

Verschiedene Einschalt-Varianten von Einphasen Transformatoren.

Zusammenfassung am Ende des Berichtes, siehe Seite 17

Annahme: 1kVA Ringkern Trafo mit und ohne Hilfswickel, verschiedene Einschalter, mit und ohne erhöhte u. zus. Absicherung.

Bericht von EMEKO vom 14.01.2016

Alle Preise bei 50 Stück. Kosten von Trafo alleine = 100%

für Trafo Preis v. 2014: Schütz f. 16A + 15%; Kippschalter + 5% erhöhte Absicherung + 15%, sek. Sicherung + 20%

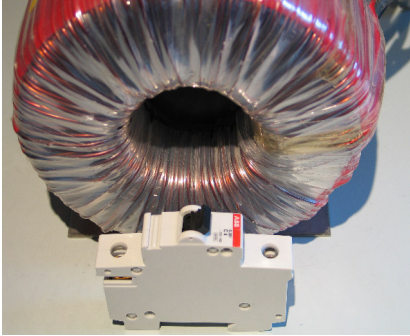


Bild von einem 1 kVA Ringkerntrafo mit C4A Leitungsschutzschalter der beim Einschalten nicht auslösen sollte.

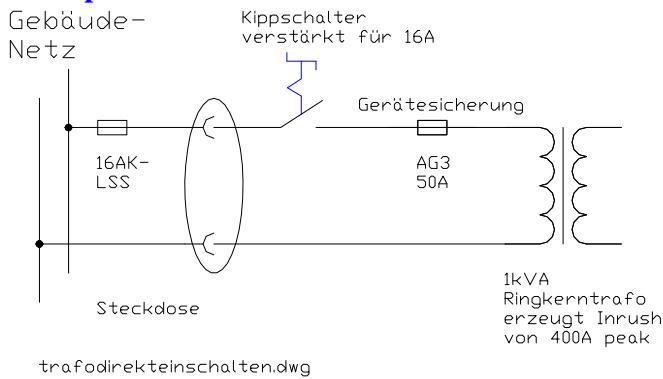
Ein vor gelagerter 16AB Leitungsschutzschalter soll auch nie auslösen, was nur mit den Vorschlägen siehe Nummer 5 - 12 möglich ist.

Der primärseitige Sicherungsautomat ist mit 4A für den Nennstrom ausgelegt.

| Vorschlag: Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | Zusätz. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|---|---|---|--|-----------------------------|---|------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Direkt geschaltet mit starkem Schalter 1 | ohne Einschaltstrom Begrenzung, mit verstärktem Schalter eingeschaltet. Primärseite höher abgesichert. Auch Sek. seitig abgesichert | großer Inrush erfordert höhere und träge Netz-Absicherung. Für 100-690V möglich | Inrush stört Netz und andere Geräte | nur mit sek. Ab-Sicher-erg. | Industrie, im Schaltschrank mit festem Netzanschluss u. hoher Absicherung | nein | viele | 100 | 47 | 6 | 153 % |

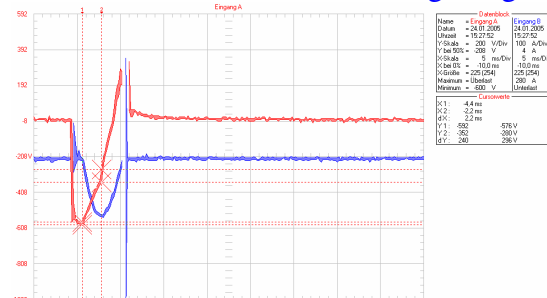
Zusatzkosten: für >Absicherung u. gr. Schalter und für sek. seitige Absicherung.

Schaltplan zu Nr. 1 :



Primär nur auf Kurzschluss absicherbar.
Sekundärseitige Überlast Sicherung zusätzlich nötig.
Ohne ESB nur an starken Industrie Netzen in Schaltschränken mit größerem Leitungsquerschnitt und hoher Primärseitiger Absicherung verwendbar.
Meistens wird zusätzlich ein Sekundärseitiger Motorschutzschalter eingesetzt.
Mit prim. U. sek. Sicherung und großem Schalter, ohne den Mehraufwand für größere Leiter gilt:
Lösung Nummer 1 kostet 53% mehr als der Trafo alleine.

Messkurven: Direkt Einschalten mit 400V. Ein 16A C-Schutzschalter und ein PKZM 0-2,5-T lösten beide aus. Übersicherung nötig.



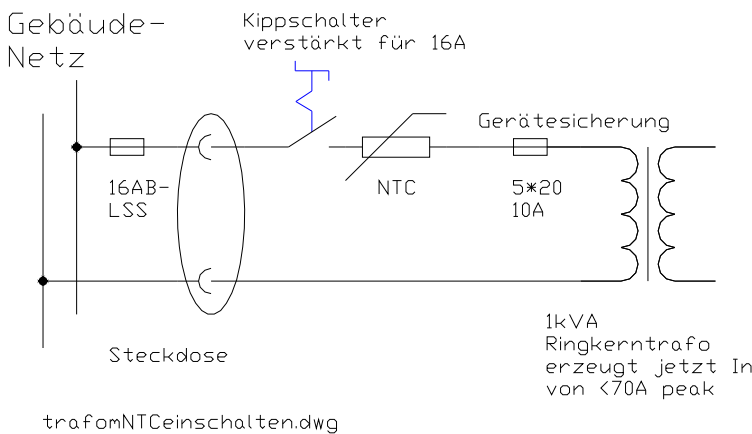
Quelle: BRM-plus-Trafo-3, B16A + PKZM-2,5-T mit verlustarmen Steuer Trafo 1kVA mit 400V zu 230V eingeschaltet. Beide Schutzsch. ausgelöst.

180 Apeak Inrush löst Absicherungen sofort aus.
Prim. Sicherung gr. Schalter Sek. Sicherung.



| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | Zusätzl. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|-----------|-----|--|---|--|--|---|------------------------|-----------|---|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | 2 | NTC ungebrückt, mit 6 A Kippschalter eingeschaltet | Heißleiter in Trafozuleitung. Billig-Lösung wenn ohne zusätzl. Schaltersteuerung | Verbreitet, preiswert, aber Zerstörungsgefahr für den Heißleiter, wenn ohne Pause geschaltet. 100 – 400V. Zusätzl. Aufwand für Schalter Steuerung nötig. 100 – 400V >1 min Abkühlpause nötig nach dem Ausschalten Spannungseinbruch nach Lastanstieg | Sicherung löst aus wenn ohne 1 min Pause geschaltet wird | Konsum-Geräte, dann mit zusätzlicher Schalter Steuerung | Nein | viele | 100 | 28 | 6 | 134 % |
| | | | | Zerstörungsgefahr wenn ohne Schaltersteuerung, heisse Stelle im Gerät | NTC wird zerstört | Nein | | | Zusatzkosten für NTC u. zus. Steuerung von verstärktem Schalter | | | |

Schaltplan zu Nr. 2: Z.B. NTC mit 25 Ohm kalt



Geplatzter Heißleiter. Zerstört weil mit heißem Heißleiter ohne Schaltersteuerung eingeschaltet wurde.



Rechts Bild zu Nr. B: Schaden am NTC durch Überstrom weil ohne Wartezeit wieder eingeschaltet wurde.
Kann nur sicher verwendet werden wenn zusätzliche Maßnahmen getroffen werden wie: Steuerung von Primär- und Sekundärseitigen verzögerten Schaltern. Wie z.B. in Audiogeräten.

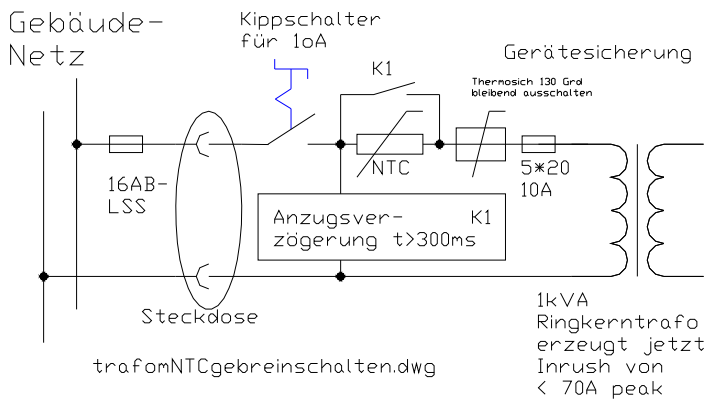
Großer Nachteil: Bei plötzlichem Laststromanstieg entsteht ein Spannungseinbruch nach dem Trafo weil der NTC erst durch die dann stattfindende Erwärmung niederohmig werden muss.

Mehrpreis gilt mit zusätzlicher Schaltersteuerung, als Schutz vor Inrush wenn NTC heiß ist gilt:

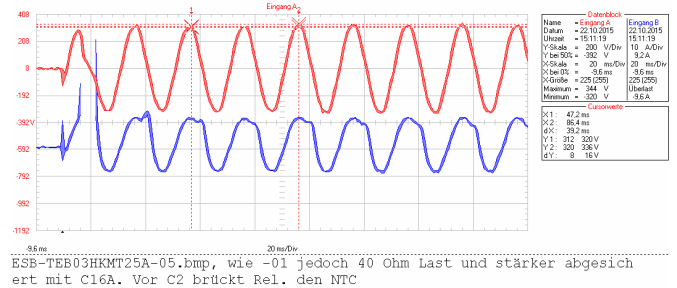
Lösung Nr. 2 kostet es 34% mehr als Trafo alleine.

| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschlussfest | Haupts. Anwendung | Halbwellenausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | Zusätz. Bauteil-Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|---|-----|--|---|---|-------------------------|-------------------|-----------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| NTC m. Relais gebrückt, mit 5A Kippschalter eingeschaltet | 3 | ESB mit Heißleiter in Trafozuleitung mit zeitverzögerter Relais Brücke. Überwachung und Steuerung von Einschalter nötig zum Schutz vor Fehlbedienung | Sehr verbreitet aber Zerstörungsgefahr, wenn ohne 1 min. Pause geschaltet. Thermoschalter trennt bleibend. 100 – 400V | Sicherung löst aus beim schalten ohne Pause | Nein, ESB wird zerstört | Industrie, Hobby | Nein | viele | 100 | 50 | | 156% |

Schaltplan zu Nr. 3 : mit NTC mit 5 Ohm kalt.



Messkurven von ESB mit brückbarem NTC mit 5 Ohm Kaltwiderstand.



A= U an Trafoprimärseite. B= Strom in Trafo. Es entsteht ein 70A Stromstoß, der eine flinke Absicherung verhindert.

Kann nur sicher verwendet werden wenn zusätzliche Maßnahmen getroffen werden wie: Steuerung eines Primärseitigen, überwachten Einschalters, wobei ein wiederholtes Einschalten ohne Abkühlpause verhindert wird. Z.B. wie in Audiogeräten.

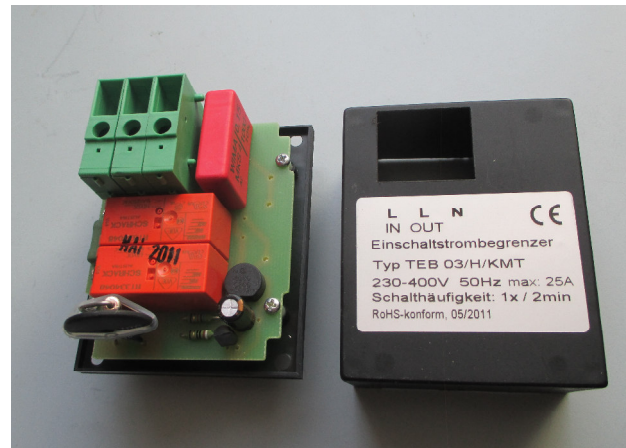
Ohne Schalterüberwachung gilt: Wenn bei zu großer Absicherung zu oft geschaltet wird und dann der Heißleiter zu heiß wird, schaltet der Thermoschalter, der mit dem Heißleiter thermisch gekoppelt ist, bleibend aus.

Für alle Trafos geeignet.

Ohne Schalterüberwachung als Schutz vor Inrush gilt:

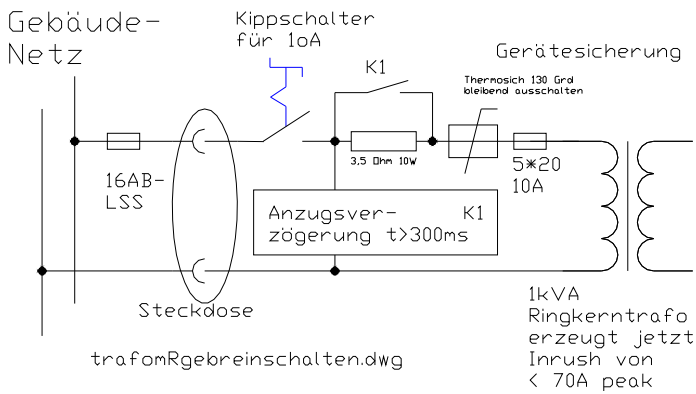
Lösung Nr. 3 kostet 56% mehr als Trafo alleine.

ESB mit NTC mit 5 Ohm kalt und zeitverzögerter Relais Brücke und Sicherheitsabschalter gegen Brand.

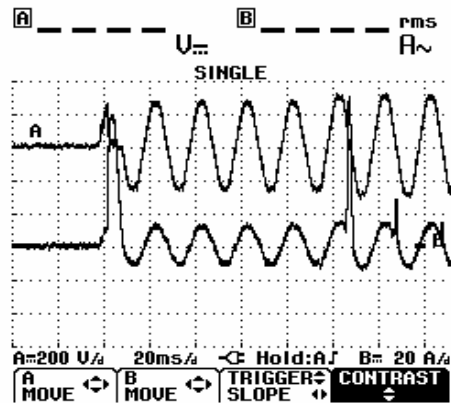


| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|--|-----|---|---|---|------------------|-------------------|------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Widerstand von 3,5 Ohm mit Relais gebrückt, mit 5A Kippschalter eingesch. | 4 | ESB mit 3,5 Ohm, mit ca.15 W Widerstand in Trafozuleitung, mit Zeitverzögerter Relais Brücke. | Verbreitet aber Zerstörung wenn zu häufig geschaltet, Thermoschalter trennt bleibend. 100 bis 400V. | Inrush beim Schalten unter Nennlast, grosse Elkolasten nach Trafo schlecht einschaltbar | Nein, | Industrie, Hobby. | | viele | | | | 100 65 6 171 % |

Schaltplan zu Nr. 4: mit R von 3,5 Ohm.



Messkurven mit ESB mit brückbarem 3,5 Ohm Vorwiderstand.



Einschalten von 2kVA Ringkerntrafo mit Nennlast ohmisch belastet. mit TEB02, mit gebrückten 3,5 Ohm. B 16 A Leitungsschutzsch. löst nicht aus. EMEKO Ing.Büro.M.Konstanzer TEB0201.fvF 27.11.98

Unter Nennlast entsteht ein erster und zweiter Inrush, siehe Bild rechts.

Für alle Trafos geeignet.

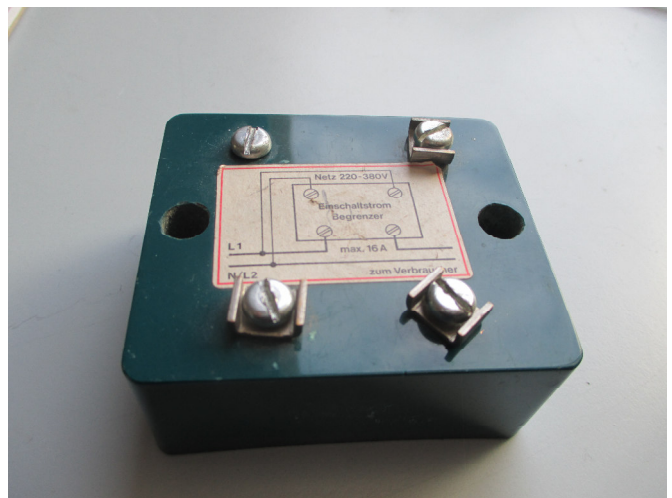
Schalterüberwachung nicht nötig als Schutz vor Inrush.

Bei häufigem Schalten droht jedoch die Zerstörung des ESB.

Lösung Nr. 4 kostet 71% mehr als Trafo alleine

Ein 16AC Leitungsschutzschalter löst wegen den 3,5 Ohm gerade noch nicht aus.

ESB mit 3,5 Ohm Vorwiderstand mit interner Relaisbrücke und Sicherheitsabschalter gegen Brand.



| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschlussfest | Haupts. Anwendung | Halbwellenausfallerkenntnis | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|-----------|-----|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|-----------|-----|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|

Standard:
TSRL
22100300.

TSRL
ist
Schalter
und
ESB

5

Trafoschaltrelais: Mit unipolaren Spannungszipfeln vormagnetisieren, dann gegenphasig dazu voll einschalten. Kann sehr verlustarme Trafos einschalten. Standard TSR. Mit Option für Schaltnetzteile Softstart.

Kann alle Trafotypen häufig einschalten.
Stelltrafos am besten in Schleifer-Nullstellung.
Grosse Elkolasten nach RK Trafo können nicht gut eingeschaltet werden.
Flinke Nennstrom-Absicherung möglich.
Einstellung auf Trafotyp nötig.
100 bis 500V.

Große Elkolasten nach Ringkerntrafo schlecht einschaltbar.

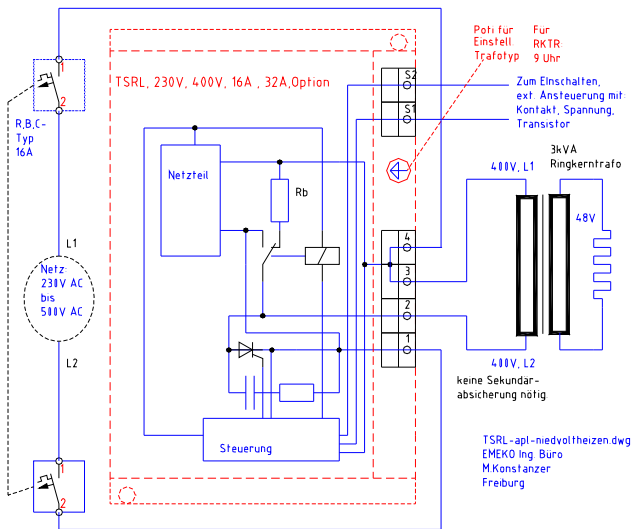
Ja, nur die Geräte- und die Gebäude-Sicherung lösen aus

Primärseitiges Schalten von allen Trafotypen unter Last ohne Pause, auch Niedervoltlasten.

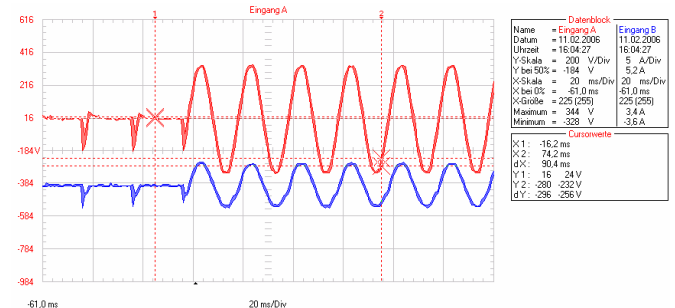
nein FSM

100 123 16 **239 %**

Schaltplan zu Nr. 5: mit Trafoschaltrelais TSRL



Messkurven mit TSRL.



TSRL-rktr-9uhr. Messung mit TSRL-auf-belast-Ringkerntrafo-bei 9-Uhr-poti, 8 Zipfel.

Es entsteht nie ein Inrush.

Verfahren: vormagnetisieren mit unipolaren Spannungsabschnitten denn gegenphasig zur Vormagnetisierung, voll einschalten.

Keine Zerstörung wenn zu oft hintereinander geschaltet wird.
Beliebig oft schaltbar ohne Pause.
Kurzschlussfest bei korrekter Absicherung.

Das TSRL ist auch ein fernsteuerbarer Schalter.

Für alle Arten von Trafos geeignet.

Lösung Nr. 5 kostet 139% mehr als Trafo alleine

TSRL für 230V, 16A mit Option Halbwellenausfallerkennung mit Softstart nach HWA. Siehe Nr. 6.

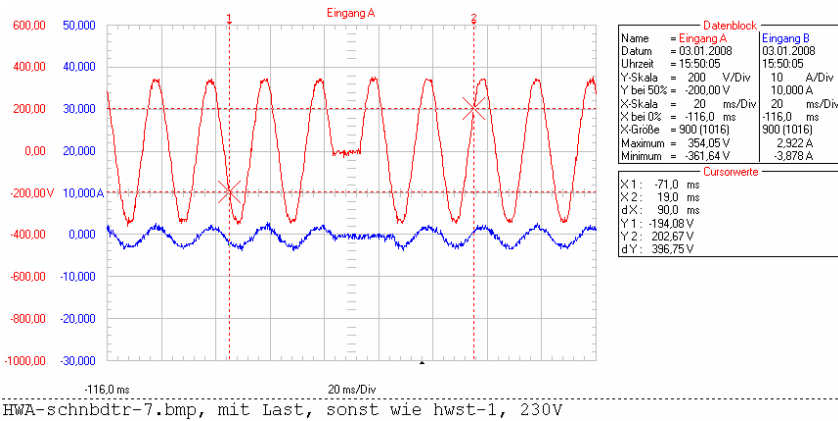


| Variante: Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschlussfest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|--|------------------|--|---|--|---|---|-----------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Sonder: TSRL 22109314, TSRL ist Schalter und ESB | 6 | Trafoschaltrelais: Mit unipolaren Spannungszipfeln vormagnetsieren, dann gegenphasig dazu voll-einschalten. Kann sehr verlustarme Trafos einschalten. Ohne Inrush nach Halbwellenausfall | Elkolasten nach RK Trafo können nicht gut eingeschaltet werden. Einstellung für Trafotyp nötig. Flinke Nennstromabsicherung möglich. Halbwellenausfallerkennung vermeidet Inrush nach Netzwiederkehr. 100 bis 500V. | Elkolasten nach Ringkerntrafo schlecht einschaltbar. | Ja, nur die Geräte- und die Gebäude-Sicherung lösen aus | Sitzt zum Beispiel vor Trenntrafos für Medizintechnik oder in Verkehrs Ampelanlagen | FSM | 100 | 140 | 16 | 256 % |

Schaltplan zu Nr. 6:

Wie Schaltplan Nr. 5, jedoch mit Halbwellenausfallerkennung. Vorgeschrieben für Trenntrafos im Medizinbereich. Siehe Bild auf Seite 5

Messkurven von Trafoschalten mit TSRL, mit Halbwellenausfallerkennung, mit schnellem Wiedereinschalten.



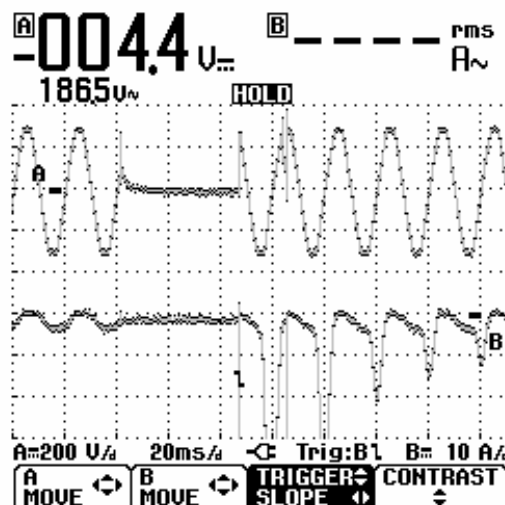
Beliebig oft schaltbar ohne Pause. Kurzschlussfest. Mit Halbwellen-Ausfallerkennung und schnellem Wiedereinschalten. Wichtig zum Beispiel für Medizin Trenntrafos und Trafos in Ampelanlagen.

Bild rechts:

Messkurven an 0,8kVA EI Trafo bei Halbwellenausfällen **ohne TSRL** davor. Ungünstiger Fall, weil der Trafo zwei negative Spannungshalbwellen nacheinander bekommt, geht er am Ende der zweiten negativen Halbwellen in Sättigung und erzeugt einen Inrush.

Bild vom TSRL mit Halbwellenausfallerkennung, mit Softstart nach Halbwellenausfall, siehe oben bei Bst. E.

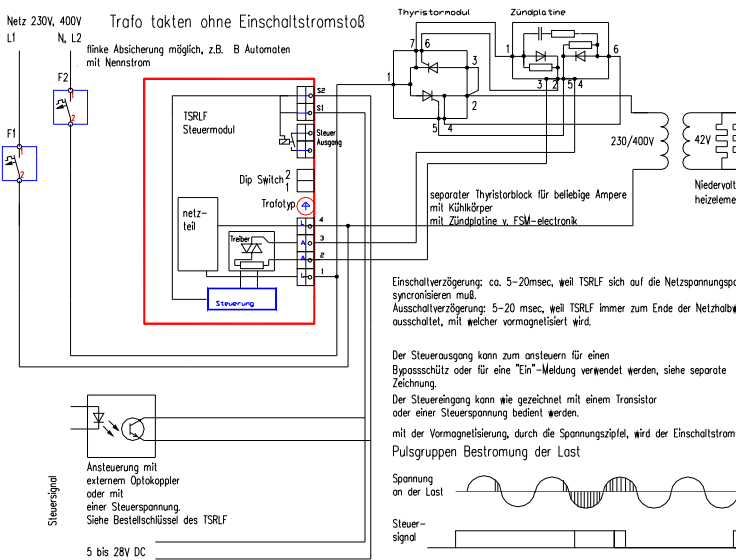
Lösung Nr. 6 kostet 156% mehr als Trafo alleine.



shwat001.fvf, schneller Halbwellenausfalltest, gemessen v. EMEKO Ing. Büro. an 0,8kVA EI Trafo mit Ohmscher Last, indem Netzsteckerwackler erzeugt wurde. A = U an Trafo prim, B = I in Trafo prim. getriggert auf I peak
Es entsteht ein 60A inrush

| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschlussfest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|---|-----|--|---|-------------------|---|--|------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| TSRLF 221001300, TSRLF ist 7 Schalter und ESB | | Trafoschaltrelais: Mit unipolaren Spannungszipfeln vormagnetsieren, dann gegenphasig dazu voll einschalten. Kann sehr verlustarme Trafos einschalten. Häufiges Schalten für zum Beispiel Niedervoltheizung nach dem Trafo. | Kann alle Trafotypen mit Last sehr häufig schalten, ext. Randschaltendes ELR nötig. Bypassschutz ansteuerung möglich. Flinke Nennstromabsicherung möglich. Auch für Trafos >32A Primärstrom. Für 100 bis 500V. Auch Thyristormodule ansteuerbar für Ströme ab 100A. Einstellung auf Trafotyp nötig. | wie bei D und E. | Ja, nur die Geräte- und die Gebäude-Sicherung lösen aus | Primär-seitiges Schalten von allen Trafotypen unter Last ohne Pause, auch Niedervol-lasten. Trafo takten | Ja | FSM | 100 | 169 | 16 | 285 % |

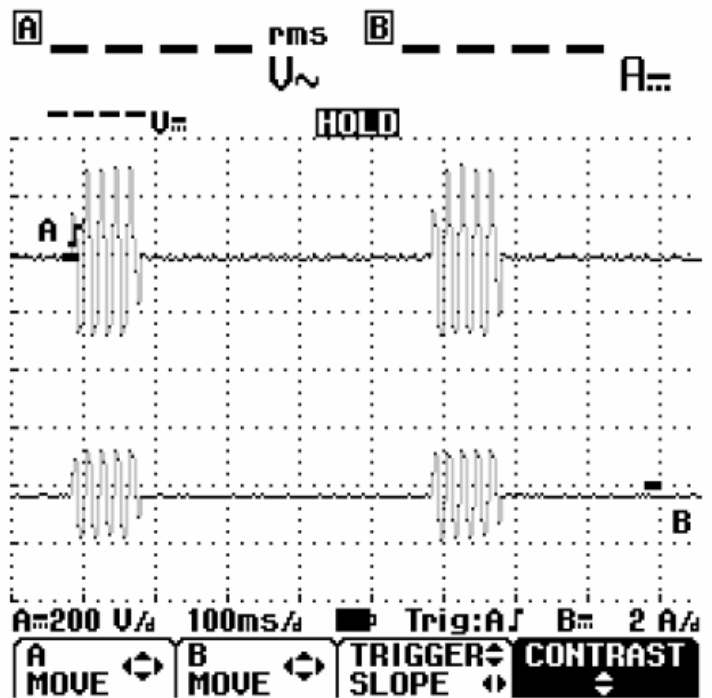
Schaltplan zu Nr. 7:



Beliebig oft schaltbar ohne Pause. Kurzschlussfest. Takten jede Sekunde möglich.

Das TSRLF ist auch ein Schalter.

Messkurven von Trafo-Takten mit einem TSRLF.



Bei kleineren Primärströmen bis 50A, abweichend zu obiger Darstellung, für momentan schaltende Halbleiterrelais geeignet, anstatt mit Thyristormodulen, die für große Leistungen gedacht sind. Mit Thyristoren dann auch zusammen mit Bypassschutz für 200A für 90 kVA Trafos geeignet.

Für alle Trafos geeignet.

Zum häufigen, sekundlichen, Schalten von Trafos für Niedervoltheizung geeignet.

Lösung Nr. 7 kostet 180% mehr als Trafo alleine.

LFP32_01.FvF.

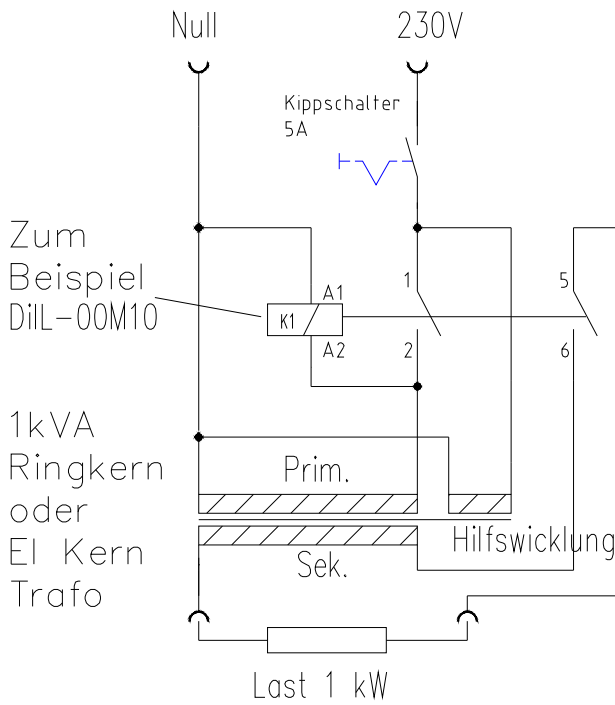
A= Spannung, B= Strom am Trafo.

Es entstehen keine Stromspitzen.

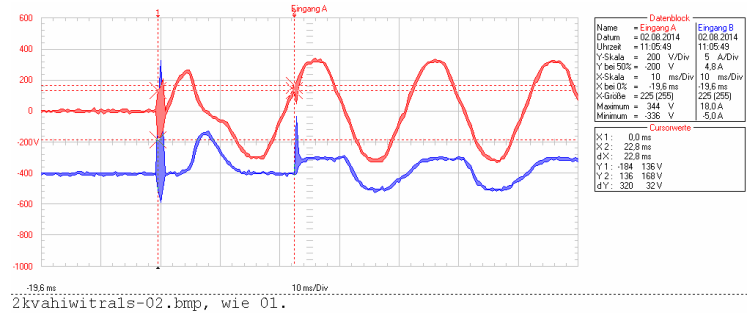
Bild vom TSRLF ist ähnlich TSRL Bild oben auf Seite 5.

| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfall-fest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungs-kosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|---|-----|---|--|-----------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Trafo mit Hilfswickel mit Schütz, voll-einschaltend. Mit 5A Kippschalter einschalten | 8 | den Einschaltstrom durch den Hilfswickel vermeiden. Der Trafo kann verlustarm gebaut werden, hauptsächlich für nicht kapazitive Lasten. 3 pol. Schütz für 16A nötig zum Prim.Spulen- und Last einschalten | <p>Hauptsächlich für 1 : 1 Trenntrafos. Bei 230 zu 24 V ist 50A Schütz nötig. Hilfswickel hat 40 Ohm.</p> <p>Flinke Nennstromabsicherung möglich. 100 bis 500V.</p> <p>Auch für 690V.</p> <p>Auch > Schütze f. > Ströme und dann > Trafos möglich.</p> | nicht für > Elkolasten nach Trafo | Ja, nur Gebäude Absicherung löst aus | alle Trenn-Trafo-Anwendungen. Zwangsläufige Voll-Einschaltung. Kurze Schaltpausen von > =40 ms möglich. | Nein | jeder Trafobauer mit Lizenz v. FSM | 103 | 38 | wegen wickel Schütz | 12 153 % |

Schaltplan zu Nr. 8:

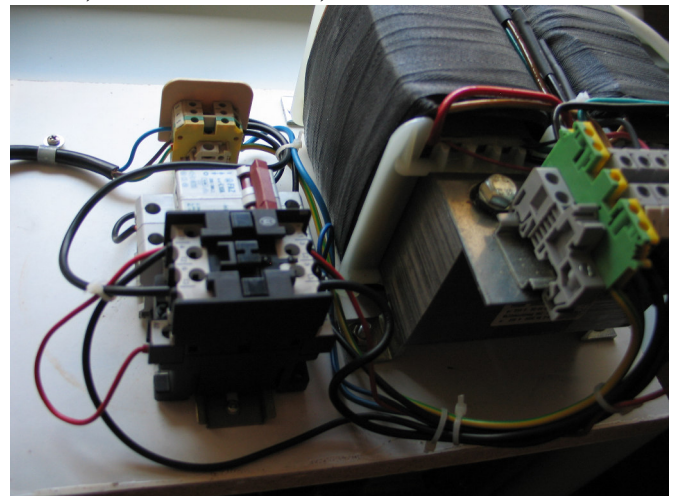


Messkurven vom Einschalten mit Last, von 2kVA Trafo mit Hilfswickel.



Beim Cursor 1 wird das Netz, beim Cursor 2 wird der Trafo und die Last eingeschaltet! Es fließt zuvor nur ein geringer Inrush von 5A zu Beginn, weil die höherohmige Hilfswicklung diesen begrenzt.

UI Trenn Trafo mit Hilfswickel mit 2kVA, 230V. Lastklemmen, Netzklemmen, Absicherung: FAZ L10A, Schütz: DIL00M,



Auch genauso mit Ringkerntrafos möglich

Mehraufwand: Hilfswickel plus Verdrahtung, plus Schütz, plus Kippschalter für 5A. Beliebiger oft schaltbar ohne > Pause. Mindest Schaltpause muss > = 40ms sein.

Hauptsächlich für Trenntrafos geeignet. Kurzschlussfest.

Preiswerter als mit ESB's die mit brückbaren NTC's oder 3,5 Ohm Widerstand ausgerüstet sind.

Ausserdem sicher gegen Bauteileausfall und kurzschlussfest. Nicht zerstörbar. Zum Patent angemeldet.

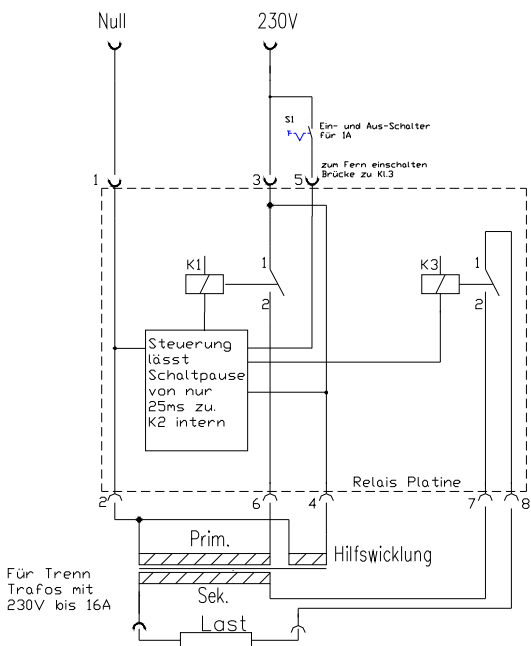
Lösung Nr. 8 kostet 53% mehr als Trafo alleine. Gleich teuer wie Nr. 1, Trafo direkt einschalten.

| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschlussfest | Haupts. Anwendung | Halbwellenausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätzl. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|-----------|-----|---|---|-----------------------------------|-----------------|--|-----------------------|--|-------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | 9 | Trafo mit Hilfswickel und Platine mit 2 pol. Anzugs verzögertem Relais für 10A. Mit 1A Kippschalter fern einschalten. | Kein Schütz, sondern < Relais Platine im TSRL Gehäuse. den Einschaltstrom durch den Hilfswickel vermeiden. Trafo kann noch verlustärmer gebaut werden, hauptsächlich für nicht kapazitive Lasten. Mit 2 pol anz.verz. Relais zum Prim. Spulen- und Last einschalten | nicht für > Elkolasten nach Trafo | Ja, | alle Trenn-Trafo Anwendungen, wo Schütz kein Platz hat. Zwangsläufige voll-Einschaltung. Kurze Schaltpausen von < 40ms und > =25 ms möglich. | Nein | jeder Trafobauer mit Lizenz v. FSM Rel. Platine von FSM | 103 | 57 | 16 | 176 % |
| | | | Nur für 230V 1:1 Trenntrafos bis zu 16A. Bei 1kVA mit 230V hat Hilfswickel 40 Ohm. Flinke Nennstromabsicherung. Fern Ein Eingang mit 230V 15mA. Schaltpausen nicht unter 25 msec. Baut auf Hutschiene schmäler als 16A Schütz bei Nr. H. | | | | | | | | | |

Schaltplan zu Nr. 9:

Einsatz anstelle von 16A Schütz

entspricht der Nr. H in: Einschalt-Varianten-einphTR.doc

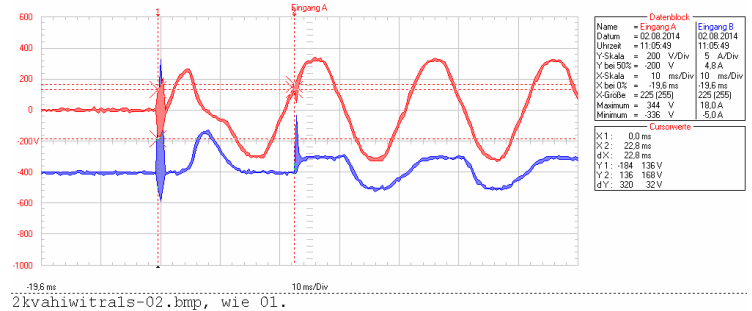


Relais-Platine für Hiwitrafoeinschalten mit Fern ein HIWITRA-Rel-einsch-werb.dwg emeko, 19.10.2015

Mehraufwand: Hilfswickel plus Verdrahtung plus Relaisplatine plus kl. Kippschalter für 1A für fern einschalten. Alles zusammen in TSRL Gehäuse. Kann keine Halbwellenausfälle erkennen.

Lösung Nr. 9 kostet 76% mehr als Trafo alleine.

Messkurve gleich wie bei Bst. H.



Beim Cursor 1 wird das Netz, beim Cursor 2 wird der Trafo und die Last eingeschaltet! Es fließt zuvor nur ein geringer Inrush von 5A zu Beginn, weil die höherohmige Hilfswicklung diesen begrenzt.

Keine Zerstörung wenn zu oft hintereinander geschaltet wird.
Beliebig oft schaltbar ohne Pause.
Kurzschlussfest wenn flink auf Nennstrom abgesichert.

Kurze Schaltpausen von > = 25ms möglich.

Preiswerter als mit ESB's, die mit NTC's oder 3,5 Ohm Widerstand ausgerüstet sind. Ausserdem sicherer gegen Ausfall. Nicht zerstörbar. Baut schmäler auf der Hutschiene als Version mit Schütz bei Nr. 8

Noch kein Bild von der Relaisplatine vorhanden, weil noch in Entwicklung.

Variante: **Nr.** Kurzbeschreibung

Vor / Nachteile

negatives Symptom

Kurzschlussfest

Haupts. Anwendung

Halbwellen ausfallfest

Lieferant

Trafo-Kosten in %

zusätzl. Bauteil Kosten in %

Verdrahtungskosten in %

Komplett Kosten pro Stück in %

Trafo mit Hilfswickel und 3 pol. Schütz für 16A, mit VME01 eingeschaltet.

10

Den Einschaltstrom durch den Hilfswickel vermeiden. Trafo kann noch verlustärmer gebaut werden. Hauptsächlich für nicht kapazitive Lasten. 3 pol. Schütz für 16A nötig zum Prim. Spulen- und Last einschalten

Hauptsächlich für 1 : 1 Trenntrafos. Bei 1kva mit 230 zu 24 V ist 50A Schütz nötig. Hilfswickel hat 40 Ohm. Flinke Nennstromabsicherung möglich. Erst für große Trafos ab 10kVA wirtschaftlich. Für 100 bis 500V. Option für 690V. VME01 ist auch Schalter

für > Elkolasten nach Trafo in VME01 den C5 vergrößern und K2 an Pin 9.

Ja, nur Gebäude Absicherung löst aus

alle Trenn-Trafo-Anwendungen. Sicher gegen Anschlussfehler oder Überhitzung. Erst für > Trafos wirtschaftlich

jeder Trafobauer oder mit Lizenz v. FSM

Nein

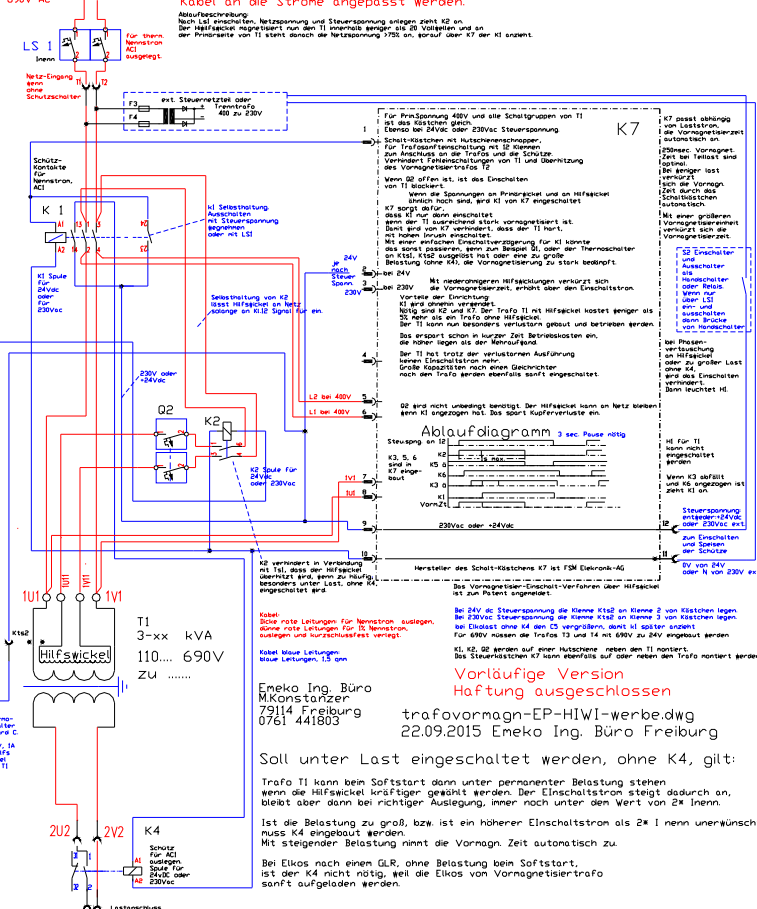
103 255 16 **374 %**

Schaltplan zu Nr. 10:

Schaltvorschlag zum einschaltstromstoßfreien Schalten von großen Transformatoren mit Prim. 400 V die über eine kleine Magnetisier-Einheit vormagnetisiert werden.

Der Einschaltstrom hängt von VA-Verhältnis des kleinen und großen Trafos und ohne K4 von der sekundärseitigen Belastung des T1 ab. Der Einschaltstrom kann weniger als der Nennstrom des großen Trafos betragen.

Für Einphasentrafos jeder Größe, die ohne die 'Einrichtung' einen hohen Einschaltstrom verursachen. Für die verschiedenen Trafo Größen müssen die Schütze, Schutzschalter, Kabel an die Ströme angepasst werden.

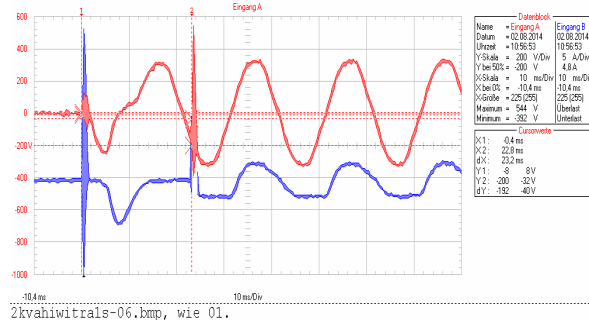


Machbar, aber zu aufwendig. Lohnt erst bei großen Trafos mit mehr als 10kVA und bei Drehstromtrafos.

Hilfswickel plus VME01 plus K2 plus K1. (Q2 ist nicht nötig.)

Vorteil, sicher gegen Überhitzung des Hilfswickels. Universell für 24VDC oder 230VAC Steuerspannung.

Messkurven zu Bst. K



Noch kein Bild vorhanden, weil in Entwicklung.

Lösung Nr. 10 kostet 274 % mehr als Trafo alleine.

| Variante: Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|--|------------------|--|--|---|--|------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Trafo über einen kleinen Vormagn. trafo und 3 pol. Schütz für 16A mit VME01 eingeschaltet | 11 | den Einschaltstrom vermeiden durch Vormagnetisieren des > Trafos der noch verlustärmer gebaut werden kann, über einen kleinen Trafo. Hauptsächlich für nicht kapazitive Lasten. 3 pol. Schütz für 16A nötig zum Prim.Spulen- und Last einschalten. | Hauptsächlich für 1 : 1 Trenntrafos. Bei 1kva mit 230 zu 24 V ist 50A Schütz nötig. Vormagn. Trafo hat 40 Ohm. Flinke Nennstromabsicherung möglich. Erst für große Trafos ab 10kVA wirtschaftlich. Für 100 bis 500V. Option für für 690V. VME01 ist auch Schalter | für > Elkolasten nach Trafo in VME01 den C5 vergrößern und K2 an Pin 9. | alle Trenntrafo-Anwendungen. Sicher gegen Anschlussfehler oder Überhitzung. Erst für > Trafos wirtschaftlich | Nein | FSM | 100 | 377 | 16 | 493 % |

Machbar, aber zu aufwendig für Einphasentrafos unter 10kVA.

Lohnt erst bei großen Trafos mit mehr als 10kVA.

Schaltplan zu Nr. 11: Wie Nr. 10, jedoch wird anstatt Trafo Hilfswickel, ein kleiner Vormagnetisiertrafo verwendet.

Messkurven wie bei Nr. 10.

Lösung Nr. 11 kostet 393 % mehr als Trafo alleine.

| Variante: Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|--|------------------|--|---|---|-------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| TSR neu nach Patent 2, ist ESB und Schalter | 12 | Trafoschaltrelais neu: Kann alle Arten von nichtlinearen Lasten wie Trafos oder Kapazitäten nach einem Trafo ohne Einschaltstrom einschalten. Keine Einstellung nötig. Erkennt Lasttyp oder Kurzschluss vor dem Einschalten. | Kann Trafos mit Elkolasten sowie Schaltnetzteile alleine oder nach einem Trafo gut einschalten. Flinke Nennstromabsicherung möglich. Nicht für permanentes Schalten ohne Pause. 100 bis 400V. Nicht für 690V | keine negativen Symptome., Auch > Elkolasten nach einem Trafo sind gut einschaltbar. | überall | Ja | FSM, noch in Entwicklung | 100 | 170 | 16 | 286 % |

Schaltplan zu Nr. 12 ist noch nicht verfügbar. Noch kein Bild vorhanden, weil in Entwicklung.

Trafoschaltrelais neu, nach Patentanmeldung 2. Kann alle Lasten von 100- 230V, 16A sanft einschalten. Noch in Entwicklung.

Es folgen auf den nächsten Seiten weitere Einschaltmöglichkeiten für Einphasentrafos, die der Vollkommenheit halber erwähnt werden, obwohl sie nicht häufig eingesetzt werden.

| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschlussfest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|---|-----|---|---|--|-----------------|---|------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Mit Scheitel-schaltendem Halb-Leiterrelais, (Zwei-drähter ohne Bezug zum Nulleiter) | 13 | Wird in der Literatur leider noch oft als der ideale Trafo Einschalter erwähnt. Trifft aber nur für Trafos mit einem großen, (0,5mm) Luftspalt zu, weil dann Die Remanenz nahe dem Nullpunkt liegt. Dann ist die halbe Spannungszeitfläche genau richtig zum Einschalten. | Bei allen üblichen Trafos, besonders bei Ringkerntrafos Ist ein Einschalten damit nicht möglich, ohne dass große Spitzenströme entstehen. | Sicherung löst aus. Bei leer laufenden Trafos, ohne Last, kann das Relais nicht genug Haltestrom bekommen und schaltet permanent fehlerhaft durch. | Nein | Selten. Meist für Trafos die einen Konstantstrom abgeben sollen, wie in Magnetrons für Microwellen. | Nein | Carlo Gavazzi, Crydom | 100 | 90 | 6 | 196 % |

Ohne Schaltplan von Trafo mit Scheitelschalter Relais.

Völlig ungeeignet bei Trafos ohne absichtlichen Luftspalt, wie bei Streutrafos.

Messkurven vom Einschalten eines Ringkerntrafos mit einem Scheitelschalter Relais.

1kVA Ringkerntrafo mit scheidel-schaltendem Halbleiterrelais eingeschaltet.



Tseme006.cdr

Scheitel-schalter-auf-trafo1.cdr

Die träge Absicherung löst sofort aus, weil der Trafo vor dem Einschalten eine positive Remanenz hatte und mit einer halben positiven Halbwelle eingeschaltet wurde.

Nur Trafos mit einem größeren Luftspalt Lassen sich damit einschalten, weil deren Remanenz = 0 ist. Stehr leider noch immer in vielen Lehrbüchern falsch

Lösung Nr. 13 kostet 96 % mehr als Trafo alleine.

| Variante: Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätz. Bauteil Kosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|---------------|---|--|--|--|-------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 14 | Mit Dimmer Halbleiterrelais, (Zweidrahter ohne Bezug zum Nulleiter) | Dimmt den Trafo in 0,2 sec. auf. Weil der Dimmer nicht weiß wo die Remanenz steht, kann er in die Magnetisierung in die falsche Richtung und damit in die Sättigung treiben. | Bei allen üblichen Trafos, besonders bei Ringkerntrafos ist ein Einschalten damit nicht möglich, ohne dass große Spitzenströme entstehen. Durchschaltverluste am Halbleiterrelais. | Sicherung löst aus. Bei leer laufenden Trafos, ohne Last, kann das Relais nicht genug Haltestrom bekommen und schaltet permanent fehlerhaft durch. | Selten. | Nein | Carlo Gavazzi, Crydom, Crouzet | 100 | 110 | 12 | 222 % |

Schaltplan zu Nr. 14:

(Ein-) Schalten von Transformatoren,

Mit Dimmer-Soft Starter, bestehend aus Steuerbaustein und Elektronischem Lastrelais, ELR.

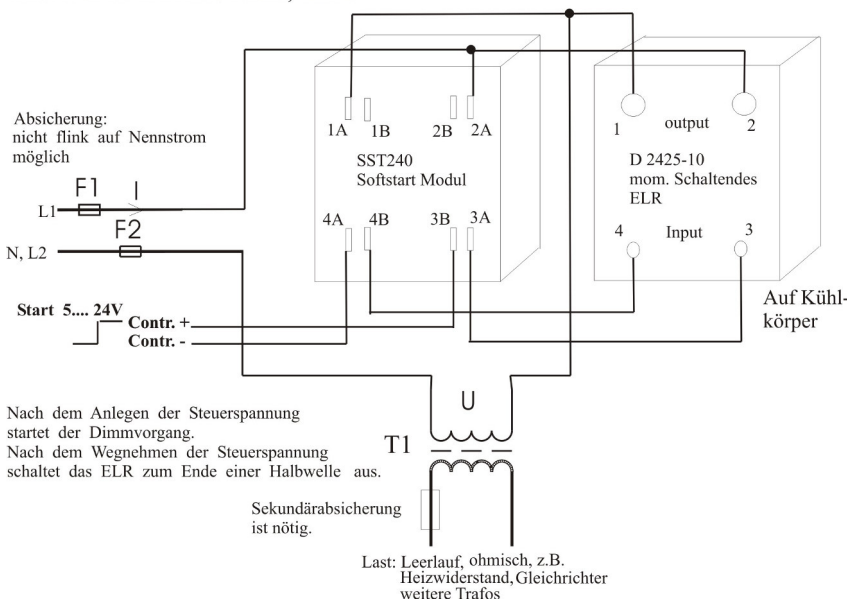
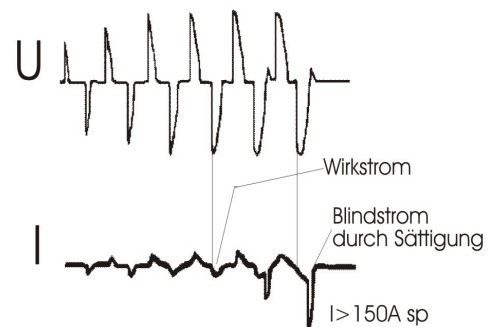


Bild von Dimmerbaustein ohne Bild vom momentan schaltenden ELR-D2425-10.

Messkurven vom Einschalten eines Ringkerntrafos mit einem Dimmer. 1kVA Ringkerntrafo mit sym. andimmendem Halbleiterrelais eingeschaltet.

Trotz Nennlast löst Sicherung aus, weil Trafo in Sättigung geht.



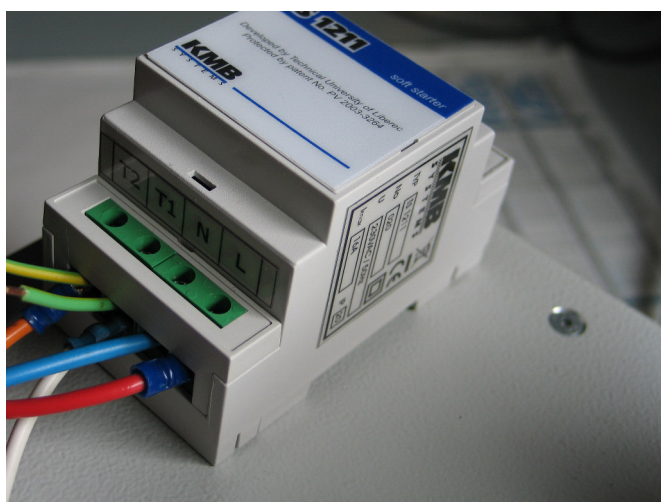
TSEme016.cdr Emeko, Dimmer-auf-Trafo2.cdr

Zweidraht Dimmer sind ungeeignet für Trafos, weil bei geringen Leerlaufströmen die Halteströme für die Halbleiterrelais nicht erreicht werden und dann große dauernd fließende Spitzenströme entstehen.

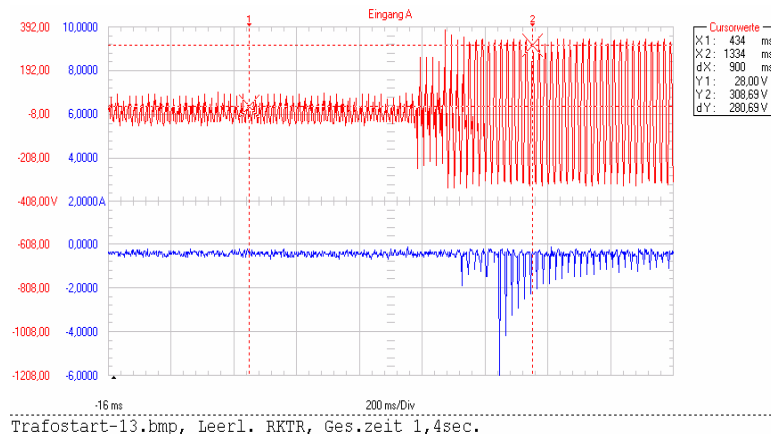
Lösung nr. 14 kostet 122 % mehr als Trafo alleine.

| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfallfest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätzlich Bauteilkosten in % | Verdrahtungskosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|---|-----|---|---|--|------------------|-------------------|------------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| KMB TS-xxxx Trafoschalter Patent von 2006 | 15 | Dimmt bipolar an und vermeidet dabei die Eisen - Kernsättigung vom Trafo. | Kann alle Trafotypen häufig einschalten. Stelltrafos am besten in Schleifer-Nullstellung. Flinke Nennstrom-Absicherung möglich. Keine Halbwellenausfall Erkennung. Nur für 16A. 100 – 400V. Einstellung auf Trafotyp nötig. | Große Elkolasten nach Ringkern trafo schlecht einschaltbar . | Nein | Selten. | Nein | KMB Tschechien | 100 | 120 | 16 | 236 % |

KMB TS xxxx, Z.B. TS1211 Aus der CZ.



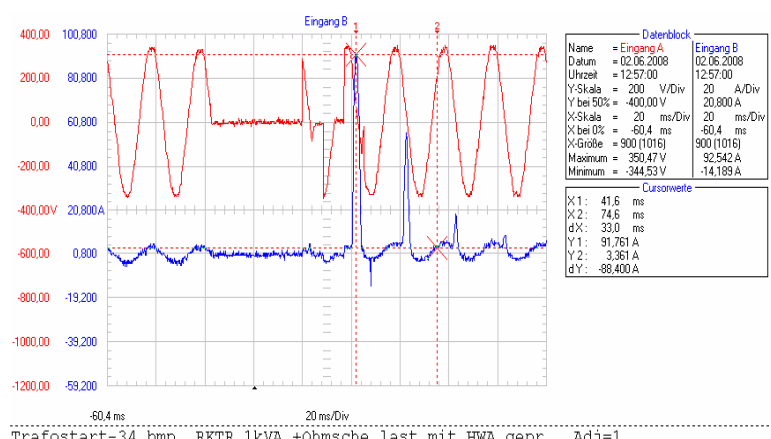
Messkurven vom Einschalten mit KMB TS1211



Inrush bei leer laufendem Trafo.

Dimmt unipolar mit kleinen Stromflusswinkeln ca. 1 Sec. lang, bis sich die Magnetisierung symmetriert hat und dimmt dann schnell auf. Mit internem Bypassrelais, das für die HWA Erkennung aber zu langsam abfällt.

Ist auch Schalter der wie TSRL mit Steuersignal einschaltbar ist.
Ist Patentiert und erkennt beim Aufdimmen Stromspitzen, die dann begrenzt werden.
Beim Volleinschalten entstehen aber Stromspitzen.

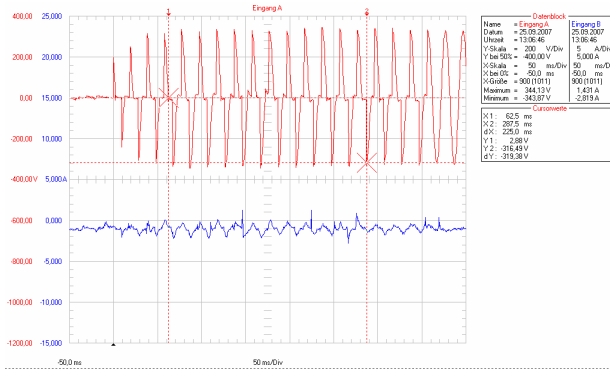
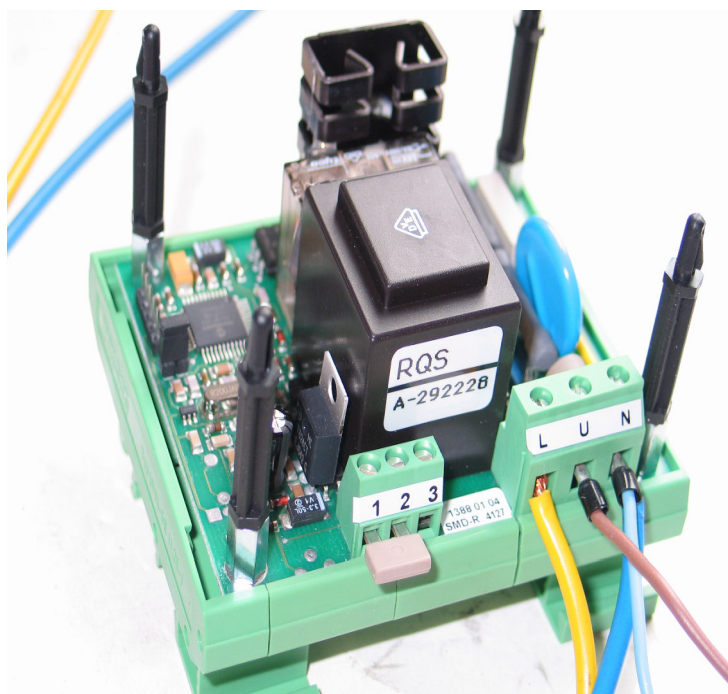


Inrush von 110A nach Halbwellenausfall.

Lösung Nr. 15 kostet 136 % mehr als Trafo alleine.

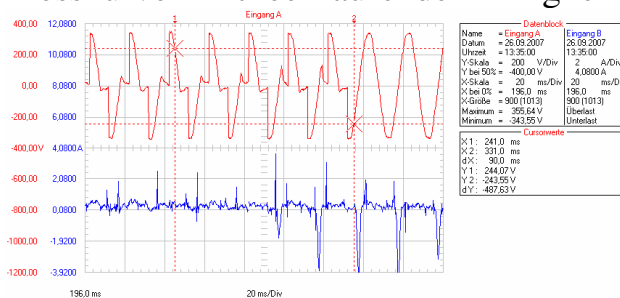
| Variante: | Nr. | Kurzbeschreibung | Vor / Nachteile | negatives Symptom | Kurzschluss fest | Haupts. Anwendung | Halbwellen ausfall-fest | Lieferant | Trafo-Kosten in % | zusätzlich Bauteil Kosten in % | Verdrahtungs-kosten in % | Komplett Kosten pro Stück in % |
|--------------|-----|--|--|--|------------------|-------------------|-------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| REO, ED 1/16 | 16 | Dimmt bipolar an und wartet dazwischen bis die Eisen -Kernsättigung vom Trafo abgeklungen ist. | Kann alle Trafotypen häufig einschalten. Stelltrafos am besten in Schleifer-Nullstellung. Flinke Nennstrom-Absicherung möglich. Keine Halbwellenausfall Erkennung. Nur für 16A. 100 – 400V. Einstellung auf Trafotyp nicht nötig. | Große Elkolasten nach Ringkern trafo schlecht einschaltbar . | Selten. | REO | Nein | Nein | 100 | 145 | 16 | 261 % |

Bild von Reo ED 1/16, mit Triac und Bypassrelais



reo-ed1-16-bild2-leerl rktr

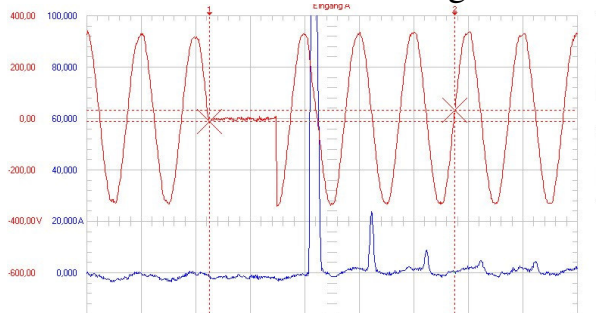
Messkurven mit leer laufendem Ringkerntr.



reo-ed1-16-bild8-rktr-leerl

Dimmt bipolar auf innerhalb 0,5 Sec.

Messkurven von Reo ED 1/16 mit Halbwellenausfall beaufschlagt.



Über 100 A Inrush nach HWA.

Mit internem Bypassrelais, das für die HWA Erkennung aber zu langsam abfällt. Triac nur für 230V und 16A eingebaut.

Ist auch Schalter, der wie TSRL mit Steuersignal einschaltbar ist.

Lösung Nr. 16 kostet 161 % mehr als Trafo alleine.

Variante Nr. 17 ist nicht in der Übersicht enthalten, weil technisch ungenügend.



Nr. 17 ist nur mit Bild erwähnt.

Manchmal werden zum Trafo einschalten sogenannte: momentan-, instant-, **random-schaltende** Halbleiterrelais verwendet. Siehe Bild oben, Nr. 17. Damit entstehen die Einschaltstromspitzen weniger häufig als mit Nullspannungs- schaltenden Halbleiterrelais, aber eine Reduktion in der Höhe der Stromspitzen kann damit nicht stattfinden. Das Schalten mit momentan schaltenden Halbleiterrelais ähnelt dem „Russischen Roulette.“

Die Kosten für die Verwendung von Halbleiterrelais sind ähnlich der Applikation in Variante Nr. 13, dem Scheitelschaltenden Halbleiterrelais. Die ELR und die Sicherungen müssen auf die Höhe vom Inrush ausgelegt werden. Für einen 4 A Primärstrom muss dann ein 125A ELR verwendet werden.

Nullspannungs- schaltende Halbleiterrelais eignen sich am wenigsten zum Schalten von Transformatoren. Für sie gilt das gleiche wie das bei Nr. 17 gesagte.

Fazit:

Trafos mit Hilfswickel, siehe Nr. 8 und 9, sind für Trenntrafos am besten geeignet, weil sie kaum mehr kosten als bei Nr. 1 oder 2, aber viel mehr Sicherheit bieten weil nie ein Einschaltstrom entsteht.

Die TSR, Nr. 5 – 7, sind die richtige Wahl für das Einschalten von allen Arten von Trafos, die eine kleine Sekundärspannung haben. (Für das Einschalten der Last müsste dann beim Hilfswickeltrafo ein extra großer Schütz verwendet werden.)

Die TSR dienen vor allem auch für solche Anwendungen die einen Halbwellenausfall ohne Sicherungsauslösen beherrschen müssen.

Für manche Anwendungen sind die TSRL, wie im Medizinsektor oder bei Einsatzfahrzeugen, sogar vorgeschrieben.

Alle Einschalter, außer die TSR, Nr. 5 - 12, nehmen auf die Ausgangsremanenz * des Trafos keine Rücksicht, bzw. beeinflussen die Remanenzlage nicht vor dem Voll-Einschalten, weshalb das Einschalten ohne Inrush nur den TSR oder den Trafos mit Hilfswickeln gelingt.

*Die Ausgangsremanenz ist die verbleibende Magnetisierung im Eisenkern des Trafos, nach dem Ausschalten und vor dem Einschalten. Die Remanenz ist der Induktionsdichte bei Feldstärke =0. Dargestellt in der Hysteresekurve **. Diese zeigt den Verlauf der

Induktionsdichte B auf der senkrechten Achse, über der waagerechten Achse der Feldstärke H im Eisenkern.

Die Ausgangsremanenz hängt nur vom Ausschaltzeitpunkt des Trafos und von seiner Bauart ab.

Besonders bei Ringkerntrafos ist die Ausgangsremanenz, nach dem Abschalten des Trafos zum Ende einer Spannungshalbwelle, fast so hoch wie die Betriebsinduktionsdichte, weil der Kern keinen Luftspalt hat und deshalb die Hystereseurve senkrecht steht.

**Die Hystereseurve stellt grafisch den Verlauf der Magnetisierung als Induktionsdichte, (Dichte der Feldlinien) B , über der Feldstärke H im Eisenkern dar.

In der Luft ist der Zusammenhang linear, das heißt die Feldliniendichte B , steigt proportional mit der Feldstärke H . Die Luft ist nicht Magnetfeld- sättigbar.

Im Eisen ist im senkrechten Verlauf der Hystereseurve die mögliche Induktionsdichte B ca. 20.000 mal stärker als in Luft, wohl bemerkt bei jeweils gleicher Feldstärke. Daher rührt auch der geringe (Leerlauf-) Blindstrom des Ringkerntrafos.

Der Zusammenhang zwischen B und H wird ab der Sättigung im Eisen sehr nichtlinear, das heißt mit zunehmender Feldstärke im Eisen steigt die Feldliniendichte, die Induktion B , kaum mehr weiter an. Ab der Sättigung des Eisens herrschen die Verhältnisse wie in der Luft. Als wenn das Eisen und damit die Induktivität nicht mehr vorhanden ist.

Ab der Sättigung des Trafoeisenkernes wird der Stromfluss deshalb nur noch von dem Ohmschen Widerstand der Primärwicklung begrenzt. Wenn das dann im Spannungsscheitel geschieht, siehe das Bild beim Scheitelschalter Relais auf Seite 12, dann fließt bei einem 1 kVA Ringkerntrafo bis zum Spannungs-Nulldurchgang ein sehr hoher Strom von $> 200A_{peak}$.

Zusammenfassung: Einschalten eines 1kVA Ringkerntrafos mit 230V.

Reihenfolge für die Varianten Nr. 1 - 16 , aufsteigend sortiert nach der Höhe der Mehrkosten gegenüber dem Trafo alleine.

| Variante Nr. | Beschreibung | Mehrkosten gegenüber Trafo alleine in % | Positive, Negative Eigenschaften | Hauptsächliche Anwendung |
|--------------|--|---|--|---|
| 2 | mit NTC ungebrückt | 34 % | Sicherung löst aus wenn ohne 1 min Pause geschaltet wird. Nur für Trafos unter 500 VA sinnvoll. | Konsum Geräte, dort aber zusätzlicher Aufwand nötig, damit Sicherung nicht auslöst, wenn ohne Pause geschaltet wird. |
| 1 | direkt eingeschaltet | 53% | großer Inrush, erfordert hohe und träge Netz-Absicherung. Nicht ohne Sekundärsicherung und nicht ohne Thermoschalter einsetzen. | Industrie, im Schaltschrank mit Festanschluss und hoher Absicherung. |
| 8 | mit Hilfs- wickel und 16A Schütz | 53% | Flinke Nennstromabsicherung möglich. 100 bis 900V. Häufiges Schalten ohne Pause erlaubt. Schaltpausen nicht unter 40 msec. Kann von jedem Trafobauer ohne Zukaufteile angewendet werden. | alle Trenn-Trafo-Anwendungen wo keine Halbwellenausfall Erkennung gefordert ist. Einschränkung: Nur mit Lizenz von FSM-AG |
| 3 | mit NTC und Relais gebrückt | 56% | Zerstörungsgefahr , wenn ohne 1 min Pause geschaltet. Thermoschalter trennt bleibend. | Industrie, Hobby |
| 4 | mit Vorwid.st. u. mit Relais gebrückt | 71% | Zerstörung wenn zu häufig geschaltet, Thermoschalter trennt bleibend. | Industrie, Hobby |
| 9 | mit Hilfs- wickel und Relaisplat. | 76% | Flinke Nennstromabsicherung. Fern Ein Eingang mit 230V 15mA. Schaltpausen nicht unter 25 msec. Nur für 100 und 230V und 16A | Wie Nr. 8 und alle Trenn-Trafos. Für Anwendungen, wo ein 16A Schütz keinen Platz hat. |
| 13 | mit Scheitel-schalt-ELR | 96% | Bei allen üblichen Trafos, besonders bei Ringkerntrafos Ist ein Einschalten damit nicht möglich, ohne dass große Spitzenströme entstehen. | Nur für Mikrowellenöfen und andere Trafos mit Luftspalt |
| 14 | mit Dimmer-ELR | 122% | Bei allen üblichen Trafos, besonders bei Ringkerntrafos Ist ein Einschalten damit nicht möglich, ohne dass große Spitzenströme entstehen. | Selten, für Ringkern im Leerlauf ungeeignet |

| Variante Nr. | Beschreibung | Mehrkosten gegenüber Trafo alleine in % | Positive, Negative Eigenschaften | Hauptsächliche Anwendung |
|--------------|-------------------------------|---|---|---|
| 15 | Trafo-schalter aus CZ | 136% | Kann alle Trafotypen häufig einschalten. Flinke Nennstrom-Absicherung möglich. Keine Halbwellenausfall Erkennung. Nur für 16A. 100 – 400V. | Selten |
| 5 | mit TSRL Standard bis 32A | 139% | Kann alle Trafotypen häufig einschalten. Flinke Nennstrom-Absicherung möglich. Halbwellenausfall Erkennung möglich. | Primärseitiges Schalten von allen Trafotypen unter Last ohne Pause, auch zusammen mit Niedervolt-Lasten. |
| 6 | mit TSRL mit HWA bis 32A | 156% | Kann alle Trafotypen häufig einschalten. Flinke Nennstrom-Absicherung möglich. Halbwellenausfall Erkennung mit schneller Wiedereinschaltung | Primärseitiges Schalten von allen Trafotypen unter Last ohne Pause, auch zusammen mit Niedervolt-Lasten. |
| 16 | mit Reo-ED1/16 | 161% | Kann alle Trafotypen häufig einschalten. Flinke Nennstrom-Absicherung möglich. Keine Halbwellenausfall Erkennung. Nur für 230V 16A. | Selten |
| 7 | mit TSRLF | 185% | Kann alle Trafotypen häufig einschalten. Flinke Nennstrom-Absicherung möglich. Für Sonderanwendungen wie Elektr. Heizen m. Niedervolt | Primär-seitiges Schalten von allen Trafotypen unter Last ohne Pause, auch Niedervolt-lasten. Trafo takten. Auch für große Trafos mit >32A. |
| 12 | mit TSR neu | 186% | Kann Trafos mit Elkolasten sowie Schaltnetzteile alleine oder nach einem Trafo gut einschalten. Flinke Nennstromabsicherung möglich. Nicht für permanentes Schalten ohne Pause. | Noch in Entwicklung. |
| 10 | Hilfswickel und VME01 | 274% | Flinke Nennstromabsicherung möglich. Erst für große Trafos ab 10kVA wirtschaftlich. | Selten, zu aufwendig für Einphasentrafos unter 10 kVA |
| 11 | mit kl. Vormag. Tr. und VME01 | 393% | Flinke Nennstromabsicherung möglich. Erst für große Trafos ab 10kVA wirtschaftlich. | Selten, zu aufwendig für Einphasentrafos unter 10kVA. |

Datei: Einschalt-Varianten-einphasen-Trafos-übersicht.doc.

Verfasst am 15.01.2016 von EMEKO Ing. Büro, M. Konstanzer.