

VDE-Anwendungsregel 4105

Bei der VDE-AR-N 4105, umgangssprachlich oft auch als Niederspannungsrichtlinie bezeichnet, handelt es sich um die Neufassung der VDEW-Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ nach grundlegender Überarbeitung durch das Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) im VDE. Sie ist zum 1. August 2011 in Kraft getreten und seit 1. Januar 2012 für alle neuen PV-Anlagen verbindlich.

Die Anforderungen sind denen der Mittelspannungsrichtlinie in vielen Punkten ähnlich: Einerseits geht es um die Spannungshaltung und die Vermeidung von Ausbaumaßnahmen durch Bereitstellung von Blindleistung. Andererseits um eine stufenlose Leistungsabregelung der PV-Anlagen bei steigender Netzfrequenz. Hintergrund: Schon 2009 war die im deutschen Niederspannungsnetz installierte PV-Leistung größer als die europäische Regelreserve, sodass die bislang gültigen Abschaltbedingungen für netzgekoppelte PV-Anlagen im Niederspannungsnetz nicht mehr haltbar waren. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Thema „dreiphasige Einspeisung“, hier werden die Anschlusskriterien und Ziele bezüglich Symmetrie und Schiefast klarer als bisher formuliert.

Hinweis: Die VDE-AR-N 4105 ist auch für Erzeugungsanlagen auf Mittelspannungsebene verbindlich, sofern deren Nennleistung kleiner ist als 100 kVA.

Basisanforderungen

Die Anforderungen der neuen Anwendungsregel sind vielfältig, einige gelten aber nur in bestimmten Anwendungsfällen oder ab einer gewissen Anlagenleistung. Daher zunächst eine Auflistung der Basisanforderungen, deren Erfüllung für jeden Wechselrichter und jede PV-Anlage obligatorisch ist.

1. Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz

Diese Anforderung hat zwar keinen Einfluss auf die Planung der Solaranlage und die Auswirkungen auf ihren Ertrag sind vernachlässigbar. Sie ist aber von enormer Bedeutung für die Netzsicherheit. Das Problem: Nach den bisherigen Anschlussregeln mussten sich PV-Anlagen bei erhöhter Netzfrequenz schlagartig vom Netz trennen. Die gleichzeitige Abschaltung der inzwischen im deutschen Niederspannungsnetz installierten PV-Leistung könnte jedoch die Stabilität des europäischen Verbundnetzes gefährden. Daher sollen sich PV-Anlagen bei erhöhter Netzfrequenz nicht mehr sofort abschalten, sondern ihre Leistung zunächst stufenlos reduzieren. Der zulässige Frequenzbereich wird entsprechend erweitert und reicht nun von 47,5 bis 51,5 Hz. Oberhalb von 50,2 Hz wird die momentane Einspeiseleistung P_M mit einer Kennlinie in Abhängigkeit von der Netzfrequenz reduziert. Erst bei Erreichen von 51,5 Hz soll sich die Anlage vom Netz trennen. Dabei fordert die Niederspannungsrichtlinie ein „Fahren“ auf der Kennlinie. Die prozentuale Abregelung gemäß der Kennlinie geht immer von der Momentanleistung aus, die beim Überschreiten von 50,2 Hz anliegt. Verbessern sich zwischenzeitlich die Einstrahlungsbedingungen, darf der Wechselrichter beim Unterschreiten der Abregelungsgrenze seine Leistung aber nur mit einem definierten Anstieg auf den neuen Maximalwert erhöhen. Die Leistungssteigerung kann dabei mehrere Minuten dauern.

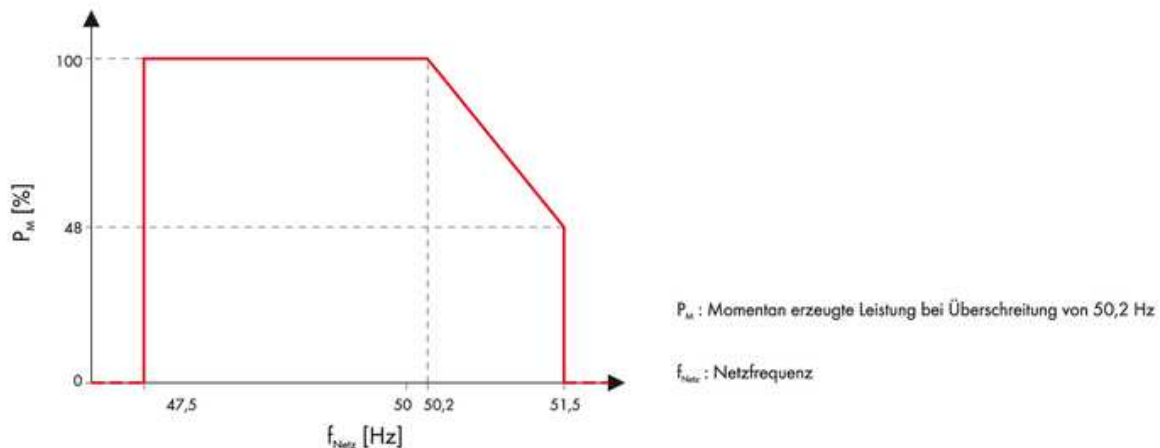


Abb. 1: Ab 50,2 Hz wird begrenzt – Die Frequenz-Wirkleistungs-Regelung der AR 4105

2. Anschlusskriterien und zulässige Schiefllast

In puncto Schiefllast werden die Anschlusskriterien klarer: Künftig gilt eine generelle Grenze von 4,6 kVA pro Phase, die bisher gegebene Möglichkeit, bis zu 110 Prozent dieser Leistung einphasig einzuspeisen, entfällt. Damit ergibt sich eine maximale Anlagenleistung von 13,8 kVA aus einphasigen und ungekoppelten Wechselrichtern (3 x 4,6 kVA). Bei größeren Anlagen muss daher mindestens der über 13,8 kVA hinausgehende Teil der Leistung mit dreiphasigen Geräten ausgelegt werden, wobei auch eine kommunikative Kopplung einphasiger Wechselrichter zulässig ist. Umgekehrt lassen sich auch größere dreiphasige Anlagen mit einphasigen und ungekoppelten Geräten ergänzen, solange deren Summenleistung pro Phase 4,6kVA nicht überschreitet.

3. Neuerungen beim Netz- und Anlagenschutz

Eine weitere Basisanforderung betrifft den Netz- und Anlagenschutz (kurz: NA-Schutz), also die Schutzeinrichtung, die alle relevanten Netzparameter überwacht und die PV-Anlage gegebenenfalls vom Netz trennt. Bei Anlagen mit mehr als 30 kVA Scheinleistung wird nun keine jederzeit zugängliche Freischaltstelle mehr gefordert. Im Gegenzug sind generell eine umfassendere Netzüberwachung (inklusive der Netzfrequenz) sowie Einfehlersicherheit vorgeschrieben. Anlagen mit weniger als 30 kVA Scheinleistung können weiterhin mit einem im Wechselrichter integrierten NA-Schutz betrieben werden. Verfügen alle Wechselrichter über eine eigene Inselnetz-Erkennung mit Netztrennung durch den geräteintegrierten Kuppelschalter, kann im zentralen NA-Schutz auf eine gesonderte Inselnetzerkennung verzichtet werden.

Einstellwerte für den NA-Schutz

Abschaltgrenzen:

Spannungsrückgangsschutz ($U <$)	$< 184 \text{ V}$
Spannungssteigerungsschutz ($U >$)	$> 253 \text{ V}$
Spannungssteigerungsschutz ($U \gg$)	$> 264,5 \text{ V}$
Frequenzrückgangsschutz ($f <$)	$< 47,5 \text{ Hz}$
Frequenzsteigerungsschutz ($f >$)	$> 51,5 \text{ Hz}$

Wiederzuschaltgrenzen:

Spannung größer 195,5 V und kleiner 253 V
Frequenz größer 47,5 Hz und kleiner 50,05 Hz

Zusatzanforderungen

Die folgenden Anforderungen der Anwendungsregel gelten erst ab einer bestimmten Anlagenleistung. Einen Sonderfall bildet Punkt 2, der die Anschlusskriterien und die Vorgaben zur dreiphasigen Einspeisung beschreibt: Wegen der grundsätzlich geänderten Schieflastgrenze und der neuen Herangehensweise wurde das Thema bereits bei den Basisanforderungen aufgeführt. Da die Vorgaben aber auch eine indirekte Leistungsgrenze beinhalten, wird das Thema hier noch einmal erläutert.

1. Bereitstellung von Blindleistung

Mit Hilfe blindleistungsfähiger Wechselrichter können deutlich mehr PV-Anlagen die vorhandene Infrastruktur des Niederspannungsnetzes nutzen. Daher wird Blindleistungsabgabe nun auch auf dieser Spannungsebene gefordert. Hintergrund: Die Einspeisung von Wirkleistung in das eher von ohmscher Charakteristik geprägte Niederspannungsnetz führt grundsätzlich zu einem Anstieg der Spannung am Einspeisepunkt. Bei längeren Netzausläufern kommt hinzu, dass die Spannung schon transformatorseitig höher gestellt werden muss, damit beim Verbraucher noch die untere Spannungsgrenze von 207 Volt eingehalten wird. Soll auf Seiten des Verbrauchers nun Wirkleistung eingespeist werden ohne dass in ähnlicher Größenordnung Leistung aufgenommen wird, kann es zu einer Überschreitung der oberen Spannungsgrenze am Einspeisepunkt kommen. Durch die gleichzeitige Aufnahme induktiver Blindleistung können Wechselrichter die Spannung am Netzanschlusspunkt jedoch senken.

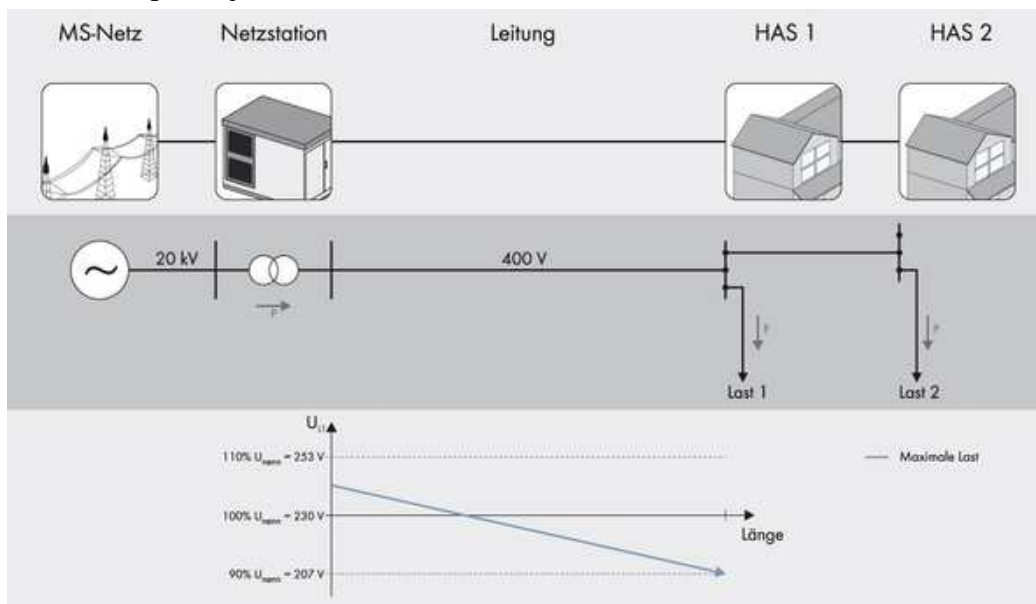


Abb. 2: Zur Einhaltung der Spannungsgrenzen bei maximaler Verbrauchslast muss die Spannung am Trafo oft höhergestellt werden

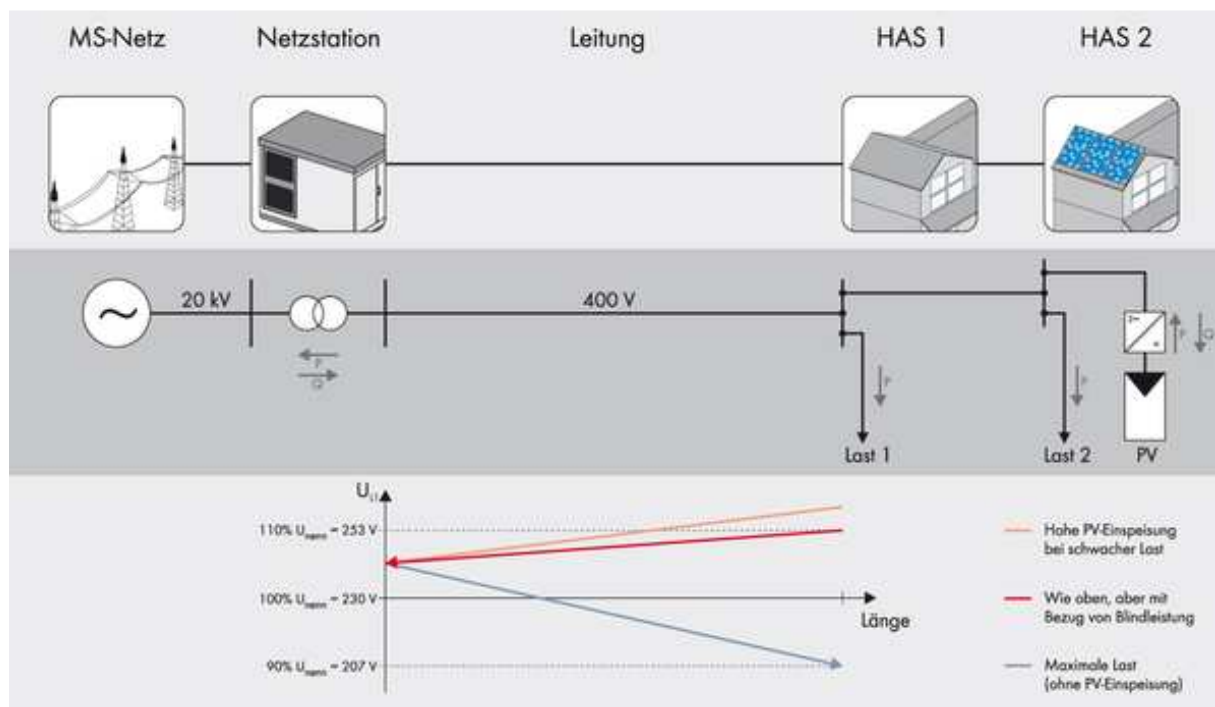


Abb. 3: Die notwendige Spannungsstellung kann zum Überschreiten der Maximalspannung am Einspeisepunkt führen. Die Lösung: induktive Blindleistung

Ab einer Anlagenscheinleistung von 3,68 kVA fordert die Niederspannungsrichtlinie daher die Fähigkeit der Wechselrichter, mit Verschiebungsfaktoren von $0,95_{\text{übererregt}}$ bis $0,95_{\text{untererregt}}$ einzuspeisen. Übersteigt die Anlagenleistung 13,8 kVA, müssen sogar Verschiebungsfaktoren bis 0,90 möglich sein.

Wichtig: Bei der Erweiterung oder Nachrüstung bestehender Anlagen zählt die bereits vorhandene Anlagenleistung mit. Für den neu hinzugefügten Anlagenteil gelten also die Grenzwerte, die nach der neuen Gesamtleistung der Anlage bemessen sind. Im Gegensatz zur Mittelspannungsrichtlinie verzichtet die Niederspannungsrichtlinie jedoch auf die Anforderung der ferngesteuerten, variablen $\cos(\phi)$ -Vorgabe.

Der jeweilige Sollwert ist entweder fest vorgegeben oder ergibt sich in Abhängigkeit von der momentan abgegebenen Wirkleistung gemäß einer standardisierten Kennlinie: Bis zu einer Wirkleistung in Höhe seiner halben Nennleistung muss der jeweilige Wechselrichter ohne Phasenverschiebung einspeisen. Danach ist sie stetig zu erhöhen, bis er bei voller Nennleistung mit dem für die jeweilige Anlage gültigen, maximalen Verschiebungsfaktor (untererregt) arbeitet. Diese Standard-Kennlinie soll bereits im Auslieferungszustand der Geräte eingestellt sein, der Netzbetreiber kann sie jedoch nach seinen Bedürfnissen anpassen.

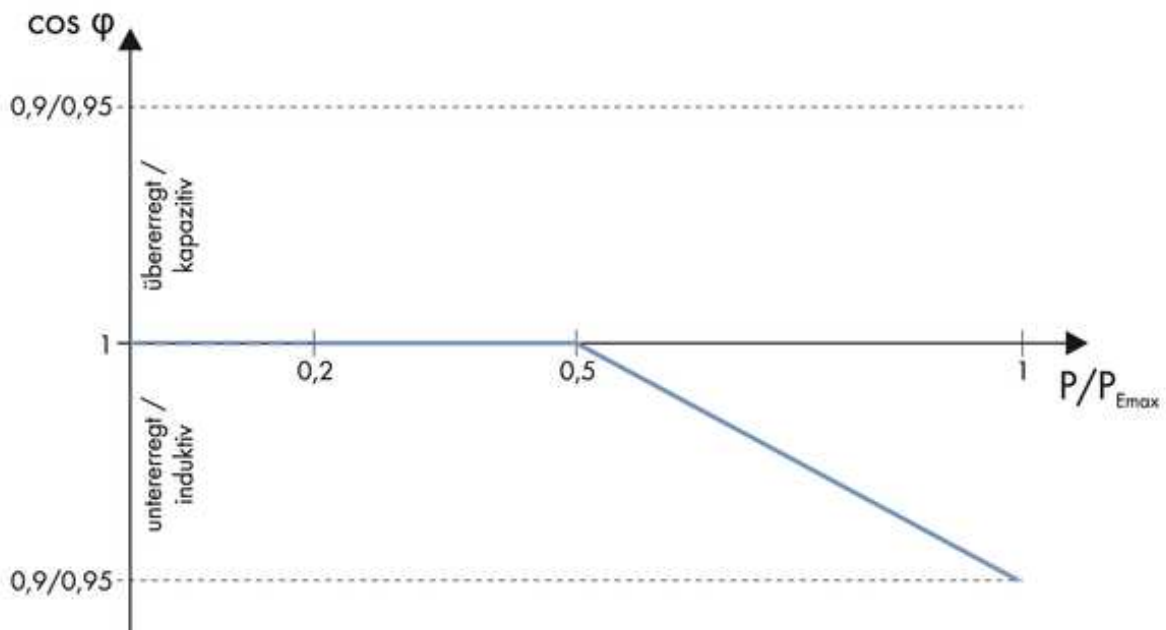


Abb. 4: Ab Werk voreingestellte Blindleistungskennlinie gemäß AR 4105

2. Dreiphasige Einspeisung

Ziel der neuen Anwendungsregel ist eine aktive Spannungssymmetrierung im Niederspannungsnetz, weswegen größere Anlagen möglichst leistungssymmetrisch einspeisen sollen. Es gibt aber keine besonderen Vorschriften für den Fall, dass die Anlagenleistung 13,8 kVA übersteigt – die Schiefastgrenze von 4,6 kVA pro Phase gilt unabhängig von der Leistung und auch im Fehlerfall. Gemäß dieser Grenze muss jedoch mindestens der Teil der Anlagenleistung, der 13,8 kVA übersteigt, dreiphasig ins Netz gespeist werden. Neben dem Einsatz dreiphasiger Wechselrichter besteht eine weitere Lösung in der kommunikativen Kopplung einphasiger Wechselrichter zu dreiphasigen Einspeiseeinheiten, wie Sie z.B. SMA mit dem Power Balancer für die Sunny Mini Central-Baureihe anbietet. Hier werden beim Ausfall eines Gerätes die jeweils anderen ebenfalls gestoppt, sodass auch im Fehlerfall keine relevante Schiefast entsteht.

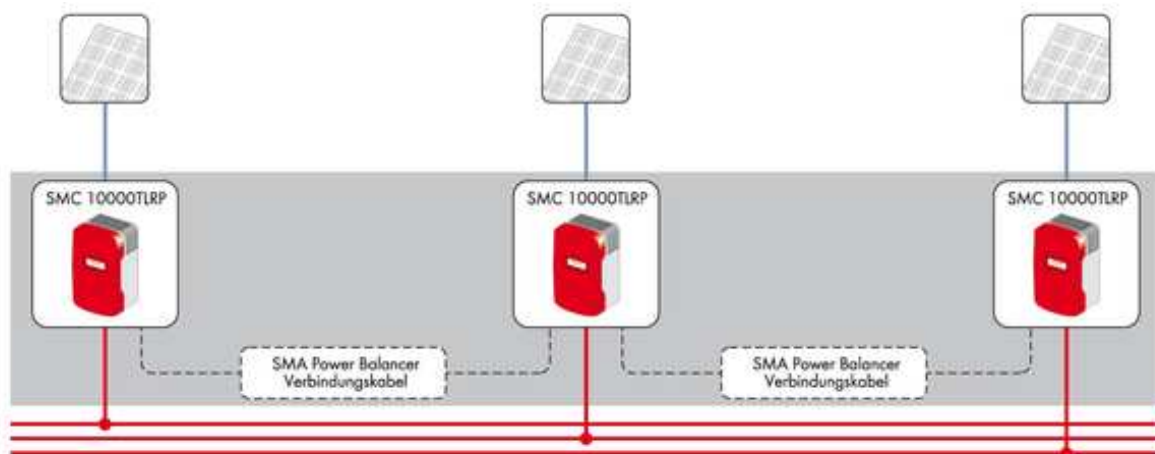


Abb. 5: Die kommunikative Kopplung einphasiger Wechselrichter der Baureihe Sunny Mini Central ist weiterhin zulässig

3. Ferngesteuerte Leistungsbegrenzung

Künftig soll der Verteilnetzbetreiber auch im Niederspannungsnetz in der Lage sein, die Leistung von PV-Anlagen ferngesteuert in definierten Stufen von P_{nenn} zu begrenzen. Denkbare Gründe für eine Leistungsbegrenzung sind unter anderem der Betrieb von Netzersatzanlagen, die kurzfristige Überlastung des übergeordneten Mittelspannungs- oder Transportnetzes oder ein systemgefährdender Frequenzanstieg. Die Anforderung gilt für alle Anlagen mit mehr als 100kVA Leistung und ist ansonsten vergleichbar mit der in der Mittelspannungsrichtlinie. In der Regel sendet der Netzbetreiber ein Rundsteuersignal, das entsprechend verarbeitet und in eine Begrenzung der eingespeisten Wirkleistung (typischerweise 60, 30 oder null Prozent der Bemessungsleistung) umgesetzt werden muss. Die jeweils geforderte Begrenzung muss innerhalb von 60 Sekunden von den Wechselrichtern realisiert werden.

Hinweis:

Nach §6 EEG 2012 gilt das Einspeisemanagement ab dem 1. Januar 2012 auch für Anlagen zwischen 0 und 100 kWp Nennleistung. Näheres auf der Seite zum EEG 2012.