



Ertragsauswirkungen bei Überdimensionierung des Modulfeldstroms

Whitepaper

© Fronius International GmbH

Version 01 08/2023

Business Unit Solarenergie

Fronius behält sich alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vor. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung von Fronius reproduziert oder unter Verwendung elektrischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Es wird darauf hingewiesen, dass alle Angaben in diesem Dokument trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Autors oder von Fronius ausgeschlossen ist.

Inhaltsübersicht

1	Einführung	5
1.1	Überdimensionierung des Stroms des PV-Generators	5
2	Wann kommt es zu zusätzlichen Ertragseinbußen?	5
3	Wie hoch sind die Verluste?	7
4	Erinnerung	8

1 Einführung

Alle Fronius-Wechselrichter bieten dank ihrer flexiblen Auslegung die Möglichkeit, die maximale Leistung des PV-Generators auf mindestens 150% überzudimensionieren. Die Grenze der Überdimensionierung ist immer im Datenblatt angegeben, wie das Beispiel unten zeigt.

		Symo GEN24 Plus								
		6.0			8.0			10.0		
Max. PV generator output	W _{peak}	MPPT1	MPPT2	Total	MPPT1	MPPT2	Total	MPPT1	MPPT2	Total
		7,500	6,500	9,000	10,000	7,000	12,000	12,500	7,500	15,000

Abbildung 1: Auszug aus dem Datenblatt Fronius Symo GEN24 Plus

Von Überdimensionierung spricht man, wenn der PV-Generator eine höhere Maximalleistung hat als der Wechselrichter. Ein Grund für die Überdimensionierung einer Anlage ist die Tatsache, dass die theoretische Maximalleistung der PV-Module in der Realität oft nicht erreicht wird.

1.1 Überdimensionierung des Stroms des PV-Generators

In der Praxis kann es vorkommen, dass der MPP-Strom eines PV-Generators ($I_{mpp,pv-array}$) die maximale Eingangsstromkapazität des Wechselrichters oder jedes MPPT-Trackers ($I_{dc,max}$) übersteigt. Dies wird als "Stromüberdimensionierung" bezeichnet, die auftritt, wenn der I_{mpp} des PV-Generators den $I_{dc,max}$ des Wechselrichters übersteigt.

Das Konzept der Stromüberdimensionierung ist ähnlich wie das der Leistungsüberdimensionierung. Wenn der PV-Generator in Bezug auf die Leistung überdimensioniert ist, wird die daraus resultierende Begrenzung durch die Anpassung des Arbeitspunkts gesteuert, was zu einer höheren Spannung und einem niedrigeren Strom führt. Ähnlich verhält es sich bei einer Stromüberdimensionierung: Wenn der von der Anlage erzeugte Strom ($I_{mpp,pv-array}$) über die maximale Eingangsstromkapazität des Wechselrichters ($I_{dc,max}$) hinaus ansteigt, wird der DC Strom auf den maximalen Eingangstrom des Wechselrichters ($I_{dc,max}$) begrenzt, und folglich wird der Arbeitspunkt auf eine höhere Spannung verschoben.

In einem Fall, in dem sowohl eine Überdimensionierung des PV-Generators als auch eine Überdimensionierung des Stroms vorliegt, wurde der Arbeitspunkt aufgrund der Leistungsbegrenzung bereits auf eine höhere Spannung verschoben. Daher ist eine weitere Verschiebung möglicherweise nicht erforderlich, da der Strom (aufgrund der Leistungsbegrenzung) bereits reduziert ist, was zu keinen zusätzlichen Ertragsverlusten führt.

Die wichtigste Erkenntnis ist, dass bei begrenzter Leistung auch der Strom begrenzt ist. Wenn der Strom bereits überdimensioniert ist, kann sein Einfluss vernachlässigbar werden.

Fronius-Wechselrichter zeigen eine hohe Belastbarkeit bei der Bewältigung hoher Leistungs- und MPP-Ströme des PV-Generators.

2 Wann wird es zu weiteren Ertragseinbußen kommen?

Nehmen wir als Beispiel einen Symo GEN24 10.0 Plus Wechselrichter, bei dem der PV-Generator mit zusätzlichen 30% überdimensioniert ist, so dass das Wechselrichterverhältnis (IR) = 130% ist. Dieser Wechselrichter hat $I_{dc,max} = 25/12,5A$, jeweils an jedem MPPT. In diesem Beispiel haben die PV-Module $I_{mpp,stc} = 13A$. Zwei Strings sind an den Wechselrichter angeschlossen: ein String an MPPT1 und ein String

an MPPT2. Es ist zu erkennen, dass bei MPPT2 $I_{mpp, stc} (13A) > I_{dc, max} (12,5A)$ ist, was bedeutet, dass aufgrund der Stromüberdimensionierung zusätzliche Verluste auftreten können.

Das Stromüberdimensionierungsverhältnis (SR) $\rightarrow SR_I = \frac{I_{mpp, stc}}{I_{dc, max}} = \frac{13A}{12.5A} * 100\% = 104\%$. Was die Überdimensionierung der Leistung und des Stroms betrifft, hat Fronius zusätzliche Analysen durchgeführt, um festzustellen, wie sich dies auf die Leistung unserer Wechselrichter auswirkt. Wir haben auch analysiert, wie sich die PV-Anlagen im Sommer verhalten, wenn es höhere Temperaturen gibt, die zu einem Spannungsabfall und einer höheren Einstrahlung führen, was bedeutet, dass der volle Strom fließen kann ($I_{mpp, stc}$). Wir haben einen Δ -Puffer = 15 % definiert. Das bedeutet $\rightarrow SR_{I-THRESHOLD} = IR - \Delta = 130\% - 15\% = 115\%$. Solange der SR_I niedriger ist als $SR_{I-THRESHOLD}$ ist, gibt es keine zusätzlichen Ertragsverluste aufgrund von Stromüberdimensionierung. Wenn die SR_I höher als die IR_{Δ} ist, kann es zu zusätzlichen Ertragsverlusten kommen.

	$SR_{I-THRESHOLD} < SR_I < SR_{I-THRESHOLD}$
Zusätzliche Ertragseinbußen	$yes < SR_I < no$

PV module

Manufacturer: JinkoSolar Holding Co. Ltd.

Model: JKM415M-54HL4-B

Number of PV Modules (1/2/3): 0, 0, 0

Module temperature (min. - max. / °C): -10 °C, 70 °C

Add power gain (%): 0

Inverter

Country: cc.Austria

Series: All inverters

Type: Symo GEN24 10.0 Plus

Inverter ratio (min. - max. / %): 80 %, 200 %

General

Project name: New Project

Storage: Without

Annual power consumption (kWh): 4000 kWh

Load profile: Employed

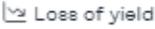
$$SR_I = \frac{13.03}{12.5} * 100\% = 104.24\%$$

Sizing options: <- To the left | To the right -> Legend

	25	26	27	28	29	30	31	32
Power	10.38 kWp IR=104%	10.79 kWp IR=108%	11.21 kWp IR=112%	11.62 kWp IR=116%	12.04 kWp IR=120%	12.45 kWp IR=125%	12.87 kWp IR=129%	13.28 kWp IR=133%
Losses	SL=35% OCL=13%	SL=35% OCL=13%	SL=35% OCL=12%	SL=35% OCL=12%	SL=35% OCL=12%	SL=35% OCL=11%	SL=35% OCL=11%	SL=35% OCL=11%
Energy	7.68 kWh SL=71% OCL=27%	7.68 kWh SL=71% OCL=26%	7.68 kWh SL=71% OCL=25%	7.68 kWh SL=71% OCL=24%	7.68 kWh SL=71% OCL=24%	7.68 kWh SL=71% OCL=23%	7.68 kWh SL=71% OCL=22%	7.68 kWh SL=71% OCL=21%
Configuration	PV1: 1 x 22 PV2: 1 x 3	PV1: 1 x 23 PV2: 1 x 3	PV1: 1 x 23 PV2: 1 x 4	PV1: 1 x 23 PV2: 1 x 5	PV1: 1 x 23 PV2: 1 x 6	PV1: 1 x 23 PV2: 1 x 7	PV1: 1 x 23 PV2: 1 x 8	PV1: 1 x 23 PV2: 1 x 9
Configuration	PV1: 1 x 21 PV2: 1 x 4	PV1: 1 x 22 PV2: 1 x 4	PV1: 1 x 22 PV2: 1 x 5	PV1: 1 x 22 PV2: 1 x 6	PV1: 1 x 22 PV2: 1 x 7	PV1: 1 x 22 PV2: 1 x 8	PV1: 1 x 22 PV2: 1 x 9	PV1: 1 x 21 PV2: 1 x 11

Auswirkungen auf den Ertrag bei Überdimensionierung des Modulfeldstroms

Abbildung 2: Beispiel von Solar.creator und Signalisierung, wo es zusätzliche Ertragsverluste gibt.

Abbildung 2 zeigt ein Beispiel aus dem Solar.creator mit dem rot eingekreisten Vorzeichen für Mehrertragsverluste → . Dieses Zeichen zeigt an, bei welcher Anlage und bei welchem MPPT geringfügige Mehrertragsverluste auftreten können.

3 Wie hoch sind die Verluste?

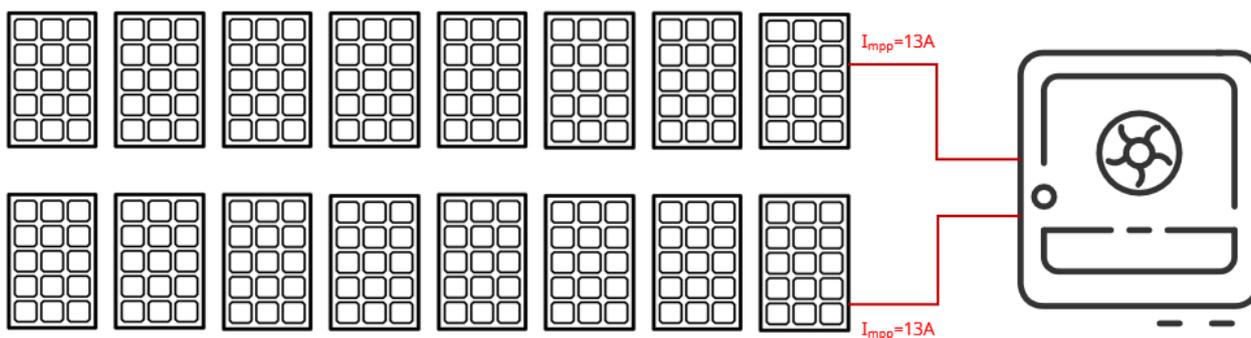


Abbildung 3: Beispiel für den Anschluss des Symo GEN24 10.0 Plus an Module mit höherem I_{mpp} .

Abbildung 3 zeigt ein Beispiel eines Symo GEN24 10.0 Plus, der mit 2 Strings mit jeweils $I_{mpp} = 13A$ verbunden ist. Ein String ist an MPPT1 angeschlossen, der $I_{dc,max} = 25A$ hat, und der andere String ist an MPPT2 angeschlossen, der $I_{dc,max} = 12,5A$ hat. In diesem Fall ist der PV-Generatorstrom an MPPT2 um 4% des maximalen Eingangsstroms des Wechselrichters ($I_{dc,max} = 12,5 A$) überdimensioniert und die $SR_i = 104\%$.

Aber selbst an einem sehr sonnigen Standort mit idealen Wetterbedingungen **reduziert** dieses Design **den Jahresertrag um weniger als 0,2 %**. (Bitte lesen Sie das Whitepaper "Wirtschaftliche Anlagenauslegung mit Fronius GEN24 Plus und Hochstrom-PV-Modulen^[1]" auf unserer offiziellen Website, wo Sie die Analyse des Jahresertrags finden).

Dieses Beispiel bezieht sich auf ein System ohne Leistungsüberdimensionierung. Bei einer Leistungsüberdimensionierung $IR \geq SR_i + \Delta \geq 104\% + 15\% \geq 119\%$ gibt es möglicherweise nicht einmal diese 0,2% zusätzlichen Ertragsverluste aufgrund der Stromüberdimensionierung.

In der Realität schwankt die Gesamtleistung eines PV-Generators im Laufe des Tages mit unterschiedlicher Einstrahlung, Temperatur und anderen Faktoren wie Sonnenstand, Jahreszeit und Dachausrichtung. Eine direkte Einstrahlung auf den PV-Generator von mehr als $900 W/m^2$ kommt relativ selten vor; dementsprechend wird der maximale Eingangsstrom des Wechselrichters ($I_{dc,max}$) kaum je überschritten. Selbst bei PV-Anlagen mit überdimensionierten Arrays kommt dies nur in sehr seltenen Fällen vor.

4 Erinnerung

$I_{sc\ pv}$ ist der maximale Kurzschlussstrom (I_{sc} bei STC) und ist ein wichtiger Strom, der für die Auslegung des maximalen Strang-Stroms verwendet wird. Gemäß IEC 60364-7-712 ist $I_{sc\ pv} = I_{sc\ max} \geq I_{sc} (STC) \times 1,25$. Der I_{sc} des PV-Generators darf den Wert ($I_{sc\ pv}$) des MPPT des Wechselrichters nicht überschreiten. Der maximale Kurzschlussstrom ist immer in unserem Datenblatt für jeden MPPT angegeben.

		Symo GEN24 Plus					
		6.0		8.0		10.0	
		MPPT1	MPPT2	MPPT1	MPPT2	MPPT1	MPPT2
Max. array short circuit current ($I_{sc\ pv}$) ¹	A	40	20	40	20	40	20

¹ $I_{sc\ pv} = I_{sc\ max} \geq I_{sc} (STC) \times 1,25$ according to e.g. IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021.

Abbildung 4: Auszug aus dem Datenblatt Fronius Symo GEN24 Plus

¹https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Whitepaper/SE_WP_GEN24_und_Hochstrom-Module_DE.pdf