17. Versuche zur Leistung am Transformator

Bei Wechselspannungen berechnet sich die momentane Leistung zu $p(t) = u(t) \cdot i(t)$.

Strom und Spannung sind nur bei rein ohmschen Widerständen in Phase; sobald sich ein kapazitiver (Strom eilt der Spannung um π/2 voraus) oder induktiver (Strom läuft der Spannung um π/2 hinterher) Widerstand im Stromkreis befindet, sind *u(t)* und *i(t)* gegeneinander um einen gewissen Winkel *φ* phasenverschoben:

$$u(t)=\hat{u}\cdot\sin(\omega t) \qquad i(t)=\hat{i}\cdot\sin(\omega t-\varphi) \quad .$$

Dann ist
$$p(t)=\hat{u}\cdot\sin(\omega t)\cdot\hat{i}\cdot\sin(\omega t-\varphi)$$
$$=\frac{1}{2}\hat{u}\cdot\hat{i}\cdot[\cos(\varphi)-\cos(2\omega t-\varphi)] \quad .$$

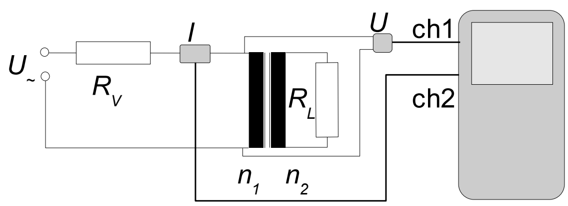
Mit den Effektivwerten $U=\frac{\hat{u}}{\sqrt{(2)}} \qquad I=\frac{\hat{i}}{\sqrt{(2)}}$

erhält man $p(t)=U\cdot I\cdot\cos(\phi)-U\cdot I\cdot\cos(2\,\omega t-\phi)$.

Darin ist der erste, konstante Summand die	Wirkleistung	$P=U\cdot I\cdot\cos(\phi)$
der zweite mit dem Mittelwert 0 die	Scheinleistung	$S=U\cdot I$
und beide sind verbunden zur	Blindleistung	$Q=\sqrt{S^2-P^2}$.

In den nachfolgenden Versuchen sollen diese Größen am Beispiel eines belasteten Transformators gemessen und berechnet werden.

Aufbau:



Netzteil mit z. B. $U_{\sim}$ = 4 V

Transformatoraufbau z. B. n_1 = 800 Windungen und n_2 = 400 Windungen

Vorwiderstand z. B. R_V = 31,9 Ω

verschiedene Lastwiderstände R_L , z. B. 121 Ω und 31,9 Ω

Spannungssensor (Eingang 1)

Stromsensor (Eingang 2)

Durchführung:

Einstellungen:

Messrate: 5000 Messungen pro Sekunde

Messdauer: 0,05 s

Durchführung:

Es werden nacheinander mit verschiedenen R_L Messungen gemacht und abgespeichert.

Bilderserie: Bild 17.1 (Leerlauf) Bild 17.2 (121 Ω) und Bild 17.3 (31,9 Ω)

Es ist recht gut zu erkennen, wie sich mit zunehmender Belastung die Phasenverschiebung verringert.

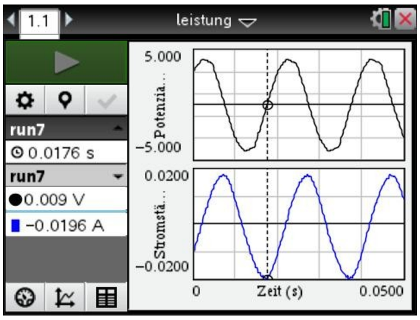


Bild 17.1

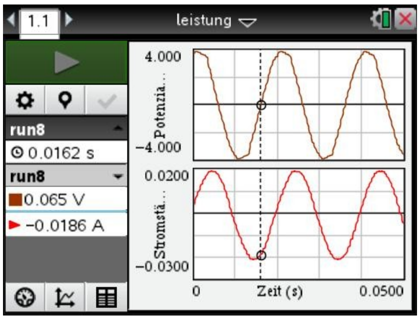


Bild 17.2

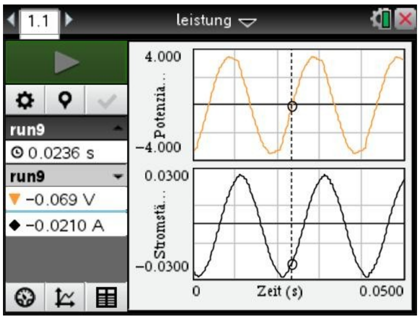


Bild 17.3

Auswertung:

1. Die Wirkleistung *P* wird ermittelt, indem man über die Dauer einer Periode integriert:

$$P=\frac{1}{T}\cdot\int_{t_0}^{t_0+T} u(t)\cdot i(t)\,dt \quad .$$

2. *p(t)* erhält man, indem man in einer zusätzlichen Spalte *u(t)·i(t)* berechnen lässt (Bilder 17.4 und 17.5). [4]
3. Da *u(t)·i(t) = p(t)* aber die doppelte Frequenz von *u(t)* bzw. *i(t)* hat, muss man über 2 Perioden von *p(t)* integrieren. Das ist gut in Bild 17.6 zu sehen, wo eine Messung noch einmal dargestellt ist, jetzt aber Spannung und Leistung. Der Anfang einer Periode von *u(t)* ist markiert.
4. Bei Bild 17.7 wurde der Bereich ausgewählt und dann das Integral gebildet mit dem Ergebnis in Bild 17.8.

[4] TI-Nspire™CX: Diese Spalte kann direkt im Messmodul eingefügt werden. Besser ist es jedoch, wenn man die Daten nach *Lists&Spreadsheet* sendet und dort berechnen lässt. Die Darstellung sollte dann in *Graphs* erfolgen.

5. In der Tabelle sind noch einmal alle Werte zusammengefasst dargestellt; die Blindleistung Q ist wegen der geringen Wirkleistung P fast identisch mit der Scheinleistung S. $\hat{u}$ und $\hat{\imath}$ wurden an den Grafiken abgelesen.

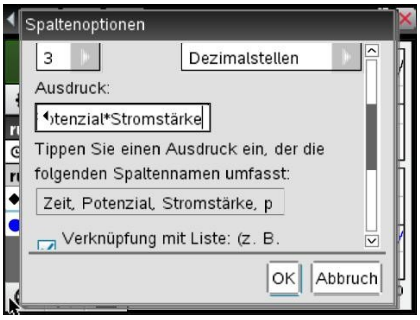


Bild 17.4

Bild 17.5

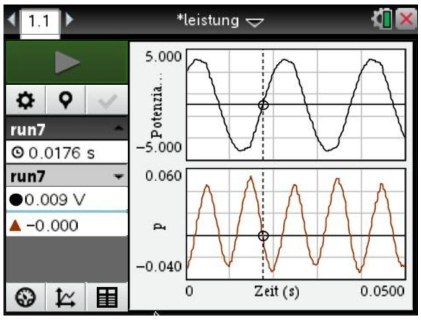


Bild 17.6

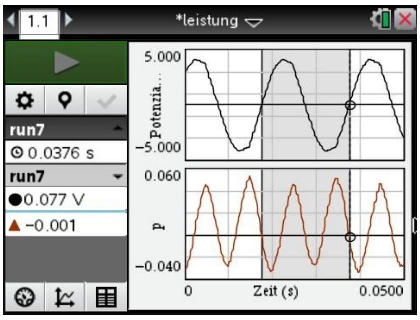


Bild 17.7

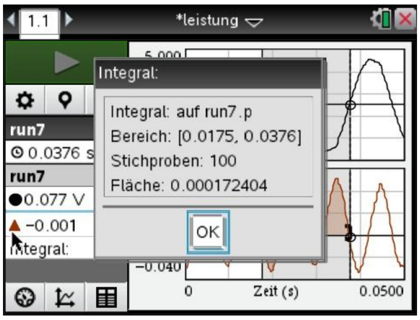


Bild 17.8

	17.1	17.2	17.3
R_L / Ω	-	121	31,9
$\hat{u}$ / V	4,11	3,86	3,47
$\hat{\imath}$ / mA	17,7	19,1	26,5
φ	1,567	1,563	1,561
P / mW	0,172	0,392	0,654
S / mW	51,4	52,1	65,0
Q / mW	51,4	52,1	65,0

Tabelle