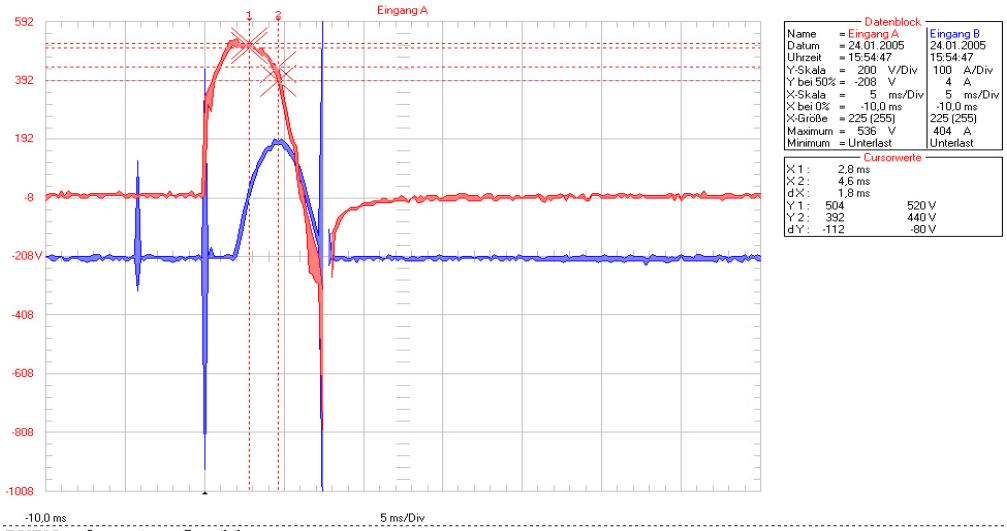
Nur eine durchgebrannte Sicherung…….

Ursache des Trafo-Einschaltstroms

- (Die Netzimpedanz ist ungefähr 0,3 Ohm bei 230V für 16-32 Ampere Netze.)
- Während dem Einschaltstromstoß scheint das Eisen im Trafo wie nicht vorhanden zu sein, weil seine Magnetisierung in diesem Fall der Sättigung nicht mehr durch die Netzspannung geändert werden kann. Damit fehlt der induktive Widerstand.

Mehr zu diesem Thema unter. www.emeko.de unter wissenswertes, Usw.

Messkurve vom Einschalten eines 1kVA Steuertrafos, der mit einem Motorschutzschalter abgesichert ist. **Bild 2**

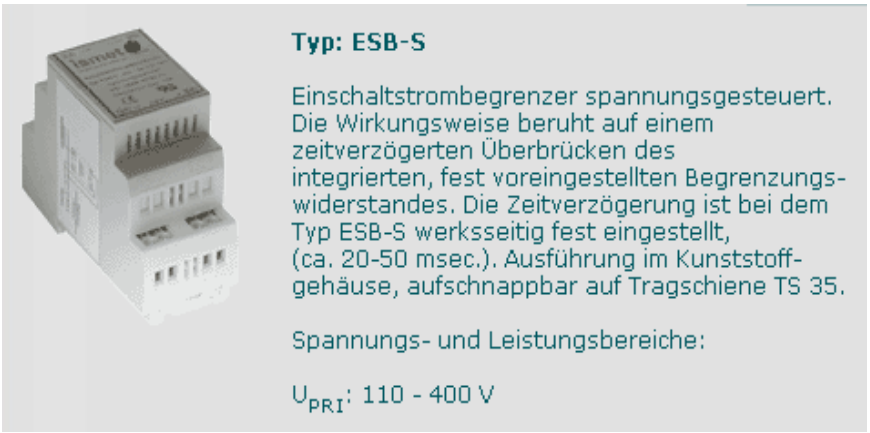


PKZM-plus-trafo-11,

I-nenn ist nur 2,5A. Nach dem Einschalten der Spannung, **rote** Kurve, entsteht ein **Überstrom von 200 A peak, blaue Kurve**, welcher die Absicherung auslöste.

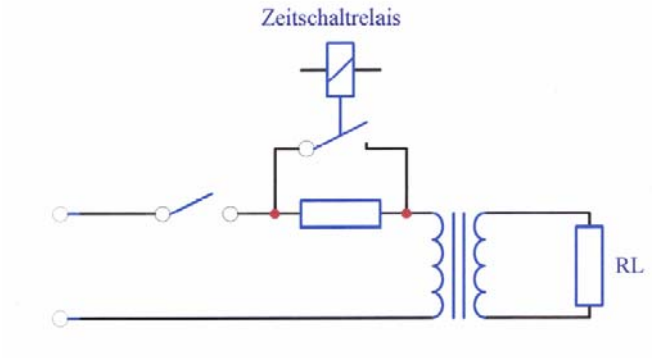
Klassische Varianten der Einschaltstrombegrenzung mit Einschaltstrombegrenzern.

Bild 3



ESB mit überbrücktem Widerstand, der meist 3 Ohm hat.

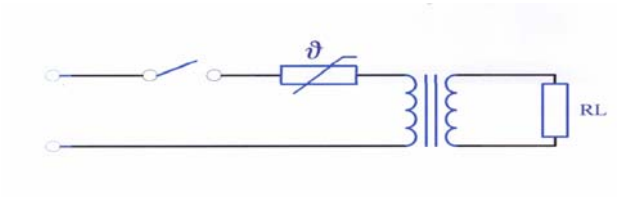
Bild 4



- mit Vor-Widerstand und Überbrückung.

- allein mit einem Heißleiter.

Bild 5



Die Heißleiter haben meist einen 20 ohm Kalt- und einen 0,1 Ohm Heißwiderstand.

Defekte NTC Widerstände.

Defekte NTC´s durch Über-Stromspitzen. Diese entstehen wenn die Wartezeit zum abkühlen nicht eingehalten und neu eingeschaltet wird.

Bild 6

Ein NTC hat ein Durchbrennloch der andere ist halbiert durch Einschaltstromstöße. Mit NTC´s hat man eine preiswerte und Wirkungsvolle Strombegrenzung aber nur in Fällen wo die Wartezeit immer eingehalten wird und wo das Einschalten auf einen Kurzschluss nicht vorkommen kann und die Erhöhung des inneren Widerstands des Trafos nicht stört.. Bei Netzumschaltlücken oder Halbwellenausfällen ist die Wartezeit niemals gegeben und führt dabei zu Einschaltstromstößen und unter Umständen zur Zerstörung der NTC´s.

Alle Einschaltstrombegrenzer, ESB, die mit Vorwiderständen arbeiten, haben Nachteile:

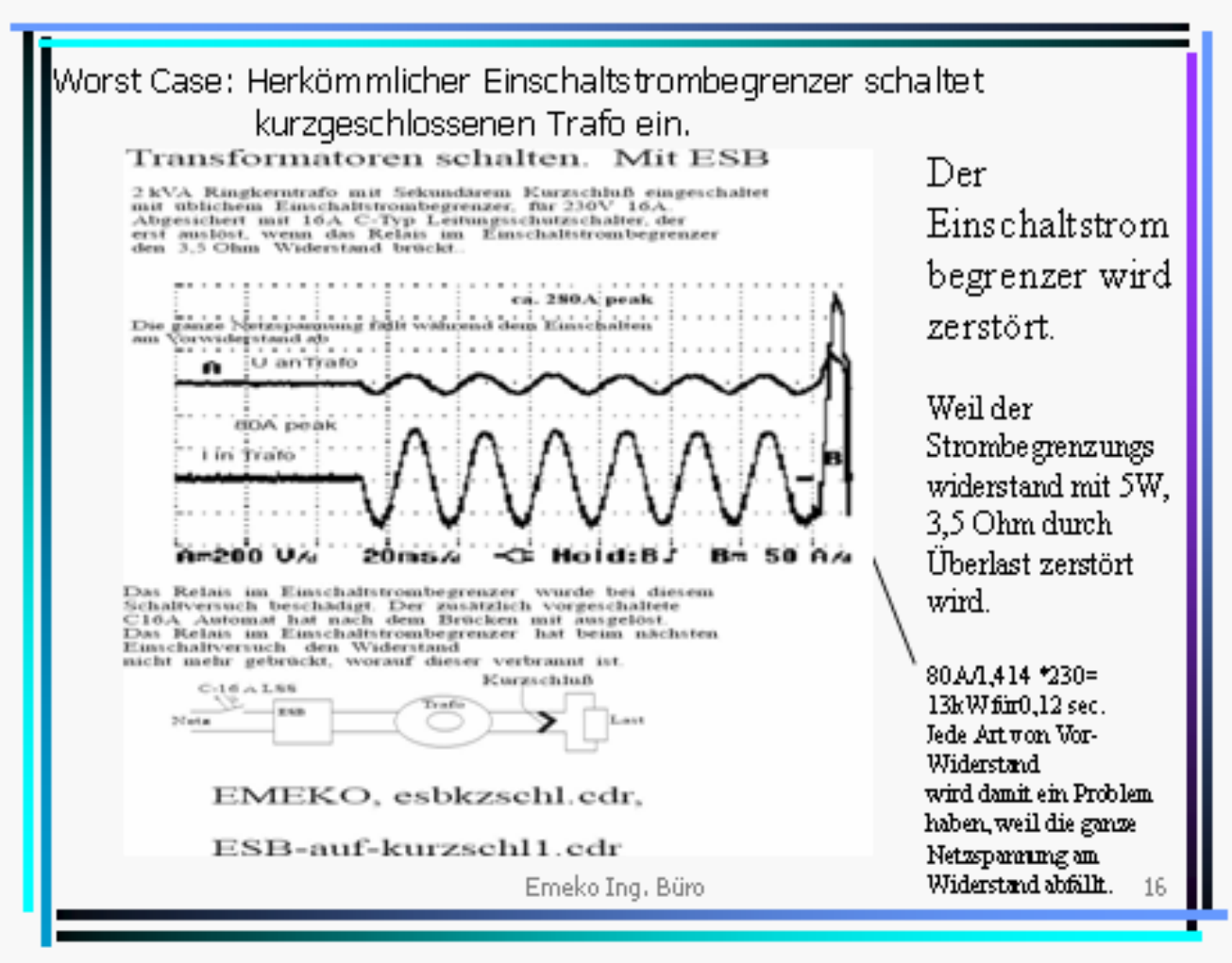
- Sie sind alle **nicht** Kurzschlußfest.
- Sie können erst nach mindestens 1 Minute Wartezeit erneut einschalten. (Abkühlung.)
- Sie sind nur bis 25A erhältlich.

- Sie können nicht auf so genannte „Voltage Dips“ reagieren, weil das Brückrelais zu träge abfällt.

Trotz der Nachteile werden sie aus Preisgründen in den meisten Fällen eingesetzt.

Wenn ein ESB auf Kurzschluß einschaltet:

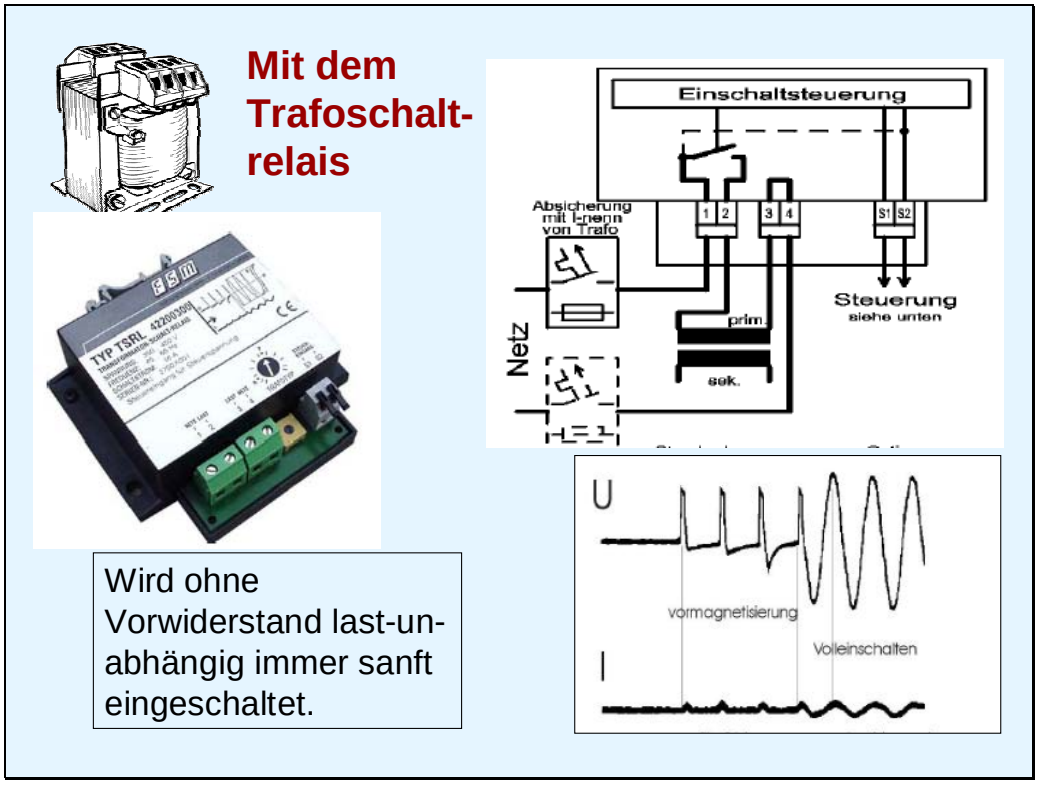
Bild 7



- Der Einschaltstrombegrenzer wird zerstört. Am Ende der Messung schließt der Überbrückungskontakt, weshalb dann erst der Kurzschlussstrom fliesst.
- Der Strombegrenzungs-Widerstand mit 5W, 3,5 Ohm wird durch Überlast zerstört.
- 80A/1,414 *230 = **13kW für 0,12 sec**. Das ist viel zu viel.
- Jede Art von Vor-Widerstand wird damit ein Problem haben, wenn die ganze Netzspannung am Widerstand abfällt.

Im obigen Fall schmolz das Gehäuse des Überbrückungsrelais und verklemmt den Kontakt. Beim nächsten Einschalten wurde der Widerstand nicht mehr überbrückt.

Ein TSR ist kein Einschaltstrombegrenzer, er vermeidet die Einschaltströme. Er arbeitet auch nicht mit einem Vorwiderstand zur Begrenzung des Einschaltstromes. Bild 9



Die genaue Funktionsbeschreibung der Trafoschaltrelais und die dazugehörige Trafophysik würde diesen Vortragsrahmen sprengen und muss für Interessierte an anderer Stelle erfolgen.

Bild 10 zeigt: Ein TSRL schaltet auf einen Kurzschluss ein und bleibt am Leben.

Ein Kurzschluss stellt für das TSRL kein Problem dar, wenn mit Nennstromwerten abgesichert ist. Weil die Kombination von robustem Thyristor und robusten elektromechanischen Relais sich auch hierbei bewährt. Der Thyristor im TSRL widersteht für 10 msec. mehr als 500A eff. Der Thyristor sieht aber nur maximal ca. 4 msec. breite unipolare Spannungszipfel zum Ende einer Netzhalbwelle.

Der Überstrom wird beim Volleinschalten vom Relais übernommen, welches über 1000A eff. für 10 msec. aushält. Es fließen hier aber “nur” 240 A.

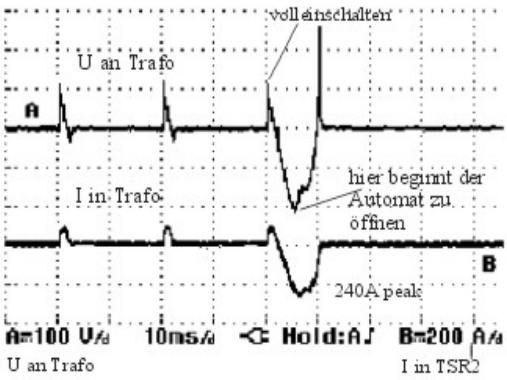
Bei Verwendung des TSRLF mit einem externen Thyristorschalter, kann dieser noch robuster ausgelegt werden. Auch der Bypasskontakt kann dann verschweißsicher ausgelegt werden.

Siehe die Schaltplan Vorschläge von EMEKO für Medizin Trafos nach VDE 0570-2-15:2001-11.

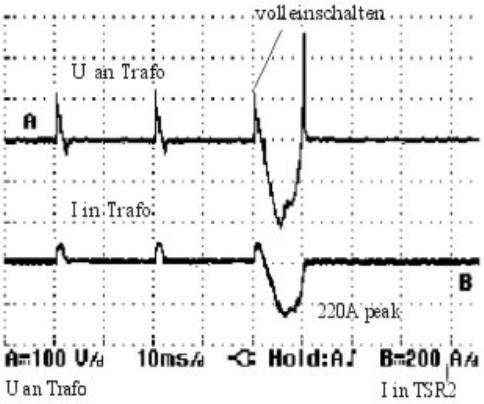
Bild 10

Einschalten von kurzgeschlossenem Rigkerntrafo mit dem TSR

2 kVA Ringkerntrafo mit sekundären Kurzschluß mit TSR2 eingeschaltet.
Mit 16A B-Typ Leitungsschutzschalter abgesichert, der erst bei volleinschalten auslöst.
(Ein R-10A Automat hätte schon beim Vormagnetisieren ausgelöst.)
Der TSR und natürlich der Leitungsschutzschalter bleiben dabei unbeschädigt.
Der vorgeschaltete C 16A Automat hat dabei auch ausgelöst.



2 kVA Ringkerntrafo mit sekundären Kurzschluß mit TSR2 eingeschaltet.
Mit 10A B-Typ Leitungsschutzschalter abgesichert, der erst bei volleinschalten auslöst.
(Ein R-10A Automat hätte schon beim Vormagnetisieren ausgelöst.)
Der TSR und natürlich der Leitungsschutzschalter bleiben dabei unbeschädigt.
Der vorgeschaltete C 16A Automat hat dabei auch ausgelöst.

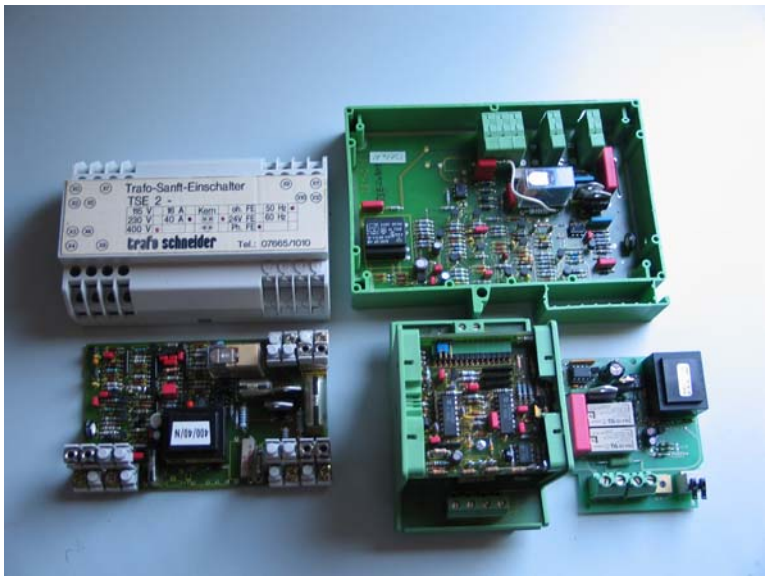


Fazit: nur ein R 10A Automat verhindert das Auslösen des vorgeschalteten C 16A Automaten
Mit dem B 10A Automaten entsteht eine 20A weniger hohe Stromspitze als mit dem B 16A Automat.

Emeko Ing. Büro M.Konstanzer 11.12.98
981211.cdr

Entwicklungsstufen vom TSE2 in 1992, bis zum TSRL im Jahr 1999.

Bild 11



links, Verschiedene TSE2, unten Mitte ein TSE3, rechts unten ein TSRL.

Das TSRL wird seit 10 Jahren unverändert gebaut.

Das TSE-, TSR- Verfahren wurde am IAF der FhG erfunden.

Aber erst mit der Fa. FSM zusammen ging es vorwärts.

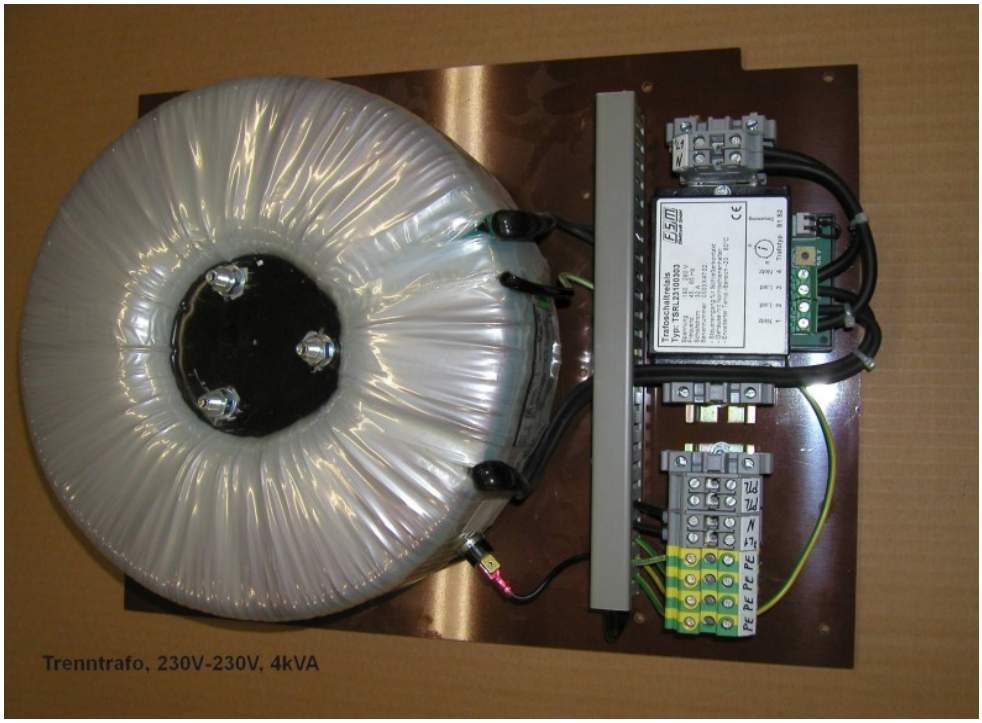
- Die Herstellung von neu entwickelten TSR-Geräten übernahm ab 1998 Fa. FSM als neuer Lizenznehmer mit der ich seither kooperiere.

Das Trafoschaltrelais-TSRL von FSM-Elektronik

- Durch ein radikales Neudesign in 1999 ist mit dem TSRL eine Verdoppelung der Schaltleistung bei nur 30% der Kosten der TSE2 möglich geworden. Das Preisleistungsverhältnis wurde als um Faktor 6 verbessert.

Ein 4kVA Trenntrafo mit einem TSRL. Einsatz zum Beispiel in Feuerwehr Leitfahrzeugen.

Bild 12

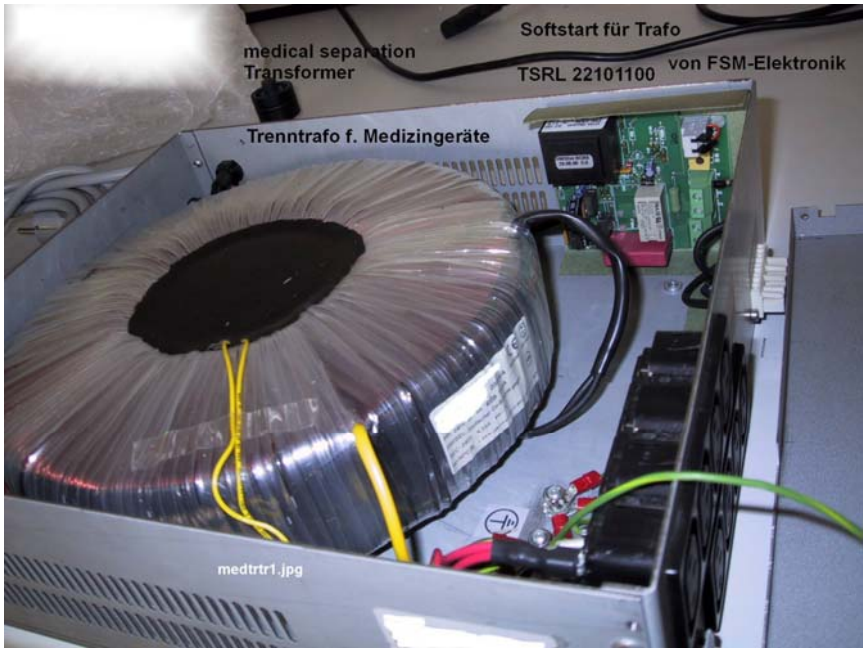


Eingang, 230V, 32A, und Ausgang an Klemmen

Muster von einem Kunden. Der Trafo schaltet im Leerlauf mit nur 100 mA ein.

Bild 13

TSRL in Medizin-Trenntrafo

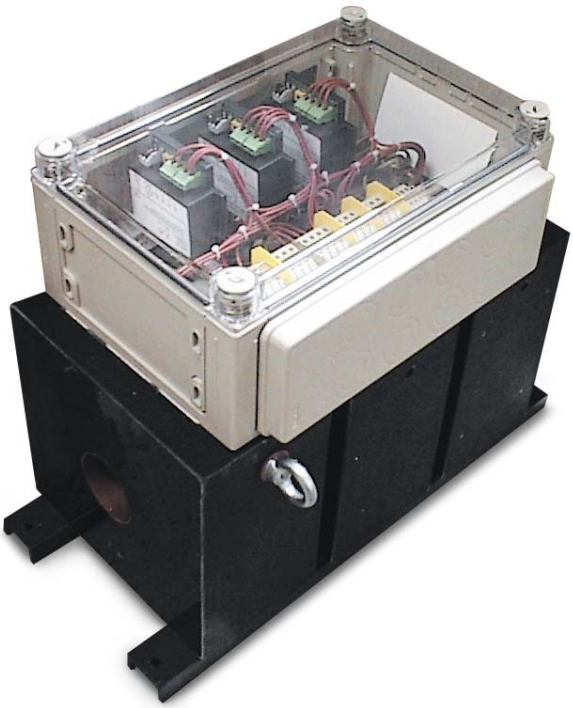


So ein Trenntrafo mit einer TSRL Platine sitzt in vielen Endoskopiewagen unten drin.

Ca. 3000 Stück per anno wurden in 2008 alleine in Deutschland dafür verkauft.

Und diese Endoskopiewagen stehen im Operationssaal und werden vom IT Trafo gespeist.

Bild 14, zeigt 3 Stück TSRL in einem Gehäuse auf 3 stück 8kVA Ringkerntrafos.

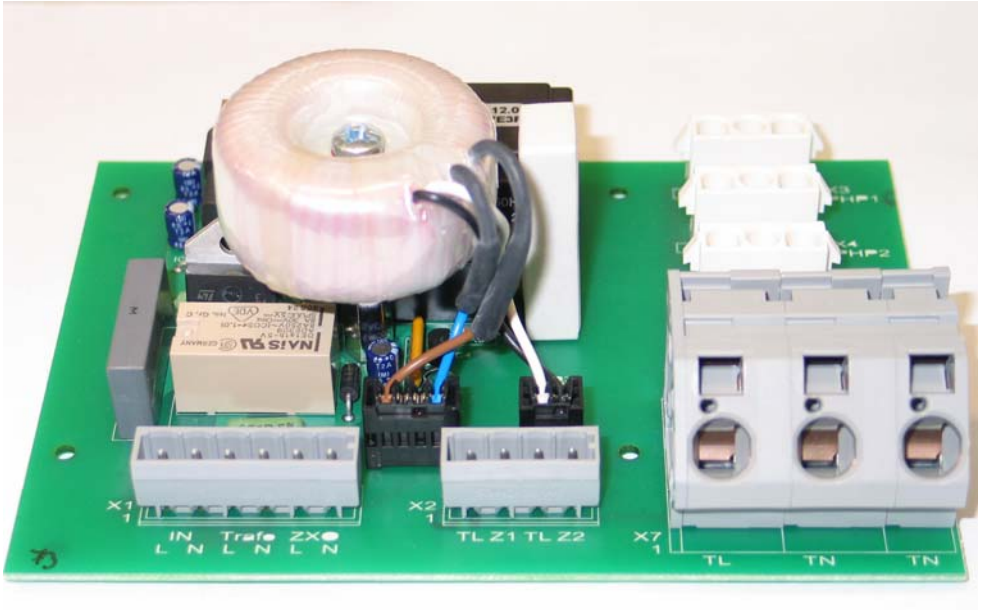


In anderen sicherheitsempfindlichen Bereichen werden die TSRL schon lange eingesetzt.

Ein Beispiel:

Spezial TSRL Baugruppe für Verkehrs- Ampeln mit LED Technik.

- Auch das beweist das Vertrauen der Kunden in die Technik des TSRL.
- **Bild 15**



Europaweit sind davon inzwischen über 5 Tausend Stück im Einsatz. Damit wird ein 2 kVA Ringkerntrafo sanft eingeschaltet.

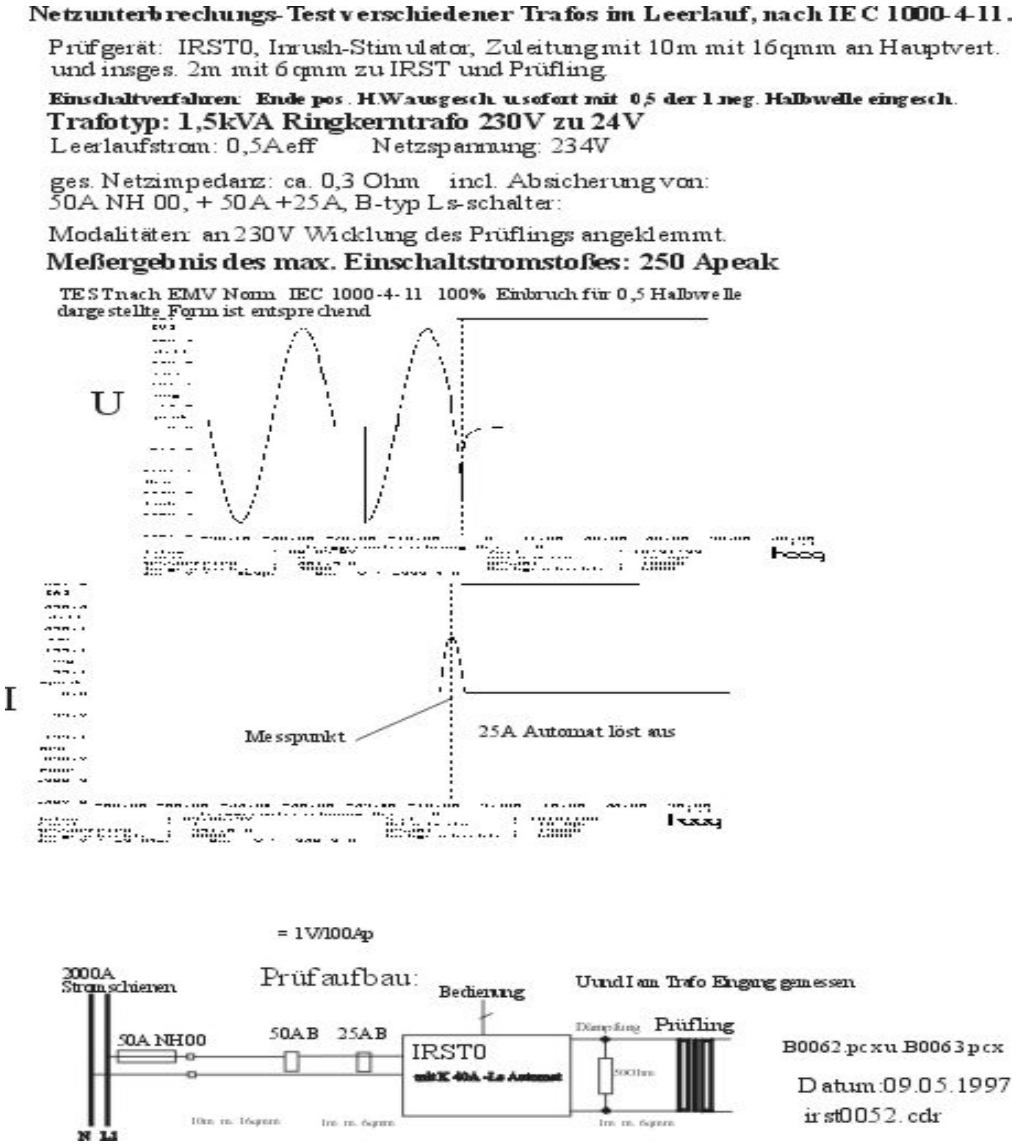
Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist:

Bei kurzzeitigen Netz-Halbwellendefekten, „Voltage Dips," entstehen erst recht hohe Einschaltstromstöße an Transformatoren.

- Im folgenden Bild 16 und 17 ist dargestellt, wie sich ein Trafo verhält, wenn die Netzspannung kurze Einbrüche hat.
- (Durch das Schalten von großen Lasten im Stromnetz entstehen kurze Spannungseinbrüche von bis zu 5 Millisekunden.)
- Je nach Lage der Einbrüche zur Netzhalbwelle werden von diesem Netz gespeiste Trafos in die Sättigung getrieben, wenn anschließend die Netzspannung sofort wieder ungestört ansteht..

Auswirkung einer 5 msec. Spannungslücke bei einem 1,5 kVA Ringkerntrafo ohne TSR.

Bild 16



250A peak = 176 A eff. Stromspitze = 27 mal Inenn. 5 msec. Netz-Spannungs-Lücke, mit Simulator IRST0 provoziert. Der 25 A Typ B-Leitungsschutzschalter löst aus.

Eine 5 msec. Spannungslücke ist ein realistischer Wert wie er im Stromnetz vorkommt. Ein 25 A B-Typ Schutzschalter löst aus, wenn kein TSR mit der Option Halbwellenausfallerkennung davor geschaltet ist. Für den 6,5 A Nennstrom ist der 25 A Leitungsschutzschalter, siehe Bild unten, viel zu groß. Ein PKZM0-10, dessen kleinster träger Auslöswert bei 6,3 A eff. liegt löst auch aus.
Ein PKZM0-10-T, dessen Kurzschlussauslösewert bei 224 A eff. liegt löst nicht aus.

Betrachtung des Trafo-Einschalt-stromstoßes beim seltenen Einschalten und Vergleich mit dem Trafo-Einschalt-stromstoß bei kurzen Netzhalbwellenausfällen:

- Bei weichen Trafos, welche einen Luftspalt haben, besteht ein großer Unterschied zwischen dem normalen Einschaltstrom und dem Einschaltstrom bei Netzhalbwellen- Ausfällen.
- Bei harten Trafos - ohne Luftspalt- ist dieser Unterschied kleiner.
- Siehe die nächsten Bilder.

Einschaltstromarme Trafos haben keine Vorteile wenn Spannungseinbrüche auf dem Netz vorkommen, weil die Magnetisierung im Trafo-Eisenkern in der kurzen Zeit der Netzspannungslücke von 5-10 msec. nicht zur stabilen Ruhe-Remanenzposition zurücklaufen kann, von der die Magnetisierung beim Einschalten nach längerer Pause von > 100 msec. ausgeht.

Bild 17

Einschaltstromstoß-Test verschiedener Trafos im Leerlauf.

Prüfgerät: IRST0, Inrush-Stimulator, Zuleitung mit 10m mit 16qmm an Hauptvert. und insges. 2m mit 6qmm zu IRST und Prüfling.

Einschaltverfahren: Ende neg. HW. aus- nach 1 Sec. Beg.neg. HW. ein.

Trafotyp:3,15 kVA Medizin Geräte-Trafo m. 1,0 Tesla

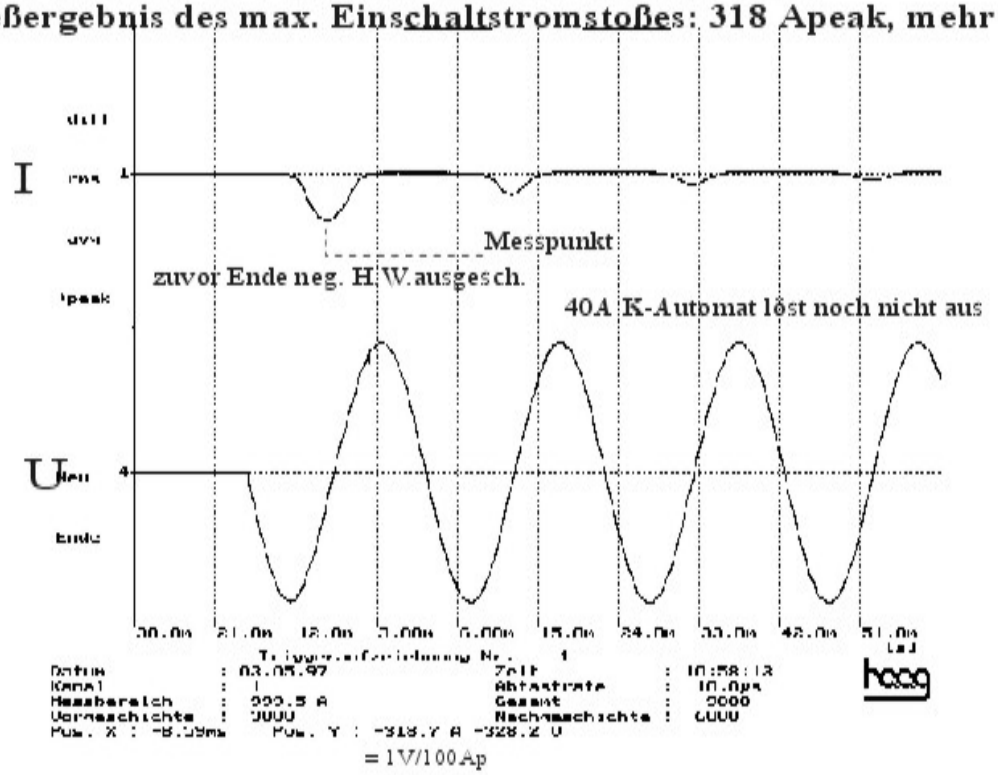
Leerlaufstrom: 0,5A Netzspannung: 234V

ges. Netzimpedanz: ca. 0,2 Ohm incl. Absicherung von:

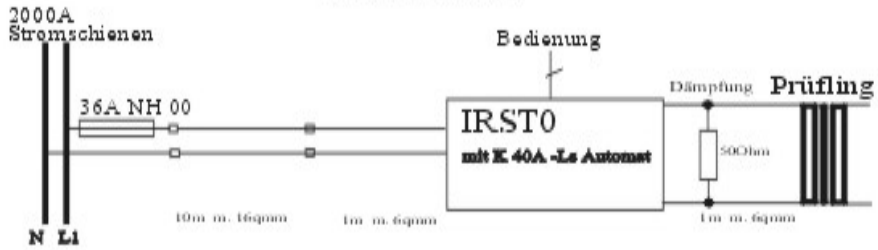
36A NH 00, und Irst0 mit K40 LS Automat:

Modalitäten: an 230V Wicklung des Prüflings angeklemmt.

Meßergebnis des max. Einschaltstromstoßes: 318 Apeak, mehr als berechnet.



Prüfaufbau:



Datum:02.05.1997

F0106.DL= B0022.pcx

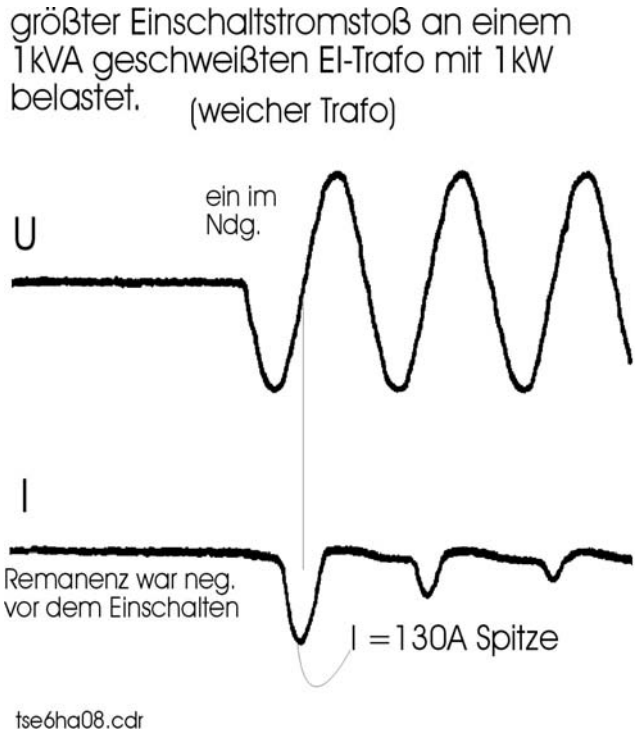
irst0011.cdr

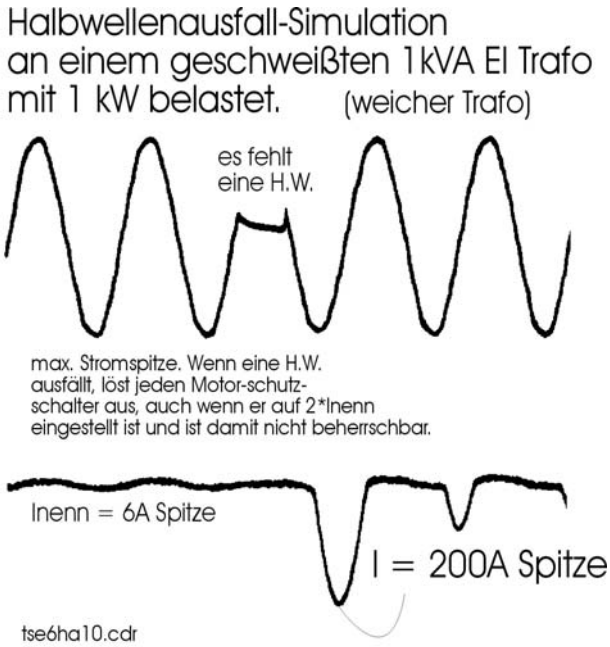
Der IT-Trafo hat hierbei den 17 fachen Einschaltstrom vom Nennstrom, (Peak zu Peak.), anstatt einen von 8 mal I nenn, auf den er ausgelegt ist.

Verhalten eines einschaltstromarmen Trafos.

(Geschweißter EI-Kern, 1kVA gemessen mit ohmscher Nennlast.)

Bild 187





Der normale Einschaltstrom ist klein **Nach einer kurzen Netzlücke ist er groß**

Die Differenz ist **= 70 A peak=35%**

Wegen dem „Nichtzurücklaufen können“ der Magnetisierung in der kurzen Spannungs-pause, ist die Restmagnetisierung dabei höher als nach einer längeren Spannungs Pause. Die durch den Luftspalt gescherte Hysteresekurve ist die Ursache der niederen Remanenz nach längerer Pause. Deshalb ist der Einschaltstromstoß nach kurzer Pause deutlich höher. Es wurde in beiden Fällen mit dem IRST0 Netzsimulator, dem gleichen Trafo am gleichen und sehr steifen Speisenetz gemessen.

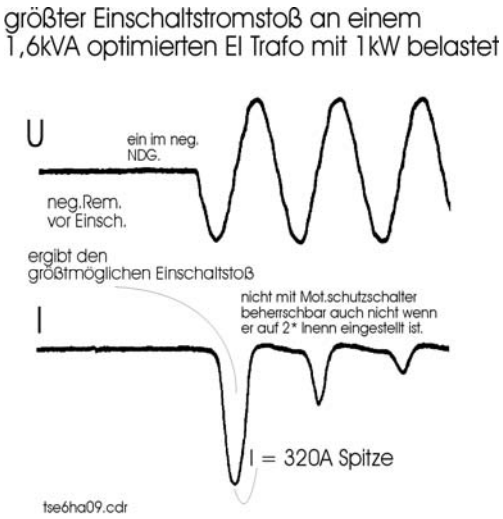
Ein PKZM0-6,3 hat einen Kurzschlussauslösestrom von 88A eff..und löst bei dem Halbwellenausfall aus, weil dabei 141A eff. fliessen.

Ein PKZM0-6,3-T, extra für Trafos geeignet, hat einen Kurzschlussauslösestrom von 141 A eff. Er würde auch gerade auslösen bei dem Halbwellenausfall. Also hilft ein weicher, einschaltstromarmer Trafo nicht gegen das unbeabsichtigte Auslösen der Absicherung bei dem Auftreten von Halbwellenausfällen.

Verhalten eines Trafos mit hohem Einschaltstrom,

1,6 kVA EI-Kern-geschachtelt, gemessen mit ohmscher Nennlast

Bild 19



Der normale Einschaltstrom ist hoch **Nach Netzlücke nur etwas höher.** Nur eine kleine Differenz von **= 30Apeak, =8,6%.**

Fazit: Weiche Trafos schützen nicht vor den hohen Stromstößen nach Halbwellendefekten.

Die Stromstöße sind dabei genau so hoch wie bei harten Trafos.

Bei verlustarmen Trafos ist der Einschaltstrom hoch.

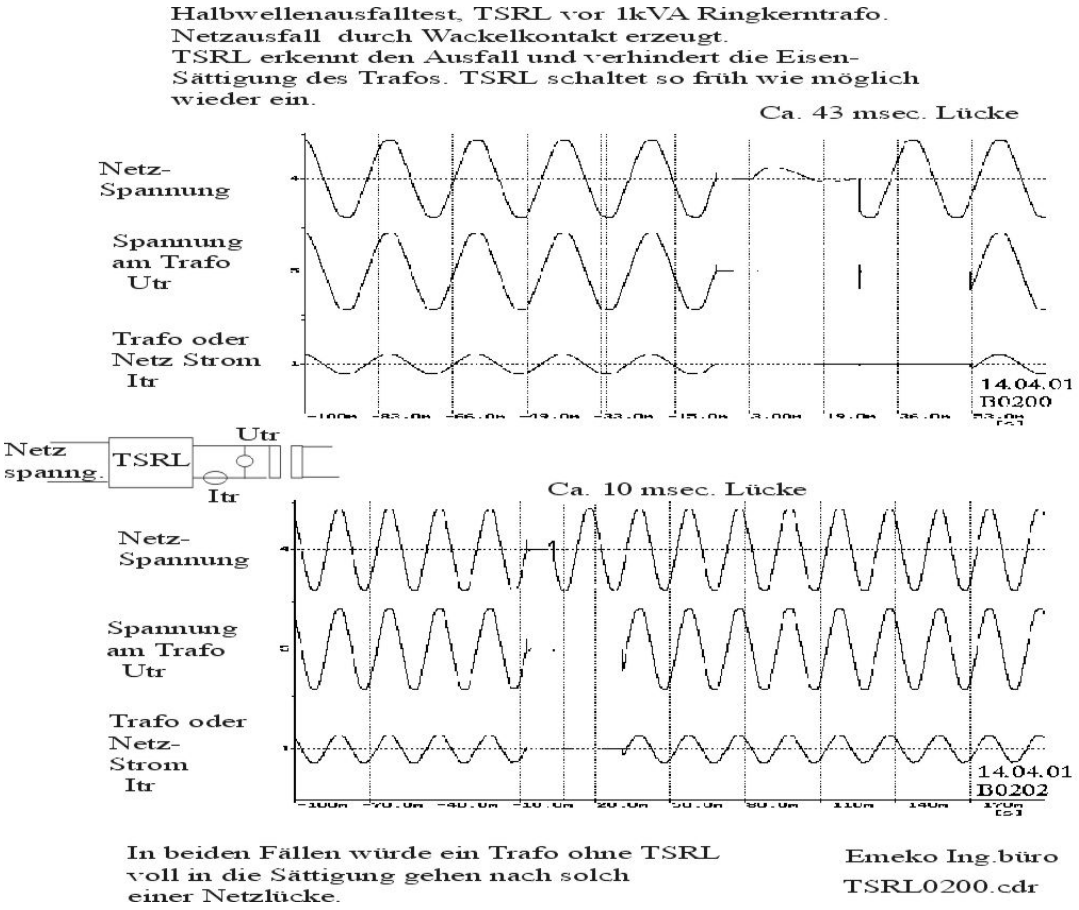
In beiden Fällen, beim ersten Einschalten und beim Halbwellenausfalls ist die Magnetisierung auf dem gleichen Remanenzpunkt, weil die Hysteresekurve steil verläuft bei dem Luftspaltarmen TRAFO.

Deshalb ist der Stromstoß dann auch annähernd gleich hoch.

Ein PKZM0-10-T löst auch aus, weil er nur eine Kurzschlussauslöseschwelle von 224 A ef., hat, die für den Einschaltstromstoß mit 247 A eff. zu nieder ist.

Auswirkung von Halbwellenausfällen wenn ein TSRL vor dem 1kVA Ringkerntrafo eingebaut ist.

Bild 20



Die schnelle Reaktion des TSRL Schützt den Trafo vor Sättigung im Eisenkern bei Netzwiederkehr. Schnelles wiedereinschalten nur mit dem Nennstrom.

Der Effekt von hohen Einschaltströmen nach der Netzwiederkehr auf so genannte Netzhalbwelleneinbrüche kann durch Vorschalten eines TSRL mit Option: „ schnelle Halbwellenausfall Erkennung“ verhindert werden.

IT Netz Trenntrafos der Fa. Ruhstrat für Medizinische Räume nutzen schon diese Technik. Diese Trafos sind sogar als Ringkerntrafos ausgeführt und schalten mit nur dem Nennstrom ein. (Die Norm verlangt die Einschaltstrombegrenzung auf 8 mal Inenn. Die Norm begrenzt auch den Leerlaufstrom.) Mit dem TSRL ist der Ringkerntrafo als IT –Netztrafo auch beim Leerlaufstrom deutlich besser als es die Norm verlangt.

Die Konsequenz aus dem Verhalten der Trafos bei Halbwellenausfällen ist:

- Einschaltstromarme Trafos bringen dann keinen Vorteil wenn man die Möglichkeit von Netzhalbwellenausfällen berücksichtigen muß.

- Dann kann man gleich verlustarme, luftspaltfreie Trafos verwenden, die zwar hohe Einschaltströme haben,
- aber zusammen mit einem TSR diese auch bei Netzhalbwellenausfällen vollkommen vermeiden

Die Konsequenz ist hart für so genannte Einschaltstromarme Trafos.

Solche Netzspannungshalbwelleneinbrüche kommen zwar selten vor. Aber nur wenn auch diese Ursache von Einschaltstromstößen nicht mehr diese Wirkung entfalten kann, ist das unbeabsichtigte Sicherungsauslösen unterbunden.

In der Medizingeräte Prüfnorm EN 60601-1-2 die sich für den Voltage Dip Test auf die EN 61000-4-11 bezieht, ist der Halbwellen Ausfall Test vorgeschrieben.

Word/Fzart/TSR-Funktion-kurz-2009.doc, 28.03.09 EMEKO