

Bedarfsgerechte Auswahl von Kleintransformatoren : Teil 2

Autor(en): **Fassbinder, Stefan**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **93 (2002)**

Heft 7

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-855399>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bedarfsgerechte Auswahl von Kleintransformatoren – Teil 2

Im ersten von fünf Teilen wurde der Einfluss der Bauformen auf die Streureaktanz dargelegt. In diesem zweiten Teil werden einige Stolpersteine – und Hinweise, wie man sie umgehen kann – beim Entwurf von Halogenlampentransformatoren aufgezeigt.

So können etwa die durch die Aufhängung der Halogenlampen an langen Seilen entstehenden Induktionsschleifen im Betrieb mit Hochfrequenz merkbare

Stefan Fassbinder

Spannungsabfälle hervorrufen, oder es können Über- und Unterlasten entstehen, wenn weiche und harte Transformatoren parallel geschaltet werden.

Elektronische Halogenlampentransformatoren

Elektronische Halogenlampentransformatoren stellen eine Form von Umrichtern dar, die die ankommende Wechselspannung gleichrichten, in eine Wechselspannung wesentlich höherer Frequenz umrichten und erst dann in einem – dank der sehr viel höheren Frequenz erheblich kleineren – Transformator umwandeln. Im Gegensatz zu allen anderen elektroni-

schen Lasten wie Kompaktparlampen und Schaltnetzteilen von PCs, Fernsehgeräten und dergleichen kann hier aber auf einen Glättungskondensator verzichtet werden. Es entstehen daher auch keine nennenswerten niederfrequenten Stromverzerrungen, wie sie beim Ausglätten der gleichgerichteten Eingangsspannung entstehen, weil nur dann Strom vom Netz durch den Gleichrichter fließt, wenn der Augenblickswert der gleichgerichteten Wechselspannung grösser ist als die Restspannung auf dem Glättungskondensator⁴ (Bild 8).

Die Einsparung von Kupfer und Eisen durch diese Technik ist enorm und somit der Vorteil bei Volumen und Gewicht beachtlich. Ferner lässt sich das erforderliche Volumen in weiten Grenzen den verschiedensten Gehäusebauformen anpassen, da man nicht an bestimmte DIN-Blechschnittformen gebunden ist, und schliesslich sind diese Geräte, da sie ohnehin über die Umrichtelektronik verfü-

gen müssen, auch mit einer Regelung ausgestattet, die die Ausgangsspannung stabilisiert.

Allerdings pulsiert infolge des Verzichts auf einen Glättungskondensator die an den Ausgangsklemmen austretende Hochfrequenz im Takt der Netzfrequenz, was die Lampen aber nicht stört, denn diese werden beim Betrieb mit konventionellen Transformatoren auch mit Netzfrequenz gespeist und flackern mit Sicherheit viel weniger als eine normale, mit Netzspannung betriebene Glühlampe, da ihre Glühwendel viel dicker sind.

Billigprodukte haben Probleme mit Teillast

Manche Billigprodukte unter den elektronischen Trafos werden jedoch mit Teillast überhaupt nicht fertig, und eine einzelne 20-W-Lampe, an einen 60-W-Trafo angeschlossen, fängt an zu flackern. Ähnliches kann auch bei Defekt eines elektronischen Halogenlampentransformators auftreten: So können etwa in Verkaufsräumen, in Restaurants und deren Toiletten einzelne Lampen oder Gruppen von Lampen in regelmässigem Rhythmus blinken oder zwischen zwei Helligkeiten pulsieren.

Induktionsschleifen bei Halogenseilanlagen

Viele Betreiber solcher Halogenlampenbeleuchtungen klagen ausserdem u.a., dass die angegebene Lebensdauer der Lampen bei Weitem nicht erreicht wird: So kann es in einem Haushalt beispielsweise vorkommen, dass ständig – aus Richtung (elektronischer) Trafo gesehen – die erste von drei angeschlossenen Lampen durchbrennt.

Der Grund hierfür könnte in den Induktionsschleifen liegen, die entstehen, wenn in einem Nutz- oder Wohnraum ein ganzes Gewirr von Halogenseilanlagen erstellt wird (Bild 9). Die einzelnen Seile können ohne weiteres Längen von 10 m und mehr erreichen und haben einen beträchtlichen Abstand zueinander. Sie sind meist nicht isoliert und dürfen sich daher trotz ihrer freitragenden Konstruktion nicht berühren können. Ausserdem hat man gerne ausreichend Platz zur Verfügung, um die Scheinwerfer zwischen Hin- und Rückleitung schwenkbar aufzuhängen. Die so gebildete Induktions-

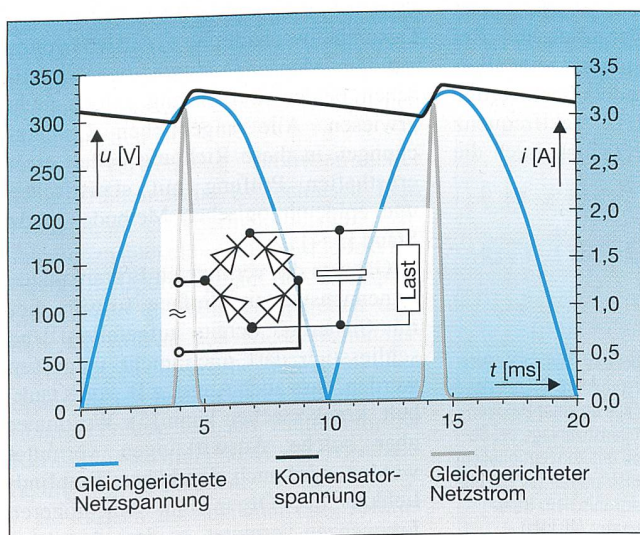


Bild 8 Spannung und Strom am Glättungskondensator

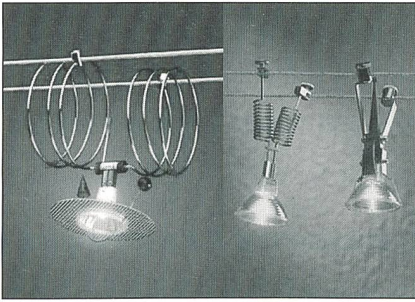


Bild 9 Dekorative HF-Drosseln
Quelle: <http://www.conrad.de>

schleife hat daher eine ganz beträchtliche Querschnittsfläche. Dazu kommt die Induktivität der oft dekorativ in Schleifen gewundenen Befestigungsanschlussleitungen der einzelnen Lampen (Bild 9, linke und mittlere Lampe).

Die sich ergebende Reaktanz ist bei 50 Hz ohne praktische Bedeutung (Tabelle IV), aber bei Hochfrequenz kann es passieren, dass die erste, direkt hinter dem Trafo angebrachte Lampe an eine erheblich höhere Spannung zu liegen kommt als die am weitesten vom Trafo entfernte (Tabelle IV), sofern sich keine Resonanzen bildeten, die zu Überspannung an der letzten Lampe führen.

Der Hersteller der Transformatoren hat darüber aber keine Kontrolle, weil er nicht wissen kann, welche Ausdehnung die so erzeugten Leiterschleifen erreichen werden und wie viel Induktivität der Anwender hiermit an den Trafo anschliessen wird. Das Vorhandensein entsprechender Vorschriften, die lediglich die Leitungslänge begrenzen und über Seilabstände, Strom und Frequenz keine Aussagen treffen, hilft in der Praxis daher wenig, zumal die Produkte im Baumarkt frei erhältlich sind und somit die Einhaltung von Vorschriften sich der Kontrolle entzieht.

Und nicht nur die an den elektronischen Transformatoren betriebenen Lampen, sondern auch diese selbst sind bedeutend empfindlicher als herkömmliche 50-Hz-Transformatoren. Eine bekannte Störquelle sind induktive Vorschaltgeräte

von Leuchtstofflampen. Diese nämlich erzeugen zum Zünden der Röhre einen Spannungsimpuls, der bei einer 58-W-Lampe etwa 1600 V beträgt. Obwohl dieser Spannungsimpuls eigentlich zwischen den Enden der Röhre verläuft, gerät leider mehr oder weniger davon doch in das speisende Netz. Dies hat schon so häufig zu Ausfällen der elektronischen Trafos geführt, dass inzwischen spezielle Störfilter auf dem Markt erschienen sind, die dies verhindern sollen. Ein Vorschaltgerät für das Vorschaltgerät gewissermassen – ein bei Anwendung konventioneller Technik jedoch unnötiger Aufwand und letztlich wohl zumindest teilweise eine Folge des fehlenden Siebkondensators am Eingang, der bei anderen elektronischen Schaltnetzteilen solche Störungen weit gehend schluckt.

Der Ersatz aller induktiven Vorschaltgeräte für die Leuchtstofflampen durch elektronische hingegen stellt eine recht kostspielige Lösung dar – und auch eine unvollkommene, solange nicht auch alle anderen nennenswerten Induktivitäten aus dem Netz entfernt werden, was schwer fallen dürfte. Ausserdem kann man sich dadurch leicht wieder ein ganzes Bündel neuer Probleme ins Haus holen.

Die Eingangswerte eines solchen Trafos stellen sich bei der Messung (Bild 10, links) allerdings als recht respektabel dar: Im Leerlauf zeigt er eine sehr geringe Verlustleistung und unter Last einen nahezu sinusförmigen und blindleistungsfreien Strom. Auch die Einschaltströme (Bild 10, Mitte unten) halten sich in Grenzen. Der ausgangsseitige Einschaltstrom wird zu Gunsten der Lebensdauer der Lampen begrenzt. Eine Glühlampe hat unter «normalen» Umständen (beim Aufschalten auf eine praktisch impedanzlose Spannungsversorgung) einen etwa 10fach überhöhten Einschaltstrom. Die Ausgangsspannung (Bild 10, rechts) ist unter Last für solche Geräte normal. Bei der Ermittlung der Leistungen zeigt allerdings selbst das verwendete hochwertige Messgerät mit 40 MHz Taktfrequenz Probleme, da es sich offenbar durch die

auf die Hochfrequenz aufmodulierte Netzfrequenz täuschen lässt. Die Lampen jedenfalls (4×20 W) brannten während der Messung mit normaler Helligkeit. Die Leistungsaufnahme betrug wegen der Lampenschonung durch Unterspannung nur 74,8 W. Es ist gängige Praxis, Halogenleuchtstofflampen mit 12 V Bemessungsspannung nur mit 11,6 V zu betreiben.

Nur im Leerlauf nimmt die Ausgangsspannung merkwürdige Formen an, wenn man die Zeitbasis entsprechend der Hochfrequenz einstellt (Bild 10, Mitte oben). Die Frage ist, wann – bei welchem Auslastungsgrad – eine vernünftige Regelung einsetzt. Hier unterscheiden sich gute von schlechten Geräten. Über eine Korrelation zum Preis kann an dieser Stelle schlecht spekuliert werden. Bei dem vorliegenden Muster jedenfalls handelte es sich um ein Billigangebot aus Fernost einer grossen Handelskette, und zumindest dieses Exemplar funktionierte bereits mit einer einzigen angeschlossenen Lampe einwandfrei.

Aus Bild 10 unten rechts und der angezeigten Zeitbasis ergibt sich, dass die Hochfrequenz, aus der die darüber gezeigten Buckel bestehen, eine Periodendauer von 40 µs, also eine Frequenz von 25 kHz hat. Es ergibt sich aber auch, dass diese Hochfrequenz nicht sinus-, sondern rechteckförmig verläuft und also ihrerseits wieder ein theoretisch unendliches Spektrum an Oberschwingungen enthält. Somit sind prinzipiell in allen Frequenzbereichen Störungen möglich.

Feldstärken bzw. Flussdichten

Auf Grund der Induktionsschleifen entstehen mit Hochspannungsleitungen vergleichbare magnetische Feldstärken: So erzeugt eine Hochspannungsleitung mit 600 A Last und 8 m Seilabstand in 50 m Entfernung ein gleich starkes Feld wie ein Seilsystem mit 6 A Last und 80 mm Seilabstand in 0,5 m Entfernung. Gesundheitsschädliche Auswirkungen auf den Menschen durch die magnetischen Felder sind bislang jedoch nicht erwiesen. Alle angeblichen Untersuchungen in diese Richtung halten einer ernsthaften Prüfung mit statistischen und epidemiologischen Methoden nicht Stand [3, 4].

Gäbe es die vermuteten Erkrankungen in nennenswertem Umfang, so wäre dies mit Sicherheit bereits aufgefallen. Und schliesslich darf auch nicht vergessen werden, dass auch Angst, z.B. vor Krankheit, krank machen kann [5]. Wo immer aber solche Auswirkungen vermutet werden, wird auch eine höhere Empfindlichkeit des Organismus bei höheren Frequenzen vermutet, so dass dem kon-

Lampennummer [-]	Lampenleistung [W]	Spannungsabfall bis zu dieser Lampe	
		Frequenz = 50 Hz	Frequenz = 40 kHz
1	35	0,0003 V	0,2100 V
2	35	0,0005 V	0,3781 V
3	35	0,0006 V	0,5041 V
4	35	0,0007 V	0,5881 V
5	35	0,0008 V	0,6301 V

Tabelle IV Beispielwerte für induktive Spannungsabfälle an einer Halogenlampenseilanlage bei Betrieb mit konventionellem Transformator (50 Hz) und elektronischem Transformator (40 kHz)

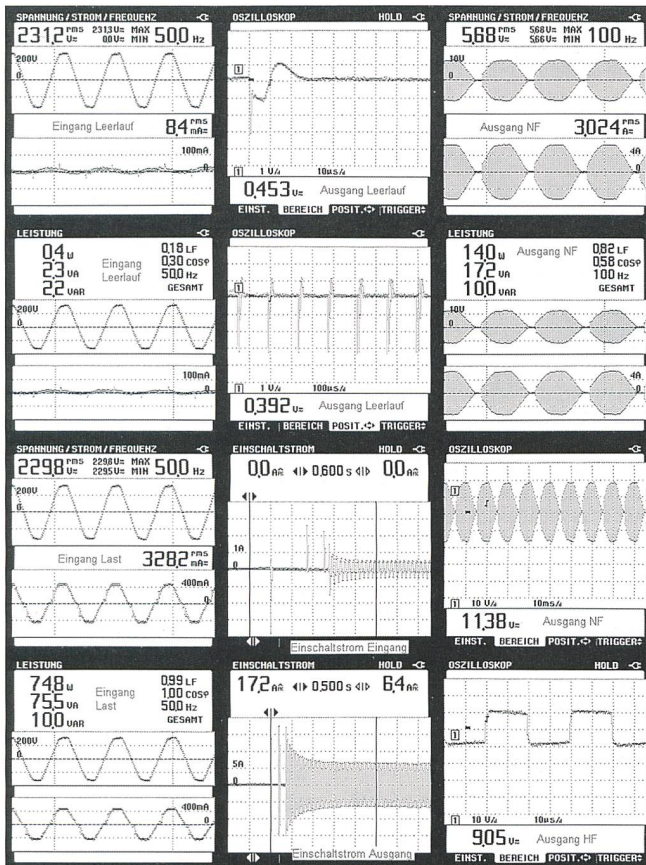


Bild 10 Einschalten und Betrieb eines elektronischen Halogenlampentransformators

fiehlt sich der Einsatz weicher Typen, um die hohen Einschaltströme der Lampen zu dämpfen und dadurch die Lampen zu schonen. Dennoch kann es durch die Einschaltstösse der Trafos selbst zum Auslösen von Leitungsschutzschaltern kommen, gerade wenn grössere Gruppen parallel betrieben, also auch zeitgleich geschaltet werden. Die Streureaktanz hilft zwar, die Einschaltströme zu reduzieren, denn sie rührt aus demjenigen Teil des Flusses her, der das Eisen umgeht und somit keine Sättigung und keine Remanenz kennt, doch dieser Dämpfungseffekt reicht bei Gruppen mit grösserer Gesamtleistung nicht mehr aus.

Beides auf einmal, Schonung der Lampen und Verhinderung unnötiger, unsinniger Auslösungen von Schutzorganen, kann durch Steuerung jeweils einer ganzen Gruppe über einen Transformator-Sanfteinschalter gelöst werden [6–10].

Literatur

- [3] Christopher H. Müller: Niederfrequente elektrische und magnetische Felder und Elektrosensibilität in der Schweiz. Bulletin SEV/VSE 91(2000)24.
- [4] Gerhard Hosemann: Lassen sich elektromagnetische Felder verwalten? ETZ 3/1996, S. 32.
- [5] Gerhard Hosemann: Elektromagnetische Felder und noch kein Ende. ETZ 11/1996, S. 42.
- [6] Michael Konstanzer: Sanftes Einschalten induktiver Lasten. ETZ 1/1995, S. 28.
- [7] Michael Konstanzer: Drehstromtransformatoren sanft einschalten. ETZ 8/1995, S. 34.
- [8] Michael Konstanzer: Transformator-Sanft-Einschalter spart Kosten. Elektro-Praktiker 6/1998, S. 524.
- [9] Michael Konstanzer: Blindstrom-Kompensationskondensatoren sanft schalten. ETZ 16/1995, S. 44.
- [10] Michael Konstanzer: Trafo-Einschalt-Stromstoss – beherrschen, verkleinern, begrenzen oder vermeiden. DE 17/2000, S. 26.

Adresse des Autors

Deutsches Kupfer-Institut e.V., D-40474 Düsseldorf: Stefan Fassbinder, Tel. +49 211 47 96 300, sfassbin@kupferinstitut.de

⁴ Mehr zu diesem Thema in: Stefan Fassbinder: Netzstörungen durch passive und aktive Bauelemente. VDE-Verlag, D-63069 Offenbach, in Vorbereitung.

ventionellen Netzfrequenz-Halogenlampentransformator die geringere Beeinträchtigung bescheinigt wird.

Die Lösung im vorliegenden Hochfrequenzfall wäre Gleichrichtung und Glättung am Ausgang, aber das hiesse, einen zusätzlichen Verlust von etwa 1,5 W je Ampère Ausgangsstrom in Kauf zu nehmen, ganz abgesehen davon, dass schon wesentlich sinnvollere und notwendigere Massnahmen an ein paar Rappen mehr im Verkaufspreis gescheitert sind.

Ein weiterer Vorteil wäre allerdings, dass man solche elektronischen Transformatoren mit Gleichrichtung am Ausgang auch ausgangsseitig parallel zueinander betreiben könnte, was bei nicht genau definierter Frequenz am Ausgang, von Phasenlage ganz zu schweigen, natürlich nicht möglich ist.

Bei Verwendung konventioneller Transformatoren ist es technisch kein Problem, die erforderliche Leistung «zusammenzustückeln» und so im Effekt die Energietransportwege auf der Klein Spannungsebene zu reduzieren, genau dem üblichen Aufbau von Niederspannungs-Verteilnetzen entsprechend. Wie auf allen Spannungsebenen ist dabei lediglich auf richtige Polung und auf Einhaltung der Kurzschlussleistung bzw. der Abschaltbedingungen zu achten.

So müssen alle sekundärseitig parallel liegenden Transformatoren auf einen ge-

meinsamen Primärschalter fest verdrahtet sein, sonst kommt es bei Abschaltung einzelner Trafos zur Überlastung der übrigen, und vor allem steht am Eingang eines abgeschalteten, ausgesteckten oder abgeklemmten Trafos auf einmal wieder die rücktransformierte Eingangsspannung an.

Wichtig ist auch, dass extrem harte, spannungssteife Transformatoren nicht mit extrem weichen parallel geschaltet werden, sondern Einheiten mit näherungsweise gleichen Kurzschlussspannungen verwendet werden, sonst werden – ganz im Gegensatz zum richtigen Leben – die weichen Typen nicht ausgelastet und die harten überlastet. Bei Betrieb der Anlage mit konstanter Last emp-

Le choix de petits transformateurs en fonction des besoins – 2^e partie

La première des cinq parties exposait l'influence des formes de construction sur la réactance de fuite. Cette deuxième partie présente certaines pierres d'achoppement – et des indications sur la manière de les éviter – dans les projets de transformateurs pour lampes à halogène. C'est ainsi que les boucles d'induction formées par de longues lignes de suspension peuvent provoquer des baisses sensibles de tension en service à haute fréquence, ou bien il peut y avoir des surcharges ou sous-charges lorsque des transformateurs doux et durs sont montés en parallèle.