

KLEINER, LEICHTER, EFFIZIENTER

Wechselrichter mit HD-Wave Technology

Technologische Stagnation bei der Entwicklung von Solar-Wechselrichtern

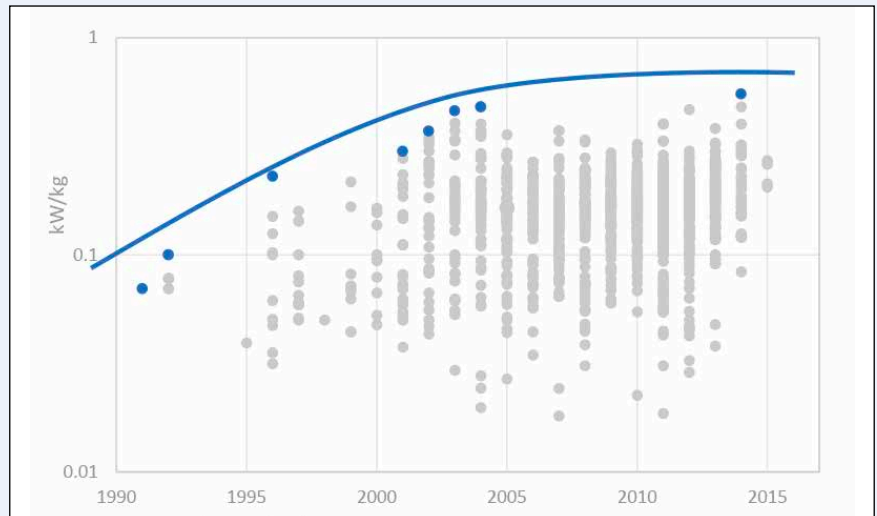
Solar-Wechselrichter haben sich in Bezug auf Größe, Wirkungsgrad und Herstellungskosten in der letzten Dekade nur sehr wenig verbessert. Nach einer rasanten Jagd um immer neue Wirkungsgradrekorde in den Jahren bis 2008, stagnierte die technologische Weiterentwicklung bei der Kernfunktion des Wechselrichters – bis heute. Nehmen wir das Leistungsgewicht als einen guten Maßstab für die Kostenstruktur eines Wechselrichters, so stellen wir fest, dass sich in den vergangenen 25 Jahren dieser Wert um den Faktor 5 verbessert hat (Bild 1). Ein durchaus fairer Vergleich stellt die Computerindustrie dar: Hier liegt die Veränderungsgeschwindigkeit genau dieses Wertes, also das Leistungsgewicht, bei Faktor 2 alle 18 bis 24 Monate.

Die Hemmnisse, welche einer schnelleren Entwicklung bei den Wechselrichtern im Wege stehen findet man bei der technischen Umsetzung der Kernfunktion des Wechselrichters, also der DC/AC-Wandlung und der daraus resultierenden Konsequenz in Bezug auf notwendige magnetische Bauelemente und Kühlelemente.

Solar-Wechselrichter und TV-Geräte – eine vergleichbare Geschichte

Versuchen wir einen Vergleich und schlagen die Brücke zu der Entwicklung von TV-Geräten.

Seit ihrer Erfindung dominierten die Kathodenstrahlröhren als Technologie den Markt. Selbst die besten Geräte waren sperrig, energiehungrig, verwendeten schwere Glas- sowie magnetische Bau-



Quelle: Photon database

Bild 1: Inverter kW/kg improvements over 25 years

teile und waren somit in ihrer Weiterentwicklung in Bezug auf Größe, Auflösung, Produktion und Kosten durch mechanische Limits eingeschränkt. Zur Jahrtausendwende änderten Flachbild-Fernseher die Spielregeln auf dem TV-Geräte Markt, indem sie die Kathodenstrahlröhre und magnetische Komponenten durch elektronische Komponenten ersetzten.

TV-Geräte waren nun leicht und schlank, eigneten sich auch für die Wandmontage und zeigten eine deutlich höhere Auflösung durch digitale Signalverarbeitung. Darüber hinaus wurde der Herstellungsprozess besser skalierbar, was zu einer deutlichen Reduktion der Herstellkosten führte.

Die Konsequenz: das Konsumverhalten der Bevölkerung veränderte sich dramatisch. Es wurden immer mehr und vor allem größere Geräte verkauft.

HD-Wave Technology – eine neue Ära für Solar-Wechselrichter

HD-Wave Technology unterscheidet sich bei der technischen Umsetzung der Kernfunktion des Wechselrichters im Vergleich zu den bisher auf dem Markt verfügbaren Technologien grundlegend:

Die Mehrzahl der Hersteller nutzt sogenannte IGBTs (Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode) als Schaltelemente in einer 2- oder 3-Level-Topologie, um den erzeugten Gleichstrom in einen netzkonformen Wechselstrom zu wandeln. Die dabei zur Anwendung kommenden Schaltfrequenzen sind bauteilbedingt auf 20 bis 40 kHz begrenzt. Wandlungsverluste durch Nutzung der relativ ineffizienten Hochspannungs-IGBTs (400 V) können nur bis zu einem gewissen Grad reduziert werden. Darüber hinaus ist das durch die IGBTs geschaltete Signal noch

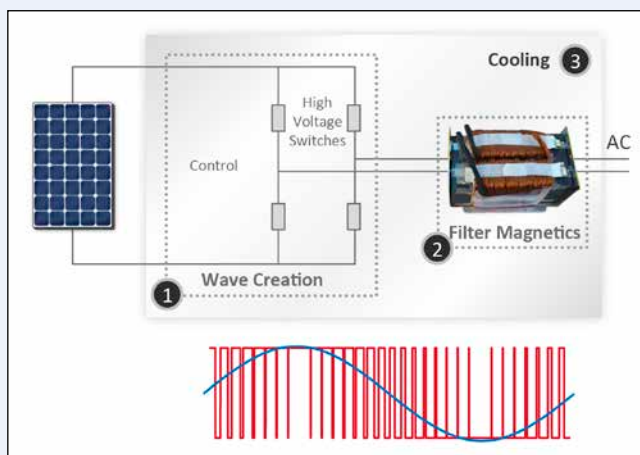


Bild 2: Darstellung der Erzeugung des Sinus-Signals mit konventioneller Wechselrichter-Technologie

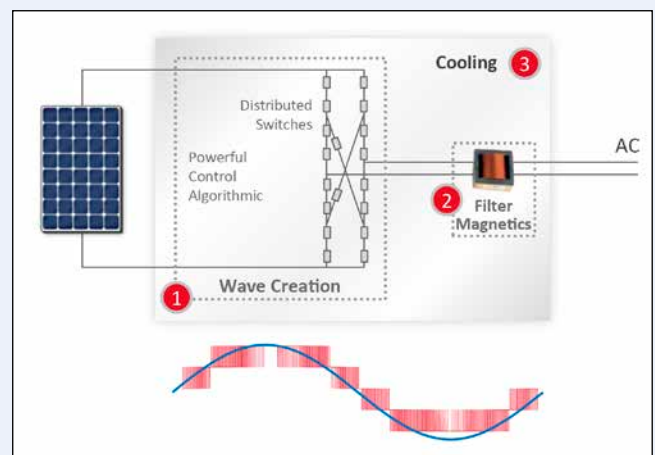


Bild 3: Darstellung der Erzeugung des Sinus-Signals mit HD-Wave Wechselrichter-Technologie

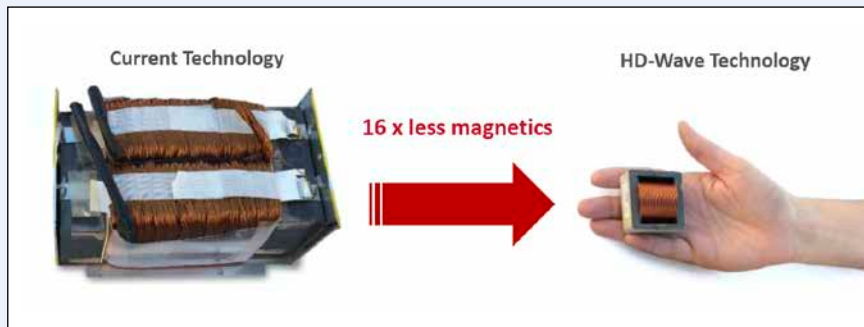


Bild 4: Ein gänzlich neuer Weg: Vergleich der magnetischen Bauteile bei konventioneller und HD-Wave Wechselrichter-Technologie

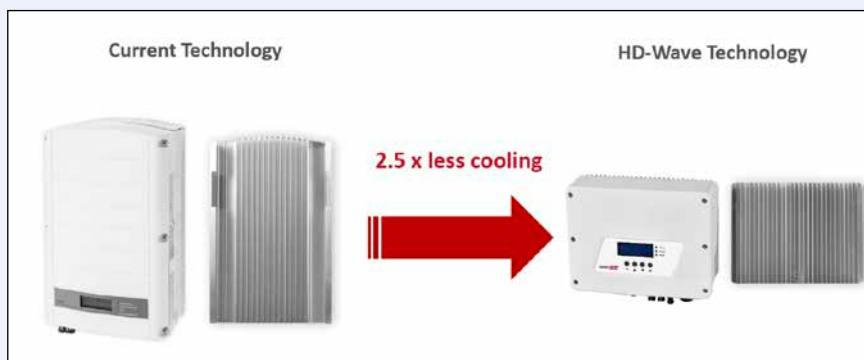


Bild 5: Ein gänzlich neuer Weg: Vergleich der Kühlelemente bei konventioneller und HD-Wave Wechselrichter-Technologie

weit davon entfernt, konform zu den Anforderungen eines Netzversorgers zu sein. Magnetische Bauelemente (Filter Induktivitäten) glätten das Signal und sorgen für Netzkonformität. Größe und Gewicht stehen dabei in direktem Zusammenhang zur Qualität des geschalteten Signals (Bild 2).

Ein erster aussichtsreicher Ansatz, Wandlungsverluste signifikant zu reduzieren, bestand in der Nutzung neuer Halbleitermaterialien wie SiC (Siliziumkarbid) und GaN (Galliumnitrid).

Der Versuch scheiterte, da die Anbieter ihre prognostizierten Kostenziele um

ein Vielfaches verfehlten und die erzielte Verfügbarkeit sowie Zuverlässigkeit nicht für einen Einsatz in Serie ausreichte. Somit stagnierte in den letzten Jahren die Entwicklung des Gesamtwirkungsgrad eines Wechselrichters bei 98% und notwendige Kostenreduzierungen konnten nur bedingt erzielt werden.

Der grundsätzlich neue technologische Ansatz von SolarEdge besteht nun darin, anstelle einer konventionellen Topologie eine Multi-Level-Topologie zum Einsatz zu bringen. Schafft man es nun, eine entsprechende Anzahl von Level in einer Topologie zu vereinen und zu steuern, so das man auf den Einsatz von Hochspannungs-IGBTs zu Gunsten von Kleinspannungs-MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) verzichten kann, ist der Knoten gelöst und die technologische Hürde überwunden (Bild 3). Mit HD-Wave ist dieser Ansatz erstmals erfolgreich für einen Wechselrichter umgesetzt worden. Um ein sicheres, hochfrequentes Schalten einer größeren Anzahl von Schaltelementen in Multi-Level-Anordnung zu ermöglichen (einige hundert kHz), müssen leistungsstarke Mikroprozessoren eingesetzt werden. Diese Prozessoren finden wir heute bereits in einer Vielzahl von uns täglich genutzten Produkte, siehe Smartphone.

Das verteilte Schalten der verlustarmen Kleinspannungs-MOSFETs führt zu einer Halbierung der Schaltverluste und zu einer Qualität des geschalteten Signals,

dass dem netzkonformen Sinus schon sehr nahe kommt. Diese Qualität hat zur Folge, dass nachgeschaltete magnetische Bauteile zur Glättung des Signals um den Faktor 16 kleiner ausgelegt werden können, als in klassischen Wechselrichter-Topologien (Bild 4). Weniger Wandlungsverluste und dramatisch kleinere magnetische Bauteile führen zu einem deutlich reduzierten Kühlungsbedarf des Wechselrichters (Bild 5), was wiederum in einer merklich kleineren Bauform des Wechselrichters endet.

Ein nicht zu vernachlässigender, sehr positiver Nebeneffekt dieser neuen Topologie liegt in der höheren Zuverlässigkeit der eingesetzten Bauteile und damit natürlich auch des Wechselrichters als solches.

Und was kommt danach?

Nach Überwindung der Hürden, die seit einer Dekade der Weiterentwicklung des Wechselrichters im Bereich seiner Kernfunktion im Wege standen, ist auch der weitere Weg für SolarEdge bereits aufgezeigt. Mit den aktuellen Technologien im Bereich Mikroprozessor und Halbleiter sowie deren absehbarer Weiterentwicklung in den nächsten Jahren, können weitere Wirkungsgradsteigerungen und daraus resultierende Verbesserungen beim Leistungsgewicht für Wechselrichter erreichbar sein. SolarEdge wagt den Ausblick nach 2017 und kündigt bereits heute neue Wechselrichtergenerationen basierend auf ihrer HD-Wave Technologie mit Wirkungsgraden jenseits der 99% und einem Leistungsgewicht von knapp über einem Kilogramm pro Kilowatt an.

Die Zukunft bleibt sonnig!

ZUM AUTOR:

▶ Tobias Henne
Vice President Technical Marketing & Products für Europa bei der SolarEdge Technologies,
Werner-Eckert-Str.6, 81829 München
infoDE@solaredge.com

**Steckbrief:
der erste Solar-Wechselrichter mit
HD-Wave Technology**

- Leistung: 6 kVA (einphasig)
- Europäischer (gewichteter) Wirkungsgrad: 99%
- Gewicht: 9,5 kg
- Hervorragende Zuverlässigkeit durch geringere Wärmeverluste und Nutzung von Folienkondensatoren
- Auslegungsverhältnis bis 165% (PV/AC)
- Integrierter Zähler mit einer Genauigkeit von +/- 0,5% (optional)
- Integrierte 1,5 kW Notstromversorgung bei Netzausfall (optional)
- Kompatibel mit existierende SolarEdge Systemlösungen

Produkte | Innovationen

In dieser Rubrik stellen wir Ihnen aktuelle Entwicklungen aus Wirtschaft und Forschung vor: Neue Produkte und Ideen aus dem Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz.

Anregungen und Themenvorschläge nimmt die Redaktion gerne entgegen:
✉ redaktion@sonnenenergie.de