

WT1800E mit verbesserter Genauigkeit der Leistungsanalyse

Bei der Leistungsmessung in der Antriebstechnik wird höchste Präzision und Zuverlässigkeit gefordert. Der neue WT1800E bietet eine höhere Genauigkeit und ist noch flexibler einsetzbar als sein Vorgänger.

UGUR GÜRSOY *

Die Historie der 6-phasigen Leistungsanalysatoren mit mechanischer Leistungsmessung hat bei Yokogawa mit dem WT1600 im Jahr 2001 begonnen. Der WT1600 und sein Nachfolger WT1800 haben sich weltweit, und hier vor allem für die Antriebstechnik, etabliert.

Für den Anwender zeichnen sich die Geräte durch hohe Zuverlässigkeit und Messgenauigkeit aus. Das liegt vor allem daran,

dass die Messgeräte eine 6-phasigen Leistungsmessung (3-phasig vor dem Frequenzumrichter und 3-phasig danach) plus der mechanischen Leistungsmessung beherrschen. Somit kann beispielsweise präzise und schnell mit einem Messgerät der Gesamtwirkungsgrad eines Antriebssystems bestimmt werden.

Ein kalibrierter Leistungsanalysator ist unabdingbar

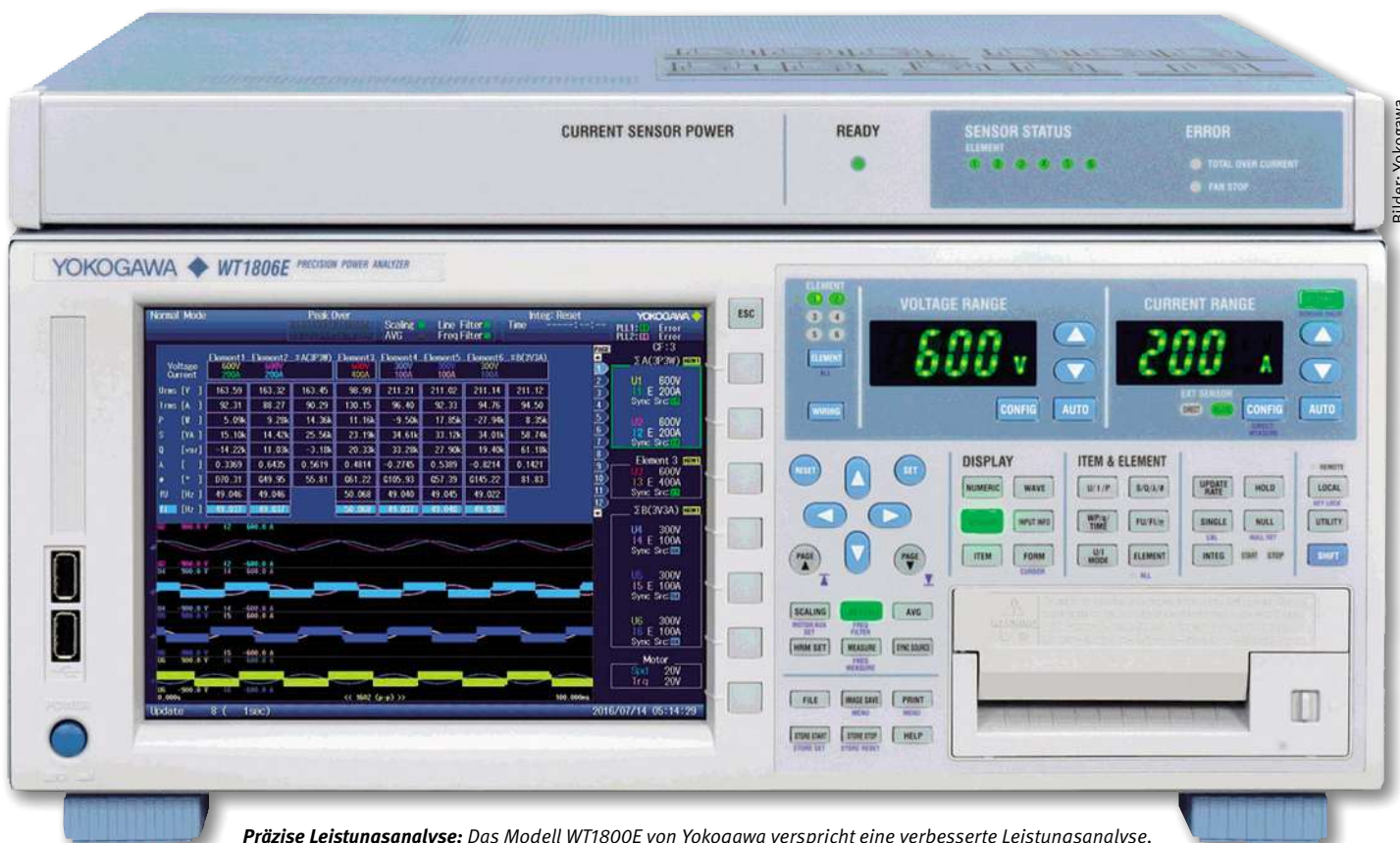
In zahlreichen Prüfständen wie beispielsweise in der Antriebstechnik, Elektromobilität, Pumpensysteme, Bahntechnik, erneuerbare Energien oder bei Stromversorgungen werden die 6-phasigen Leistungsanalysato-

ren von Yokogawa zuverlässig und vielseitig eingesetzt. In der Industrie und in den Privathaushalten steigt der Energieverbrauch stetig an. Alternative Energiequellen aus Wind und Sonne werden immer wichtiger. Die Elektromobilität macht große Fortschritte und erlangt weltweit Schritt für Schritt mehr Akzeptanz. Die Entwicklungsingenieure sind sowohl auf der Erzeugerseite als auch auf der Anwenderseite bestrebt, sehr effiziente Systeme zu entwickeln und die vorgegeben Normen einzuhalten. Dabei zählt es, jede kleine Verbesserung nachweislich zu dokumentieren und zu bestätigen. Für die Entwicklungen und Verbesserungen solcher elektrischer Systeme sind dedizierte Leis-



*Ugur Gürsoy

... ist Produktspezialist für Leistungsmesstechnik bei Yokogawa Deutschland in Herrsching.



Bilder: Yokogawa

Präzise Leistungsanalyse: Das Modell WT1800E von Yokogawa verspricht eine verbesserte Leistungsanalyse.

tungsanalysatoren notwendig, die spezifizierte Messgenauigkeiten für die Wirkleistung bei verschiedenen Frequenzen besitzen.

Solche nachweiserfordernde Messungen lassen sich nur mit kalibrierten Leistungsanalysatoren ermitteln. Weder Oszilloskope noch Transientenrekorder inklusive umfangreicher Software-Funktionen eignen sich für solche Abnahmemessungen. Diese besitzen die erforderlichen, garantierten Spezifikationen für die Leistungsanalyse nicht. Der dedizierte Leistungsanalysator des Typs **WT1800E** bietet direkte Strom- und Spannungseingänge, umfangreiche Genauigkeitsspezifikationen für die Leistungsanalyse, ist flexibel und für den Anwender zuverlässig durch reproduzierbare Messergebnisse.

Ein Vergleich zum Modell WT1800 und was es bietet

Verbesserte Messgenauigkeit: In den unteren Frequenzbereichen von DC bis 66 Hz weist der WT1800E eine verbesserte Leistungsmessgenauigkeit gegenüber seinem Vorgänger auf. Das zeigt auch die Tabelle 1. Hervorzuheben sind die Verbesserungen bei DC und zwischen 45 bis 66 Hz. Diese Frequenzbereiche werden oft zu Vergleichen mit anderen Leistungsanalysatoren herangezogen. Schon der Vorgänger WT1800 wies in seiner Klasse garantierte Spezifikationen in allen Frequenzbereichen auf. Das Modell WT1800E übertrifft diese nochmals und hebt die Präzision und die Zuverlässigkeit der Leistungsanalysatoren ein weiteres Mal. Folgende wichtige Hinweise sind in diesem Zusammenhang noch zu beachten. Die angegebenen, garantierten Genauigkeiten beziehen sich auf Effektivwert-Messbereiche und gelten bei einer Messbereichsaussteuerung von 1 bis 110 Prozent.

Eine besondere Herausforderung für die Leistungsanalysatoren entsteht, wenn sich die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung 90° nähert und der Leistungs-

FREQUENZ	WT1800	WT1800E
DC	$\pm(0.05\% \text{ of reading} + 0.1\% \text{ of rms-range})$	$\pm(0.05\% \text{ of reading} + 0.05\% \text{ of rms-range})$
$0.1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$\pm(0.3\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of rms-range})$	$\pm(0.08\% \text{ of reading} + 0.1\% \text{ of rms-range})$
$10 \text{ Hz} \leq f < 45 \text{ Hz}$	$\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of rms-range})$	$\pm(0.08\% \text{ of reading} + 0.1\% \text{ of rms-range})$
$45 \text{ Hz} \leq f < 66 \text{ Hz}$	$\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.05\% \text{ of rms-range})$	$\pm(0.05\% \text{ of reading} + 0.05\% \text{ of rms-range})$

Tabelle 1: Garantierte Spezifikationen der Wirkleistungsmessung.

DATA UPDATE RATE	MEASURING RANGE
50 ms	$45 \text{ Hz} \leq f \leq 1 \text{ MHz}$
100 ms	$25 \text{ Hz} \leq f \leq 1 \text{ MHz}$
200 ms	$12.5 \text{ Hz} \leq f \leq 500 \text{ kHz}$
500 ms	$5 \text{ Hz} \leq f \leq 200 \text{ kHz}$
1 s	$2.5 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$
2 s	$1.25 \text{ Hz} \leq f \leq 50 \text{ kHz}$
5 s	$0.5 \text{ Hz} \leq f \leq 20 \text{ kHz}$
10 s	$0.25 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$
20 s	$0.15 \text{ Hz} \leq f \leq 5 \text{ kHz}$
Auto	$0.1 \text{ Hz} < f \leq 500 \text{ kHz}$

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

faktor λ (Power Faktor PF) gegen Null geht. Bei einer Phasenverschiebung von $\phi = 90^\circ$ ist die Wirkleistung $P = 0 \text{ W}$. Strom und Spannung durchlaufen unterschiedliche Signalfade. Daraus resultiert eine geringe Abweichung in den Strom- und Stromsignallaufzeiten. Das führt zu der gerätespezifischen, internen Phasenabweichung eines dedizierten Leistungsanalysators. Folglich wird ein $P \neq 0 \text{ W}$ angezeigt werden. Beim WT1800E hat sich diese Spezifikation auf $\Delta P = \pm 0,07\%$ of

S (S steht für die Scheinleistung) verbessert. Beim Vorgänger betrug der Wert 0,1 Prozent. Der Einfluss der internen Phasenabweichung wird bei Yokogawa Leistungsanalysatoren für alle Leistungsfaktoren λ in den Spezifikationen berücksichtigt.

Solche Spezifikationen zeichnen die dedizierten Leistungsanalysatoren aus. Sind bei einem Messgerät die Strom- und Spannungseingänge nicht aufeinander abgestimmt, kommen sie an ihre Grenzen und besitzen

auch keine Spezifikationen bei verschiedenen Leistungsfaktoren.

Ein zweiter Punkt ist die **integrierte Versorgungseinheit für Nullflussstromwandler**. Wahlweise kann der Leistungsanalysator mit der Option /PD bestellt werden. Dann besteht die Messlösung aus der festeingebauten Versorgungseinheit für sechs Nullflussstromwandler von LEM, was einen kompakten Aufbau ohne externe Versorgungseinheiten erlaubt. Zur Wahl stehen vorkonfektionierte Verbindungskabel zum direkten Stromeingang oder zum BNC-Stromsensoreingang.

Ein dritter Unterschied ist die **Automatische Messrate (Auto Update Rate)**. Der WT1800E bietet neun feststellbare Messraten von 50 ms bis 20 s mit Genauigkeitsangaben. Hinzugekommen ist die automatische Messrate. Für die richtige Effektivwert- und Leistungsberechnungen muss mindestens eine volle Periode im Messfenster erfasst werden. Für die exakte Frequenzmessung werden 2,5 Perioden benötigt. In der Tabelle 2 wird dieser Zusammenhang erläutert. Bei Messungen mit unbekannten Drehzahlen, beispielsweise Anlauf- und Abbremsvorgängen oder bei fluktuierenden Anwendungen, ist die automatische Messrate die optimale Einstellung, wenn man sich auf eine lange, feste Messrate nicht festlegen will. Somit erkennt der Leistungsanalysator anhand der ermittelten Nulldurchgänge die Frequenzen und errechnet lückenlos die Effektiv- und Leistungswerte.

Ein nächster Punkt sind die **Messfunktionen**. Die bisherigen Optionen /HS, /DT und /FQ werden beim WT1800E standardmäßig mitgeliefert. Die HS-High-Speed-Messung ermöglicht bis zu 1000 Messungen in der Sekunde. Sehr schnelle Änderungen innerhalb der Grundwelle beim Beschleunigen und Abbremsen, wie sie in der Elektromobilität oder Linearantrieben vorkommen, werden erfasst.

DT steht für Delta Transformation: Dabei werden bei mehrphasigen Systemen die nicht-mitgemessenen Werte rechnerisch ermittelt. Beispielsweise werden bei einer Messung mit Außenleiterspannungen (Dreieck-Verdrahtung) die Werte der Stern-Verdrahtung (Strangspannungen, Phasenleistungen und Neutralleiterstrom) berechnet. Mit der FQ-Funktion können standardmäßig bis zu zwölf (sechs Ströme und sechs Spannungen) Frequenzen gemessen werden.

Crest-Faktor CF6A für extrem verzerrte Signale

Crest-Faktor (CF) steht in diesem Fall für die Dynamik der Eingänge, also um wie viel ein Messbereich übersteuert werden kann.



Rückseite: Der WT1800E ist für die Elektromobilität oder zur Analyse von Linearantrieben geeignet.

CF	RANGE	EFFECTIVE INPUT RANGE	MAX. VISIBLE LEVEL	MAX. PEAK LEVEL
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%)
CF6A	1 Arms (100%)	2.2 Arms (220%)	2.8 Arms (280%)	6 Apk (600%)

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

Es geht dabei nicht um den Crest-Faktor oder Scheitelfaktor des Signals. Alle Leistungsanalysatoren des Herstellers Yokogawa zeichnen sich durch fest einstellbare Crest-Faktoren über alle Messbereiche aus.

Das ist unter den Leistungsanalysatoren nicht selbstverständlich und spricht für das Hardware-Design von Yokogawa. WT1800E bietet die Auswahl zwischen CF3, CF6 und CF6A. Die Erneuerung gegenüber dem Vorgänger ist CF6A. In der Tabelle 3 werden die drei zur Auswahl stehenden Crest-Faktoreinstellungen beispielhaft im Messbereich von 1 A_{rms} erklärt.

Diese große Dynamik aller Strom- und Spannungseingänge ermöglicht es, eine effiziente Erfassung im optimalen Effektivwert-Messbereich sehr verzerrter Signale, die beim Frequenzumrichter oder in der Standby-Leistungsmessung auftreten können.

Hinzugekommen ist die **Automatische Messbereichseinstellung während der Energiemessung**. Energiezähler, wozu auch die Haushaltszähler gehören, haben nur einen Strommessbereich. Folglich ist der Messbereichsfehler bei geringem Stromfluss wie im Standby sehr hoch. Leistungsanalysatoren haben mehrere Strommessbereiche.

WT1800E kann auch während der Energiemessung, also wenn der Verbraucher vom Betriebsmodus in den Standby schaltet, den Strommessbereich automatisch einstellen

und somit eine lückenlose Integration garantieren. Er ist auch in der Lage, positive und negative Energie separat zu berechnen und die gekaufte/verkaufte Menge bei Solaranlagen. Diese Funktion kann auch bei Batterien angewendet werden, um die Auflade- bzw. Entladeenergie zu ermitteln.

Vernetzte Geräte und kostenlose Softwarepakete

Für die Vernetzung der Geräte sind **Modbus/TCP (Ethernet) und EtherCAT** hinzugekommen. Die Leistungsmesswerte werden mit Hilfe des Modbus/TCP-Protokolls an SPS Steuer- und Regeleinheiten (SIEMENS S7) übertragen. Es besteht somit eine Möglichkeit, den Leistungsanalysator an eine SPS-Umgebung einzubinden. Ebenso können Messwerte an einen papierlosen Yokogawa-Schreiber (GP20) übermittelt werden. Verbindungen zu EtherCAT-Systemen werden mit einem externen Adapter aufgebaut.

Schließlich kommen noch **kostenlose Softwarepakete** hinzu. Dazu gehören WTVierwerFreeE, PCMS-Standby-Software sowie verschiedene Schnittstellen- und Labview-Treiber. Der integrierte Webserver erlaubt es, via Webbrowser und völlig ohne Spezialsoftware die Messungen auf mehreren Computern zu verfolgen.

// HEH

Yokogawa