Test & Messtechnik Magazin der

YOKOGAWA 13

Measurement Technologies GmbH

QUALITY ■ INNOVATION ■ FORESIGHT

REPORTAGEN

Strukturen – SMA Solar Technology **Seite 4**

Der Maßstab – Voith Hydro **Seite 6**

Sonne und Wind – FeCon **Seite 8**

HINTERGRUND

Wirkungsgradmessungen: Je höher der Wirkungsgrad, umso wichtiger die Messgenauigkeit **Seite 10**

PARTNER

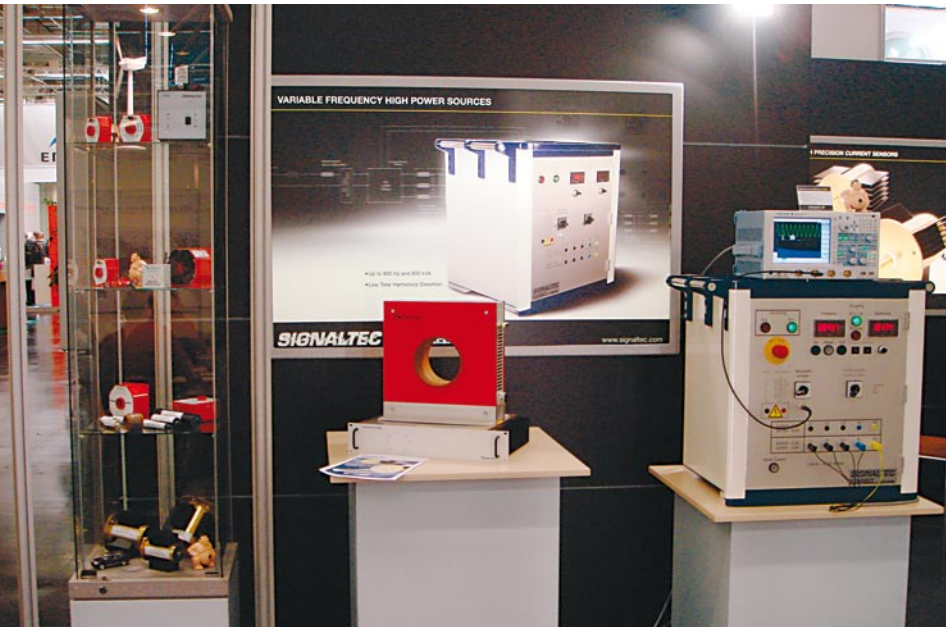
Yokogawa und Signaltec kooperieren bei der Projektierung kompletter Leistungsmesssysteme **Seite 2**

YOKOGAWA

Gemeinsam stark

Yokogawa und Signaltec kooperieren bei der Projektierung kompletter Leistungsmesssysteme

Gemeinsamer Messeauftritt auf der PCIM 2009. Rechts die frequenzvariable Hochleistungsquelle von Signaltec/Eckart mit einem Digital-Oszilloskop DL9000 von Yokogawa. Links SATURN 5000, ein System für Hochstrommessungen bis 5000 A_{eff}.



Präzision verband von Anfang an die beiden Unternehmen: Yokogawa hatte die hochgenauen Leistungsmessgeräte, Signaltec die hochgenauen Stromsensoren. Aus einer zunächst losen Zusammenarbeit ist inzwischen eine Partnerschaft geworden, durch die wir unseren Kunden nicht einfach Geräte, sondern komplette Leistungsmesssysteme anbieten können. Grund genug, um hier unseren Partner vorzustellen.

2003 gründen Horst Bezold und Richard Schoch die SIGNALTEC GmbH in Nürnberg. Dahinter steht eine langjährige Erfahrung in Leistungsmesstechnik, Leistungselektronik und Antriebstechnik. Signaltec projektiert Prüfstände und vertreibt hochpräzise Stromwandler in Europa, tritt mit Yokogawa auf Messen auf und beteiligt sich an Seminaren. Durch gemeinsame Projekte wird Yokogawa bald größter Signaltec-Kunde und Signaltec einer der zehn besten Kunden von Yokogawa.

2006 kommt mit dem MCTS das erste eigene Produkt auf den Markt. Dieses mehrkanalige Stromwandlersystem mit interner Stromversorgung ermöglicht den einfachen und vor allem EMV-sicheren Aufbau von kompletten Leistungsprüfständen.

2007 beschert dem MCTS spektakulären Erfolg: Die Verkaufszahlen liegen um das Dreifache über den Erwartungen. Der Umsatz des Unternehmens gegenüber dem Vorjahr hat sich verdoppelt.

2008 beginnt der Bau von kundenspezifischen Messsystemen und Schaltschränken mit dem Systempartner ECKART Anlagenbau GmbH sowie die Entwicklung von HF-Koaxial-Shunts für die Analyse von Impulsströmen.

2009 entwickelt Signaltec frequenzvariable Hochleistungsquellen in Zusammenarbeit mit Eckart. Die Quellen simulieren mehrphasige Netze mit Frequenzen von wenigen Hertz bis hinauf zu 800 Hz. Über den Ausgangstransformator sind praktisch alle Spannungen und Ströme realisierbar: 16 2/3 Hz für Bahnen, 400 Hz für Flugzeuge oder einfach 60 Hz für den amerikanischen Gerätemarkt. Die Quelle erspart einen Leonardsatz – mechanisch gekoppelte Gleich- und Drehstrommaschinen –, ist zuverlässig und verschleißfrei.

Präzise Messtechnik für hohe Leistungen kauft man nicht nach Katalog. Nur die fachkundige Beurteilung der individuellen Aufgabe führt zu einer optimalen Lösung. Durch die Partnerschaft können wir Ihnen die Messtechnik und die Beratung bieten, gleichgültig, ob Sie den Weg über Yokogawa oder über Signaltec einschlagen.
www.yokogawa-mt.de
www.signaltec.com

Ein Blick ins Innere der frequenzvariablen Hochleistungsquelle

Stromwandler und HF-Koaxial-Shunts

IMPRESSUM

Das Test & Messtechnik Magazin erscheint vierteljährlich.
Ausgabe 13: 3 . Quartal 2009

Herausgeber:
YOKOGAWA Measurement Technologies GmbH
Gewerbestraße 17
82211 Herrsching
Telefon 0 81 52 / 93 10-0
Telefax 0 81 52 / 93 10-60
eMail: info@yokogawa-mt.de
http://www.yokogawa-mt.de

Verantwortlich für den Inhalt:
Johann Mathä
Marketing Manager
eMail: mathae@yokogawa-mt.de

Redaktion: Burkhard Braach
eMail: info@red-a-ktion.de

Titelbild: Installation eines Generators im Wasserkraftwerk Itaipu, Brasilien/Paraguay. Foto: Voith Hydro. Reportage auf Seite 6 .

© 2009 YOKOGAWA Measurement Technologies GmbH

Printed in Germany

Es bleibt viel zu tun

Wir Energiemesstechniker blicken auf zwei äußerst erfolgreiche Jahre zurück. Und auch in diesem Jahr scheint uns die Wirtschaftskrise weitaus weniger hart zu treffen als die meisten anderen Industriebereiche. Wer hätte gedacht, dass wir einmal dabei helfen, das Beschleunigungsverhalten von Formel-1-Rennwagen elektrisch zu optimieren? Vor ein paar Jahren hätte ich nur gelächelt. Heute will ich nicht einmal ausschließen, dass sich diese Fahrzeuge in ein paar Jahren rein elektrisch fortbewegen.

Das Kyoto-Protokoll und die CO_2-Problematik verlangen einen effizienteren Umgang mit den Energieressourcen. Doch auch bei rein wirtschaftlicher Betrachtung zeigt sich schnell, dass sich die Wirkungsgradoptimierung eines elektrischen Antriebs schnell auszahlt, auch wenn der Antrieb aufgrund höherer Entwicklungs- und Produktionskosten deutlich teurer wird: Den allergrößten Anteil an den Lebenszykluskosten haben die Energiekosten.

Möglichkeiten der Optimierung elektrischer Maschinen sind zunächst konstruktiver Art. Ein größerer Kupferquerschnitt vermindert die Kupferverluste in der Ständerwicklung, höher permeable Bleche in Ständer und Läufer verringern die Eisenverluste, Kupferkäfige anstatt der üblichen Aluminiumkäfige verkleinern die Läuferverluste bei Asynchronmotoren. Bei Synchronmaschinen mit permanenten Magneten treten gar keine Läuferverluste auf. Das größte Energieeinsparpotenzial bei Elektroantrieben bietet aber die Antriebsregelung mittels Frequenzumrichter. Durch Herabsetzen der Klemmenspannung kann der Wirkungsgrad eines Elektromotors im Teillastbereich deutlich erhöht werden. Dies lässt selbst die Regelung von Antrieben sinnvoll erscheinen, welche nicht frequenzvariabel betrieben werden. Der Anteil von Frequenzumrichterantrieben wird derzeit aber auf nur 25 % geschätzt.

Und was ist unsere Aufgabe dabei? Wir müssen die Applikationen unserer Kunden noch besser verstehen und die Werkzeuge für die Optimierung von elektrischen Verbrauchern zur Verfügung stellen. So ist das Problem der präzisen und galvanisch getrennten Leistungsmessung am Mittelspannungsausgang von Umrichtern nach wie vor nicht gelöst – um nur ein Beispiel zu nennen.

Es bleibt viel zu tun. Ich freue mich darauf.

Horst Bezold

Dipl-Ing. (FH) Horst Bezold
ist Geschäftsführer der
SIGNALTEC GmbH
Johannisstraße 44
90419 Nürnberg
Tel. 0911 2550993-10
Fax 0911 2550993-13
www.signaltec.com

Yokogawa auf Messen und Veranstaltungen

6. Jenaer Technologietag
9. November 2009
Fachhochschule Jena

FlexRay Product Day
18. November 2009
Fellbach bei Stuttgart

SPS/IPC/DRIVES
24. – 26. November 2009
Messezentrum Nürnberg

Weitere Informationen auf
www.yokogawa-mt.de

Unser Kundenmagazin gratis für Interessierte

Wollen Sie noch mehr über messtechnische Möglichkeiten, Produktentwicklungen sowie spannende Anwendungen bei unseren Kunden erfahren, dann klicken Sie doch einfach mal rein unter www.yokogawa-mt.de.
Dort erhalten Sie eine komplette Übersicht aller bereits veröffentlichten Ausgaben – mittlerweile sind es schon 13 Erscheinungen mit Top-Themen – und jedes Heft als PDF zum Download. Gerne können Sie auch das Magazin abonnieren, entweder als Druckversion per Post oder als PDF per eMail.
Bitte teilen Sie uns einfach Ihre Wünsche an info@yokogawa-mt.de mit.
Wir halten Sie gern auf dem Laufenden!

Auch unsere Broschüre ‚Präzise Leistungsmessung' mit einem umfangreichen Glossar erhalten Sie gratis über www.yokogawa-mt.de

Strukturen

SMA Solar Technology AG verbindet technische Höchstleistungen mit sozialem Engagement

Die geometrischen Elemente in den Glasfronten werfen vielfältige Schatten an den Wänden und auf dem Boden. Der ganze Raum bekommt Struktur. Architektonische Kunst? Oder ‚nur' Technik?

Christian Pflüger (rechts) im Gespräch mit Michael Müller-Wachter von Yokogawa. Auf dem Boden zeichnen sich die Solarmodule ab; an der Wand reihen sich die Wechselrichter vom Typ ‚Sunny Boy'.

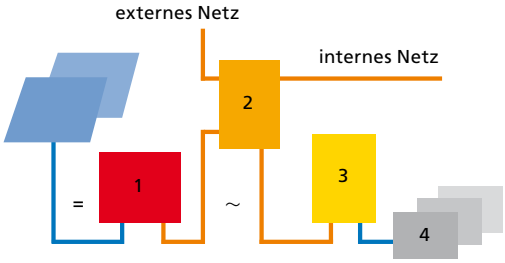
Die Gebäude der SMA Solar Technology AG in Niestetal bei Kassel zeigen, dass sich diese Begriffe nicht ausschließen. Die Solarmodule, mit denen die Fassaden verkleidet sind, dämpfen das Licht im Inneren des Gebäudes, versorgen es mit Strom und sind zugleich architektonisches Element. Selbst die Wechselrichter an der Wand gestalten den Raum, und nur der Blick auf das Display mit Leistungs- und Ertragszahlen zeigt, dass es sich um technische Einrichtungen handelt.

Das Unternehmen, gegründet 1981, entwickelt und vertreibt Solar-Wechselrichter, eine zentrale Komponente jeder Solaranlage. Als einer der Pioniere im Bereich der dezentralen erneuerbaren Energieversorgungstechnik hat SMA die Entwicklung der Solartechnologie maßgeblich vorangetrieben. Inzwischen ist SMA weltweiter Marktführer unter den Herstellern von Solarwechselrichtern und in elf Ländern auf vier Kontinenten mit eigenen Niederlassungen vertreten.

2008 konnte SMA den Konzernumsatz gegenüber dem Vorjahr mehr als verdoppeln – ein enormer Erfolg, der vor allem von der hohen Motivation der Mitarbeiter begründet wird. Das Unternehmen wurde in den vergangenen Jahren mehrfach für die besondere Unternehmenskultur und herausragenden Arbeitgeberleistungen ausgezeichnet, aktuell erneut vom Great Place to Work Institute als eine der besten Arbeitgeber 2009 in Deutschland und auf europäischer Ebene. Auch das soziale Engagement wird ausdrücklich gefördert. SMA hat hier jüngst eine eigene Stelle ‚Corporate Social Responsibility' eingerichtet.

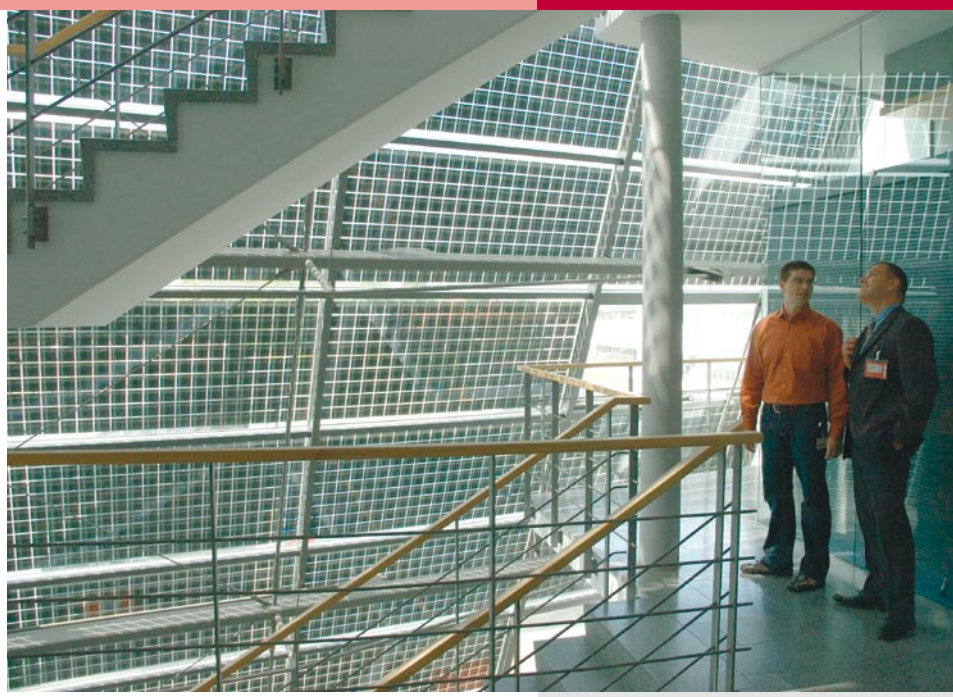
Innovationskraft bewies SMA mit seinen Solar-Wechselrichtern, die den Gleichstrom der Solarmodule auf übliche Wechselspannungen von 230 V / 400 V 50 Hz oder z. B. 240 V 60 Hz umsetzen. Das Angebot reicht vom ‚Sunny Boy' für Hausanlagen ab 1 kW über ‚Sunny Mini Central' für größere Anlagen bis zu ‚Sunny Central' für Solar-Parks im Megawatt-Bereich, die in das Mittelspannungsnetz einspeisen. Auf dem Markt zählen keine schönen Worte, sondern Fakten. „Der Wirkungsgrad ist natürlich ein wichtiges Verkaufsargument. Davon hängt im Wesentlichen der Ertrag einer Anlage ab", sagt Christian Pflüger, der die Hardware der Wechselrichter mit entwickelte. Der ‚Sunny Mini Central 8000TL' wurde von der Redaktion der Zeitschrift PHOTON International (Heft 10/2007) zum Favoriten gewählt, nachdem er aus den Tests als Sieger hervorgegangen war. „Die haben mehr als 98 Prozent gemessen – dasselbe, was wir auch im Datenblatt angeben", sagt Christian Pflüger mit Stolz. Übrigens misst PHOTON genauso wie SMA mit dem Leistungsanalysator WT3000 von Yokogawa.

Der maximale Wirkungsgrad, meist mit dem griechischen Buchstaben η (eta) bezeichnet, sagt allerdings noch nicht alles. Sonne und Wolken, Morgen und Abend, Sommer und Winter bringen wechselnde Situationen, und gerade unter Teillast trennt sich die Spreu vom Weizen. Um realitätsnahe und vergleichbare Werte zu erhalten, wurde der Euro-η definiert. Zu seiner Messung werden die mittleren Sonnenscheindauern



Verschiedene Strukturen lassen sich realisieren. Die Grafik unten zeigt ein einphasiges Backup-System. Bei Tageslicht und unter normalen Betriebsbedingungen speist der Solar-Wechselrichter 1 über die Umschalteeinrichtung 2 die überschüssige Energie ins Netz. Nachts wird die Energie aus dem Netz bezogen. Bei Netzausfall schaltet der Solar-Wechselrichter sofort ab. Innerhalb 20 bis 50 Millisekunden springt der Backup-Wechselrichter 3 ein und entnimmt seine Energie der Batterie 4. Auf dieses Inselnetz kann auch der Solar-Wechselrichter wieder einspeisen. Bei Rückkehr des Netzes übernimmt die Umschalteeinrichtung die Resynchronisation. So erreicht man ein quasi-unterbrechungsfreies Verhalten – der Verbraucher merkt von dem Netzausfall in der Regel nichts.

Quelle: SMA Solar Technology AG
www.sma.de



und -intensitäten in Europa nachgebildet – ähnlich wie die Fahrzyklen bei Automobilen mit Stadt- und Autobahnverkehr, um den typischen Verbrauch zu bestimmen. Der Euro-η liegt meist etwa ein Prozent unter dem maximalen Wirkungsgrad.

MPP Tracking ist ein weiteres Kriterium. Für eine wirtschaftliche Energieausbeute muss der Wechselrichter die Solarzellen so belasten, dass sich unter den stets wechselnden Bedingungen der jeweils optimale Arbeitspunkt einstellt – der Maximum Power Point.

Mit den Wechselrichtern von SMA lassen sich verschiedene Strukturen aufbauen: Einfache Solarstromeinspeisung ins Netz, ein- und dreiphasige Insellösungen mit Batterie-Puffer oder – der komplexeste Fall – eine komplette Solaranlage mit Netzeinspeisung und Backup-Funktion.

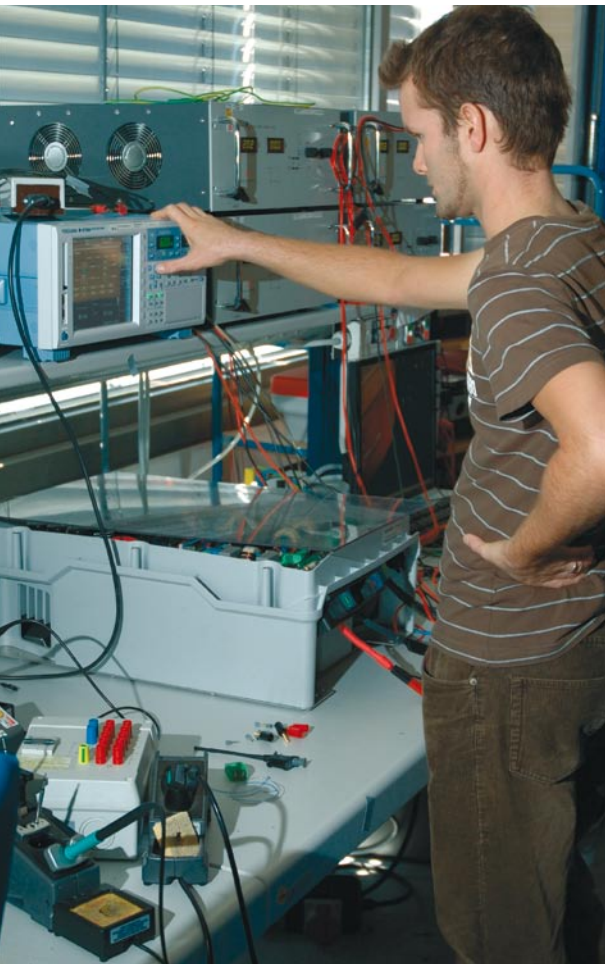
Nach wie vor nutzt man Synergien der Solar- und Bahn-Wechselrichterentwicklung. „Im Prinzip ist das ja die gleiche Technik, nur der Energiefluss ist anders“, erklärt Christian Pflüger und nennt als erfolgreiches Projekt die Ausstattung der Regio Tram, die in Nordhessen verkehrt. „Das sind Niederflurwagen, und die Forderung war, dass die ganze Technik aufs Dach gepackt wird. SMA hat die Ausschreibung gewonnen, weil wir die Gewichtsvorgaben mit unserer neuen Technologie weit unterschreiten konnten.“

Flexibel ist die Fertigung. „Wir haben zwei Wochen Lieferzeit ab Bestellung. Dabei haben wir keine Geräte auf Lager. Die werden wirklich erst produziert, wenn sie bestellt werden“, so Christian Pflüger. Gerade wurde eine neue Fertigung in Betrieb genommen, ausgelegt für eine Kapazität von vier Gigawatt Wechselrichterleistung pro Jahr, die zudem CO_2-neutral produziert werden sollen. Die Fertigung ist linear strukturiert: „Die Baugruppen werden einfach weitergegeben in die nächste Halle, wo die Geräte dann montiert, geprüft und schließlich versendet werden.

Die Wechselrichter von SMA finden sich in aller Welt, an Renommier-Positionen wie dem Berliner Hauptbahnhof oder der Audienzhalle des Vatikan ebenso wie in unspektakulären landwirtschaftlichen Gebäuden oder als Insel-Lösungen in China, Lateinamerika und Afrika. Ein weiteres ehrgeiziges Projekt ist das neue Schulungsgebäude auf dem Firmengelände, das für das nächste Jahr geplant ist und völlig energieautark sein soll.

Bild unten: Christian Dettmar prüft Wirkungsgrade und Oberschwingungen bei verschiedenen Arbeitspunkten eines Wechselrichters mit dem WT3000 von Yokogawa.

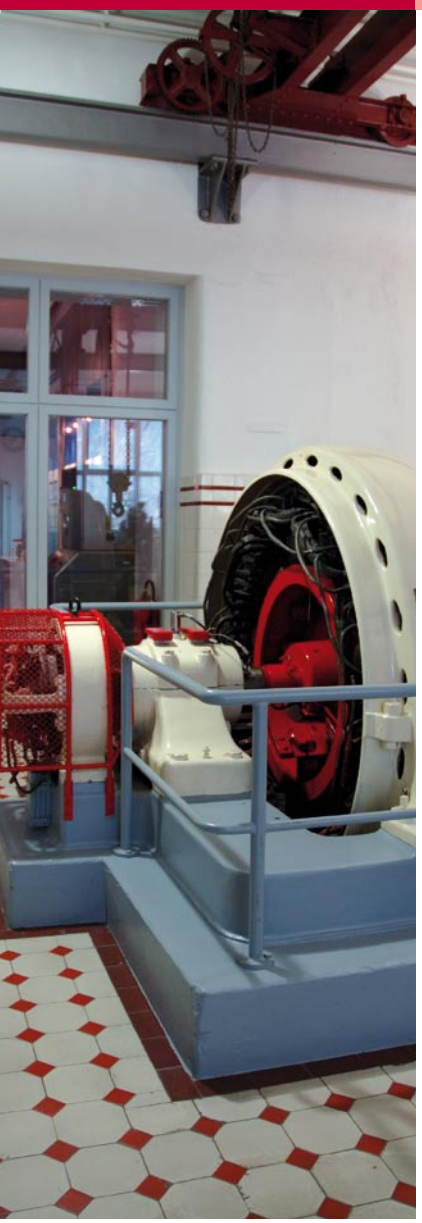
Das erste in Deutschland gelieferte WT3000 ging vor rund vier Jahren an SMA. Inzwischen stehen allein sieben Geräte in den Hardware-Entwicklungslaboren, außerdem ein ScopeCorder mit mehreren isolierten Eingängen, um schnelle Schaltvorgänge aufzuzeichnen.



Seit 2003 versorgt diese Photovoltaik-Anlage im ugandischen Bulyansungwe eine Schule und eine Wasserentkeimungsanlage mit Strom. Sie entstand als Projekt des gemeinnützigen Vereins ‚Together – Hilfe für Uganda‘, der unter anderem von SMA und deren Mitarbeitern unterstützt wird. SMA spendete die Wechselrichter und sandte zwei Azubis, zwei weitere SMA-Mitarbeiter waren ehrenamtlich vor Ort, um gemeinsam mit den Dorfbewohnern die Anlage zu installieren.

Neuestes Vorhaben ist eine Berufsschule mit Internat in Kooki, an der benachteiligte Jugendliche eine Ausbildung in Landwirtschaft, Elektromechanik und kaufmännischen Grundlagen erhalten können. 2011 soll der Schulbetrieb beginnen – in neuen Räumen, weitgehend erstellt in Eigenleistung, mit gebrauchten, aber voll funktionsfähigen PCs und mit einer Photovoltaik-Anlage als Insellösung, einem dreiphasigen System mit 12 kW Spitzenleistung.

Together – Hilfe für Uganda e.V.
www.tohifu.de



Museum der ‚Brunnenmühle'. Der Generator von 1906 ist noch voll funktionsfähig. Seit 1870 fertigte Friedrich Voith, der Sohn des Firmengründers, Wasserturbinen in Heidenheim. Um präzise Testmöglichkeiten zu erhalten, kaufte er 1906 die ‚Brunnenmühle' und verwandelte sie in eine Versuchsanstalt für Wasserturbinen. Mit dem Bau eines Hochbehälters auf dem Heidenheimer Schlossberg über der Brunnenmühle schuf er das erste Pumpspeicherwerk Deutschlands, das eine für die Zeit außergewöhnliche Fallhöhe von einhundert Metern für die Versuche bereit stellte.

Titelbild dieser Ausgabe: Installation eines Generators im Wasserkraftwerk Itaipu, Brasilien/Paraguay

Der Maßstab

Voith Hydro entwickelt in Heidenheim Turbinen und Generatoren für Wasserkraftwerke in aller Welt

In der geräumigen Halle stehen Teile von Wasserkraftanlagen, zwei Stockwerke hoch, funktionsfähig aufgebaut, die Turbinen mit Zuleitungen, die ein ganzes Wohngebiet mit Wasser versorgen könnten. Dennoch ist alles nur ‚Spielzeug', maßstäbliche Verkleinerung von Anlagen, die irgendwo in der Welt entstehen sollen. Die ‚echten' Turbinengehäuse haben dann nicht mehr ‚niedliche' ein Meter Durchmesser, sondern allein das Turbinenrad kann es auf rund zehn Meter bringen.

In der ‚Brunnenmühle' in Heidenheim, dem historischen Standort des Unternehmens, konzentriert Voith Hydro seine weltweite Forschung und Entwicklung. Hier unterstützte Voith schon 1913 den genialen österreichischen Ingenieur Viktor Kaplan mit Turbinenversuchen. Hier befindet sich jetzt eines der modernsten Versuchslabore. Auch heute noch lässt sich zum Beispiel die Kaplan-Turbine weiterentwickeln – nicht nur, um Wirkungsgrade zu steigern, sondern auch, um die Verträglichkeit mit der Umwelt zu verbessern. So vermeidet eine modifizierte Form der Turbinenradschaufeln, dass Fische zerschnitten werden, die in den Sog des Wasserstroms geraten sind. Voith Hydro benutzt zur Entwicklung modernste Simulationsverfahren, genannt ‚Computational Fluid Dynamics', doch ohne reale Messungen am Modell geht es nicht. Sie verifizieren die rechnerischen Ergebnisse und sind Grundlage der Projektabnahme durch den Kunden.

Die Umwandlung der Wasserkraft in Rotation ist der erste Schritt, die Umwandlung der Rotation in elektrische Energie der zweite. Und auch hier geht es um Wirkungsgrade. Alexander Kunz, in der Entwicklungsabteilung zuständig für Generatorkühlung und elektrische Messungen an Generatoren, nennt 98 Prozent als typischen Wert. Das Besondere: Die Messung findet erst am fertigen Generator statt. Kunz macht den Grund anschaulich: „Sie müssen sich vorstellen, so eine Wasserkraftmaschine in der Größenordung 250 Megawatt, die können Sie nicht im Labor aufbauen. Der Außendurchmesser der Maschine kann gut 16 Meter sein, und dafür gibt es kein Prüffeld. Das misst man vor Ort. Wo die Maschine auch steht, wir fahren hin und machen die Messungen an der schon aufgebauten Maschine."

An großen Wasserkraftmaschinen kann man den Wirkungsgrad nicht direkt messen, sondern muss die Einzelverluste ermitteln und daraus den Wirkungsgrad errechnen – ein Verfahren, das von IEC standardisiert wurde. Zunächst erfasst man im Leerlauf die Lüftungsverluste, d.h. die Energie, die als Wärme und damit elektrisch ungenutzt entweicht. In einem zweiten Lauf erregt man den Generator auf Nennspannung und erhält dadurch die Eisenverluste einschließlich der Lüftungsverluste. Im dritten Lauf betreibt man den Generator im Kurzschluss, um daraus die Kupferverluste zu bestimmen.

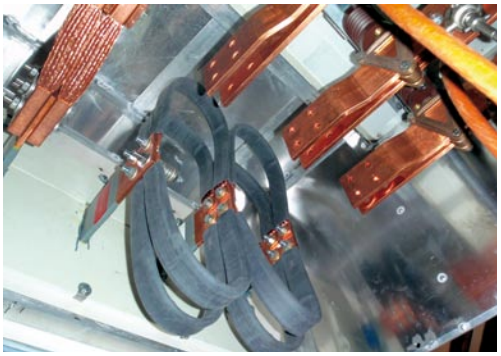
Zusätzlich zu diesen so genannten Garantiemessungen kann der Kunde im Vertrag Sondermessungen spezifizieren, z. B. die Messung von Reaktanzen und Zeitkonstanten. Zu den nötigen Tests gehört der Stoßkurzschluss. Der Generator wird auf eine bestimmte Spannung erregt und plötzlich kurzgeschlossen. Dadurch steigt der Ständerstrom kurzzeitig etwa auf das 15fache des Nennstroms an und klingt dann langsam ab – ein Vorgang, der eine halbe bis eine Sekunde dauert. „Das ist natürlich nicht so ohne, einen Stoßkurzschluss zu fahren. Man muss sehr aufpassen, dass man alles richtig macht", erklärt Alexander Kunz. Der Test verursacht eine außerordentliche Belastung der Maschine. Sie muss danach angehalten, geöffnet und inspiziert werden, ob sich nicht etwa Teile gelöst haben. „Normalerweise

Alexander Kunz (rechts) und Matthias Schöberle von Yokogawa mit dem neuen WT3000.

passiert das nicht, denn die Generatoren sind dafür ausgelegt, aber die Inspektion ist vorgeschrieben“, sagt Kunz. Am liebsten fährt Kunz ohnehin das komplette Programm an Sondermessungen, auch wenn es der Kunde nicht verlangt – einfach um auf der sicheren Seite zu sein.

Alexander Kunz hat für die Messungen eine ganze Reihe von Yokogawa-Messgeräten beschafft. Er kannte sie bereits von dem Leih-Pool bei Siemens und von seinen schwedischen Kollegen, die Datenerfassungsgeräte und Leistungsmesser von Yokogawa auch in der ‚Turbinen-Abteilung‘ benutzen: Sie messen das Wasser vor und hinter der Turbine, und wenn der Wirkungsgrad des Generators bekannt ist, kann man darüber auch den Wirkungsgrad der Turbine bestimmen. Kunz: „Zunächst mal schaut man sich um, was so die anderen machen. Und dann habe ich natürlich selber recherchiert, aber eigentlich nichts Adäquates neben Yokogawa gefunden.“

Zum Gerätepark gehört jetzt ein Mixed-Signal-Oszilloskop DLM2024. Mit seinen vier analogen Kanälen zeichnet es schnelle Vorgänge zum Beispiel beim Stoßkurzschluss auf. Zwei Datenerfassungsgeräte MW100 mit elf Modulen für insgesamt 66 Temperatursensoren vom Typ PT100 und einem Universalmodul mit zehn Kanälen erfassen Drücke, Durchflussmengen und Temperaturen des Kühlsystems. Um die Konvektionswärmeverluste des Generators zu messen, muss man die Gehäuseoberfläche regelrecht mit PT100 spicken. Kunz: „Das war immer eine leidige Arbeit, die vielen PT100 einzeln abzulesen – da ist so ein Datenerfassungssystem natürlich wesentlich dienlicher.“



Kurzschluss eines Generators zur Bestimmung der Kupferverluste. Die Leitungen in Richtung Transformator sind offen.

Links: Hochmodernes zentrales Versuchslabor am Standort ‚Brunnenmühle‘ in Heidenheim. Hier finden die Abnahmen an Turbinenmodellen statt, an denen alle maßgeblichen Betriebsbedingungen in verkleinertem Maßstab getestet werden.

Und dann natürlich der Präzisionsleistungsanalysator WT3000. „Wir haben uns für das WT3000 entschieden, weil es einfach eine Ecke genauer ist.“ Wenn man bei der Garantiemessung 98 % Wirkungsgrad nachweisen möchte, kommt es auf Prozentbruchteile an. Denn in den Lieferverträgen ist praktisch immer eine Pönale für Nichteinhaltung vereinbart. Laut Kunz können das bis 7500 Euro pro Kilowatt Verlustleistung sein.

So wie sich die Turbinenkonstrukteure nicht allein auf Berechnungen verlassen, so testet auch Alexander Kunz seine Messtechnik vor dem Einsatz. Noch stehen die Geräte in Heidenheim. Demnächst werden sie in Äthiopien im Einsatz sein: Voith Hydro hat das Wasserkraftwerk Gilgel Gibe II mit vier neuen Pelton-Turbinen und Generatoren ausgerüstet, die in Kürze in Betrieb gehen sollen.

Voith Hydro entstand im Jahr 2000 durch ein Joint Venture mit Siemens, einem Unternehmen, das auf ebenso lange Tradition zurückblicken kann: 1866 entdeckte Werner von Siemens das elektrodynamische Prinzip.

Heute ist Voith Hydro ein Konzernbereich der Voith AG und gehört mit ca. 3.600 Mitarbeitern und einem Auftragseingang von rund 1,4 Milliarden Euro im vergangenen Geschäftsjahr zu den weltweit führenden Anbietern im Bereich der Wasserkraft.

www.voithhydro.com

Solarpark Sprakebüll, nicht weit entfernt von der dänischen Grenze. Im Hintergrund Windkraftanlagen.

Für eine hohe Ausbeute stehen die Solarmodule auf so genannten Solar Trackern, die durch Nachführung in zwei Achsen die optimale Richtung und den optimalen Winkel zum Sonnenstand herstellen. Die Anlage liefert pro Tag etwa 3900 kWh bis über 5000 kWh – so viel, wie ein durchschnittlicher Vierpersonen-Haushalt im ganzen Jahr verbraucht.

Sonne und Wind können sich sinnvoll ergänzen und das unterschiedliche Aufkommen teilweise ausgleichen. Was den Flächenverbrauch angeht, ist die Windkraft der Solarenergie natürlich überlegen. Solar schneidet aber immer noch besser ab als Biogasanlagen, wenn die Biomasse nicht aus Mist und Abfällen stammt: Um Silomais für die gleiche Strommenge zu erzeugen, wäre die Anbaufläche wesentlich größer.

Sonne und Wind

FeCon GmbH entwickelt und fertigt kundenspezifische Wechselrichter für regenerative Energien

Helios, der Sonnengott, treibt seinen feurigen Wagen über das Firmament. Voran geht ihm Eos, die Morgenröte, still folgt die Mondgöttin Selene. So jedenfalls die Vorstellung im antiken Griechenland.

Die meisten Wechselrichter von Helios Systems stehen weiter westlich, wenn auch auf ähnlichem Breitengrad, im sonnigen Spanien. Entwickelt und gefertigt werden sie in Flensburg. Hier startete Lorenz Feddersen, ein gebürtiger Däne, mit der FeCon GmbH im Jahr 2001 ein Unternehmen, das sich vom Ingenieurbüro zum Spezialanbieter für Frequenzumrichter und Wechselrichter für Leistungen im Megawatt-Bereich entwickelte. Die Symbiose mit Helios Systems S.L. besteht seit 2006, und so kommt die Konstellation im Bereich Solarenergie zu Stande: Forschung und Entwicklung in Flensburg, Vertrieb basierend in Barcelona.

Dabei war der erste größere Auftrag ein Wechselrichter für Brennstoffzellen, berichtet Mark Ahmling, der 2002 seine Diplomarbeit bei FeCon schrieb und so begeistert war, dass er gleich in der Entwicklung blieb. „Da war Feddersen noch ein Ein-Mann-Unternehmen: Erst nur Consulting, dann Prototypenbau in einer kleinen Halle, wo die Ingenieure noch selber geschraubt haben.“ Die Brennstoffzellen dienten der quasi-unterbrechungsfreien Stromversorgung eines Industriebetriebs. Bei Stromausfall musste das Notstromnetz innerhalb von zehn Millisekunden ‚da sein‘.

Inzwischen ist das Unternehmen auf über 30 Mitarbeiter angewachsen, von denen allein zehn in der Entwicklung tätig sind. Das Schwergewicht hat sich zu Gunsten der Solar-Wechselrichter verlagert. Die Anlagen stehen nicht nur im sonnigen Spanien, in Indien und in Südkorea, sondern auch in Schleswig-Holstein. Ist es nicht eigentümlich, dass man hier Solar installiert, obwohl das nördlichste Bundesland für seinen Wind bekannt ist? „Die Sonne scheint auch hier", erklärt Mark Ahmling, „und der Vorteil, den wir hier oben haben: Es ist meist relativ kühl, und je kühler die Solarzellen sind, umso höher ist der Wirkungsgrad“.

In Sprakebüll, rund 20 Kilometer westlich von Flensburg, steht in einem Solarpark einer von FeCons ‚Bestsellern‘, eine Helios-Solarstation von 1,1 Megawatt Spitzenleistung, mit zwei Wechselrichtern, direktem Mittelspannungsabgang und integriertem Überwachungssystem. Der Phasenwinkel lässt sich bei den Wechselrichtern frei einstellen, z. B. auf kapazitives Verhalten, um Induktivitäten auszugleichen. Auf der Solarseite sorgt eine Leistungsregelung dafür, dass die zulässige Höchstleistung nicht überschritten wird. „Wir können den ganzen Park steuern und drosseln. Geräte einfach an oder aus, das machen wir nicht. Wir regeln die Geräte“, erklärt Mark Ahmling. Einen weiteren Beitrag zur Effizienz liefert das String Monitoring. Die Solar Panels sind nämlich in Reihe geschaltet, um eine brauchbare Spannung zu liefern. Mehrere solcher ‚Strings‘ werden parallel geschaltet, um die Leistung von z. B. 500 kW zu erreichen. Ein beschädigter String kann – unbemerkt – zu erheblichen Leistungseinbußen führen. Ahmling: „Wir messen den Strom von jedem einzelnen String und können defekte Strings sofort identifizieren. Der Techniker braucht nicht lang zu suchen, um den Fehler zu finden. Das steigert den Ertrag einer Anlage noch mal immens.“

2008 war das bisher ‚sonnigste‘ Jahr für FeCon. 2009 erwartet Geschäftsführer Lorenz Feddersen dagegen einen Zuwachs bei der

Windkraft. „Wenn nur die Banken nicht so auf ihrem Geld sitzen würden. Der Bedarf ist da, die Technik auch, nur die Finanzierung funktioniert nicht." Dabei lässt sich das Risiko von Solar- und Windkraftanlagen so gut kalkulieren wie bei kaum einer anderen Investition. „Da rechnet man mit Erträgen von zehn Prozent, und die sind praktisch garantiert durch feste Einspeisevergütungen. Und wir als Hersteller geben auf Wunsch auch noch langjährige Garantien auf unsere Geräte."

Gegenüber den Solaranlagen ist die Technik bei der Windkraft etwas aufwendiger. Der Generator liefert eine Spannung, die in Höhe und Frequenz variiert. Sie muss zunächst gleichgerichtet und dann netzsynchron wechselgerichtet werden. Außerdem geht es bei Windkraftanlagen nochmals individueller zu. Der Kunde bestimmt, ob die Wandler in der Gondel oder im Turmfuß untergebracht werden, gibt die mechanischen Abmessungen vor, die Leistungsklasse, die Spannungsanforderungen und zum Beispiel die Art der Kühlung mit Luft oder Wasser. Demnächst werden FeCon-Anlagen für 2,5 Megawatt in einem Windpark bei Göteborg in Betrieb gehen, weitere sind auf der Ostseeinsel Gotland geplant.

Trotz vorübergehender Zurückhaltung will FeCon seine Mannschaft weiter aufstocken und ist stets auf der Suche nach Ingenieuren. Dazu ist man in Kontakt mit Universitäten und Fachhochschulen, bietet Praktika und Diplomandenstellen. Dennoch ist die Suche schwierig, teils wegen der Studienrichtung, teils wegen der Qualifikation. „Alternative Energietechnik ist ein Fachbereich, der vom Thema her interessant ist. Aber wir brauchen doch eher Leistungselektroniker und Kommunikationselektroniker, Leute, die sich in Antriebstechnik und Regelungstechnik auskennen", so beschreibt Mark Ahmling die Anforderungen. Denn für die Leistungselektronik ist es gleich, ob der Generator in der Gondel schwebt oder auf dem Boden steht. Ein weiteres Hindernis ist der Standort. „Für manche Leute ist Deutschland in Hamburg schon zu Ende", sagt Mark Ahmling bitter. Dabei ist Schleswig-Holstein auch technisch gesehen kein Niemandsland. Oder wie Ahmling sagt: „Auch bei uns scheint die Sonne."

Ganz oben: Hier kennt der Chef selbst sich noch in der Technik aus. FeCon-Gründer und Geschäftsführer Lorenz Feddersen im Testfeld. Der Schrank enthält eine selbst entwickelte Quelle, die Solarmodule mit 140 kW Leistung simuliert. Der Leistungsanalysator WT3000 von Yokogawa auf dem Laborwagen wird virtuell per Software in das Testsystem eingebunden.

Oben: Mark Ahmling demonstriert Andreas Oelke von Yokogawa eine Überwachungsstation. Auch per Internet kann man sich direkt in das Überwachungssystem einwählen und alle Parameter und Log-Daten einer Anlage abrufen. Die Überwachung der momentanen Situation mit automatischen Benachrichtigungen hält Ausfallzeiten gering. Die kumulierten Werte der Erträge über Tag, Monat oder Jahr dienen auch der Dokumentation, um Investoren oder Banken zufrieden zu stellen.

Links die Helios-Solarstation von 1,1 MW Spitzenleistung, mit zwei Wechselrichtern, Mittelspannungsabgang, integriertem Überwachungssystem, alles komplett von FeCon in einem Waschbeton-Container montiert und geliefert. Der Kunde, eine Betreibergesellschaft, musste nur die Solar Panels auf der Gleichspannungsseite und das Netz auf der Mittelspannungsseite anschließen.

www.fe-con.com

Wirkungsgradmessungen

Je höher der Wirkungsgrad, umso wichtiger die Messgenauigkeit: Ein kleiner technischer Abriss

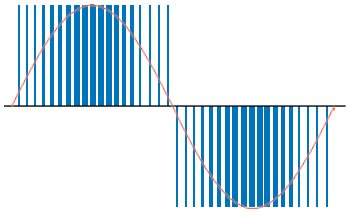
Wir behalten die landläufigen Begriffe ‚Genauigkeit' und ‚Fehler' bei, obwohl ‚Messunsicherheit' die korrekte Bezeichnung ist. Die Messunsicherheit beziffert ein Intervall, innerhalb dessen der wahre Wert mit einer definierten Wahrscheinlichkeit liegt. Wäre die ‚Unsicherheit' ein in Größe und Richtung bekannter ‚Fehler', könnte man ihn physikalisch kompensieren oder rechnerisch eliminieren – und wäre alle Sorgen los.

Im Prinzip ist die Messung von Wirkungsgraden einfach: Man misst die Leistung vor dem Wandler und hinter dem Wandler, bildet die Differenz, und schon kennt man die Verluste. Schwierig wird es, wenn die Wandler gut und die Verluste gering sind – und heutige Wandler wie zum Beispiel Wechselrichter für Solaranlagen oder Frequenzumrichter für Antriebe erreichen Wirkungsgrade von weit über 90%. Dann kommt es ganz wesentlich auf die Genauigkeit der Messgeräte an, wie folgendes Beispiel zeigt.

Messgenauigkeit und Messfehler:
Beispiel für einen Wandler mit 95% Wirkungsgrad

Eingangsleistung 100 W
Ausgangsleistung 95 W
Verlustleistung 5 W

Messgenauigkeit 0,1 %
Messergebnisse, worst case 100 ±0,1 W
und 95 ±0,095 W
gemessene Verlustleistung worst case 5,195 W
bzw. 4,805 W
Messfehler 3,9 %



Ausgangssignal eines Wechselrichters, schematisch: Die Pulsbreite nähert den Sinus an. Die Schaltflanken können in der Realität bis zu 10 kV/µs steil sein.

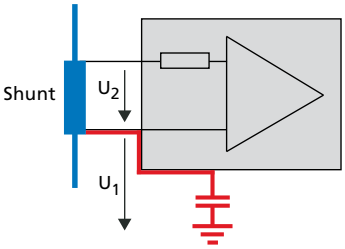
In die Genauigkeit eines breitbandigen Leistungsmessgeräts gehen mehrere Kenngrößen ein. Es lohnt sich, sie einzeln zu betrachten.

Amplitudengenauigkeit

Der Amplitudenfehler für Spannung und Strom wird in Prozent des Messwerts (MW) plus Prozent des Messbereichs (MB) angegeben:

Amplitudenfehler = ± (% MW + % MB)

Als Messbereich ist der Effektivwert bei 100 % Sinus-Aussteuerung anzusetzen, also z. B. 100 V oder 5 A, wie er auch am Messgerät eingestellt wird. Bei der Leistung ergibt sich der Messbereich als Produkt aus Spannungs- und Strombereich, also im obigen Beispiel zu 100 V • 5 A = 500 W. Der Fehler bei der Leistungsmessung ist jedoch nicht einfach die Summe aus Spannungs- und Stromfehler, sondern wird gesondert angegeben, da die Leistungsbereiche separat kalibriert werden. Der Amplitudenfehler ist frequenzabhängig und wird für mehrere Frequenzbänder oder durch eine Formel spezifiziert.



Ursache für nicht-ideale Gleichtaktunterdrückung: Der Messeingang ist zwar isoliert (erdfrei), die Kapazität C gegen Erde sorgt trotzdem für eine Unsymmetrie. Ein Teil der Gleichtaktspannung U_1 wandelt sich dadurch in eine Störspannung U_2 um.

Bandbreite

Üblicherweise wird in der Analogtechnik die Bandbreite bei einem 3-dB-Abfall der Amplitude angegeben. In der Leistungsmesstechnik ist diese Definition jedoch nicht sinnvoll, da ein Abfall von 30 % bei Spannung und Strom bereits einen Fehler von 50 % für die Leistung bedeutet. Nützlicher ist hier die Angabe einer Leistungsbandbreite, mit der z. B. ein Fehler von 5 % bei der Grenzfrequenz eingehalten wird. Die Anforderungen sind hier wesentlich höher als z. B. bei Oszilloskopen. Da nahezu alle modernen digitalen Leistungsmesser im Spannungs- und Stromkanal direkt gekoppelt sind, werden auch die Gleichanteile (DC) erfasst. Dennoch gibt es eine untere Grenzfrequenz, bei der noch stabile Werte zu erhalten sind. Grund ist die endliche Integrationszeit, über die Effektivwerte und Leistungen berechnet werden. Gerade bei Wechselrichtern mit hohen Schaltfrequenzen ist eine ausreichende Bandbreite wichtig, um die Leistung der Oberschwingungen korrekt zu erfassen.

Phasenwinkelfehler

Bei der Wirkleistungsmessung geht der Winkel zwischen Spannung und Strom direkt in das Messergebnis ein. Ein Eigenwinkelfehler des Messgeräts verfälscht die Phasenlage und führt zu Fehlmessungen. Ein Phasenwinkelfehler kann durch schlechten Phasengleichlauf im Analogteil, nicht synchrone Abtastung oder durch vorgeschaltete Wandler hervorgerufen werden. Da die eigentliche Ursache ein Laufzeitunterschied ist, steigt der Phasenwinkelfehler mit zunehmender Frequenz an. Die Fehlerrechnung zeigt, dass der Phasenwinkelfehler umso kritischer ist, je näher Spannung und Strom bei 90° Phasenverschiebung (Leistungsfaktor $\lambda = 0$) liegen. Die Fehlerangabe erfolgt frequenzabhängig direkt in Winkeleinheiten oder als prozentualer Wert der Scheinleistung bei $\lambda = 0$. Für alle anderen Fälle $0 < \lambda < 1$ lässt sich der zusätzliche Fehler aus einer Formel bestimmen.

Gleichtaktunterdrückung

Die Gleichtaktunterdrückung (Common Mode Rejection, CMR) beziffert den Einfluss der Gleichtaktspannung auf die Messgenauigkeit. Die Angabe erfolgt prozentual oder in Dezibel bezogen auf den Messbereich. Der Wert ist frequenzabhängig und beträgt typischerweise 0,01 % (-80 dB) des Bereichs bei 50/60 Hz. Die Gleichtaktunterdrückung bei höheren Frequenzen wird maßgeblich durch kapazitive Ableitströme beeinflusst. Eine gute Gleichtaktunterdrückung ist zum Beispiel dann wichtig, wenn ein Shunt auf Wechselrichterpotential liegt und damit sämtliche Schaltflanken ‚mitmacht'. Das maximal zulässige Potential an Spannungs- und Stromeingängen gegenüber Gehäusemasse beträgt typisch 1000 V_{eff} bei 50/60 Hz.

Dennoch können Unsymmetrien erheblich zu Messfehlern beitragen, wie folgendes Beispiel zeigt.

Einfluss der Gleichtaktunterdrückung bei der Messung eines Wechselrichter-Ausgangsstroms mit einem Shunt (Bild Seite 10).

Definition: CMR (dB) = 20 lg U_1/U_2 mit
U_1 Potential des Messeingangs gegen Erde
U_2 Störspannung

Spezifikation des Messgeräts: CMR = 120 dB bei 1 kHz

Beispiel: Shunt 1 mΩ auf Umrichterpotential 500 V, Strom 100 A
Messsignal = 100 A • 1 mΩ = 100 mV

$$\text{Störsignal } U_2 = \frac{U_1}{10^{120\,\text{dB}/20}} = \frac{500\,\text{V}}{10^6} = 0{,}5\,\text{mV}$$

Fehler: 0,5 mV bei 100 mV entspr. 0,5 %

Wandler und Sensoren
Bei allen Fehlerabschätzungen ist die gesamte Messkette zu betrachten. Sie schließt alle Spannungswandler, Stromwandler, Stromzangen oder Shunts ein. Meist haben die Wandler zudem unterschiedliche Bandbreiten und Phasengänge, was besonders bei der Oberschwingungsmessung zu beachten ist.

Vergleich von Messgeräten
Auch hier lohnt es sich, die Angaben verschiedener Hersteller genau zu lesen. Denn nicht immer sind die Zahlen vergleichbar. Beispiel Amplitudengenauigkeit: Abhängig vom Hersteller kann der Messbereich als Spitzenwert oder Effektivwert mit definiertem Crestfaktor (z. B. CF = 3) angegeben sein.

Hersteller Y gibt seinen Fehler als ±(0,1 % MW + 0,1 % MB) an, wobei der MB als Effektivwert einzusetzen ist.

Hersteller Z gibt seinen Fehler als ±(0,1 % MW + 0,05 % MB) an, wobei der MB als Spitzenwert einzusetzen ist.

Welches Gerät ist bei gleichem CF der Bereiche und z. B. 50 % Aussteuerung genauer spezifiziert?

Für Y ergibt sich ±(0,1 % + 0,2 %) = ±0,3 %,
für Z ergibt sich ±(0,1 % + 0,1 % x 3) = ±0,4 %.

Wichtig ist für die Wirkleistungsmessung außerdem der Phasenwinkelfehler, der den zeitlichen Versatz zwischen Spannung und Strom beschreibt (auch cos φ=0 Fehler genannt). Alle Fehlerangaben sind i. A. frequenzabhängig, was in Tabellenform oder durch eine Formel ausgedrückt werden kann.

MW100 macht Dampf

Datenlogger MW100 berechnet bis zu zehn Masse- oder Volumenströme gleichzeitig

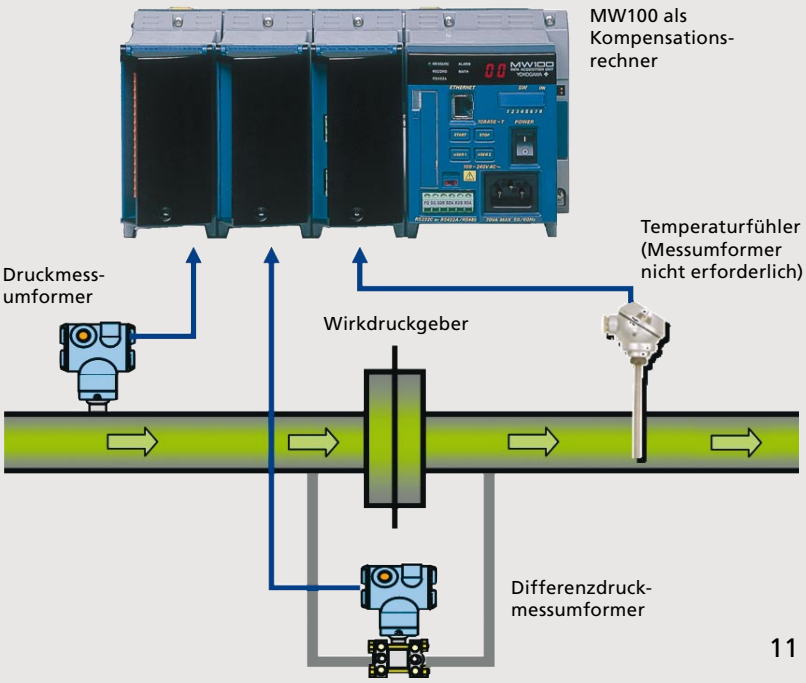
Die Erfassung des Energiegehalts von (Erd-)Gas- oder Dampfströmen ist überall dort wichtig, wo Gas oder Dampf verteilt wird und abgerechnet werden muss: In Industrieparks mit gemeinsamer Gas-, Druckluft- oder Dampfversorgung, bei Stadtwerken und Versorgungsbetrieben oder in Heizkraftwerken, die ihre Abwärme gewinnbringend verkaufen.

Sensoren ermitteln Parameter wie Druck, Durchfluss und Temperatur. Daraus bestimmt der so genannte Kompensationsrechner den Massestrom, den Volumenstrom, die Norm-m³ oder die Energiemenge. Genauigkeit der Messung und Zuverlässigkeit der Datenerfassung sind wichtig, denn wenn es um Energie geht, geht es meist um sehr viel Geld.

Damit Klarheit entsteht über Verbrauch und Abrechnung, hat Yokogawa ein neues Gerät auf den Markt gebracht: Die seit Jahren erfolgreiche, stabile und robuste Datenerfassungseinheit MW100 wird um eine neue Version mit integriertem Kompensationsrechner erweitert. Damit berechnet das Gerät online den Durchfluss als Masse in kg, als Massestrom in kg/h oder als Volumen in Norm-m³ für Gase (z. B. Erdgas), Sattdampf und überhitzten Dampf. Der große Vorteil gegenüber Einzelkompensationsrechnern ist: Das Gerät erfasst bis zu zehn Masse- oder Volumenströme gleichzeitig.

Ein MW100 ersetzt bis zu zehn einzelne Kompensationsrechner.

- Eingänge für Druck- und Differenzdruckmessumformer, DP-Transmitter, Yewflow, Vortex Flowmeter, Durchflusssensoren, Ströme, Spannungen, Impulse, Frequenzen, Temperaturen (Messumformer kann entfallen).
- Masseproportionale Ausgänge (20 mA, 10 V, PWM) und Relais-Ausgänge (z. B. für Grenzwertüberwachung, Alarmierung, An- oder Abschaltung, Benachrichtigung per SMS).
- Automatische redundante Datensicherung auf CF-Karte und FTP-Server. Integration kundenspezifischer Webseiten in das Messgerät. Alle Werte werden numerisch oder als Kurven im Web-Browser angezeigt.



Leistungsanalysator WT3000 für normgerechte Oberschwingungsmessungen nach IEC 61000-4-7 und EN 61000-3-2

WT3000 erfüllt Euro-Norm für Oberschwingungsanalyse

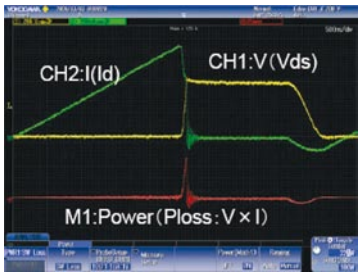
Durch die Europäische Norm EN 61000-3-2:2006 ist die Methode der Oberschwingungsanalyse nach IEC-Standard 61000-4-7 Ed. 2 jetzt auch in Europa verbindlich. Danach muss ein Messgerät Eingangsströme mit folgenden Crestfaktoren (Verhältnis Spitzenwert zu Effektivwert) verarbeiten können: Crestfaktor 4 für Ströme bis 5 A_{eff}, 3,5 für Ströme bis 10 A_{eff} und 2,5 für Ströme oberhalb 10 A_{eff}.

Anders als bei herkömmlichen Messgeräten sind beim WT3000 die Eingangsstrombereiche in Effektivwerten spezifiziert, und es können zulässige Crestfaktoren von 3 oder 6 eingestellt werden. Das Gerät übertrifft damit die Standard-Forderungen zum Test von Oberschwingungen, und zwar für Dauer-Eingangsströme bis zu 33 A_{eff}.

Der WT3000 kann auch interharmonische Schwingungen analysieren, wie es IEC 61000-4-7 Ed. 2 verlangt. Die Abtastung wird dazu von einer Phasenregelschleife (PLL) gesteuert, so dass die Abtastrate dem 900fachen von 50 Hz oder dem 750fachen von 60 Hz entspricht. Damit lassen sich Interharmonische in Intervallen von 5 Hz erfassen.

Die aktuelle Version 5.11 der Software ‚Oberschwingungsanalyse gemäß IEC' berücksichtigt außerdem die neuesten Ergänzungen der Standards IEC 61000-3-2 und IEC 61000-3-12 für Oberschwingungen sowie IEC 61000-3-3 und IEC 61000-3-11 für Flicker und Spannungsschwankungen.

Die Digitaloszilloskope DL9000 und der Vehicle Serial Bus Analyzer SB5000 lassen sich einfach in LXI-Prüfsysteme einbinden.



Leistungsanalyse mit dem Oszilloskop: DLM2000 bietet die Option.

Leistungsmessung mit DLM2000

Mit der neuen Firmware-Version 1.22 für die Mixed-Signal-Oszilloskope der Serie DLM2000 bietet Yokogawa die Leistungsanalyse als Option /G4 an. Damit lassen sich die Vorzüge dieser Oszilloskope wie hohe Bandbreite und große Speichertiefe auch zur Leistungsmessung kurzer Schaltvorgänge nutzen. Die Option /G4 enthält die Option /G2, eine benutzerspezifische Mathematik. Auch allein mit Option /G2, die separat erhältlich ist, lassen sich bereits Leistungsmessungen am Wechselstromnetz und an Umrichtern durchführen.

Weitere Vorzüge der neuen Firmware:
- Vollständige USB-Mausbedienung des Scopes unterstützt die komfortable und schnelle Steuerung
- Integration eines FTP-Clients macht den Datenaustausch mit dem PC oder Netzwerk noch effizienter
- FFT: Zusätzliche Messfunktionen durch automatisch einrastende Peak-Marker
- I^2C-Triggerung und Analyse erweitert

Die neue Firmware ist ab sofort kostenlos verfügbar, sehr einfach zu installieren und liegt auf unserem FTP-Server zum Download bereit. Senden Sie eine Nachricht an unseren Produktspezialisten Rainer Kunz: kunz@yokogawa-mt.de.
Sie erhalten umgehend die Zugangsdaten.

Weitere Informationen:
www.dlm2000.net

DL9000 und SB5000 jetzt mit LXI

Die Digitaloszilloskope der Serie DL9000 und der Vehicle Serial Bus Analyzer SB5000 sind jetzt mit einer LXI (Class C) kompatiblen Ethernetschnittstelle verfügbar. Damit lassen sich diese Geräte leicht in automatisierte Prüfsysteme auf LXI-Basis einbinden.

LXI – LAN eXtensions for Instrumentation – ist ein offener Standard, um Messgeräte und -systeme auf Ethernet-Basis zu vernetzen und zu synchronisieren – lokal, ferngesteuert oder auch weiträumig verteilt. Der LXI-Organisation gehören zurzeit ca. 50 Messgeräte-Hersteller an, u. a. Yokogawa als ‚Informational Member'.

Weitere Informationen:
www.lxistandard.org

YOKOGAWA Measurement Technologies GmbH
Gewerbestraße 17, 82211 Herrsching
Telefon 0 81 52 / 93 10-0
Telefax 0 81 52 / 93 10-60
eMail: info@yokogawa-mt.de
http://www.yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Hamburg/Hannover
Telefon 04 51 / 4 99 82 82
eMail: Oelke@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Berlin
Telefon 030 / 84 10 95 13
eMail: Herrmann@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Dresden
Telefon 03 51 / 2 81 56 68
eMail: Gulich@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Hanau
Telefon 0 60 41 / 82 04 50
eMail: M.Wachter@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Mönchengladbach
Telefon 0 21 66 / 55 19 29
eMail: Koerver@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Dortmund
Telefon 0 23 06 / 37 09 73
eMail: Hillebrand@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Aschaffenburg
Telefon 0 60 27 / 46 48 23
eMail: Becker@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro München
Telefon 0 81 91 / 428 48 58
eMail: Thalheimer@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Pforzheim
Telefon 0 81 52 / 93 10-88
eMail: Korell@yokogawa-mt.de

Vertriebsbüro Reutlingen
Telefon 0 81 52 / 93 10-86
eMail: Schoeberle@yokogawa-mt.de

YOKOGAWA Test und Messtechnik Vertretung in Österreich:

nbn Elektronik Handelsgesellschaft m.b.H.
Riesstr. 146
A-8010 Graz
Telefon +43 / 3 16 / 40 28 05
Telefax +43 / 3 16 / 40 25 06
eMail: nbn@nbn.at
www.nbn.at