

Willkommen.

Welcome.

Thema: Trafoschaltrelais - Anwendung.

Nicht nur den „Inrush-current“ begrenzen, sondern ihn ganz vermeiden!

Autor: Michael Konstanzer

Erfinder der Trafoschaltrelais und freier Mitarbeiter von FSM-AG



Trafo-schalt-Relais, TSRL.

intelligent electronics

FSM[®]

Anwendungen der TSRL:

www.fsm.ag

Die bei der Fraunhofer Gesellschaft erfundenen Trafoschaltrelais, TSRL, werden seit 1998 von der FSM-AG hergestellt und an inzwischen über 900 Kunden weltweit verkauft.

Die wichtigsten Anwendungen der TSRL sind bei sicherheitsrelevanten Techniken zu finden wie: Medizintechnik, Verkehrsampelsteuerungen, Funk-Übertragungsfahrzeugen, Fahrzeuge des THW, Radaranlagen, Eisenbahnsignaltechnik, usw.

Auch Hersteller von Transformatoren, Prüfanlagen, Spinnmaschinen, Elektroheizungen für Formen, Eisenbahnweichenheizung, Drahtglühen oder Verpackungsmaschinen, Fernsehumschalter, usw., setzen die TSRL in Stückzahlen ein.

Trafo-schalt-Relais, TSRL.

intelligent electronics

FSM[®]

Anwendungen der TSRL:

www.fsm.ag

Überall wo die Absicherungen vor 50Hz Transformatoren oder Schaltnetzteilen* **nicht un-beabsichtigt** auslösen dürfen, werden die TSRL eingesetzt.

*Für Schaltnetzteile eignet sich eine Sonderbauform, welche die Kondensatoren in Schaltnetzteilen sanft einschaltet.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Anwendungen der TSRL:

- Aber auch dort wo zum Beispiel hinter unterbrechungsfreien Stromversorgungen, (USV), oder hinter Generatoren das Stromnetz nur einen geringen Kurzschlussstrom liefern kann, müssen Einschaltströme vermieden werden. Sonst geht die USV beim Einschalten von Trafos sofort in die Knie und dann nützt die USV nichts mehr.
- **Einschaltstrombegrenzer** die meistens mit Heißleitern NTC's, bestückt sind, versagen Ihre Funktion schon dann, wenn in weniger als 2 Minuten hintereinander Ein-Aus-und- wieder Eingeschaltet werden muß.
- Das liegt an der Erwärmung der NTC`s, was ja deren Wirkungsprinzip ist, auch dann wenn sie nach dem Softstart gebrückt werden.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

- Bei unvorhergesehenen Netzumschaltungen oder Kurzunterbrechungen, kommen solche wiederholten Einschaltfälle durchaus vor.
- Immer wieder erleben wir, dass Neukunden zuerst **Einschaltstrombegrenzer** von Fa. XY eingesetzt haben, diese dann aber gegen TSRL von uns austauschen und dann sehr zufrieden sind.
- Eine Kundenreferenzliste kann auf Wunsch eingesehen werden.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

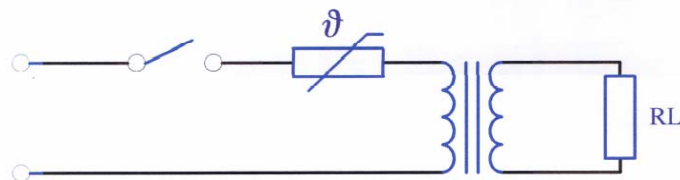
FSM[®]

www.fsm.ag

- Heißleiter, NTC`s, (sind Widerstände mit negativem Temperaturkoeffizienten.)
- Kalt = hochohmig, heiss = niederohmig.)
- Ein Heissleiter mit Durchschlag, einer zerplatzt.



Einschaltstrombegrenzer, ESB, mit Heißleitern. Er wurde defekt durch Überstrom, weil mit erhitztem Heissleiter eingeschaltet wurde und dabei der Einschaltstrom entstand.



Aber auch eine Überbrückung des Heissleiters nützt nichts wenn mehrmals hintereinander geschaltet wird, weil seine Abkühlzeit ca. 1-2 Minuten beträgt.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

- Es gibt also Grenzen für den Einsatz von **Einschaltstrombegrenzern**.
- Öfteres nacheinander Schalten verboten.
- Einschalten mit Überlast, verboten.
- Einschalten auf einen Kurzschluss, verboten.
- Kurzzeitunterbrechungen der Netzspannung. (Voltage Dips.) Verboten.
- Wenn Lebensdauer von größer 50.000 Einschaltungen gefordert. Nicht möglich für den Brückkontakt.
- Wenn eine definierte Ein- und Ausschaltswelle mit Netzspannungs-Hysterese eines Steuertrafos gefordert wird, zum Schutz vor Schützankerflattern. Nicht möglich.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Scheitelschalter sind angeblich zum Trafoschalten geeignet.

- In den meisten Lehrbüchern, auch von technischen Hochschulen, wird das Einschalten eines Trafos im Scheitel der Netzspannung immer noch als das beste Mittel bezeichnet, um Einschaltstromstöße zu vermeiden, weil man dort von einer Nullremanenz beim Trafo ausgeht. Also von Trafos ausgeht, die keinen Remanenzmagnetismus haben.
- Leider gilt das nur für Trafos mit großen Luftspalten im Eisenkern, die aber nur in Sonderbereichen wie Mikrowellenherden und Schweißgeräten vorkommen.
- Alle anderen Trafos haben je nach Luftspaltbreite im Kern eine mehr oder weniger hohe Remanenz. Das ist die bleibende Magnetisierung im Eisen, die erst verschwindet wenn man den Kern mechanisch öffnet. Ringkerntrafos haben keinen Luftspalt und damit die höchste Remanenz.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Scheitelschalter

- Einige Hersteller von Halbleiterrelais haben in der Vergangenheit solche Scheitelschalter hergestellt. Manche haben deren Produktion aber inzwischen wieder eingestellt.
- Soll ein Trafo einen hohen Wirkungsgrad haben, dann muß der Luftspalt sehr klein oder besser gar nicht vorhanden sein, wie zum Beispiel beim Ringkerntrafo.
- Wie sich ein Ringkerntrafo, aber auch ein anderer luftspaltarmer Trafo verhält, wenn er im Scheitel der Spannungshalbwelle eingeschaltet wird, ist auf der nächsten Folie zu sehen.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

Scheitelschalter

intelligent electronics

FSM[®]

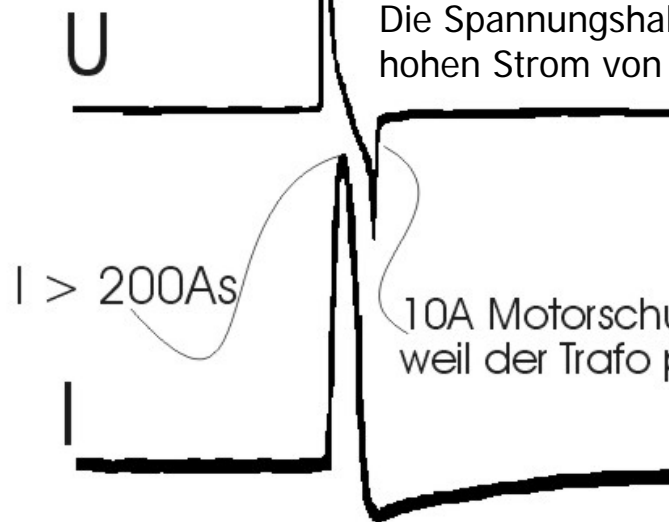
www.fsm.ag



- Keinerlei Einschaltstrombegrenzung mit dem Scheitelschalter beim Ringkerntrafo.
- Das kann man mit dem TSRL viel besser machen.

1 kVA Ringkerntrafo mit scheidel-schaltendem Halbleiterrelais eingeschaltet.

Spannung U
am Trafo.



Tseme006.cdr

Scheitel-schalter-auf-trafo1.cdr

Trafo-schalt-Relais, TSRL

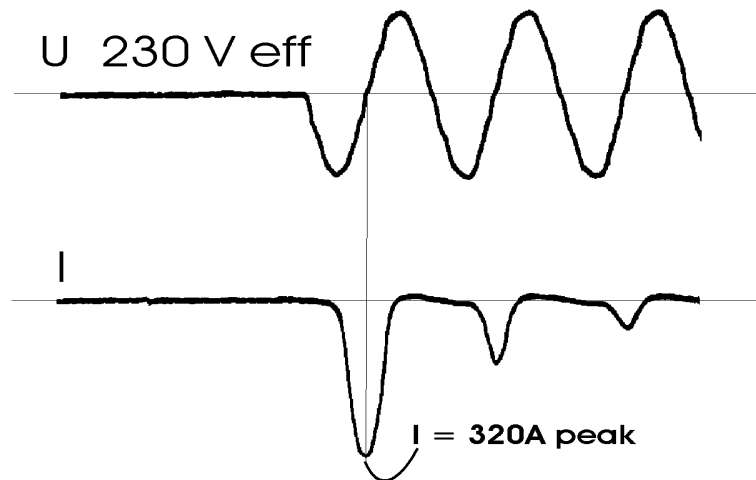
Einschaltstromstoß-Messung

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Inrush current at 1,6 kVA EI core Transformer



Ursache des
Einschaltstromstoßes:

Hier der schlechteste
Einschaltfall.

Erstens, Vorgeschichte: Ausgeschaltet wurde zuvor zum Ende einer negativen Spannungshalbwelle. (nicht dargestellt.) Das setzte die Remanenz auf den negativen max. Remanenz-Punkt, unten auf der Hystereseurve, siehe nächste Folie.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

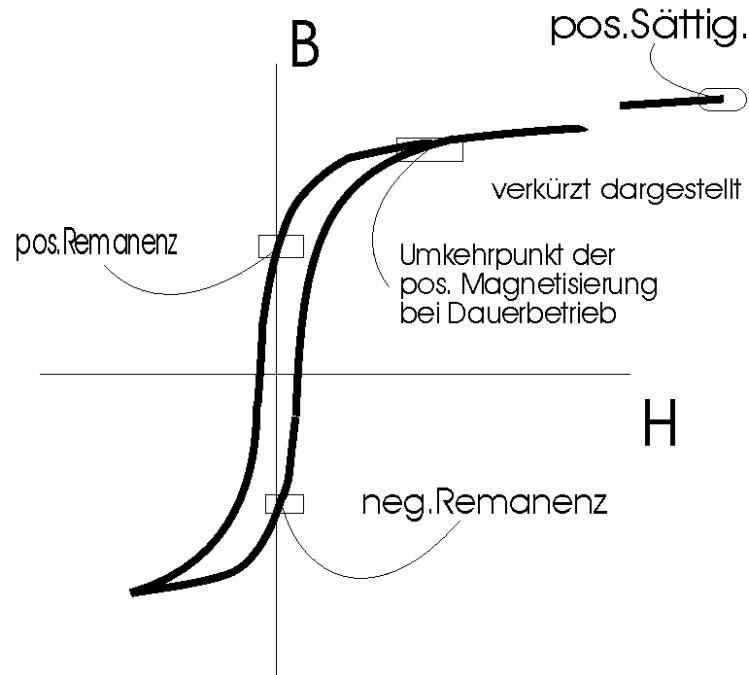
FSM[®]

www.fsm.ag

Einschaltstromstoß-Ursache

Hysteresekurve

von Trafo mit geschachteltem Kern



Zweitens, eingeschaltet wird dann zum Beginn der negativen Spannungs-halbwellen. (Im vorigen Bild links oben, die obere U-Kurve.) Nun wird die Magnetisierung durch die negative Spannungshalbwellen von der neg. Remanenz aus, auf der Hyst. Kurve, weiter nach neg. Hmax. in die neg. Sättigung getrieben. Der Kern ist bei $B = \text{ca. } 2 \text{ Tesla}$ gesättigt. B kann nicht mehr zunehmen, das H die magn. Feldstärke aber schon. Der Trafo hat in diesem Betriebszustand seinen induktiven Widerstand verloren. (Die Spannungszeitflächen treiben die Magnetisierung auf der Hysteresekurve entlang, der Strom treibt nichts, er ist die Antwort des Trafos auf die Behandlung mit Spannungszeitflächen. I ist proportional zu H.)

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

- Ein **Trafo-Schalt-Relais**, TSR, begrenzt die Einschaltströme nicht nur, sondern **es vermeidet sie vollkommen.**
- **Das TSRL transportiert zuerst die Magnetisierung** des Eisenkerns auf der Hysteresekurve entlang zum bestgeeigneten Punkt und schaltet dann den Trafo ein. Die Lage der Remanenz wird bei diesem Einschaltverfahren also berücksichtigt, bzw. beeinflusst.
- Um genau zu verstehen wie das funktioniert sind vorher einige grundlegende Dinge zu erklären. Das wird in einem anderen Vortrag gezeigt.
(Das „Trafoschaltrelais“ ist auch im „www.de.Wikipedia.org „ ausführlich beschrieben.)
- Wichtig für das Verständnis ist dabei die Wirkung der Spannungszeitflächen, welche die Magnetisierung des Kernes auf der Hysteresekurve transportieren. Unipolare Spannungszeitflächen transportieren in nur eine Richtung bis die max. Remanenz erreicht ist. Zu viel unipolare Spannungszipfel haben keine Wirkung.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

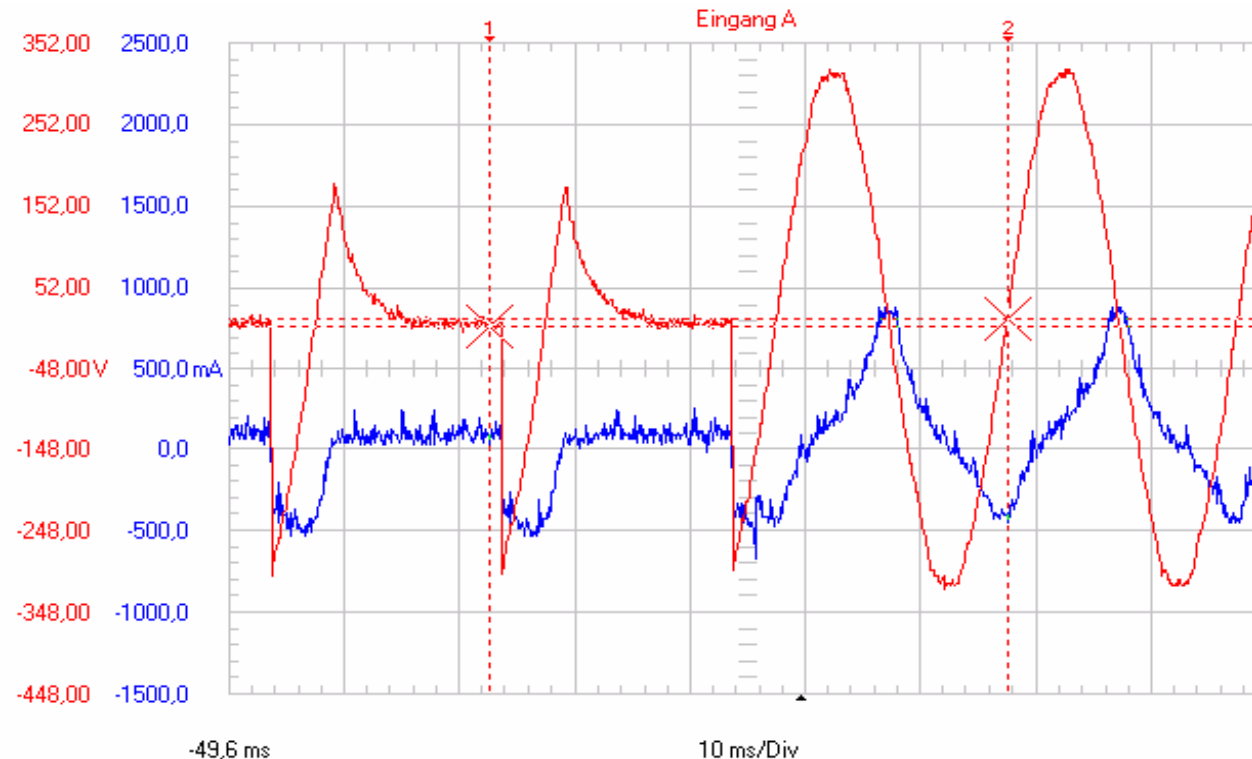
intelligent electronics

FSM[®]

Einschalten im Leerlauf, der als der schwierigste Fall gilt.

www.fsm.ag

Messung des Einschaltens:
In der Bildmitte wird voll eingeschaltet.
(Die rote Kurve zeigt dann den vollen Sinus.)
Der neg. Remanenzpunkt war schon zu Beginn des Bildes erreicht.



-49,6 ms 10 ms/Div
TSRL-EI-1kVA-einschaltenimleer1-14.bmp

- **Rote Kurve = Spannung am Trafo.** **Blaue Kurve = Strom in den Trafo.**
Skalenfaktor der Strommessung ist 0,5 A / div. (Kästchen). (Es fließt nach dem Volleinschalten gleich der Leerlaufstrom, typische spitze Form beim EI-Kern Trafo, was das ideale Einschalten beweist.)

Trafo-schalt-Relais, TSRL

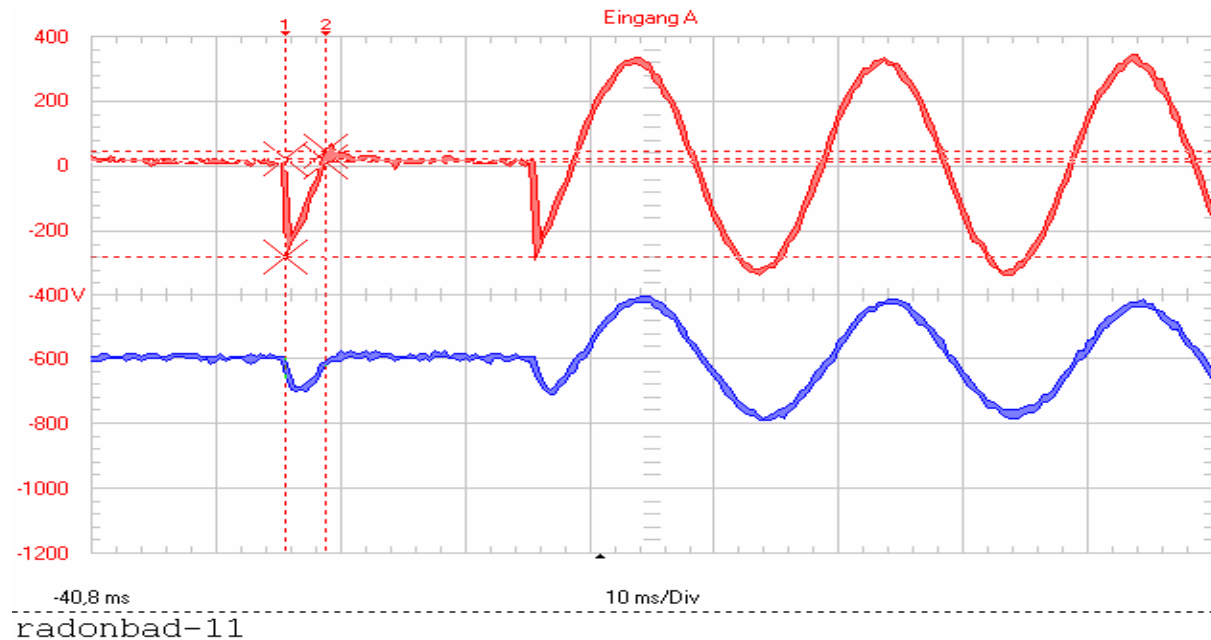
intelligent electronics

FSM[®]

Einschalten unter Last.

www.fsm.ag

Der Leerlaufstrom ist der Magnetisierungsstrom. Er fließt nur auf der Primärseite. Er fließt immer wenn eingeschaltet ist. Der Laststrom fließt nur bei Belastung.



- **Rote Kurve = Spannung am Trafo.** **Blaue Kurve = Strom.** Skalenfaktor der Strommessung ist hier = 20A pro div. (Kästchen), im Gegensatz zum vorigen Bild . Das kann nicht überboten werden. Keine Blindstrom-Einschaltstromspitzen sind zu sehen, nur Wirkstrom.
- Kein Unterschied im Einschaltverhalten bezüglich Stromspitzen zum vorigen Leerlauf Bild, bei gleicher Einstellung des TSRL.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

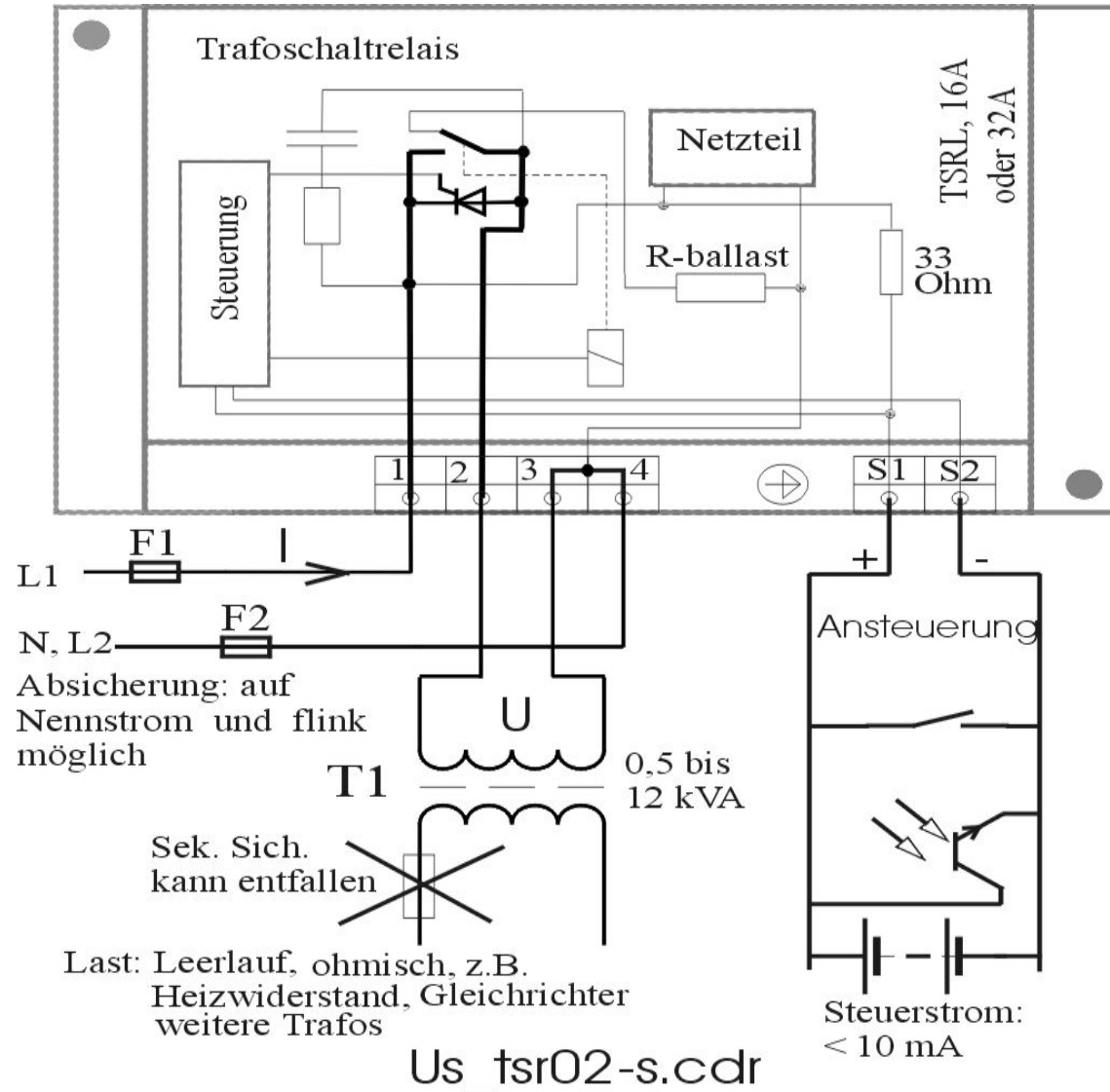
intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Blockschaltbild.

- Der Anschluss des TSRL.
- Sonderausführung für Steuerungsspannung an S1 S2 ist möglich. Dann ist der Steuereingang vom Netzeingang potentialgetrennt.



Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

Einschalten auf einen Kurzschluss!!

www.fsm.ag

Einschalten von kurzgeschlossenem

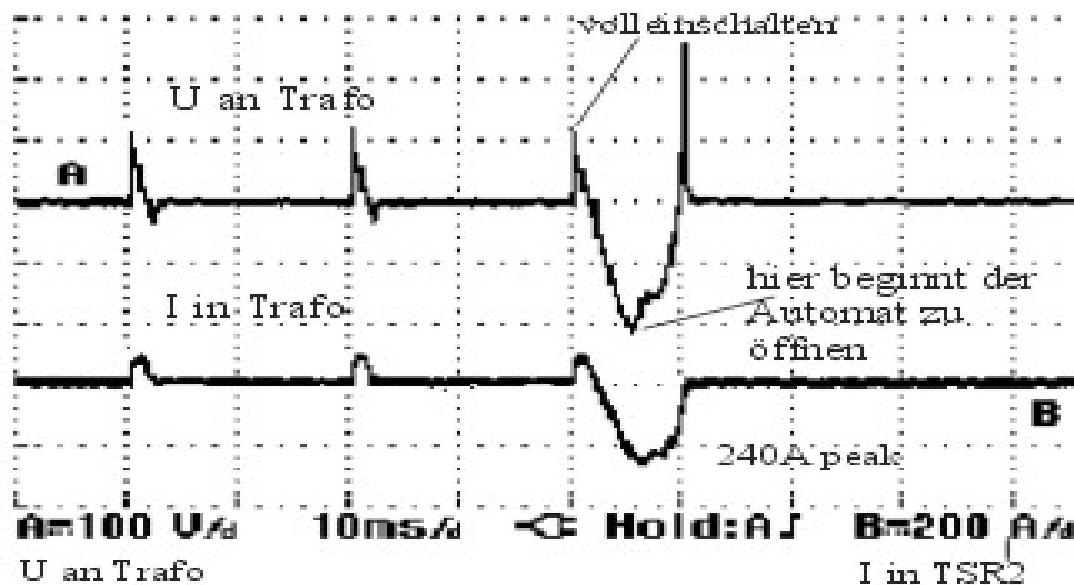
2 kVA Ringkerntrafo mit sekundären Kurzschluß mit TSR2 eingeschaltet.

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.



Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

- Weshalb das TSRL das Einschalten auf einen Kurzschluss locker aushält, solange nicht übersichert wird: (Übersichert meint zu träge und dabei mit zu großem Strom.)
- Der Thyristor kann 500 A für 10 msec. aushalten, sieht hier aber nur 80A Peaks für je 2msec.,
- Zum Volleinschalten überbrückt das Relais den leitenden Thyristor im letzten Zipfel.
- Das Relais kann dabei 500A für 10msec. aushalten, sieht hier aber nur 240A.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

Trafoverhalten bei Sättigung.

www.fsm.ag

Je verlustärmer der Trafo gebaut ist, desto größer ist sein Einschaltstrom. Deshalb, weil bei Eisenkernsättigung nur noch der Kupfer-widerstand der Primär Wicklung im Stromkreis liegt und der ist beim verlustarmen Trafo sehr klein.

Die Netzimpedanz ist ungefähr 0,3 Ohm bei 230V für 16-32 Ampere Netze.

Der Trafo-Widerstand ist ca. 0,3 Ohm bei einem verlustarmen 1,6 kVA Trafo, + Zuleitungswiderstand der Kabel und Absicherung von ca. 0,4 Ohm. Zusammen $0,3+0,3+0,4 = 1$ Ohm.

Das ergibt eine max. Stromspitze von $325V / 1 \text{ Ohm} = \text{ca. } 325A_{\text{peak}}$, die ca. 3-6 msec. dauert. Dabei werden die meisten Sicherungen ausgelöst, auch dann wenn sie doppelt oder mehrfach so groß wie nötig sind.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

Ein Kunden-Anwendungs-Beispiel.

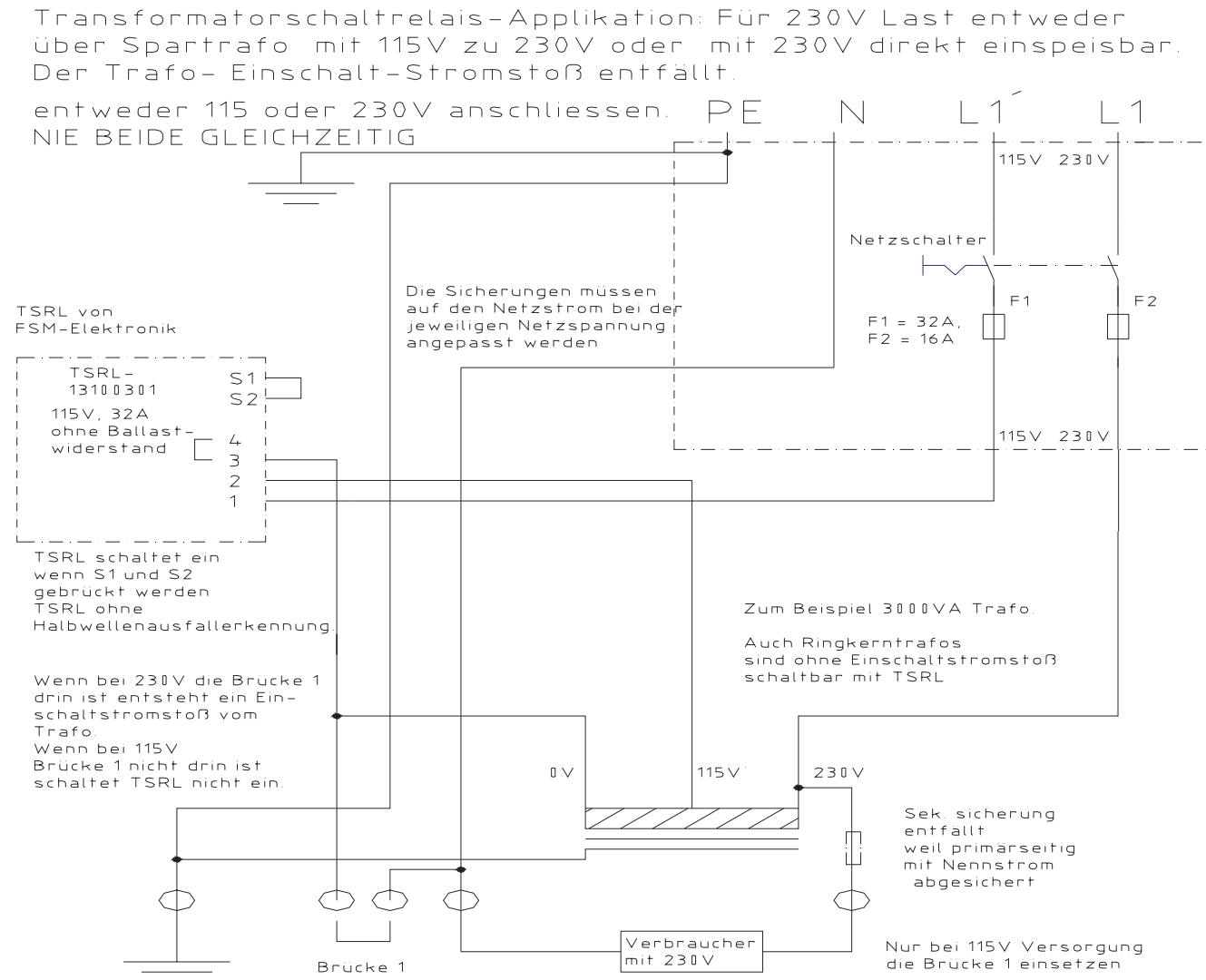
intelligent electronics

FSM®

www.fsm.ag

Für eine Exportmaschine eines Kunden verbleibt der Anpasstrafo mit 115V zu 230V immer in der Maschine.

Mit einer „Brücke 1“ unten auf zwei Klemmen, in Verbindung mit den Anschlüssen für 115 oder 230V, wird seine Funktion des Trafos ein- oder ausgeschaltet und vom TSRL gespeist.



Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Absicherung des Trafos.

Das Trafoschaltrelais erlaubt es also,

- die Geräte-Absicherung des Trafos auf den Nennstrom
 - oder sogar geringer auszulegen, wenn er teilbelastet ist.
 - Das TSRL vermeidet auch das Auslösen des gebäude-seitigen Sicherungselementes beim Endkunden.
-
- Sogar die Absicherung auf weniger als den Nennstrom ist mit flinken Sicherungen möglich, wenn der Trafo mit weniger als dem Nennstrom belastet wird.
-
- Das war bisher mit Einschaltstrombegrenzern undenkbar.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Definition.

Das TSRL, wird als Überbrücktes Halbleiterrelais bezeichnet. Nach EN60947-4-3.

Es schaltet ohne Vorwiderstand **last un-abhängig** und sanft ein und ist kurzschlussfest.

Die Ausgangsremanenzlage im Trafo wird vom TSRL beeinflusst.

Das TSRL „transportiert“ mittels Trafo-angepassten und unipolaren **Spannungszeitflächen** die Magnetisierung auf der Hystereseurve an die richtige Stelle zum Volleinschalten und schaltet dann mit einem elektromechanischen Kontakt über den Thyristor den Trafo und die Last voll ein. Die Sättigung des Trafokernes wird immer vermieden.

Trafo-schalt-Relais, TSRL

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

- Die Verbreitung der TSRL im Markt geschieht fast von alleine.
- Ein gutes Produkt braucht erfahrungsgemäß keinen großen Werbeaufwand.
- Auf der Homepage: www.emeko.de sind alle Details und vor allem viele Schalt- und Anwendungs-beispiele zu finden.
- Über 70.000 Besuche pro Monat.
- Es würde uns freuen wenn auch sie die Vorteile der TSRL in Zukunft nutzen.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit.
Thank you for your attention.
**Gerne informieren wir sie noch
detaillierter.**

Eine Beschreibung der „Trafoschaltrelais“ ist auch
im www.de.Wikipedia.org zu finden.

FSM AG
Scheffelstr. 49
D- 79199 Kirchzarten
Telefon: +49 7661 9855 0
Telefax: +49 7661 9855 900
info@fsm.ag
www.fsm.ag



Ihre Fragen? Your questions?

Konrad Molz
Leiter Vertrieb . Sales Manager

