

Ringkern- Transformatoren sparen Stromkosten, sind also Energiesparend. Sie haben aber einen sehr hohen Einschaltstrom, was die Anwendung erschwert.

Das Trafoschaltrelais zeigt als Intelligenter Netzschalter einen Ausweg aus dem Einschaltstrom-Dilemma, weil es den „Rush- Effekt“ vermeidet und damit häufiges Aus und Einschalten von nicht benötigten Trafolasten ermöglicht.

Bisher werden als Klein-Transformatoren zwischen 0,3 und 3 kVA Größe meistens geschweißte EI- Kern Transformatoren verwendet. - Zum Beispiel für Steuertrafos, Trenntrafos, Geräte-Anlagen-Trafos, usw. – Siehe Bild 1.

Diese Trafotypen werden Erfahrungsgemäß bereits im Leerlauf so heiß, daß man sie nicht mehr anfassen kann.

Die Ursache heiß werdender Trafos ist konstruktiv bedingt.

Man baut diese EI-Kern Transformatoren außer den Kostengründen so, daß sie Material und da vor allem Kupfer sparen, einen niederen Einschaltstrom haben und damit für die Absicherung beherrschbar sind. Durch diese Bauweise entstehen in den Trafos beim Betrieb unnötig hohe elektrische Verluste.

Wenn man Trafos allerdings so bauen würde, daß sie bei vergleichbaren Kosten niedere Betriebs-Verluste haben, dann können diese Trafos keine niederen Einschaltströme haben. Eine verlustarme- und gleichzeitig Einschaltstromarme Auslegung ist bei vertretbaren Kosten nicht möglich.

Mit dem Argument **einschaltstrom- armer** Trafo genügt man bisher den preislichen und absicherungstechnischen Anforderungen, und nimmt die störende Wärmeentwicklung und den höheren Stromverbrauch in Kauf, die ja ohnehin der Endverbraucher und nicht der Trafohersteller bezahlt.

Wichtig war bisher die möglichst 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 höchsten 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 Überlast abgesichert werden.

Eine sekundärseitige Absicherung kann damit entfallen.

Wenn eine flinkere Primär Absicherung gewählt wird, dann muß deren Nennstromwert ein Mehrfaches des Trafo-Nennstromes haben, was dann ohne zusätzliche Sekundärseitige Absicherung nicht empfehlenswert ist.

Bild 1 zeigt einen EI –Kerntrafo als Steuertrafo.



Der in Bild 1 gezeigte 2,5kVA Trafo kann auf der 400V Primärseite, trotz dem relativ niederen Einschaltstrom dann zum Beispiel nur mit einem C16 Ampere Schutzschalter abgesichert werden. Das ist der 2,5 fache Nennstromwert des Trafos.

Eine Überlastsicherung muß deshalb durch zusätzliche sekundärseitige Sicherungen erbracht werden. Ein Trafoschaltrelais, siehe weiter unten im Text beschrieben, kann hierbei jedoch helfen den Einschaltstrom zu vermeiden und die Absicherung allein auf der Primärseite mit flinker Charakteristik auf den Nennstrom, auch als Schutz für die Sekundärseite auszuliegen.

Ringkerntrafos, siehe Bild 2, haben bei herkömmlicher Auslegung zumindest im Teillastbetrieb, deutliche **Stromspar- Vorteile** gegenüber herkömmlichen EI- Kern Trafos mit geschweißtem Kern.

Ringkerntrafos haben wegen der absoluten Luftspaltfreiheit im Eisenkern einen um bis zum Faktor 100 geringeren Leerlaufstrom gegenüber den EI- Kern Trafos. (Deshalb ist der **Standby-Strom** dann auch viel geringer.)

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

Denn je geringer die Wirkverluste sind, desto höher ist der Einschaltstrom, der bei

verlustarmen Ringkerntrafos bis zum 80 fachen des Nennstromes beträgt.

Siehe das folgende Beispiel.

Sind die beiden ein unmögliches Paar ? Bild 2 unten.

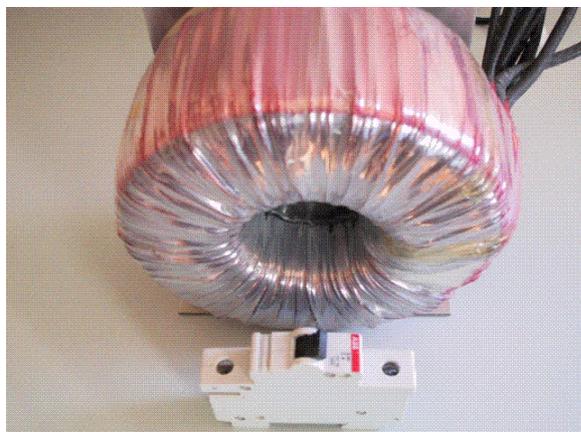


Bild 2 zeigt einen 1 kVA, 230V zu 230V Ringkern-trenntrafo und einen C 4 A Leitungsschutzschalter davor als Absicherung. (4 A ist der Nennstrom des Trafos.)

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

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

Mit einem D-Typ Schutzschalter der den 2-3 fachen Nennstromwert des Trafos haben muß, kann der Trafo damit auf der Primärseite nur auf Kurzschluß aber nicht gegen Überlast abgesichert werden! Auf den Nennstrom ausgelegte Schmelzsicherungen mit noch höherer Trägheit und auch Trafoschutzschalter sind dafür nicht am Markt verfügbar. (Das hat bisher den Einsatz von Ringkerntrafos behindert.)

Eigentlich schade, daß die beiden Bauteile von Bild 2 nicht so ohne weiteres zusammenpassen, denn jeder für sich hat Vorteile. Der verlustarme Trafo ist belastungssteif, bleibt in Teillast nahezu kalt und hat einen zu vernachlässigenden Leerlauf- bzw. Standbystrom.

Der C 4A Leitungsschutzschalter könnte den Trafo und auch gleich die – in Anlagen vorhandenen langen- Leitungen nach dem Trafo vor Überlastung oder Kurzschluß optimal schützen, ohne daß zusätzliche sekundärseitige Sicherungen verwendet werden müssen.

Der hohe Einschaltstrom ist aber hinderlich für die Einsatzfähigkeit 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. Er kann auch jetzt mit noch weniger Kupferverlusten gebaut werden indem der Drahtquerschnitt vergrößert und ein größerer Kern benutzt wird. Siehe weiter unten im Text.

Herkömmliche Einschaltstrom Begrenzer

helfen zwar die hohen Einschaltströme von verlustarmen Trafos zu begrenzen, können das aber nur teilweise. Setzt man so genannte Heißleiter- NTC Widerstände als Einschaltstrombegrenzer vor den Trafo, dann verursacht deren Verlustleistung wieder einen höheren Stromverbrauch und verschlechtert die Belastungssteifheit.

Die etwas bessere Version beinhaltet zeitverzögert- überbrückte NTC- oder andere Fest-Widerstände. Es ist damit jedoch nur das seltene Einschalten nach einer längeren Pause zu beherrschen. Das Einschalten auf einen Kurzschluß vertragen diese Einschaltstrom-Begrenzer überhaupt nicht.

Kommen mehrere Einschaltvorgänge hintereinander oder kurze Netzspannungs-Unterbrechungen vor, so sind dabei die Widerstände in den Einschaltstrom Begrenzern heiß oder noch überbrückt und können so den Einschaltstrom nicht begrenzen und können dabei durch den hohen Einschaltstrom gar selbst Schaden nehmen.

So genannte „Trafoschaltrelais“, welche den Einschaltstrom ganz vermeiden, erlauben es verlustarme Trafos ohne die Nachteile des hohen Einschaltstromes einzusetzen und erfüllen 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 überhaupt nicht zur Erwärmung des Trafoblechs führt. 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 größeren Trafo einsetzen. Dann hat man eine besonders steife Ausgangsspannung und eine noch geringere Erwärmung des Trafos.

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

Energiespartrafo:

Bei einem Ringkerntrafo mit 1 kVA würde die Erhöhung auf 2 kVA nur eine Erhöhung der Leerlaufverluste um ca. 6 W bedeuten. Diese geringe Verlusterhöhung fällt nicht ins Gewicht. Die absoluten Wirkverluste nehmen dann mit dem größeren 2 kVA Ringkerntrafo für 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 zurück. Wird dieser Trafo außerdem besonders verlustarm ausgelegt, dann betragen die Wirkverluste nur noch ca. 6-8 W bei 1kVA Belastung. Die Leerlauf Verlustleistung beträgt dann außerdem nur 6 W. Durch ein Ausschalten kann der Standbybetrieb vollkommen vermieden werden, auch wenn er nur 6 W Verluste verursacht.

Der Trafo Wirkungsgrad beträgt dann mehr als 98 %.

Sogar 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 größer ist. Das war bisher wegen dem Einschaltstrom undenkbar.

Auch eine sekundärseitige Einzel-Last ist allein auf der Primärseite absicherbar. Man kann durch die Vermeidung des Einschaltstromes, alleine mit der primärseitigen Sicherung den Trafo, die Leitungen und die Teil-Last gegen Überlast absichern.

Auch beim **Einschalten auf einen Kurzschluß** nimmt das TSR keinen Schaden, wenn die Absicherung korrekt ausgeführt 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 primärseitige Absicherung begrenzt. Eine sekundärseitige Absicherung kann entfallen.

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

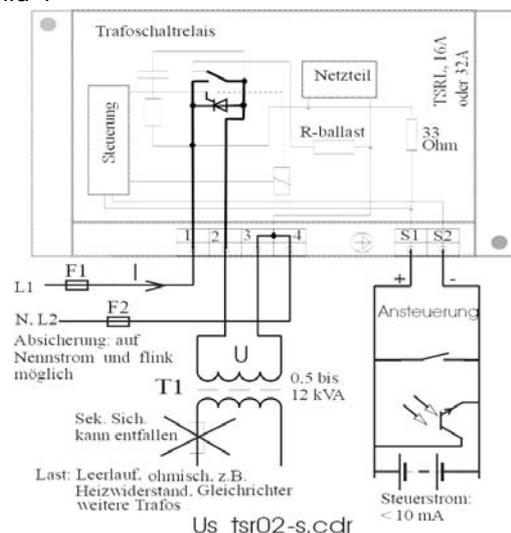
Meistens kann dabei dann der Leitungsquerschnitt reduziert werden.

Das kann im Anlagenbau oder in der Gebäudeausrüstung, 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 Netzhalbwellen- Einbrüche eine definierte Abschalt-Schwelle bei Netz-Unterspannung. Bezogen auf 230V ist die Ausschaltsschwelle 165V, mit anschließendem sanften Wiedereinschalten bei größer 190V.

Damit wird bei **Netzeinbrüchen ein unkontrolliertes Abfallen und Anziehen** der vom Steuertrafo versorgten Schütze unterbunden. Das erhöht die Anlagen-Sicherheit und schont die Kontaktsätze dieser Schütze. Ein separates Spannungs-Wächterrelais, was die Schütze und andere Verbraucher in diesem Fall definiert aus- und einschaltet, ist dann nicht mehr nötig.

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.

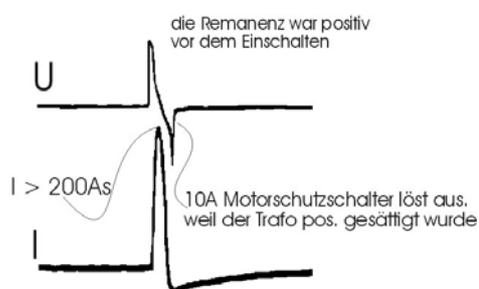


TSEme011.cdr

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 scheidel-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 Einschalt Ergebnis ist in Bild 6 dargestellt.

Scheitelschalter werden auch in der Fach-Literatur und in Vorlesungsunterlagen bisher als am besten für Transformatoren geeignet zitiert. Das geht jedoch nur gut wenn die Trafos einen großen Luftspalt haben, damit die Remanenz, (bleibende Magnetisierung), auf nahe Null läuft

nach dem Ausschalten. Nur Transformatoren für Konstantstromabgabe sind so gebaut. 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, siehe Bild 3,4,5, wird die Remanenz des Trafos vor dem Volleinschalten gezielt beeinflusst und steht vor dem Volleinschalten an der optimalen 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 zuerst im Nebenerwerb. Er hat bei der Fraunhofer-gesellschaft die Trafoschalt-relais-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. Seit Anfang 2007 ist M.Konstanzer nur noch für die Vermarktung und Kundenberatung in selbstständiger Funktion tätig.

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 11.06.08, EMEKO-Ing. Büro, Michael Konstanzer, Freiburg i. Br..

www.emeko.de

Word-texte/fzartik/energiesparenmitringkerntrafo.doc