

Messungen an Geräten mit niedrigem Stromverbrauch

Niederleistung

In einem perfekten Stromnetz sind die Spannungs- und Stromsignale sinusförmig. Daher besteht eine Verwechslungsgefahr zwischen dem Leistungsfaktor und dem Cosinus φ (*Verschiebungsfaktor*).

Die Maschinen und sonstigen elektrischen Verbraucher, denen man in der Industrie begegnet, generieren Blindleistung, welche den Leistungsfaktor verringert. In Frankreich hat der Energieversorger ERDF einen so genannten "grünen Tarif" für starke Stromstärken eingerichtet. Dabei wird der Leistungsfaktor beobachtet und die entstandene Blindleistung verrechnet. In den Industriebetrieben richtet man daher zur Anhebung des Leistungsfaktors Kondensator-gesteuerte Lösungen ein.

In Privathaushalten wird der Leistungsfaktor vom Energieversorger nicht überwacht, betroffen sind davon nur Fachleute mit Sondertarifen (in Frankreich "Grün" und "Gelb").

Zuerst untersuchen wir die, von einem an das Stromnetz angeschlossene Gerät aufgenommene Leistung mit sehr schwachem Stromverbrauch, dann zerlegen und analysieren wir diese Leistung.

Zerlegung der Leistung

Schwachstrom

Automatische Messungen

THEORETISCHE ANALYSE

Die einfachste Möglichkeit, den Strom zu erfassen, ist eine Messung mit einer Stromzange ohne den Schaltkreis zu öffnen; zum Beispiel mit der Zange K2 (1 mA/10 mV). Man verbindet die Zange mit dem Spannungseingang am Scopix®, bei aktiver 5kHz-Bandbreitenbeschränkung. Der geringste zulässige Messbereich beim Scopix® beträgt 2,5 mV/DIV.

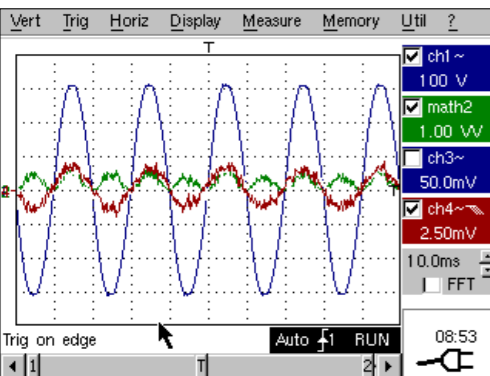
Die 230 V-Spannung wird mit den Prüfspitzen (600 V CAT III) entweder direkt an den Buchsen einer Steckdose oder an den Geräteanschlüssen gemessen. (Die Steckdose sollte möglichst nahe liegen, weil Spannung und Frequenz im Stromnetz untermtags je nach Tageszeit variieren).

Mit Hilfe der Math-Funktion erhält man das Produkt der Spannung mit dem Strom, sodass die Scheinleistung angezeigt wird, nicht aber der entsprechende Leistungsfaktor. Wählt man jedoch den niedrigsten vertikalen Messbereich, ist die Amplitude der Kurve groß genug für die Berechnung des Leistungsfaktors.

Der Leistungsfaktor (PF) ist das Verhältnis vom Betrag der Wirkleistung P zur Scheinleistung S : $\frac{P}{S}$

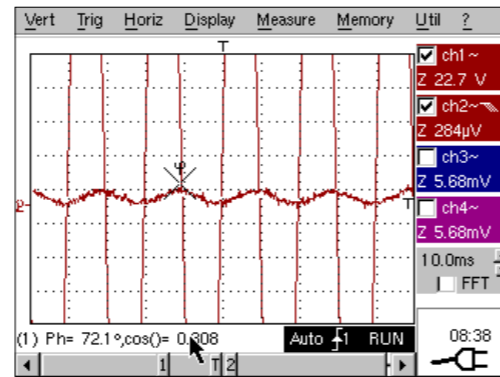
Das Produkt der RMS-Werte von Strom und Spannung ergibt die Scheinleistung S. Diese Werte stehen dank der automatischen Messvorgänge an den einzelnen Kurven zur Verfügung. Mit Hilfe des Mittelwerts "Vmittel (Vavg)" in den automatischen I- und U-Messungen, kombiniert mit der Berechnung MATH UxI am Kanal, wird die Wirkleistung ermittelt.

Hinweis: Wenn beide Signale sinusförmig sind, lässt sich die Phasenverschiebung des Leistungsfaktors ϕ ableiten.

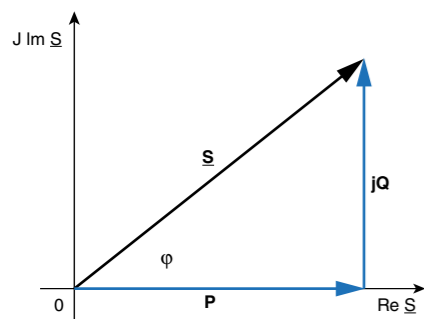


Trick
Für genauere Messergebnisse empfehlen wir, den Phasenleiter N Mal um die bewegliche Backe der Zange zu wickeln und den A-Betrag durch N zu dividieren.

Präzisere Ergebnisse erzielt man in einem solchen Fall durch händisches Messen der Phase. Die Messgenauigkeit ist tatsächlich ein Faktor, der berücksichtigt werden muss, denn bei einer solchen Anwendung stoßen wir an die Grenzen des Geräts: Die automatische Phasenmessung ist in diesem Fall nicht mehr möglich, weil die Stromamplitude für die Erfassung zu niedrig ist.



Wichtige Formeln



Die Scheinleistung ist definitionsgemäß das Produkt des Effektivwerts des Stroms und des Effektivwerts der Spannung: $S = UI$

Die Wirkleistung ist der Mittelwert aus dem Produkt von Strom und Spannung, also der Mittelwert der Leistung: $P = \langle u(t)i(t) \rangle$

Bei einem sinusförmigen Signal lässt sich ableiten:

$FP = \cos \phi$
 $\phi = \cos^{-1}(\text{Leistungsfaktor})$

MESSUNGEN

In diesem speziellen Fall werden die Niederleistungsmessungen zur Analyse des Leistungsfaktors herangezogen. Der Strom, der durch den Leiter fließt, ist sehr schwach; er wird auf 100 µA geschätzt. Die Spannung an den Buchsen ist die Netzspannung 230 V/50 Hz.

Ein erster Ansatz für das Messen im Scope-Modus des tragbaren Oszilloskops Scopix® zeigt uns, dass sich auch sehr schwache Leistungen mit einem Strom messen lassen, der gegen mA geht.

Anhand dieser Messungen lässt sich der Leistungsfaktor der Anlage berechnen. Nachdem Strom und Spannung sinusförmig sind, kann man daraus außerdem die Phasenverschiebung (Winkel zwischen I und V) ableiten.

Unten sieht man die Kurven im Oszilloskop-Modus (Abb. 1) von Leistung, Spannung und Strom:

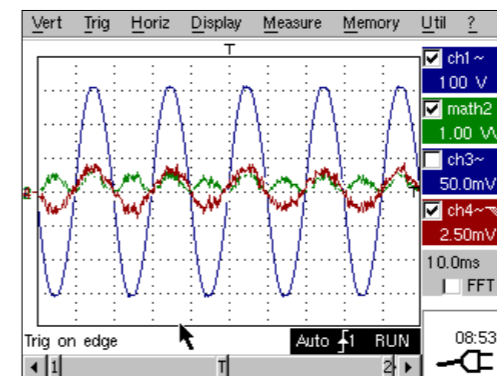


Abb. 1

Die Strom-Amplitude ist sehr gering und nur schwer zu erfassen. Darum sind mit dem Scopix® Messungen im Meter-Modus ungeeignet und man wählt für das Messen den Scope-Modus.

Dennoch berücksichtigt das Oszilloskop den Probix® in Kanal 2 (Abb. 2).

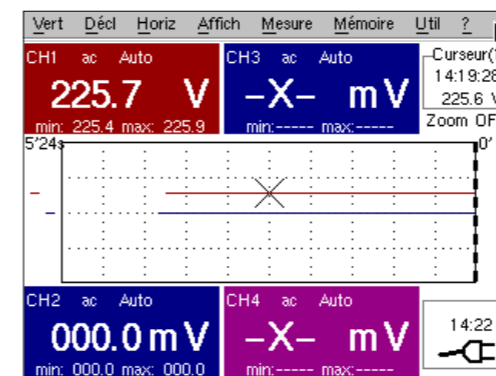
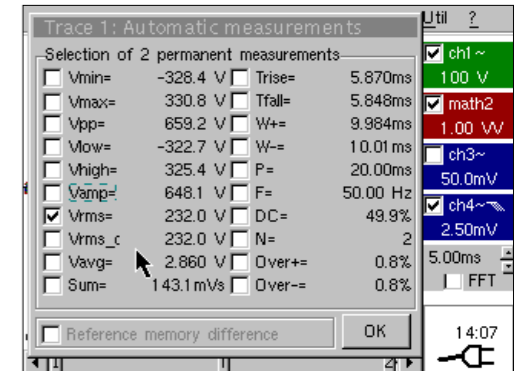
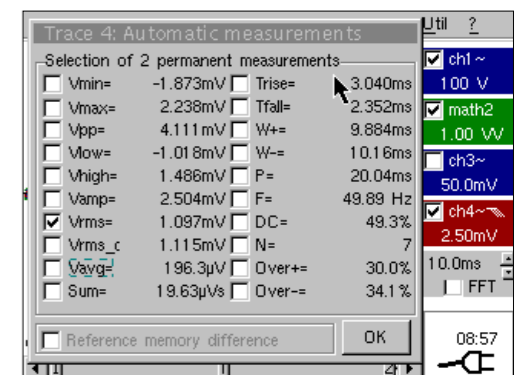


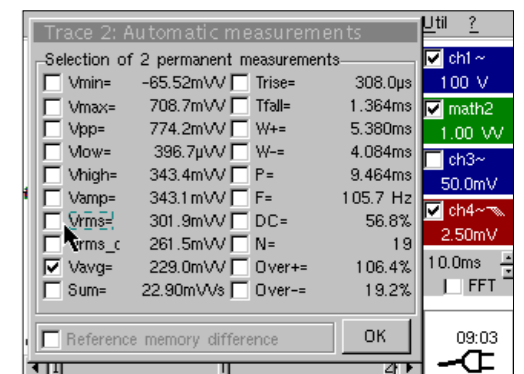
Abb. 2



Automatisches Messen des Effektivwerts der Spannung



Automatisches Messen des Effektivwerts des Stroms (dieser muss durch 10 dividiert werden, weil die Zange K2 ein Verhältnis 1 mA/10 mV hat)



Automatisches Messen der Kalkulation MATH 2 = CH1 x CH2 ergibt den Vmittel (Vavg) für P_Mittel = 229 mW

ANALYSE DER MESSERGEBNISSE

Nach dem Messen müssen die Ergebnisse analysiert werden. Als Grundlage dafür dienen die Formeln im Rahmen, die immer noch gelten. Zuerst lässt sich der Leistungsfaktor berechnen, nachdem wir dank der vorhergegangenen Messungen ja die Wirk- und Scheinleistung kennen.

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{P_{\text{Mittel}}}{V_{\text{rms}} \times I_{\text{rms}}} = \frac{229 \times 10^{-3}}{232 \times 1,097 \times 10^{-3}} = 0,873$$

Die bei den Messungen beobachteten Signale waren sinusförmig, daher gilt $PF = \cos \varphi$.

$$\varphi = \cos^{-1}(0,899)$$

$$\varphi = 45,2 \text{ Grad}$$

Mit einem geeigneten Messgerät lässt sich der Leistungsfaktor einfach bestimmen, auch bei sehr schwachem Strom. Für derartige Berechnungen empfiehlt sich das Oszilloskop Scopix®, weil selbst schwache Leistungen angezeigt werden und die automatischen Messungen präzise sind.

PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Dieses Gerät gewährleistet für eine solche Anwendung Präzision, weil die automatischen Messungen sehr nützlich für eine rasche Berechnung des Leistungsfaktors sind.

Die Vorgangsweise mit dem Scopix® ist einfach: Ein Koeffizient wird direkt an der Stromsonde eingegeben, sodass man ein Spannungsbild vom Strom bekommt, ohne den Stromversorgungskreis zu öffnen und damit das Netz zu unterbrechen.



Das Oszilloskop der tragbaren Scopix III Reihe von Metrix® ist in der Lage, mit guter Präzision schwache Leistungen zu messen. Für derartige Versuche benötigt man eine Stromsonde (K1, K2, E3N, PAC 12 bzw. PAC 22) von Chauvin Arnoux® und Tastspitzen für direktes Spannungsmessen (600 V CAT III) im Oszilloskop-Modus.

