

YOKOGAWA 

Oktober 2016

# Nr.42

## Test&Messtechnik

# Magazin

[tmi.yokogawa.com/de](http://tmi.yokogawa.com/de)

### Neuheit

Leistungsanalysator WT1800E–Seite 7

### Reportage

Kurzpuls-Lasersysteme  
Ferdinand-Braun-Institut,  
Leibniz-Institut für  
Höchstfrequenztechnik–Seite 4

### Hintergrund

Leistungsmessungen mit  
Shunt-Widerständen–Seite 10  
Genauigkeit bei Leistungs-  
analysatoren–Seite 2

### Messtipp

Prüfung von Kontaktunter-  
brechungen–Seite 11

# Kaufentscheidung = Vertrauen + harte Fakten

## Impressum

Das Test & Messtechnik Magazin  
erscheint vierteljährlich.  
Ausgabe 42: Oktober 2016

### Herausgeber:

Yokogawa Deutschland GmbH  
Niederlassung Herrsching  
Gewerbestraße 17  
82211 Herrsching  
Telefon 08152 9310-0  
Telefax 08152 9310-60  
info.herrsching@de.yokogawa.com  
<http://tmi.yokogawa.com/de>

### Verantwortlich für den Inhalt:

Johann Mathä  
Marketing Manager  
[Johann.Mathae@de.yokogawa.com](mailto:Johann.Mathae@de.yokogawa.com)

### Redaktion: Herbert Hönle

[hh@all-about-test.de](mailto:hh@all-about-test.de)

**Titelbild:** Vergrößerte Ansicht eines Kurzpuls-Lasermoduls. In der 10 mm langen Laserdiode (langes, schmales Bauteil rechts unten) werden 10 ps Pulse mit einem Abstand von 250 ps (Folgefrequenz 4 GHz) erzeugt und dann über eine GRIN-ROD Linse (rundes Bauelement) in ein Pulspicker-Verstärkerelement (blau-goldenes Element) eingekoppelt. Dieses Bauelement reduziert die Folgefrequenz und verstärkt die Pulse. Danach wird die Strahlung über mehrere optische Elemente nach links oben ausgekoppelt.  
© Foto: FBH/schurian.com

© 2016  
Yokogawa Deutschland GmbH

Printed in Germany

## Ist genau wirklich genau?

Genauigkeitsangaben sind beim Kauf von Messgeräten ein wichtiges Auswahlkriterium. Von präzisen Messungen kann man nur reden, wenn die Messunsicherheiten bekannt und klein sind. Je kleiner, desto besser. Doch die oft verwendeten Grundgenauigkeitsangaben sind zwischen den Herstellern kaum vergleichbar. Worauf muss man also achten?

Harte Fakten zur objektiven Beurteilung von Leistungsmessgeräten werden in dem Artikel „Ist genau wirklich genau“ diskutiert, den Sie im Sonderheft der Elektronik „messen+testen“ vom September 2016 finden.

Der Artikel steht auch auf unserer Webseite zum Download zur Verfügung.  
<http://tmi.yokogawa.com/de>

► TECHNISCHE BIBLIOTHEK ► WHITE PAPERS & FACHARTIKEL

3 Der japanische Begriff ‚Kaizen‘ steht für die permanente Verbesserung in einem Unternehmen. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die vielen technischen Entwicklungen, die scheinbar immer schneller voranschreiten. Wie stark verändert sich dadurch unsere Welt? Unglaublich sind beispielsweise die Innovationen im Automobilbereich. 1888 bewies Berta Benz, dass man mit motorisierten Wagen auch Fernfahrten durchführen kann, inzwischen können Automobile schon autonom fahren.

Aber geht das so weiter? Immer wieder noch ein Stück besser? Sicher. Selbst kleine Fortschritte und Verbesserungen sind aber oft mit großem Aufwand verbunden. Physikalische Grenzen lassen sich nun mal nicht verschieben und Technologiesprünge kann man nicht aus dem Ärmel zaubern.

Grundvoraussetzungen für permanente Verbesserungen sind eine hoch spezialisierte Arbeitsteilung und Unternehmen, die ihr Know-how über viele Jahre hinweg aufgebaut haben. Die Besten der Branche sind meist die Innovationstreiber. Sie sind ständig auf der Suche nach der „Unique Selling Proposition“, dem einzigartigen Produktvorteil, der sie von anderen Anbietern unterscheidet.

Doch was machen Unternehmen, die diesbezüglich an ihre Grenzen stoßen? Es gibt auch andere Strategien sich in einem Markt zu behaupten, beispielsweise durch Preisführerschaft oder die Adressierung von Nischenmärkten. Für Firmen, bei denen es nicht zur Technologieführerschaft reicht, hält die Marketingwelt noch den Begriff der „Unique Communication Position“ bereit. Anders als die Unique Selling Proposition, zielt diese auf subjektives Empfinden und entsprechende Werbebotschaften. Sie suggeriert einen Produktvorteil, der bei objektiver Betrachtung kaum ins Gewicht fällt oder gar nicht existiert, weil andere Anbieter gleichwertige oder bessere Lösungen anbieten.

Besonders im Investitionsgüterbereich ist die objektive Beurteilung eines Produktes wichtig. Denn was nützt mehr: Eine konkrete Produkteigenschaft oder eine tolle Werbebotschaft? Deshalb Fakten auf den Tisch! Was können die Produkte? Sind die Messmethoden und verwendeten Berechnungsformeln beschrieben? Spezifiziert der Mess-

gerätehersteller umfassend, transparent und praxisgerecht? Hält das Gerät seine Spezifikation auch noch nach Ablauf des empfohlenen Kalibrierintervalls sicher ein? Wie reagiert ein Anbieter auf Fragen, bleiben Dinge unklar?

Die Tücken liegen im Detail. Eine umfassende Beurteilung komplexer Produkte ist schwierig und erfordert viel Detailwissen. Spezifikationen sind nicht direkt vergleichbar, wenn sie auf unterschiedlichen Randbedingungen, Auslegungen, Bezugsgrößen beruhen. Deshalb setzt eine Kaufentscheidung für präzise Messtechnik auch ein hohes Maß an Vertrauen in den Messgerätehersteller voraus.

## Ihr Matthias Schöberle

Business Development Manager  
Leistungsmesstechnik  
Yokogawa Deutschland GmbH  
Niederlassung Herrsching



## Hochpräzise Pulse im Piko- und Nanosekundenbereich

# Kurzpuls-Lasersysteme

Ferdinand-Braun-Institut,  
Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik  
Berlin/Deutschland  
[www.fbh-berlin.de](http://www.fbh-berlin.de)

**Das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) forscht im Bereich der Mikrowellentechnik und Optoelektronik und befasst sich unter anderem mit der Entwicklung und Realisierung von Kurzpulslasern und Galliumnitrid-Leistungstransistoren.**

Das Institut wurde 1991 nach der Wende als Teil der Leibniz Gemeinschaft gegründet und hat seinen Sitz auf dem Gelände der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR. Aus den anfangs rund 80 Mitarbeitern sind inzwischen mehr als 300 geworden, die sich auf die angewandte Forschung im Bereich von Optoelektronik- und Mikrowellen-Komponenten auf der Basis von Galliumarsenid (GaAs) und Galliumnitrid (GaN) spezialisiert haben. Die Kompetenzen und Fähigkeiten des Instituts reichen dabei vom Design über die Fertigung bis hin zur Konfektionierung der Bauelemente. Auf diese Weise

wird die gesamte Kette von der Idee bis zur kompletten Lösung abgedeckt.

Zu Beginn wurden die Themen Optoelektronik und Mikrowellentechnik noch von getrennten Teams bearbeitet, in den letzten Jahren sind diese Aufgabenbereiche aber mehr und mehr zusammengewachsen. Dies hat nicht nur zu neuen Bauelementen und Anwendungen geführt, sondern immer häufiger werden Laserdioden auch mit mikroelektronischen Bauelementen zu kompletten Systemen kombiniert. Zu den aktuellen Arbeitsgebieten des FBH gehört auch die Entwicklung von Kurzpulslasern, die beispielsweise in der Materialbearbeitung, Sensorik und Medizintechnik zum Einsatz kommen. Durch das vorhandene Know-how und die Möglichkeiten zur Herstellung der erforderlichen Bauteile, hat sich das Institut bei der Erzeugung kurzer Pulse eine weltweit führende Position erarbeitet.

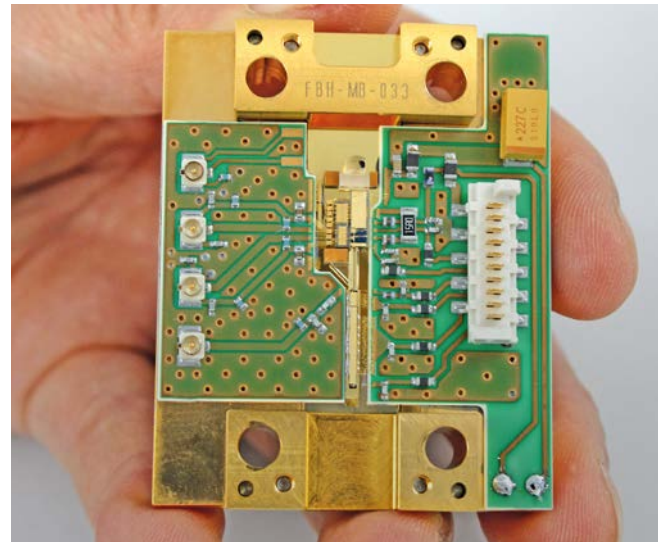
### **Aufbau von ps-Kurzpuls-Lasersystemen**

Die beim FBH hergestellten Kurzpuls-Lasersysteme bestehen im Wesentlichen aus einer Laserdiode mit mehreren Sektio-

5



Dr. Klehr (links) erklärt Dietmar Gulich und Jörg Latzel (beide Yokogawa) den Messaufbau. Der OSA AQ6370D ist das zweite Gerät von oben.



Die Laser-Module werden auf einer vergoldeten Kupferplatte aufgebaut, die eine gute Wärmeableitung gewährleistet. Die Mehrsektions-Laserdiode ist als dünner goldener Streifen in der Mitte unten zu erkennen. Die Abstrahlung erfolgt nach oben (Richtung Daumen). (C) FBH/P. Immerz). Mehr Details zum Aufbau, siehe Seite 2 (Impressum, Titelbild).

nen, einer Pulspicker-Verstärkeranordnung und einer Hochfrequenz-Steuerschaltung und liefern hochpräzise Pulse im Piko- und Nanosekundenbereich. Aufgebaut werden sie auf einer etwa 5 x 4 cm großen optoelektronischen Mikrobank. Die durch Modenkopplung in der Laserdiode erzeugten 10 ps Lichtpulse haben eine Folgefrequenz von rund 4 GHz. Für die vorgesehenen Anwendungen muss die Folgefrequenz der Pulse allerdings reduziert werden. Deshalb selektiert eine nachfolgende Pulspicker-Verstärkeranordnung einzelne Pulse aus der 4 GHz Pulsfolge. Dazu wurde eine spezielle Hochfrequenzsteuerschaltung entwickelt, die ein Tor für weniger als 200 ps öffnet. Die durchgelassenen Pulse werden anschließend verstärkt und über eine Optik ausgekoppelt. Damit stellt das System am Ausgang kurze Pulse mit einer Pulsbreite von 10 ps, einer Leistung von 20 bis 50 W und Folgefrequenzen vom Einzelpuls bis 10 MHz zur Verfügung stellt. Die Wellenlänge der Laseremission wird durch ein integriertes Gitter

**„Der AQ6370D ist durch die hohe Auflösung, Dynamik und Schnelligkeit ideal für uns.“**

präzise stabilisiert. Bisher wurden Systeme bei 1060 nm und 1030 nm entwickelt.

Eine besondere Herausforderung war die Realisierung des schnellen Schalters für die Pulssselektion. Die dafür benötigten ultraschnellen GaN-Transistoren hat das FBH ebenfalls selbst entwickelt und hergestellt. Auch die Montage und das Verlöten der Komponenten sind aufwendig und erfolgen mit Hilfe eines sub- $\mu\text{m}$ -Manipulators unter einem Mikroskop.

#### Charakterisierung der Laserdioden

Eine wichtige Aufgabe des FBH besteht darin herauszufinden, wie sich Halbleiter-Laser mit bestimmten, auf die jeweiligen Anwendungen zugeschnittenen Eigenschaften herstellen lassen. Auf einem Wafer werden daher meist viele unterschiedliche Laserdioden gefertigt, wobei Layout, >>>

>>> Gitter-Wellenlänge und andere Parameter variieren. Da die Belichtung der Wafer mittels der Elektronenstrahl-Lithografie erfolgt, lässt sich im Prinzip jeder einzelne Halbleiter-Chip individuell gestalten. Auf den eingesetzten 2- bis 4 Zoll Wafern ist Platz für einige Tausend Laserdioden.

Vor dem Einbau in Module müssen die Laserdioden geprüft, charakterisiert und vorselektiert werden. Die elektrische Kontaktierung für die Messungen erfolgt mit speziellen Nadeln und der Laserstrahl wird über eine Faser in ein Messsystem eingekoppelt. Das für die Charakterisierung verwendete System enthält unter anderem einen optischen Spektrumanalysator, einen HF-Spektrumanalysator, ein 80-GHz-Realtime-Oszilloskop und einen 20-GHz-Signalgenerator. Die Steuerung der Geräte erfolgt über ein Rechnersystem, das auch die Speicherung der Messdaten übernimmt. Die Auswertung der Daten erledigen anschließend spezielle Analyseprogramme.

„Für die Charakterisierung der Laserdioden bestimmen wir Grundparameter wie Leistung, Wellenlänge, Breite des Emissionsspektrums, Rauschgrenzen und Pulseigenschaften. Die dazu benötigte Messtechnik muss eine möglichst hohe Auflösung und Messdynamik bieten sowie schnell messen können, da wir meist viele Parameter mit Hilfe vieler Einzelmessungen erfassen. Deshalb laufen die Tests teils über Nacht“, meint Dr. Andreas Klehr, Forscher am FBH. „Wir haben lange nach dem richtigen optischen Spektrumanalysator gesucht. Der AQ6370D von Yokogawa ist die ideale Lösung für uns und wir sind sehr zufrieden damit. Inzwischen setzen wir sogar zwei dieser Geräte ein.“

Die Messungen werden bei unterschiedlichen Temperaturen, Leistungen und Einstellungsparametern durchgeführt. Alle Sektionen der Laserdiode, die die Pulse erzeugt, können separat angesteuert werden. Damit wird das Zeit- und Spektralverhalten untersucht. Die Messergebnisse liefern eine sehr umfangreiche Parameterschar, aus denen die Forscher anschließend die optimalen variablen und Kenngrößen ermitteln.

„Unsere Ziele sind höhere Laserleistung, bessere Strahlqualität und Strahlform sowie ein Spektralbereich, der für die jeweilige Anwendung optimiert werden kann. Der große



Viel Messtechnik für ein kleines Messobjekt. Das goldene Lasermodul ist in der rechten unteren Ecke zu sehen.

Vorteil bei uns im Haus ist, dass wir alle Stellschrauben kennen und beeinflussen können. Dies gilt nicht nur für die Laserdioden, sondern auch für die HF-Elektronik und GaN-Transistoren“, fügt Dr. Klehr hinzu.

### Anwendung Kurzpuls laser

Die aktuell entwickelten Laserdioden erzeugen sehr kurze Pulse im Wesentlichen für die Materialbearbeitung. Hier dienen die Signale als Taktgeber für Hochleistungs-Festkörper-Laser, die meist mit Ausgangsleistungen von mehreren Kilowatt arbeiten. Durch die Pulse im Piko- oder Femto-Sekundenbereich wird das zu entfernende Material abgetragen, während gleichzeitig der umgebende Bereich nur gering erwärmt und nicht geschädigt wird. Je kürzer der Laserpuls ist, desto weniger Schäden entstehen somit im Umfeld.

**Hinweis:** Über Anwendungen von Kurzpuls Lasern haben wir in den Magazinausgaben 24 (Lasertechnik für morgen – Ruhr-Universität Bochum) und 32 (Laser-Graviermaschinen – Hell Gravure Systems, Kiel) berichtet.

Diese Ausgaben stehen auf unserer Website als PDF-Datei zur Verfügung: <http://tmi.yokogawa.com/de>

► TECHNISCHE BIBLIOTHEK ► T&M HAUSMAGAZIN

7

## High Performance Power Analyzer WT1800E

# Noch genauer und flexibler

Von: Ugur Gürsoy, Produktspezialist Leistungsmesstechnik

**Mit dem WT1600 hat Yokogawa im Jahr 2001 seinen ersten 6-phasigen Leistungsanalysator mit mechanischer Leistungsmessung vorgestellt. Der WT1600 und sein Nachfolger WT1800 haben sich aufgrund der extrem hohen Zuverlässigkeit und Messgenauigkeit weltweit breit etabliert. Der neue WT1800E ist nun noch genauer und flexibler.**

---

Die große Akzeptanz ist vor allem der 6-phasigen Leistungsmessung (3-phasige vor und nach dem Frequenzumrichter) plus mechanischer Leistungsmessung zu verdanken. Somit lässt sich mit einem Messgerät präzise und schnell der Gesamtwirkungsgrad eines Antriebssystems bestimmen. Yokogawas Leistungsanalysatoren werden daher auch in zahlreichen Prüfständen wie für Antriebstechnik, Elektromo-

bililität, Bahntechnik, erneuerbare Energien und Stromversorgungen eingesetzt. Sowohl auf der Erzeuger- als auch auf der Verbraucherseite werden immer effizientere Systeme entwickelt, wobei auch verschiedene Normen zu beachten sind. Um die Effizienzverbesserungen verifizieren und dokumentieren zu können, werden dedizierte Leistungsanalysatoren benötigt, die spezifizierte Messgenauigkeiten für die Wirkleistung bei verschiedenen Frequenzen aufweisen, und die sich für diese Messungen auch kalibrieren lassen. Oszilloskope oder Transientenrekorder können diese Anforderungen nicht erfüllen.

Der neue Leistungsanalysator WT1800E verfügt über direkte Strom- und Spannungseingänge mit sehr umfangreichen Genauigkeitsspezifikationen für die Leistungsanalyse. Gegenüber dem Vorgänger, bietet der [WT1800E](#) eine Reihe von entscheidenden Neuerungen und Verbesserungen:

### **Erhöhte Messgenauigkeiten**

In den unteren Frequenzbereichen von DC bis 66 Hz weist der WT1800E deutlich höhere Leistungsmessgenauigkeiten auf. Speziell der DC- und Frequenzbereich zwischen >>>



WT1800E mit integrierter Versorgungseinheit für 6 Nullflussstromwandler (oben).



>>> 45 bis 66 Hz werden oft für Vergleiche mit anderen Leistungsanalytoren herangezogen. Schon der Vorgänger WT1800 wies in seiner Klasse die besten, garantierten Spezifikationen in allen Frequenzbereichen auf. Der **WT1800E** übertrifft diese Werte nochmals (Tabelle 1). Die angegebenen, garantierten Genauigkeiten beziehen sich auf Effektivwert-Messbereiche und gelten von 1% bis 110% Messbereichsaussteuerung.

Eine besondere Herausforderung für die Leistungsanalytoren entsteht, wenn der Leistungsfaktor gegen Null geht. In diesem Fall nähert sich die Phasenverschiebung zwischen

Frequenz	WT1800	WT1800E
DC	±(0.05% of reading + 0.1% of rms-range)	±(0.05% of reading + 0.05% of rms-range)
0.1 Hz ≤ f < 10 Hz	±(0.3% of reading + 0.2% of rms-range)	±(0.08% of reading + 0.1% of rms-range)
10 Hz ≤ f < 45 Hz	±(0.1% of reading + 0.2% of rms-range)	±(0.08% of reading + 0.1% of rms-range)
45 Hz ≤ f < 66 Hz	±(0.1% of reading + 0.05% of rms-range)	±(0.05% of reading + 0.05% of rms-range)

Tabelle 1: Garantierte Spezifikationen der Wirkleistungsmessung (of reading = vom Messwert; rms-range = rms-Bereich).

Strom und Spannung dem Wert 90°, wodurch die Wirkleistung auf Null zurückgeht. Da Strom und Spannung im Leistungsanalytoren unterschiedliche Signalfelder durchlaufen, ergeben sich auch minimale Abweichungen in den Signallaufzeiten. Dies führt zu einer gerätespezifischen, internen Phasenabweichung, die beim WT1800E von 0,1% auf „ΔP = ±0,07% of S“ (S = Scheinleistung) verbessert wurde. Der Einfluss der internen Phasenabweichung wird bei Yokogawa für

alle Leistungsfaktoren in den Spezifikationen berücksichtigt. Bei Messsystemen, deren Strom- und Spannungseingänge nicht aufeinander abgestimmt sind, können dagegen gar keine Spezifikationen bei verschiedenen Leistungsfaktoren angegeben werden.

**Integrierte Versorgungseinheit für Nullflussstromwandler (/PD Option)**

Optional kann der WT1800E mit der fest eingebauten Versorgungseinheit für sechs Nullflussstromwandler von LEM bestellt werden (/PD Option). Somit ist ein kompakter Testaufbau ohne externe Versorgungseinheiten möglich. Vorkonfektionierte Verbindungskabel sind für den direkten Stromeingang oder BNC-Stromsensoreingang erhältlich.

**Automatische Messrate (Auto Update Rate)**

Der WT1800E bietet neun fest einstellbare Messraten von 50 ms bis 20 s mit Genauigkeitsangaben und eine zusätzliche automatische Messrate. Für eine exakte Effektivwert- und Leistungsberechnung müssen mindestens eine volle Periode und für eine Frequenzmessung 2,5 Perioden erfasst werden (Tabelle 2).

Bei Messungen mit unbekanntem Drehzahlen, z.B. Anlauf- und Abbremsvorgängen, ist die automatische Messrate die optimale Einstellung, ansonsten ist eine lange, feste Messrate notwendig. Der WT1800E ermittelt anhand der Nulldurchgän-



9

Messraten	Frequenzbereiche
50 ms	45 Hz ≤ f ≤ 1 MHz
100 ms	25 Hz ≤ f ≤ 1 MHz
200 ms	12.5 Hz ≤ f ≤ 500 kHz
500 ms	5 Hz ≤ f ≤ 200 kHz
1 s	2.5 Hz ≤ f ≤ 100 kHz
2 s	1.25 Hz ≤ f ≤ 50 kHz
5 s	0.5 Hz ≤ f ≤ 20 kHz
10 s	0.25 Hz ≤ f ≤ 10 kHz
20 s	0.15 Hz ≤ f ≤ 5 kHz
Auto	0.1 Hz ≤ f ≤ 500 kHz

Tabelle 2:  
WT1800E Messraten (Update Rate) mit den dazugehörigen Frequenzbereichen.

ge die Frequenzen und errechnet lückenlos die Effektiv- und Leistungswerte.

### Nützliche Messfunktionen inklusive

Die bisherigen Optionen /HS, /DT und /FQ sind beim WT1800E standardmäßig enthalten. Die HS-Option ermöglicht bis zu 1000 Messungen/s, um schnelle Änderungen innerhalb der Grundwelle beim Beschleunigen und Abbremsen von Antrieben zu erfassen.

Die DT-Option ermittelt bei mehrphasigen Systemen die nicht-gemessenen Werte rechnerisch. Dies sind z. B. bei einer Messung mit Außenleiterspannungen (Dreieck-Verdrahtung) die Werte der Stern-Verdrahtung (Strangspannungen, Phasenleistungen und Neutralleiterstrom).

Mit der FQ-Funktion lassen sich mit dem WT1800E standardmäßig bis zu zwölf Frequenzen (sechs Ströme und sechs Spannungen) messen.

CF	Bereich	Effektivwert-Messbereich	max. Anzeigebereich	max. Spitzenbereich
CF3	1 Arms (100%)	1.1 Arms (110%)	1.4 Arms (140%)	3 Apk (300%)
CF6	1 Arms (100%)	1.1 Arms (110%)	1.4 Arms (140%)	6 Apk (600%)
<b>CF6A</b>	1 Arms (100%)	<b>2.2 Arms (220%)</b>	<b>2.8 Arms (280%)</b>	6 Apk (600%)

Tabelle 3: Erklärung von CF3, CF6 und dem neuen CF6A beispielhaft mit dem 1 Arms Messbereich.

### Crest Faktor CF6A für extrem verzerrte Signale

Der Crest Faktor (CF) steht für die Dynamik der Eingänge, also um wie viel ein Messbereich übersteuert werden kann. Es geht dabei nicht um den Scheitelfaktor des Signals! Yokogawas Leistungsanalysatoren zeichnen sich durch fest einstellbare Crest Faktoren über alle Messbereiche aus. Das ist unter den Leistungsanalysatoren einzigartig und spricht für ein besonders gutes Hardware-Design. Der WT1800E bietet die Auswahl zwischen CF3 und CF6 sowie neu nun auch CF6A (Tabelle 3). Diese enorme Dynamik aller Strom- und Spannungseingänge ermöglicht eine effiziente Erfassung im optimalen Effektivwert-Messbereich sehr verzerrter Signale, wie bei Frequenzumrichtern oder in der Standby-Leistungsmessung.

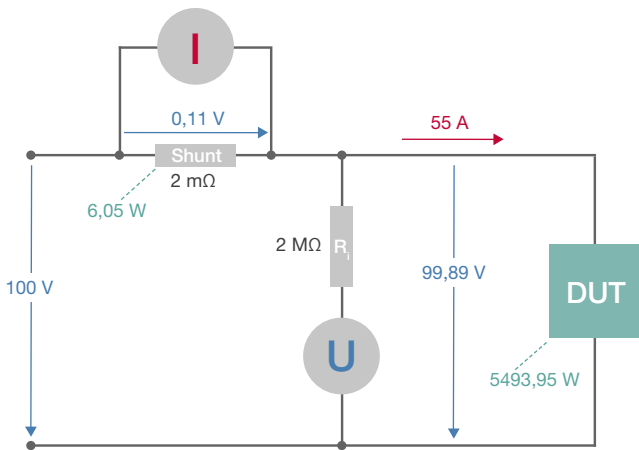
### Automatische Messbereichseinstellung während der Energiemessung

Energiezähler haben nur einen Strommessbereich. Folglich ist der Messbereichsfehler bei geringem Stromfluss (beispielsweise Standby) sehr hoch. Der WT1800E hat mehrere Strommessbereiche und kann während der Energiemessung (wenn der Verbraucher vom Normalbetrieb in Standby schaltet) den optimalen Strommessbereich automatisch einstellen und somit eine lückenlose Integration garantieren.

Außerdem kann er positive und negative Energie getrennt berechnen und so die gekaufte/verkaufte Menge bei Solaranlagen separat ausweisen. Damit lässt sich auch bei Batterien die Auflade- bzw. Entladeenergie ermitteln.

### Modbus/TCP (Ethernet) und EtherCAT

Mit Hilfe des Modbus/TCP Protokolls lassen sich Leistungsmesswerte an SPS-Steuerungen (z. B. SIEMENS S7) übertragen. Dies ist eine einfache Möglichkeit, den WT1800E in eine SPS-Umgebung einzubinden. Ebenso können Messwerte an einen Yokogawa Datenlogger der SmartDAC+ Serie übermittelt werden. Verbindungen zu EtherCAT-Systemen werden mit einem externen Adapter aufgebaut.



	Strom	Spannungsabfall $U = I \times 2 \text{ m}\Omega$	Verlustleistung $P = I^2 \times 2 \text{ m}\Omega$
Größter Strom	55 A	110 mV	6,05 W
Messbereiche	50 A	100 mV	5 W
	20 A	40 mV	800 mW
	10 A	20 mV	200 mW
	5 A	10 mV	50 mW
	2 A	4 mV	8 mW
	1 A	2 mV	2 mW
Kleinster Strom	10 mA	20 $\mu$ V	0,2 $\mu$ W

Bei hohen Strömen ist die spannungsrichtige Messung am Verbraucher (DUT) von Vorteil. So kann die Leistungsaufnahme präzise gemessen werden.

Spannungsabfall und Verlustleistung am 2 mΩ Shunt des WT1800E.

### Einfluss des Shunt-Widerstands auf die Messgenauigkeit

## Präzise und rückwirkungsfreie Leistungsmessung

Der Widerstandswert eines Shunts ist stets ein Kompromiss. Ist er zu klein, kann der Spannungsabfall nicht mehr präzise gemessen werden. Ist er zu groß, dann ist der Einfluss durch den Spannungsabfall zu stark. Dies lässt sich ganz einfach rechnen: Der Shunt des WT1800E beträgt bei der 50A Version 2 mΩ. Damit können Ströme von 10 mA (1 % vom 1 A Bereich) bis 55 A (110 % vom 50 A Bereich) gemessen werden. Die Tabelle zeigt den jeweiligen Spannungsabfall am Shunt und die aufgenommene Verlustleistung.

Ein Spannungsabfall von 110 mV oder kleiner wird bei einer Speisespannung von z.B. 100 V kaum auffallen. Was ist jedoch mit der Verlustleistung? Bei 100 V und der daraus folgenden Gesamtleistung von 55 A × 100 V = 5500 W beträgt diese immerhin 6,05 W, was 0,11 % entspricht. Soll die Leistungsaufnahme eines Verbrauchers ermittelt werden, so spielt die Verlustleistung im Shunt bei spannungsrichtiger Messung praktisch keine Rolle. Die Leistung, die sich durch die Multiplikation der 55 A mit der direkt am Verbraucher gemessenen Spannung ergibt, ist die tatsächlich aufgenommene Leistung des Verbrauchers (Bild).

Schließt die Messaufgabe jedoch sowohl die Quelle als auch den Verbraucher ein, so fehlen 6,05 W in der Gesamtbilanz, die das Leistungsmessgerät aufnimmt. Hätte der Shunt einen Widerstandswert von 10 mΩ, so würden die 6,05 W Verlustleistung bereits bei einem Strom von 24,6 A fehlen. Bei noch höheren Strömen steigt die Verlustleistung aufgrund des quadratischen Zusammenhangs  $P = I^2 \times R$  dramatisch an. Dies beeinflusst zudem die Temperaturstabilität des Messgeräts. Der 2 mΩ Shunt des WT1800E stellt eine ausgewogene Lösung dar und ermöglicht präzise Messungen über einen weiten Strom- und Temperaturbereich.

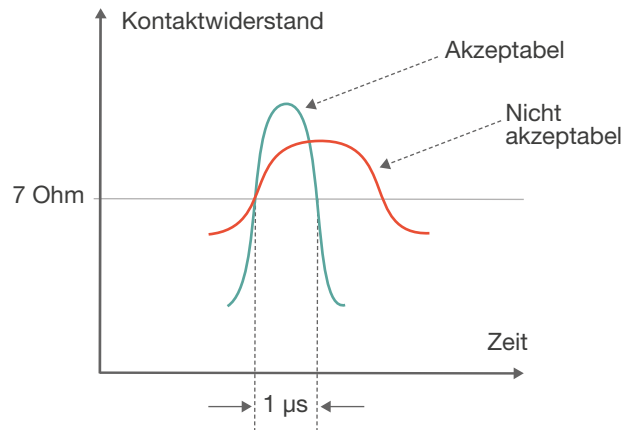
Bei manchen Anwendungen stören jedoch selbst kleinste Shunts. Beispielsweise bei akkubetriebenen Geräten, wo hohe Ströme bei niedrigen Speisespannungen zu messen sind. Gerade hier gibt es Produkte mit ausgeklügelten Regelkreisen, bei denen geringe Impedanzänderungen ein Fehlverhalten verursachen können. In diesen Fällen lassen sich Nullflussstromwandler vorteilhaft einsetzen. Bei diesen treten aufgrund des Kompensationsprinzips kein Spannungsabfall und somit auch kein Leistungsverlust auf.

Von: Anna Krone, Produktspezialistin  
 Scopercorder und Oszilloskope

11



Kombinierte Darstellung der Trendanzeige und der schnellen Unterbrechungen inklusive statistischer Auswertung (beispielhafte Darstellung).



Akzeptanzkriterien für Kontaktunterbrechung.

## Kontaktunterbrechungen mit ScopeCorder oder Oszilloskop untersuchen Zuverlässigkeitsprüfung von Steckverbindern

Der Qualitätssicherung von Steckverbindern kommt im Automotive-Bereich eine hohe Bedeutung zu. Schließlich dürfen im Fahrzeug trotz der häufigen Temperaturwechsel und der starken Vibrationen keine Kontaktunterbrechungen auftreten. Um reale Einsatzbedingungen zu simulieren, werden die Stecker in einem normierten Prüfaufbau gleichzeitig in der Klimakammer und auf einem Shaker getestet. Je nach Einsatzbereich des Steckverbinders gibt es unterschiedliche Prüfbedingungen. Eine dieser Bedingungen beschreibt, dass die Kontaktunterbrechung bei einem Widerstandswert von 7 Ohm nicht größer als 1 µs sein darf.

Die Herausforderung bei dieser Prüfung ist einerseits die hohe Kanalzahl aufgrund der vielen zu testenden Kontakte und andererseits die Trigger-Bedingung, die theoretisch eine ODER-Triggerung auf allen Kanälen inkl. einer Pulsbreiten-Kombination erfordert. Mit dem ScopeCorder DL850E, der über 16 isolierte Eingänge mit einer Abtastrate von bis zu 100 MS/s verfügt, lässt sich diese Messaufgabe lösen. Zuerst wird mit dem ODER-Flanken-Trigger das Überschreiten des Widerstandswertes auf jedem Kanal erfasst. Die

Dual-Capture-Funktion ermöglicht neben der Erfassung der schnellen Kontaktunterbrechungen gleichzeitig die komplette Prüfmessung mit aufzuzeichnen. Nach der Messung lassen sich dann die Unterbrechungszeiten mit einer statistischen Auswertung über alle Kanäle ermitteln und bzgl. der Akzeptanzkriterien analysieren und filtern. Dieses Lösungskonzept bietet einen schnellen Überblick, ob und welcher Steckverbinder sich länger als 1 µs gelöst hat und somit bei der Qualitätsprüfung durchgefallen ist.

Sind in der Prüfbedingung kürzere Unterbrechungsgrenzwerte vorgeschrieben, können die Oszilloskope DLM2000 (4-Kanal) und DLM4000 (8-Kanal) anstelle des DL850E verwendet werden.

**Dual-Capture:** Bei dieser Funktion wird die Langzeiterfassung über zwei unterschiedliche Abtastraten in der Darstellung und Datenmenge optimiert. Die langsame Abtastrate (max. 100 kS/s) dient dem allgemeinen Überblick und dazu, die Datenmenge zu reduzieren. Im Fehlerfall liefert die schnelle Abtastrate (max. 100 MS/s) die erforderlichen Signaldetails.

## Dreitägiger Praxis-Workshop

# Intensivtraining Leistungsanalyse

**Workshop-Themen:**

- Grundlagen der Leistungsmessung  
U, I, P, Q, S, Lambda
- Wie funktioniert ein Leistungsanalysator?
- Bedienung der Geräte
- Einphasige- und dreiphasige Anwendungen
- Stern-, Dreieckschaltung und Delta-Berechnung
- Filter
- Transiente Leistungsmessung
- Wirkungsgradmessung

Während unserer eintägigen Seminare zur Leistungsmessung erläutern wir möglichst viele Themen, die durch diverse Live-Messungen deutlich gemacht werden. Als Ergänzung dazu soll der Praxis-Workshop nicht nur die Theorie liefern, sondern jeder Teilnehmer kann die Themen praktisch umsetzen. Theoretische und praktische Teile wechseln sich laufend ab. In ruhiger und entspannter Umgebung soll für jeden Teilnehmer die Möglichkeit bestehen, seine Fragen zu stellen und möglichst viel praktisch zu erproben. Dazu trägt auch der zeitliche Rahmen bei, denn der Workshop läuft über drei Tage. Die langjährig erfahrenen Spezialisten von Yokogawa stehen Ihnen zur Verfügung. Ganz nebenbei übt sich jeder Teilnehmer auch in der Bedienung der Geräte. So werden anhand unterschiedlicher Anwendungen neben der zuverlässigen Durchführung von Messungen, auch die Interpretation der Messergebnisse erlernt.

**Der Workshop findet vom 23. bis 25. Januar 2017 statt.**

Die Teilnehmerzahl ist auf maximal 12 Personen begrenzt.

**Anmeldeschluss ist der 23.12.2016.** Bitte melden Sie sich rechtzeitig an.

Weitere Details und Anmeldung auf unserer Webseite.

<http://tmi.yokogawa.com/de>

unter **ÜBER ► EVENTS**

## Events

**Yokogawa Power Meter Seminar**

19. Oktober 2016  
Ort: Fraunhofer IISB in Erlangen

**Yokogawa Seminare Optische Messtechnik**

27. Oktober 2016  
Ort: Park Inn by Radisson Mainz  
22. November 2016  
Ort: Leibniz-Institut in Jena

**electronica 2016**

08. bis 11. November 2016  
Messe München  
Halle A1 - Stand A1.117

**Praxis-Workshop Leistungsmessung**

23. bis 25. Januar 2017  
Ort: Herrsching am Ammersee

Weitere Details unter:

<http://tmi.yokogawa.com/de>  
unter **ÜBER ► EVENTS**

## SmartDAC+ Datenlogger GM10 - Preisaktion

## Zurück in die Gegenwart!



Analysieren Sie die Messdaten der Vergangenheit, ohne die Gegenwart aus den Augen zu lassen. Im Zuge unserer **Preisaktion** erhalten Sie noch bis zum Ende dieses Jahres beim Kauf eines GM10 Datenerfassungssystems mit mindestens drei Modulen ein weiteres Modul Ihrer Wahl kostenfrei dazu\*.

Der modulare Datenlogger GM10 basiert auf einem Baukastensystem, das sich auf bis zu 10 Module mit bis zu 420 Kanälen erweitern lässt. Es stehen dazu insgesamt 7 verschiedene Ein-/Ausgangsmodule zur Auswahl.

\*Die Aktion ist nicht mit anderen Rabatten kombinierbar. Die Preise verstehen sich zzgl. der gesetzl. MwSt. Yokogawa Deutschland behält sich jederzeit den Widerruf dieser Aktion vor. Gültig bis zum 31. Dezember 2016