

Kann ein Ringkerntrafo Überspannungsimpulse an seinem Ausgang besser begrenzen als ein EI Trafo?

Kurz und bündig: Ja. Abhängig davon, wo ein Überspannungsimpuls von zum Beispiel 1-5 msec. Dauer bezüglich zur Netzhalbwellenlänge liegt, kann ein Transformator durch seine Kernsättigung diesen Puls mehr oder weniger begrenzen, so dass der Überspannungsimpuls auf der Sekundärseite eine geringe Amplitude und Dauer hat. Länger andauernde Überspannungen, können von einem Transformator nicht in der Amplitude begrenzt werden. Die Überspannung kann jedoch durch Sicherungsauslösen abgeschaltet werden, wenn die Primärseitige Trafo Absicherung flink auf Nennstrom erfolgt, und diese Absicherung dann bei Überspannung sofort auslöst. Das geht am Besten, wenn ein Trafo verwendet wird, dessen Hystereseurve nach der Sättigung waagrecht verläuft, wie es nur beim Ringkerntrafo der Fall ist. Das geht wiederum nur wenn der Einschaltstrom mit einem Trafoschaltrelais vermieden wird, denn nur dann kann die Primärsicherung auf Nennstrom flink ausgelegt werden.

Eine zusätzliche Option des Trafoschaltrelais was bis jetzt den Einschaltstrom vermeidet, ist die schnelle Reaktion auf Überspannung durch Ausschalten solange die Überspannung ansteht. Damit kann eine Last nach dem Trafo am besten geschützt werden, wenn eine zusätzliche Überspannungs-Klammerung am Eingang der zu schützenden Last erfolgt.

Eine Auslegung des Trafos mit einer Induktionsreserve, zum Zweck der Einschaltstromreduzierung ist für die Begrenzung oder Abschaltung durch Sicherungsauslösen von länger dauernder Überspannung kontraproduktiv, weil der Trafo dann bei Überspannung nicht in Sättigung gehen kann und damit die Eingangssicherung auch nicht auslösen kann. Diese Aussagen werden im Folgenden durch Messungen untermauert.

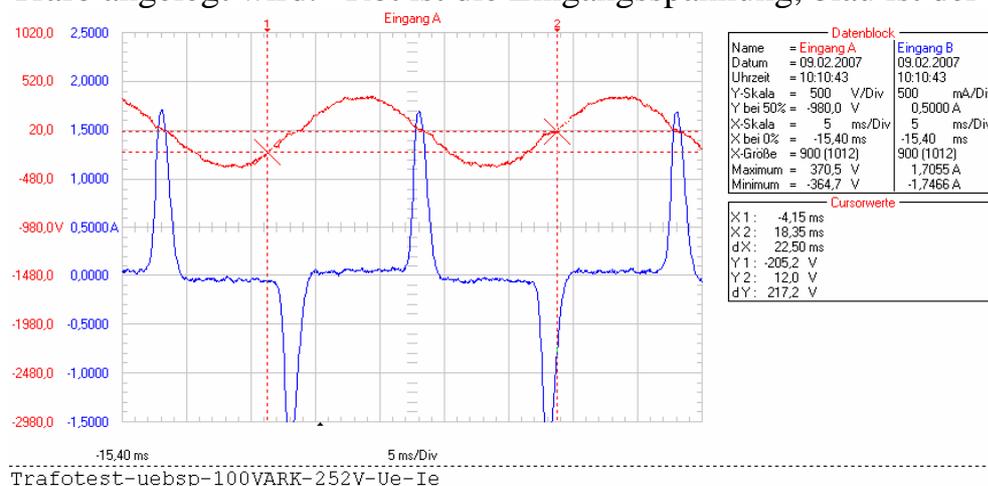
Zur Untersuchung der Wirkung von Überspannungsimpulsen an Transformatoren wurden Messungen an einem 100 VA Ringkerntrafo, 230V zu 18V und einem 100VA EI Trafo, 230V zu 15V durchgeführt. Messungen an größeren Trafos gestalten sich wegen der dann größeren Ströme in der Trafosättigung, bei gegebenen Netzverhältnissen mit 16A C abgesichert, als schwierig. --Ein 100VA Trafo verhält sich jedoch bei Überspannung aber genauso wie ein zum Beispiel 1 kVA Trafo.--

Die Speisung zum Test erfolgt über einen 1kVA Stelltrafo, der einen 1kVA Schnittbandkerntrafo mit 230V zu 400V speist. Am 400V Ausgang wird der zu testende 100 VA Trafo angeschlossen und mit variabler Spannung beaufschlagt. Es wird untersucht, ob eine Überspannung am Eingang von einem Ringkerntrafo an dessen Ausgang automatisch durch die Eisensättigung begrenzt wird, und ob eine gegen Überspannung empfindliche Elektronik nach einer Gleichrichter-

Siebglied Schaltung nach dem Trafo, durch das Trafoverhalten automatisch geschützt werden kann. Eine durch den Trafo gespeiste Elektronik ist in der Regel durch eine Transzorb- Diode gegen Überspannung geschützt. Diese Schutzdiode klammert die Überspannung und kann das aber nur für eine kurze Zeit. Innerhalb dieser Zeit muss eine für längere Zeit anstehende Überspannung automatisch abgeschaltet werden, soll die zu schützende Elektronik nicht beschädigt werden.

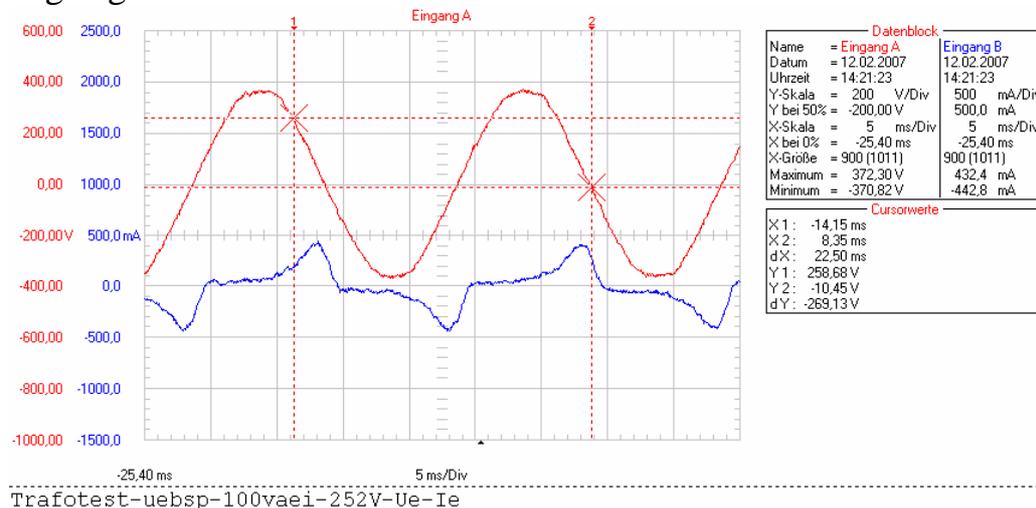
Prüfling ist in allen Messkurven ein 100VA Ringkern-, bzw. ein EI Trafo, 230V zu 18V mit halber Widerstands Nennlast.

Bild 1. Messung wenn eine permanente Überspannung von 252V am Ringkern Trafo angelegt wird. –Rot ist die Eingangsspannung, blau ist der Eingangsstrom.



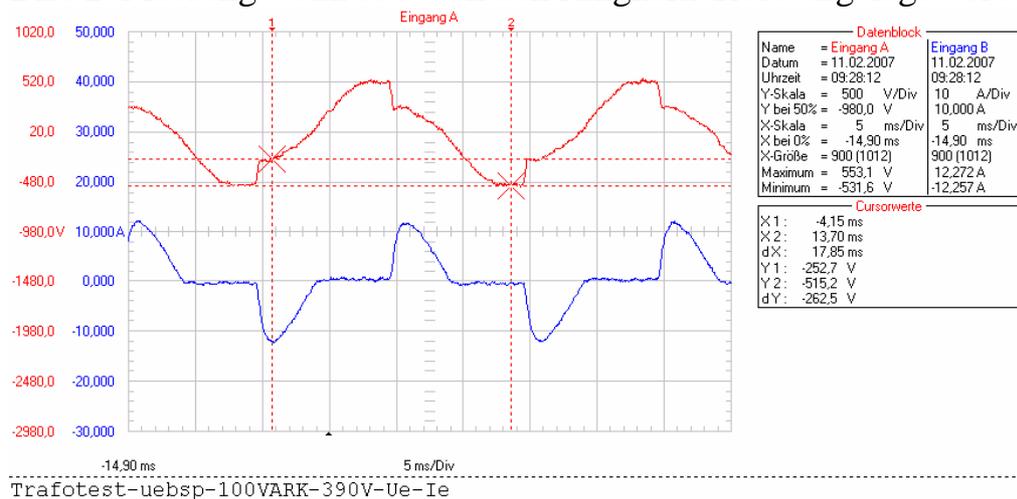
Der Eingangsstrom des Ringkerntrafos steigt durch die Überspannung am Ende jeder Netzhalbwelle stark an, weil die Spannungszeitfläche einer jeden Netzhalbwelle die Magnetisierung dann am Ende der Hystereseurve in die Sättigung treibt. Die Eingangsspannung zeigt noch keine Beeinflussung durch die Rückwirkung des Trafos.

Bild 1a, Messung wenn eine permanente Überspannung von 252V am EI Trafo angelegt wird.



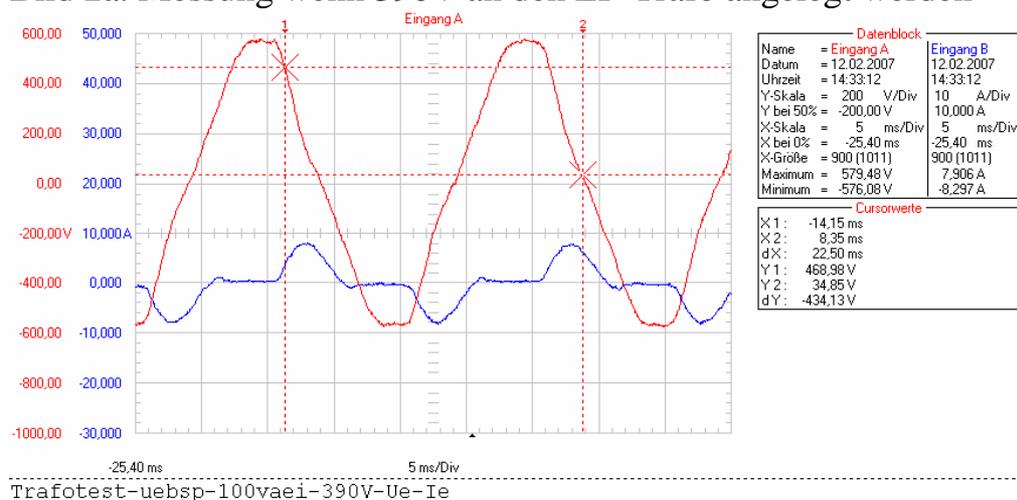
Der Eingangsstrom des EI- Trafos steigt durch die Überspannung am Ende jeder Netzhalbwelle nicht so stark an, wenn die Spannungszeitfläche einer jeden Netzhalbwelle die Magnetisierung dann am Ende der Hystereseurve in die Sättigung treibt. Die Eingangsspannung zeigt noch keine Beeinflussung durch die Rückwirkung des Trafos. Der EI- Trafo hat mehr Magnetisierungsreserven als der getestete Ringkerntrafo.

Bild 2. Messung wenn 390V an den Ringkern Trafo angelegt werden.



Am Eingang fällt die speisende Spannung ab, wenn der Strom aufgrund der Sättigung des 100VA Trafos stark ansteigt. Der Speisende 1kVA Schnittband-Kerntrafo und der Speisende 1kVA Ringkern-Stelltrafo haben einen nicht mehr zu vernachlässigenden R und L- Innen- widerstand an dem durch den hohen und schnell ansteigenden Strom nun eine Spannung abfällt, die am zu testenden Trafo nicht mehr zur Verfügung steht.

Bild 2a. Messung wenn 390V an den EI- Trafo angelegt werden

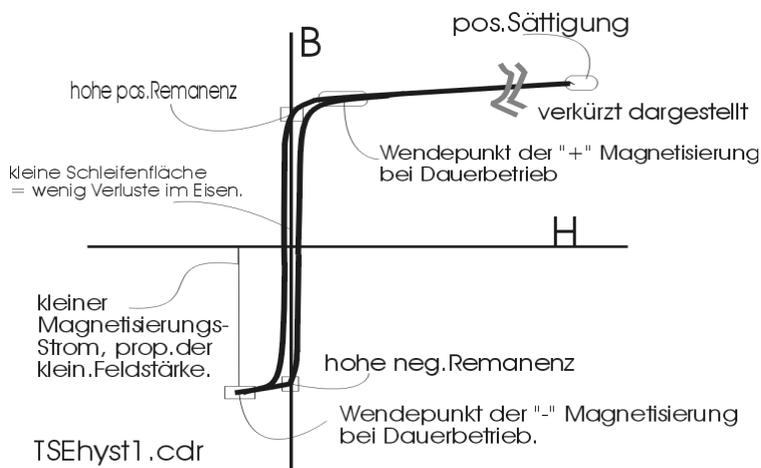


Der Eingangsstrom steigt nicht so stark und auch langsamer an wie beim Ringkerntrafo. Die Rückwirkung auf die Eingangsspannung ist geringer, kommt aber nur vom Testaufbau.

Bild 3. Hysteresekurve von Ringkerntrafo.

Hysteresekurve

bei Ringkern-Trafos
(Luftspaltfrei) deshalb hohe Remanenz



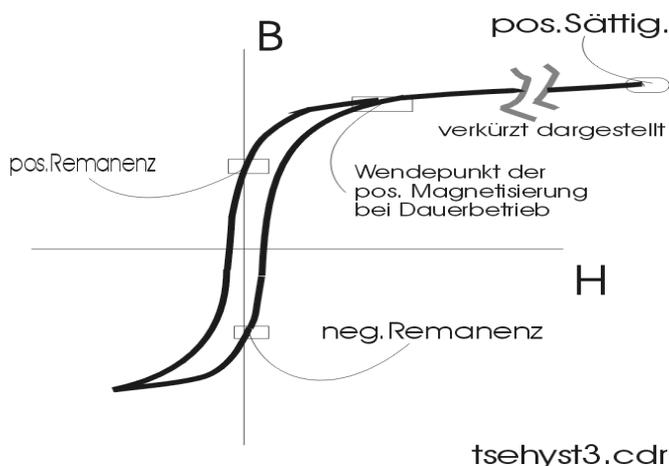
Wenn die Magnetisierung in den waagerechten Teil der Kurve läuft, Sättigung, steigt der Strom stark an. Die Feldstärke erhöht sich stromproportional, die Flussdichte - B , die Induktion, erhöht sich dann kaum noch. Deshalb wird dann ab der Sättigung in der Sekundärspule keine Spannung mehr induziert. Siehe die nächste Messung in Bild 4 wo die Ausgangsspannung aufgezeichnet wurde.

Bild 3a. Hysteresekurve von EI-Trafo

Hysteresekurve

bei geschachtelten Trafos

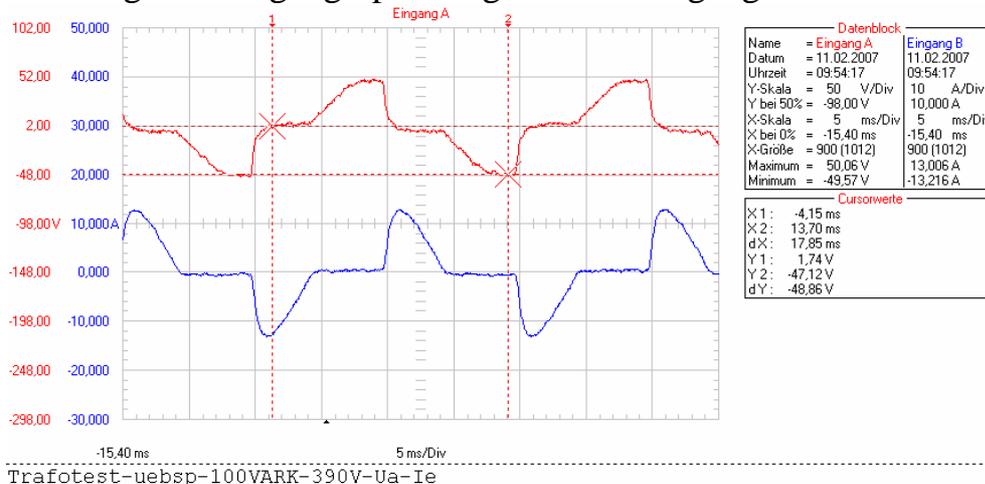
kleinere Remanenz als bei Ringkerntrafos
jedoch größere als bei geschweißten Trafos
die immer einen kleinen Luftspalt haben.



7

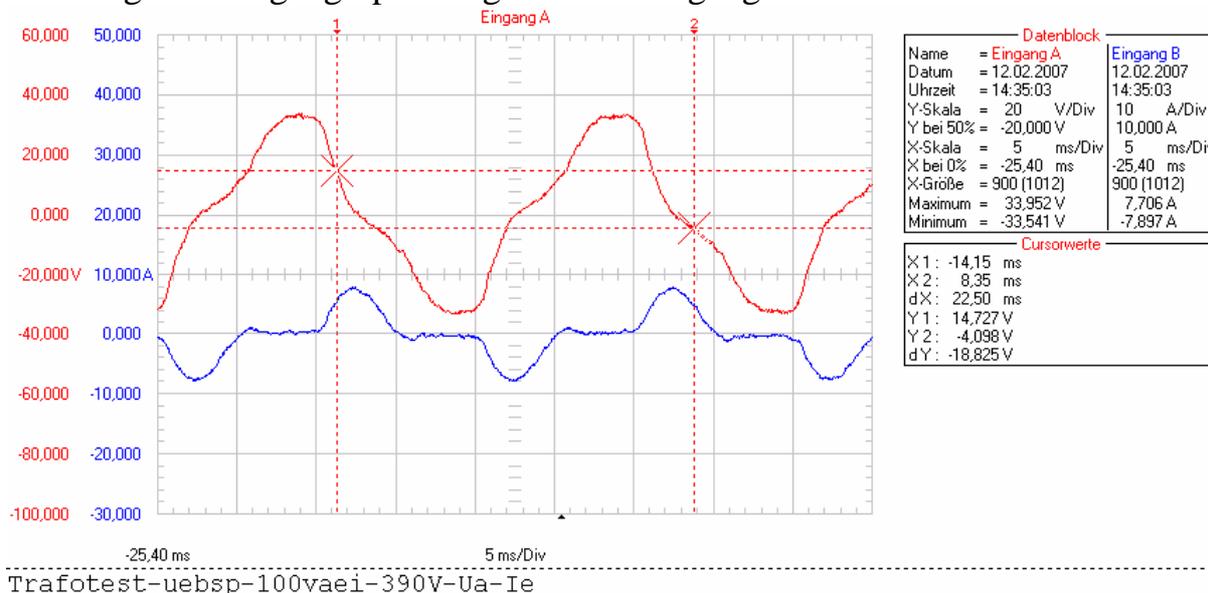
Die Hysteresekurve von EI Trafos verläuft im Übergang runder als bei Ringkerntrafos.

Bild 4. Messung wenn 390V an den Ringkern Trafo angelegt werden.
Messung der Ausgangsspannung und des Eingangsstromes.



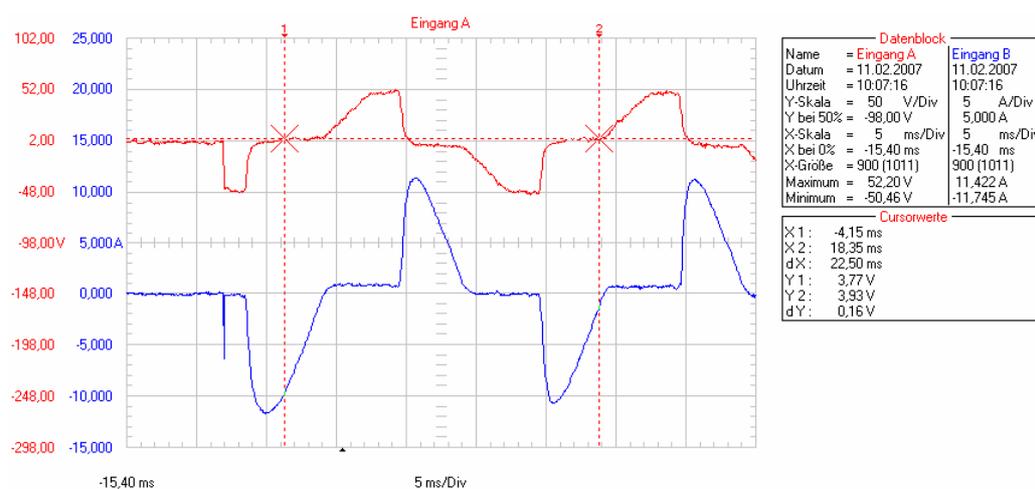
Die Ausgangsspannung geht auf Null zurück, wenn der Trafo in die Sättigung kommt. Die Sättigung wird durch den übergroßen Strom angezeigt. Der Nennstrom des Trafos ist nur 0,4A, der Sättigungsstrom ist 12Apk. Eine Gleichrichter Siebglied Kombination würde in diesem Fall aber noch keine geringere Spannung bekommen, weil die Ausgangsspannung erst nach dem Scheitelwert begrenzt wird. Es wird jedoch die Zeitdauer der Ausgangs-Überspannungshalbwellen verkleinert.

Bild 4a. Messung wenn 390V an den EI Trafo angelegt werden.
Messung der Ausgangsspannung und des Eingangsstromes.



Die Ausgangsspannung des EI Trafos wird zwar kleiner, geht aber nicht wie beim Ringkerntrafo auf Null zurück, wenn der Trafo in die Sättigung kommt, weil die hysteresekurve ab der Sättigung immer noch ansteigt und damit eine Flußänderung im Eisen stattfindet. Die Sättigung wird durch den übergroßen Strom angezeigt. Der Nennstrom des Trafos ist nur 0,4A, der Sättigungsstrom ist 8Apk.

Bild 5. Messung wenn 390V als Überspannung per Einschaltimpuls an den Ringkern Trafo angelegt werden. Es wurde per Zufall eingeschaltet und die Messung ausgewertet, wo der eingeschaltete Überspannungspuls den Trafo sofort in die Sättigung treibt. - Eine einmalige Überspannungspulserzeugung die auf die laufende Netzspannung synchronisiert ist, erfordert ein kostspieliges Equipment, was hier nicht zur Verfügung stand.-
Messung der Ausgangsspannung und des Eingangsstromes.



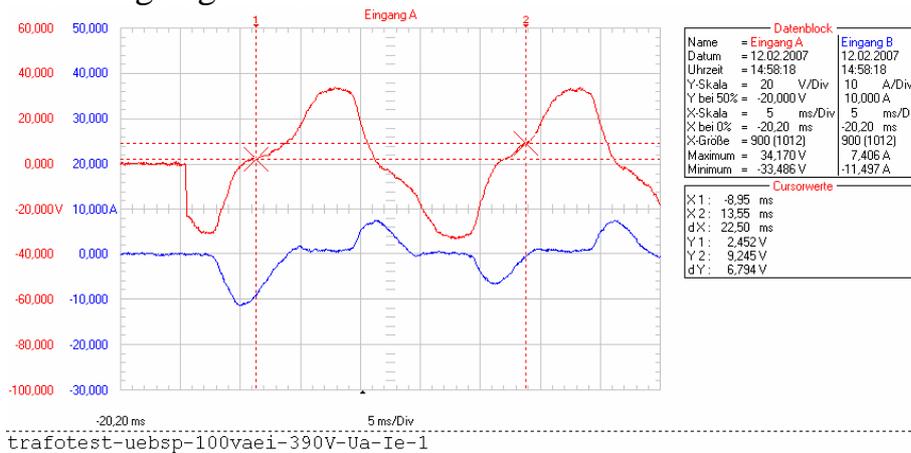
Trafotest-Uebspimp-100VArk-Ua-Ie-1

Die Wirkung eines einzelnen Überspannungs-Impulses in Form einer einzelnen Netzhalbwellen kann ohne Aufwand nur schwer untersucht werden.

Aus diesem Grund wird zufällig aus und mit Überspannung zufällig eingeschaltet. --Der Trafo hatte in diesem Bild vor dem Einschalten eine hohe negative Remanenz, weil sofort nach dem anlegen der negativen Netz-Halbwellen die negative Sättigung entstand.--

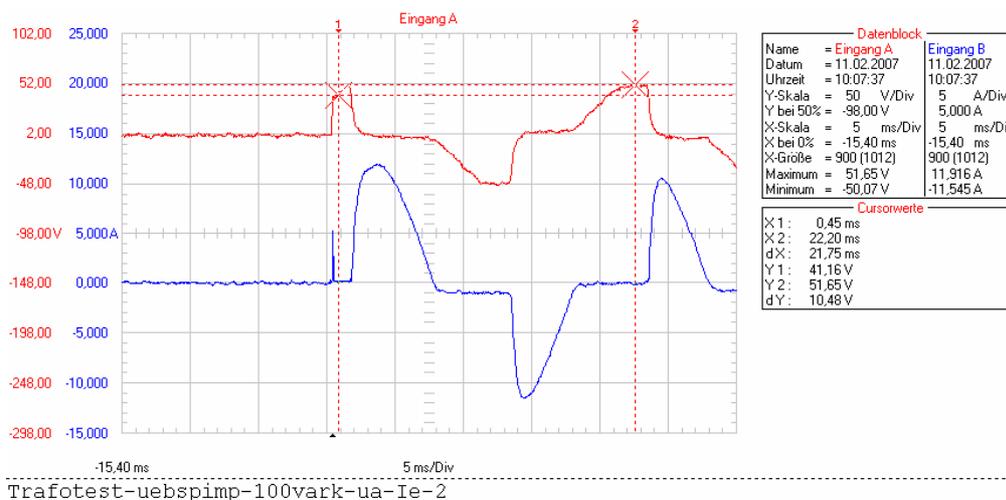
Je nach dem Zustand der Remanenz vor dem Einschalten, ist die Ausgangsspannung in der Höhe und Zeitdauer beschnitten in der ersten Spannungshalbwellen. Hier ist die erste Ausgangsspannungshalbwellen nur zeitlich beschnitten.

Bild 5a. Messung wenn 390V als Überspannung per Einschaltimpuls an den EI-Trafo angelegt werden.



Der erste Ausgangsspannungspuls wird in der Zeit und etwas in der Amplitude begrenzt. Bei stärkerer Sättigung bricht auch beim EI Trafo die Ausgangsspannung ein. Zum Vergleich die Bilder: 4a und 4b.

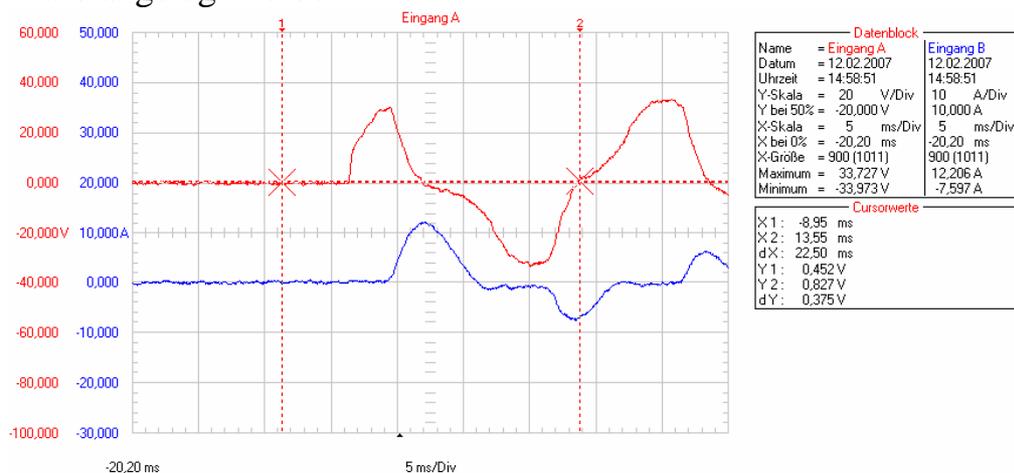
Bild 6. Messung wenn 390V als Überspannung per Einschaltimpuls an den Ringkern Trafo angelegt werden.



Je nach dem Zustand der Remanenz vor dem Einschalten, ist die Ausgangsspannung in der Höhe und Zeitdauer beschnitten in der ersten Spannungshalbwelle. Hier ist die Ausgangsspannung sowohl in der Amplitude als auch zeitlich beschnitten.

Man sieht an dem kurz nach dem Einschalten entstehenden hohen positiven Eingangsstrom, dass das Eisen schon vor dem Einschalten in der Nähe des positiven oberen Remanenzpunktes magnetisiert war. Wenn das Eisen in Sättigung ist, wird auf der Trafo Ausgangsseite keine Spannung mehr gemessen, weil keine nennenswerte Induktions- Änderung mehr im Eisen stattfindet.

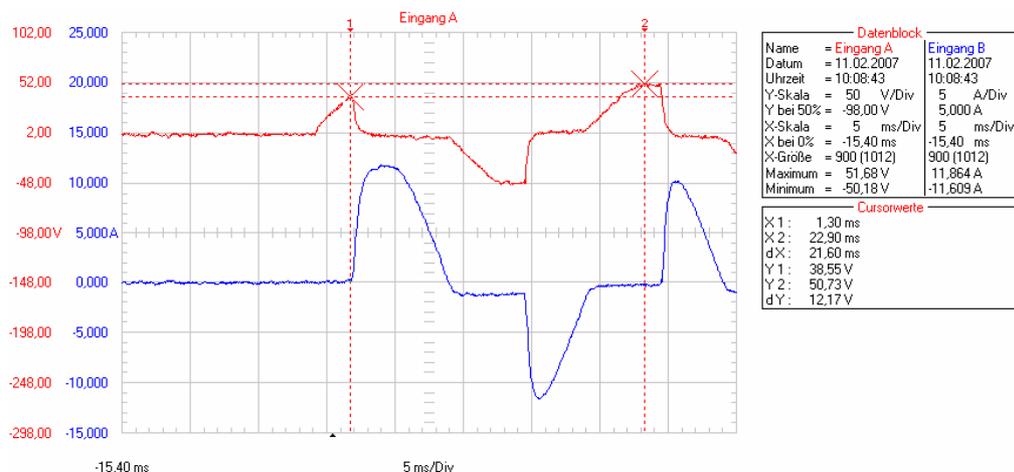
Bild 6a. Messung wenn 390V als Überspannung per Einschaltimpuls an den EI Trafo angelegt werden



Trafotest-uebsp-100VAei-390V-Ua-Ie-2

Der erste Ausgangsspannungspuls wird in der Amplitude und der Zeitdauer durch die Trafosättigung begrenzt.

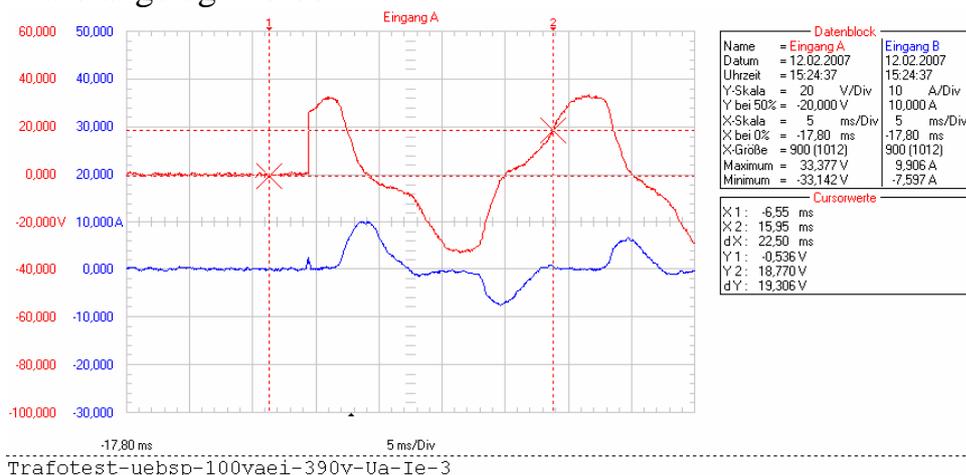
Bild 7, Messung wenn 390V als Überspannung per Einschaltimpuls an den Ringkern Trafo angelegt werden.



Trafotest-uebspimp-100vark-Ua-Ie-3

Je nach dem Zustand der Remanenz vor dem Einschalten, ist die Ausgangsspannung beschnitten in der ersten Spannungshalbwelle. Hier ist die Ausgangsspannung sowohl in der Amplitude als auch zeitlich beschnitten. Man sieht an dem kurz nach dem Einschalten entstehenden hohen positiven Eingangsstrom, dass das Eisen schon vor dem Einschalten in der Nähe des positiven oberen Remanenzpunktes magnetisiert war. Wenn das Eisen in Sättigung ist, wird auf der Trafo Ausgangsseite keine Spannung mehr gemessen, weil keine nennenswerte Induktions- Änderung mehr im Eisen stattfindet.

Bild 7a. Messung wenn 390V als Überspannung per Einschaltimpuls an den EI Trafo angelegt werden.

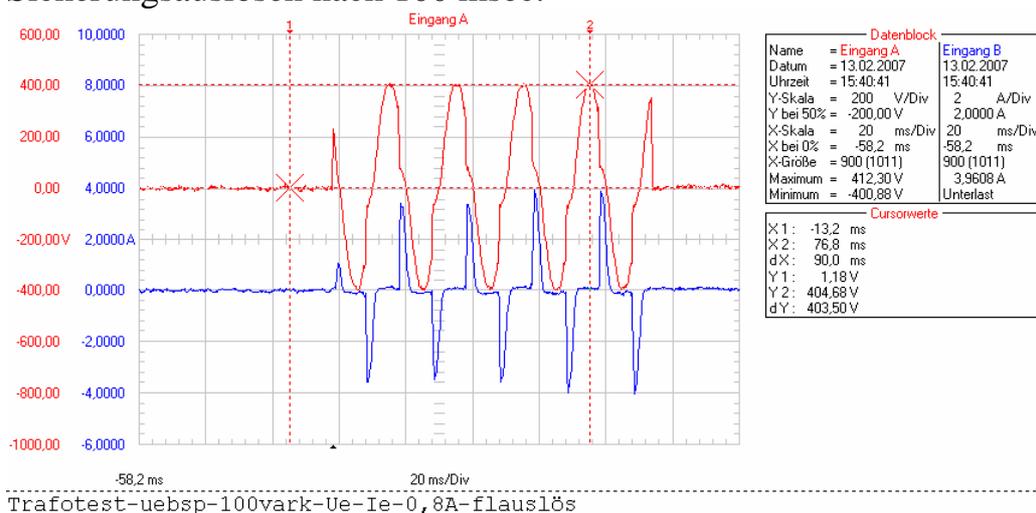


Die Amplitude vom ersten Ausgangsspannungspuls wird nicht begrenzt nur die Zeitdauer.

Fazit: Der Ringkerntrafo kann die Amplitude und Dauer des ersten Überspannungspulses besser begrenzen als der EI-Trafo.

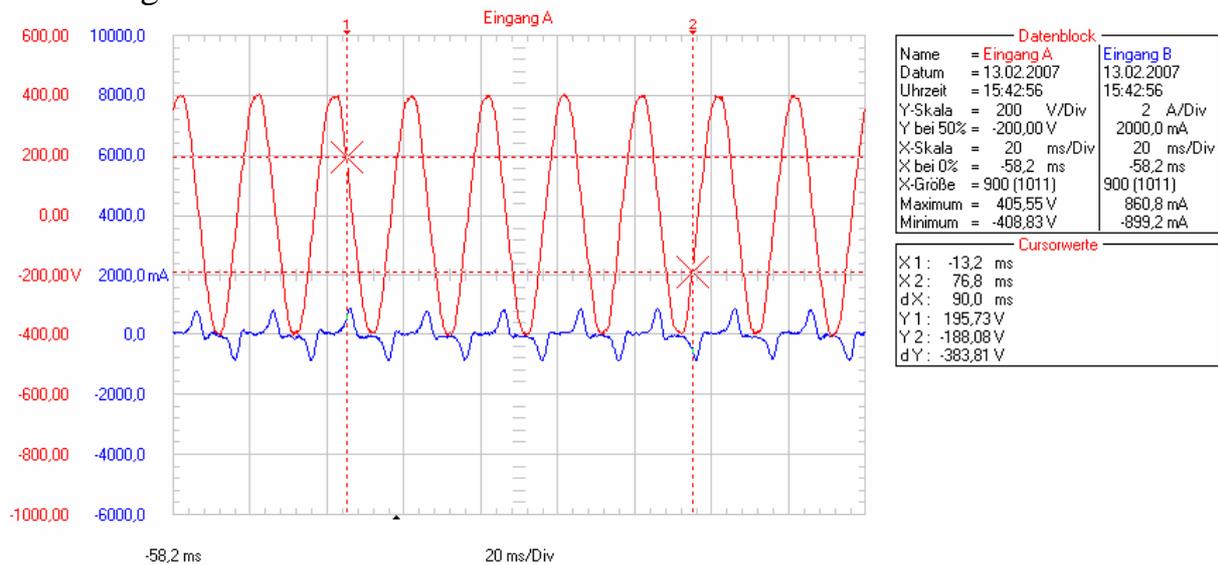
Eine längere Zeit anstehende Überspannung kann jedoch nur durch schnelles Abschalten des Trafos vermieden werden. Entweder durch das Auslösen der Absicherung durch den Trafo Sättigungsstrom oder durch ein Spannungswächter Relais vor dem Trafo.

Bild 8. Einschalten auf Ringkerntrafo mit Überspannung von ca. 285V eff und Sicherungsauslösen nach 100 msec.



Die Absicherung ist hier mit 0,8A flink auf den 2 fachen Nennstrom ausgelegt. Die Überspannung von 285V eff löst die Absicherung nach 100 msec. aus. Hier ist zufällig kein Einschaltstrom entstanden, der die Messung hier stören würde, weil die Remanenz zum Einschaltzeitpunkt günstig lag.

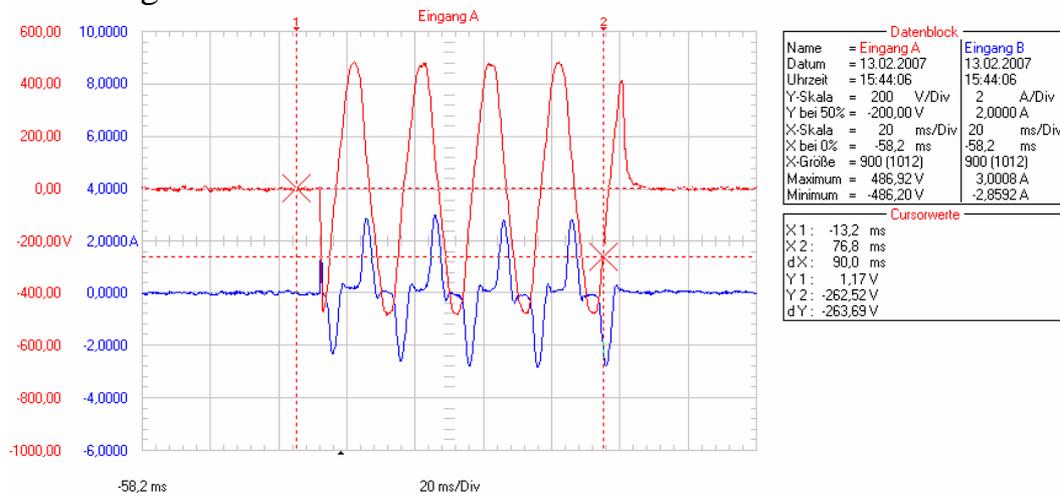
Bild 8a. Einschalten auf EI- Trafo mit 285V eff. Überspannung und kein Sicherungsauslösen.



Trafotest-uebsp-100vaei-Ue-Ie-0,8A-nflauslös

Im Gegensatz zum gleich großen Ringkerntrafo löst der EI Trafo bei 285V Überspannung die Absicherung nicht aus.

Bild 8b. Einschalten auf EI- Trafo mit 343V eff. Überspannung und Sicherungsauslösen.

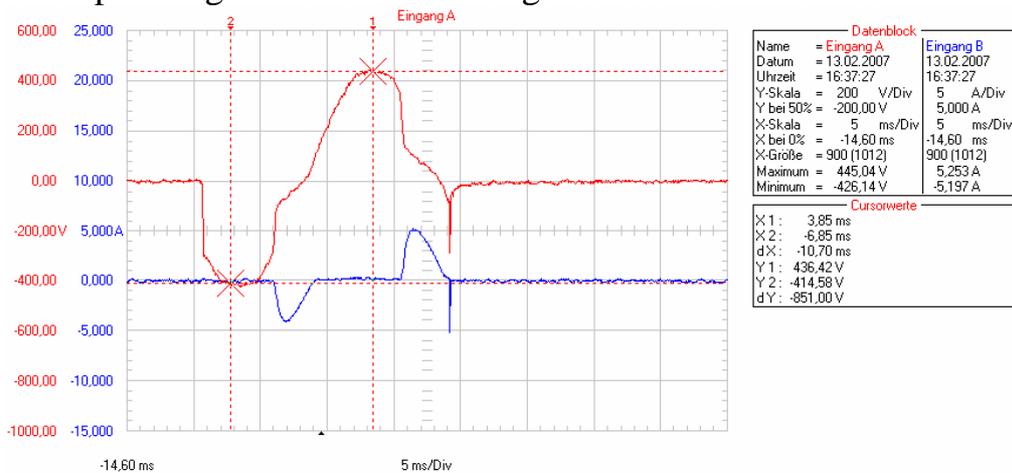


Trafotest-uebsp-100vaei-Ue-Ie-0,8A-flauslös

Im Gegensatz zum gleich großen Ringkerntrafo löst der EI Trafo erst bei 343Veff Überspannung die Absicherung in ähnlicher Zeit wie in Bild 8 aus. Weil die Stromspitzen breiter sind, ist die Stromspitzen Höhe bei gleicher Sicherungs- Auslösezeit kleiner.

Der EI Trafo kann die Absicherung erst bei viel höheren Überspannungen als der Ringkern Trafo auslösen.

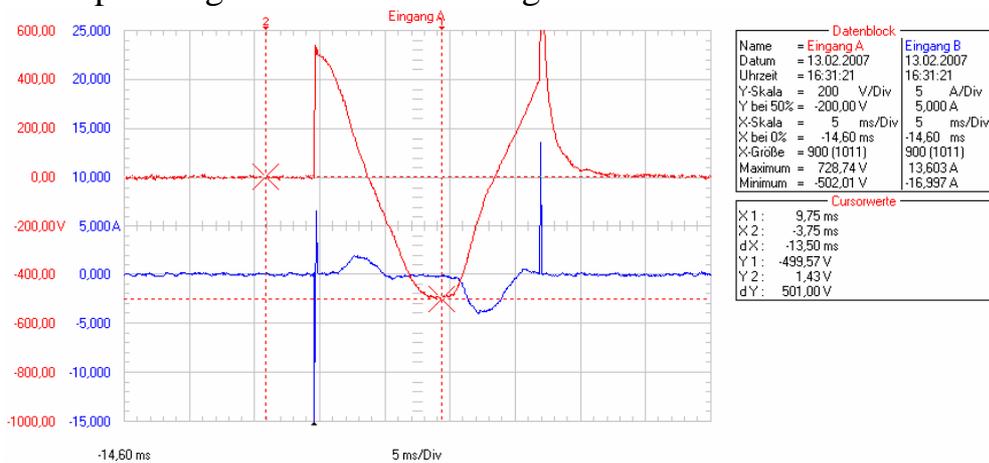
Bild 9. Einschalten von 314Veff. auf den Ringkerntrafo mit also noch größerer Überspannung als zuvor. Sicherungsauslösen nach 20 msec.



Trafotest-uebsp-100VArk-Ue-Ie-0,8A-flauslös2

314 Veff. Überspannung auf Trafo geschaltet, ohne Einschaltstrom. Die Absicherung ist hier mit 0,8A flink auf den 2 fachen Nennstrom ausgelegt. Die höhere Überspannung lag hier nur 10 msec. am Ausgang an. Eine Transzorbdiode hält üblicherweise für die Dauer von 10 msec. einen großen Überstrom aus, der durch die Überspannung entsteht und wäre hier wohl nicht gefährdet.

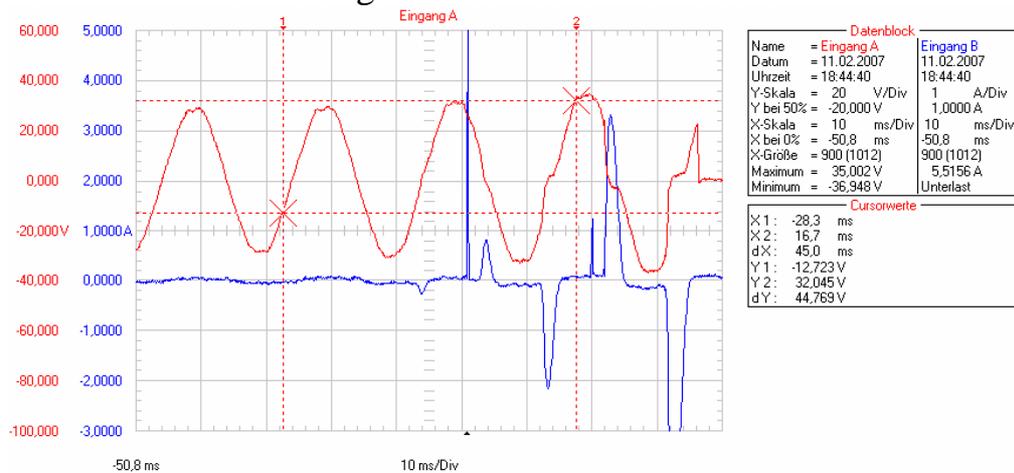
Bild 9a. Einschalten von 353Veff auf den EI Trafo mit also noch größerer Überspannung als zuvor. Sicherungsauslösen nach 15 msec.



Trafotest-uebsp-100VAEI-Ue-Ie-0,8A-flauslös2

Es fällt auf, dass die Ausschalttrückschlag EMK Spannung des EI- Trafos mit 728Vpk deutlich größer ist als beim Ringkerntrafo. Eine Gefährdung von Bauteilen auf der Trafosekundärseite ist dadurch möglich. Die zum schnell Auslösen nötige Überspannung mit 353Veff. ist auch bei diesem Test größer als beim Ringkerntrafo.

Bild 10. Ringkerntrafo. Schnelles hochstellen der Speisespannung am Stelltrafo von Hand mit Sicherungsauslösen durch den Überstrom.

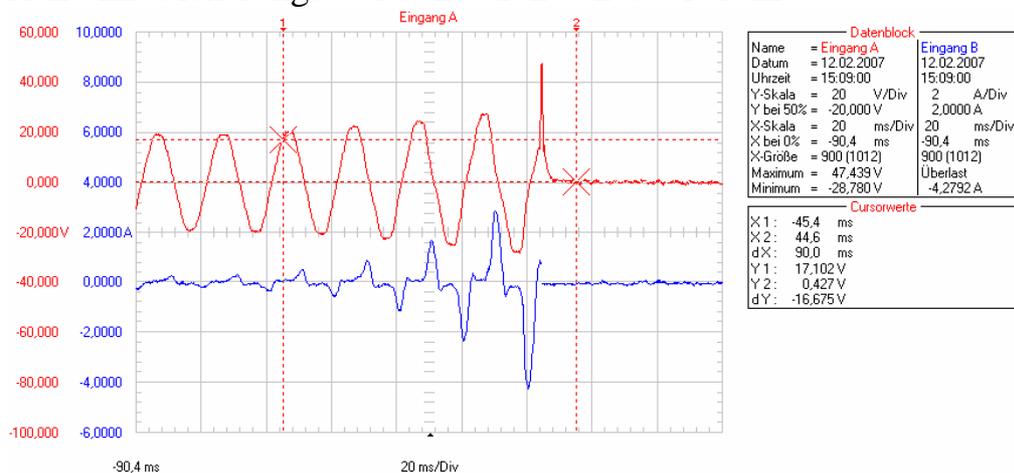


Trafotest-uebersp-100varktr-ua-ie-0,8A-flauslös3

Die Absicherung ist hier mit 0,8A flink auf den 2 fachen Nennstrom ausgelegt. Die Sicherung löst ca. 50msec. nach dem Beginn des Hochstellens, am Ende der Aufzeichnung aus.

Wenn die Schutzdiode auf der gespeisten Elektronik groß genug bemessen ist, dass sie die Arbeit, welche durch die Überspannung in der Schutzdiode entsteht, für die Zeit bis zum Ausschalten aushält, dann ist die vom Trafo gespeiste Elektronik geschützt.

Bild 10a. EI- Trafo. Schnelles hochstellen der Speisespannung am Stelltrafo von Hand mit Sicherungsauslösen durch den Überstrom.



Trafotest-uebsp-100vaei-Ua-Ie-0,8a-flauslös3

Bei EI Trafo muß der Stelltrafo bei gleicher Stellgeschwindigkeit weiter gedreht werden als beim Ringkerntrafo, damit die Absicherung auslöst. Die Auslösung der Absicherung dauert länger. Auch hier hat der EI Trafo gegenüber dem Ringkerntrafo Nachteile. Vergleich mit Bild 10.

Fazit:

Ein Überspannungsimpuls in Form einer einzelnen Netzhalbwellen oder von noch kürzerer Dauer, kann nur dann von einem Trafo durch dessen Sättigung in der Amplitude begrenzt werden, wenn der Impuls deutlich vor dem Scheitel der

Netzhalbwelle kommt. Siehe Bilder 1 und 2. Diese Aussage ist hier nicht Messtechnisch dokumentiert, weil das entsprechende Equipment dazu fehlt, kann aber aus den oben gezeigten Messungen und der Kenntnis über die Vorgänge im Trafo abgeleitet werden.

Der Ringkerntrafo kann die Übers Spannungspulse stärker kappen als es der EI Trafo kann. Siehe die Bilder 2 – 7.

Alleine die Ausschalt-Rückschlagspannung kann bei EI Trafo ein Problem sein für die vom Trafo gespeiste Elektronik. Siehe Bild: 10a.

Kommt der Überspannungsimpuls im oder nach dem Scheitel dann kann ein länger dauernder Impuls nur in seiner Dauer begrenzt werden. Siehe die oben gezeigten Messungen.

Eine Symmetrische Überspannung kann nicht in der Amplitude begrenzt werden, weil der Überstrom im Trafo immer erst nach dem Scheitel der Netzspannung entsteht.

Somit lässt sich eine Gleichrichter Siebglied Schaltung nach dem Trafo nicht direkt und allein durch die Trafosättigung gegen Überspannung schützen.

Hier kann eine Auslegung der Absicherung auf Nennstrom mit flinker Sicherungscharakteristik helfen, weil damit die Wirkung der Überspannung sehr wirksam zeitlich begrenzt werden kann.

Wenn die Schutzdiode auf der gespeisten Elektronik groß genug bemessen ist, dass sie die Arbeit, welche durch die Überspannung in der Schutzdiode entsteht, für die Zeit von 20 bis 80 msec. bis zum Auslösen der Sicherung aushält, dann ist die vom Trafo gespeiste Elektronik geschützt.

Die Wiedereinschaltung muss jedoch von Hand erfolgen, was nicht in allen Fällen möglich ist.

Komfortabler ist eine sofortige Abschaltung der speisenden Netzspannung bei entstehender Überspannung direkt in der Netzhalbwelle in der die Überspannung entsteht, mit automatischer Wiedereinschaltung, wenn die Netzspannung wieder auf den Nennwert abgesunken ist. --Evtl. Wählbare Filterzeit für die Überspannung von 5- 30 msec.--

Das kann zum Beispiel erfolgen durch ein so genanntes Trafoschaltrelais, mit schneller Reaktion auf Überspannungsanstieg, mit ausschalten solange die Überspannung ansteht, mit anschließender, automatischer Wiedereinschaltung unter Vermeidung des Trafoschaltstromes.

Diese Eigenschaft der schnellen Reaktion des Trafoschaltrelais, TSRL, auf Netzüberspannungen kann innerhalb kurzer Zeit in das TSRL implementiert werden.

Der Einsatz eines Standard TSRL mit Überspannungsabschaltung mit 50 msec. Filterzeit kann in solchen Fällen helfen, wo die Transzorbdiode in der zu schützenden Elektronik groß genug bemessen ist und andere Strombegrenzende Bauteile vor dieser Diode eingesetzt werden. Der Erfolg des Schutzes vor der Zerstörung hängt natürlich auch von der Höhe der Überspannung ab.

Gemessen und verfasst von EMEKO Ing. Büro, M.Konstanzer, am 13.02.2007