

## Transformator-Sanft-Einschalter sparen Kosten

*Der Trend zur Kostensenkung bei Trafos bringt Risiken mit sich. Die eingesparten Kosten bei der Herstellung führen zu höheren Systemkosten im Betrieb. Einen Ausweg bieten verbrauchsoptimierte Trafos, deren hoher Einschaltstrom führt jedoch zu Problemen bei der Absicherung. Werden diese Trafos nun mit Sanfteinschaltrelais geschaltet, sind Kosteneinsparungen bereits nach kurzer Zeit möglich.*

### Niedrige Herstellungskosten können teuer werden

Einphasen-Transformatoren ab einer Größe von 2-3 kVA werden heute ausschließlich mit Eisen-Kernen aus kornorientierten Blechen gebaut. So können die Herstellungskosten gesenkt werden. Die Kerne bringen eine höhere Betriebsinduktion und geringere Eisenverluste. Nachteilig ist jedoch eine höhere magnetische Remanenz nach dem Ausschalten. Dadurch ist der Einschaltstromstoß größer als bei früher verwendeten DIN-Blech-Kernen.

Um diesen Nachteil kostensparend auszugleichen, werden die Trafowicklungen durch die Verwendung dünnerer Wickeldrähte hochohmiger ausgelegt und so die Stromstöße wieder vermindert. Doch dafür wird der Preis höherer Wärmeverluste gezahlt. Die Wicklungen werden dafür mit zusätzlichen Kühlluftkanälen und einer für hohe Temperaturen ausgelegten Isolation versehen. Da die Wicklungen mit leichterem Gewicht gebaut werden,

bringt die Dämpfung des Einschaltstroms eine weitere Senkung der Herstellungskosten. Es scheint als hätten die Trafowickler gleich zwei Fliegen mit einer Klappe erschlagen.

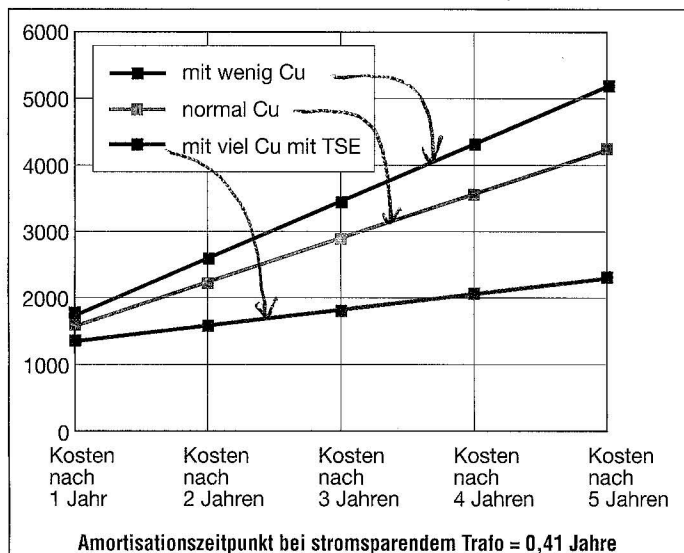
### Optimierung ist möglich

Obwohl bei der Herstellung Kosten gesenkt werden konnten, ist diese Entwicklung, **technisch gesehen, ein Rückschritt.** Durch die höhere Verlustwärme beim Betrieb des Trafos wird mehr Energie verbraucht als nötig. Oft wird die Schaltschrankbelüftung aufwendiger, da die Trafos zusammen mit Steuerelektronik in einem Schrank angeordnet sind. Aus Gründen der EMV sind dann störstrahlungsdichte Schaltschränke gefordert. Die jetzt erforderliche aktive Kühlung durch beispielsweise einen Wärmetauscher oder ein Filter-Lüftergerät läßt die am Trafo eingesparten Kosten beim Trafokunden wieder steigen. Es ist also ratsam, nicht nur auf die Kosten einzelner Bauteile, sondern auf die gesamten Systemkosten oder Folgekosten zu achten.

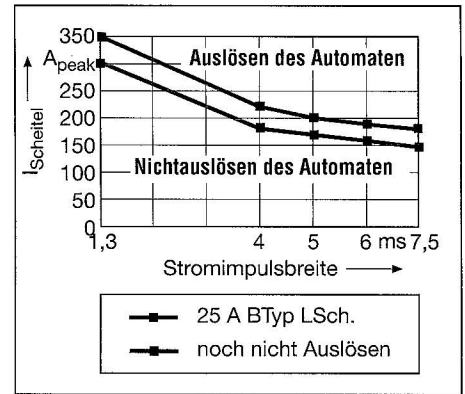
Ein Trafo mit höherem Wirkungsgrad scheint aber an den Folgen des zu hohen Einschaltstromes zu scheitern. Einen Lösungsansatz bietet hier die Verwendung von Transformator-Sanfteinschaltern (TSE). Die Vorzüge dieser Technologie wurden vom Autor bereits im ep Heft 6/96, S. 478 dargestellt.

### Trafos mit TSE

Die intelligenten Halbleiterrelais schalten den Trafo ein bzw. aus. Vor dem Einschalten werden die Trafos mit für die Fraunhofer Gesellschaft patentgeschützten Verfahren während ca. 0,1 s vorma-



**Bild 1. Gesamtkosten bei unterschiedlicher Trafosauslegung eines 10-kVA-Einphasentrafos**



**Bild 2. Auslöseverhalten eines Leitungsschutzschalters 25 A bei Stromimpulsen**

gnetisiert. So wird ein Einschaltstromstoß in allen Einschaltfällen ebenso vermeiden wie bei Netznormalien. Dadurch ist es möglich, Trafos zu bauen, deren Primär- und Sekundärwicklungswiderstand so klein wie möglich ist. Beim Trafobetrieb können beträchtliche Stromkosten eingespart werden.

### Nachprüfbar für Fachleute

Durch intensive Zusammenarbeit mit einem Trafofersteller wurden verbrauchsoptimierte Trafos berechnet. In einem Excel Kalkulationsblatt sind alle technischen Daten und alle Kosten von drei möglichen Trafo-Varianten für eine bestimmte Trafoleistung eingetragen. Aus einer Auswertegrafik, siehe **Bild 1**, sind die Anschaffungs- und die Betriebskosten aller drei Varianten über die gesamte Nutzungsdauer ersichtlich.

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 p.a.

### Kurzschlußsicherheit

Bei einem konstruierten Kurzschlußfall, der erst eintritt, wenn das Sanfteinschaltrelais nach dem letzten Vormagnetisierungsanzipfel sofort voll einschaltet, betrug der max. Scheitelstrom beim Voll-einschalten nur 480 A (vom Beginn einer Netzspannungshalbwelle bis zum Auslösen des flinken Leitungsschutzschalters nach ca. 3 Millisekunden). Das gleiche Ergebnis ergab ein Versuch bei Überlast oder bei einem schwachen Kurzschluß, der bei der Vormagnetisierungsphase die Leitungsschutzschalter noch nicht auslöst. Gemessen wurde dieser Strom mit einem Sanfteinschaltrelais für 63 A, welches am Ausgang kurzgeschlossen und mit einer Einspeisung von 230 V direkt durch kurze 6 mm<sup>2</sup> Kabel an einer Stromschiene mit 2000 A Nennstrom angeschlossen war. Die Absicherung erfolgte mit einer 100 A NH 00 Schmelzsicherung und einem 50 A B-Typ Leitungsschutzschalter. Die Schmelzsicherung und der Leitungsschutzschalter haben den im Volleinschalten (beim Spannungsnulldurchgang)

beginnenden Strom bis zum Abschalten nach 3 Millisekunden auf 520 A begrenzt.

Nach dem Beseitigen des Kurzschlusses war das Sanfteinschaltrelais wieder voll betriebsbereit. Spätestens hier wird offenbar, daß diese Sanfteinschaltrelais den bisher üblichen Lösungen, den Einschaltstromstoß mit gebrückten Vorwiderständen zu begrenzen, deutlich überlegen sind.

**Bild 2** verdeutlicht das flinke Auslöseverhalten eines B-Typ Leitungsschutzschalters 25 A.

### Zerstörungssicherheit

Die in den Sanfteinschaltrelais eingebauten Thyristoren halten für 10 ms Stromstöße von über 500 A „peak sinus“ aus und sind damit, auch im Einschaltfall auf einen Kurzschluß, nie gefährdet.

### Fazit

Die Kombination verbrauchsoptimierter Transformatoren mit Sanfteinschaltrelais bei flinker Absicherung mit Leitungsschutzschaltern, auf den Nennstrom ausgelegt, spart je nach den Anwendungsbedingungen in vier bis 24 Monaten Kosten ein. Sie bringt deutlich mehr Sicherheit gegen Überlastung und vermeidet EMV-Störungen beim Schalten des Transformators. Zerstörungen durch Trafoüberhitzen gehören damit der Vergangenheit an. Der verbrauchsoptimierte Transformator bringt außerdem den Vorteil, daß er auch bei schwachen Netzen, z. B. USV-Netzen, schon bei geringer Überlast höhere Sicherheitsauslöseströme erzeugt. Die verschiedenen Sanfteinschaltrelais werden seit über vier Jahren, inzwischen weltweit, mit zunehmenden Stückzahlen eingesetzt.

M. Konstanzer

