

Wählen und Sichern von Steuertrafos

Weshalb werden die meisten Steuertrafos schon im Leerlauf heiss? Wie findet man die zum Trafo passende Sicherung? Wie kann man energiesparende Steuertrafos einsetzen, ohne dass deren hoher Einschaltstrom die Sicherung auslöst? Ist ein billiger Trafo am Ende immer gut für den Endkunden? Wie sichert man lange Leitungen nach dem Transformator ab, wie es im Anlagenbau vorkommt? Wenn man den Einschaltstromstoss immer vermeiden kann, ergeben sich vorteilhafte Möglichkeiten für Planer und Anlagennutzer. Ein marktüblicher, einphasiger Steuertrafo wird schon im Leerlauf so heiss, dass man ihn nicht mehr anfassen kann.

Michael Konstanzer

Die Ursache ist die Verwendung von Blechen billiger Qualität, die hohe Eisenverluste haben, und die geschweisste EI-Bauform. Das ergibt nebenbei auch einen niederen Einschaltstrom. Der Einschaltstrom muss klein sein, damit ein vorgeschalteter Motorschutzschalter nicht auslöst, wenn der Trafo eingeschaltet wird.

Einige Hersteller werben mit dem Argument «einschaltstromarmer Trafo». Solche Trafos haben immer höhere Verluste als jene mit hohem Einschaltstrom.

Bei Motoren werden zunehmend solche mit hohem Energieeinspareffekt, also geringen Verlusten, verwendet. Bei Steuertrafos ist man bisher den umgekehrten Weg gegangen, nach dem Motto, der Einschaltstrom muss klein sein und billig, billig muss es sein. Den grösseren Stromverbrauch hat man nicht berücksichtigt. Durch Verwendung von Isoliermaterialien der Gruppe H, welche hohe Temperaturen im Trafo zulassen, ist

Verlustarmer Steuertrafo. Der Ringkerntrafo, das Trafoschaltrelais TSRL..., der Doppel-Leitungsschutzschalter, die Klemmen, sind alle zusammen fertig auf ein Winkelblech montiert. Damit ist eine kompakte und fertig verdrahtete Stromversorgungseinheit einsetzbar. Die Kosten für diese Steuertrafos sind nicht höher gegenüber der bisherigen Auslegungspraxis, wenn man die Anlagen, Gesamtkosten und den Stromverbrauch innerhalb von 2 Jahren miteinander vergleicht.

es möglich, den Wickeldrahtquerschnitt der Primärwicklung so klein wie möglich zu wählen, was dann wieder zu mehr Verlusten und zu einem heisseren Trafo führt. Auch dadurch wird der Trafoeinschaltstromstoss reduziert und es werden Trafo-Herstellungskosten gespart. Der Trafo wird aber unter Last dadurch noch deutlich heisser, als er es schon im Leerlauf wird, weshalb man Schaltschrank-Lüfter einsetzen muss.

Trafo-Auswahl

Steuertrafos werden üblicherweise mit 400 V, also zwischen zwei Leitern im Drehstromnetz, betrieben. Ausgangsseitig erzeugen sie meist 230 V AC oder 24 V AC. Die primärseitige

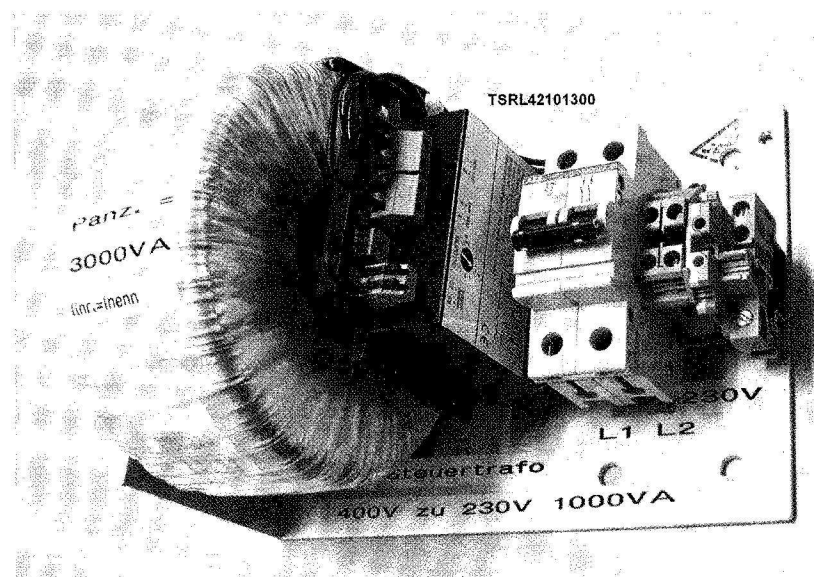
Absicherung mit 2 Schmelzsicherungen ist nicht empfehlenswert, wenn diese nicht gemeinsam auslösen. Deshalb werden meist Motorschutzschalter in einer «Trafo Version», so genannte Transformatorenschutzschalter, dafür verwendet.

Zum Beispiel ein PKZM0-4-T mit 4 A Nennstrom für einen 1-kVA-Trafo. Dieser spezielle Trafoschutzschalter hat eine Auslöseschwelle für den Kurzschlussauslösestrom von $84 A_{eff}$, die höher liegt als beim normalen Motorschutzschalter PKZM0-4, der nur $56 A_{eff}$ hat und beim einschaltstromarmen Trafo dieser Grösse auslösen würde.

Der T-Typ-Motorschutzschalter kann den Einschaltstromstoss beherrschen ohne fehlerhaft auszulösen beim Einschalten des 1-kVA-Trafos. Der zum Einsatz kommende Trafo muss trotzdem zum Schutzschalter passen, also einschaltstromarm sein.

Absicherung

Für einen Trafo mit zum Beispiel 1 kVA nimmt man wie gesagt einen PKZM0-4-T und dreht den Knopf für die thermische Auslöseschwelle ganz zurück auf 2,5 A, was der niederste



einstellbare Auslösewert ist. Der Trafo hat einen Nennstrom von 2,5 A auf der Primärseite und ist damit geschützt, auch ohne eine sekundärseitige Absicherung für den Abgang. Mit einem PKZM0-2,5-T, der vom Nennstrom her auch passen würde, löst der Einschaltstrom den Schutzschalter aus, weil dieser nur eine 21 mal 2,5 A = 52,5 A_{eff} hohe Kurzschlussauslöseschwelle hat.

Der Trafo darf also mit seinem Einschaltstromstoss nicht über 84 A_{eff} liegen, wenn er mit dem PKZM0-4-T abgesichert ist. Diese Forderung ist nur von einschaltstromarmen – und nicht von energiesparenden – und damit verlustarmen Steuertrafos zu erfüllen. Letztere müssen wegen der geringen Verluste mit einem kleinen Innenwiderstand der Kupferwicklungen ausgelegt sein.

Der primärseitige Wicklungswiderstand begrenzt nämlich den Einschaltstromstoss, weshalb dieser Widerstand dafür möglichst hoch sein muss und dieser Trafo dann nicht mehr energiesparend sein kann.

Für die Auslegung der Absicherung von langen Abgangsleitungen, wie sie im Anlagenbau vorkommen, ist es wichtig, dass ein Kurzschluss am äussersten Ende der Leitung die Absicherung schnell genug auslöst. Dazu passt nun die hohe Schwelle für den flinken Auslösestromwert des Trafoschutzschalters mit 21-mal dem Nennstrom von 4 A, in diesem Beispiel, nicht mehr.

Zum sicheren Abschalten bei so genannten weichen Kurzschlüssen ist es auch nötig, dass der Trafo-Innenwiderstand möglichst gering ist, was wiederum einen kleineren Kabelquerschnitt des abgehenden Kabels erlaubt. Denn die Summe der Widerstände bestimmt den Kurzschluss-

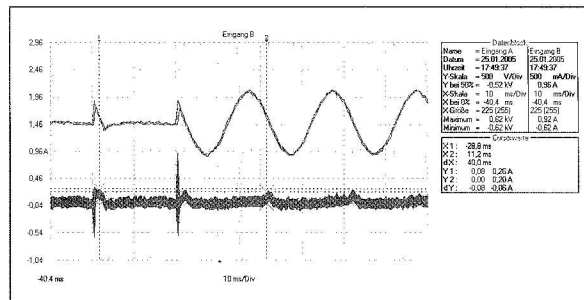


Bild 2 Einschaltvorgang mit einem Trafoschaltrelais, TSRL 42101300, das einen unbelasteten 1-kVA-Ringkerntrafo einschaltet.

strom. Was im Trafo an Kupfer eingespart wird, muss unter Umständen für die Leitungen nach dem Trafo um ein Mehrfaches ausgegeben werden.

Einschaltbeispiel

Der in Bild 1 eingeschaltete verlustarme Steuertrafo hat einen luftspaltarmen Eisenkern mit verlustarmem Blech. Bei 1 kVA hat er bei einer 400-V-Primärwicklung einen Einschaltstromstoss von 200 A_{peak}, das sind 140 A_{eff}. Verlustarme Ringkerntrafos dieser Grösse haben sogar einen Einschaltstromstoss von über 180 A_{eff}. Abhilfe schafft fürs Erste ein Einschaltstrombegrenzer.

Mit normalen Einschaltstrombegrenzern, die aus zeitverzögert gebrückten NTC oder anderen Vorwiderständen oder nur aus NTCs bestehen, ist jedoch nur das seltene, normale Einschalten zu beherrschen. Auch das Einschalten auf einen Kurzschluss vertragen diese Einschaltstrombegrenzer nicht. Kommen mehrere Einschaltvorgänge hintereinander oder kurze Netzspannungseinbrüche vor, so sind dabei die Vorwiderstände heiss oder noch gebrückt und können so den Einschaltstrom nicht mehr begrenzen.

Natürlich kann man einen Trafo auch einschaltstromarm und trotzdem verlustarm auslegen, nur ist der Trafo dann wesentlich grösser und

auch viel teurer als ein verlustarmer Trafo, der einen hohen Einschaltstrom hat.

Wesentlich wirtschaftlicher und technisch sinnvoller ist es, ein so genanntes Trafoschaltrelais einzusetzen, welches den Einschaltstromstoss immer verhindert, nicht nur begrenzt. Seit mehr als 5 Jahren sind diese «Einschaltstrom-Vermeider» auf dem Markt und werden in steigendem Masse in technisch sensiblen Bereichen wie zum Beispiel in Medizingeräten eingesetzt. Unter Last eingeschaltet fliesst von Anfang an nur der Nennstrom. Ohne Last eingeschaltet fliesst nur der Trafo-Leerlaufstrom. Es kann 10 Millionen Mal in seiner Lebensdauer den Nennstrom schalten.

Damit ist es auch möglich, einen kleineren Schutzschalter zu benutzen, der im Einstellbereich besser zum Trafo passt und auch den Teillastbetrieb absichern kann. Das wäre dann der PKZM0-2,5 für den Trafo mit 1-kVA-Leistung, das T ist nicht mehr nötig oder ein B- oder C-Typ-Doppel-Leistungsschutzschalter mit dem Nennstromwert des Trafos, wenn eine flinkere Absicherung gewünscht wird. Nur bei Ringkerntrafos ist der Leerlaufstrom so verschwindend klein, dass er überhaupt nicht zur Erwärmung im Trafoblech beiträgt, weshalb diese Trafos in Zukunft als Energiespartrafos immer interessanter werden, wenn die einzige Unart, die sie haben, beseitigt ist, nämlich der hohe Einschaltstromstoss. Man kann deshalb auch ruhig einen grösseren Trafo einsetzen, wenn man eine besonders steife Ausgangsspannung haben möchte, weil die dann etwas grösseren Leerlaufverluste eben überhaupt nicht ins Gewicht fallen. Einen 2-kVA-Trafo kann man dann zum Beispiel auf 0,5 kVA absichern.

Der Einschaltvorgang mit einem Trafoschaltrelais, TSRL 42101300, das einen unbelasteten 1-kVA-Ringkern-

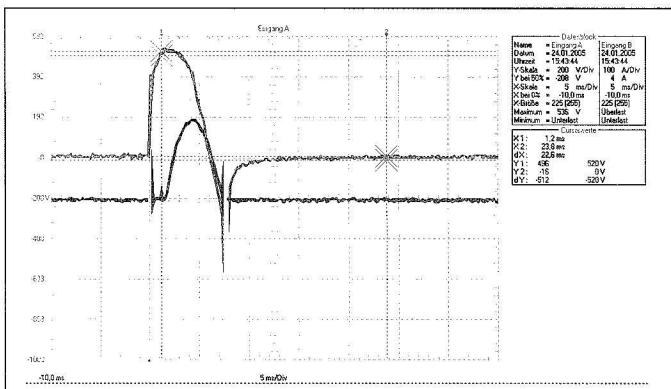


Bild 1 Einschaltvorgang an einem verlustarmen 1-kVA-Trafo über PKZM0-4-T abgesichert. Eingang A = Spannung am Trafo, Eingang B = Strom in den Trafo. Der Trafoschutzschalter löst sofort innerhalb 10 msec aus beim Einschalten.

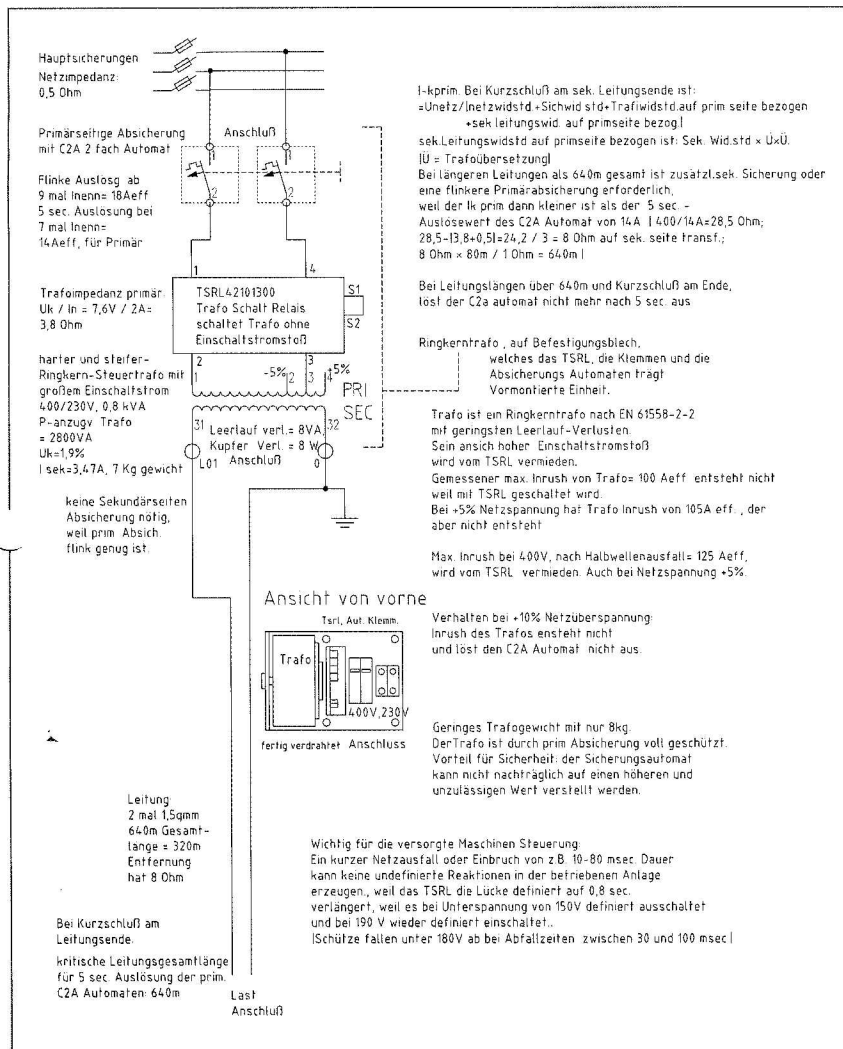


Bild 3 Beispiel für einen Schaltplan im Anlagenbau für die Speisung einer Energie-Bus-Leitung, wobei lange Leitungen von der Trafo-Sekundärseite gespeist werden.

trafo einschaltet, ist in Bild 2 zu sehen. Es wird nur mit dem Leerlaufstrom von etwa 80 mA_{peak} eingeschaltet, mehr Strom fließt wirklich nicht beim Einschalten.

Der Trafo wird vor dem Einschalten für kurze Zeit vormagnetisiert und dann im richtigen Moment voll eingeschaltet. Die Sättigung des Trafoeisens wird dabei immer vermieden.

Applikationsschaltung

In der Applikationsschaltung (Bild 3) ist für den Elektro-Planer gezeigt, wie

ein energiesparender Steuertrafo mit 0,8 kVA, mit 400 V zu 230 V im Anlagenbau zum Speisen von weit entfernt und auseinander liegenden Verbrauchern eingesetzt wird. Die Leitung nach dem Trafo ist 320 m lang und kann in nur 1,5 mm² Querschnitt ausgeführt werden.

Die primärseitige Absicherung ist mit einem Doppel-Leitungsschutzschalter C2 A ausgeführt, was mit dieser niederen und flinken Absicherung bisher für einen Trafo dieser Grösse undenkbar war. Die primärseitige Ab-

sicherung schützt dabei auch das sekundärseitige lange Kabel vor Überlastung.

Das TSRL schaltet den verlustarmen Ringkern-Trafo immer ohne Einschaltstromstoss ein, sodass der C2A-Leitungsschutzschalter dabei nicht auslöst. Dadurch kann auch bei einem Kurzschluss an der mit max. 320 m entferntesten Stelle der sekundärseitigen Leitung der primärseitige Automat mit dem nur 14 A hohen Kurzschlussstrom innerhalb von 5 Sekunden auslösen. Die sekundärseitige Leitung ist damit vor Brandschaden bei Kurzschluss geschützt.

Das Problem bei solchen Applikationen sind nicht die einspeisenahen und harten Kurzschlüsse, sondern die fernen und weichen Kurzschlüsse, welche die Absicherungsorgane noch mit Sicherheit zum Auslösen bringen müssen.

Da hilft es, wenn der Trafoeinschaltstrom nicht mehr vorhanden ist und die Absicherung sich nur nach den Erfordernissen des Leitungsschutzes richten muss. Ausserdem besitzt das TSRL eine definierte Abschaltsschwelle bei Unterspannung von kleiner 150 V, mit anschliessendem Wiedereinschalten bei 185 V.

Damit wird bei Netzeinbrüchen ein unkontrolliertes Schütz-Abfallen und Anziehen unterbunden, was die Anlagensicherheit erhöht und die Kontaktsätze dieser Schütze schont. Ein separates Spannungswächterrelais, was die Verbraucher in diesem Fall definiert aus- und einschaltet, ist dann nicht mehr nötig.

Auch bei einem Einschalten auf einen Kurzschluss nimmt das TSRL keinen Schaden, wenn die Absicherung korrekt ausgeführt ist und ist nach dem Beseitigen des Kurzschlusses sofort wieder einschaltbereit.

[ET 07]

Michael Konstanzer
Emeko Ing. Büro, D-79114 Freiburg
www.emeko.de

HANS LEUTENEGGER AG



Ihre Personaldienstleistung
Tel. +41 (0)61 825 67 00

Hohenrainstr. 10 · Postfach · 4133 Pratteln · Tel. 061 825 67 00 · Fax 061 825 67 05 www.hansleutenegger.ch · bl@hansleutenegger.ch