

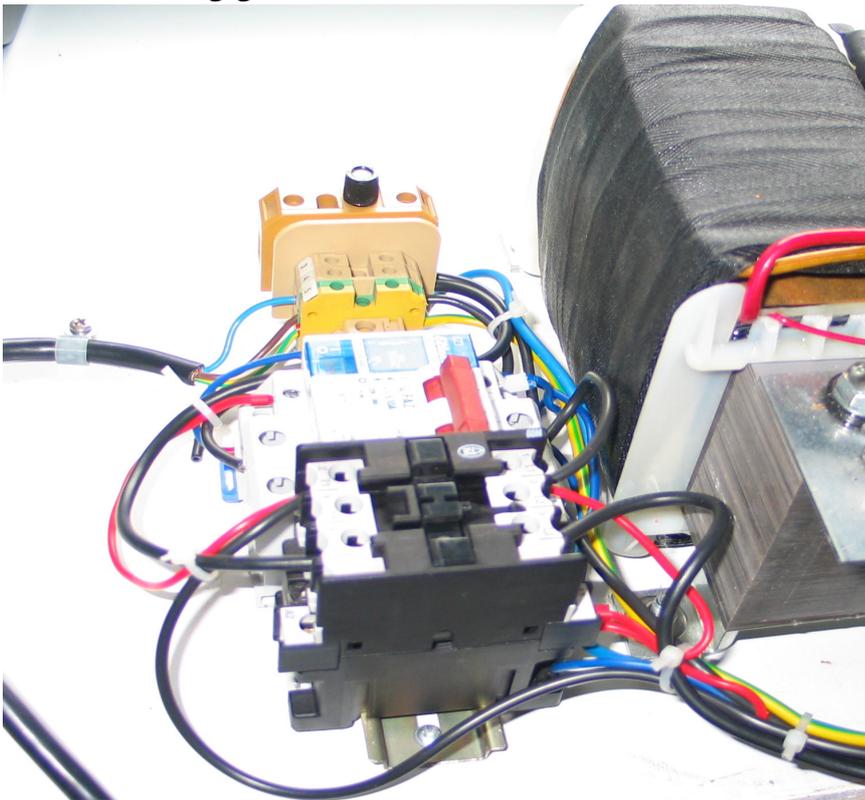
## Transformator ohne Einschaltstrom einschalten.

(Neue Erfindung vom Erfinder der Trafosanfteinschalter:)

Mit einer neuartigen Transformator konstruktion kann man den Einschaltstromstoß vollkommen vermeiden, ohne dass man eine vor geschaltete Elektronik dafür verwendet. Dabei müssen die Trafokonstruktionsparameter nicht wie es bisher nötig war verändert werden, um den Einschaltstrom zu reduzieren.

**Vorteile:** Im belasteten Betrieb tritt weniger Verlustenergie im Transformator auf. (Besonders bei den Transformatoren die Einschaltstrom reduziert sind, treten vermehrt Wirkverluste auf, weil deren Primärspule zur Einschaltstrombegrenzung einen höheren Wirkwiderstand hat.) Umgekehrt führte bisher eine verlustarme Trafoauslegung immer zu einem hohen Einschaltstromstoß, der jedoch mit der neuen Konstruktion auch bei energiesparenden Transformatoren unterbleibt.

**Bild 1:** Zeigt einen Trenntrafo mit einer **Zusatzwicklung**, die siehe Bild 2, permanent am Netzeingang liegt und deshalb beim Einschalten sofort bestromt wird. Die Einschaltvorrichtung besteht lediglich aus einem elektromechanischen Schütz, das die Primärwicklung und die Last etwas verzögert einschaltet. Bei Bedarf kann sogar ein flinker, auf den Nennstrom bemessener Leitungs-Schutzschalter in die Trafozuleitung gesetzt werden.



### Beispiel:

Bisher werden Transformatoren meistens so gebaut, dass ihr Einschaltstrom kleiner als das 12-Fache des Nennstroms ist. – Übliche und besonders verlustarme Transformatoren haben dagegen deutlich höhere Einschaltströme. Trafos mit nur dem 12 fachen Einschaltstrom sind dann größer und schwerer und haben mehr Leerlauf und Last-Stromverluste.

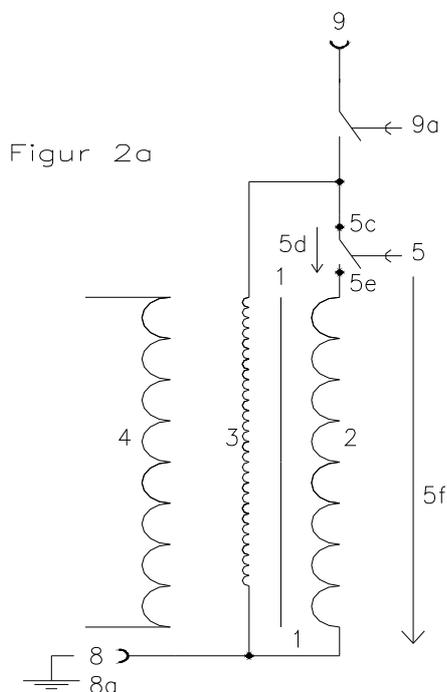


Bei Transformatoren mit zylindrischen Spulenkörpern lässt sich die Zusatzwicklung bei der Herstellung der Trafos in einfacher Weise aufbringen, was nur max. 5% Mehrkosten verursacht. Beispielsweise hat der Primärwickel einen Drahtdurchmesser von 3 mm, der Hilfswickel nur einen Drahtdurchmesser von 0,25 mm.

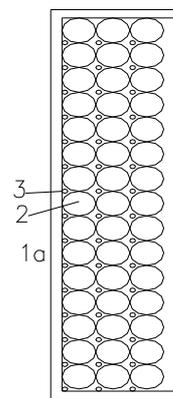
Wie in **Bild 3** dargestellt, passt der Draht der Zusatzwicklung in die Lücken zwischen den Drähten der Primärwicklung, gegebenenfalls unter Verwendung von Isolierfolienzwischenlagen. Der Draht für die Zusatzwicklung kann deshalb zusammen mit dem Draht für die Primärwicklung gleichzeitig aufgebracht werden, weil die Windungszahlen der beiden Wickel gleich sind.

Vorteilhaft ist die wesentlich größere Wärmeleistungsaufnahme des Hilfswickels gegenüber Vorwiderständen, weil der Hilfswickel parallel zum Primärdraht liegend gewickelt wird, was damit auch häufiges Einschalten hintereinander ohne Pausen erlaubt.

**Bild 3:** Wicklungsaufbau und Schaltungsprinzip.



Figur 2b

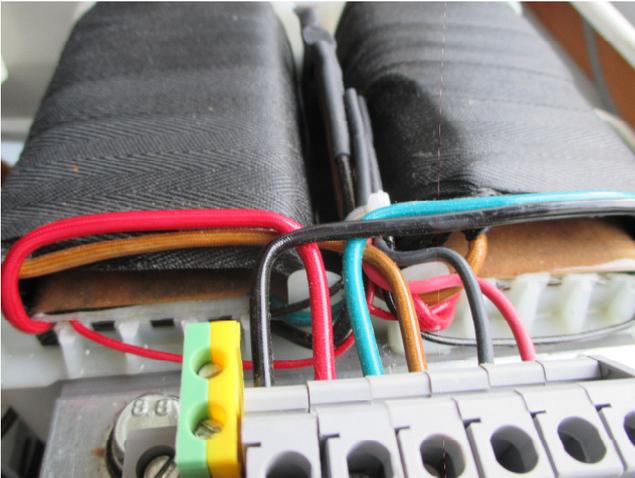


**Legende zu Bild 3:**

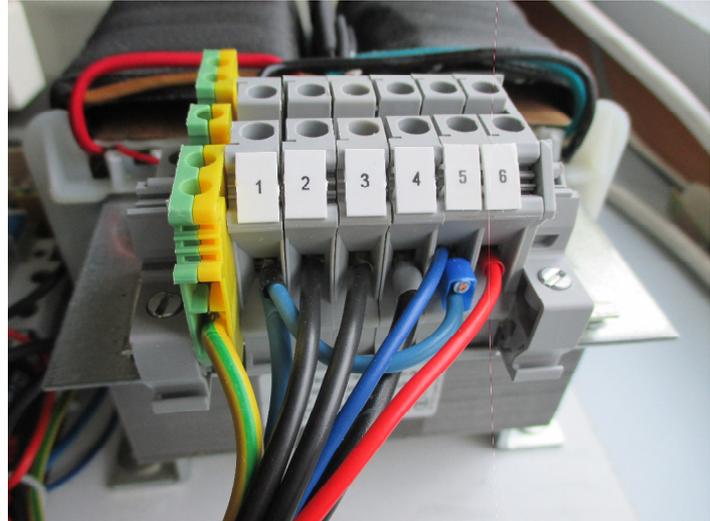
- 1 ist der Eisenkern,
- 2 ist die Primärwicklung,
- 3 ist die Zusatzwicklung,
- 4 ist die Sekundärwicklung
- 5 ist der Volleinschalter,
- 5d ist die Spannung zwischen 5c und 5e,
- 5f ist die Primärspannung,
- 9a ist der Netzschalter.
- 8-9 ist der Netzanschluss.

**Schon nach einer Netzvollwelle ist die Spannung 5f in Verlauf und Form gleich der Netzspannung.**

**Bild 4:** Trafo-Wickel von 2 kVA UI-Trafo:



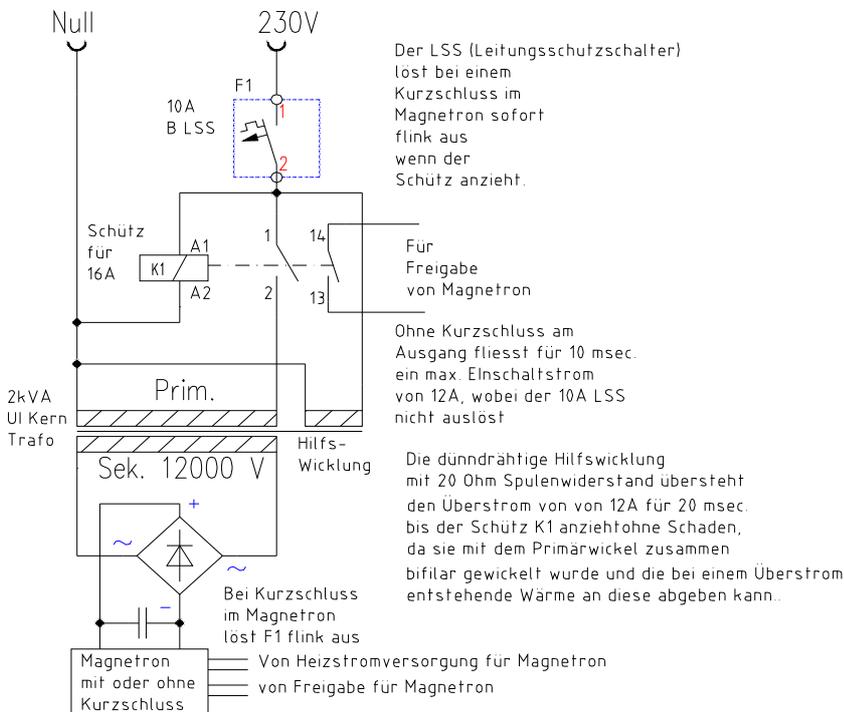
**Bild 5:** Klemmen am 2 kVA UI-Trafo:



Klemmen am Trafo:  
 1, 2 = Primärwickel, 3, 4 = Sekundärwickel,  
 5, 6 = Zusatzwickel. 1-5 sind gebrückt.

**Bild 6** zeigt einen Einphasen Trafo-Schaltvorschlag für eine Stromversorgung für Mikrowellen-Generatoren mit 2kW.

Hochspannungstrafo ohne Einschaltstrom  
 von Einschaltströmen



Patent für Trafo mit Hilfswicklung angemeldet.  
 Siehe auch den Fachbericht mit Bildern und Messkurven über Trafos mit Hilfswickel

HV-trafo-hiwi-2kva-kzschlaaung.dwg  
 EMEKO Ing. Büro Freiburg  
 23.06.2015

Das Netz wird an Null und 230V angelegt. Nach nur 20 Millisekunden wird der Trafo

Voll eingeschaltet. Mit einem anzugsverzögerten Schutz K1 kann auch ein HV-Ausgangskondensator sanft aufgeladen werden, bevor voll eingeschaltet wird. Das Magnetron wird erst nach dem Volleinschalten freigegeben.

## **Die Messdiagramme vom Einschalten des Trafos beweisen die absolute Einschaltstrom-Vermeidung.**

Das Vor-Magnetisieren des Trafos mit der Zusatzwicklung lässt keinen Einschaltstrom zu der größer als der Nennstrom ist, weil die Zusatzwicklung einen wesentlich höheren Widerstand hat als die Primärwicklung. Das Einschalten der Zusatzwicklung geschieht asynchron, also ohne einen nötigen Phasenbezug zu einer Netzspannungshalbschwingung und natürlich ohne auf die Lage der Remanenz achten zu müssen. Das Einschalten der Primärwicklung geschieht beim noch unbelasteten Transformator ebenfalls asynchron ohne Phasenbezug zu einer Netzspannungshalbschwingung mit einer Verzögerung von zum Beispiel 10 - 30 ms nach dem Spannungsanlegen an die Eingangsklemmen.

Strommessungen mit einem Multimeter, (siehe der Text im Bild 2), beim Test mit einem 2 kVA UI-Kerntrafo zeigt, dass die Zusatzwicklung bei Vollast des Trafos nur ein Drittel des ihr möglichen Nennstromes trägt und dass im Leerlauf der Strom in den Hilfswickel weniger als 1% des Leerlaufstromes der Primärspule beträgt, wenn beide Spulen parallelgeschaltet sind, der Trafo aber noch unbelastet ist.

**Testergebnisse:** Bei mehr als 5000 Test-Einschaltungen hat die flinke Nennstrom-Absicherung nie ausgelöst. Auch schnell aufeinander folgende Ein-Aus- und wieder Einschaltungen bringen keine Einschaltströme und überlasten den Hilfswickel nicht, wenn die Schützabfallzeit von ca. 40 ms als Pause eingehalten wird.

Die Einschaltverzögerung des Volleinschaltens wird ohne elektronische Bauelemente herbeigeführt, die folglich auch nicht ausfallen können. Es kann ein Transformator auch mit nach dem Schütz angeschlossener Last sanft eingeschaltet werden.

*---Siehe auch ein separates Video von sich schnell wiederholenden Einschaltungen: Medtrt-takten.MOV beim Verfasser erhältlich.---*

Netzumschaltlücken oder Netzünterbrechungen von 40 ms Dauer oder größer werden von der Steuerschaltung beherrscht.

In der Praxis dauern Netzlücken, wie zum Beispiel beim Umschalten von Stromnetzen, in der Regel länger als 40 ms, weshalb Stromstöße bei Netzwiederkehr dann nicht vorkommen können, wenn die gezeigte Vorrichtung verwendet wird. Schon das Aus- und Einschalten mit einem elektromechanischen Schütz, der vor dem Transformator angeordnet ist, dauert wegen der Abfall- und Anzugszeit dieses Schützes länger als ca. 50 ms.

Natürlich können für das Einschalten der Primärwicklung auch wesentlich größere Schütze mit mehr Stromtragfähigkeit als nötig verwendet werden, diese bringen eine größere inhärente Verzögerung bis zum Volleinschalten, die sich überhaupt nicht negativ auf die Einschaltstromvermeidung auswirkt.

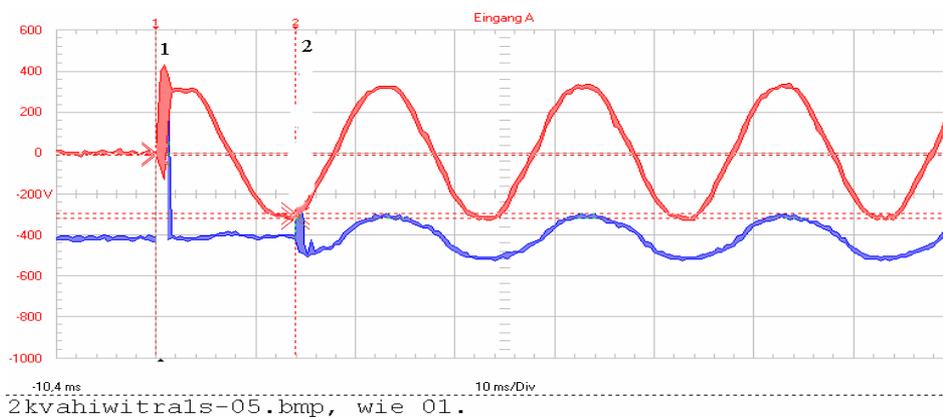
(Ein Patent für die Konstruktion und das Sanfteinschaltverfahren für 1- und 3-Phasen-Trafos mit Hilfswicklung zur Einschaltstromvermeidung ist seit Juli 2014 angemeldet.)

**Die folgenden Messkurven zeigen das sanfte Einschaltverhalten des Trafos, wenn, wie in Bild 2 gezeigt, nur ein Schütz verwendet wird, dessen Spule von der Primärwicklung gespeist wird.**

Der Zeitmaßstab ist bei allen folgenden Kurven 10 ms pro Div.

**Bild 7:** Einschaltverhalten eines 2 kVA UI Trenntrafos mit Zusatzwicklung mit der Ansteuerschaltung nach Bild 2, mit angeschlossener Last.

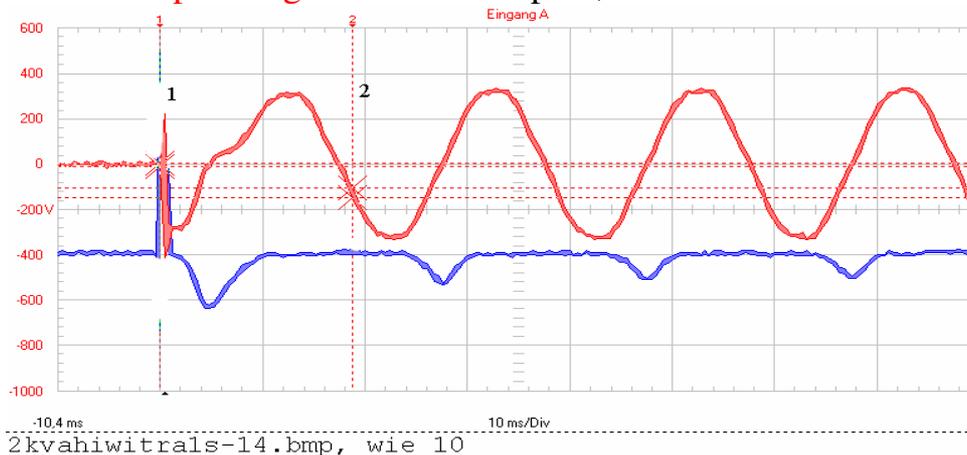
Oben die Spannung an der Primärspule, der Maßstab ist 200V / div.. Unten den Strom aus dem Netz. Der Maßstab ist 5 A pro Div.



Beim **Cursor 1** wird das Netz an die Eingangsklemmen gelegt. Zufällig entsteht kein kleiner Einschaltstrom. Nach dem Volleinschalten der Primärspule mit dem Schütz beim **Cursor 2** fließt sofort **nur der Laststrom**, was auf die vollkommene Vermeidung der Kernsättigung hinweist. (Die **schmalen Spitzen** auf den Kurven entstehen durch die Schaltfunken der Kontakte, welche in die Messung einkoppeln, und sind keine realen Signale. Die **Spitzen** auf der Spannungskurve zeigen das Netzschalter-Kontaktprellen beim Netzeinschalten.) Eine Schütz-Anzugsverzögerung von nur 14 ms hat hier genügt.

**Bild 8:** Einschaltverhalten eines 2 kVA UI Trenntrafos mit Zusatzwicklung mit der Ansteuerschaltung nach Bild 2 ohne angeschlossene Last.

Oben die Spannung an der Primärspule, unten den Strom aus dem Netz.

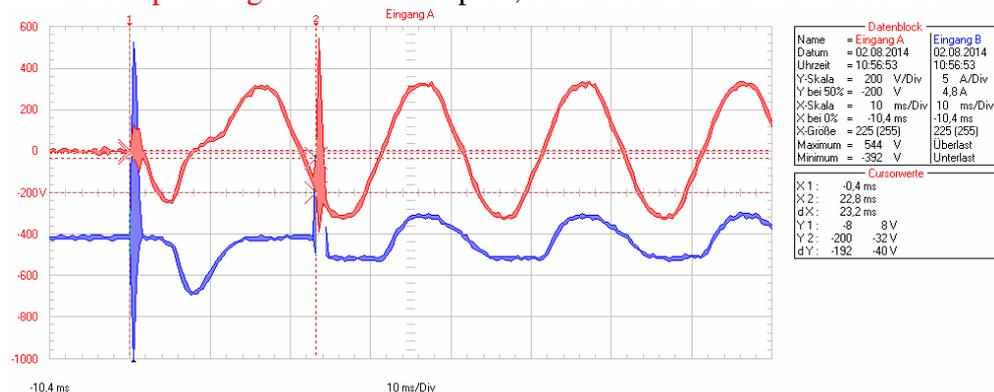


Beim **Cursor 1** wird die Netzspannung an die Eingangsklemmen gelegt. Zufällig entsteht nach 5 msec. ein kleiner Einschaltstrom von nur 5,5A peak. --Durch den Stromanstieg und wegen des inneren Spannungsabfalls und der damit verbundenen kurzzeitigen Reduktion der Induktion, bricht die Spannung an der Primärspule deshalb kurzzeitig etwas ein. Aber schon das ungedämpfte Erscheinen der ersten positiven Spannungshalbwelle, die einen regelrechten Verlauf zeigt, beweist das regelrechte Durchlaufen der Hystereseurve.-- (Die Spannungszeitfläche treibt die Induktion im Kern entlang der Hystereseurve.) Nach dem Volleinschalten der Primärspule mit dem Schütz beim **Cursor 2** fließt der abklingende begrenzte Einschaltstrom von weniger als dem Nennstrom weiter. Die Anzugsverzögerung des Schützes bis zum Volleinschalten war hier 19 ms.

Weil der normale Induktionsverlauf sich schon nach sehr kurzer Zeit einstellt, kann danach das Einschalten der Primärspule deshalb an einem beliebigen Punkt des Netzspannungs- Verlaufes geschehen, weil die Spannung an der Primärspule schon vor ihrem Einschalten durch den Schütz, zu jedem Zeitpunkt exakt parallel zur Netzspannung verläuft.

Bild 9: Zeigt das Einschaltverhalten eines 2kVA UI Trenntrafos mit Zusatzwickel mit der Ansteuerschaltung nach Bild 2 und angeschlossener Last, mit nur einem Schützschalter.

**Oben die Spannung** an der Primärspule, **unten den Strom** aus dem Netz.

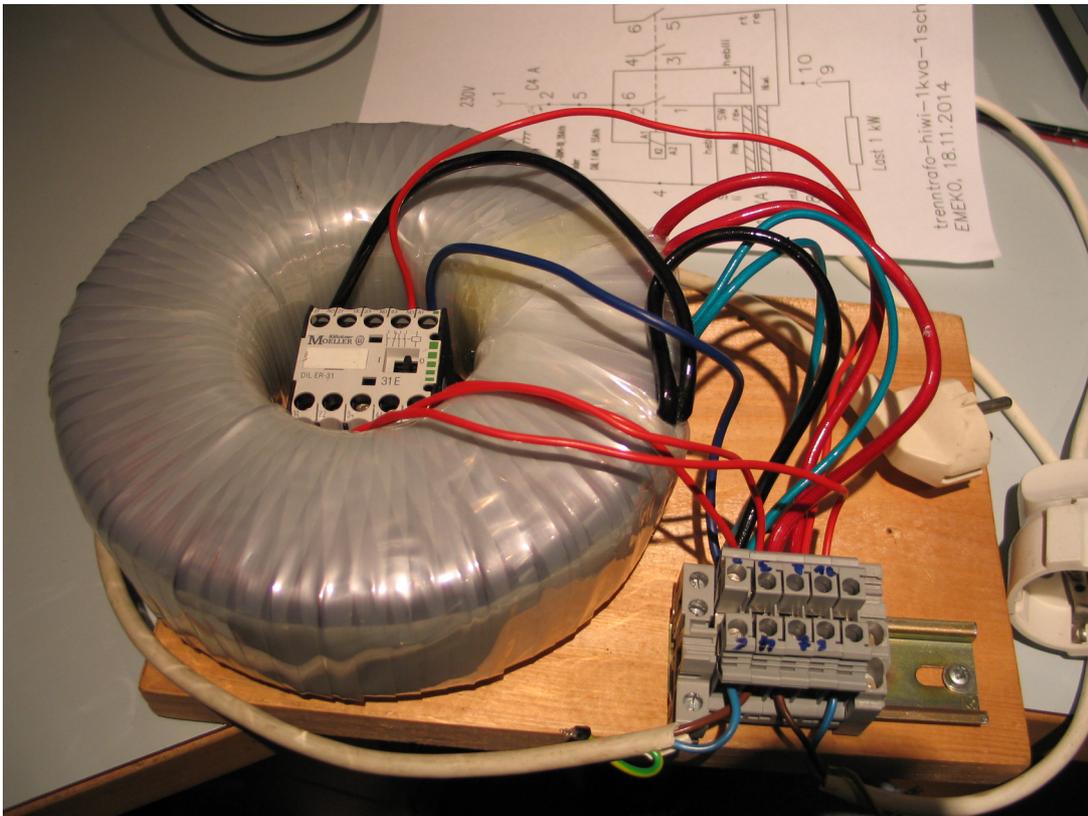


2kvahiwitrals-06.bmp, wie 01.

Beim **Cursor 1** wird die Netzspannung an die Eingangsklemmen gelegt. Zufällig entsteht ein kleiner Einschaltstrom von nur 7A peak. Durch den Stromanstieg und wegen des inneren Spannungsabfalls und der damit verbundenen kurzzeitigen Reduktion der Induktion, bricht die Spannung während dem Stromimpuls durch die Zusatzwicklung, an der Primärspule nur kurzzeitig etwas ein. Der geringe negative Einschaltstrom klingt ab und es fließt nur der Laststrom.

**Bild 10.**

Bei einem Ringkerntrafo kann das notwendige Sanft-Einschaltenschutz sogar im Kern-Restloch untergebracht werden. Hier ist ein nur provisorischer Aufbau zu sehen.



Der Trenn-Trafo ohne Einschaltstrom benötigt damit nicht mehr Platz als ein herkömmlicher Ringkerntrafo, der normalerweise einen sehr hohen Einschaltstrom verursacht. Der Trafo mit Zusatzwicklung kann somit auf geringsten Wirkverlust ausgelegt werden, weil auf den Einschaltstrom keine Rücksicht mehr genommen werden muss. Das heißt, der Kernquerschnitt muss nicht vergrößert und die Primärwicklung muss nicht hochohmiger gemacht werden. Auch müssen keine zusätzlichen Luftspalte zur Remanenzverminderung in den Kern eingebracht werden.

Speziell für Trenntransformatoren oder Trafos mit höherer Ausgangsspannung als die Primärspannung, eignet sich diese Vorrichtung besonders, weil dabei mit nur einem Schütz der Trafo- Ein- und Ausgang mit den Schütz-Kontakten gleicher oder geringerer Strombelastung geschaltet werden kann, weil der Trafo-Ausgang ja den gleichen oder geringeren Strom liefert, als der, der in den Trafo-Eingang hineinfließt.

Transformatoren deren Ausgangsströme deutlich größer sind als die Eingangsströme müssen am Ausgang mit größeren Schützen als für den Eingangsstrom geschaltet werden, weil ja der Ausgangsstrom die nötigen Kontaktströme bestimmt. Für solche Anwendungen eignen sich dann besser die Transformatorschaltrelais.

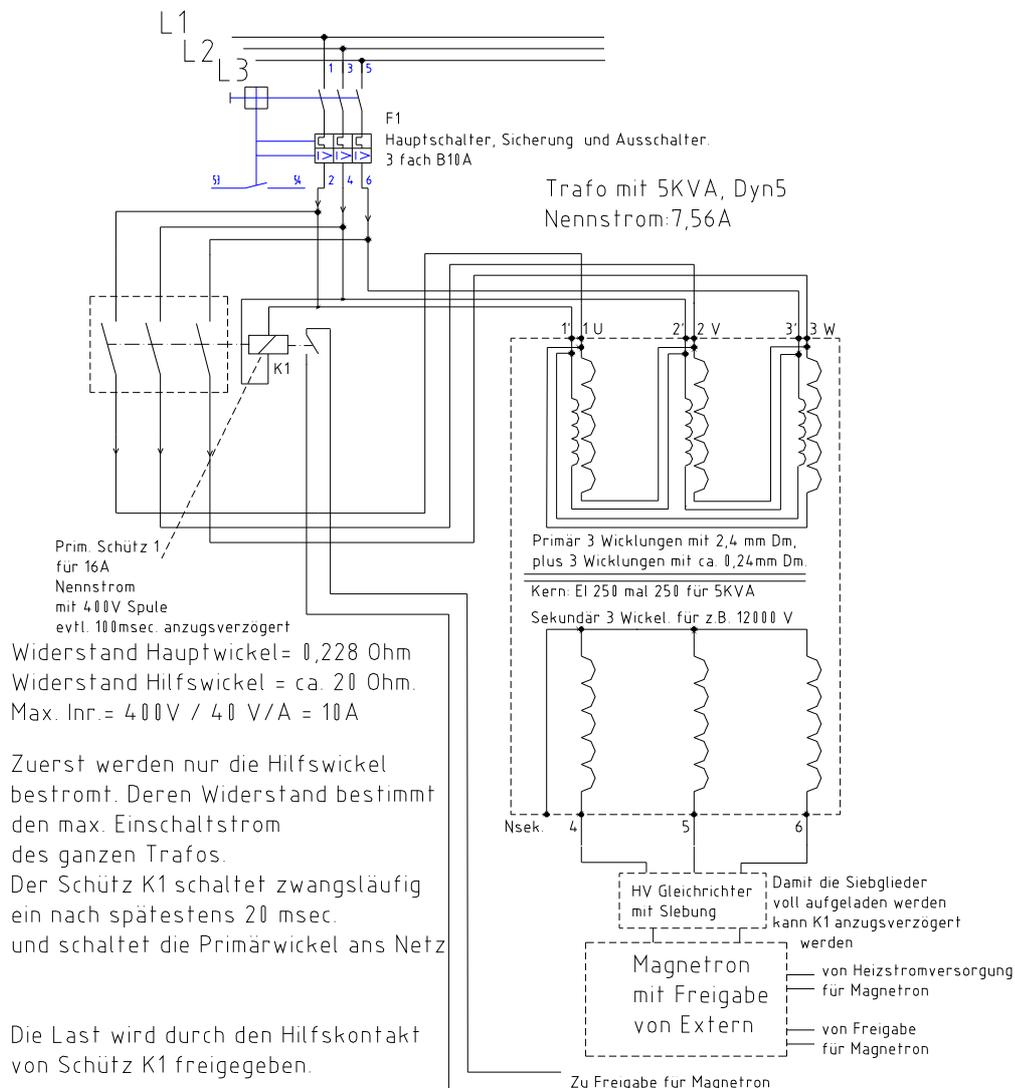
Bei Trafolasten die separat freigegeben werden, wie zum Beispiel bei Mikrowellengeneratoren, eignet sich das Prinzip ebenfalls. Die Magnetron Freigabe kann nach dem Einschalten der Hochspannung über den Heizstrom oder eine Gittersteuerung erfolgen. Siehe der unten gezeigte Vorschlag

## Bild 11 zeigt einen Schaltvorschlag für einen Drehstromtrafo mit Hilfswickel zum Betreiben eines Mikrowellengenerators für 5kW.

Stromversorgung für Magnetron

Verlustarmer Trafo ohne Einschaltstrom

Zum Patent angemeldet



Word/fzart-d/Transformator ohne Einschaltstrom einschalten.doc.

Freiburg den 24.06.2015, EMEKO Ing. Büro, M.Konstanzer, Erfinder und Kundenberater für die Firma FSM-AG.