

Heiße Steuertrafos – es geht auch anders

Michael Konstanzer

Durch die Kombination eines Ringkerntrafos mit einem so genannten Trafoschaltrelais ergeben sich mehrere Vorteile: Einerseits der geringe Eigenverbrauch des Trafos, andererseits die Vermeidung des Einschaltstromstoßes durch das Trafoschaltrelais.

Marktübliche einphasige Steuertrafos, wie man sie für den Maschinen- und Anlagenbau verwendet, werden bereits im Leerlauf so heiß, dass man sie nicht mehr anfassen kann.

Die Alternative zum schon im Leerlauf heiß werdenden Trafo wäre ein verlustarmer Trafo. Dessen dann immer hoher Einschaltstrom löst aber die Absicherungs-Schutzschalter aus.

Früher verwendete Schmelzsicherungen hielten höhere Einschaltströme aus, lösten aber nicht gemeinsam aus. Bei zwei primärseitigen Sicherungen ist aber das gleichzeitige Auslösen gefordert (siehe hierzu auch Abschnitt »Trafo + Absicherung: Keine triviale Wahl«).

Die Ursache heiß werdender Trafos ist konstruktiv bedingt. Man kann Trafos entweder verlustarm oder einschaltstromarm auslegen. Beides zusammen geht nicht. Mit dem Argument »einschaltstromarmer Trafo« genügt man vordergründig den preislichen Anforderungen, nimmt aber die störende Wärmeentwicklung und den höheren Stromverbrauch in Kauf. Der Endkunde hat das Nachsehen.

Die Alternative wäre ein verlustarmer Trafo. Dessen hoher Einschaltstromstoß löst aber die Absicherung aus. Einfache Einschaltstrombegrenzer helfen zwar, die hohen Einschaltströme von verlustarmen Trafos zu begrenzen, können dies aber nicht in allen Fällen.

Trafo + Absicherung: Keine triviale Wahl

Die Auswahl der zum Trafo passenden Absicherung ist nicht einfach, wie fol-

Michael Konstanzer,
Emeko Ing.-Büro, Freiburg

gendes Beispiel zeigt: Steuertrafos werden üblicherweise mit 400 V betrieben, also zwischen zwei Leitern im Drehstromnetz. Ausgangsseitig erzeugen sie meist 230 V AC oder 24 V AC.

Die primärseitige Absicherung mit zwei Schmelzsicherungen ist unzulässig, wenn diese nicht gemeinsam auslösen. Deshalb verwendet man dafür meist Motorschutzschalter in einer »Trafo-Version«, so genannte Transformatorenschutzschalter (Bild 1).

Wenn etwa ein einschaltstromarmer 1-kVA-Steuertrafo mit primär 400 V und 2,5 A Nennstrom eingesetzt wird, muss z.B. ein Transformatorenschutzschalter PKZM0-4-T von Moeller mit 4 A Nennstrom als Absicherung davor geschaltet werden. Der einstellbare Absicherungsbereich dieses Schalters reicht von 2,5...4 A. Dieser spezielle Trafoschutzschalter hat eine fest eingestellte, flinke Auslöseschwelle von $84 A_{eff}$. Diese liegt höher als beim normalen Motorschutzschalter PKZM0-4, (ohne T), der nur $56 A_{eff}$ hat und auch beim einschaltstromarmen Trafo dieser Größe auslösen würde.

Für die träge Überlastauslösung des 4-A-Schutzschalters dreht man den Knopf für die thermische Auslöseschwelle ganz zurück auf 2,5 A, den niedrigsten einstellbaren Auslösewert. Dieser Wert passt gerade noch zum Nennstrom des 1-kVA-Trafos.

Mit einem Transformatorenschutzschalter PKZM0-2,5-T, der auch vom Nennstrom her passen und den Teillastbereich abdecken würde, löst der Einschaltstrom den Schutzschalter aus, weil dieser nur eine $21 \times 2,5 A = 52,5 A_{eff}$ hohe Kurzschlussauslöseschwelle hat. Einschaltstromarme Trafos liegen mit dem Einschaltstrom laut Herstellerangaben im Bereich von $15...25 \times I_{Nenn}$, der tatsächliche Einschaltstrom kann jedoch auch darüber liegen, weil der Einschaltstrom berechnet, aber nicht gemessen wird.

Der Trafo muss zum Schutzschalter passen

Der zum Einsatz kommende Trafo muss also genau zum Schutzschalter passen – wegen



Bild 1: Transformatorenschutzschalter

Quelle: Moeller

des bei einem Trafo immer vorkommenden Einschaltstromstoßes. Diese Forderung erfüllen nur einschaltstromarme Trafos, nicht jedoch energiesparende und damit verlustarme Steuertrafos. Letztere müssen wegen der geringen Verluste mit einem kleinen Innenwiderstand der Kupferwicklungen ausgelegt sein. Der primärseitige Wicklungswiderstand begrenzt auch den Einschaltstromstoß. Ein hoher Innenwiderstand ergibt einen kleinen Einschaltstrom, aber höhere Verluste.

Außerdem gilt: Für die Auslegung der Absicherung von langen Abgangsleitungen nach dem Trafo (wie sie im Anlagenbau vorkommen) ist es wichtig, dass ein Kurzschluss am äußersten Ende der Leitung die Absicherung schnell genug auslöst. Dazu passt nun nicht mehr die hohe Schwelle für den flinken Auslösestromwert des Schutzschalters mit $21 \times$ dem Nennstrom von 4 A in diesem Beispiel. Man benötigt deshalb eine zusätzliche sekundärseitige Absicherung.

Zum sicheren weichen Kurzschlüssen sollte der Trafo-Innenwiderstand möglichst gering sein, was wiederum einen kleine-

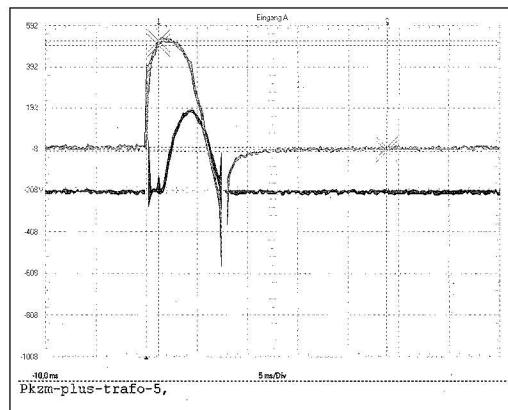


Bild 2: Einschaltvorgang an einem verlustarmen 1-kVA-Trafo, über PKZM0-4-T abgesichert (rot = Spannung am Trafo, blau = Strom in den Trafos)

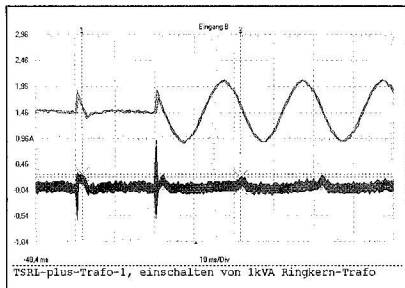


Bild 3: Einschaltvorgang eines unbelasteten 1-kVA-Ringkerntrafos mit Trafoschaltrelais: Beim Einschalten fließt nur der Leerlaufstrom (rot = Spannung am Trafo, blau = Strom in den Trafo)

ren Kabelquerschnitt des abgehenden Kabels erlaubt. Denn die Summe der Widerstände bestimmt den Kurzschlussstrom. Was im Trafo an Kupfer eingespart wird, muss man unter Umständen für die Leitungen nach dem Trafo um ein Mehrfaches ausgeben.

Ein Einschaltbeispiel (Bild 2) zeigt: Der Trafoschutzschalter löst beim Einschalten sofort innerhalb 10 ms aus. Der hier eingeschaltete verlustarme Steuertrafo hat einen luftspaltlosen Eisenkern mit verlustarmem Blech. Bei 1 kVA hat

er bei einer 400-V-Primärwicklung einen Einschaltstromstoß von 200 A_{peak}, das entspricht 140 A_{eff} (das ist der 56-fache Nennstrom). Verlustarme Ringkerntrafos dieser Größe haben sogar einen Einschaltstromstoß von über 180 A_{eff}.

Die zweitbeste Lösung: Einschaltstrombegrenzer

Es gibt keine Trafo-Schutzschalter, die im Nennstrombereich des Trafos einen so hohen Kurzschlussauslösestrom haben. Sie würden die so genannten weichen Kurzschlüsse auch zu spät oder gar nicht abschalten und könnten damit zu einem Brand führen.

Einschaltstrombegrenzer helfen zwar, die hohen Einschaltströme von verlustarmen Trafos zu begrenzen, können dies aber nur teilweise. Sie beinhalten meistens zeitverzögert überbrückte NTC oder andere Festwiderstände oder bestehen nur aus NTC. Damit beherrschen sie jedoch nur das seltene Einschalten nach einer längeren Pause. Auch das Einschalten auf einen Kurzschluss übertragen diese (NTC)-Einschaltstrombegrenzer nicht.

Kommen mehrere Einschaltvorgänge hintereinander oder kurze Netzspannungs-Unterbrechungen vor, so sind dabei die Widerstände in den Einschaltstrombegrenzern heiß oder noch überbrückt und können so den Einschaltstrom nicht begrenzen oder gar selbst Schaden nehmen.

Natürlich könnte 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.

Die beste Lösung: Trafoschaltrelais

Wesentlich wirtschaftlicher und technisch sinnvoller ist ein sogenanntes Trafoschaltrelais (TSRL), das den Einschaltstromstoß immer verhindert, nicht nur begrenzt. Seit mehr als fünf Jahren gibt es diese »Einschaltstromvermeider« auf dem Markt. Sie kommen in steigendem Maße in sensiblen Bereichen zum Einsatz, z. B. in Medizingeräten.

Unter Last eingeschaltet, fließt damit von Anfang an nur der Nennstrom.



Neu!

FLUKE®

Erlernt in Minuten, getestet in Sekunden. Und bei jeder Messung Zeit gespart.

Mit der neuen Fluke 1650 Serie führen Sie die vollständigen Messungen nach VDE wesentlich schneller und zuverlässiger aus als bisher: Durchgängigkeit, Isolationswiderstand, Schleifenwiderstand, Stromfluss im Kurzschlussfall, Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, Spannung/Drehfeld und vieles mehr.

- Einfach:** Knopf drehen, Taste drücken, Ergebnis ablesen!
- Effizient:** Schleifenwiderstands-Messung ohne FI-Schalter auszulösen!
- Robust:** Widersteht einem Fall aus 1 Meter!
- Sicher:** Schlanke Messspitze für schwer zugängliche Messpunkte!
- Komfortabel:** Kompakt und leicht (< 1,2 kg)!
- Zertifiziert:** Entspricht VDE 0100/0413 einschl. allen gängigen Standards und EN 61557!

Fluke. Damit Ihre Welt intakt bleibt.

Sichern Sie sich ein Exemplar der DVD „Installation testen“

www.fluke.de
☎ (069) 2 22 22 02 00

Fluke Deutschland GmbH
Heinrich-Hertz-Straße 11 • 34123 Kassel

Für E-CHECK*-Messungen geeignet.

* E-CHECK ist ein geschütztes Zeichen der ArGe Medien im ZVEH



**Endlich:
VDE 0100/0413-
Messungen einfach,
schnell und sicher!**

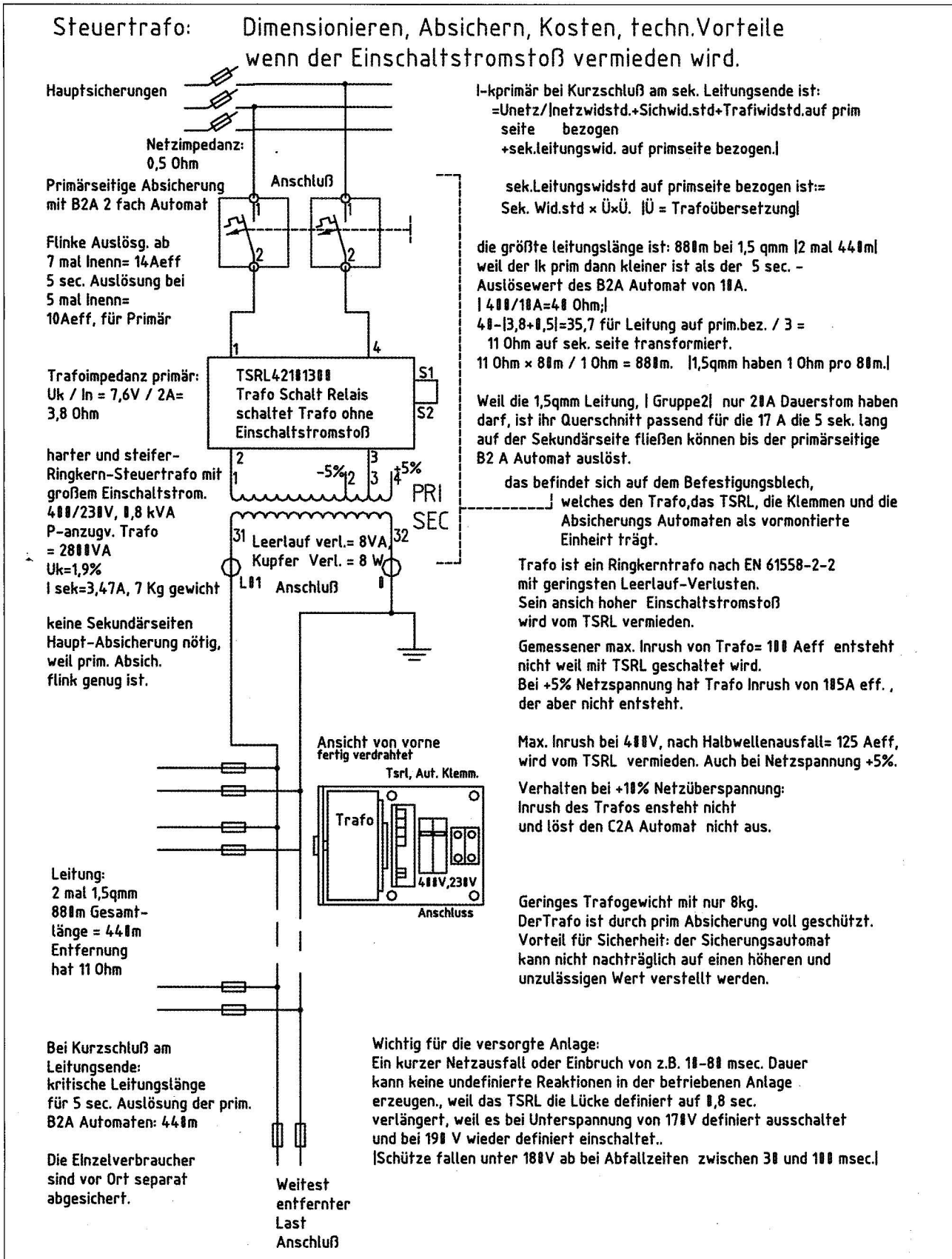


Bild 4: Beispielschaltung mit Trafoschaltrelais

Ohne Last eingeschaltet, fließt beim Einschalten nur der Trafo-Leerlaufstrom. Das TSRL kann 10 Mio. mal den Nennstrom schalten. Es begrenzt den Ein-

schaltstrom nicht nur, sondern vermeidet ihn vollkommen.

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 z.B. ein PKZM0-2,5 für den Trafo mit 1 kVA

Leistung bei 400 V. Die Sonderausführung T für den Trafo ist nicht mehr nötig. Man kann sogar einen B- oder C-Typ-Doppel-Leitungsschutzschalter mit dem Nennstromwert des Trafos einsetzen, wenn eine flinkere Absicherung gewünscht wird. Eine sekundärseitige Absicherung kann dann komplett wegfallen.

Erfolgreiche Kombination: Ringkerntrafo und Trafoschaltrelais

Nur bei Ringkerntrafos bleibt der Leerlaufstrom so verschwindend klein, dass er überhaupt nicht zur Erwärmung im Trafoblech beiträgt. Daher dürften diese Trafos in Zukunft als Energiespartrafos an Bedeutung gewinnen, 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 von zusätzlichen ca. 7 W, bei z.B. einem 2-kVA-statt einem 1-kVA-Trafo, überhaupt

nicht ins Gewicht fallen. Die Wirkverluste nehmen dann sogar ab. Einen 2-kVA-Trafo kann man dann z.B. auch auf 0,5 kVA absichern.

Den Einschaltvorgang mit einem Trafoschaltrelais TSRL 42101300, das einen unbelasteten 1-kVA-Ringkerntrafo einschaltet, zeigt Bild 3. Beim Einschalten fließt nur der Leerlaufstrom von ca. 80 mA_{peak}.

Dies funktioniert folgendermaßen: Der Trafo wird vor dem Einschalten durch die unipolaren Spannungsspitzen für kurze Zeit vormagnetisiert und dann im richtigen Moment voll eingeschaltet. Das vermeidet immer die Sättigung des Trafoeisens.

Bei korrekt ausgeführter Absicherung nimmt das TSRL auch beim Einschalten auf einen Kurzschluss keinen Schaden. Nach dem Beseitigen des Kurzschlusses ist das TSRL sofort wieder einschaltbereit.

Ein Applikationsbeispiel

Die Applikationsschaltung in Bild 4 zeigt für den Elektroplaner, wie ein energiesparender Steuertrafo mit 0,8 kVA,

400 V zu 230 V, im Anlagenbau zum Speisen von weit entfernt und auseinander liegenden Verbrauchern eingesetzt wird. Die 440 m lange Leitung nach dem Trafo kann für 230 V AC einen Querschnitt von nur 1,5 mm² haben.

Die primärseitige Absicherung ist mit einem Doppel-Leitungsschutzschalter B2 A ausgeführt, was mit dieser niederen und flinken Absicherung bisher für einen Trafo dieser Art undenkbar war. Die primärseitige Absicherung schützt dabei auch das sekundärseitige lange Kabel vor Überlastung.

Das TSR schaltet den verlustarmen Ringkern-Trafo immer ohne Einschaltstromstoß ein, so dass dabei der 2-A-Leitungsschutzschalter (B-Typ) niemals

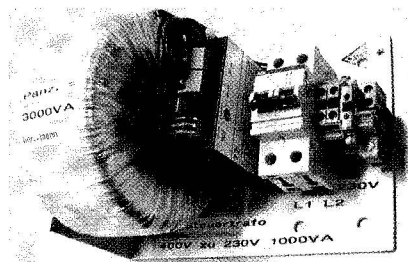


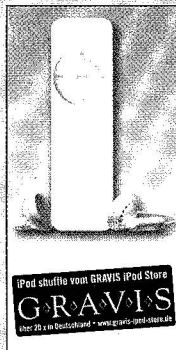
Bild 5: Verlustarmer Steuertrafo

Quelle: Emeko

ENERGY DIVISION



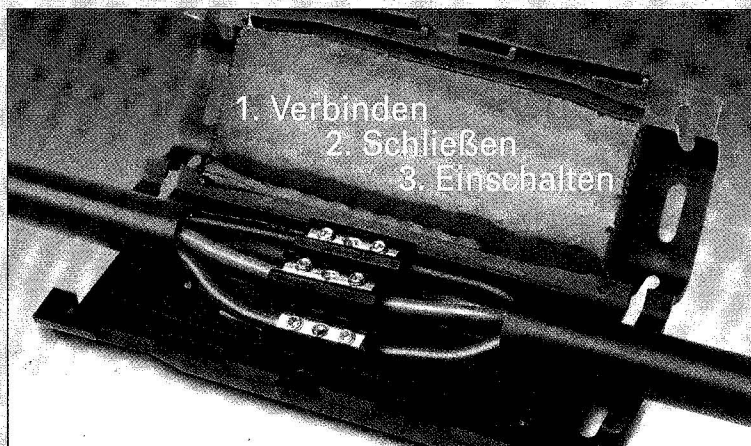
PowerInfo
Mini-Abo von de



PowerMusic
iPod shuffle

Power-Aktions-Paket* im Großhandel ab Ende März

*solange der Vorrat reicht



PowerGel
gefüllte
Verbindungsmuffe
jetzt auch für
3-5-Leiter-Kabel

Aktions-Paket inkl. iPod-shuffle:

- 2 Stück PowerGel gefüllte RayGel 22M-5 Verbindungsmuffen
- 1 Stück GelWrap 33/10-250 Reparaturmanschette
- 1 Stück PowerGel gefüllte RayGel 24M-5 Verbindungsmuffe
- 1 Stück iPod Shuffle
- 1 Mini-Abo für die de

Tyco Electronics
Raychem GmbH
Energy Division
Finsinger Feld 1
85521 Ottobrunn
<http://energy.tycoelectronics.com>

tyco
Electronics

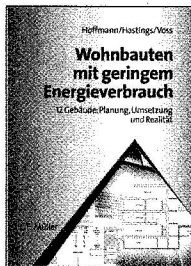
Know-how beim Bau

Von Hoffmann/Hastings/Voss.

2005. VI, 260 Seiten. Gebunden. 467 überw. farb. Abbildungen. € 86,- ISBN 3-7880-7749-2

In diesem Werk werden 12 Mehrfamilien- und Reihenhäuser vorgestellt, die alle im Niedrigenergie- und Passivhausstandard gebaut sind. Die Gebäudeportraits dokumentieren folgende Schwerpunkte:

- Planung: Architektonisches Konzept, Pläne, Detaillösungen und Energiekonzept
- Umsetzung: Wärmebrückenfreiheit, Luftdichtigkeit
- Nutzung: Messtechnische Untersuchung von Energieverbrauch und Raumklima, Erfahrungen der Baubeteiligten



Ein Gebäudevergleich bietet neben den wichtigsten Statistiken und Eigenschaften aller Projekte auch übergreifende Planungshinweise.

Weitere Themen sind energiegerechtes Planen und Bauen, die aktuellen Baugesetze in Europa mit Schwerpunkt Deutschland und Schweiz zum Energieprofil von Gebäuden, ökologische Bilanzierung und Erfahrungen zum Marketing von Wohnbauten.



Von Norbert K. Peter.

2., völlig neu bearb. u. erw. Auflage 2005. VII, 916 Seiten. Gebunden. € 88,- ISBN 3-7880-7763-8

Mehr als 15.000 Begriffsbestimmungen, Erläuterungen und Abkürzungen.

Wer sich heute ernsthaft mit der Welt der Bautechnik beschäftigt und sich in ihr sicher und verbindlich zurechtfinden möchte, kommt nicht umhin, sich einer technisch geprägten Fachsprache zu bedienen.

Die völlig neu bearbeitete und um 5.000 Begriffe erweiterte zweite Auflage des Lexikons gibt dem Fachinteressierten mittels ausgefeilter Schlagwortsuche eine übersichtliche und umfassende Zusammenstellung und Erläuterung aller wichtigen bautechnischen und mit dem Bau zusammenhängenden Begriffe. Neben Querverweisen sind auch Literaturangaben und die entsprechenden Verweise auf DIN-Normen enthalten. Des Weiteren werden auch die gebräuchlichsten Abkürzungen und Kurzzeichen im Baubereich aufgeführt.

Ausführliche Informationen unter www.huethig.de

BESTELLCOUPON

FAX 0 62 21 / 4 89-4 43

Ja, bitte senden Sie mir:

Expl. Hoffmann/Hastings/Voss:
Wohnbauten mit geringem Energieverbrauch
€ 86,- zzgl. Versandkosten ISBN 3-7780-7749-2

Expl. Norbert K. Peter: **Lexikon Bautechnik**
€ 88,- zzgl. Versandkosten ISBN 3-7780-7763-8

Name, Vorname _____

Firma _____

Straße, -Nr. _____

PLZ/Ort _____

Ja, ich habe das Recht, diese Bestellung innerhalb von 14 Tagen nach Lieferung ohne Angaben von Gründen zu widerrufen. Der Widerruf erfolgt schriftlich oder durch fristgerechte Rücksendung der Ware an die Auslieferung (vml Verlagsservice, Abt. Remittenden; Hüthig Fachverlage, Justus-von-Liebigstr. 1, 66899 Landsberg am Lech). Zur Fristwahrung genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs oder der Ware (Datum des Poststempels). Bei einem Warenwert unter 40 Euro liegen die Kosten der Rücksendung beim Rücksender. Meine Daten werden nach BDSG elektronisch gespeichert und können für Werbezwecke verwendet werden.

Datum/Unterschrift _____

Hüthig GmbH & Co. KG
Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg
Telefon: 0 62 21/4 89-5 55
Internet: <http://www.huethig.de>
E-Mail: kundenservice@huethig.de



C.F. Müller

auslöst. Dadurch kann der primärseitige Automat bei einem Kurzschluss an der maximal 440 m entfernten Stelle der sekundärseitigen Leitung innerhalb von 5 s auslösen. Der Kurzschlussstrom auf der Primärseite beträgt dabei nur 10 A. Sekundärseitig fließen maximal 17 A, bis die Sicherung auslöst. Die sekundärseitige 1,5-mm²-Leitung ist damit sicher vor Brandschaden bei Kurzschluss geschützt.

Ohne TSRL, bei Absicherung mit einem PKZM0-4-T primär und ohne sekundärseitige Sicherung dürfte die maximale Länge der 1,5-mm²-Leitung 50 m betragen. Der Trafo muss dann einschaltstromarm sein.

Wenn die Leitung aber aus installationstechnischen Gründen so lang sein muss, ergibt sich mit dem TSRL eine Einsparung von ca. 300 € am 440-m-Kabel. Der Grund: Mit TSRL kann man ein Kabel mit 1,5 mm² Querschnitt einsetzen, ohne TSRL benötigt man 4 mm².

Mit einer sekundärseitigen Absicherung durch einen PKZM0-4 (Einstellwert $I_{Nenn} = 3,4$ A), der nach 5 s bei 40 A im Kurzschlussfall auslöst, benötigt man für 440 m Länge auch 4 mm² Querschnitt.

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 (großer 5-s-Sicherungsauslösewert = großer Leitungsquerschnitt).

Da hilft es, wenn der Trafoeinschaltstrom nicht mehr vorhanden ist und die Absicherung sich nur nach den Erfordernissen des Leitungsschutzes richten muss. Außerdem hat das TSRL mit der schnellen Reaktion auf Netzhalbwelleneinbrüche eine definierte Abschaltswelle bei Unterspannung von kleiner 170 V, mit anschließendem Wiedereinschalten bei 190 V. Dies unterbindet bei Netzeinbrüchen ein unkontrolliertes Schütz-Abfallen und -Anziehen, was die Anlagensicherheit erhöht und die Kontaktsätze dieser Schütze schont. Ein separates Spannungswächterrelais, das die Verbraucher in diesem Fall definiert aus- und einschaltet, benötigt man dann nicht mehr.

Eine Komplettlösung, wie oben beschrieben, zeigt Bild 5. Der Ringkern-Trafo, das Trafoschaltnrelais, der Doppel-Leitungsschutzschalter und die Klemmen befinden sich komplett montiert auf einem Winkelblech. Damit ist eine kompakte und fertig verdrahtete Stromversorgungseinheit einsetzbar.

Die Kosten für dieses Steuertrafo-Beispiel liegen nicht höher gegenüber der bisherigen Auslegungspraxis, wenn man die Anlagen-Gesamtkosten und den Stromverbrauch innerhalb von zwei Jahren miteinander vergleicht.

www.emeko.de