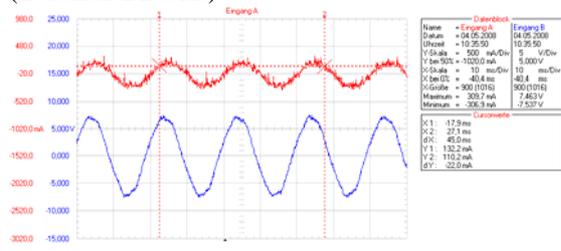


Stromwandler-messungen.doc.

Angestoßen durch die Trafodiskussion im Wikipedia Transformator Artikel vom April 08, hat emeko folgende Messungen mit verschiedenen Spannungsformen an einem Stromwandler durchgeführt, um zu beweisen, dass der Stromwandler die Strom-(durch das Kernloch) zur Spannungswandlung (an der Bürde), getreu ausführt, sofern der Kern dabei nicht in Sättigung gerät. Als Ergebnis ist zu beachten ist, dass der Stromwandler nicht durch einen zu großen Strom durch das Kernloch, sondern nur durch eine zu große Spannungszeitfläche an seinem Ausgang in Sättigung gerät, wenn der Bürdenwiderstand bezogen auf den Eingangsstrom, zu hochohmig ist.

Stromwandler Test mit Netzspannung über Stelltrafo 150VA auf einen 100VA Ringkerntrafo, durch dessen Kern-Loch 3 Windungen mit einem Draht gewickelt sind, der dann zu einem Stromwandler ZKB 465/501-03-160 A3 der Fa. VAC geht und dort mit 5 Windungen durch Kernloch zurück geht zum 100VA Ringkerntrafo. Der Stromwandler hat eine Übersetzung von 50A zu 50mA, also 1 : 1000. Er hat also 1000 Windungen auf dem Ringkern für die Ausgangswicklung. Die zulässige Spannungszeitfläche ist  $\leq 0,2mVsec$ . Pro Windung.

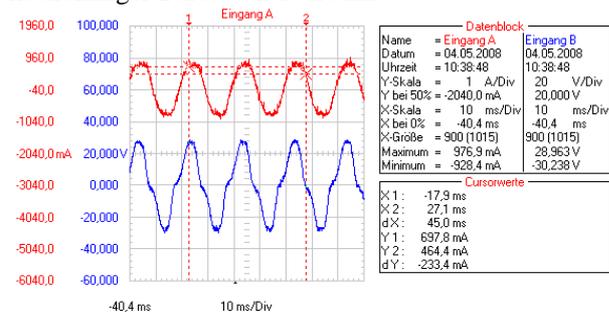
**Bild 1. A, rot = Iprimär von Wandler, B, blau = Spannung am Wandlerausgang bei 10kOhm Bürde.** (Bei allen Bildern.)



Stromwandler-test-1.bmp, VAC, ZKB 465/501-03-160 A3,10k Ohm Bürde, A=Iprim, B=Usek.

Das Ausgangssignal ist mit 7VSpitze noch unverzerrt.

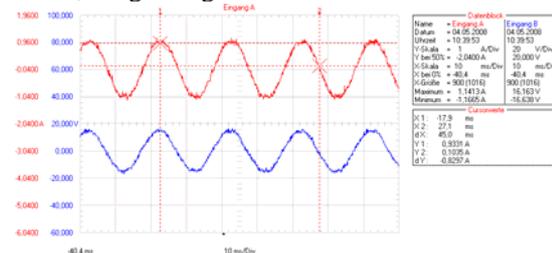
**Bild 2, wie Bild 1, jedoch mehr Primärstrom bei zu hochohmiger Bürde von 10 kOhm.**



Stromwandler-test-2.bmp, wie 1, jedoch I prim größer.

Das Ausgangssignal in Bild 2 ist deutlich verzerrt, weil die Spannung am Ausgang mit 28VSpitze viel zu groß ist. Die Spannungszeitfläche an einer Windung des Stromwandlers ist zu groß.

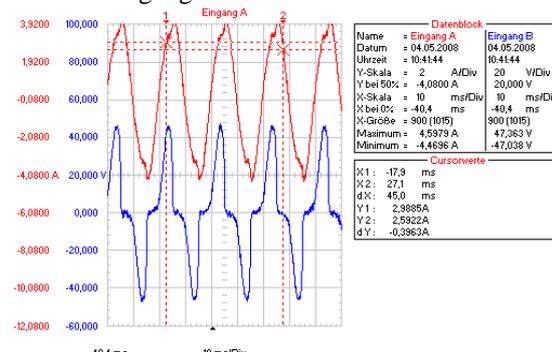
**Bild 3, bei gleich großem Strom wie in Bild 2.**



Stromwandler-test-3.bmp, wie 2 jedoch 2k Ohm Bürde, keine Sättigung mehr

Aber nun bei 2kOhm Bürde keine Übersteuerung mehr. (Wenn's nur am Eingangs-Strom läge wäre das Ausgangssignal immer noch verzerrt.)

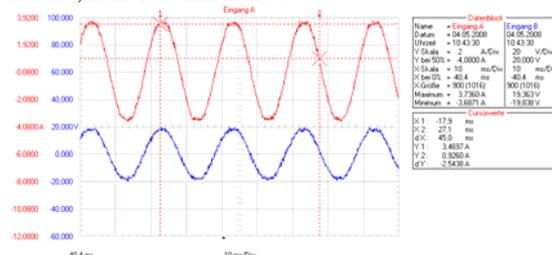
**Bild 4, Strom wieder größer bei 2kOhm Bürde, nun wieder Sättigung.**



Stromwandler-test-4.bmp, wie 3 jedoch Iprim größer, wieder Sättigung.

Sobald die Bürdenspannung größer 20VSpitze geht, tritt Sättigung auf. Der Kern kann also nur 20mV Spitze pro Windung bei 50 Hz als Spannungszeitfläche = Magnetfluss Phi aushalten.

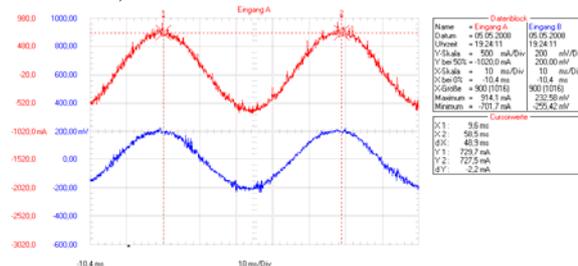
**Bild 5, nun 1kOhm Bürde.**



Stromwandler-test-5.bmp, wie 4, jedoch 1k Ohm Bürde, keine Sättigung mehr

Die Sättigung ist wieder beseitigt, die Spannung am Ausgang ist kleiner 20V Spitze.

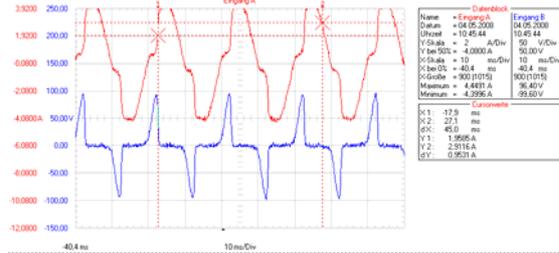
**Bild 5A, wie Bild 5 jedoch nur 5 Ohm Bürde und nur 20 Hz,**



Stromwandler-test-5a, wie 5 jedoch 5 Ohm Bürde und nur 20 Hz.

was die Spannungszeitfläche zwar durch die kleinere Frequenz vergrößert, aber durch die niederohmige Bürde wieder verkleinert und damit wird die Sättigung verhindert.

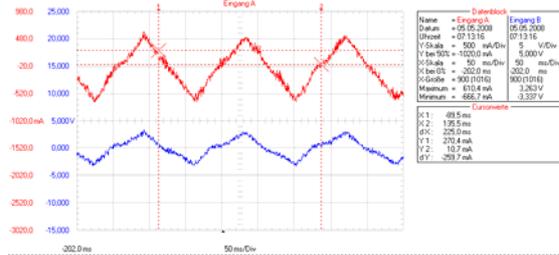
Bild 6 wie Bild 5 jedoch ohne Bürde.



Stromwandler-test-6.bmp, wie 5 jedoch keine Bürde, also offen. Starke Sättigung. Eingangsstrom wird beeinflusst.

Starke SÄTTIGUNG beim gleichen Eingangsstrom wie in Bild 5.

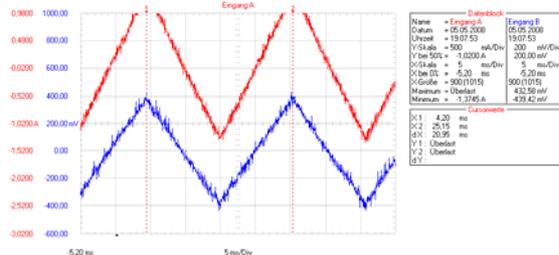
Bild 7, mit Dreieckstrom.



Stromwandler-test-7.bmp, wie 1, jedoch Dreieckstrom in Primdraht, bei 1k Ohm Bürde, A= Iprim, B= Usek

Die Ausgangsspannung ist schon zu groß an dieser Bürde, weil die Frequenz viel kleiner als bei den Bildern 1-6 ist und damit die Spannungszeitfläche zu groß ist.

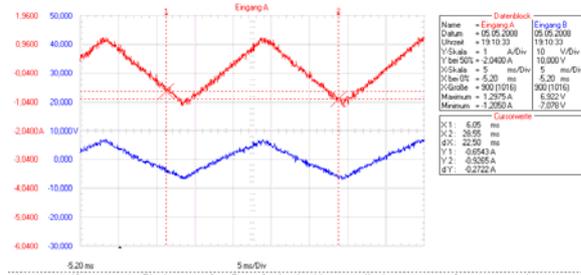
Bild 8, wie Bild 7 jedoch nur 5 Ohm Bürde.



Stromwandler-test-7a.bmp, wie 7, jedoch 5 Ohm Bürde, A= Iprim, B= Usek an 5 Ohm

Die Ausgangsspannung ist in Bild 8 OK, weil durch die kleine Bürde und höhere Frequenz die Spannungszeitfläche klein ist.

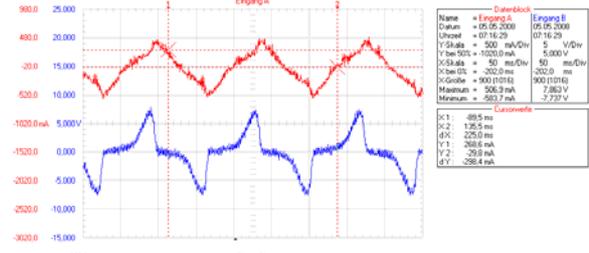
Bild 7b, wie 7a.



Stromwandler-test-7b.bmp, wie 7a, jedoch 1k Ohm Bürde, A= Iprim, B= Usek an 1k Ohm

Auch mit 1 kOhm Bürde ok.

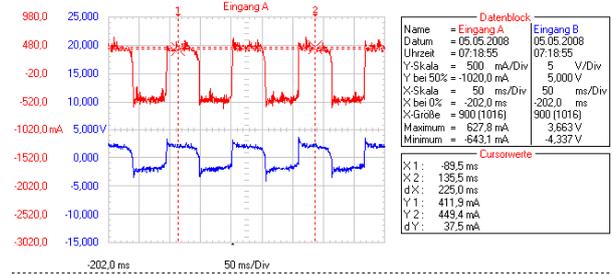
Bild 8, mit kleinerer Frequenz als zuvor.



Stromwandler-test-8.bmp, wie 7 jedoch ohne Bürde, A=Iprim, B=Usek.

Die Ausgangsspannungszeitfläche ist wieder zu groß.

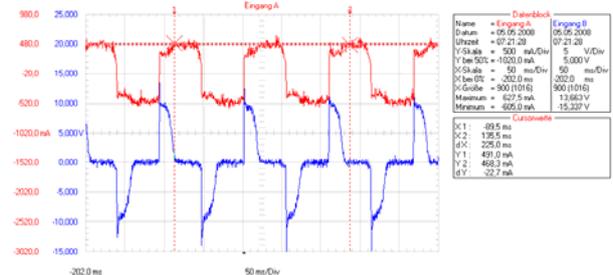
Bild 9, wie bei Bild 1, jedoch mit Rechteckigem Stromverlauf.



Stromwandler-test-9.bmp, wie 1 jedoch Rechteckstrom in Draht durch Wandler-Loch, mit 1k Ohm Bürde, A= Iprim, B= Usek

Gute Übertragung, solange die Spannungszeitfläche nicht zu groß ist.

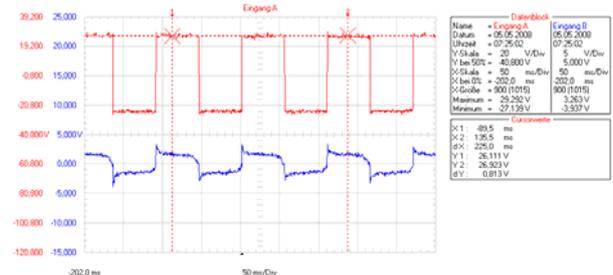
Bild 10, ohne BÜRDE:



Stromwandler-test-10.bmp, wie 9 jedoch ohne Bürde, A=Iprim, B=Usek. Sättigung.

Die Spannungszeitfläche ist hier zu groß, weshalb ab dem ersten Drittel schon die Kernsättigung eintritt.

Bild 11. Wie Bild 9 aber A= nun die Spannung am Ausgang des Funktionsgenerators, nicht mehr der Strom in den Stromwandler hinein. B= Usek.

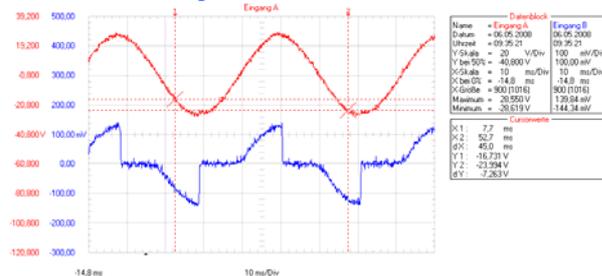


Stromwandler-test-11.bmp, wie 9, mit 1k Ohm Bürde, jedoch A= Ufktgen, B= Usek.

Alles ok.

Bild 12, die Speise-Spannung liegt nun am Ausgang des Stromwandlers. (So werden diese auf Ihr Übertragungsverhalten geprüft, wie ein Trafo.)

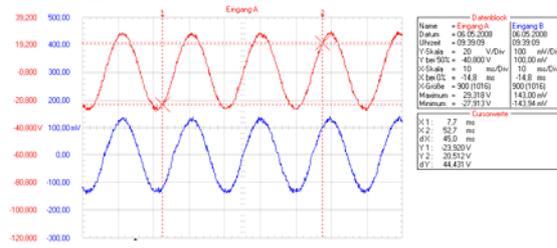
A= Usek, B= U an 5 Windungen durchs Kernloch, also U prim des Wandlers.



Stromwandler-test-12.bmp, Stromwandler wie bei Bild 1, vom Ausgang her mit 20 Hz Sinus gespeist. A=Ufktgen. am Ausg.anschl., B= U an 5 Windungen durchs Kernloch. Alles Leerlauf. sehr scharf einsetzende Sättigung ab halber spannungszeitfläche.

Sättigung ab der halben Spannungszeitfläche, weil Frequenz zu klein und damit die Spannungszeitfläche zu groß ist. (Pro Windung mit ca. 0,38mVsec oder hier pro 1000 Windungen mit 380mVsec. Pro Windung sind nur 20mV bei 50 Hz zulässig bei diesem Wandler.) Das heißt aber auch, dass an der einen Windung primär 20mV abfallen.

Bild 13, Wie Bild 12, jedoch mit 50 Hz also doppelter Frequenz und halber Spannungszeitfläche wie im Bild 12.



Stromwandler-test-13.bmp, wie 12 aber mit 50 Hz gespeist, keine Sättigung g. 0 = 18,9V / 95mV/5 wind. = 1:1000.

Keine Sättigung mehr.

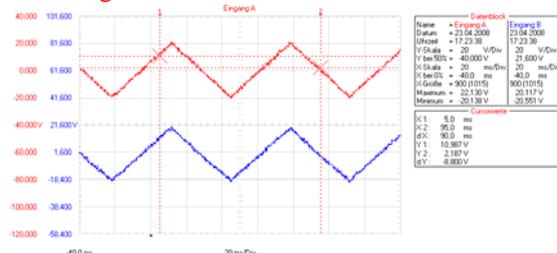
Fazit der Stromwandler Messung:

Damit auch die Dreiecksform gut übertragen wird, sollten bei diesem Wandler Ausgangsspannungen von mehr als 1 Volt Spitze bei 50 Hz vermieden werden.

**Zum besseren Verständnis hier noch die Messungen an einem Ringkerntrafo, der den gleichen Kerntyp wie der Stromwandler hat und sich deshalb genauso verhält.**

Bild 15: Dreieckspeisung auf 100VA Ringkerntrafo 230V zu 230V über 300 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Usek.

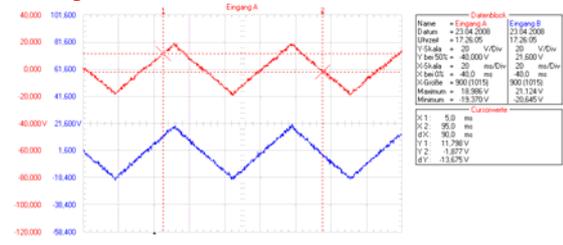


Trafotest-fktgen-15.bmp, 100VA Rktr. 230 zu 230V, mit Dreiecksp. vor 300 Ohm gespeist. U = U vor 300 Ohm, B= Usek. Ri prim = 23 Ohm

Der 100VA Trafo überträgt die SPANNUNG 1:1 solange er nicht in Sättigung geht.

Bild 16: Dreieckspeisung auf Ringkerntrafo über 300 Ohm gespeist.

A= Uprim., B= Usek.

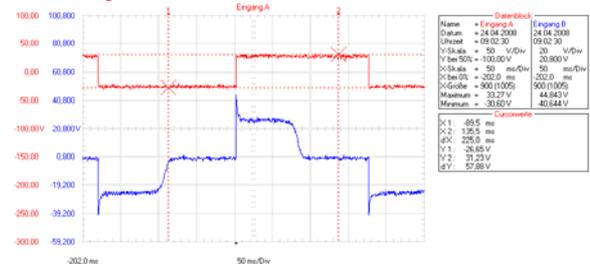


Trafotest-fktgen-16.bmp, wie 15 jedoch A= Primspannung nach 300 Ohm gemessen.

Der Trafo überträgt die SPANNUNG 1:1.

Bild 17: Rechteckspeisung mit zu geringer Frequenz auf Ringkerntrafo über 300 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Usek.



Trafotest-fktgen-17.bmp, wie 15 jedoch mit Rechtecksp. zu kleiner Freq. ein 100VA Rktr. 230 zu 230V, A= U vor 300 Ohm Widst., B= Usek. Wenn Usek einbricht ist die Sättig. erreicht.

Durch eine zu große Spannungszeitfläche, wenn die Spannungszeitfläche zum Aufmagnetisieren verbraucht ist bevor die Rechteckspannung zu Ende ist, geht der Kern in Sättigung.

Die Spannungsspitze, kann als Ausschaltspannungsspitze verstanden werden, weil der Sättigungsstrom erst abgebaut werden muss. (Rücklauf der pos. Magnetisierung auf der Hyst. Kurve von der pos. Sättigung bis zur max. pos. Remanenz. Siehe die Hysteresekurve unten.)

Bild 25:

## Hysteresekurve

bei Ringkern-Trafos luftspaltfrei deshalb hohe Remanenz

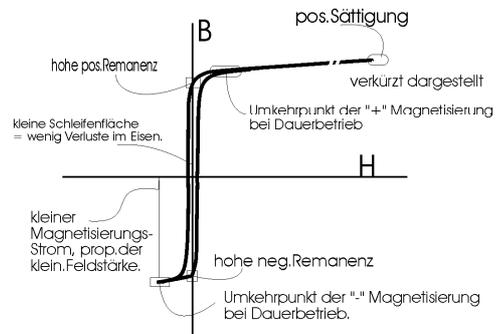
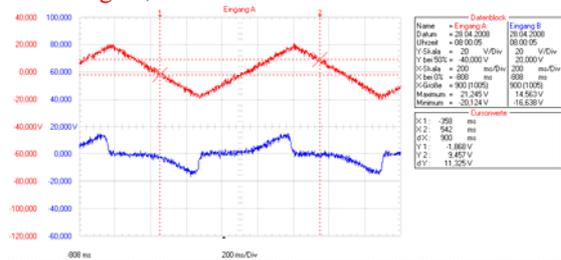


Bild 23: Dreieckspeisung auf Ringkerntrafo über 600 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Usek.

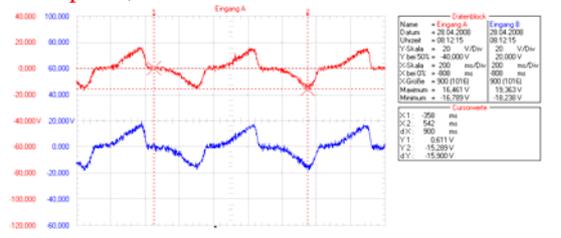


Trafotest-fktgen-23.bmp, 100VA Rktr., über 600 Ohm mit Dreieck von zu kleiner Freq. gespeist, A= Ufktgen., B= Usek.

Das Eisen geht ungefähr ab dem Spannungsscheitel in Sättigung, (Abfall von Usek.) weil die Spannungszeitfläche bis dahin alle Weisschen Bezirke schon umgepolt hat. Zu große Windungsspannungszeitfläche.

Bild 24: Dreieckspeisung von Ringkerntrafo über 600 Ohm gespeist.

A= Uprim., B= Usek.

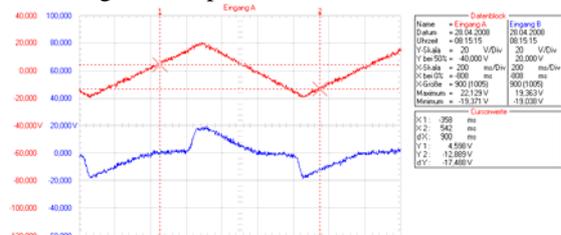


Trafotest-fktgen-24.bmp, wie Bild 23, jedoch A= Uprim., (B=Usek)

Uprim., nach dem 600 Ohm Widerstand und Usek. sind gleich

Bild 25: Dreieckspeisung auf Ringkerntrafo über 600 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Iprim.

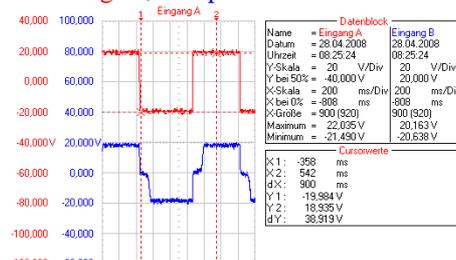


Trafotest-fktgen-25.bmp, wie Bild 23, jedoch B= Iprim., (U an 600 Ohm)

Das Eisen geht ungefähr ab dem Spannungsscheitel in Sättigung, (Anstieg von Iprim.) weil die Spannungszeitfläche bis dahin alle Weisschen Bezirke schon umgepolt hat.

Bild 26, Rechteckspeisung auf Ringkerntrafo über 600 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Iprim.

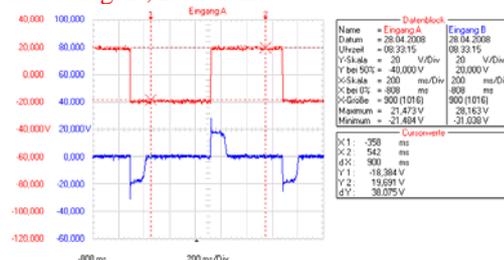


Trafotest-fktgen-26.bmp, wie Bild 25, jedoch Rechteckspannung über 600 Ohm eingespeist

Der Trafo geht kurz nach dem Spannungsanstieg in Sättigung, erkennbar am Strom der gleich dem Spannungsabfall am Vorwiderstand ist.

Bild 27, Rechteckspeisung mit geringer Frequenz auf Ringkerntrafo über 600 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Usek.

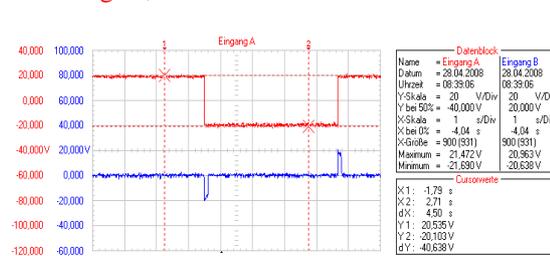


Trafotest-fktgen-27.bmp, wie Bild 25, jedoch B= Usek.

Der Trafo geht kurz nach dem Spannungsanstieg in Sättigung. Usek bricht nach kurzer Zeit zusammen.

Bild 28, Rechteckspeisung mit sehr geringer Frequenz auf Ringkerntrafo über 600 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Usek.



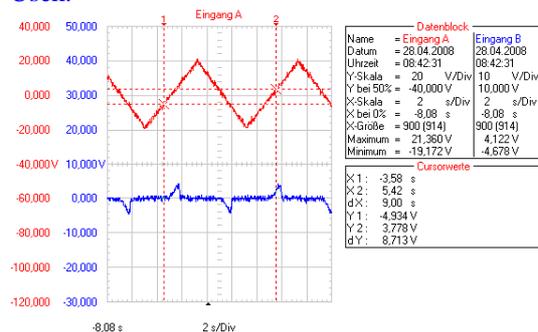
Trafotest-fktgen-28.bmp wie Bild 27 jedoch noch kleinere Freq.

Viel zu große treibende Spannungszeitfläche, vor dem Widerstand. Der Trafo geht im Verhältnis zur Signaldauer noch früher in Sättigung. Aber er differenziert nicht, wie das manche Zeitgenossen behaupten.

Würde auf Kanal A nicht die Spannung vor dem Einspeisewiderstand, sondern die Spannung an der Primärwicklung aufgezeichnet, dann sähe diese Primärspannung ganz genauso wie die Sekundärspannung aus, weil der Trafo in dieser Anordnung mit dem Strombegrenzungswiderstand Spannungen immer 1 zu 1 überträgt, weil ab der Sättigung die ganze Spannung des Funktionsgenerators am Vorwiderstand abfällt.

Bild 29, Dreieckspeisung mit sehr geringer Frequenz auf Ringkerntrafo über 600 Ohm gespeist.

A= Ufktgen., B= Usek.

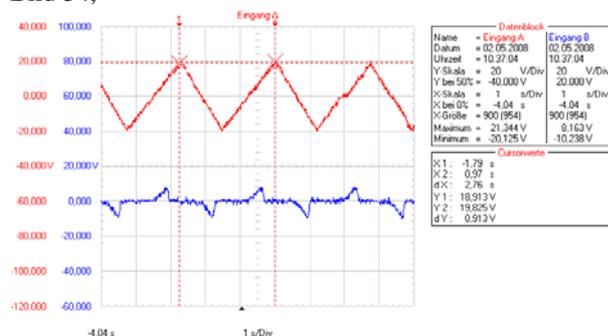


Trafotest-fktgen-29.bmp, wie Bild 27, jedoch mit Dreiecksignal noch kleinerer Freq. Nur Spann.Zeitfl. erklären Verhalten. Kein Differenzieren des Trafos.

Nur die Spannungszeitflächen erklären das Verhalten. Der Trafo differenziert niemals.

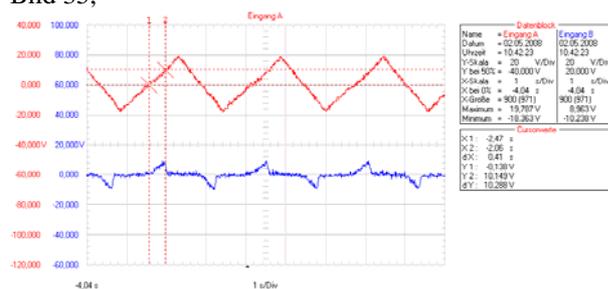
Kurz nach dem Beginn der gegenpoligen Spannungszeitfläche geht Trafo in Sättigung, weshalb das Sekundärspulen Signal verschwindet. Das hat aber nichts mit dem Differenzieren des Trafos zu tun, wie mancher Zeitgenosse annimmt, (Herbert Weidner,) sondern sieht bei dieser Konstellation nur scheinbar so aus.

Bild 34,



Trafotest-fktgen-34.bmp, 100VA Ringkerntrafo, mit Dreieckspannung mit zu kleiner Frequenz über einen 600 Ohm Vorwiderstand gespeist. A= U vor dem Vorwiderstand, B= Usek.= Uprim siehe Bild 35. Hier wird nicht differenziert sondern, der Trafo geht in Sättigung.

Bild 35,



Trafotest-fktgen-35.bmp, 100VA Ringkerntrafo mit Dreieckspannung zu kleiner Frequenz über einen 600 Ohm Vorwiderstand gespeist. A= U vor dem Vorwiderstand, B= U prim. 0,41 sec. nach dem Anstieg der pos. Halbwelle geht der Trafo bei 10,3 V in Sättigung. Das sind 2,1 Voltsekunden Spannungszeitfläche. Bei 230V 50Hz Betrieb, wofür der Trafo ausgelegt ist, sind es 2 Voltsekunden für eine Sinushalbwelle.

Fazit: Weil der Magnetfluss  $\Phi$  im Eisenkern, gemessen in Vsec., (Volt mal Sekunde), eine Flussdichte von 2 Tesla, (0,0002 Voltsekunden pro qcm der Kernquerschnittsfläche) wegen Sättigung nicht übersteigen darf, ist die Windungsspannung, Spannung-(sabfall) an einer Windung, stark vom Eisenkernquerschnitt abhängig. Am gemessenen Stromwandler ZKB 465-501 ist das nur eine Nenn Windungsspannung von 13 mV bei 50 Hz, laut dessen Datenblatt. An einem 300VA Ringkerntrafo sind das schon 0,3Volt, weil dessen Kernquerschnitt entsprechend größer ist.

Mit dem Kriterium: **Spannungszeitfläche für eine Windung** lässt sich damit jeder Trafo sicher dimensionieren und auf Übertragungstreue oder Sättigungsneigung bei Übersteuerung beurteilen.

Gemessen und verfasst von EMEKO Ing. Büro, M.Konstanzer, am 24und 28.04. und am 5.5.2008.

Korrigiert am 22.05.09 und am 05.12.2010.