

Ringkern- Transformatoren sparen Stromkosten, haben aber einen sehr hohen Einschaltstrom. Das Trafoschaltrelais zeigt einen Ausweg aus dem Einschaltstrom-Dilemma.

Bisher werden als Klein-Transformatoren zwischen 0,3 und 3 kVA Größe meistens geschweißte EI- Kern Transformatoren verwendet. - Zum Beispiel fuer Steuertrafos, Trenntrafos, Heiztrafos, usw. – Siehe Bild 1. Diese Trafotypen werden erfahrungsgemaess bereits im Leerlauf so heiß, dass man sie nicht mehr anfassen kann.

Die Ursache heiss werdender Trafos ist konstruktiv bedingt. (Siehe die Homepage des Autors: www.emeko.de.)

Man baut diese EI-Kern Transformatoren ausser den Kostengruenden so, dass sie einen niederen Einschaltstrom haben und damit fuer die Absicherung beherrschbar sind. Durch diese Bauweise entstehen in den Trafos beim Betrieb unnoetig hohe Verluste.

Wenn man Trafos allerdings so baut, dass sie bei vergleichbaren Kosten niedere Betriebs-Verluste haben, dann koennen diese Trafos keine niederen Einschaltstroeme haben. Eine verlustarme und gleichzeitig Einschaltstromarme Auslegung ist bei vertretbaren Kosten nicht moeglich.

Mit dem Argument **einschaltstrom- armer** Trafo genuegt man bisher den preislichen und absicherungstechnischen Anforderungen, und nimmt die stoerende Waermeentwicklung und den hoeheren Stromverbrauch in Kauf. Wobei der hoehere Stromverbrauch ja meistens vom Endverbraucher und nicht vom Trafokunden bezahlt wird. Wichtig war bisher die moeglichst preiswerte Herstellung der Trafos.

- Diese Denk- und Handlungsweise ist in vielen Bereichen der Technik vorherrschend, wird jedoch von der EU Initiative „ECO-Design“ in Zukunft ins Visier genommen.-

Ein Paketkerntrafo mit geschweisstem EI Kern, siehe Bild 1, hat bei kostensparender Auslegung die hoechsten Leerlauf- und Wirk- Verluste. Er hat dann einen relativ „niederen“ Einschaltstrom von „nur“ ca. 12- 15 mal dem Nennstrom und kann mit so genannten Transformatorschutzschaltern gleichzeitig auf Kurzschluß und Ueberlast abgesichert werden.

Eine sekundaerseitige Absicherung kann damit entfallen.

Wenn eine flinkere Primaer Absicherung gewaehlt wird, dann muss deren Nennstromwert ein Mehrfaches des Trafo-Nennstromes haben, was dann ohne zusaetzliche Sekundaerseitige Absicherung nicht empfehlenswert ist.

Bild 1 zeigt einen EI –Kerntrafo als Steuertrafo.



Der in Bild 1 gezeigte Trafo kann auf der Primaerseite, trotz dem relativ niederen Einschaltstrom dann zum Beispiel nur mit einem B16 Ampere Schutzschalter abgesichert werden. Das ist der 2,5 fache Nennstromwert des Trafos.

Eine Überlastsicherung muss deshalb durch zusaetzliche sekundaerseitige Sicherungen erbracht werden. Ein Trafoschaltrelais, siehe weiter unten im Text, kann hierbei jedoch helfen den Einschaltstrom zu vermeiden und die Absicherung allein auf der Primaerseite mit flinker Charakteristik auf den Nennstrom, auch als Schutz fuer die Sekundaerseite ausulegen.

Ringkerntrafos, siehe Bild 2, haben zumindest im Teillastbetrieb, deutliche **Stromspar- Vorteile** gegenueber herkoemmlichen EI- Kern Trafos mit geschweißtem Kern. Ringkerntrafos haben wegen der absoluten Luftspaltfreiheit im Eisenkern einen um bis zum Faktor 100 geringeren Leerlauf-strom gegenueber den EI- Kern Trafos. (Deshalb ist der **Stand-by-strom** dann auch entsprechend geringer.)

Ringkerntransformatoren koennen mit bis zu 50% weniger Gewicht und ohne weiteres auch mit weniger Wirkverlusten gebaut werden als sie eckige Trafos haben. – Die ohne weiteres moegliche und weiter als bisher gehende Verringerung der Wirkverluste wird aber wegen dem dann noch hoeher werdenden Einschaltstrom nur selten ausgenutzt. -

Denn je geringer die Wirk-verluste sind, desto hoeher ist der Einschalt-strom, der bei verlustarmen Ringkerntrafos bis zum 80 fachen des Nennstromes betraegt. Siehe das folgende Beispiel.

Ein unmoegliches Paar ?

Bild 2.

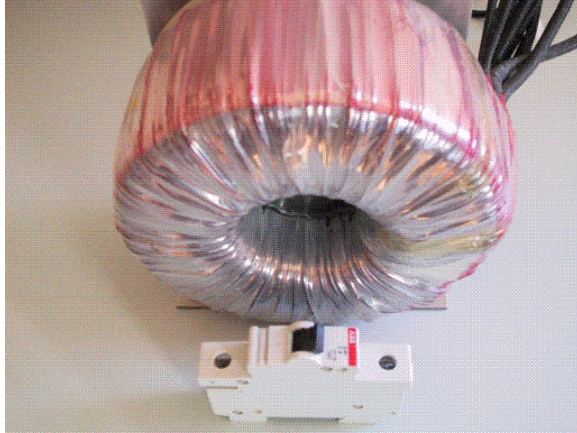


Bild 2 zeigt einen 1 kVA, 230V zu 230V Ringkern-trenntrafo und einen C 4 A Leitungsschutzschalter davor als Absicherung. (4 A ist der Nennstrom des Trafos.)

Der Einschaltstrom des Ringkern- Trafos ist aber mit 50 mal dem Nennstrom um mehr als Faktor 10 groesser als der flinke Ausloesestrom des C 4 Ampere Schutzschalters, der 20 Ampere betraegt.

Der Trafo ist also mit diesem Schutzschalter nicht absicherbar, weil der Einschaltstrom immer wieder die Absicherung ausloesen wird.

Mit einem D-Typ Schutzschalter der den 2-3 fachen Nennstromwert des Trafos haben muss, kann der Trafo damit auf der Primaerseite nur auf Kurzschluss aber nicht gegen Ueberlast abgesichert werden! Auf den Nennstrom ausgelegte Schmelzsicherungen mit noch hoeherer Traegheit und auch Trafoschutzschalter sind dafuer nicht verfuegbar.

Eigentlich schade, dass die beiden Bauteile von Bild 2 nicht so ohne weiteres zusammenpassen, denn jeder fuer sich hat Vorteile. Der verlustarme Trafo ist belastungssteif, bleibt in Teillast nahezu kalt und hat einen zu vernachlaessigenden Leerlauf- bzw. Stand-by-strom.

Der C 4A Leitungsschutzschalter koennte den Trafo und auch gleich die - wenn vorhandenen langen- Leitungen nach dem Trafo vor Ueberlastung oder Kurzschluss optimal schuetzen, ohne dass zusaetzliche sekundaerseitige Sicherungen verwendet werden muessen.

Der hohe Einschaltstrom ist aber hinderlich fuer die Einsatzfaehigkeit von energiesparenden Trafos wie zum Beispiel Ringkerntrafos.

Wird ein so genanntes „Trafoschaltrelais-TSRL“ nach der Sicherung vor den Trafo, gesetzt, dann „vertragen“ sich die beiden in Bild 2 abgebildeten Bauteile bestens und der Ringkern- Trafo kann dann seinen Vorteil der Energiesparsamkeit ohne Nachteile zur Geltung bringen. Siehe weiter unten im Text.

Herkoemmliche Einschaltstrom Begrenzer helfen zwar die hohen Einschaltstroeme von verlustarmen Trafos zu begrenzen, koennen das aber nur teilweise. Setzt man so genannte Heißeleiter- NTC Widerstaende als Einschalt-Strombegrenzer vor den Trafo, dann verursacht deren Verlustleistung wieder einen hoeheren Stromverbrauch und verschlechtert die Belastungssteifheit.

Die etwas bessere Version beinhaltet zeitverzoeagert- ueberbrueckte NTC- oder andere Fest-Widerstaende. Es ist damit jedoch nur das seltene Einschalten nach einer laengeren Pause zu beherrschen. Das Einschalten auf einen Kurzschluss vertragen diese Einschaltstrom-Begrenzer ueberhaupt nicht.

Kommen mehrere Einschaltvorgaenge hintereinander oder kurze Netzspannungs- Unterbrechungen vor, so sind dabei die Widerstaende in den Einschaltstrom Begrenzern heiße oder noch ueberbrueckt und koennen so den Einschaltstrom nicht begrenzen und koennen dabei durch den hohen Einschaltstrom gar selbst Schaden nehmen.

Sogenannte „Trafoschaltrelais“, welche den Einschaltstrom ganz vermeiden, erlauben es verlustarme Trafos ohne die Nachteile des hohen Einschaltstromes einzusetzen und erfuellen alle oben genannten Bedingungen.

Ein Beispiel ist in Bild 3 zu sehen.

Die Auswahl der Absicherung ist dann ganz einfach und vermeidet das Dilemma der zu grossen Absicherung.

Nur **bei Ringkerntrafos ist der Leerlaufstrom so verschwindend klein**, dass er ueberhaupt nicht zur Erwaermung des Trafoblechs fuehrt. Deshalb sind diese Trafos in Zukunft als Energiespartrafos interessant, die sehr belastungssteif sind, wenn die einzige Unart, der hohe Einschaltstrom, mit dem Trafoschaltrelais-TSR, beseitigt ist.

Man kann durch die Beseitigung des Einschaltstromes auch ruhig einen groesseren Trafo einsetzen. Dann hat man eine besonders steife Ausgangsspannung und eine noch geringere Erwaermung des Trafos.

— Bei einem geschweissten 1 kVA EI-Kern Trafo würde die Erhoehung auf 2 kVA eine Erhoehung der Leerlaufverluste um ca. 80 W bedeuten und bringt damit einen Energiemehrverbrauch schon im Leerlauf. —

Energiespartrafo:

Bei einem Ringkerntrafo mit 1 kVA würde die Erhoehung auf 2 kVA nur eine Erhoehung der Leerlaufverluste um ca. 6 W bedeuten. Diese geringe Verlusterhoehung faellt nicht ins Gewicht. Die absoluten Wirkverluste nehmen dann mit dem groesseren 2 kVA Ringkerntrafo fuer die 1kW Volllast ab. Die Wirkverluste bei 1KW Last gehen von ca. 40 W beim 1kVA Ringkern- Trafo, auf ca. 10 W beim 2 kVA Ringkerntrafo zurueck. Wird dieser Trafo ausserdem besonders verlustarm ausgelegt, dann betragen die Wirkverluste nur noch ca. 6 W bei 1kVA Belastung. Der Trafo Wirkungsgrad betraegt dann mehr als 98 %.

Auf kleiner als den Nennstrom absicherbar:

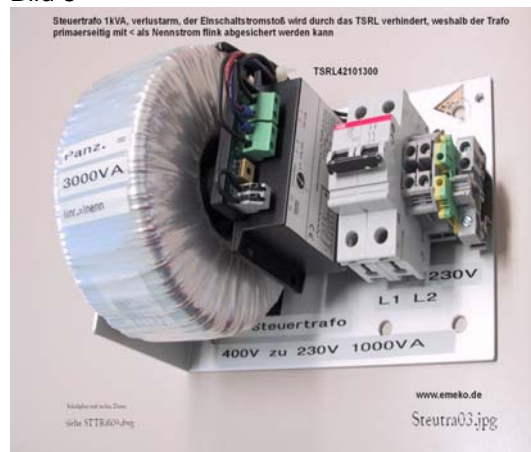
Wenn man ein Trafoschaltrelais vor den Trafo schaltet, wird der Trafo nur mit dem Leerlaufstrom oder dem in die Last fließenden Strom eingeschaltet.

Einen 2kVA Trafo kann man deshalb dann zum Beispiel auch nur auf 0,5kVA absichern wenn die Last nicht groesser ist. Das war bisher wegen dem Einschaltstrom undenkbar.

Auch die sekundärseitige Last ist allein auf der Primaerseite absicherbar. Man kann durch die Vermeidung des Einschaltstromes, alleine mit der primaerseitigen Sicherung den Trafo, die Leitungen und die Teil-Last gegen Ueberlast absichern.

Auch beim **Einschalten auf einen Kurzschluss** nimmt das TSR keinen Schaden, wenn die Absicherung korrekt ausgefuehrt ist. Nach dem beseitigen des Kurzschlusses ist das TSR sofort wieder einschaltbereit.

Bild 3



Das Bild 3 zeigt einen verlustarmen 1kVA, 400V Steuertrafo, der mit einem TSRL eingeschaltet und mit 2A B- oder C-Leitungsschutzschaltern flink auf weniger als den Nennstrom abgesichert ist.

Die Last ist dann auf 2 A mal 400 V = 800 Watt alleine durch die primaerseitige Absicherung begrenzt. Eine sekundärseitige Absicherung kann entfallen.

Es hilft dem Anlagen- Projekteur enorm, wenn der Trafoeinschaltstrom nicht mehr vorhanden ist und die primaerseitige Absicherung sich **nur nach den Erfordernissen des Leitungsschutzes** fuer die Leitungen nach dem Trafo richten muss.

Meistens kann dabei dann der Leitungsquerschnitt reduziert werden.

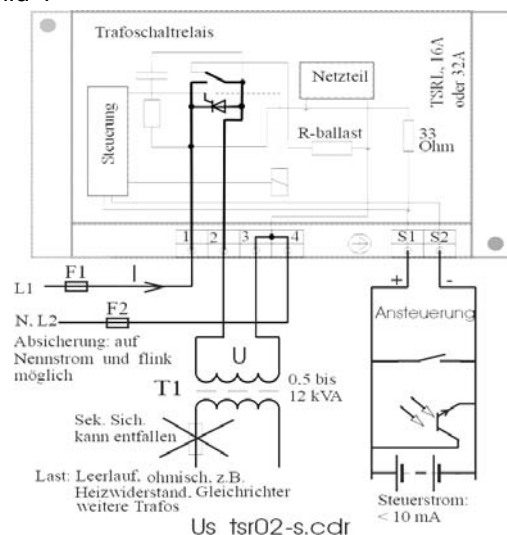
Das kann im Anlagenbau oder in der Gebaeudeausruestung, wo lange Leitungen nach dem Trafo vorkommen, viel Geld einsparen. – Ein Kurzschluss an der entferntesten Stelle der Leitung muss dort die Absicherung in weniger als 3 Sekunden auslösen können.-

Unterspannungsschutz: Ausserdem besitzt das TSR mit der schnellen Reaktion auf Netzhalfwellen- Einbrueche eine definierte Abschalt-Schwelle bei Netz-Unterspannung. Bezogen auf 230V ist die Ausschaltsschwelle 165V, mit anschließendem sanften Wiedereinschalten bei groesser 190V.

Damit wird bei **Netzeinbruechen ein unkontrolliertes Abfallen und Anziehen** der vom Steuertrafo versorgten Schuetze unterbunden. Das erhoeht die Anlagen-Sicherheit und schont die Kontaktsaetze dieser Schuetze.

Ein separates Spannungs-Waechterrelais, was die Schuetze und andere Verbraucher in diesem Fall definiert aus- und einschaltet, ist dann nicht mehr noetig.

Bild 4



Das Prinzipschaltbild in Bild 4 zeigt den Aufbau und den Anschluss der TSRL.

Die Wirkungsweise ist in Bild 5 zu sehen.

Bild 5

1kVA Ringkerntrafo mit TSR Verfahren eingeschaltet. 0,5 sec. vormagn. mit unipolaren fixen Spannungsabschnitten.

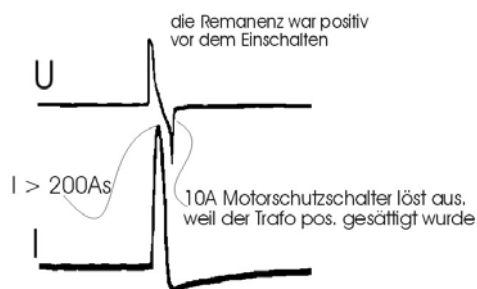


TSEme011.cdr

Die U-Messkurve im Bild 5 zeigt die gemessene primär-Spannung am Trafo und die I-Messkurve im Bild 5 zeigt den gemessenen Strom der primär während der Einschalt-prozedur in den Trafo hineinfließt. Es ist im Bild 5 nur der Wirkstrom der ohmschen Last und keinerlei Einschaltstrom-peak zu sehen. Dieser typische Einschaltstrom-peak ist im Bild 6 dargestellt. Er tritt auf, wenn ein Ringkerntrafo zum Beispiel mit einem Halbleiterrelais eingeschaltet wird.

Bild 6

1kVA Ringkerntrafo mit scheinbar-schaltendem Halbleiterrelais eingeschaltet.



Tseme006.cdr

Scheitel-schalter-auf-trafo1.cdr

Die Spannungsmesskurve U in Bild 6 zeigt wie die Spannung durch den Stromstoß zusammenbricht, auch weil der Schutzschalter dabei sich schon zu öffnen beginnt. Die Strommesskurve in Bild 6 zeigt einen Einschaltstrom von über 200 A Peak, der am Fusspunkt ungefähr 5 msec. breit ist.

Hersteller von Halbleiterrelais werben mit dem Hinweis, dass diese am besten zum Schalten von Transformatoren geeignet sind. Das Ergebnis ist in Bild 6 dargestellt.

Scheitelschalter werden auch in der Literatur bisher als am besten für Transformatoren geeignet zitiert. Das geht jedoch nur gut wenn

die Trafos einen echten Luftspalt haben, damit die Remanenz, (bleibende Magnetisierung), auf nahe Null läuft nach dem Ausschalten. Beim Ringkerntrafo kann die Remanenz jedoch abhängig vom Ausschalten sehr hoch sein. Das schlechte Einschalt-Ergebnis ist eindrücklich in Bild 6 zu sehen. Halbleiterrelais erzeugen ausserdem bei leer laufenden Ringkerntrafos ein Trafobrummen, was durch Stromspitzen durch asymmetrische Zündung der Halbleiterrelais, wegen der geringen Trafo-Leerlaufströme erzeugt wird.

Mit dem Trafoschaltrelais wird die Remanenz des Trafos vor dem Volleinschalten gezielt beeinflusst und steht vor dem Volleinschalten an einer dem Trafoschaltrelais bekannten Stelle.

Autorenbeschreibung:

Der Autor, Dipl. Ing. Michael Konstanzer, Jahrgang 1943, hat eine Feinmechanikerlehre und ein Ingenieurstudium absolviert.

Anschliessend war er 12 J bei verschiedenen Industriebetrieben als Mechatronik-Entwickler tätig. 1985 gründete er ein Ingenieurbüro für Elektronik Entwicklung im Nebenerwerb. Er hat bei der Fraunhofer-gesellschaft die Trafoschaltrelais-Grundlagen in den Jahren 1989-1993 entwickelt und dafür Patente erteilt bekommen. Seit 1998 werden die Trafoschaltrelais von der Fa. FSM-Elektronik professionell gefertigt und erfreuen sich seitdem einer jährlich steigenden Nachfrage.

Bild 7



Bild 7 zeigt den Autor im März 2005.

In der Fachzeitschrift ELEKTRONIK wurden im Heft 23 von 1993 und im Heft 19 von 1994 schon einmal Fachartikel des Autors Michael Konstanzer zum Thema „sanftes Einschalten von Transformatoren“ veröffentlicht.

Über 50 Fachartikel zu diesem Thema sind seitdem in weiteren Fachzeitschriften erschienen.

Freiburg den 19.07.06, EMEKO-Ing. Buero, Michael Konstanzer, Freiburg i. Br..

www.emeko.de.

Word-texte/fzartik/energiesparenmitringkerntrafo.doc