Wie wird der Energieverbrauch gemessen?

Anwendungs-
bericht

Über Leistung, Leistungsbedarf und Netzqualitätsmessgeräte

Aufgrund der auch in Zukunft hohen Energiekosten spielt die Reduzierung des Energieverbrauchs im Anlagenmanagement eine wichtige Rolle. Die meisten Anwender haben bisher noch nicht ihren monatlichen Energieverbrauch analysiert, die Ergebnisse auf Betriebsmittel bezogen oder gar Maßnahmen getroffen, um die Zusatzgebühren ihrer Energieversorgungsunternehmen zu vermeiden. Ein Verständnis dafür zu erlangen, wie elektrische Energie in Ihrer Organisation verbraucht wird, ist die Voraussetzung dafür, bei der Reduzierung des Energieverbrauchs kluge Entscheidungen zu treffen.

Hauptkomponenten elektrischer Energie

Wenn Sie ein Neuling in Sachen Energiemessungen sind, sollten Sie sich etwas Zeit nehmen, um den Unterschied zwischen Energie- und reinen Spannungs- und Strommessungen zu verinnerlichen. Wenn wir von der durch ein Energieversorgungsunternehmen bereitgestellten „Energie" reden, so besteht diese aus zwei Komponenten: Leistung und Leistungsbedarf.

Leistung, gemessen in kW, wird im Allgemeinen in Watt gemessen und gibt die Menge der abgegebenen Energie pro Sekunde an. Die Einheit Kilowattstunden beschreibt die elektrische Arbeit als Produkt aus Leistung mal Zeit. Diese wird durch den Zähler des Energieversorgungsunternehmens gemessen. In Kilowattstunden wird geleistete (elektrische) Arbeit gemessen, wie z. B. das Heizen und Kühlen eines Gebäudes und das Bewegen von Objekten oder Flüssigkeiten usw.

Leistungsbedarf, kVA, beschreibt den Gesamtbedarf eines Kunden an Spannung und Strom, die ihm das Energieversorgungsunternehmen in der Spitze bereitstellen muss, unabhängig vom Leistungsfaktor der Lieferung der Energie oder ob die Spannung und der Strom auch in elektrische Arbeit umgesetzt werden.

Und nun beginnen wir mit unseren Messungen ... Mittels eines herkömmlichen Digitalmultimeters mit einer Stromzange als Zubehör wird zunächst die Spannung und dann der Strom gemessen. Durch die Multiplikation beider Werte erhält man den Leistungsbedarf, gemessen in Kilo-Voltampere (kVA).

Diese Messung eignet sich bei einem einfachen, einphasigen Stromkreis, wenn die Last für die Dauer beider Messungen konstant bleibt. In einem Stromkreis unter realistischeren Lastbedingungen müssen eine Reihe von weiteren Faktoren berücksichtigt werden.

Mithilfe des Power Loggers Fluke 1735 kann die Leistungsaufnahme eines Kühlgeräts gemessen werden, um den Gerätewirkungsgrad festzustellen.

Einstellung der Protokollierzeiträume.

Leistungsfaktor, Scheinleistung und Oberschwingungen

Leistungsfaktor: In einem Stromkreis mit einem Leistungsfaktor von 1,0 (was äußerst selten vorkommt) entspricht der Leistungsbedarf der Leistung. Unter realen Bedingungen ist die Wirkleistung (kW) in der Regel geringer als die Scheinleistung (kVA). Der Unterschied, das Verhältnis kW/kVA, wird Leistungsfaktor (cos ϕ) genannt. Energieversorgungsunternehmen erheben häufig eine zusätzliche Gebühr, wenn der cos ϕ unter 0,95 abfällt. Einige Energieversorgungsunternehmen verlangen sogar die Einhaltung höherer Werte. Denken Sie daran: Ein niedriger Leistungsfaktor ist schlecht; ein hoher Leistungsfaktor ist gut.

Die typischen industriell oder gewerblich genutzten Anlagen nutzen eine Dreiphasen-Stromversorgung, um die elektrische Energie für eine ganze Reihe unterschiedlicher Anwendungen bereitzustellen – als Heizenergie, zum Betrieb von Dreiphasen-Elektromotoren und Motorantrieben oder als Energie für einphasige Lasten wie Computer und Beleuchtung. Dreiphasige Stromnetze erschweren die Leistungsmessung oder die Messung des Energieverbrauchs, insbesondere wenn eine Reduzierung des Energieverbrauchs durch eine Erhöhung des Wirkungsgrads geplant ist.

Blindleistung (VAR) ist der aus der Phasenverschiebung an z.B. ohmsch-induktiven Lasten resultierende Anteil der Scheinleistung, sie entspricht dem sin ϕ. Blindleistung erzeugt keine Arbeit, sondern trägt zu höheren Verlusten bei. Sie ist Teil des Unterschieds zwischen Wirkleistung und und Scheinleistung und trägt daher zu einer Reduzierung des Leistungsfaktors bei. Diese Form der Leistung wird durch die Induktivität eines Motors erzeugt und steigt an, wenn der Motor nicht unter Volllast betrieben wird. Ein Motor mit konstanter Drehzahl, der ein großes Umluftgebläse antreibt, ist ein Beispiel für den Einsatz mechanischer Dämpfer zur Regulierung der Luftströmung, wodurch das Gebläse mit reduziertem Wirkungsgrad arbeitet. Dabei kommt es wiederum zu einer Reduzierung der mechanischen Last auf den Antriebsmotor, der zu einer erhöhten Scheinleistung im elektrischen Versorgungssystem führt.

Aus diesem Grund haben sich viele Produktionsstätten dafür entschieden, ihre Motorversorgung von in Reihe geschalteten Antrieben auf Motoren mit regelbarer Drehzahl umzustellen, sodass der Betrieb des Motors und die Drehzahl an die Last angepasst werden können. Diese Optimierungsmaßnahmen sorgen für einen höheren Wirkungsgrad des

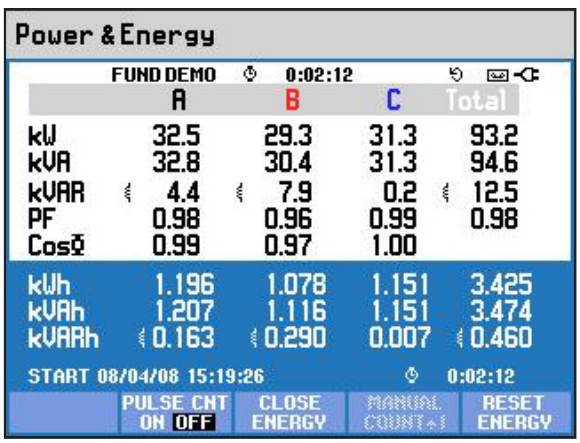

Abb. 1. Energieanzeige des Fluke 435. Der Reiter „Energie" ermöglicht die Überwachung akkumulierter kWh-, kVAh- und kVARh-Werte.

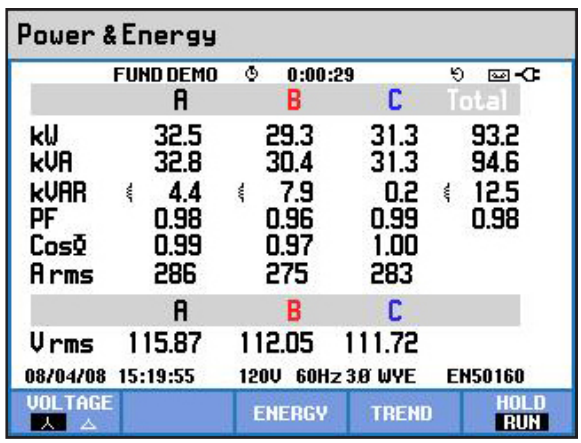

Abb. 2. Leistungsanzeige des Fluke 435. Dies ist eine Echtzeit-Ansicht der üblichen Leistungsberechnungen. Die kW-, kVA-, kVAR-, λ, cos ϕ – sowie die Veff-Werte werden für jede Phase und als Gesamtwert angezeigt. Das Symbol an der rechten Seite von kVAR zeigt an, ob es sich um eine induktive oder kapazitive Last handelt.

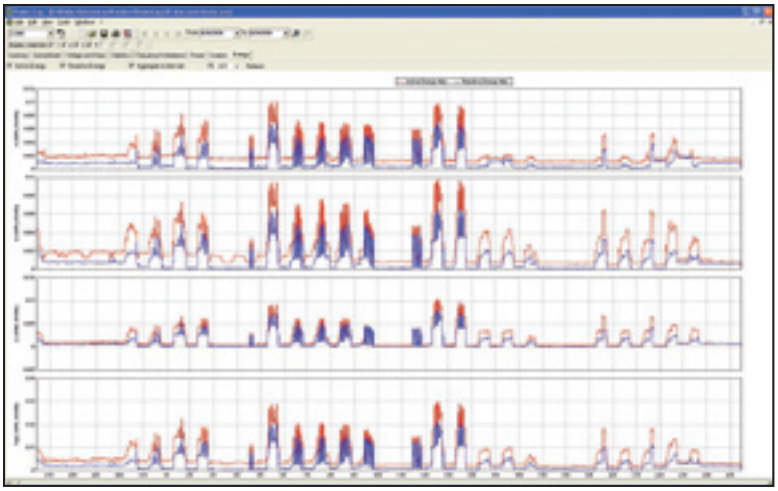

Abb. 3. Energieanzeige in PowerLog: Dieses 30-Tage-Lastdiagramm ermöglicht die Anzeige der kWh- und kVARh-Werte für jede Phase sowie der Gesamtwerte. Mittelungszeiten sind auswählbar, um sie mit einem Abrechnungszeitraum des Energieversorgungsunternehmens abzustimmen (typischerweise 15 Minuten).

Gebläses und einen effizienteren Energieverbrauch des Motors. Dabei wird der Leistungsfaktor erhöht.

Oberschwingungen, die zurück ins Versorgungssystem gelangen, werden durch die Last des Eingangsgleichrichters von Motorantrieben mit variabler Drehzahl, Computern und vergleichbaren elektrische Geräten erzeugt. Oberschwingungen führen ebenfalls zu einem reduzierten Leistungsfaktor.

Leistung messen

Um Wirkleistung zu messen, benötigen wir ein Messgerät, das simultane Messungen der Spannung, des Stroms und aller anderen oben erwähnten Faktoren durchführen kann – und das alles in einer Messperiode von einer Sekunde. Ein Digitalmultimeter kann dies nicht leisten. Die Lösung ist ein Netzqualitätsmessgerät.

Abhängig vom ausgewählten Hersteller und Modell kann in Einphasen-, Hilfsphasen- und Dreiphasen-Messkonfigurationen (3 Leiter oder 4 Leiter) gemessen werden und folgende Werte gemessen und aufgezeichnet werden: V, A, W, VA, VAR, cos ϕ, λ (Lambda) und Oberschwingungen. Einige Modelle, die Messwerte aufzeichnen können, bieten ebenfalls Funktionen zur Aufzeichnung von Messwerten auf einer Zeitskala, um die gleichen Energieverbrauchsdaten zu messen, die auch ein Energieversorgungsunternehmen erhebt. Dies wären kWh, kVAh und kVARh (siehe Abbildungen 1 und 2).

Der große Vorteil dabei: Diese Messgeräte berücksichtigen alle oben erwähnten Messprobleme und bilden den genauen Energieverbrauch in Echtzeit als Funktion einer den Zeitfaktor berücksichtigenden Messung der momentanen Spannung und des momentanen Stroms ab.

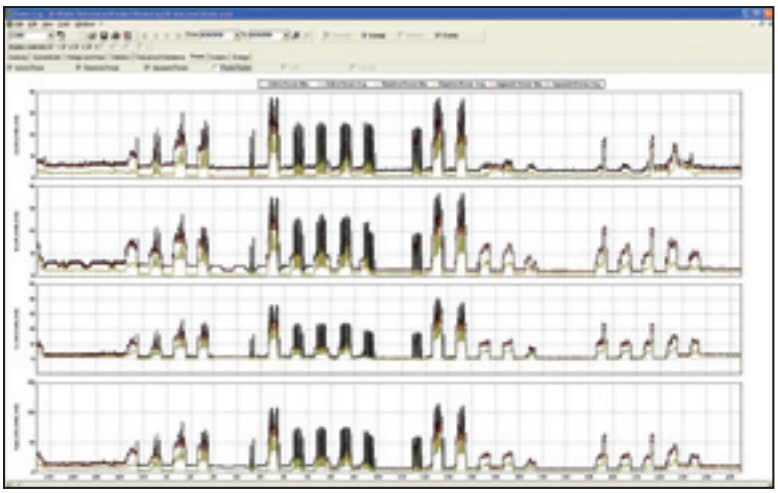

Abb. 4. Leistungsanzeige in PowerLog. In dieser Ansicht eines 30-Tage-Lastdiagramms können Sie die kW- und kVAR-Werte jeder Phase sowie die Gesamtwerte einsehen. Von diesem Punkt ausgehend können Maximalwerte mit Zeit und Dauer identifiziert werden.

Timing

Und nun zur letzten Schwierigkeit ... Energie kann nur als die elektrische Arbeit gemessen werden, die Ihre elektrische Anlage lastabhängig erbringt. Das bedeutet konkret: Die Messung dauert. Sie können eine Schätzung über Ihren Energieverbrauch vornehmen, indem Sie kurzfristig den Leistungswert überwachen. Durch die hierdurch gewonnenen Daten kann man den längerfristigen Energieverbrauch mit den Methoden einfacher Schulmathematik bestimmen.

Beispiel: Eine 100-Watt-Glühbirne brennt eine Stunde lang. In dieser Stunde werden 100 Wattstunden Energie verbraucht. Dieselbe Birne würde auf das Jahr betrachtet folgende Energiemenge verbrauchen: 100 x 24 x 365 = 864.000 Wattstunden oder 864 kWh.

Im Bezug auf Motoren, Motorantriebe mit variabler Drehzahl und Computer ist die Schätzung schwieriger. Wenn Sie jedoch eine Messung der Leistungsaufnahme über die Dauer von einer Stunde vornehmen und Ihre Ergebnisse um einige Annahmen erweitern, können Sie den Energieverbrauch eines Monats oder eines Jahres unter der Voraussetzung eines gleichbleibenden Energieverbrauchs schätzen. Eine andere Option wäre die Durchführung einer 30-tägigen Lastgangstudie mithilfe eines Power Loggers. Diese Messungen führen zu den in den Abbildungen 3 und 4 gezeigten Ergebnissen sowie zu einer umfassenden Kenntnis Ihrer Leistungsaufnahme unter Berücksichtigung des Zeitfaktors.

Einführung

Sind Sie bereit zur Leistungsmessung? Mithilfe Ihres Netzqualitätsmessgeräts können Sie Ihre Messspitzen für Spannung und Strom an die Phase(n) anschließen und mit der Überwachung beginnen. Prüfen Sie die Leistung (kW), die Scheinleistung (kVA) und den sich daraus ergebenden Leistungsfaktor. Ein hoher Leistungsfaktorwert ist gut. Messen Sie nun unsere Problemfaktoren: Blindleistung (VAR) und Oberschwingungen. Wenn beide Werte niedrig sind, ist Ihre Stromversorgung relativ frei von Störeinflüssen und der Wirkungsgrad dementsprechend hoch. Im Zusammenhang mit dem Energieverbrauch sind es die kW- und KVA-Werte, deren Vergleich über einen längeren Zeitraum wichtig wäre, wenn eine Reduzierung des Energieverbrauchs in Ihrer Produktionsstätte angestrebt wird.

Wenn Sie wirklich Geld einsparen möchten...

... können Sie natürlich auch weiterhin Spannung und Strom mit einem Multimeter messen und wie in einer Physikklausur Berechnungen durchführen. Durch die Reduzierung des Energieverbrauchs erzielt man einen unmittelbaren finanziellen Vorteil. Professionelle Messtechnik hilft Ihnen, die richtigen Werte Ihres Energieverbrauchs zu ermitteln. Wenn die Berechnungen oder Schätzungen Ihres Energieverbrauchs nicht genau genug sind, da sie nicht alle den Leistungsfaktor mindernden Aspekte in Ihren Anlagen berücksichtigen, dann wissen Sie in Wirklichkeit gar nicht, wie viel Energie Sie verbrauchen. Ein schlechter Ausgangspunkt zur Reduzierung des Energieverbrauchs... Daher zahlt es sich schnell aus, wenigstens ein Netzqualitätsmessgerät der Einsteigerklasse zu nutzen, um reale Energieverbrauchswerte zu ermitteln und diese über eine gewisse Zeit zu messen.

Fluke. *Damit Ihre Welt intakt bleibt.®*

Fluke Deutschland GmbH
Heinrich-Hertz-Straße 11
34123 Kassel
Telefon: (069) 2 22 22 02 00
Telefax: (069) 2 22 22 02 01
E-Mail: info@de.fluke.nl
Web: www.fluke.de

Technische Beratung/Hotline
Tel.: (069) 2 22 22 02 04
E-Mail: hotline@fluke.com

Fluke Vertriebsgesellschaft m.b.H.
Liebermannstraße F01
A-2345 Brunn am Gebirge
Telefon: (01) 928 95 00
Telefax: (01) 928 95 01
E-Mail: info@as.fluke.nl
Web: www.fluke.at

Fluke (Switzerland) GmbH
Industrial Division
Grindelstrasse 5
8304 Wallisellen
Telefon: 044 580 75 00
Telefax: 044 580 75 01
E-Mail: info@ch.fluke.nl
Web: www.fluke.ch

© Copyright 2009 Fluke Corporation. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt in den Niederlanden 05/2009. Änderungen vorbehalten.

Pub_ID: 11546-ger