



Kurzschluss-Ströme **Informationen zu Kurzschluss-Strömen bei SMA** **Wechselrichtern**

Sunny Tripower, Sunny Highpower, Sunny Tripower Storage

1 Inhalt des Dokuments

Bei Spannungseinbrüchen, insbesondere bei kompletten Netzausfällen, können alle netzgekoppelten PV- und Batterie-Wechselrichter Ströme erzeugen, die über dem maximalen Strom unter Normalbetriebsbedingungen liegen. Solche Ströme sind für die korrekte Abmessung der Verdrahtung und der Schutzeinrichtungen sowohl auf Anlagen- als auch auf Netzebene von Bedeutung.

Netzbetreiber fordern die Hersteller von PV- und Batterie-Wechselrichtern häufig auf, Höchstwerte für Kurzschluss-Ströme anzugeben. In anderen Fällen werden Hersteller gebeten, charakteristische Werte, wie z. B. I_k'' und i_p , oder weitere elektrische Größen zu bestimmten Zeitpunkten eines Netzausfalls anzugeben.

Diese technische Information

- stellt charakteristische Werte für die Kurzschluss-Ströme einzelner PV- und Batterie-Wechselrichter von SMA bereit, die sich aus der Prüfung nach internationalen Normen ergeben.
- liefert Angaben zu dem Unterschied zwischen dem Kurzschluss-Strom-Beitrag eines herkömmlichen Stromgenerators und eines PV- oder Batterie-Wechselrichters.

2 Reaktion auf Spannungseinbrüche

PV- und Batterie-Wechselrichter sind hinsichtlich ihres Verhaltens bei Spannungseinbrüchen nicht mit herkömmlichen Stromgeneratoren gleichzusetzen.

Ein Vergleich mit der idealen Reaktion auf Spannungseinbrüche bei elektrischen Generatoren ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

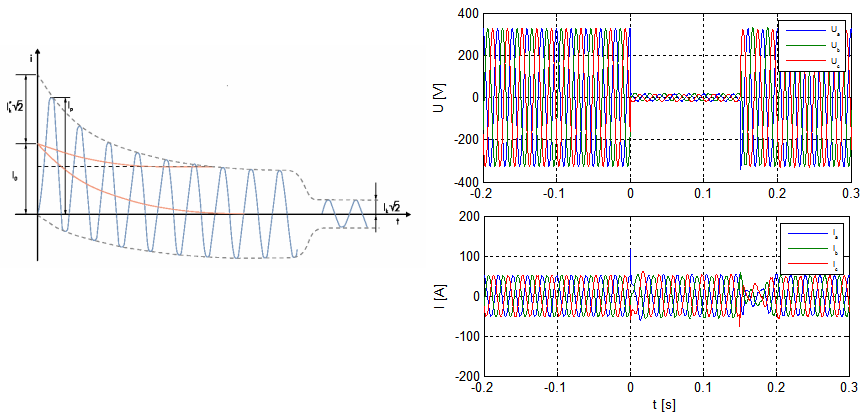


Abbildung 1: Ideale Reaktion auf Spannungseinbrüche (engl. "Fault Ride-Through" (FRT)) eines elektrischen Generators (links) und reale Reaktion auf Spannungseinbrüche eines Wechselrichters in der Betriebsart FRT „full“ (rechts).

Wie in der obigen Abbildung zu sehen ist, führt der Spannungseinbruch zu einer sofortigen Reaktion des Wechselrichters mit einer Stromspitze von kurzer Dauer, die durch dessen Netzfilter verursacht wird. Danach begrenzt der Wechselrichter den Strom so schnell wie möglich auf seinen Nennstrom, um eine thermische Überlastung der Leistungselektronik zu verhindern.

Ein solches Verhalten ist nicht mit dem idealen Verhalten eines elektrischen Generators vergleichbar. Stattdessen lässt sich dieses Verhalten mittels eines statischen und zwei dynamischen Zeitabschnitten charakterisieren, wie in der folgenden Abbildung dargestellt:

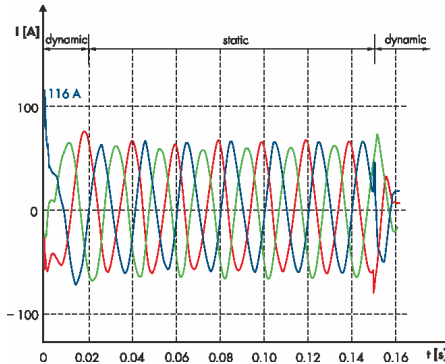


Abbildung 2: Zeitliche Verteilung der Reaktion auf Spannungseinbrüche (PV)

Die dynamischen Zeitabschnitte im Bereich von $t = 0$ s bis $t = 0,03$ s und ab $t = 0,15$ s enthalten sowohl die Höchst- als auch die Mindestwerte des Stroms während einer kurzen Zeitspanne, während im statischen Teil der Strom innerhalb eines bestimmten tolerierbaren Bereichs bleibt.

Nahezu jede Reaktion eines Wechselrichters auf verschiedene Verläufe von Spannungseinbrüchen kann durch aufeinanderfolgende dynamische und statische Zeitabschnitte beschrieben werden.

Dieser Ansatz ähnelt dem Prozess der Modellvalidierung bei der Zertifizierung nach der TR4-Richtlinie.

3 Betriebsarten bei Spannungseinbrüchen

3.1 Informationen zu den Betriebsarten

Der Kurzschluss-Strom-Beitrag bei einem Spannungseinbruch hängt wesentlich von der Betriebsart des Wechselrichters ab. Die folgenden Betriebsarten können auftreten und beeinflussen den ununterbrochenen Kurzschluss-Strom I_k .

Beachten Sie, dass beide Betriebsarten gleichermaßen auch für das Durchfahren von Überspannungseignissen ("High-Voltage Ride-Through", HVRT) verfügbar sind.

3.2 Betriebsart Fault Ride-Through "full"

FRT „full“ bedeutet Fault Ride-Through einschließlich Spannungsstützung durch Blindstromeinspeisung. Der Wechselrichter bleibt mit dem Stromnetz verbunden und speist Blindstrom nach einer parametrierbaren Kennlinie ein. Der resultierende Kurzschluss-Strom I_k ist abhängig von der Restspannung und der Vorfehler-Blindstromeinspeisung.

Die folgende Tabelle zeigt die Maximalwerte, die mit den Werten für den Kurzschluss-Stoßstrom i_p , dem anfänglichen symmetrischen Kurzschluss-Strom I_k'' und dem ununterbrochenen Kurzschluss-Strom I_k von konventionellen Generatoren vergleichbar sind.

i_p	I_k''	I_k
bis zu $5 \times i_{max}$	bis zu $1,4 \times i_{max}$	$1 \times i_{max}$

Beachten Sie, dass der Wert für i_p als Amplitude angegeben ist, während die Werte für I_k'' und I_k als Effektivwerte ("Root-Mean-Square", RMS) angegeben sind.

Den genauen Wert für den jeweils gewählten SMA Wechselrichter finden Sie in der nachfolgenden Tabelle Kurzschluss-Strom-Beitrag einzelner SMA Wechselrichter.

Der Kurzschluss-Stoßstrom i_p ist eine Stromspitze mit einer Dauer von max. 40 μ s ohne nennenswerte Fläche unter der Stromkennlinie. Er liefert somit viel weniger Energie als ein herkömmlicher Generator.

Der anfängliche symmetrische Kurzschluss-Strom I_k'' steht nicht länger als 50 ms an.

Der Wert für den ununterbrochenen Kurzschluss-Strom I_k wird spätestens nach 50 ms erreicht und während der gesamten Dauer des Spannungseinbruchs aufrechterhalten.

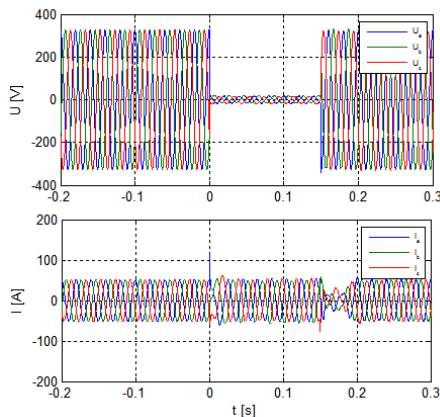


Abbildung 3: Tatsächliche Reaktion des PV-Wechselrichters STP 25000TL-30 auf einen Spannungseinbruch auf 5 % V_n in der Betriebsart FRT „full“.

3.3 Betriebsart Fault Ride-Through "partial"

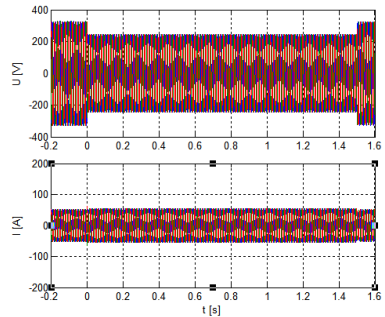
FRT „partial“ bedeutet ein Fault Ride-Through ohne Stromzufuhr während des Einbruchs.

Der Wechselrichter stellt die Stromeinspeisung ein (sowohl Wirk- als auch Blindstrom), sobald die Netzspannung unter einen bestimmten Grenzwert fällt.

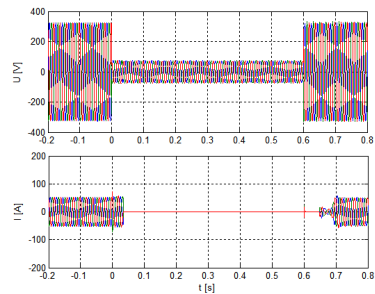
Der Wechselrichter schaltet sich jedoch nicht ab. Er bleibt betriebsbereit und speist unmittelbar nach der Fehlerbehebung wieder Strom ein.

Je nach Tiefe des Spannungseinbruchs können zwei Fälle während des Spannungseinbruchs unterschieden werden, wenn die Betriebsart des Wechselrichters auf FRT „partial“ eingestellt ist:

1. Liegt die Spannung über dem FRT-Grenzwert, überbrückt der Wechselrichter solche Einbrüche, solange der maximale Strom nicht erreicht wird. Die Abbildung rechts zeigt die tatsächliche Reaktion eines PV-Wechselrichters auf einen Spannungseinbruch auf 75 % V_n mit einem auf 70 % V_n eingestellten FRT-Grenzwert.



2. Wird der Spannungsgrenzwert erreicht, stoppt der Wechselrichter sofort die Stromeinspeisung. Der I_k -Wert ist dann Null. Da der Strom des Netzfilters nicht vom Wechselrichter geregelt werden kann, kann ein i_p -Wert gemäß der nachfolgenden Tabelle Kurzschluss-Strom-Beitrag einzelner SMA Wechselrichter auftreten. Bitte beachten Sie, dass im Netzfilter keine nennenswerte Energie gespeichert ist. Die Abbildung rechts zeigt die tatsächliche Reaktion eines PV-Wechselrichters auf einen Spannungseinbruch auf 30 % V_n mit einem auf 70 % V_n eingestellten FRT-Grenzwert.



SMA Wechselrichter der Sunny Tripower-, Sunny Tripower Storage- und Sunny Highpower-Familie können in beiden genannten Betriebsarten, einschließlich Spannungsüberhöhungen (HVRT), arbeiten.

SMA Wechselrichter der Sunny Boy-Familie können nur in der Betriebsart FRT "partial" arbeiten.

4 Kurzschluss-Strom-Beitrag einzelner SMA Wechselrichter

Auf internationaler Ebene beschreibt die Norm IEC 61400-21 Prüfverfahren für Windparks, die problemlos auf PV-Wechselrichter angewendet werden können. In einigen Ländern wie Deutschland (TR3, Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen Teil 3, FGW e.V.) und Italien (CEI 0-21 und CEI 0-16) gibt es spezifische Standardanforderungen für die Prüfung der Fähigkeit, Netzspannungseinbrüche "zu durchfahren".

Die Momentanwerte von Wechselströmen und Wechselspannungen werden synchron mit 50 kHz (20 μ s) aufgezeichnet. Grundfrequenzen des Mitsystems, die auf der Messung der Momentanspannungen und -ströme basieren, werden gemäß IEC 61400-21 berechnet. Alle Ergebnisse werden als Halbperioden-Effektivwerte gemessen.

Die folgende Tabelle zeigt die Testergebnisse für folgende SMA PV- und Batterie-Wechselrichter vom Typ Sunny Tripower, Sunny Highpower und Sunny Tripower Storage:

Wechselrichter-Typ	Kurzschluss-Stoßstrom i_p (A)	Symmetrischer Anfangs-Kurzschluss-Strom I_k'' (A)	Ununterbrochener Kurzschluss-Strom I_k (A)		Maximaler Strom I_{max} (A)
			FRT "full"	FRT "partial"	
Sunny Highpower					
SHP 75-10	301.20	128.40	111.3	0	109.0
SHP 100-20 / SHP100-21	318.67	166.39	151.0	0	144.3
SHP 125-US-20 / SHP125-US-21	324.16	173.72	151.0	0	150.4
SHP 150-20 / SHP 150-US-20 / SHP150-21 / SHP150-US-21	318.28	170.34	151.0	0	144.3
SHP165-US-21	329.75	175.56	151	0	151
SHP172-21 / SHP172-US-21	328.66	174.97	151	0	150.5
SHP180-21	328.88	175.09	151	0	150.6
Sunny Island					
SI30-20	151.1	61.0	45.6	0	45.6
SI50-20	179.6	90.2	75.5	0	75.5
SI27-US208-20	161.9	92.7	75.5	0	75.5
SI60-US480-20	190.0	95.4	75.5	0	75.5

Wechselrichter-Typ	Kurzschluss-Stoßstrom i_p (A)	Symmetrischer Anfangs-Kurzschluss-Strom i_k'' (A)	Ununterbrochener Kurzschluss-Strom I_k (A)		Maximaler Strom I_{max} (A)
			FRT "full"	FRT "partial"	
Sunny Tripower					
STP3.0-3AV-40	46.37	7.55	4.6	0	4.6
STP4.0-3AV-40	46.91	9.06	6.1	0	6.1
STP5.0-3AV-40	46.53	10.41	7.6	0	7.6
STP6.0-3AV-40	46.46	11.47	9.1	0	9.1
STP8.0-3AV-40	65.47	11.90	11.6	0	11.6
STP10.0-3AV-40	82.87	14.83	14.5	0	14.5
STP 15000TL-30	84.29	30.45	29	0	21.7
STP 20000TL-30	98.58	31.07	29	0	29
STP 25000TL-30	116.37	40.06	36.2	0	36.2
STP 50-40 / STP 50-41	185.56	85.91	72.5	0	72.5
STP 50-US-40	154.69	75.02	64.0	0	60.2
STP 33-US-41	144.61	48.95	40.0	0	39.7
STP 50-US-41	170.17	74.21	64.0	0	60.2
STP 62-US-41	193.47	89.54	79.95	0	75.3
STP 12-50	106.84	38.3	36.6	0	36.6
STP 15-50	101.42	42.53	36.6	0	36.6
STP 20-50	95.68	43.06	36.6	0	36.6
STP 25-50	100.01	42.73	36.6	0	36.6
STP 20US-50	110.85	35.66	24	0	24

Wechselrichter-Typ	Kurzschluss-Stoßstrom i_p (A)	Symmetrischer Anfangs-Kurzschluss-Strom I_k'' (A)	Ununterbrochener Kurzschluss-Strom I_k (A)		Maximaler Strom I_{max} (A)
			FRT "full"	FRT "partial"	
STP 25US-50	110.85	39.2	30	0	30
STP 30US-50	110.85	40.92	36	0	36
STP 110-60	300.00	175.00	158.8	0	158.8
STP 125-70	328.81	192.22	181.1	0	181.1
Sunny Tripower Storage					
STPS30-20	151.1	61.0	45.6	0	45.6
STPS50-20	179.6	90.2	75.5	0	75.5

Beachten Sie, dass die i_p -Werte als Amplitude angegeben wird, während die Werte für I_k'' und I_k Effektivwerte sind.

Die Werte für I_k'' und i_p wurden im Rahmen der Zertifizierung (TR3, CEI 0-16) von einem akkreditierten Prüfinstitut gemessen und sind vergleichbar mit den in DIN EN 60909 definierten Kennwerten. Diese Werte stellen die Maximalwerte aller Prüfungen dar.



www.SMA-Solar.com

