

Thema

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Transformator einschalten ohne Einschaltstromstoß.

Ganz ohne Elektronik, aber mit einer Hilfswicklung!

Im August 2014 zum Patent angemeldet.

Autor: Michael Konstanzer, Erfinder der Trafoschaltrelais

Es gibt 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 mit deutlich mehr Eisenquerschnitt und damit mit abgesenkter Induktionsdichte B herstellen. (Induktionsreserve).
- 2. Man kann solche Trafos mit abgesenkter Induktion und mit zusätzlichen verteilten Luftspalten im Kern herstellen. Das ergibt eine Remanenz nahe Null. Die Spannungszeitfläche von einer Halbwelle hebt dann die Induktionsdichte B von der Null-Remanenz aus bis zur max. Induktion ohne die starke Sättigung zu erreichen.

(Normalerweise macht das bei Trafos ohne abgesenkte Induktion aber mit einem Luftspalt, die Spannungszeitfläche einer **halben** Spannungshalbwelle von der Nullremanenz aus. Das nennt man Scheitelspannungseinschalten, welches sich nur für Trafos mit einer Nullremanenz eignet, weil sie große Luftspalte 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 nur 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 dargestellt wurden, führen zu Transformatoren die Nachteile und trotzdem einen erhöhten Einschaltstromstoß haben.
- **Neu:** Beim **Transformator mit Hilfswicklung** ist die einzige konstruktive Maßnahme die zusätzlich aufgebrachte 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 nur 2 Spannungshalbwellen synchron zur Netz-Spannung. Der K1 schließt während dessen zwangsläufig.

Die Hilfswicklung hat zum Beispiel einen Innenwiderstand von 28 Ohm.

Einschaltstromstoß $I_{max.} = 230V_{eff} / 28 \text{ Ohm} = 8A_{eff}$.

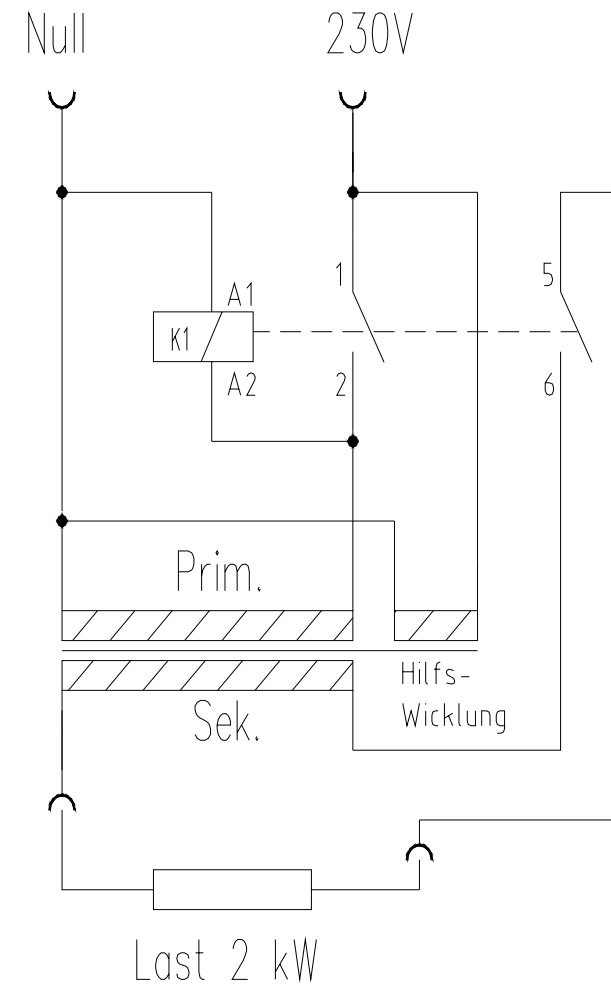
Die für die Magnetisierung wirksame Spannungszeitfläche einer Halbwelle begrenzt sich selber innerhalb der Hilfswicklung, wenn der Eisenkern zufällig in eine leichte Sättigung magnetisiert wird.

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

Die Primärwicklung und die Last können gleichzeitig eingeschaltet werden.



www.fsm.ag

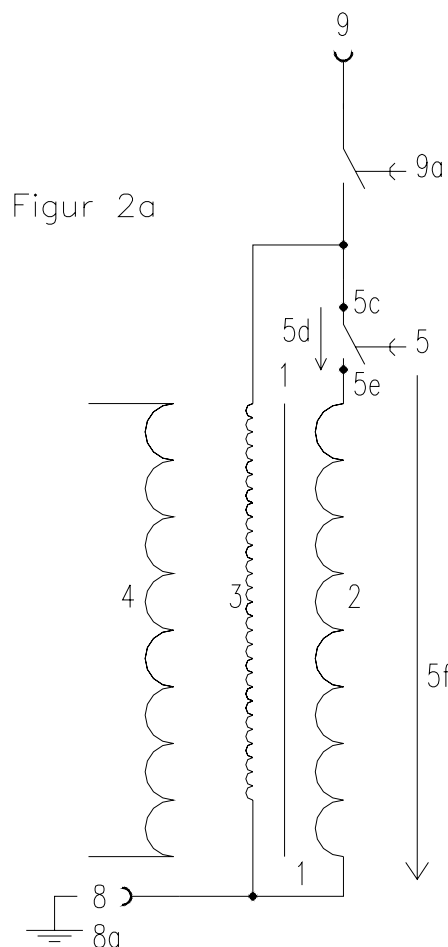


Aufbau und Schaltung des Trafos mit Hilfswicklung

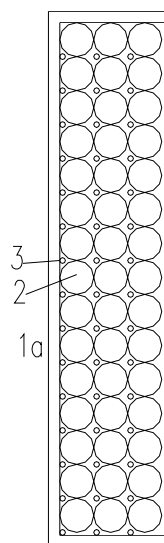
intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag



Figur 2b



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

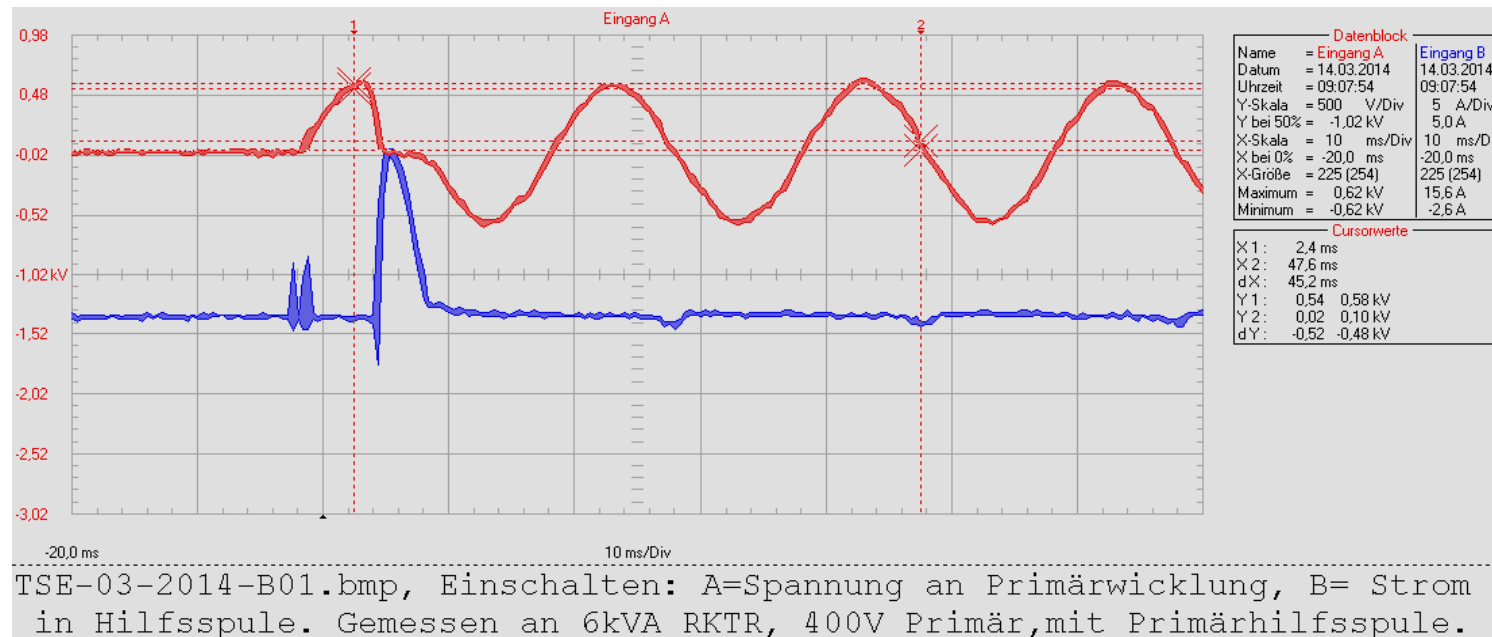
Der Wickeldraht der dünnen Hilfswicklung liegt zum Beispiel beim UI- Trafo in den Lücken vom dicken Draht der Primärwicklung. Die Wärmeableitung der Hilfswicklung ist deshalb optimal. Der Strom beträgt in der Hilfswicklung bei eingeschalteter Primärspule im Leerlauf nur 10% vom zulässigen Wert, unter Nennlast 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



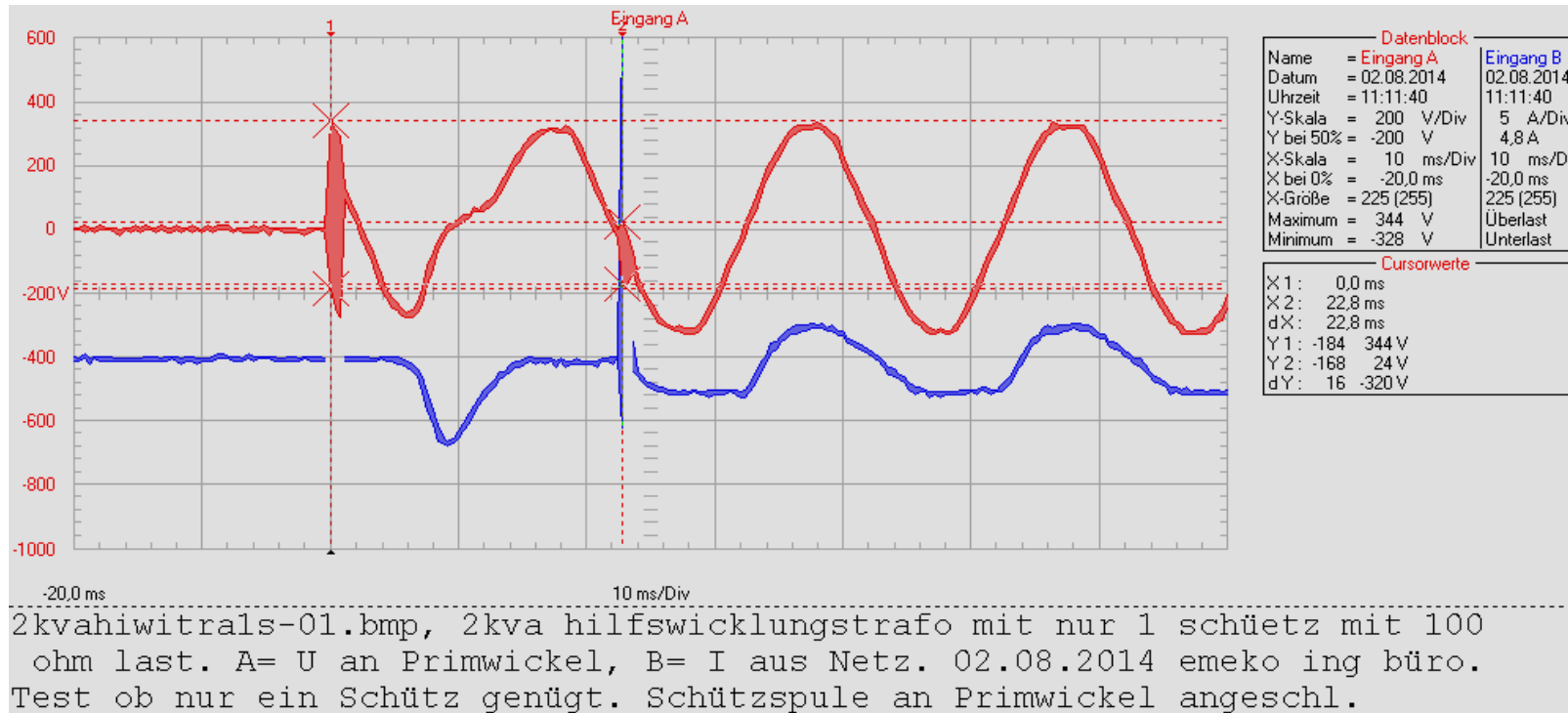
Das Einschalten erfolgt hier zufällig zum Beginn einer positive Spannungshalbwelle. Der Trafo hatte zuvor eine positive hohe Remanenz. Das ist der „Worst case“ Einschaltfall. Ca. 6 msec. nach dem Einschalten fällt deshalb die Spannung, rote Kurve, an der Primärwicklung deutlich ab, da ab diesem Moment 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



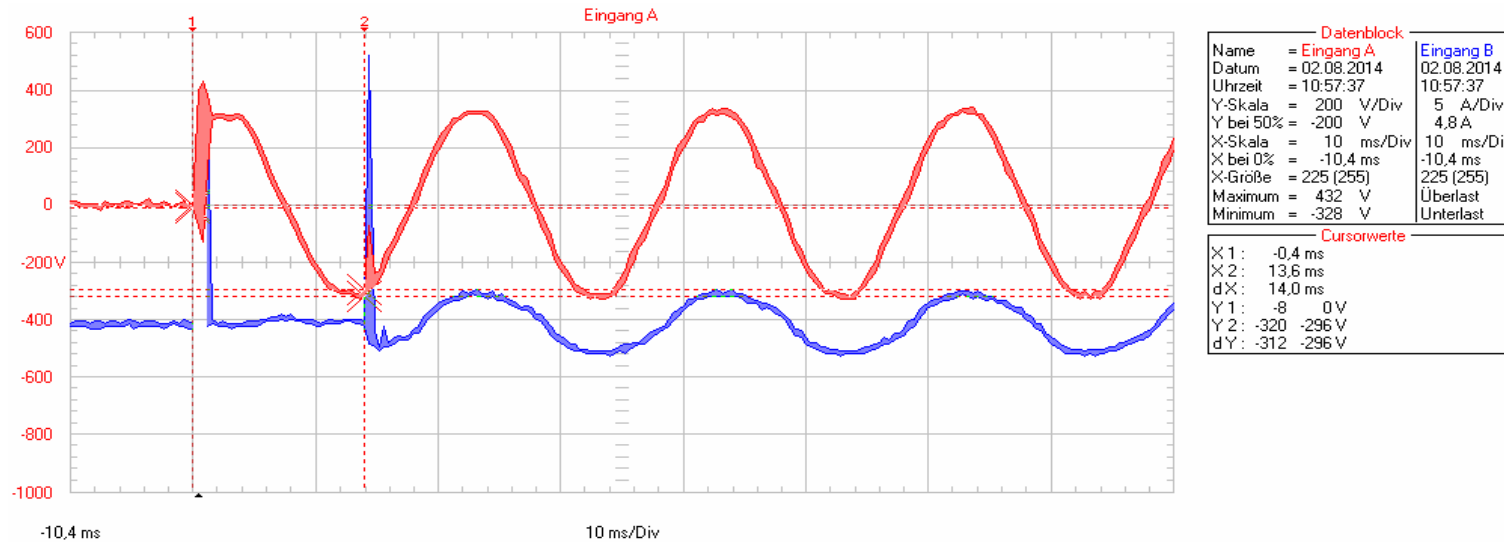
Das Einschalten erfolgt zufällig vor dem Ende einer positiven Halbwelle. Wegen einer negativen Ausgangsremanenz entsteht eine leichte negative Sättigung, die am negativen, erhöhten Strom sichtbar ist. (Blaue Kurve.) Bei Cursor 2 schließt der Schütz seine Kontakte. Deutlich sichtbar am Kontaktprellen, 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



2kvahiwitrals-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.

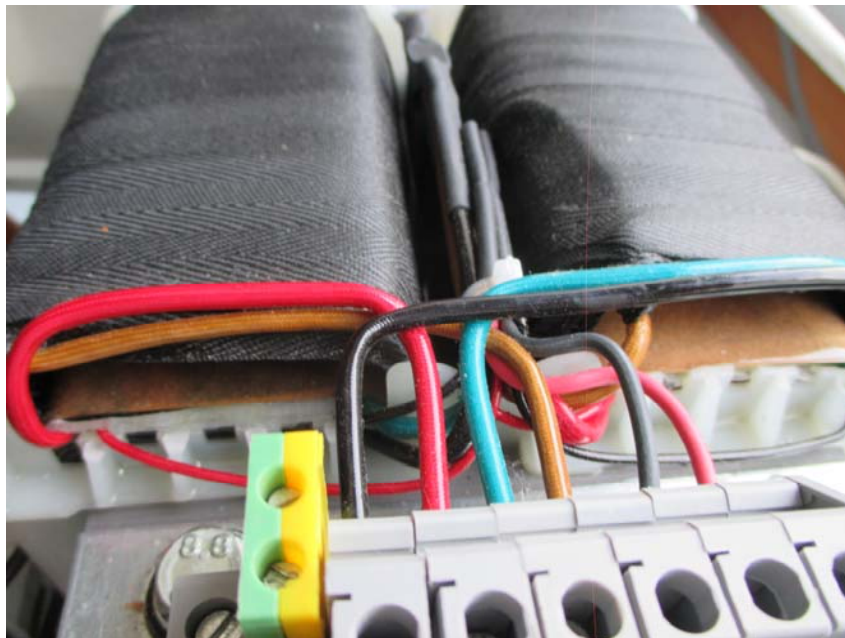
Prototyp eines 2kVA UI-Trafos mit Hilfswicklung

intelligent electronics

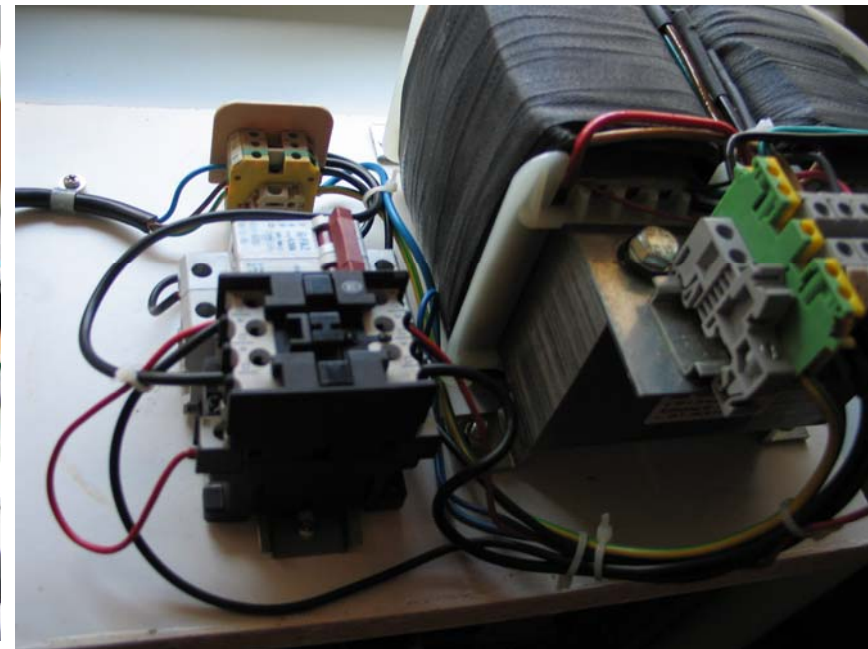
FSM[®]

www.fsm.ag

2kVA UI Trenntrafo
mit Hilfswicklung



Sicherungsautomat, Schütz für 20A
und Trafo mit Hilfswicklung



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

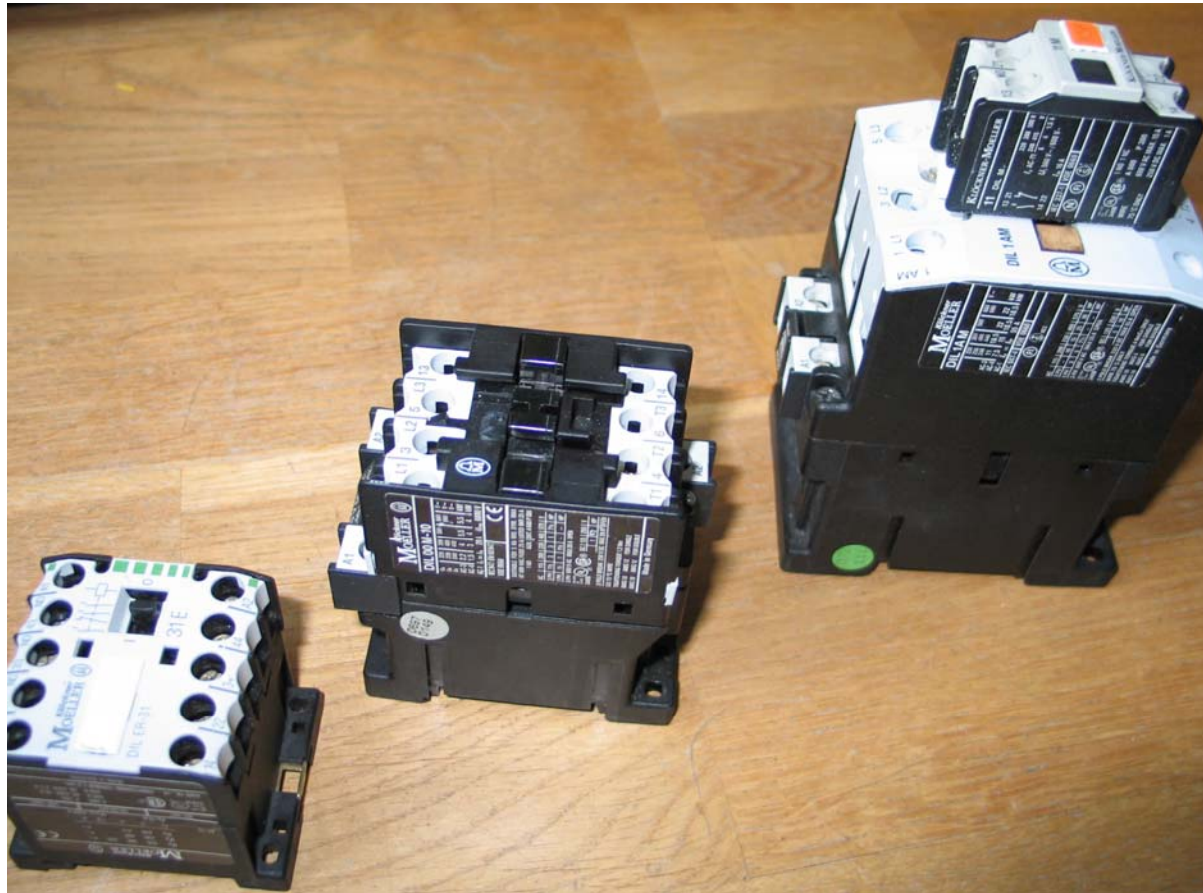
Der Einsatz von einem Schütz für einen niedrigeren oder höheren Strom als der Trafo-Nennstrom, hat keinen negativen Einfluss auf das Einschalten.

Alle 3 Schütze sind geeignet

intelligent electronics

FSM®

www.fsm.ag



Alle drei abgebildete Schütze eignen sich zum Selbstein-schalten der Primärwicklung und der Last, bei den gezeigten 1-2kVA Trafo-Prototypen mit Hilfswicklung.

Werden Relais verwendet, so benötigen 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.

Bemerkung

intelligent electronics

FSM[®]

www.fsm.ag

Die Idee 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 Übersetzungsverhältnissen, 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 150A. Solche Trafos lassen sich kostengünstiger mit den Trafoschaltrelais einschalten. Beim Trafo mit Hilfswicklung werden die Kosten für den Schütz, welcher den großen Strom auf der Sekundärseite schalten muß, wahrscheinlich höher sein als die Kosten für ein Trafoschaltrelais.

(Trafoschaltrelais werden ausschließlich von der FSM-AG hergestellt.)

Weitere Informationen über Trafos und deren Softstart finden sie unter:

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