

Neue Tests an PV-Wechselrichtern

Gesamtübersicht über Testergebnisse und gemessene totale Wirkungsgrade

Im letzten Jahr wurde in mehreren Beiträgen die neue Grösse „totaler Wirkungsgrad“ vorgestellt, die eine viel bessere Charakterisierung des Betriebsverhaltens von Solarwechselrichtern für Netzverbundanlagen erlaubt. Dieser totale Wirkungsgrad η_{tot} ist das Produkt aus dem DC-AC-Umwandlungs-Wirkungsgrad η und dem statischen MPP-Tracking-Wirkungsgrad η_{MPPT} .

Neben den damals als Beispiele verwendeten Wechselrichtern sind inzwischen viele weitere Geräte eingehend getestet worden. Die Testergebnisse geben Aufschluss über das Betriebsverhalten der Wechselrichter, wobei Umwandlungswirkungsgrade, Trackingwirkungsgrade, dynamisches Verhalten sowie Strom-Harmonische, EMV-Verhalten, Rundsteuerempfindlichkeit, Frequenz- und Spannungsüberwachung und Selbsttaufest zum Vergleich stehen. Der Totale Wirkungsgrad als Produkt von Umwandlungswirkungsgrad und Trackingwirkungsgrad gibt Aufschluss über die Fähigkeit der Wechselrichter, die angebotene PV-Leistung optimal umzusetzen.

Übersicht über die wichtigsten Testergebnisse

WR-Typ	Testjahr	S_N [kVA]	Transformator	MPP-Spannung [V]	η_{EU} [%]	$\eta_{MPPT, EU}$ [%]	$\eta_{tot, EU}$ [%]	Dyn. MPPT-Verhalten	Strom-Harm. (0.1-2kHz)	EMV AC	EMV DC	RSS-Empf.	Frequenz-Überwachung	Spannungs-Überwachung	Selbsttaufest
Sunways NT4000	04	3.3	TL	400	95.4	99.5	94.9	+	+	0	+	++	-	++	++
				480	94.9	99.0	94.0								
Fronius IG30	04	2.5	HF	170	91.0	99.8	90.8	0	++	+	+ ⁴⁾	+	++	+	+
				280	92.1	99.7	91.8								
Fronius IG40	04	3.5	HF	170	91.1	99.9	91.1	-	++	++	+ ⁴⁾	+	++	+	+
				280	92.5	99.6	92.2								
Sputnik SM2000E	05	1.8	TL	180	92.4	99.9	92.3	0	++	0 ¹⁾	+ ⁴⁾	++	++	++	+
				300	93.4	99.7	93.1								
Sputnik SM3000E	05	2.5	TL	250	93.5	99.5	93.0	0	+	0 ¹⁾	++	++	++	++	+
				330	94.0	99.4	93.4								
Sputnik SM6000E	05	5.1	TL	250	94.3	99.8	94.1	0	-	0 ¹⁾	++	+ ³⁾	++	++	++
				330	94.8	99.9	94.6								
Sputnik SM6000C *	05	4.6	TL	250	94.3	99.9	94.2	0	+	0 ¹⁾	++	+	++	+	+
				330	94.8	99.9	94.7								
ASP TC Spark	05	1.4	NF	160	90.0	99.7	89.8	+	++	0 ¹⁾	++	0	+	+	0 ⁵⁾
				190	90.4	99.8	90.3								
SMA SMC6000	05	5.5	NF	280	94.7	99.6	94.3	0	++	++	++	+	++	++	+ ²⁾
				350	94.1	99.6	93.8								
Sputnik SM25C	05	25	NF	490	93.1	99.6	92.7	0	++	0 ¹⁾	+ ⁶⁾	++	+ ⁷⁾	++	+ ⁸⁾
				560	93.1	99.5	92.6								
SMA SB3800 *	06	3.8	NF	200	94.8	99.8	94.6	0	++	++	++	++	++	++	+ ⁹⁾
				280	94.2	99.9	94.1								
				350	93.6	99.9	93.4								
				420	93.7	99.7	93.4								

- ++ sehr gut
 - + gut
 - 0 genügend
 - mangelhaft
 - schlecht
- η mit neuem Leistungsmessgerät gemessen

- 1) Normverletzung für Frequenzen < 300kHz
- 2) Nur mit aktivierter ENS betreiben
- 3) Relativ frühe Abschaltung bei RSS mit f=200Hz
- 4) Normüberschreitung für Frequenzen < 200kHz
- 5) Älteres Modell; erfüllt neue Norm nicht mehr
- 6) Normverletzung für Frequenzen < 400kHz
- 7) Nach neuer VDE 0126-1-1 kleine Normverletzung bei Überfrequenz
- 8) Testleistung etwas zu klein, deshalb nicht ganz nach VDE 0126-1-1
- 9) Gerät schaltet sich bei Test mit zusätzlicher induktiver Serieimpedanz nach der neuen VDE 0126-1-1 nicht sauber ans Netz (schaltet jeweils kurz nach dem Anfahren wieder aus)

Detaillierte Testberichte zu diesen Geräten sind unter www.pvtest.ch Wechselrichter-Testberichte zu finden.

Definition des totalen Wirkungsgrades

Der totale Wirkungsgrad setzt sich aus dem Produkt des Umwandlungswirkungsgrades und des MPPT-Wirkungsgrades zusammen. Mit Hilfe dieser Grösse kann also ein direkter Bezug zwischen der MPP-Leistung des Solargenerators und der AC-Ausgangsleistung des Wechselrichters hergestellt werden:

$$\eta_{tot} = \eta \cdot \eta_{MPPT} = \frac{P_{AC}}{P_{MPP}}$$

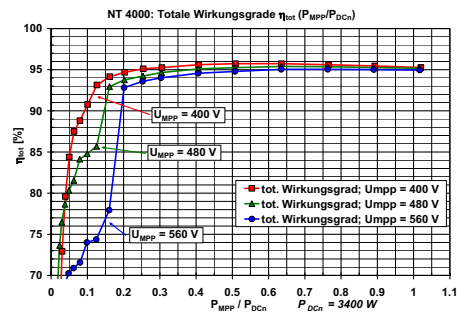
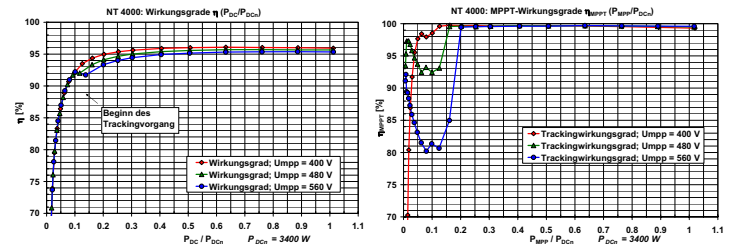
Der totale Wirkungsgrad sagt aus, wie gut der Wechselrichter die angebotene Energie umsetzen kann.

Zusammenfassung

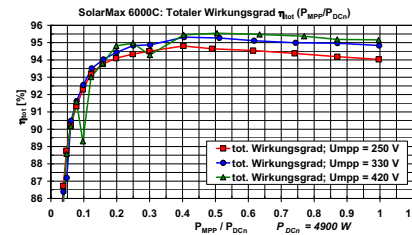
Ein hoher Umwandlungswirkungsgrad alleine macht noch keinen guten Wechselrichter. Die Qualität eines Wechselrichters im Betrieb zeigt sich deutlicher, wenn neben dem Umwandlungswirkungsgrad auch sein Trackingverhalten aufgezeigt wird. Der totale Wirkungsgrad beinhaltet beide Grössen. Wechselrichter mit Trackingproblemen weisen trotz eventuell hoher Umwandlungswirkungsgrade eine Ertragseinbusse auf. Diese widerspiegelt sich deutlich im totalen Wirkungsgrad. Gegenüber den gemessenen Wirkungsgraden älterer Wechselrichter konnte bei den Europäischen Wirkungsgraden bei Wechselrichtern gleicher Technologie nochmals eine Steigerung um 1 - 2 % erreicht werden. Besonders auffällig ist, dass die besten Wechselrichter mit Trafo nur noch deutlich weniger als ein Prozent unter den besten traflosen Geräten liegen.

Informationen über weitere Aktivitäten des PV-Labors der HTI in Burgdorf und weitere Publikationen sind unter <http://www.pvtest.ch> zu finden.

Totaler Wirkungsgrad verschiedener Inverter im Vergleich



Totaler Wirkungsgrad η_{tot} eines NT 4000 in Funktion der normierten MPP-Leistung P_{MPP}/P_{DCn} bei drei verschiedenen MPP-Spannungen (unteres Diagramm). Wegen des relativ schlechten η_{MPPT} bei kleinen Leistungen und höheren U_{MPP} (Diagramm oben rechts) hat das Gerät dort trotz des hohen Wirkungsgrades η (Diagramm oben links) ein relativ kleines η_{tot} . Das schlechte MPP-Tracking bei kleinen Leistungen stammt daher, dass der NT 4000 in diesem Leistungsbereich auf einer konstanten DC-Spannung von ca. 410 V arbeitet und erst ab 0,1- bis 0,2- P_{DCn} mit dem Tracking beginnt.



Totaler Wirkungsgrad η_{tot} bei drei verschiedenen MPP-Spannungen bei einem traflosen SolarMax 6000C. Dieses Gerät erreicht bei höheren DC-Spannungen seinen höchsten Wirkungsgrad. Wegen leichten MPP-Tracking-Problemen bei kleinen Leistungen ist der europäische totale Wirkungsgrad bei 330 V und 420 V fast gleich gross (siehe Vergleichstabelle), obwohl η_{tot} bei 420 V bei den meisten Leistungsstufen am grössten ist.

