

# Test in der Produktion und Qualitätssicherung



**Bild 1: Regeneratives DC-Power-System und Last von Keysight**

In der modernen Stromversorgung spielt die Umwandlung der Spannung eine wichtige Rolle. Ziel ist die Anpassung der jeweiligen Erzeuger/Speicher und Verbraucher aneinander. Die klassische Wandlung im Stromnetz von niedriger in hohe AC-Spannung und zurück ist eine gängige Anwendung (AC-AC). Solarpanels hingegen erzeugen eine Gleichspannung, die mit Wechselrichtern/Invertern zur Einspeisung in das Netz in Wechselspannung umgewandelt werden muss (DC-AC). Viele Haushaltsgeräte benötigen umgekehrt eine Gleichspannung, so dass hier ein Netzteil die Wechselspannung in Gleichspannung umsetzt (AC-DC).

Auch die Wandlung von einem auf das andere Gleichspannungsniveau (DC-DC) ist in vielen Anwendungsbereichen zu finden, sehr oft innerhalb von Geräten und Baugruppen - von Unterhaltungselektronik über industrielle Systeme bis hin zu Elektrofahrzeugen und Rechenzentren. Das dafür eingesetzte Bauteil ist der DC/DC-Wandler.

### DC/DC-Wandler - Funktion und Typen

DC/DC-Wandler nutzen hochfrequente Schaltkomponenten wie MOSFETs und Energiespeicherkomponenten wie Induktivitäten und Kondensatoren, um effizient von einem DC-Spannungspegel auf einen anderen umzuwandeln. Ein DC/DC-Wandler hat dabei einen definierten Eingangsspannungsbereich, der eine geregelte Ausgangsspannung erzeugt, z. B. die Umwandlung einer Eingangsspannung von 10 bis 12 V in eine Ausgangsspannung von 6 V. Je nach Typ senkt ein DC/DC-Wandler die Spannung (Buck-/Abwärtswandler), erhöht sie (Boost-/Aufwärtswandler) oder kann beides (Buck-Boost-Wandler). Die Typen unterscheiden sich im Schaltungsaufbau, verwenden jedoch die gleichen grundlegenden Schaltungselemente.

### Testen, testen, testen

Wie bei allen Komponenten der Energieversorgung kommt es auch beim DC/DC-Wandler auf Effizienz, Sicherheit und Präzision an. Daher sind Tests in der Entwicklung,

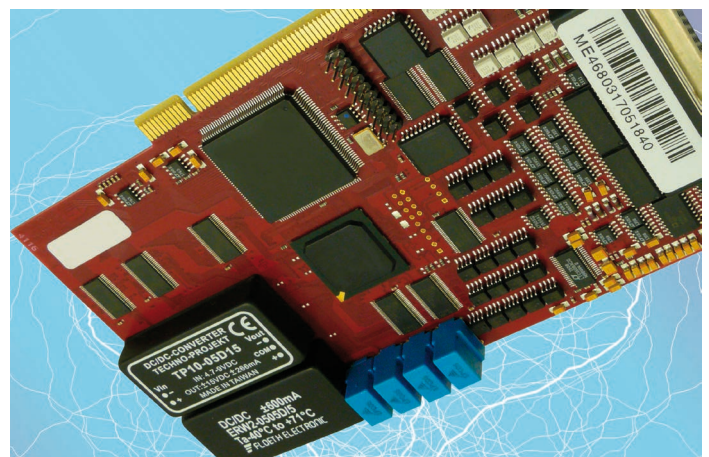
Anwendung, aber vor allem auch in der Produktion unerlässlich. Dafür müssen am Ein- und Ausgang des Wandlers eine Quelle und eine Last simuliert werden. Erforderliche Testgeräte sind demnach Gleichstromversorgungen und elektronische Lasten. Sie liefern die nötige Eingangsleistung und programmierbare Lastbedingungen und unterstützen statische und dynamische Tests mit integrierten Messfunktionen. Eine passende, steuernde Software für die Prüfgeräte zum Automatisieren der Tests, dem Erfassen der Daten und ihrer Analyse vereinfacht dem Anwender zusätzlich das Leben, da er damit schneller zu einer Lösung kommt, ohne selbst programmieren zu müssen. Hilfreich kann zudem ein Oszilloskop wie das Keysight HD3 sein, das für Analysen wie Welligkeit, Rauschen und Transienten zuständig ist - also speziell nur für Tests mit schnellen dynamischen Signalen oder hohen Frequenzen. Digitale Multimeter schließlich bieten ergänzend hochgenaue Spannungs- und Strommessungen. Sie sind nützlich, wenn die integrierten Messungen nicht präzise genug sind, insbesondere bei Hochleistungswandlern. Ideal ist, wenn all diese Messgeräte für solche Anwendungen gut aufeinander abgestimmt sind. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn alle Geräte von einem Hersteller stammen. Bei den Geräten von Keysight zum Beispiel ist

dabei ein weiterer Vorteil die übergreifende und konsistente Software Pathwave/BenchVue.

### Was wird getestet?

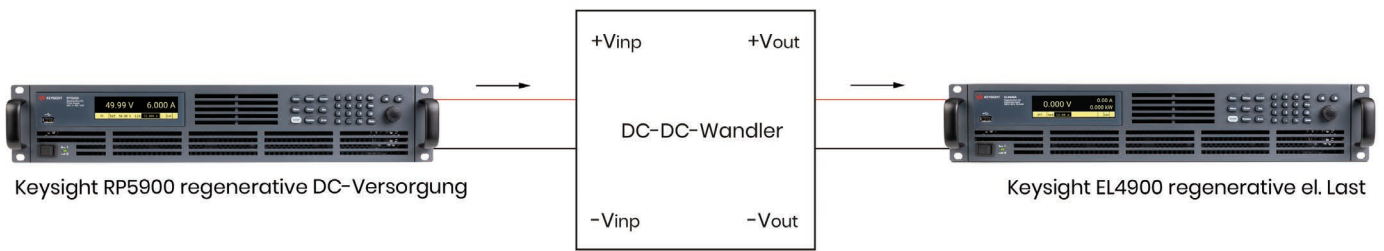
Getestet werden verschiedene elektrische Spezifikationen und Eigenschaften, die den Betrieb und die Leistung von DC/DC-Wandlern beschreiben. Dazu gehören zum Beispiel

- **Eingangsspannungsbereich:** Der Gleichspannungsbereich, den der Wandler für eine ordnungsgemäße Ausgangsspannungsregelung tolerieren kann.
- **Genauigkeit** der Ausgangsspannung des Wandlers verglichen mit dem angegebenen Nennwert.
- **Last- und Leistungsregelung** beschreibt die Fähigkeit des DC/DC-Wandlers, die Ausgangsspannung bei Änderungen des Laststroms bzw. der Eingangsspannung zu regulieren.
- **Effizienz**, also das Verhältnis von Ausgangsleistung zu Eingangsleistung. Um den Wirkungsgrad statisch für eine bestimmte Bedingung zu bestimmen, werden eine konstante Eingangsspannung und eine konstante Last an den Wandler angelegt. Anschließend werden die Eingangs- und Ausgangsspannungen und -ströme gemessen, um die Eingangs- und Ausgangsleistung zu berechnen und ins Verhältnis zu setzen. Zusätzlich



**Bild 2: Beispiel für zwei DC/DC-Wandler auf einer PC-Messkarte von Meilhaus Electronic**

Autor:  
Ernst Bratz  
Meilhaus Electronic  
www.meilhaus.com  
nach Unterlagen von Keysight



**Bild 3: Prinzipieller Messaufbau für die Effizienzprüfung des DC/DC-Wandlers**

kann die Effizienz des Wandlers dynamisch unter allen Bedingungen bestimmt werden, indem die Quelle oder Last einen Sweep durch alle Eingangsspannungen und Lastströme im Betriebsbereich durchführen und die Effizienz unter jeder dieser Bedingungen berechnet wird.

- **Transienten-Antwort** beschreibt das Ausgangsverhalten des DC/DC-Wandlers bei einer Laständerung.
- **Turn-On-/Turn-Off-Zeit** ist die Zeit, die der DC/DC-Wandler benötigt, um nach einer Änderung der Eingangsspannung über (Einschalten) oder unter (Ausschalten) die Mindest-Eingangsspannung des Wandlers zu reagieren und seine Nennausgangsspannung zu erreichen.
- **Welligkeit und Rauschen** ist der Spitze-Spitze bzw. Effektivwert der Rest-Wechselstromschwankungen, die am Gleichstromausgang auftreten.
- **Einschaltstrom**, der beim ersten Einschalten des Wandlers am Eingang des Wandlers fließt und durch Kondensatoren in der Schaltung des Wandlers verursacht wird.

## Beispiel Effizienz

**Wirkungsgradprüfung eines DC/DC-Wandlers:** Um zum Beispiel in der Produktion und Qualitätskontrolle den Wirkungsgrad eines DC/DC-Wandlers unter einer konstanten Spannung bei variierendem Laststrom zu bestimmen, muss dieser kontrolliert versorgt und belastet werden. Ein programmierbares Gleichstromnetzteil dient wie schon beschrieben als Eingangsquelle, die elektronische Last fungiert als Ausgangsbelastung. Hierzu bietet sich eine regenerative Gleichstromversorgung RP5900 und eine regenerative elektronische Last EL4900 von Keysight an (im Vertrieb der Meilhaus Electronic).

## PathWave Advanced Power Control and Analysis

Die Geräte werden von einem PC über eine Schnittstelle wie USB oder LAN mit der Software PathWave Advanced Power Control and Analysis gesteuert. Die Software unterstützt den Anwender bereits bei der Konfiguration der Geräte für den Test: Der Arbiträrgenerator des RP5900 wird auf die Ausgabe einer festen Gleichspannung eingestellt, während der EL4900 so programmiert wird, dass

er von 10 % auf 100 % des maximalen Nennstroms des DC/DC-Wandlers hochfährt. Zusätzlich wird der Datenlogger so konfiguriert, dass er Spannung, Strom und Leistung beider Geräte aufzeichnet.

## Wirkungsgradkurve

Nach der Konfiguration werden für den eigentlichen Test nun der Arbiträrgenerator und der Datenlogger gestartet. Mithilfe des Datenloggers und einer Trace-Kurve mit einer entsprechenden Berechnungsformel kann die Wirkungsgradkurve des Wandlers berechnet und angezeigt werden, wobei in diesem Beispiel der Wirkungsgrad des DC/DC-Wandlers bei konstanter Eingangsspannung und unterschiedlichem Laststrom dargestellt wird.

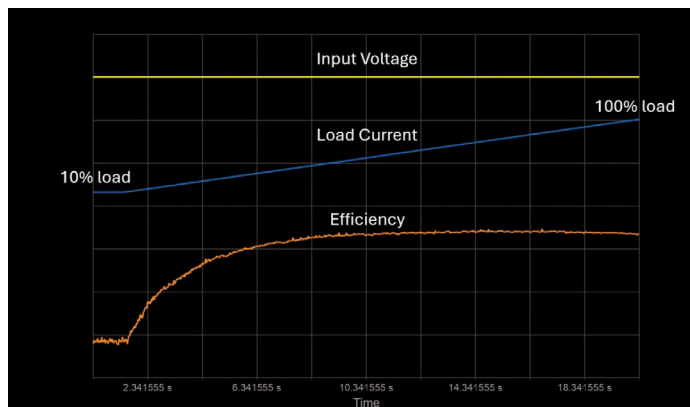
## Sweep-Last

**unter Verwendung der Software Keysight PW9252A:** Die Kombination aus Keysight RP5900 als Quelle, EL4900 als Last und der

Software PathWave Advanced Power Control and Analysis hat den Vorteil, dass hier alle Komponenten aus einer Serie stammen und damit optimal aufeinander abgestimmt sind. Natürlich bietet Keysight für diese und andere Tastaufgaben auch noch viele weitere Analyse-Lösungen von DC-Netzteilen und Lasten bis hin zu komplexen Leistungsanalysatoren.

## Zusammenfassung

In der modernen Stromversorgung sind DC/DC-Wandler eine unverzichtbare Baugruppe. Dem entsprechend sind Produktionstests unerlässlich, um Effizienz, Sicherheit und Präzision zu prüfen und zu gewährleisten. Für diese Tests sind Stromversorgungen und elektronische Lasten erforderlich, die bei entsprechender Qualität und Software-Unterstützung die Automatisierung, Analyse und Messgenauigkeit vereinfachen, beschleunigen und verbessern können. ◀



**Bild 4: Beispiel für einen Wirkungsgradtest eines DC/DC-Wandlers mit Sweep-Last unter Verwendung der Software von Keysight**

## Wichtigste Eckdaten der Keysight RP5900 und EL4900

- **RP5900:** Komplettes regeneratives Last- und Stromversorgungssystem im 2-Quadranten-Modus (Quelle und elektronische Last in einem).
- **EL4900:** Regenerative elektronische Gleichstromlast.
- **Gemeinsame Daten:** Leistung bis 2, 4, 6 oder 12 kW, max. 800 V, Strom bis  $\pm 240$  A.
- **Regenerativ:** Rückspeisung ins Netz.
- **Schutzfunktionen für:** Überspannung OVP, Überstrom OCP, Überleistung OPP.
- **Konstant-Betriebsarten:** Spannungs-Priorität/Konstantspannung CV, Strom-Priorität/Konstantstrom CC, Widerstands-Priorität/Konstantwiderstand CR, Leistungs-Priorität/Konstantleistung CP.
- **Sehr kompakte Bauform** in 1HE- oder 2HE-Design.
- **Platzsparend** mit stapelbaren Parallelanschlüssen für bis zu 16 Einheiten.
- **Industrielle Schnittstellen:** USB, LAN, CAN, optional analog, RS232, GPIB (IEEE488).