

Drehstromtrafo-Sanfteinschalter:

Trafo-Sanfteinschalter unterbinden die so gefürchteten Einschaltstromstöße (siehe Heft 4/94). Mikrocontrollergesteuerte TSE 30 schalten nun gleich mehrere Einphasentrafos zusammen, vor allem aber Drehstromtrafos jeder Art und Schaltgruppe, unabhängig von ihrer Belastung stromstoßfrei ein. Das Verfahren ist nicht nur von der Güte des Eisenkerns, der Induktionshöhe und Existenz eines Luftspaltes unabhängig, sondern läßt auch noch stromsparende Drehstromtrafos mit bis zu 30 % Gewichts- und Volumeneinsparung zu.

Start ohne Spitzen

Zweck des Sanfteinschalters ist es, einen Drehstromtrafo dann erst voll einzuschalten, wenn die Magnetflüsse in den einzelnen Schenkeln mit der Netzspannung vollkommen synchron laufen. (Ein bipolares, symmetrisches Dimmen bringt im Gegensatz zu dem neuen Verfahren das Trafoeisen auch bei Standardtrafos immer schon beim Dimmen in Sättigung.) Zum Verständnis seiner Arbeitsweise ist es wichtig, sich die Wirkung von

Der Einschaltstromstoß

Spannung und Strom im Netztrafo anhand der bekannten Hystereseurve noch einmal klarzumachen (Abb. 1):

Die auf die Trafospule wirkende Netzspannungszeitfläche erzeugt eine Magnetflußänderung im Eisenkern. Trafospule und -eisen sowie Netzspannung und -frequenz sind so aufeinander abgestimmt, daß im stationären Betrieb am Ende jeder Netzspannungshalbwelle die Magnetisierung im Eisen sich jeweils genau auf den Wende-

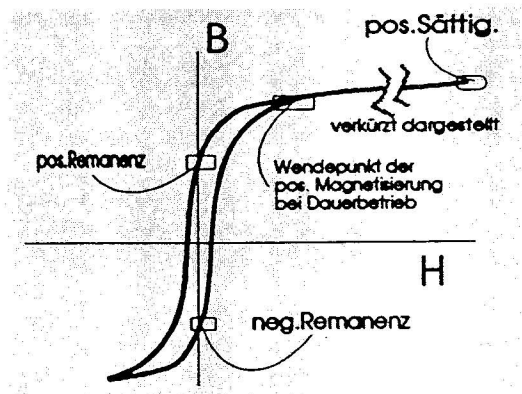


Abb. 1: Typische Trafo-Hystereseurve

punkten der Hystereseurve befindet. Spannungszipfel transportieren die Magnetisierung innerhalb der Hystereseurve je nach Polarität auf oder abwärts und je nach Spannungszeitfläche mehr oder weniger stark. Ist die Magnetisierung am Ende der Hystereseurve angelangt, kann sie nur durch Verbreiterung der Spannungszipfel

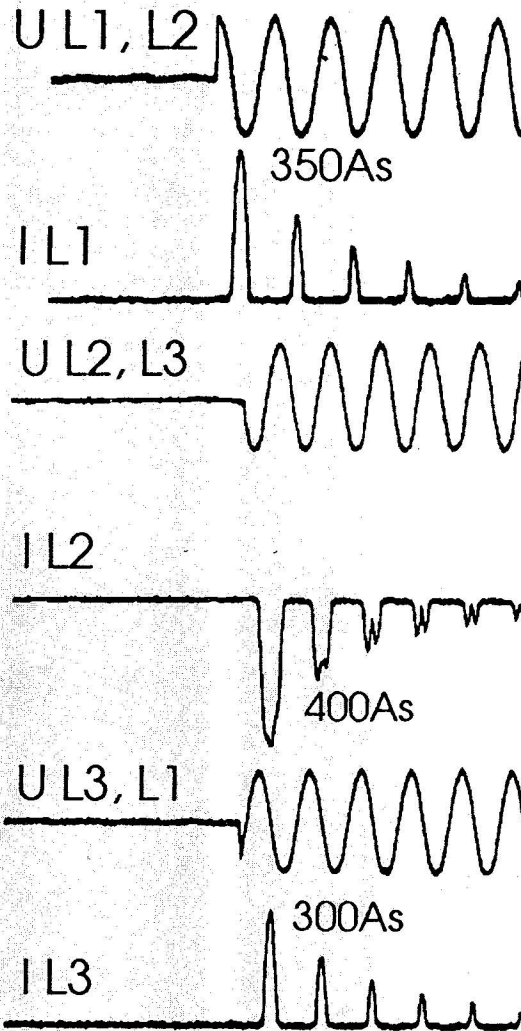
Sanfteinschalten

über die Betriebshysteresekurve hinaus gebracht werden. Nach dem Ende eines Spannungszipfels läuft die Magnetisierung wieder zum Remanenzpunkt zurück, wenn sie sich zu Beginn eines zur Remanenz gleichpoligen Spannungszipfels schon dort befunden hat.

Der Strom in den Trafoleitern zeigt rein ohmschen Charakter, wenn eine Last am Trafo angeschlossen ist und der Eisenkern sich nicht in Sättigung befindet. Er hat rein induktiven Charakter, wenn das Trafoeisen am Ende eines Spannungszipfels oder einer Halbwelle in Sättigung geht. Am leerlaufenden Trafo ist kein Strom zu messen, wenn die Magnetisierung innerhalb der Betriebshysteresekurve liegt. (Blindleistungsverluste seien hier vernachlässigt.) Spannungen an nicht bestromten Trafowickeln, beispielsweise bei nichtleitenden Thyristorschaltern im TSE, zeigen an, daß eine der Spannungshöhe entsprechende Flußänderung im zugehörigen Trafoschenkel stattfindet.

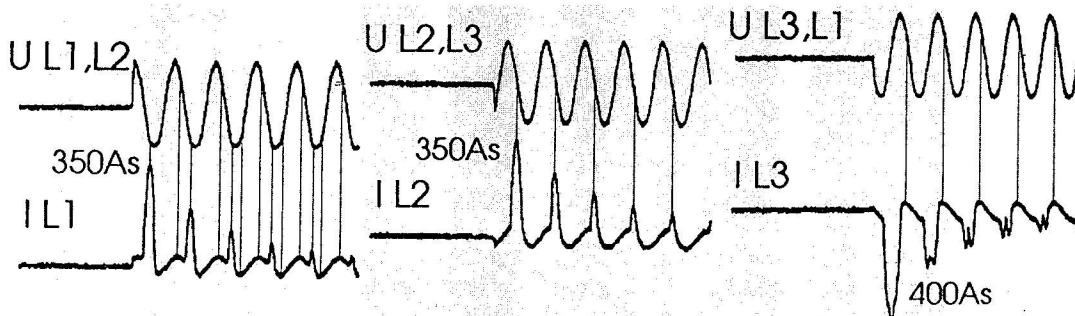
Schaltet man Drehstromtrafos ans Netz, so entsteht genau wie bei Einphasentrafos ein großer Einschaltstromstoß. Je nachdem, wie Polarität und Stärke der Trafoeisenremanenz in den einzelnen Schenkeln sowie die Phasenlage der Netzspannung der drei Leiter beim Direkteinschalten zusammentreffen, ist der Stromstoß in den einzelnen Phasen größer oder kleiner.

In **Abb. 2** sind die größten Einschaltströme eines leerlaufenden 20-kVA-Modulkern-Trafos in den verschiedenen Netzleitern abgebildet. Dieser Trafotyp arbeitet bauartbedingt mit einem geringen Luftspalt, weshalb die Remanenz geringer ist als bei wechselseitig geschachtelten Trafos und der Einschaltstromstoß daher nur etwa zehnmal so



▲ **Abb. 2:** 20-kVA-Drehstromtrafo mit Modulkern (Schaltgruppe DY 5) im Leerlauf direkt eingeschaltet

▼ **Abb. 3:** Trafo wie unter **Abb. 2** mit halber Nennlast



groß ist wie der Nennstrom. Abb. 3 zeigt denselben Trafo bei halber Nennlast. Man sieht, daß die Höhe der Blindstromspitze des Einschalt-

**Dimmen
mit dem TSE**

stromes überhaupt nicht von der Last abhängt, weil sie bei Leerlauf und Last gleich hoch ist. Die unipolaren Remanenz-Setz-Spannungszipfel der Leiterspannungen sind so gepolt, daß in allen drei Schenkeln des Trafokerns ein Fluß derselben Richtung entsteht. Die Spannungszipfel werden

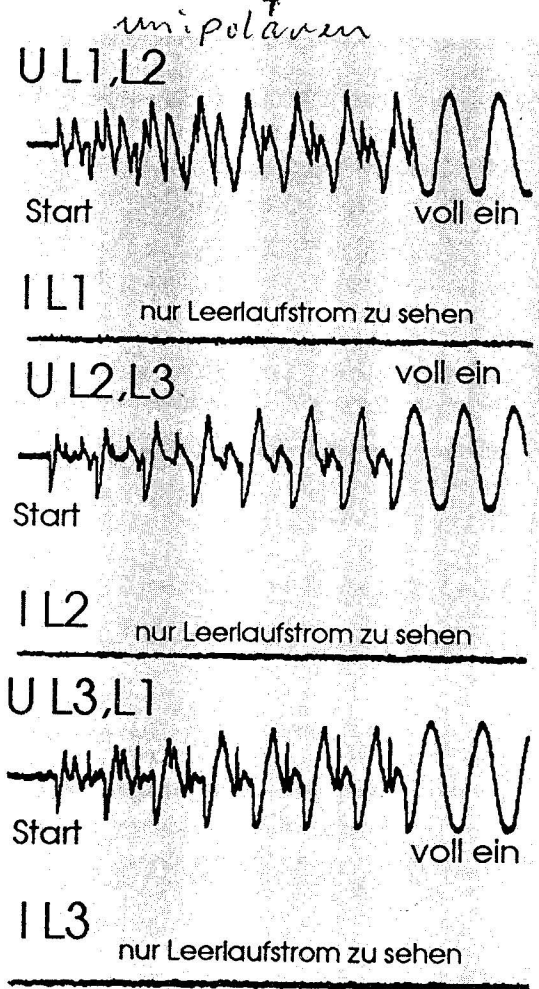
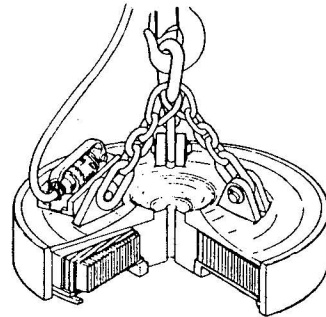


Abb. 4: Trafo wie unter Abb. 2 im Leerlauf mit dem TSE 30 eingeschaltet

ema 9/94

**SPEZIAL-REPARATUR-
WERKSTATT FÜR
LASTHEBEMAGNETE**



Auf Wunsch:
ANO-FOL oder DRAHTSPULE NOMEMEX-
umwickelt. Wir wickeln auch Spulen
mit Profildraht.

Ausführung:
WASSERDICHT verschweißt

Garantie:
2 JAHRE

Service:
KOSTENLOSE ANLIEFERUNG
UND ABHOLUNG

Referenzen im In- und Ausland

FRITZ HIMMELMANN

Lasthebemagnete

45481 Mülheim a. d. Ruhr
Düsseldorfer Straße 238,
Postfach 0107 72
Telefon (02 08) 42 30 20,
Telex-Nr. 8 56 076 himag d
Telefax (02 08) 42 37 80

WIR LIEFERN AUCH FERTIGE
MAGNETSPULEN NACH IHREN
MASSANGABEN,
ODER SIE GEBEN UNS IHRE
MAGNETTYPE UND FABRIKAT
BEKANNT.

Sanfteinschalten

am Anfang der Remanenz-Setz-Zeit kontinuierlich bis zu einem eingestellten Endwert vergrößert (gedimmt), der dann bis zum Ende der Remanenz-Setz-Zeit beibehalten und auch für das Volleinschalten verwendet wird. (Das unipolare Andimmen ist bei Trafos in Dreieckschaltung zum Vermeiden von Einschwingstromspitzen nötig, bis sich der Magnetfluß in den Trafoschenkeln symmetriert hat.)

Ist die Remanenz-Setz-Zeit von ca. 200 ms abgelaufen, werden die beiden zuerst angelegten Leiterspannungen - mit derselben Spannungszipfelbreite beginnend wie für die Spannungszipfel während des Remanenzsetzens - nacheinander

eingeschaltet. Sind diese beiden Leiterspannungen voll wirksam, ist automatisch auch die dritte Leiterspannung zugeschaltet, da, um zwei Leiterspannungen an den Transformator anzulegen, alle drei Stellglieder leitend sein müssen.

Abb. 4 beinhaltet den Einschaltvorgang mit dem TSE 30 am gleichen, unbelasteten Trafo, wobei auf jede Trafowicklung unipolare, in diesem Fall nur negativ gepolte Spannungsabschnitte mit zuerst steigender und dann konstanter Breite gegeben werden. Es ist zu ersehen, wie anschließend ohne Einschaltstromstoß voll eingeschaltet wird. In Abb. 5 ist die Wirkungsweise des TSE 30 am gleichen, aber nun belasteten Trafo dargestellt. Auch hier ist kein Einschaltstromstoß feststellbar. Die Funktion des Drehstromtrafo-Sanfteinschaltverfahrens ist am besten an der am belasteten Trafo gemessenen und in Abb. 5 gezeigten Wir-

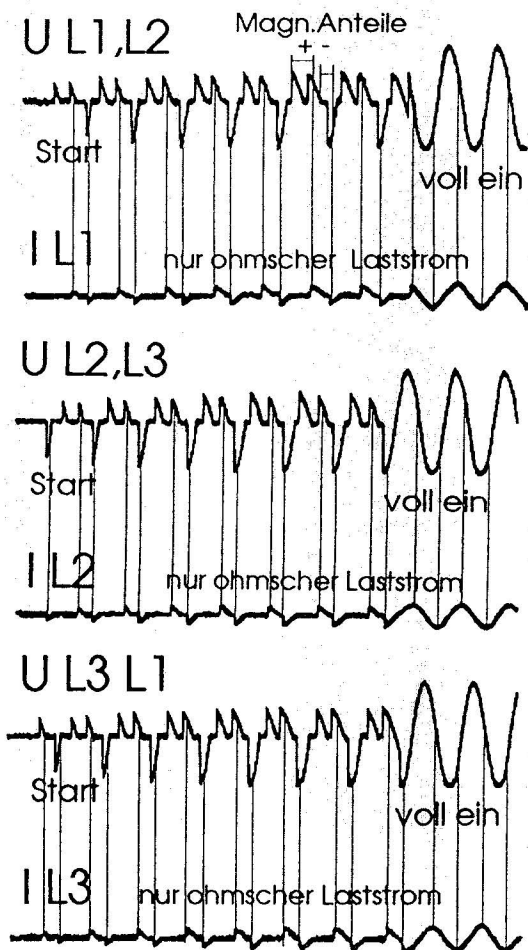


Abb. 5: Trafo wie unter Abb. 2 bei halber Nennlast mit dem TSE 30 eingeschaltet

Eisenkern nie in Sättigung

kung zu verstehen: In allen Netzleitern fließt immer nur der ohmsche Laststrom. Deutlich erkennbar ist, daß immer nur negativ gepolte Spannungszipfel, zwischen den Leitern am Trafo gemessen, auf diesen gegeben werden. Die treibenden, also vom Netz kommenden negativen Spannungszipfel, sind die mit der großen Amplitude. Die positiven, hintereinander liegenden Spannungszipfel sind die jeweils von den anderen Leitern und Trafowicklungen herrührenden induzierten Spannungsanteile, sind also Antwortzipfel.

Der induzierte Fluß zur Erzeugung eines Antwortzipfels beträgt nur die Hälfte des erzeugenden Flusses, weil die positiven 'Antwortspannungszipfel' auch nur halb so groß wie die erzeugenden negativen Spannungszipfel sind. Da erstere aber in doppelter Anzahl vorliegen und andererseits die Spannungszipfel die Magnetisierungsänderung bewerkstelligen oder diese im Antwortzipfel anzeigen, ist einzusehen, daß die Magnetflüsse in den einzelnen Schenkeln des Trafos hin und her bewegt werden und das Eisen dabei niemals in Sättigung gerät, was der symmetrische und nur ohmsche Strom beweist.

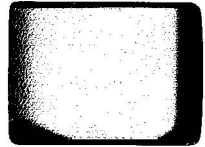
An der Wirkung von Spannung und Strom, am Trafo gemessen, ist also die Funktion des Sanft-

einschaltverfahrens zu verstehen. Eine genauere Erklärung dieser Arbeitsweise ist sehr umfangreich - sie war Inhalt einer Diplomarbeit - und würde den Rahmen des Fachartikels sprengen. Mit dem Verfahren läßt sich außerdem ein stetiger Dimmer für optimierte Drehstromtrafos aufbauen, der ohne Blindstromerzeugung arbeitet. Herkömmliche, symmetrische Dimmer können nur weiche und luftspaltbehafete Trafos mit

Nach Einschaltvorgang überbrückt

abgesenkter Induktion und erhöhter Kurzschlußspannung dimmen. Über den TSE (mit Hilfsspannung oder -kontakt auch fern-) eingeschaltete Drehstromtrafos sind gegenüber direkt eingeschalteten Trafos bis zu 30 % kleiner, leichter und dabei noch stromsparender auslegbar. Die Einschalthäufigkeit ist unbegrenzt. Statt eines Motorschutzschalters kann man flinke B-Typ-Sicherungsautomaten, für den

Nennstrom dimensioniert, benutzen. Nach dem Volleinschalten wird der TSE sofort von einem Bypass-Schütz, dessen Anziehen er selbst kontrolliert, überbrückt. Im übrigen ist er so auch gegen große Kurzschlußströme gesichert. Bei Phasenausfall schaltet er sofort aus bzw. gar nicht erst ein. Der Sanfteinschalter kann auch mit einer beim Remanenzsetzen wirkenden, vorausschauenden Sicherung ausgerüstet werden. Bei Kurzschluß oder beispielsweise ab zehnfacher Überlast schaltet er dann nach den ersten kleinen Spannungszipfeln gar nicht weiter ein. Damit ist er beim Einschalten für die 40-A-Version auch kurzschlußfest, wenn der Nennstrom und die Sicherung größer 16 A sind. Der zehnfache Nennstrom für eine Netzhälfte, diese Überlast hält er aus, wird am Thyristor dann nie überschritten. Der TSE ist für Hutschienenmontage vorgesehen und braucht nur so viel Platz wie drei dem Nennstrom entsprechende Schütze. Zahlreiche Applikationsbeispiele, Liefernachweise und weitere Informationen liegen beim Autor, Michael Konstanzer, Tel.: 0761/5159 440, vor. □





Bauer Elektromotoren GmbH
 Spezialist für Kollektormaschinen + Getriebemotoren
 Sachverständiger für Ex-Prüfungen
**Wir wickeln Ihre Dreh- und Gleichstromanker
 von 4,0 - 600 KW bzw. 2t. Gewicht.
 Fordern Sie unser Angebot an!**

53129 Bonn · Burbacher Straße 216 · Tel. 02 28/9 17 85 -0 · Fax 02 28/9 17 85 - 16
 53545 Linz a. Rhein · Im Rosengarten 1 · Tel. 0 26 44/24 58 · Fax 0 26 44/65 29



Reinhardt
Kammertrockner

- Horizontale, oder vertikale turbulente Luftumwälzung
- gleichmäßige Erwärmung des Trockengutes
- geeignet für Wärmebehandlungs- und Trocknungsprozesse aller Art bis 300°C und darüber, für verschiedene Heizmedien
- Standardmodelle für unterschiedlichste Anwendungen mit Innenabmessungen (BxHxT) von 600x600x600mm bis 2500x2500x6000 und größer
- preisgünstig und kurzfristig lieferbar

Ernst Reinhardt GmbH/Maschinenbau
 Postfach 18 80 · Güterbahnhofstraße 1 · D-78048 VS-Villingen · Germany
 Telefon 0 77 21/ 5 20 03 · Telefax 0 77 21/ 5 64 17 · Telex 792 514

