

Pipeline-Verarbeitung im WT1800 Echtzeit-Leistungsmessungen

Speziell für sehr schnelle Leistungsmessungen gibt es den Präzisionsleistungsanalysator WT1800, der mit seiner High-Speed-Option bis zu 1.000 Messungen pro Sekunde ermöglicht.

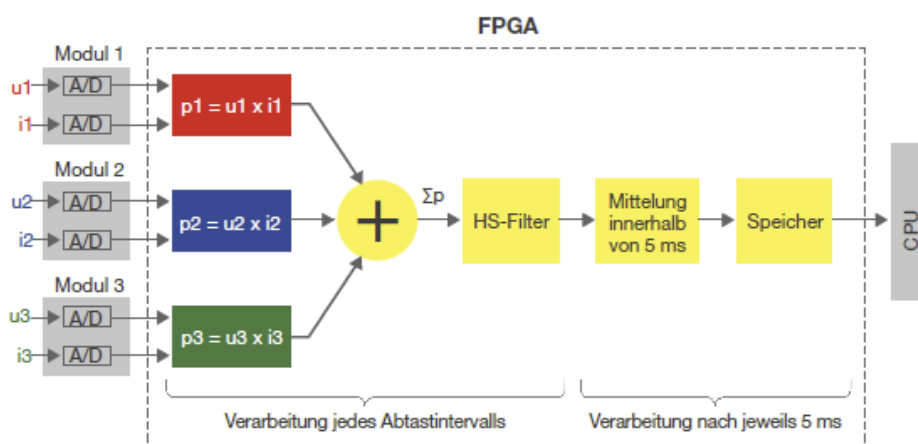
Um höhere Wirkungsgrade zu erreichen, arbeiten Umrichter und Wechselrichter mit immer höheren Frequenzen und schnelleren Schaltern. Genaue Messungen sind damit nur noch mit Leistungsmessern möglich, die einen breiteren Frequenzbereich abdecken. Außerdem müssen diese Geräte in der Lage sein, die Leistung nicht nur im stationären Zustand bei geringen Schwankungen von Frequenz und Amplitude zu messen, sondern auch im nichtstationären Zustand, wenn der Motor beschleunigt oder verzögert.

Der Leistungsanalysator WT1800 wurde speziell im Hinblick auf diese Forderungen entwickelt. Gegenüber den Vorgängermodellen zeichnet er sich bereits durch eine zehnfach höhere Abtastgeschwindigkeit von 2 MS/s und einen fünffach größeren Frequenzbereich von 5 MHz aus. Der WT1800 lässt sich außerdem mit einem High-Speed-Datenerfassungsmodus (Option /HS) zur Messung von Leistung im nichtstationären Zustand erweitern. Die Standardversion des WT1800 kann Spannung und Strom auf drei Phasen mit einer Aktualisierungsrate von 50 ms messen. Mit der High-Speed-Option ist dies alle 5 ms (externe Synchronisation abgeschaltet) oder sogar im 1 ms Raster (externe Synchronisation eingeschaltet) möglich.



Schnelle Echtzeit-Verarbeitung

Um die Abtastraten beim WT1800 erhöhen zu können, musste die Echtzeit-Berechnung der Leistung beschleunigt werden. Dies wurde durch den Einsatz eines speziellen FPGA-Bauteils (Field Programmable Gate Array) erreicht, das für solche Leistungsberechnungen optimiert ist. Das FPGA rechnet die von den A/D-Wandlern erhaltenen Messdaten in verschiedene Werte um wie z. B. einfache Mittelwerte von Spannung und Strom (DC), gleichgerichteter Mittelwert bezogen auf den Effektivwert (MEAN), echter Effektivwert (RMS) und Wirkleistung (P).

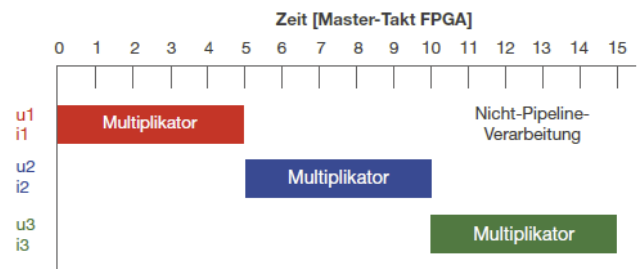


Messprinzip des High-Speed-Datenerfassungsmodus mit der Pipeline-Verarbeitung. Der Unterschied zum Standard-Verfahren ist unten dargestellt.

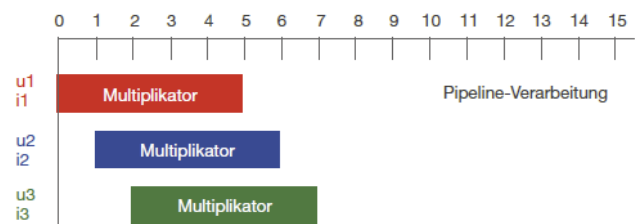
In lang integrierenden Leistungsanalysatoren werden diese Berechnungen normalerweise von einem digitalen Signalprozessor (DSP) mit entsprechender Firmware, also von universell einsetzbaren Bauelementen ausgeführt. Dadurch lassen sich derartige Berechnungen meist kaum beschleunigen. Das für schnelle Leistungsberechnungen optimierte FPGA im WT1800 enthält für jeden Prozess spezielle Rechner, wodurch Parallel- und Pipeline-Verarbeitungen möglich sind.

Höhere Geschwindigkeit durch Pipeline-Verarbeitung

Benötigt das FPGA beispielsweise für eine Multiplikation 5 Takte, dann liegt das Ergebnis beim 5. Takt vor. Ohne eine Pipeline-Verarbeitung ist eine Eingabe des nächsten Wertes erst im 6. Takt möglich und das Resultat ist im 10. Takt verfügbar. Bei einer Pipeline-Verarbeitung kann der zweite Wert dagegen bereits im darauffolgenden Takt verarbeitet werden. Somit ist das Ergebnis der Berechnung von Wert 2 beim 6. Takt abrufbar. Bei der Pipeline-Verarbeitung werden in jedem Takt Ergebnisse ausgegeben. Werden insgesamt 12 Werte (u1 bis u6 und i1 bis i6) nach der Abtastung in das FPGA eingespeist, wird ein Wert pro Takt berechnet. Da ein vollständiger Datensatz aus 12 Werten besteht, ist eine Eingabe der nächsten Abtastwerte schon ab dem 12. Takt möglich. Für jede Abtastung addiert der Zwischenspeicher alle Daten. Bei der anschließenden Aktualisierung der Messwerte dividiert der für die Mittelwertbildung zuständige Rechner die im Zwischenspeicher aufgelaufene Summe durch die Anzahl der Abtastungen und schickt diesen Mittelwert an die CPU. Auf diese Weise kann ein einziges FPGA die Berechnungen für sechs Module übernehmen, wobei eine Echtzeit-Verarbeitung mit einer Abtastrate von 2 MS/s gewährleistet wird.



In der Nicht-Pipeline-Verarbeitung werden die Berechnungen sequentiell, d.h. nacheinander ausgeführt. Ergebnisse werden erst nach jeweils 5 Takten ausgegeben.

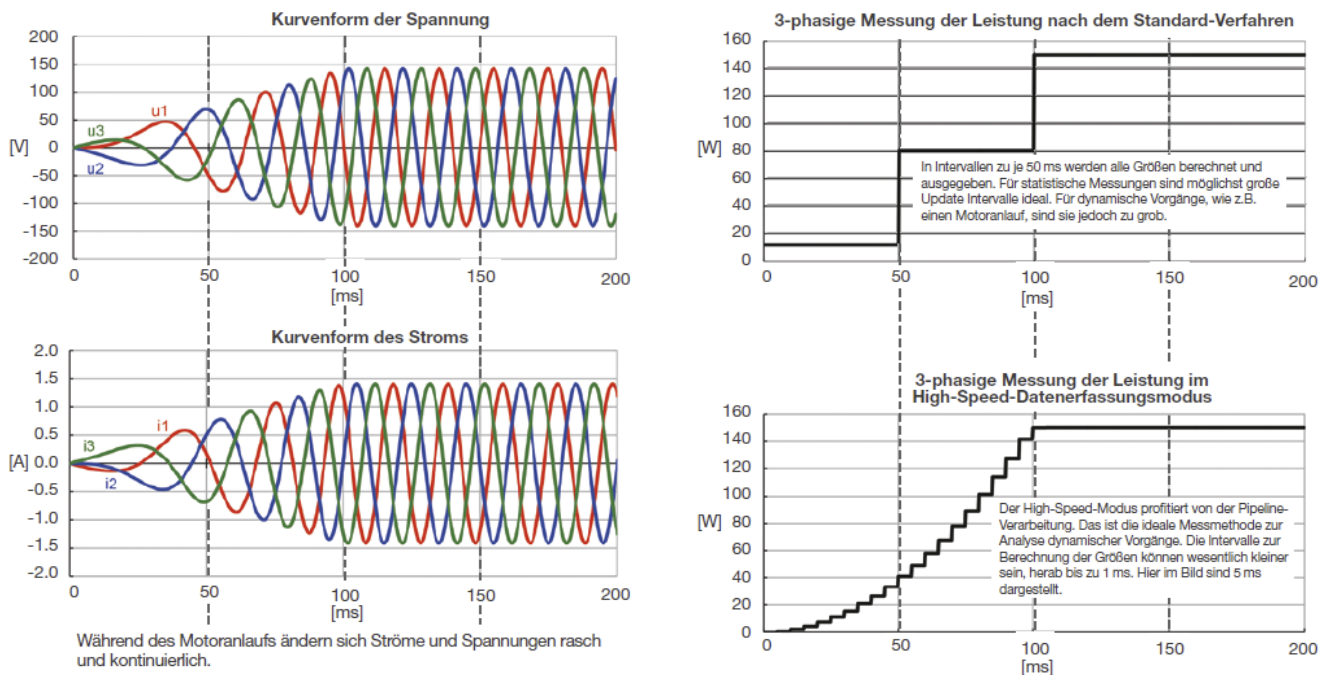


Die Pipeline-Verarbeitung lässt die Berechnungen quasi parallel ablaufen. Mit jedem Takt steht ein Ergebnis zur Verfügung.

High-Speed-Modus

Ist beispielsweise das Beschleunigen oder Abbremsen eines Motors genauer zu untersuchen, dann liefert die Standard-Aktualisierungsrate des WT1800 von 50 ms meist keine ausreichende Auflösung. Mit der High-Speed-Datenerfassungsoption lässt sich die elektrische Leistung dagegen 3-phasig in einem Zeitraster von 5 ms beobachten, also mit einer um den Faktor 10 höheren zeitlichen Auflösung. Hierzu werden die vom Eingangsmodul erfassten Augenblickswerte von Spannung (u) und Strom (i) jeder Phase multipliziert, um die Momentanwerte der Leistung zu erhalten. Für die Berechnung der 3-Phasenleistung (Σp) werden diese nachfolgend addiert. Die Werte durchlaufen anschließend einen Tiefpassfilter (HS-Filter) und werden nach jeweils 5 ms gemittelt und im internen Speicher abgelegt. Die Messergebnisse von je 200 Werten pro Sekunde werden dann in einen externen USB-Speicher oder zu einem PC übertragen. Das HS-Filter unterdrückt unerwünschte Schwankungen der Messungen. Die Grenzfrequenz des Filters ist von 1 Hz bis 1 kHz einstellbar, zudem ist es auch abschaltbar.

Während beim Standard-Messverfahren Änderungen erst nach jeweils 50 ms erkannt werden, lässt sich im High-Speed-Datenerfassungsmodus der Wert der elektrischen 3-Phasenleistung zwischen 1 ms und 100 ms fein aufgelöst erfassen. Eine ähnliche Verarbeitung ist ebenso für die Effektivwerte der Spannungen und Ströme aller drei Phasen möglich. Außerdem ist dieses Verfahren nicht nur für die Messung von 3-Phasen-4-Leitersystemen einsetzbar, sondern durch die 3-Spannungen-3-Ströme-Methode auch für ein 3-Phasen-3-Leitersystem. Schwankungen, die durch das Umschalten der Frequenzkomponente in Umrichtern mit Pulsbreitenmodulation (PWM) auftreten, lassen sich mit der Mittelwertbildung über jeweils 5 ms und durch das HS-Filter unterdrücken.



Weitere Informationen hierzu erhalten Sie in dem Whitepaper „High-speed, Real-time Power Measurement Technologies of WT1800 Precision Power Analyzer“ (in englischer Form)
http://tmi.yokogawa.com/files/uploaded/WhitePaper_WT1800_HighSpeed.pdf