

Transformator einschalten ohne
Einschaltstromstoß.

Ganz ohne Elektronik, nur mit einer
Hilfswicklung und einem Schütz!

Im August 2014 wurde die Vorrichtung und das Verfahren zum Patent angemeldet.

Autor: Michael Konstanzer, Erfinder der Trafoschaltrelais und des Hilfswicklungstrafos.

Es gibt bisher verschiedene Möglichkeiten, Trafos mit geringem Einschaltstromstoß zu bauen, ohne dass elektronische Komponenten verwendet werden

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

- 1. Man kann (auch Ringkern) Trafos herstellen, mit deutlich mehr Eisenquerschnitt und damit abgesenkter Induktionsdichte B. (Induktionsreserve).
- 2. Man kann solche Trafos mit abgesenkter Induktion und mit zusätzlichen verteilten Luftspalten im Kern herstellen. Das ergibt eine Induktionsreserve und eine Remanenz nahe Null. Die Spannungszeitfläche von einer **ganzen Halbwelle** hebt dann die Induktionsdichte B von der Null-Remanenz aus bis zur max. Induktion ohne die starke Sättigung zu erreichen. Der Trafo hat aber dann doppelt so viel Eisen und mehr Kupfer.
(Normalerweise erhöht die Spannungszeitfläche einer **halben Halbwelle** die Induktion von der Nullremanenz aus bis zur leichten Sättigung. Das nennt man Scheitelspannungseinschalten, welches sich nur für Trafos eignet, die einen großen Luftspalt im Eisenkern haben.)
- 3. Man kann die Primärwicklung im Querschnitt verringern und nach außen verlagern, dadurch wird sie länger und hochohmiger, verursacht aber mehr Streufeld. Sie begrenzt durch den höheren Widerstand den Inrush, erzeugt aber im Betrieb zusätzliche Kupferverluste.
- **Diese Möglichkeiten** ergeben je nach Auslegung, Trafos mit 3 bis 8 mal Inenn Einschaltstromstoß,
- **jedoch mit ca. 50% größeren Maßen, Gewichten, höheren Stromverlusten und Kosten.**

Bedeutung der Vermeidung des Einschaltstromstoßes für die Trafokonstruktion und den Anwender

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

- Die verschiedenen konstruktiven Maßnahmen, welche bisher angewendet werden, führen zu Transformatoren die Nachteile und trotzdem einen erhöhten Einschaltstromstoß haben.
- **Neu:** Beim **Transformator mit Hilfswicklung** ist die einzige konstruktive Maßnahme die zusätzlich aufgebrauchte Hilfswicklung.

Laut einer Aussage eines Trafoherstellers verursacht die Hilfswicklung nur geringe Mehrkosten.

- Der damit ausgerüstete Trafo kann genau wie ein Verlustminimierter Trafo hergestellt werden und hat damit optimale Betriebseigenschaften.
- **Er verhält sich wie ein ganz normaler Trafo, nur dass sein Einschaltstromstoß ganz vermieden wird.**
- Wie ist das möglich??

Der Trafo mit Hilfswicklung und seine Selbst-Einschaltvorrichtung

Die Magnetisierung des Trafokernes erfolgt nach dem Spannungsanlegen sofort über die Hilfswicklung.

Die Magnetisierung im Kern läuft bereits nach kurzer Zeit synchron zur Netz-Spannung.

Der K1 schließt mit seiner eigenen Anzugsverzögerung zwangsläufig.

Die Hilfswicklung hat zum Beispiel einen Innenwiderstand von 28 Ohm.

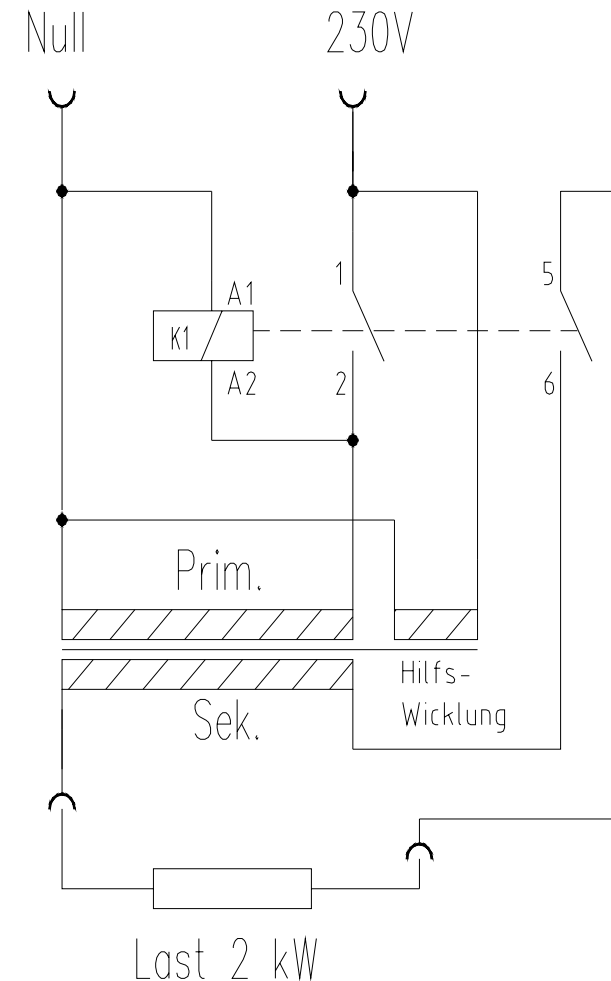
Das ergibt zum Beispiel einen Einschaltstromstoß $I_{max.} = 230V_{eff} / 28 \text{ Ohm} = 8A_{eff}$.

Die für die Magnetisierung wirksame Spannungszeitfläche einer Halbwelle begrenzt sich selber innerhalb der Hilfswicklung, wenn der Eisenkern zufällig in eine leichte Sättigung magnetisiert wird. Siehe die Messkurven.

Danach kann die Primärwicklung an jeder Stelle auf der Spannungskurve eingeschaltet werden.

Die Primärwicklung und die Last können gleichzeitig eingeschaltet werden.

A2 vom Schütz kann auch direkt am Netzeingang angeschlossen werden.

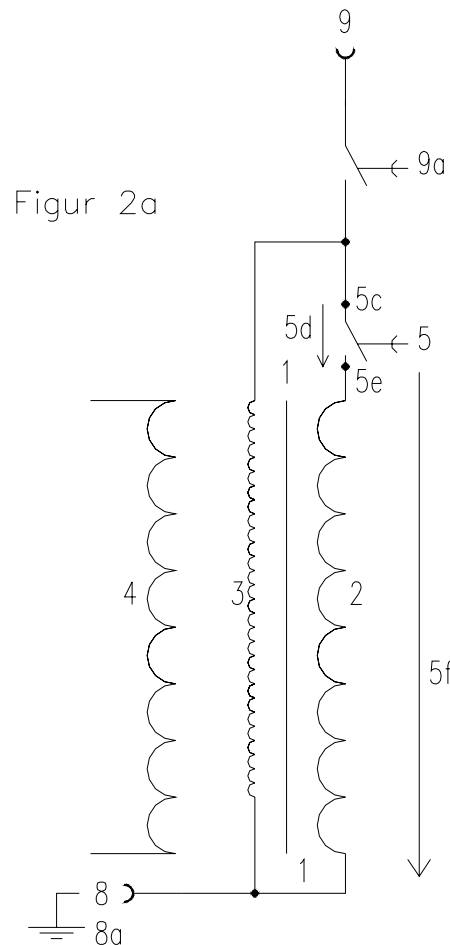


Aufbau und Schaltung des Trafos mit Hilfswicklung

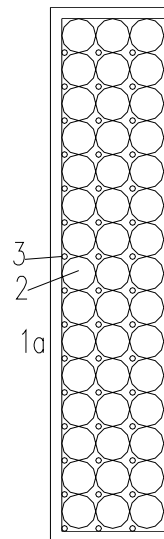
intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag



Figur 2b



- 1 = Eisenkern
- 1a = Spulenkörper
- 2 = Primärwicklung
- 3 = Hilfswicklung
- 4 = Sekundärwicklung

**Der Wickeldraht der dünnen
Hilfswicklung liegt zum Beispiel
beim UI- Trafo in den Lücken vom
dicken Draht der Primärwicklung.**

Die Wärmeableitung der
Hilfswicklung ist deshalb optimal.

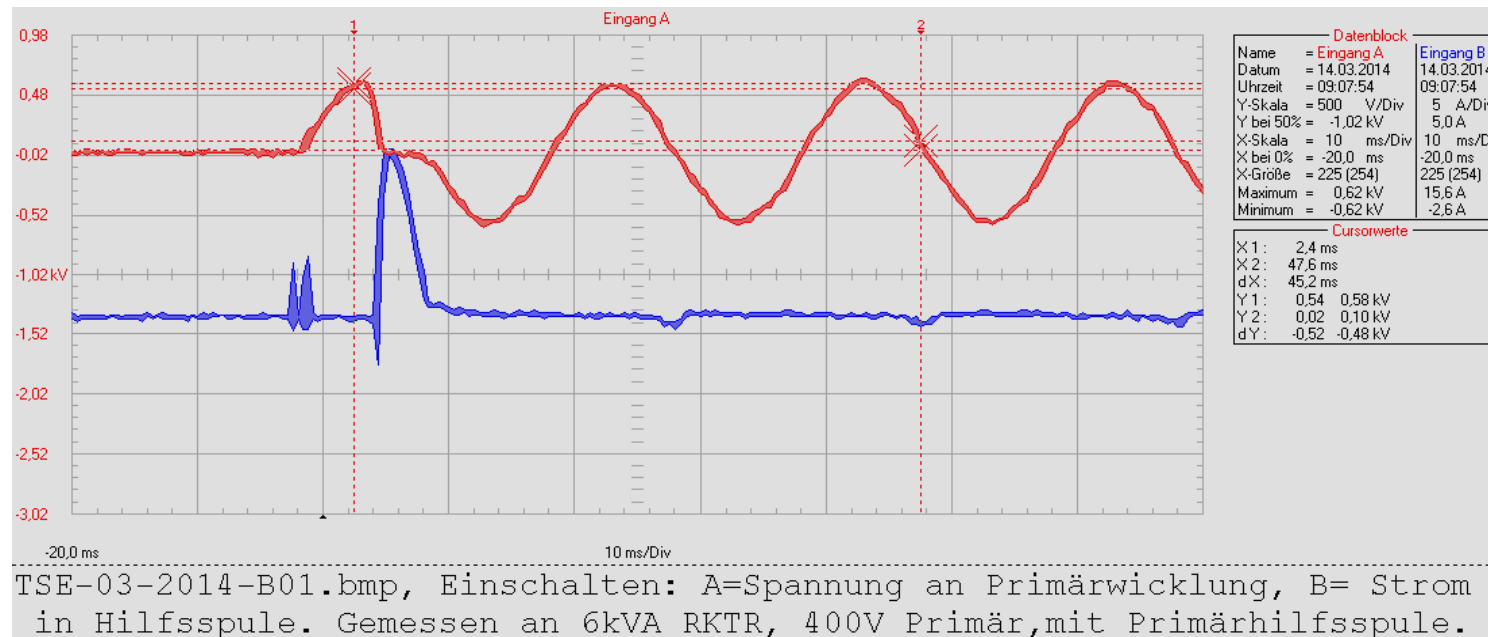
Der Strom beträgt in der
Hilfswicklung bei eingeschalteter
Primärspule im Leerlauf weniger als
10% vom zulässigen Wert, unter
Nenn-Last nur 25% vom zulässigen
Wert für die Hilfswicklung. Die Werte
wurden am Prototyp gemessen.

Messkurven: Einschalten eines 6kVA Ringkerntrafos mit Hilfswicklung

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag



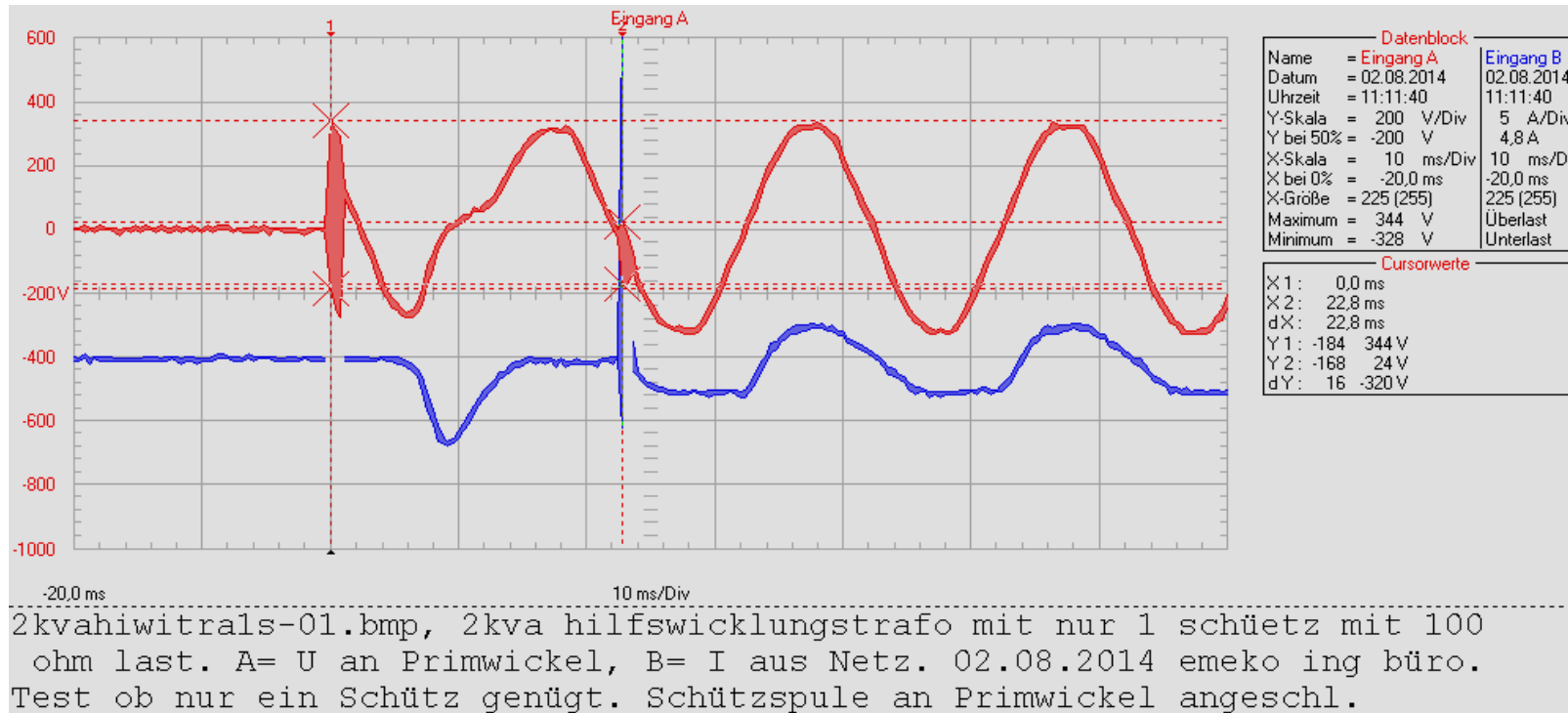
Das Einschalten erfolgt hier zufällig zum Beginn einer positive Spannungshalbwelle. Der Trafo hatte zuvor eine positive hohe Remanenz. Das ist ein „Worst case“ Einschaltfall. Ca. 6 msec. nach dem Einschalten fällt deshalb die Spannung, rote Kurve, an der Primärwicklung deutlich ab, da ab diesem Moment wegen der leichten Kernsättigung keine Spannung mehr induziert wird. Der kleine Einschaltstrom, blaue Kurve, der nur durch die Hilfswicklung hindurchfließt, wird auf 13A begrenzt. Nach nur 2 Halbwellen verläuft die Hystereseurve bereits symmetrisch zum Nullpunkt. Der Beweis: Es ist kein erhöhter Strom mehr zu sehen. Der Strom sagt wo die Magnetisierung im Kern auf der Hystereseurve läuft.

Messkurven: Einschalten eines 2kVA UI-Trafos mit Hilfswicklung

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag



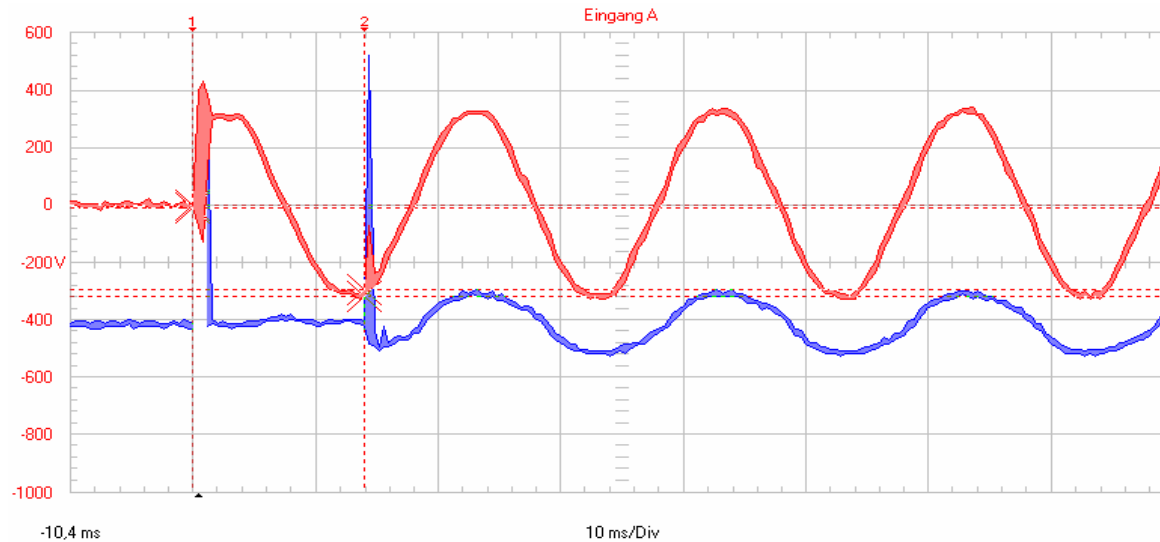
Das Einschalten erfolgt zufällig vor dem Ende einer positiven Halbwelle. Wegen einer negativen Ausgangsremanenz entsteht eine leichte negative Sättigung, die am negativen, erhöhten Strom sichtbar ist. (Blaue Kurve.) Bei Cursor 2 schließt der Schütz seine Kontakte. Deutlich sichtbar am Kontaktprellen, was die Stromzange „stört“ und darstellt, aber kein Strom bedeutet. Danach fließt kein erhöhter Einschaltstrom mehr, nur der Laststrom fließt und der kleine Einschaltstrom klingt ab.

Messkurven: Einschalten eines 2kVA UI-Trafos mit Hilfswicklung

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag



Datenblock	
Name	= Eingang A
Datum	= 02.08.2014
Uhrzeit	= 10:57:37
Y-Skala	= 200 V/Div
Y bei 50%	= -200 V
X-Skala	= 10 ms/Div
X bei 0%	= -10,4 ms
X-Größe	= 225 (255)
Maximum	= 432 V
Minimum	= -328 V

Cursorwerte	
X1	= -0,4 ms
X2	= 13,6 ms
dX	= 14,0 ms
Y1	= -8 0 V
Y2	= -320 -296 V
dY	= -312 -296 V

2kvahiwitralis-05.bmp, wie 01.

Es wurde zufällig richtig und deshalb ohne leichte Sättigung eingeschaltet. Bei Cursor 1 erfolgt Netz ein, bei Cursor 2 erfolgt das selbsttätige Primärspulen- und Last einschalten. Ab diesem Moment fließt nur der Laststrom. Das Kontakt-Prellen bei Cursor 1 und 2 erzeugt eine EMV Störung an der Strommesszange, welche deutlich sichtbar ist, aber keinen Strom darstellt. Es wurden insgesamt über 1000 Messkurven aufgezeichnet und niemals ein höherer Einschaltstrom als der Nennstrom gemessen, höher ist physikalisch auch nicht möglich. Der vorgeschaltete 10A L-Typ Leitungsschutzschalter hat nie ausgelöst.

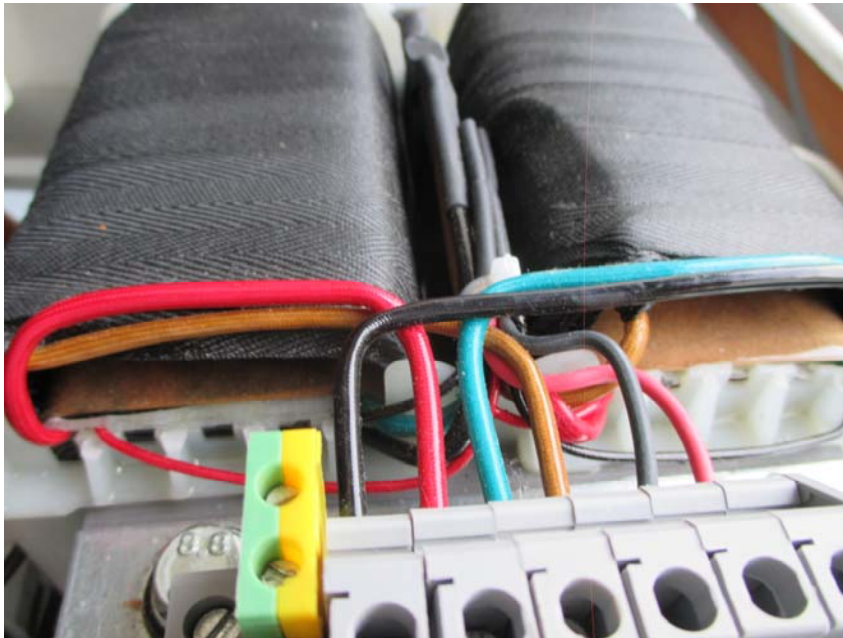
Prototyp eines 2kVA UI-Trafos mit Hilfswicklung

intelligent electronics

FSM[®]

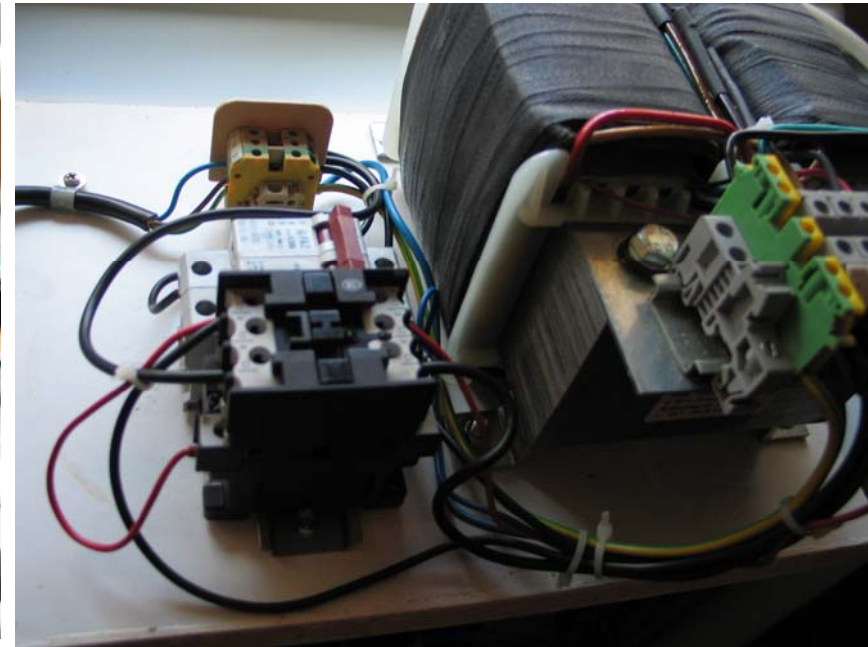
www.fsm.ag

2kVA UI Trenntrafo
mit Hilfswicklung



Insgesamt 6 Klemmen für:
Primär-, Sekundär- und
Hilfswicklung

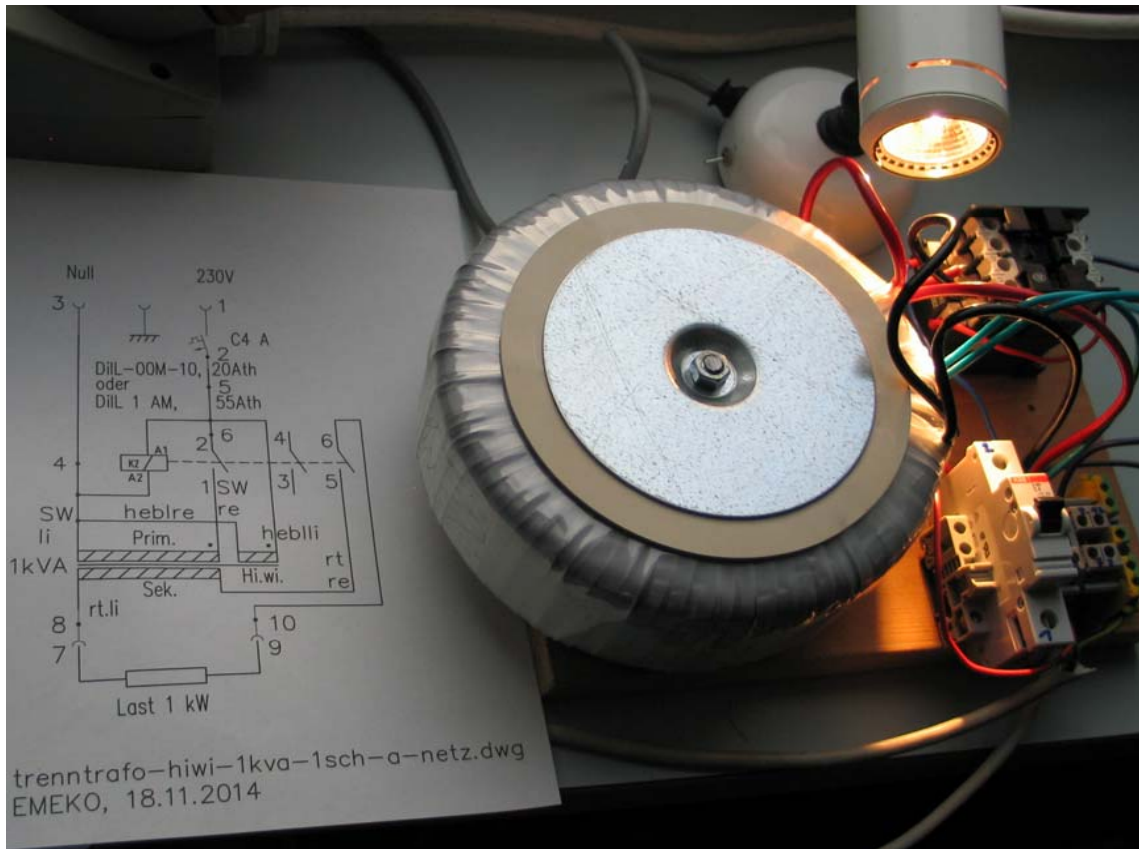
Sicherungsautomat, Schütz für 20A
und Trafo mit Hilfswicklung



Der Einsatz von einem Schütz für einen niedrigeren
oder höheren Strom als der Trafo-Nennstrom,
hat keinen negativen Einfluss auf das Einschalten.

Beispiel: Ringkerntrafo mit Hilfswicklung

1kVA 230V/230V Ringkerntrafo mit Hilfswicklung und einem Schütz



Mit der Hilfswicklung wird der Ringkerntrafo nicht größer.
Er hat nur den 1-fachen Einschaltstrom bezogen auf Inenn.

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Hierbei ist zum Selbsteinschalten der Primärwicklung nur noch ein einzelner Schütz verwendet worden, der direkt von der Netzspannung aktiviert wird.

Die inhärente Anzugsverzögerung vom Schütz reicht aus.

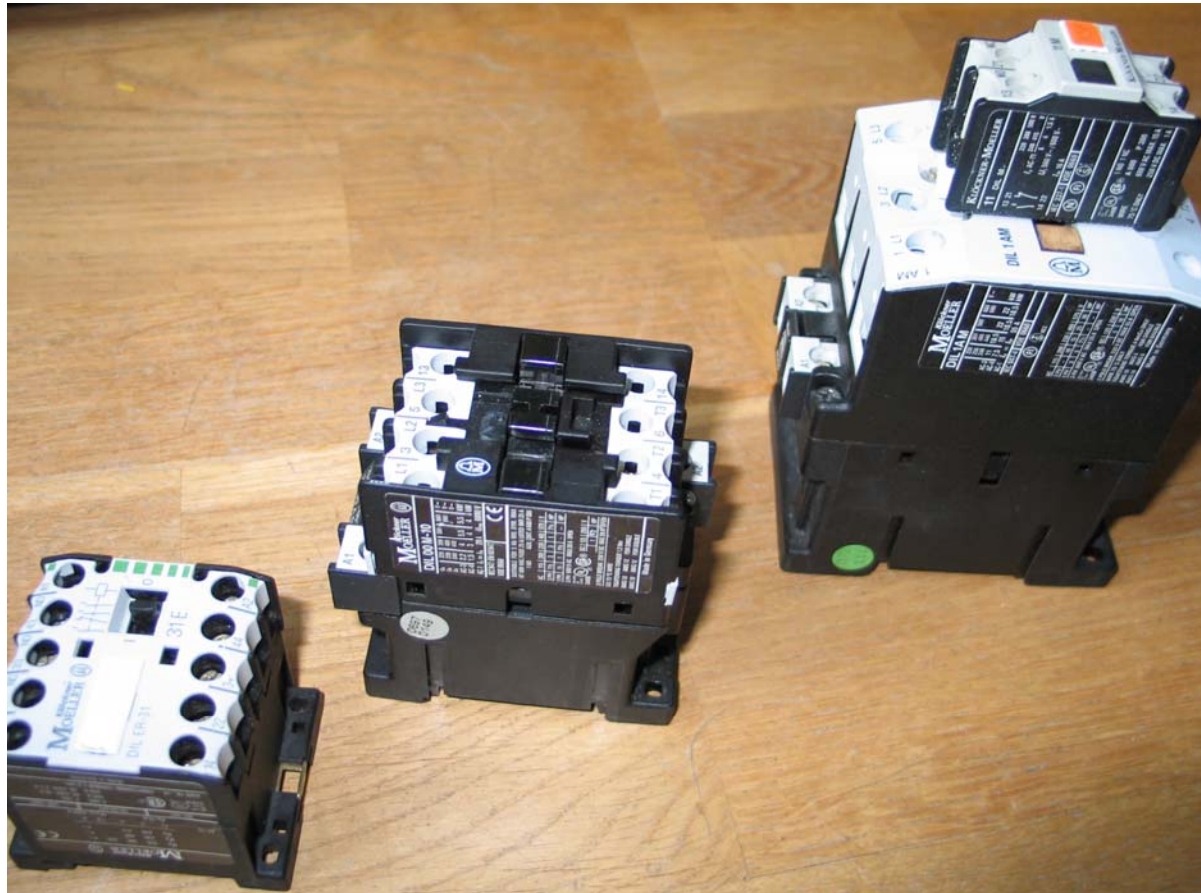
Links im Bild der Schaltplan.

Der Sicherungsautomat ist ein 4 A C-Typ.
Er hat nie ausgelöst.

Alle 3 Schütze sind geeignet

intelligent electronics

FSM®



Alle drei www.fsm.ag
abgebildeten
Schütze eignen sich
zum Selbstein-
schalten der
Primärwicklung
und der Last, bei
den gezeigten 1-
2kVA Trafo-
Prototypen mit
Hilfswicklung.
Werden allerdings
Relais ver-
wendet, so benö-
tigen diese eine
Anzugsverzögerung.

Links: DIL ER-31 für einen thermischen Nennstrom von 10A.
Mitte: DIL 00 M-10 für einen thermischen Nennstrom von 20A.
Rechts: DIL 1AM für einen thermischen Nennstrom von 55A.

Trenn-Trafo Einschalten ohne Einschaltstromstoß.
Zum Patent angemeldet im August 2014

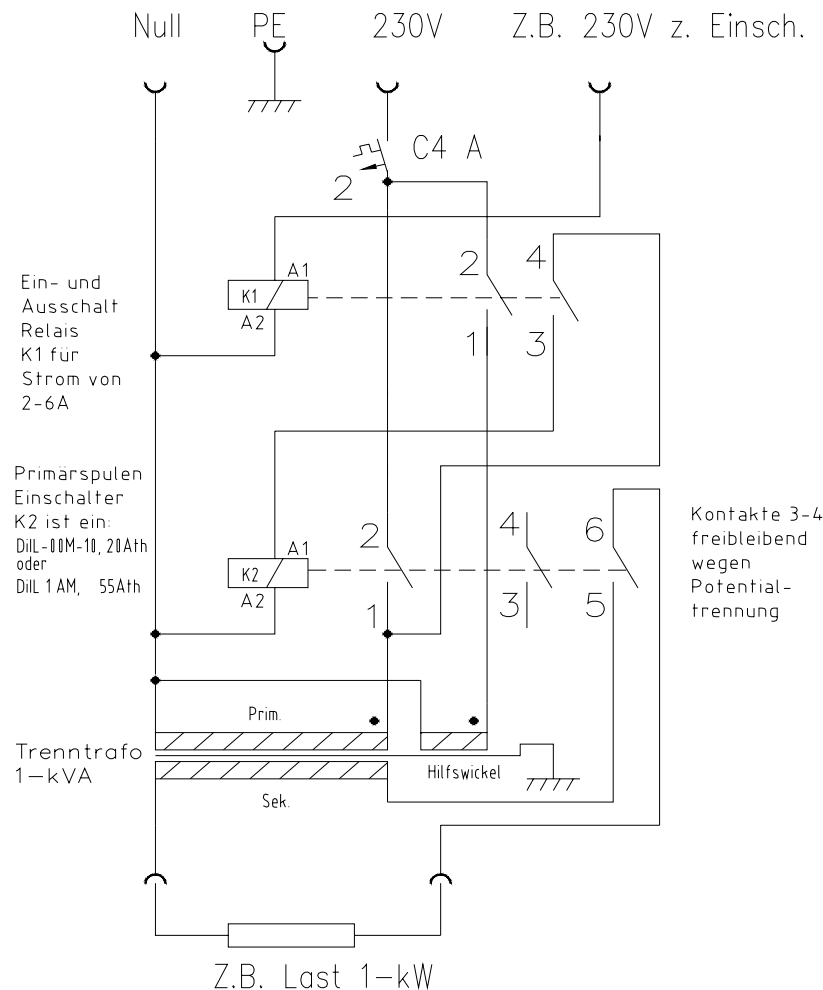
intelligent electronics

FSM®

www.fsm.ag

Schaltvorschlag mit Steuereingang

Trenntrafo sanft einschalten über eine Hilfswicklung und eine geeignete rein Elektro-mechanische Beschaltung. Die Steuerspannung rechts oben, schaltet das K1 ein. Nach einer kürzeren Zeit als eine Netzvollwelle dauert, läuft die bis dahin nur über die Hilfswicklung erzeugte Magnetisierung im Trafo symmetrisch und induziert in der Primärspule eine Spannung, die annähernd so groß ist wie die Netzspannung, worauf das K2 die Primärspule und die Last einschaltet.



Erklärung: Wenn K1 schließt liegt zuerst nur die hochohmige Hilfswicklung am Netzeingang. Schon nach weniger als einer Netzvollwelle läuft die Magnetisierung im Trafo regelgerecht und außerhalb einer leichten Sättigung. K2 schließt darauf zwangsläufig und schaltet die Primärspule ans Netz und gleichzeitig die Last ein.

trenntrafo-hiwi-Ssch+Nsch.dwg
www.EMEKO.de, 28.11.2014

Schlussbemerkung

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

**Der Vorschlag zeigt eine einfache und robuste Lösung,
um einen Trafo sanft einzuschalten!**

**Es können Trenn-Trafos für jede geeignete Anwendung
mit einer Hilfswicklung für den Softstart gebaut werden.**

Ausnahme: Trafos mit großen Untersetzungsverhältnissen, wie zum Beispiel 400V zu 40V, bei primärseitigen Strömen von zum Beispiel 16 A und sekundärseitigen Strömen von größer 150A lassen, verlangen einen Schütz für größer 150A. Solche Trafos lassen sich jedoch kostengünstiger mit sogenannten Trafoschaltrelais einschalten, deren Kosten geringer sind als die für einen Schütz der 150A schalten muss.
(Trafoschaltrelais werden von der FSM-AG hergestellt.)

Weitere Informationen über Trafos und deren Softstart finden sie unter:

www.EMEKO.de oder unter www.FSM.ag