

Cool bleiben

Trends und Möglichkeiten beim Gestalten von Trafos mit sanfteinschaltenden Relais

Anstatt mit einem Schütz oder Hauptschalter, kann man einen Transformator auch mit Transformator-Sanfteinschaltern (TSE) ein- und ausschalten. Das sind spezielle Halbleiterrelais, die den Einschaltstromstoß in allen Einschaltfällen und auch bei Netzanomalien vermeiden. Damit ist es möglich, Transformatoren so zu bauen, daß Ihr Primär- und Sekundärwicklungswiderstand so klein wie möglich ist.

MICHAEL KONSTANZER*

Aus Gründen geringerer Herstellungskosten werden Einphasentransformatoren heute ab einer Größe von 2 bis 3 kVA ausschließlich mit Eisenkernen aus kornorientierten Blechen gebaut. Diese Kerne haben eine höhere Betriebsinduktion, geringere Eisenverluste, aber auch eine höhere magnetische Remanenz nach dem Ausschalten, wodurch der Einschaltstromstoß höher wird als

mit den früher verwendeten DIN-Blechkernen. Der beim Einschalten nur wenige Netzhalfwellen dauernde Stromstoß, der einem zeitweisen Kurzschluß gleichkommt, wird im schlechtesten Fall dann nur durch den Kupferwiderstand der Trafo-Primärwicklung begrenzt.

Dieser Nachteil der höheren Einschaltstromstöße wird nun auf den ersten Blick kostensparend umgangen, indem die Trafowicklungen hochohmiger ausgelegt werden, was die Stromstöße wieder vermindert. Die Wicklungen werden dafür mit zusätzlichen Kühlluftkanälen und einer für hohe

Temperaturen ausgelegten Isolation versehen. Dadurch können die Wickeldrähte dünner und die Wicklungen mit leichterem Gewicht gebaut werden, was bei der Herstellung Kosten spart und eben den Einschaltstromstoß dämpft.

Ringern um jedes Prozent Wirkungsgrad

Technisch gesehen ist das jedoch ein Rückschritt, weil durch die höhere Verlustwärme beim Betrieb des Trafos mehr Energie verbraucht wird als nötig. Oft muß die Schaltschrankbelüftung dann aufwendiger werden, denn die Trafos sind meistens in einem Schaltschrank eingebaut, oft zusammen mit der Steuerlektronik.

Aus EMV-Gründen sind dann in solchen Fällen störstrahlungsdichte Schaltschränke gefordert und offene Kühlluftschlitze deshalb zu vermeiden. Eine aktive Kühlung mit beispielsweise einem Wärmetauscher oder einem Filterlüftergerät läßt die am Trafo eingesparten Kosten dann beim Trafokunden wieder steigen. Die Kosten werden also nur verlagert. Ein Trafo mit so wenig Verlusten wie möglich wäre wohl wünschenswert, ist aber bisher wegen des dann automatisch hohen Einschaltstromstoßes bezüglich der Absicherung nicht mehr beherrschbar.

Bei Schaltnetzteilen kann man zur Zeit gut beobachten, wie deren Wirkungs-

grad stetig nach oben klettert: Dort wird um jedes Prozent Verbesserung gerungen. Wieso sollte das für die noch mehr Energie übertragenden Transformatoren nicht auch gelten? Anstatt mit einem Schütz oder direkt mit einem Hauptschalter, kann man einen Transformator auch mit Transformator-Sanfteinschaltern (TSE) ein- und ausschalten: Das sind spezielle Halbleiterrelais, die den Einschaltstromstoß in allen Einschaltfällen und auch bei Netzanomalien vermeiden (Bild 1).

Vor dem Einschalten werden die Trafos mit einem patentgeschützten Verfahren während rund 0,1 s vormagnetisiert. Damit ist es möglich, Transformatoren so zu bauen, daß Ihr Primär- und Sekundärwicklungswiderstand so klein wie möglich ist. Dadurch werden beim Betrieb des Trafos beträchtliche Stromkosten eingespart. Der Einschaltstromstoß wird mit dem Einsatz des Trafosanfteinschalters vermieden.

Keine zusätzliche Wärme

Aufgrund der höheren Kupferanteile ist solch ein Trafo für sich alleine betrachtet zwar teurer, doch schon nach einer kurzen Betriebszeit von weniger als einem Jahr ist der teurere Trafo, der per Sanfteinschaltrelais statt mit einem Schütz geschaltet wird, über die Einsparung von Stromkosten amortisiert. Die Kosteneinsparungen bei

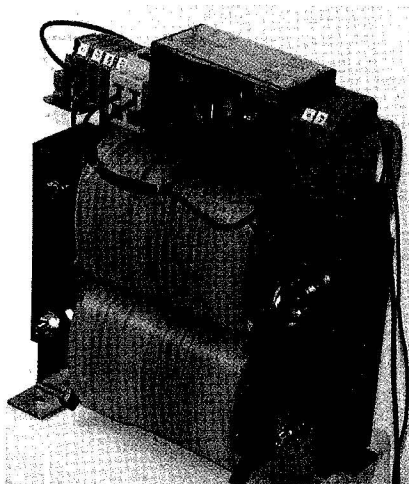


Bild 1: Einphasentrafo für 10 kVA mit Klemmen, Leitungsschutzschaltern und Sanfteinschaltrelais.

*Michael Konstanzer ist Inhaber des Ingenieurbüros Emeko-Ingenieurbüro Elektronik-, Mechanik-Entwicklungen Konstanzer in Freiburg.

Bilder: Autor

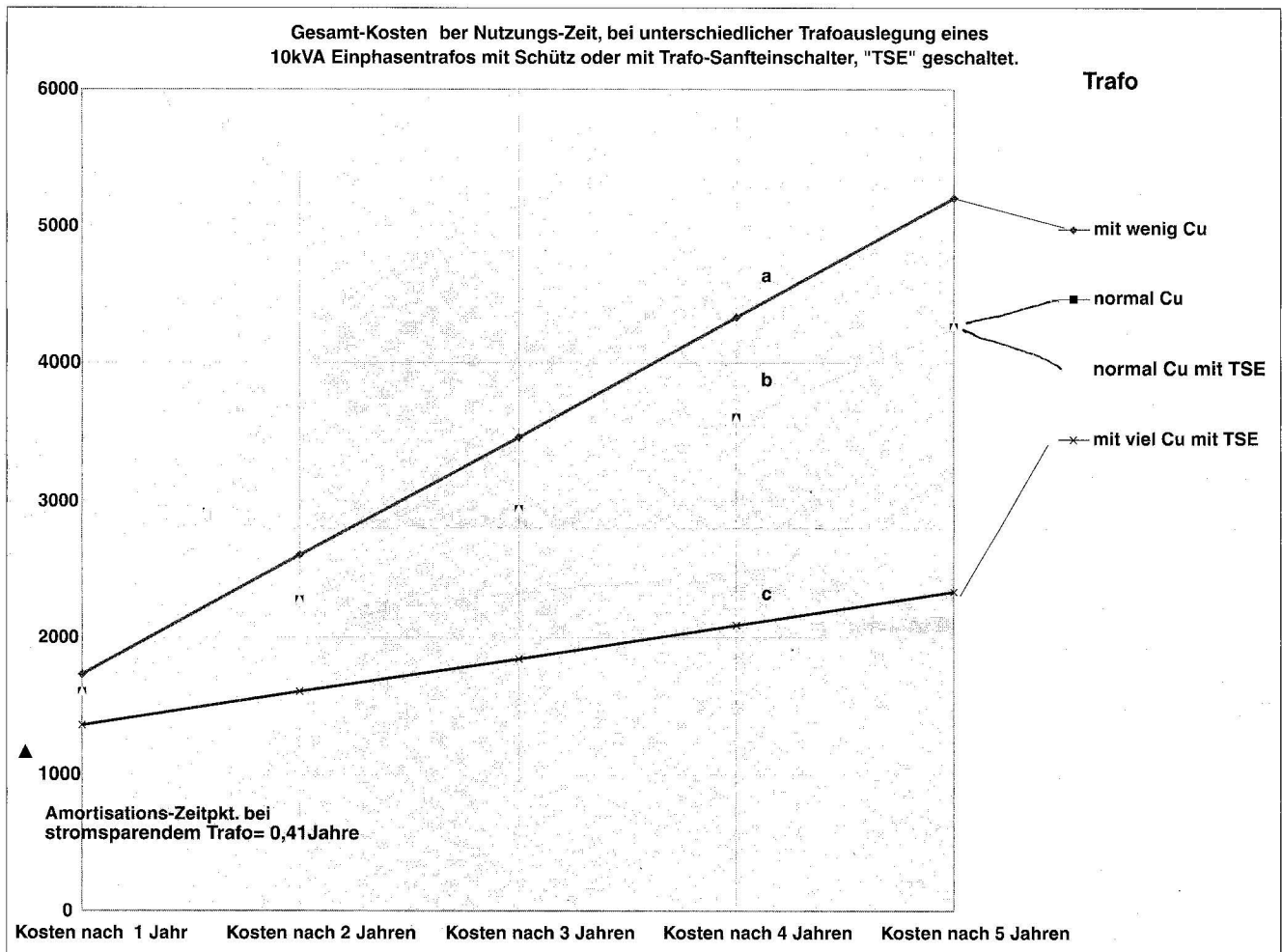


Bild 2: Anschaffungs- und Betriebskosten bei verschiedener Trafoauslegung:

- a: mit wenig Kupfer gewickelt; sehr heißer Trafo mit Erwärmung auf 170 °C;
- b: mit normaler Kupferwicklung; heißer Trafo mit Erwärmung auf 140 °C, (a und b entsprechen der heutigen Praxis);
- c: mit viel Kupfer gewickelt; „cooler“ Trafo mit Erwärmung auf 100 °C zusammen mit Transformator-Sanfteinschaltrelais.

der einfacheren Schalt-schrankbelüftung sind dabei nicht mitgerechnet. Das Sanfteinschaltrelais ist jedoch in die Kosten miteingerechnet. Bei Schaltraten, die geringer sind als sechsmal je Minute, brauchen die Sanfteinschaltrelais keine Kühlkörper mehr, weil die Halbleiterschalter intern mit Relais gebrückt werden. Es wird also nicht, wie bei üblichen Halbleiterrelais, zusätzlich Wärme produziert. Wenn Transformatoren häufiger ein- und ausgeschaltet werden sollen wie in Prüffeldern oder Heizanwendungen mit Niedervoltheizelementen, ergeben sich ebenfalls neue technische Möglichkeiten aufgrund des Schaltens mit Sanfteinschaltrelais. Das Relais schaltet dann die Last zusammen mit dem Trafo.

Hierbei sind die Einsparungen noch größer, weil das bisher verwendete Schaltschütz und der überdimensionierte Leistungsschutzschalter eingespart werden können. Bei größeren Stückzahlen wird die Rechnung

noch günstiger für den verbrauchsoptimierten Trafo zusammen mit dem Sanfteinschaltrelais, weil die fixen Stromverbrauchskosten bestehen bleiben, die Gestehungskosten für die Trafos und die Installations-

technik jedoch sinken. Das Bild 2 zeigt ein Beispiel einer Auswertegratik einer Kalkulation für einen 10-kVA-Einphasennetztrenntrafo, der in drei Varianten ausgelegt ist und dessen Stromsparsversion mit dem Sanfteinschaltrelais betrieben wird. Fazit: Bereits nach 0,4 Jahren kann die Anschaffung eines verbrauchsoptimierten, „coolen“, Einphasennetztransformators mit einer Größe von 10 kVA amortisiert sein. Solch ein Trafo wird zum Beispiel zusammen mit einem Sanfteinschaltrelais zum Beheizen von Preßformen mit Niedervoltheizern eingesetzt.

Flinkes Auslösen u. Nichtauslösen 25A-B-Typ-Leistungsschutzsch. mit Stromimpulsen < 10ms zum Ende einer Netzhalbwell

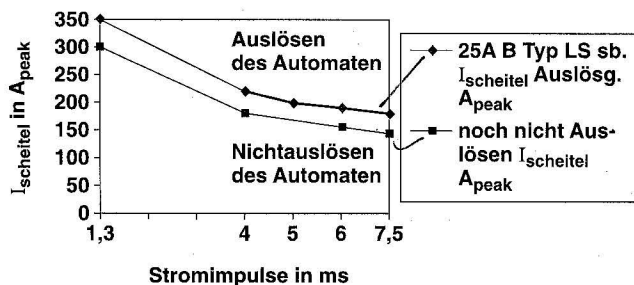
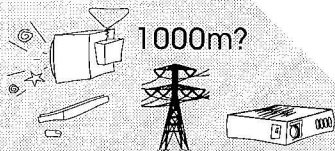


Bild 3: Flinkes Auslöseverhalten von einem 25-A-Leistungsschutzschalter (Typ B) bei Stromstößen, die kürzer als 10 ms sind.

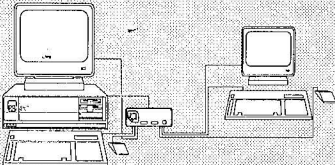
Netzanomalien im Griff

Auch die für Trafos sehr unangenehmen Netzanomalien wie Halbwellendefekte, die aufgrund von Umschalt-

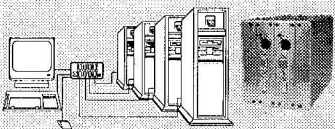
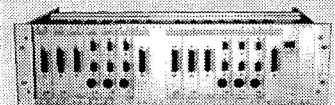


Monitor, Tastatur, Maus und Drucker bis zu 1000m entfernt vom PC mit Glasfaser! Auflösung neu! bis 1280x1024

Kürzere Längen mit Kupfer.



Zwei Arbeitsplätze an einem PC!

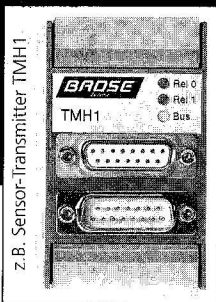


max. 15 PCs an 1x Monitor/Tastatur/Maus

IHSE GmbH, 88669 Markdorf, Postfach 1104
 ☎ 07544/71071 ✉ 07544/72375
 URL: <http://www.ihse.de> eMail: eMail@ihse.de

▲ Leserdienst-Kennziffer 54

Meßtechnik am Feldbus



z. B. Sensor-Transmitter TMH1

- RS485-Bus
- intelligentes Sensor-Interface
- parametrierbar
- DIN 66348 kompatibel

BROSE Systeme GmbH
 Kienitzer Straße 98 · D-12049 Berlin
 Tel.: (030) 62 70 91 93 · Fax: (030) 62 70 91 95

BROSE
 Systeme

▲ Leserdienst-Kennziffer 55

STROMVERSORGUNG

Das Arbeitsblatt zum Thema

Excel hilft bei Trafokalkulationen

Die beim Öffnen eines konventionellen mechanischen Schalters unter Last aufgrund von Ausschaltfunken entstehenden EMV-Störungen lassen sich mit dem Einbau von Sanfteinschaltrelais ebenfalls vermeiden, weil sie immer im Stromnulldurchgang ausschalten.

In Zusammenarbeit mit einem TrafHersteller hat der Autor herausgefunden, wie diese verbrauchsoptimierten Trafos berechnet und gebaut werden müssen und welche Kosten für Trafo, Schalter und Absicherung bei den unterschiedlichen Bauweisen entstehen: In einem Excel-Kalkulationsblatt sind alle technischen Daten und alle Kosten von drei möglichen Trafo-Varianten für eine bestimmte Trafoleistung eingetragen.

In einer Auswertegrafik lassen sich die Anschaffungs- und die Betriebskosten aller drei Varianten über die Nutzungsdauer entnehmen.

Die Varianten für einen 10-kVA-Einphasentrafo sind in der Legende der Grafik benannt. Die Kosten gelten für ein Stück, bei einer Betriebszeit von 5000 h im Jahr. Der Autor hat solche Vergleichstabellen außerdem für 3- und 5-kVA-Einphasen- und für 50-kVA-Drehstromtransformatoren berechnet.

Das Ingenieurbüro Emeko schickt Interessenten auf Wunsch das Excel-Kalkulationsblatt gegen eine Schutzgebühr von 10 DM als Diskette zu:
 Fax: ~~0594 2553-100~~

vorgängen in den Stromnetzen nach Auskunft der EVU-Verbände über hundertmal im Jahr entstehen, werden von den Sanfteinschaltrelais beherrscht: Der Trafo wird nach einer Netzanomalie sofort ausgeschaltet und nach Netzwiederkehr definiert neugestartet, ohne daß zuvor ein Stromstoß entstehen konnte, der in diesem Fall zum Auslösen aller auch überdimensionierten, vorgeschalteten Sicherungen führen würde. Verbrauchsoptimierte Trafos reagieren auf solche Netzanomalien heftiger als Trafos bisheriger Bauweise. Das Auslöseverhalten von Leitungsschutzschaltern mit B-Charakteristik wurde zusammen mit den Sanfteinschaltrelais im Trafoausgangs-Kurzschlußfall ausgemessen:

Es zeigt sich, daß beim Einschalten des Trafos mit dem Sanfteinschaltrelais auf einen Kurzschluß, also während der dem Relais eigenen Vormagnetisierungsphase, mit den charakteristischen Spannungsimpulsen mit einer Breite von etwa 2,5 ms zum Ende einer Netzhalbperiode hin, die Leitungsschutzschalter sicher auslösen und daß die Kurzschlußströme von den Sanfteinschaltrelais sicher ohne Schaden beherrscht werden. Die Kurzschlußein-

schaltversuche wurden deshalb extra an einer besonders niederohmigen Netzquelle ausgeführt, so daß Zuleitungswiderstände nicht zum Strombegrenzen beitragen konnten.

Spart Kosten

Selbst bei einem konstruierten Kurzschlußfall, der erst eintritt, wenn das Sanfteinschaltrelais nach dem letzten Vormagnetisierungszipfel sofort voll einschaltet, oder einer Überlast, oder selbst bei einem schwachen Kurzschluß, der bei der Vormagnetisierungsphase die Leitungsschutzschalter noch nicht auslöst, sondern erst beim Volleinschalten, betrug der maximale Scheitelstrom beim Volleinschalten am Beginn einer Netzspannungshalbperiode bis zum flinken Auslösen des Leitungsschutzschalters nach rund 3 ms nur 480 A_{peak}. Gemessen wurde dieser Strom mit einem Sanfteinschaltrelais für 63 A, das am Ausgang kurzgeschlossen, mit einer Einspeisung von 230 V direkt mit einem kurzen Kabel eines Querschnitts von 6 mm² an einer 2000-A-Nennstrom-Stromschiene angeschlossen und mit einer 100-A-NH00-Schmelzsicherung und einem 50-A-B-Typ-Leitungs-

schutzschalter abgesichert war.

Die Schmelzsicherung und der Leitungsschutzschalter haben den im Volleinschalten, beim Spannungsnulldurchgang beginnenden Überstrom bis zum Abschalten nach 3 ms auf 520 A_{peak} begrenzt. Nach dem Beseitigen des Kurzschlusses war das Sanfteinschaltrelais wieder voll betriebsbereit. Bild 3 zeigt das flinke Auslöseverhalten von einem 25-A-Leitungsschutzschalter (Typ B) bei Stromstößen, die kürzer als 10 ms sind. Die Werte für 50-A-Leitungsschutzschalter (Typ B) liegen etwa um Faktor 1,5 höher als beim 25-A-Leitungsschutzschalter (Typ B). So spart die Kombination verbrauchsoptimierter Transformator plus Sanfteinschaltrelais plus flinker Absicherung mit Leitungsschutzschalter auf Nennstrom ausgelegt, je nach Anwendungsbedingungen bereits nach 0 bis 2 Jahren Kosten ein und bringt mehr Sicherheit gegen Überlastung des Transformators und vermeidet EMV-Störungen beim Schalten des Transformators.

Weitere Informationen zum Thema bekommen Sie über den Leserservice:

421