norme européenne basée sur cette pré-norme. L'ensemble de ces travaux techniques ont été conduits dans le cadre du projet de recherche « SIDENA » (Aspects de sécurité des installations de production d'énergie décentralisée, www.sidena.de) [3]. Ce projet a été réalisé par l'ISSET¹ avec le soutien du ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature et de la sûreté nucléaire (projet 0329900C) et de 14 partenaires industriels dont KACO GERÄTETECHNIK GmbH.

II.2 Présentation de la problématique

Avant 2006, les installations photovoltaïques en Allemagne étaient raccordées au réseau de distribution basse tension grâce à un dispositif de séparation conforme au projet de norme DIN VDE 0126 de 1999 [4].

Cette pré-norme définit les exigences auxquelles doit se conformer l'interface de coupure de sécurité entre le système PV et le réseau qui peut être installée en remplacement du dispositif de déconnexion accessible à tout moment au gestionnaire du réseau.

Cette pré-norme est connue sous le nom d'« ENS » bien que cette abréviation ne reflète qu'une partie des exigences de ce texte. Un des aspects traités dans cette pré-norme est la prévention de l'îlotage involontaire grâce à la mesure de l'impédance du réseau.

A ce jour, un très grand nombre de systèmes photovoltaïques ont été conçus selon cette norme. L'absence du dispositif de coupure accessible a permis de raccorder les générateurs au réseau de distribution à moindre coût. Aucun problème relatif à la sécurité n'a été observé. Cependant, un certain nombre de problèmes techniques sont apparus, notamment en matière de déconnexions intempestives dues à la mesure de l'impédance du réseau entraînant des diminutions de recettes d'exploitation des installations. La mesure de l'impédance du réseau est accueillie de façon mitigée en Europe dans le milieu du photovoltaïque mais aussi pour les autres sources de production décentralisée (piles à combustible, groupes de cogénération).

Ainsi, le groupe de travail DKE 373.0.9 « interface de coupure du réseau bidirectionnelle » a été créé dans le but de redéfinir les exigences de l'interface avec le réseau de distribution sous la direction de M. Viotto assisté de A. Bergmann comme rapporteur.

¹ Institut für Solare EnergieversorgungsTechnik

Les nouvelles exigences doivent permettre, à niveau de sécurité constant, de diminuer le nombre de découplages intempestifs et d'arriver à une harmonisation du réglage de cette interface au niveau européen.

II.3 Résultats

Le dispositif de déconnexion définis par la nouvelle pré-norme DIN VDE 0126-1-1 demeure une interface de sécurité entre le système de production et le réseau basse tension et remplace le dispositif de déconnexion accessible à tout moment par le gestionnaire du réseau.

Les délibérations du groupe de travail ont conduit à la modification des exigences afin de permettre une réalisation des systèmes à moindre coût, une exploitation sans défaut, le tout en conservant un niveau de sécurité élevé.

Dans l'ancienne version de la pré-norme, le moyen pour assurer la sécurité était fixé de la façon suivante : « *Le dispositif de déconnexion automatique est composé de deux dispositifs de surveillance du réseau indépendants associés à des interrupteurs installés en série* ». Cette phrase a donné le nom d'ENS à l'interface de coupure de sécurité. (voir Figure 5).

Cette modification de la nouvelle pré-norme rend caduc le terme d'**ENS** qui n'est plus défini dans la nouvelle version. En revanche le terme de **BISI**, qui signifie interface de coupure de sécurité bidirectionnelle, peut être utilisé.

Désormais, le nouveau texte précise le résultat à atteindre, à savoir : "*la sécurité en cas d'apparition d'une erreur*" (voir Figure 6).

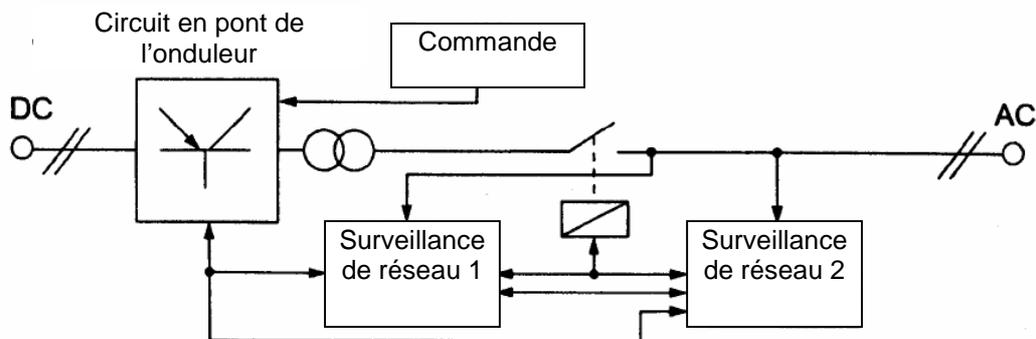


Figure 5 : L'ancienne pré-norme définit une exigence de moyens en matière de sécurité [4]

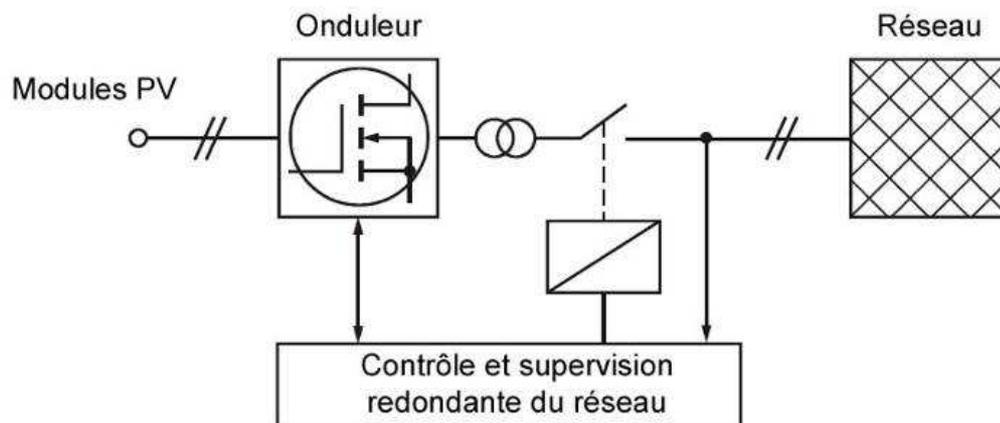


Figure 6 : La nouvelle pré-norme définit une exigence de résultats en matière de sécurité [2]

En matière de détection d'îlotage, plusieurs modifications ont été apportées : la valeur limite du saut d'impédance passe de 0,5 à 1 Ohm. Ceci permet de diminuer la sensibilité des onduleurs et d'assurer une compatibilité avec la norme autrichienne ÖVE/ÖNORM 2750 [5]. Désormais, grâce au retour d'expérience positif de gestionnaires de réseaux, le contrôle des tensions triphasées est également autorisé. De plus, la méthode du circuit oscillant utilisée aux USA (norme IEEE 929 [8]) est également applicable. Toutes ces procédures doivent permettre de répondre à l'exigence de résultat en matière de sécurité : l'appareil doit se séparer du réseau lors de l'apparition d'une erreur dans l'interface de coupure de sécurité.

La plage de fréquence est passée de $50 \text{ Hz} \pm 0,2 \text{ Hz}$ à $47,5 \text{ Hz} - 50,2 \text{ Hz}$, ce qui constitue une extension notable. La compatibilité avec la norme EN 50160 [6], qui définit les caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution, en est ainsi améliorée.

La plage de tension a également été adaptée aux valeurs de la norme EN 50160. Une déconnexion rapide en moins de 0,2 s est demandée si la tension sort de la plage 80% - 115% de sa valeur nominale. Par ailleurs, si la valeur de la tension dépasse durablement la valeur de 110% de la tension nominale au point de livraison indiquée dans la norme EN 50160, l'appareil doit également se séparer du réseau de distribution.

La nouvelle procédure de test du courant de fuite des onduleurs sans transformateur améliore la qualité de la protection contre les contacts directs au niveau des modules photovoltaïques. Il est désormais nécessaire d'effectuer une évaluation séparée du courant de défaut capacitif et ohmique.

Le domaine d'application de cette pré-norme a été fortement étendu. Elle s'applique désormais à toutes les installations de production décentralisée. La limite de puissance maximale de 4,6 kVA a été supprimée.

II.4 Résumé

La nouvelle pré-norme améliore le taux de disponibilité des installations PV tout en conservant un niveau de sécurité identique par rapport à l'ancienne pré-norme.

La possibilité d'utiliser de nouvelles procédures éprouvées de détection de l'îlotage permet désormais aux fabricants de mettre sur le marché des produits fiables à moindre coût.

Le développement d'appareils utilisables dans le monde entier est désormais possible grâce à la compatibilité de la pré norme avec la méthode du circuit oscillant.

L'Association des Gestionnaires de réseau allemands (VDN) a d'ores et déjà intégré ces dispositions dans ses conditions de raccordement (TAB) [7].

II.5 Références

- [1] BISI statt ENS! *Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz*, **Arno Bergmann**, Commission Allemande d'électrotechnique (DKE) de la DIN et de la VDE et **Michael Viotto**, KACO GERÄTETECHNIK GmbH, Centre de Recherche et Développement
- [2] DIN V VDE V 0126-1-1 (VDE V 0126 Teil 1-1):2006-02, *Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz*
- [3] *Sicherheitsaspekte bei dezentralen netzgekoppelten Energieerzeugungsanlagen - Erste Ergebnisse des Forschungsprojektes SIDENA*, C. Bendel, M. Viotto, 18. Symposium Photovoltaische Solarenergie 2003, Staffelstein
- [4] E DIN VDE 0126 (VDE 0126):1999-04, *Selbsttätige Freischaltstelle für Photovoltaikanlagen einer Nennleistung $\leq 4,6$ kVA und einphasiger Paralleleinspeisung über Wechselrichter in das Netz der öffentlichen Versorgung*
- [5] OEVE/OENORM E 2750, Ausgabe:2004-11-01, *Photovoltaische Energieerzeugungsanlagen - Errichtungs- und Sicherheitsanforderungen*
- [6] DIN EN 50160:2000-03, *Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen*; Deutsche Fassung EN 50160:1999
- [7] *Ergänzende Hinweise zur VDEW-Richtlinie Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz*, Verband der Netzbetreiber – VDN – e.V. beim VDEW, September 2005
- [8] IEEE 929, *Recommended Practice for Utility Interface of Residential and Intermediate Photovoltaic (PV) Systems*, April 2000.

III. Synthèse des évolutions de la DIN VDE 0126

Ce chapitre synthétise les principales évolutions de la DIN VDE 0126, de la première version datant de 2004 à la DIN VDE 0126-1-1 de février 2006.

III.1 Version du 3 novembre 1994

Préambule

Cette version de 1994 n'est pas encore un document présenté sous la forme d'une pré-norme mais sous la forme d'une spécification de test d'onduleurs PV.

Titre

Automatic isolating facility for house-load generators with a rated output ≤ 4.6 kVA and photovoltaic installations ≤ 5 kWp with a single-phase parallel feed by means of an inverter into the public low-voltage mains

Champ d'application

Systèmes PV :

- monophasés
- de puissance ≤ 4.6 kVA
- raccordés au réseau BT par l'intermédiaire d'un onduleur

Variations de tension

Plage de fonctionnement

- $85\% \leq V_n \leq 110\%$

Tps de réaction

- 0.2 s

Variations de fréquence

Plage de fonctionnement

- $49.8 \leq f \leq 50.2$ Hz au moins entre 70 % et 115 % de V_n

Tps de réaction

- 0.2 s

Détection d'îlotage

Connexion de l'onduleur ssi $Z_R < 1.25 \Omega$,

Déconnexion de l'onduleur quand :

- saut d'impédance $\Delta Z_R \geq 0.5 \Omega$,
- impédance réseau $Z_R \geq 1.75 \Omega$,

Tps de réaction

- 5 s

III.2 Version d'octobre 1997

Titre

Automatic disconnecting facility for photovoltaic installations with a nominal output ≤ 4.6 kVA and a single-phase parallel feed by means of an inverter into the public low-voltage mains.

Champ d'application

Systèmes PV :

- monophasés
- de puissance ≤ 4.6 kVA
- raccordés au réseau BT par l'intermédiaire d'un onduleur

Variations de tension

Plage de fonctionnement

- $85\% \leq V_n \leq 110\%$

Tps de réaction

- 0.2 s

Variations de fréquence

Plage de fonctionnement

- $49.8 \leq f \leq 50.2$ Hz au moins entre 70 % et 115 % de V_n

Tps de réaction

- 0.2 s

Détection d'îlotage

Connexion de l'onduleur ssi $Z_R < 1.25 \Omega$,

Déconnexion de l'onduleur quand :

- saut d'impédance $\Delta Z_R \geq 0.5 \Omega$,
- impédance réseau $Z_R \geq 1.75 \Omega$,

Tps de réaction

- 5 s

Modifications par rapport à la version de 1994

Cette version de 1997 est en fait la première version de la DIN VDE 0126 se présentant sous la forme d'une pré-norme mais son contenu est identique à la spécification de test d'onduleurs PV, correspondant à la version de 1994 dans ce document.

III.3 Version d'avril 1999

Titre

Automatic disconnecting facility for photovoltaic installations with a nominal output ≤ 4.6 kVA and a single-phase parallel feed by means of an inverter into the public low-voltage mains.

Champ d'application

Systèmes PV :

- monophasés
- de puissance ≤ 4.6 kVA
- raccordés au réseau BT par l'intermédiaire d'un onduleur

Variations de tension

Plage de fonctionnement

- $80\% \leq V_n \leq 115\%$

Tps de réaction

- 0.2 s

Variations de fréquence

Plage de fonctionnement

- $49.8 \leq f \leq 50.2$ Hz au moins entre 70 % et 120 % de V_n

Tps de réaction

- 0.2 s

Détection d'îlotage

Déconnexion de l'onduleur quand saut d'impédance $\Delta Z_R \geq 0.5 \Omega$,

Tps de réaction

- 5 s

Modifications par rapport aux versions de 1994 et de 1997

- élargissement des plages de variations de tension de « $85\% \leq V_n \leq 110\%$ » à « $80\% \leq V_n \leq 115\%$ »
- élargissement du domaine de garantie de fonctionnement de la plage de fréquence passant de « entre 70 % et 115 % de V_n » à « entre 70 % et 120 % de V_n »
- plus d'exigence quant à la valeur d'impédance max du réseau, seuls les sauts d'impédances $\Delta Z_R \geq 0.5 \Omega$ devant provoquer la déconnexion de l'onduleur.

III.4 Version de mai 2005

Titre

Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid.

Champ d'application

Tous générateurs raccordés au réseau BT.

Variations de tension

Plage de fonctionnement

- $80\% \leq V_n \leq 115\%$

Tps de réaction

- 0.2 s

Respect de la qualité de tension (mesures moyennées 10')

- déclenchement à 110 % ou 115 % de V_n

Tps de réaction

- instantané

Variations de fréquence

Plage de fonctionnement

- $47.5 \leq f \leq 50.2$ Hz

Tps de réaction

- 0.2 s

Détection d'îlotage

Déconnexion de l'onduleur quand saut d'impédance $\Delta Z_R \geq 1 \Omega$,

Tps de réaction

- 5 s

Test avec circuit oscillant de facteur de qualité au moins égal à 2,

Tps de réaction

- 5 s

Surveillance triphasée de la tension du réseau (seulement pour les onduleurs ou générateurs monophasés) selon les mêmes critères que pour la surveillance des variations de tension.

Tps de réaction

- 0.2 s

Modifications par rapport à la version de 1999

- la DIN VDE 0126 devient la DIN VDE 0126-1-1
- champ d'application étendu à tous les types de générateurs raccordés sur le réseau BT (pas seulement PV, plus de limite de puissance, mono ou tri),
- référence à la EN50160 pour les découplages sur critères de tension,
- plage de fréquence élargie passant de « $49.8 \leq f \leq 50.2$ Hz au moins entre 70 % et 120 % de V_n » à « $47.5 \leq f \leq 50.2$ Hz »,

- augmentation de 0.5Ω à 1Ω de la valeur du saut d'impédance devant provoquer la déconnexion de l'onduleur lors de l'utilisation de la méthode de détection d'îlotage par saut d'impédance,
- d'autres méthodes de tests ouvrant la porte à d'autres méthodes de détection d'îlotage,

III.5 Version de février 2006

Titre

Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid.

Champ d'application

Tous générateurs raccordés au réseau BT.

Variations de tension

Plage de fonctionnement

- $80\% \leq V_n \leq 115\%$

Tps de réaction

- 0.2 s

Respect de la qualité de tension (mesures moyennées 10')

- déclenchement à 110 % ou 115 % de V_n

Tps de réaction

- instantané

Variations de fréquence

Plage de fonctionnement

- $47.5 \leq f \leq 50.2$ Hz

Tps de réaction

- 0.2 s

Détection d'îlotage

Des modes de fonctionnement à plusieurs générateurs sont évoqués. Dans ce cas, il est admis que l'identification de la marche en réseau séparé et la transmission des ordres de coupure soit réalisées, via une interface, par un autre dispositif de protection.

Déconnexion de l'onduleur quand saut d'impédance $\Delta Z_R \geq 1 \Omega$,

Tps de réaction

- 5 s

Test avec circuit oscillant de facteur de qualité au moins égal à 2,

Tps de réaction

- 5 s

Surveillance triphasée de la tension du réseau (seulement pour les onduleurs ou générateurs monophasés) selon les mêmes critères que pour la surveillance des variations de tension.

Tps de réaction

- 0.2 s

Modifications par rapport à la version de 2005

Introduction d'une annexe spécifiant :

- que d'autres procédures de tests pour la détection d'îlotage peuvent être autorisées,

- les raisons du choix des limites de fréquence,
- l'importance de bien fixer la limite haute de fréquence à 50.2 Hz → car le gestionnaire de réseau fixe la valeur de la fréquence à 50.3 Hz lors de l'alimentation d'un tronçon du réseau par un groupe électrogène (pour travaux ou dépannage), de façon à volontairement provoquer le découplage des générateurs répondant à la DIN VDE 0126-1-1,
- qu'après une déconnexion de durée inférieure à 3s suite au dépassement de la limite inférieure de tension, le générateur « DIN VDE 0126-1-1 » peut se recoupler au réseau après une temporisation de 5 s seulement au lieu des 30 s habituellement exigés (une fois les conditions normales de tension et de fréquence atteintes).

III.6 Évolutions depuis la première version de la DIN VDE 0126 à la dernière version de la DIN VDE 0126-1-1 de février 2006

- plus d'exigence quant à la valeur d'impédance max du réseau, seuls les sauts d'impédances ΔZ_R devant provoquer la déconnexion de l'onduleur.
- champ d'application étendu à tous les types de générateurs raccordés sur le réseau BT (pas seulement PV, plus de limite de puissance, mono ou tri),
- élargissement des plages de variations de tension de « $85\% \leq V_n \leq 110\%$ » à « $80\% \leq V_n \leq 115\%$ »
- référence à la EN50160 pour les découplages sur critères de tension,
- plage de fréquence élargie passant de « $49.8 \leq f \leq 50.2$ Hz au moins entre 70 % et 120 % de V_n » à « $47.5 \leq f \leq 50.2$ Hz »,
- augmentation de 0.5Ω à 1Ω de la valeur du saut d'impédance devant provoquer la déconnexion de l'onduleur lors de l'utilisation de la méthode de détection d'îlotage par saut d'impédance,
- d'autres méthodes de tests ouvrant la porte à d'autres méthodes de détection d'îlotage,
- la DIN VDE 0126 devient la DIN VDE 0126-1-1

Introduction d'une annexe spécifiant :

- que d'autres procédures de tests pour la détection d'îlotage peuvent être autorisées,
- les raisons du choix des limites de fréquence,
- l'importance de bien fixer la limite haute de fréquence à 50.2 Hz → car le gestionnaire de réseau fixe la valeur de la fréquence à 50.3 Hz lors de l'alimentation d'un tronçon du réseau par un groupe électrogène (pour travaux ou dépannage), de façon à volontairement provoquer le découplage des générateurs répondant à la DIN VDE 0126-1-1,
- qu'après une déconnexion de durée inférieure à 3 s suite au dépassement de la limite inférieure de tension, le générateur « DIN VDE 0126-1-1 » peut se recoupler au réseau après une temporisation de 5 s seulement au lieu des 30 s habituellement exigés (une fois les conditions normales de tension et de fréquence atteintes).

III.7 Tableau de synthèse

Version	Titre	Champ d'application	Variations de tension		Variations de fréquence		Détection d'îlotage		Modification / version précédente
			Plage de fonctionnement	Tps de réaction	Plage de fonctionnement	Tps de réaction	Critère de découplage	Tps de réaction	
11/94	Automatic isolating facility for house-load generators with a rated output ≤ 4.6 kVA and photovoltaic installations ≤ 5 kWp with a single-phase parallel feed by means of an inverter into the public low-voltage mains	Systèmes PV monophasés, de puissance ≤ 4.6 kVA et raccordés au réseau BT par l'intermédiaire d'un onduleur	$85\% \leq V_n \leq 110\%$	0.2 s	$49.8 \leq f \leq 50.2$ Hz au moins entre 70 % et 115 % de V_n	0.2 s	Connexion de l'onduleur ssi $Z_R < 1.25 \Omega$, Déconnexion de l'onduleur quand : <ul style="list-style-type: none"> • $\Delta Z_R \geq 0.5 \Omega$, • $Z_R \geq 1.75 \Omega$, 	5 s	Première version ayant la dénomination DIN VDE 0126
10/97	Automatic disconnecting facility for photovoltaic installations with a nominal output ≤ 4.6 kVA and a single-phase parallel feed by means of an inverter into the public low-voltage mains.								
04/99	Automatic disconnecting facility for photovoltaic installations with a nominal output ≤ 4.6 kVA and a single-phase parallel feed by means of an inverter into the public low-voltage mains.		$80\% \leq V_n \leq 115\%$	0.2 s	$49.8 \leq f \leq 50.2$ Hz au moins entre 70 % et 120 % de V_n	0.2 s	Déconnexion de l'onduleur quand $\Delta Z_R \geq 0.5 \Omega$	5 s	
05/05 puis 02/06	Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid.	Tous générateurs raccordés au réseau BT.	$80\% \leq V_n \leq 115\%$	0.2 s	$47.5 \leq f \leq 50.2$ Hz	0.2 s	Déconnexion de l'onduleur quand $\Delta Z_R \geq 1 \Omega$	5 s	Version 05/05 La DIN VDE 0126 devient la DIN VDE 0126-1-1 Champ d'application étendu à tous les types de générateurs raccordés sur le réseau BT. Prise en compte de la qualité de tension. Plage de fréquence élargie Augmentation de la valeur du saut d'impédance Autres méthodes de détection d'îlotage. Version 02/06 Introduction d'une annexe explicative.
			déclenchement à 110 ou 115 % de V_n suite mesure 10mn	instantané			Test avec circuit oscillant de facteur de qualité $Q \geq 2$	5 s	
							Surveillance triphasée de la tension du réseau où $80\% \leq V_n \leq 115\%$	0.2 s	