

Die häufigsten Praxisfragen und Antworten

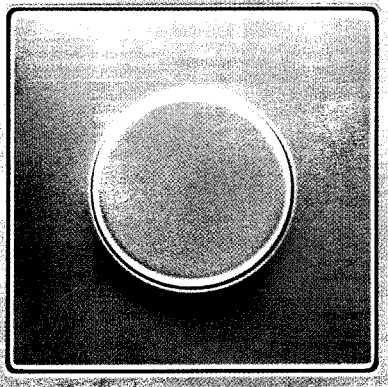
Dimmer und Lasten (1)

Dirk Brömsen

In dieser mehrteiligen Serie fassen wir die jeweils zu einem Themengebiet in der Praxis am häufigsten vorkommenden Fragen und Antworten zusammen. In diesem ersten Teil geht es um Dimmer und angeschlossene Lasten.

Auch wenn einige Fragen als sehr einfach erscheinen mögen: Alle Fragen stammen aus der täglichen Praxis der telefonischen Hotlines für die technische Produktberatung.

Bei Problemen mit Dimmern (Bild 1) liegt die Ursache erfahrungsgemäß selten bei defekten Geräten. Bei Problemen sollte man daher zunächst als »Schnelltest« die im Kasten (Seite 29) zusammengefassten Punkte überprüfen. Führt dies nicht zum Erfolg, findet sich die Lösung zu rund 90 % – das zeigen Erfahrungswerte aus der Beratung – in den hier wiedergegebenen Fragen und Antworten.



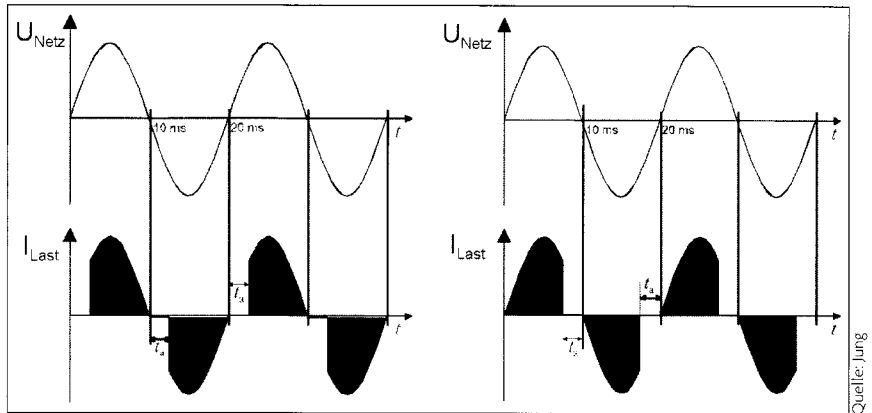
Quelle: Jung

Dimmer in Mehrfachkombinationen

Wie ordne ich Dimmer in Mehrfachkombinationen an?

Dimmer produzieren Wärme. Sie dürfen daher nur oberhalb von empfindlichen Geräten (z.B. Raumtemperaturregler) angeordnet werden. Bei mehreren Dimmern über- oder nebeneinander redu-

Dirk Brömsen, Technischer Berater, Stuttgart



Quelle: Jung

Bild 3: Dimmverfahren: Phasenanschnitt (links) für ohmsche und induktive (Eisentrafo) Lasten sowie Phasenabschnitt (rechts) für ohmsche und kapazitive (Tronic-Trafos) Lasten

ziert sich die maximale Belastbarkeit (siehe auch nächste Frage »Reduktionsfaktoren« und Bild 2).

Reduktionsfaktoren

Was sind Reduktionsfaktoren?

Dimmer sind für eine bestimmte Betriebstemperatur ausgelegt. Bei langfristiger Überschreitung sinkt die Lebensdauer rapide. Faustformel: Pro 10 K Tempera-

- 10 % für Einbau in Mehrfachkombinationen, äußere Dimmer
- 20 % für Einbau in Mehrfachkombinationen, innere Dimmer

Dimmverfahren

Welche Dimmverfahren gibt es?

Grundsätzlich kann man zwei Dimmverfahren unterscheiden (Bild 3):

- Phasenanschnitt für ohmsche und induktive (Eisentrafo) Lasten
- Phasenabschnitt für ohmsche und kapazitive (Tronic-Trafos) Lasten

Leuchtstofflampen werden heute mit 1...10 V-Schnittstellen oder aber digital (0...100 %, Dali) gedimmt, Kompaktleuchtstofflampen mit Schraubgewinde (E14 oder E27) lassen sich nicht dimmen.

Dimmverfahren eines Universaldimmers

Woher weiß ein Universaldimmer (Bild 4), wie er dimmen muss (Phasen- an- oder abschnitt)?

Bei der ersten Inbetriebnahme, auch nach jeder längeren Spannungsunterbrechung, schickt der Dimmer einen kleinen Prüfstrom durch den angeschlossenen Verbraucher. Kommt dieser verspätet zurück (»Bei Induktivitäten Ströme sich verspäten...«), handelt es sich um einen induktiven Verbraucher, der Dimmer geht auf Phasenanschnitt. Bei allen anderen Verbrauchern geht er auf Phasenabschnitt, also auch bei Glühlampen. Bei elektronischen Trafos mit extrem langem Softstart kann der Dimmer da-

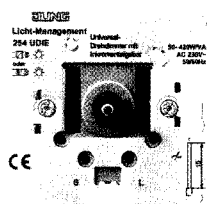
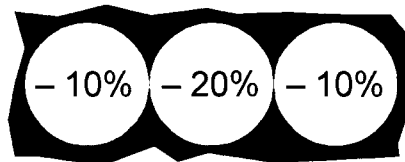


Bild 1: Bei Problemen mit Dimmern liegt die Ursache erfahrungsgemäß selten bei defekten Geräten

turerhöhung halbiert sich die Lebensdauer. Daher muss man unter bestimmten Bedingungen die angegebene Belastbarkeit, z.B. 500 W, reduzieren, ggf. muss man sogar mehrere Einflüsse abziehen.

- 15 % für Einbau in Hohlwand Dosen, Holz- oder Rigipswände
- 10 % pro 5°C Überschreitung der Umgebungstemperatur von 35°C



Quelle: Jung

Bild 2: Bei Kombination mehrerer Dimmern reduziert sich die maximal zulässige Leistung



Bild 4: Universaldimmer in REG-Ausführung

durch auf den falschen Phasenanschnittbetrieb gehen.

Dimmer und Last

Wie erkenne ich, ob Dimmer und Lampe/Trafo zusammen passen?

Seit 2001 haben Dimmer und Trafos entsprechende Symbole, die zu beachten sind (Bild 5). Passen Dimmer und Last nicht zusammen, kommt es zu Brumen, zur Erwärmung oder sogar zur Zerstörung von Dimmer und/oder Trafo.

Folgende Symbole gibt es:

- R: für ohmsche Lasten (Glühlampen)
- L: für überwiegend induktive Lasten (Eisentrafos, 230 V Halogen)
- C: für überwiegend kapazitive Lasten (Tronic-Trafos, 230 V Halogen)
- M: für Motoren

Der Keil deutet symbolisch die Möglichkeit der Helligkeits- bzw. Drehzahlsteuerung an.

Transformatoren, die auch diese Symbole tragen, zeigen die Eignung für die entsprechende(n) Dimmerklasse(n) an. Sobald wenigstens ein Buchstabe auf Dimmer und Transformator übereinstimmt, kann die Gerätekombination verwendet werden.

Für ohmsche Lasten (Glühlampen, Hochvolt-Halogen) eignen sich beide Dimmprinzipien, Phasenanschnitt bietet aber für Glühlampen das schonendere Einschaltverhalten. Phasenanschnitt-Dimmer können R- und L-Lasten mischen, dann wird im Phasenanschnitt gedimmt. Phasenabschnitt-Dimmer können R- mit C-Lasten mischen, dann wird im Phasenabschnitt gedimmt. Nicht erlaubt ist das Mischen von L- mit C-Lasten, auch nicht bei Universaldimmern,

da der Dimmer dann nicht weiß, mit welchem Verfahren er dimmen soll. Damit Universaldimmer induktive Lasten zuverlässig erkennen, darf der ohmsche Lastanteil nicht mehr als 50% der Gesamtleistung betragen.

Dimmer für Motoren

Kann ich mit einem Eisenkern-Dimmer auch Motoren/Ventilatoren dimmen?

Nein. Zwar sind beides induktive Lasten, doch für Motoren benötigt man einen speziellen Drehzahlregler. Grund: Bei Dimmern fordern die VDE-Bestimmungen auch in unterster Dimmstellung

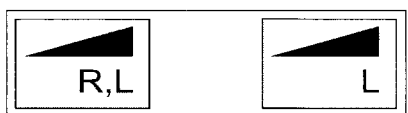


Bild 5: Symbole von Dimmern (links) und Lasten (rechts)

noch eine Resthelligkeit. Sonst bestünde Unfallgefahr, da man die Anlage versehentlich als spannungsfrei ansehen könnte. Dies bedeutet eine relativ hohe minimale Ausgangsspannung. Diese ist bei Drehzahlreglern aber unerwünscht, man könnte die niedrigen Drehzahlen nicht mehr einstellen. Auch reicht bei kleinen Lasten die erforderliche Mindestlast für den Dimmer oft nicht aus.

Wechsel- oder Kreuzschaltung

Ich will eine bestehende Wechsel- oder Kreuzschaltung mit einem Dimmer ausrüsten. Geht das ohne umverdrahten?

Ja, allerdings nur mit bestimmten Dimmern, also sind die jeweiligen technischen Daten zu beachten. Geeignete Dimmer haben zwei Eingänge für die Korrespondierenden der Wechselschaltung und einen eingebauten Wechselkontakt (Bild 6). Bei anderen Drehdimmern und bei Tasdimmern muss umverdrahtet werden. Bei Dimmer-Nebenstellen gibt es welche, die drei Drähte (L, N und Verbindungsdraht zum Dimmer) benötigen. Diese sind aber nicht immer vorhanden. Dann kann man auf Nebenstellen ausweichen, die nur zwei Drähte brauchen (L und Verbindungsdraht zum Dimmer). Evtl. muss man aber so um-

verdrahten, dass an der Nebenstelle eine Dauerphase anliegt. Es lassen sich auch mehrere Nebenstellen an einen Dimmer klemmen – man kann also auch Kreuzschaltungen umrüsten.

Nach Möglichkeit sollte der Dimmer immer in der »letzten Dose« angeschlossen sein, d.h. direkt am Lampendraht. Befindet sich der Dimmer in der ersten Dose, funktioniert er zwar, aber dann geht aber die gedimmte Phase über die weiteren Schalter. Diese enthält hochfrequente Oberschwingungen und kann Störungen an empfindlichen elektronischen Geräten (Radio, TV, Dect-Telefon etc.) verursachen.

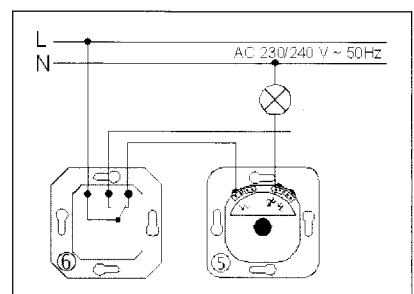


Bild 6: Dimmer in Wechselschaltung

Dimmer und EVG

Meine EVG-Lichtsteuerung macht Probleme. Mögliche Ursachen?

- Lampe brennt immer mit 100%: Steuerleitung nicht oder nicht korrekt angeschlossen, Verdrahtung prüfen.
- Lampe brennt immer mit minimaler Helligkeit: Polarität + und – vertauscht, Polarität wechseln. Oder Kurzschluss in der Steuerleitung.
- 100% Lichtstrom wird nicht erreicht, einige Lampen brennen immer mit minimaler Helligkeit: Bei einem oder mehreren EVG sind + und – falsch angeschlossen.
- Ungleichmäßiger Helligkeitseindruck der Lampen: Man darf nur EVG und Leuchtstofflampen jeweils eines Herstellers, eines Typs und einer Leistungsstufe verwenden. Einige EVG schalten nach Anlegen der Spannung für kurze Zeit auf maximale Helligkeit. Erst nach dieser Zeit reagiert das EVG auf die Steuerspannung. Steuerleitung (1...10 V) und Lastleitung 230 V dürfen nicht in einer Leitung (z.B. NYM 5x1,5) gemeinsam verlegt werden, separate Steuerleitung IY(St)Y nehmen.
- Ungleichmäßige Helligkeit längs der Röhre (u.a. bei T5-Lampen): Reflektorabstand zur Lampe ist zu gering, es treten kapazitive Ableitströme auf.

Einschaltströme

Trafoleistung [VA]	Ringkerntrafo [A]	Blocktrafo [A]
bis 50	6	5
bis 100	15	7
bis 200	30	20
bis 300	60	30
bis 500	130	45
bis 750	250	55
bis 1000	350	70
bis 1500	450	85

sind alle größer als hier angegeben

Tabelle 1: Einschaltströme für ca. 3...5 ms

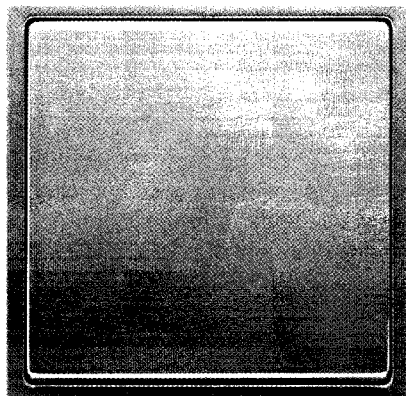


Bild 7: Tastdimmer: Aufsatz und Einsatz

Abstand zu Reflektor und Lampe vergrößern.

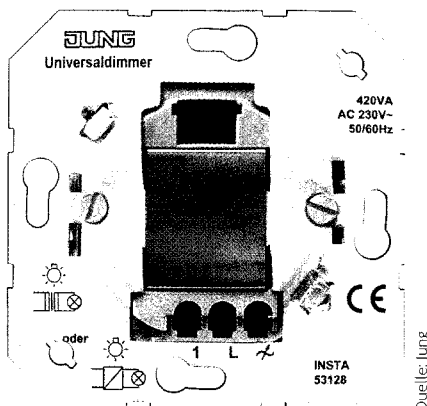
Mindest- und Maximalbelastbarkeit

Muss man die Angabe der Mindest- und Maximalbelastbarkeit zwingend beachten?

Ja. Bei zu hoher Belastung steigt die Temperatur im Dimmer an, dadurch Brandgefahr. Außerdem sinkt die Lebensdauer stark (Faustformel: Temperatur +10°C = halbe Lebensdauer). Benötigt man mehr Leistung, kann man Leistungszusätze verwenden. Auch die Minimalbelastung ist zu beachten, weil der Dimmer sich seinen Neutralleiter N über die angeschlossene Beleuchtung holt. Bei zu geringer Belastung hängt die Elektronik im Dimmer »mit einem Fuß in der Luft«, Folge sind Funktionsstörungen.

Wichtig: Gedimmte Eisentrafos müssen mit mindestens 85% der Trafonennleistung belastet werden. Dabei darf aber die Trafo-Nennleistung und die Trafoverlustleistung (ggf. beim Trafhersteller erfragen) zusammen nicht höher liegen als die Belastbarkeit des Dimmers.

Alternativ kann man auch den Eingangsstrom am Trafo messen (wichtig: ohne den Dimmer, sonst Fehlmessun-



gen). Dieser Wert mit der gemessenen Spannung multipliziert ergibt die Leistung (genauer: Scheinleistung). Diese darf nicht höher liegen als die für den Dimmer angegebene maximale Belastbarkeit. Evtl. muss man beim Dimmer auch Reduktionsfaktoren beachten (siehe Seite 25). Als Faustregel kann man bei einem Eisentrafo von ca. 20% Verlustleistung ausgehen. Für einen Trafo mit 400 VA Ausgangsleistung muss also der Dimmer mindestens 480 VA Belastbarkeit haben.

Brummender Dimmer

Der Dimmer brummt. Was tun?

Technisch bedingt brummt jeder Dimmer etwas, abhängig von der Dimmerbauart und der Last, die am Dimmer hängt. Grund sind die einzuhaltenden Funkschutzanforderungen, daher müssen die Dimmer Filter beinhalten.

Das Brummen hängt auch ab vom Dimmverfahren. Schwach hörbar brummen die Phasenanschnittdimmer (Glühlampen- und Eisenkerndimmer), da diese eine Funkschutz-Drosselspule enthalten, die etwas brummt. Kaum hörbar brummen Phasenabschnitt- und Universaldimmer, da diese im Nulldurchgang »sanft« einschalten; die Filter sind hier anders aufgebaut.

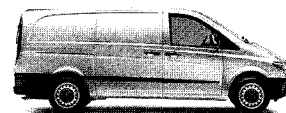
AUF EINEN BLICK

- Kennbuchstaben bei Dimmern und Trafos beachten.
- Alle Dimmer brummen geringfügig, auch abhängig von der Belastung. Tronic- und Universaldimmer brummen dabei weniger als Glühlampen- und Eisenkerndimmer.
- Keine Ringkerntrafos dimmen, dies kann zu Problemen führen.
- Gedimmte Eisentransformatoren mit mindestens mit 85% der Trafo-Nennleistung belasten.

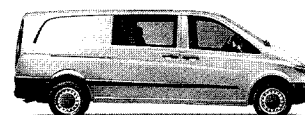
- Bei Tronic-Trafos darf die 12-V-Leitung maximal 1 m bzw. 2 m (typabhängig) lang sein.
- Netzfreeschalter in Kombination mit Dimmern können Probleme bereiten.
- Konventionelle Vorschaltgeräte nicht mit Tronic-Trafos oder -Dimmern in einem Stromkreis betreiben, Spannungsimpuls beim Abschalten kann die Trafos beschädigen.
- Dimmen von Leuchtstofflampen ist nur bedingt ratsam.

Weitere Spezialisten.

5 aus 55 verschiedenen Vito Varianten.



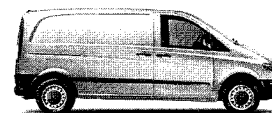
Der lange Vito als Kastenwagen



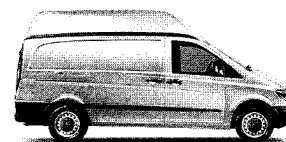
Der extralange Vito als Mixto



Der lange Vito als Kombi



Der kompakte Vito als Kastenwagen



Der lange Vito als Kastenwagen mit Hochdach

► So Leid es uns tut: Hier finden nur 5 Vito Varianten Platz. Über die weiteren 50 weiß Ihr Mercedes-Benz Partner jede Menge zu erzählen. Schauen Sie einfach einmal vorbei oder rufen Sie uns unter 0180/50180 66 (0,12 Euro/min) an.



Mercedes-Benz

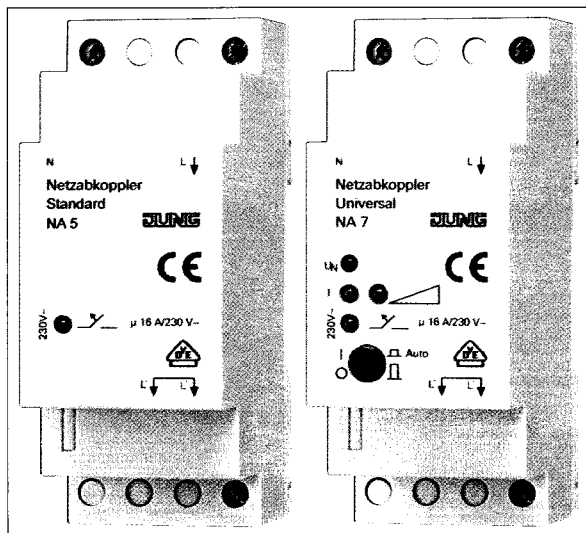


Bild 8: Auf der light + building 2004 vorgestellte Netzabkoppler vertragen sich mit allen Dimmern

Starkes Brummen tritt auf, wenn ein falscher Dimmer zum Einsatz kommt, z. B. ein Phasenabschnittdimmer für Eisentrafos. Dies kann zur Erwärmung oder Zerstörung von Dimmer und/oder Trafo führen.

Bei Universaldimmern können auch Probleme auftreten, wenn elektronische Trafos einen sehr langsamen Softstart haben. Dieser verzögert den Prüfimpuls bei der Inbetriebnahme, dadurch geht der Dimmer in den falschen Phasenanschnittbetrieb. Die Folge: Brummen, evtl. Überhitzung. Auch bei eingebauten Stromwächtern kann dieses Problem durch Verzögerung auftreten. Eine Garantie für einwandfreie Funktion übernehmen viele Dimmerhersteller nur, wenn man die in der Bedienungsanleitung spezifizierten Trafos verwendet.

Tausch der Feinsicherung

Kann ich eingebaute Feinsicherungen durch andere Werte ersetzen?

Nein. Die Werte sind abgestimmt auf den Schutz der elektronischen Bauteile (Triac usw.) und der Verbraucher. Daher muss man sowohl die Stromstärke als auch die Charakteristik (flink, träge, ...) und das Abschaltvermögen zwingend beachten. Bei Einsatz zu starker Sicherungen schaltet diese im Fehlerfall evtl. nicht ab, was die Brandgefahr erhöht.

Separater Überspannungsschutz

Wozu dient ein separater Überspannungsschutz für Dimmer oder Tronic-Trafos?

Wenn sich im gleichen Stromkreis induktive Verbraucher wie Motoren oder

Vorschaltgeräte befinden, können diese beim Ein- oder Ausschalten so energiereiche Netzüberspannungen (Spikes) erzeugen, dass der jeweilige geräteinterne Feinschutz nicht ausreicht. Daher sollte in solchen Anlagen immer ein entsprechendes Überspannungsschutzmodul zum Einsatz kommen. Die Montage sollte vor dem Trafo sein (wenn nicht gedimmt wird), sonst vor dem Dimmer, aber immer zwischen L und N. man benötigt also keinen separaten PE. Diese

Module helfen auch dann, wenn Dimmer durch Einkopplungen von anderen parallelen Leitungen ungewollt ein- oder ausschalten (z. B. wenn sich drei Dimmer in einer UP-Kombination übereinander befinden und große Ringkerntrafos angeschlossen sind).

Flackernde Beleuchtung

Meine Beleuchtung flackert kurzzeitig in unregelmäßigen Abständen. Woher kommt das?

Dies liegt in den meisten Fällen an den Rundsteuersignalen der Energieversorger. Dimmer benötigen für ihren Betrieb eine saubere Erkennung des Spannungsnulldurchgangs. Durch die Rundsteuersignale verschiebt sich dieser Nullpunkt, dadurch kommt es zu kurzzeitigem Flackern, besonders in abgedimmter Stellung. Das Flackern fällt für verschiedene Rundsteuerfrequenzen unterschiedlich stark aus. Eine Liste der in Deutschland verwendeten Frequenzen gibt es unter www.rundsteuerung.de.

Entscheidend für das Flackern sind dabei sogenannten PST-Werte. Diese geben die Empfindlichkeit eines Dimmers gegen Rundsteuersignale bei der jeweiligen Frequenz an. Faustregel: »Je höher der PST-Wert, desto mehr Flackern«. Die PST-Werte hängen von der Frequenz ab und unterscheiden sich bei verschiedenen Dimmern. Da die Frequenztabellen und die PST-Werte sehr umfangreich sind, werden sie hier nicht dargestellt.

Vorgehensweise bei Problemen: Für den Wohnort des Kunden unter www.rundsteuerung.de die Frequenz suchen, alternativ beim Energieversorger nachfragen. Dann kann man unter An-

gabe des verwendeten Dimmers beim Hersteller den PST-Wert des Dimmers erfragen. Manchmal löst der Einsatz eines anderen Dimmers das Problem. Alternativ gibt es von verschiedenen Herstellern (Adressen auch bei www.rundsteuerung.de) sogenannte Tonfrequenzsperren für die Verteilung, welche die Rundsteuersignale abblocken. Der Nachteil: Die Geräte sind sehr teuer, brummen stark und sind nicht für Unterputzdosen erhältlich.

Dimmer und Netzabkoppler

Ist jeder Dimmer in Verbindung mit Netzabkopplern einsetzbar?

Nein. Netzabkoppler schicken im ausgeschalteten Zustand einen kleinen Prüfstrom durch die Anlage. Dadurch können bei Tastdimmern (Bild 7) die Kurzhubtasten abschmoren. Auch Universal- und Glühlampendrehdimmer sollte man nicht verwenden. Viele Tronic- und Eisenkerndimmer haben extra eine vierte Klemme, um den Grundlastwiderstand des Netzabkopplers schalten zu können.

Darüber hinaus bieten einige Dimmerhersteller inzwischen spezielle Netzabkoppler an (Bild 8), die sich mit allen Dimmertypen »vertragen« (beim Hersteller nachzufragen).

Stromwächter

Wann brauche ich einen Stromwächter?

Die VDE-Bestimmungen schreiben Stromwächter für Niedervolt-Beleuchtungen mit nicht isolierten Stromzuführungen (z. B. blanke Seilsysteme, Stangen) vor. In öffentlich zugänglichen Räumen (Kaufhaus, Museum etc.) sind Stromwächter immer vorgeschrieben. Der Stromwächter muss bei Leistungsschwankungen +/- 30 W vom eingestellten Wert den Lampenkreis ausschalten. Ob sich der Stromwächter für Dimmer eignet, muss man vor der Montage prüfen, da manche Stromwächter beim Dimmen abschalten (Abweichung von der eingestellten Leistung).

In Verbindung mit Universaldimmern kann es zu Problemen kommen. Bei der ersten Inbetriebnahme prüft der Dimmer die angeschlossene Last. Sind Stromwächter installiert, erkennt der Dimmer evtl. nur diesen Stromwächter und nicht die Last – er geht daher auf Phasenabschnitt. Hängt am Stromwächter ein Eisentrafo, wird dieser dann mit dem falschen Dimmverfahren betrieben, was zur Zerstörung des Dimmers führen kann.

(Fortsetzung folgt)

Die häufigsten Praxisfragen und Antworten

Dimmer und Lasten (2)

Dirk Brömsen

Der zweite Teil der Serie befasst sich wiederum mit Dimmern und hier speziell mit möglichen Problemen der angeschlossenen Leuchtmittel und Vorschaltgeräte.

Gerade bei der Kombination von Dimmern mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder bei 12 V Halogen können Probleme auftreten, wie einige Fragen dieser Folge zeigen. Doch sind die Fehler bekannt, lässt sich i. d. R. Abhilfe schaffen.

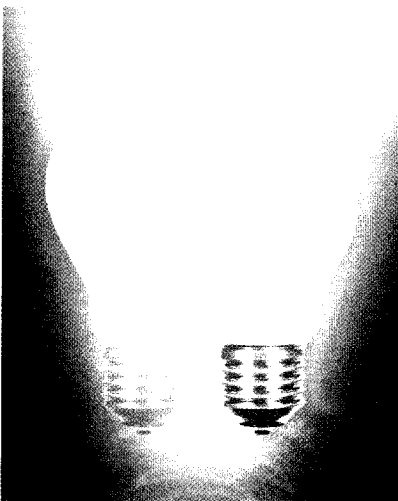
Dimmer für Glühlampen

Ich will nur Glühlampen dimmen. Welcher Dimmer eignet sich?

Bei Glühlampen (Bild 9) kann man alle Dimmer verwenden. Vorteile bietet aber ein Tronic-Dimmer. Der Grund: Brennt die Glühwendel durch, entsteht oft ein Lichtbogen. Dann ergibt sich ein Widerstand von nahezu Null und als Folge ein sehr hoher Strom. Dann löst die Fein- oder Verteilersicherung aus. Bei Tronic- und Universaldimmern tritt dieser Effekt nicht auf. Sie verfügen intern über einen

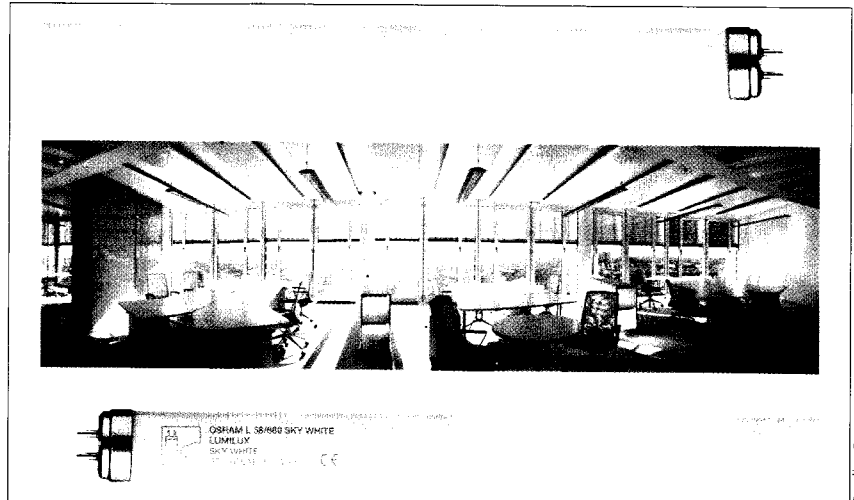
Dirk Brömsen, Technischer Berater, Stuttgart

Fortsetzung aus »de« 13-14/2004



Quelle: Philips

Bild 9: Bei Glühlampen kann man alle Dimmerarten verwenden, vorteilhaft ist aber ein Tronic-Dimmer



Quelle: Osram

Bild 10: Bei Anlagen, in denen gedimmte und ungedimmte Leuchtstofflampen gemeinsam betrieben werden, kann es zu Kundenreklamationen bezüglich verschiedener Lichtfarben kommen

elektronischen Schutz, haben keine Sicherung und sind somit wartungsfrei.

Defekte Halogenlampen 12 V

Meine Halogenleuchtmittel 12 V gehen sehr oft kaputt. Die Ursache?

Ursache kann bei einem Eisentrafo eine falsche Auslegung sein. Viele montieren nach dem Motto »lieber etwas Reserve einplanen« einen zu großen Trafo. Bei steigender Belastung erhöht sich der Spannungsfall, daher werden Trafos mit einer Leerlaufspannung > 12 V gebaut. Erst bei maximaler Belastung sinkt diese Spannung auf ca. 11,5 V (kann je nach Hersteller abweichen). Bei geringerer Auslastung ergibt sich eine erhöhte Lampenspannung, diese führt zu stark verkürzter Lebensdauer.

Abhilfe schaffen hier elektronische Trafos, diese haben eine konstante, also belastungsunabhängige Ausgangsspannung von ca. 11,8 V. Hier muss man aber die maximale zulässige Leitungslänge von 2 m bzw. 1 m je nach Trafotyp beachten.

Unterschiedliche Helligkeit bei 12 V Halogen

Meine 12-V-Halogenleuchten leuchten unterschiedlich hell. Ursache?

Durch die hohen Ströme fällt bei 12 V der Spannungsfall wesentlich stärker ins Gewicht. Bei in Reihe verdrahteten Lampen ergibt sich daher eine von vorne

nach hinten abnehmende Spannung, die hinteren Lampen leuchten also schwächer. Daher sollte man eine sternförmige Verdrahtung vorsehen. Alle Leitungen müssen gleich lang sein und vom gleichen Leitungstyp, sonst ergeben sich wieder Helligkeitsunterschiede. Bei großer Entfernung zwischen Trafo und Lampen sollte man eine Zuleitung zu einem NV-Verteiler legen und von dort sternförmig verkabeln.

Man muss Trafos eines Herstellers und einer Leistung verwenden und diese auch gleich belasten. Auch die Leuchtmittel sollten von einem Hersteller und einem Typ sein.

Bei Tronic-Trafos sollte man keine Einzeldrähte (z. B. H07V-K oder -U) verlegen. Es empfehlen sich flexible/feindrähtige Leitungen. Grund: Durch die Ausgangsfrequenz von 40 kHz tritt der »Skin-Effekt« auf, d. h. die Elektronen fließen nur noch an der Oberfläche des Leiters. Dadurch sinkt der wirksame Leiterquerschnitt, also erhöht sich der Widerstand der Leitung. Bei flexiblen Leitungen tritt dieser Effekt weniger stark auf als bei massiven/eindrähtigen Leitungen.

Dimmen von Leuchtstofflampen / Energiesparlampen

Ich will Leuchtstofflampen dimmen. Geht das? Wie sieht es mit der Belastbarkeit aus?

Im Gegensatz zu Glühlampen ist das Dimmen von Leuchtstofflampen (Bild 10) nur bedingt ratsam. Grund: Bei Glühlampen ändert sich beim Dimmen die Lichtfarbe in Richtung rötlich, was man i.A. als gemütlich empfindet. Bei Leuchtstofflampen ändert sich die Lichtfarbe aber nur wenig. Der Betrachter nimmt das reduzierte Licht als schmutzdeliges und unangenehmes Licht wahr.

Wegen des erheblichen Leuchtdichtunterschieds erscheint der Farbunterschied aber größer. Dies kann in Anlagen, in denen gedimmte und ungedimmte Leuchtstofflampen gemeinsam betrieben werden, zu Kundenreklamationen bezüglich verschiedener Lichtfarben führen.

Auch Temperaturunterschiede führen zu verschiedenen Lichtfarben. Befinden sich z.B. Leuchtstofflampen dicht an Deckenauslässen der Klimaanlage, können dort andere Lichtfarben auftreten als bei entfernt montierten Leuchten. Bei Dreiband-Leuchtstofflampen entsteht beim Einbau in eloxierte Reflektoren ein Regenbogeneffekt, genannt »Irisieren«. Die Farbeinflüsse der Reflektoren können dann fälschlich als unterschiedliche Lichtfarben interpretiert werden.

Kompaktleuchtstofflampen mit Schraubgewinde (E14, E27) lassen sich nicht dimmen. Grund: Das elektronische Vorschaltgerät in der Lampe enthält einen Glättungskondensator (Elko). Der steile Spannungsanstieg bei Dimmerbe-

trieb würde den Elko beschädigen. Auch benötigen Dimmer eine Mindestlast von bis zu 50 W, dies erreichen die meisten Kompaktleuchtstofflampen nicht (Bild 11). Energiesparlampen darf man nicht mit elektronischen Schaltern (Triac- oder Triac-Einsätze) schalten, da dies zu Störungen führt. Ebenfalls Probleme machen Schalter/Taster ohne N-Anschluss mit eingebauter Glimmlampe. Möglich sind mechanische Schalter und Relaiskontakte.

Bei gesockelten Kompaktleuchtstofflampen lassen sich nur solche mit 4-Stift-Sockel (2G7, G24q, GX24q) dimmen. Lampen mit 2-Stift-Sockel (G23, G24d, GX24d) kann man nicht dimmen. Neue Kompaktleuchtstofflampen sollten vor dem Dimmbetrieb mindestens 100 h mit voller Last, also ungedimmt, eingebrannt werden. Beim Dimmen auf die unterste Dimmstellung (3 %) beträgt die Farbtemperaturverschiebung gegenüber ungedimmten Lampen zunächst ca. 400 K. Nach einer Stabilisierungszeit von 20...40 min je nach verwendeter Lampe geht die Verschiebung auf rund 150 K zurück.

Früher benötigte man für stabförmige Leuchtstofflampen spezielle Dimmer, einen separaten Heiztrafo und eine entsprechende Röhre (mit Zündstrumpf oder Metallband). Heute kommen dafür v.a. elektronische Vorschaltgeräte (EVG) zum Einsatz. Gängige Signale dabei sind 1...10 V, 0...100 % oder digitale Systeme wie Dali. Bei der Installation muss man die Anzahl der Lampen berücksichtigen, um die Belastbarkeit des Relaiskontaktes und den maximal möglichen Steuerstrom der 1...10-V-Schnittstelle nicht zu überschreiten. Das EVG stellt diese 10 V zur Verfügung, der Dimmer »zieht« diese Spannung je nach gewünschter Helligkeit auf bis zu 1 V herunter. Übliche EVG liegen zwischen ca. 0,6 mA und 2 mA Steuerstrom. Bei mehreren EVG darf der Gesamtsteuerstrom nicht größer sein als die maximale Leistung des Dimmers.

Bei der Verwendung von Leuchten mit EVG oder Kompaktleuchtstofflampen sollte man immer entweder einen Einschaltstrombegrenzer oder ein separates Relais/Schütz zwischen Bewegungsmelder und Leuchten schalten. Grund sind die extrem hohen Einschalt-

ströme von EVG. In deren Eingangskreis liegt ein Kondensator, der

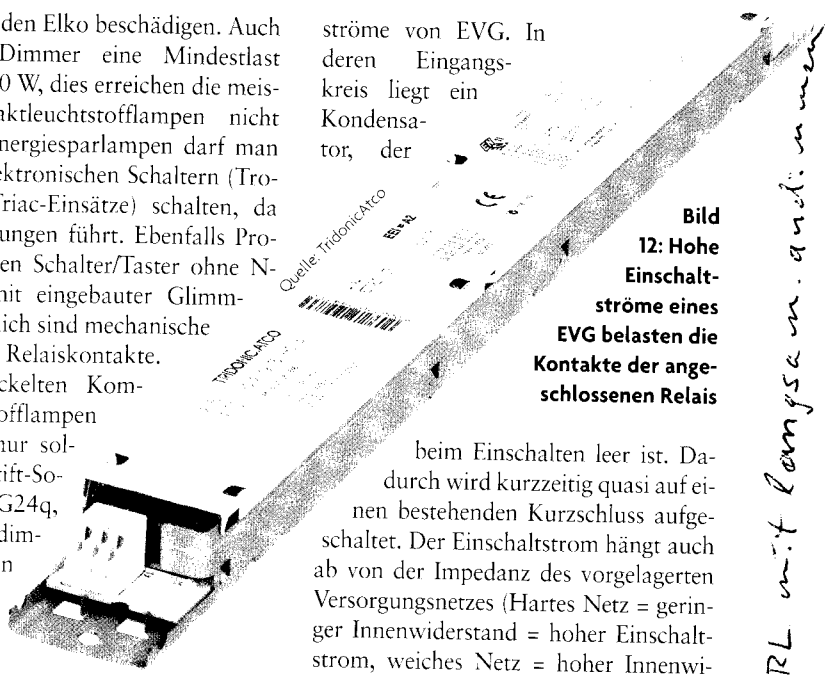


Bild 12: Hohe Einschaltströme eines EVG belasten die Kontakte der angeschlossenen Relais

beim Einschalten leer ist. Dadurch wird kurzzeitig quasi auf einen bestehenden Kurzschluss aufgeschaltet. Der Einschaltstrom hängt auch ab von der Impedanz des vorgelagerten Versorgungsnetzes (Hartes Netz = geringer Innenwiderstand = hoher Einschaltstrom, weiches Netz = hoher Innenwiderstand = geringer Einschaltstrom).

Der Einschaltstrom kann kurzzeitig je nach Hersteller zwischen 20 A und 80 A pro EVG liegen (Bild 12). Das nutzt die Schaltkontakte sehr schnell ab. Bei elektronischen Trafos tritt das Problem weniger stark auf. Diese haben keinen Kondensator, der den hohen Strom verursacht.

Wenn eine Anlage z.B. zwei Wochen funktioniert hat und dann nicht mehr, kann dies die Ursache sein. Die Firma Schalk gibt z.B. für ein Relais 16 A bei EVG eine maximale Last von 100 W an, also rund Faktor 30 weniger als bei Glühlampen.

Man kann pro EVG je nach Hersteller mit einer Kapazität von jeweils 3...6 µF rechnen. Bei einer Kapazität von 10 µF hat ein Relais 16 A daher noch eine Lebensdauer von rund 800 Schaltvorgängen, bei 60 µF aber nur noch 20. Danach sind die Kontakte durch den Lichtbogen abgebrannt. Fazit: Energiespar- und Leuchtstofflampen mit EVG sind in Bereichen mit kurzer Einschaltzeit und hoher Einschalthäufigkeit wie WC oder Treppenhäuser technisch problematisch (Einschaltströme) und auch wirtschaftlich wenig sinnvoll (Grund: Erhöhter Leuchtmittelverschleiß, kaum Einsparpotential durch kurze Brenndauer).

Als sinnvoll erweist sich der gedimmte Einsatz nur z.B. in Büroräumen (lange Brenndauer), um eine gleichbleibende Helligkeit über den Tag zu erreichen. Die Ansteuerung kann hier z.B. über einen Präsenzmelder erfolgen, der auch die Außenhelligkeit auswertet.

(Fortsetzung folgt)

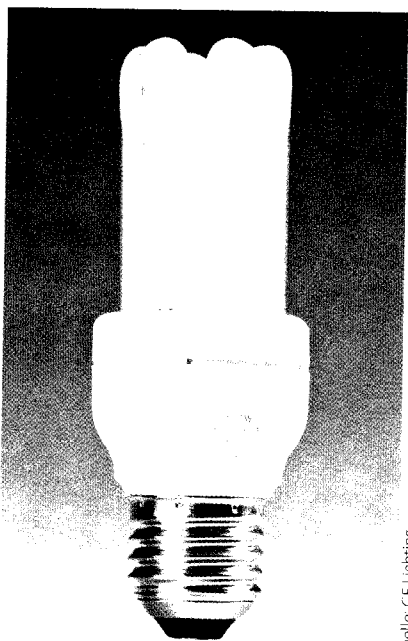


Bild 11: Dimmer benötigen eine Mindestlast von bis zu 50 W, dies erreichen die meisten Kompaktleuchtstofflampen nicht

Quelle: GE Lighting

Handwritten note: Abschwächen Niederspannungsbereich oder TSEL mit Lampen an. auch in man...

Handwritten signature: an De gest...

Zeit wieder aus. Wächter 2 erkennt jetzt eine abkühlende Leuchte in seinem Erfassungsbereich und schaltet seinerseits ein. Dieser Vorgang wiederholt sich eventuell endlos, d.h. das Licht geht nicht mehr aus.

Eine Parallelschaltung von Geräten mit Triac-Einsatz und Tronic-Einsatz ist prinzipiell nicht möglich. Grund: Diese Einsätze haben keinen Anschluss für den Neutralleiter, sie holen sich den N über die angeschlossene Beleuchtung. Hat ein

Wächter eingeschaltet, haben die anderen parallel geschalteten auf ihrem Ausgang auch 230 V anliegen. Effekt: Am Eingang und am Ausgang jeweils 230 V, Differenz also 0, was das Gerät als Stromausfall interpretiert. Schaltet der andere Wächter ab, so liegen an den parallelen Geräten wieder 230 V an, dadurch schalten diese Wächter ein. Das Licht würde im schlimmsten Fall nie mehr ausgehen. Abhilfe: Einen Wächter mit z.B. zwei Nebenstellen verwenden.

Es gibt aber auch Ausnahmen: Manche Wächter kann man durchaus parallel schalten – aber nur dann, wenn es sich um Geräte handelt, die permanent die Spannung auf der Lampenleitung messen und dadurch eingeschaltete parallele Wächter erkennen.

Die häufigsten Praxisfragen und Antworten

Dimmer und Lasten – ein Leserbrief

Zu dem Fachaufsatz von Dirk Brömsen in »de« 15-16/2004, Seite 26 habe ich zwei Anmerkungen:

Zu »Defekte Halogenlampen 12 V«:

Bei der Antwort zu dieser Frage steht sinngemäß: Je größer die Belastung des Trafos ist, desto größer wird auch sein Innenwiderstand. Das kann nicht stimmen, so wie es ausgedrückt ist. Der Innenwiderstand ist nicht lastabhängig, sondern nur von der Bauart abhängig, das heißt vom Widerstand des Kupferdrahtes auf der Primär- und der Sekundärseite und damit von den Drahtlängen und seinen Querschnitten. Ein harter Trafo hat jeweils einen weniger langen und sogar dickeren Draht als ein weicher Trafo auf der Primär- und Sekundärseite.

Ich denke mir natürlich, was gemeint ist. Durch den unnötig großen Innenwiderstand fällt belastungsabhängig eben mehr Spannung am Innenwiderstand ab als bei einem harten Trafo. Das sollte so auch dem Verbraucher gegenüber dargestellt werden. Es sind die meisten Halogen-Trafos eben aus Kostengründen und zur Reduktion des Einschaltstromstoßes weich gebaut, weshalb der Nachteil des Einbrechens der Spannung bei Belastung groß ist. Leider weist niemand der Hersteller korrekt auf diesen Umstand hin und vertreibt munter und bequem die billigen, schlechten Trafos. Der Verbraucher hat das Nachsehen durch die größeren Stromkosten der sehr heiß werdenen Trafos. Das Auslösen der Sicherung beim Einschalten wird trotzdem nur vermieden, weil immer noch auf der Primärseite zu hoch abgesichert wird, was ein Sicherheitsrisiko ist.

In ihren technischen Unterlagen schreibt z.B. die Fa. Bruck sinngemäß: »Die Trafoausgangsspannung steigt bei Teillast bis zur Leerlaufspannung an.« Was denn nun? Ist denn Teillast gleich Leerlauf? Wenn die Leerlaufspannung gemessen wird, hängt ja keine Lampe mehr dran, sonst wäre es kein Leerlauf. Der Verbraucher wird hier dumm gehalten. Absichtlich oder weil es die Leuchtenhersteller selber nicht besser wissen?

Ich wiederhole nochmals, dass Trafos üblicherweise weich ausgelegt werden, was ja indirekt von den Herstellern zugegeben wird. Das heißt, die Trafos haben hohe Kupferverluste, welche für die inhärente Einschaltstrombegrenzung gebraucht werden und welche Trafokosten sparen, die beim höheren Stromverbrauch über die Jahre wieder um ein Mehrfaches ausgegeben werden (Solche Trafos sind beim Nennlastbetrieb zu heiß zum Anfassen, was ein Beweis der hohen Verluste ist). Aus diesem Grund ist auch die Ausgangsspannung mehr belastungsabhängig als es gut ist, geht aber im Teillastbetrieb nie auf die Leerlaufspannung.

Wenn der Trafo-Einschaltstromstoß mit einem Trafo-Softstarter vermieden wird, dann kann ein steifer Trafo auch eine Nummer größer gewählt werden, was zum Beispiel bei Ringkerntrafos wider Erwarten zu weniger Stromverbrauch führt, weil die Trafoverluste bei Ringkerntrafos sehr vermindert sind, aber ohne Trafo-Softstart einen hohen Einschaltstrom haben. Der Trafo wird bei einer solchen Auslegung dann auch bei Volllast kaum warm und ist trotzdem mit einer flinken Primärsicherung versehen, die dem Lampenlaststrom entspricht, der kleiner ist als der Trafonennstrom. Kaum zu glauben, aber so etwas

geht seit drei Jahren bei mir zu Hause prima, mit einem 600-VA-Ringkerntrafo für fünf Stück 50-W-Leuchten. Der Softstarter vermeidet auch Stromstöße, die nach so genannten Voltage Dips auftreten und dann die nun kleine Sicherung auslösen würden. Solche Voltage Dips von ca. 15...50 ms Dauer habe ich unfreiwillig mit einem Wandschalter erzeugt und zuerst prompt die Feinsicherung vor dem Trafo ausgelöst, als der Softstarter diese Eigenschaft noch nicht hatte. Reine Einschaltstrombegrenzer reichen hier nicht, weshalb diese immer wieder beim Verbraucher zu Ärger führen.

Ein steif ausgelegter Trafo hat dann einen sehr geringen Spannungsunterschied zwischen Leerlauf und Volllast und kann dann auch nicht zum vor-schnellen Durchbrennen von Niedervolt-Halogenlampen in Teillast führen. Mit dem Trafo-Softstarter werden auch die hohen Lampen-Kaltstart-Einschaltströme vermieden, welche die Lampen vor-schnell zerstören.

Zu »Einschalten von EVG mit elektromechanischen Relais und damit mit nur wenigen Schaltvorgängen«

Mit einem abgewandelten Typ des Trafo-Softstarters, dann mit Nullspannungseinschaltverhalten des Hybridrelais, werden die Einschaltstromspitzen in den leeren Kondensator vermieden und mehr als 5 Mio. Schaltungen beim Einschalten von gleichzeitig zehn EVG erreicht.

Michael Konstanzer

Die häufigsten Praxisfragen und Antworten

Dimmer und Lasten (3)

Dirk Brömsen

Im dritten Teil der Serie geht es um die Kombination von Dimmern und Transformatoren. Damit ist der Teil »Dimmer« abgeschlossen.

Nicht jeder Trafo eignet sich für jeden Dimmer. Hier ist auf eine korrekte Zuordnung zu achten. Denn bei falscher Verwendung (falscher Last) erlischt auch der Garantiespruch des Herstellers auf einwandfreie Funktion. Probleme können bei der Kombination eines Universaldimmers mit sogenannten »Mäuse-Trafos« auftreten. Vor deren Einsatz ist ihre Eignung für den gewählten Dimmer zu prüfen.

Glühlampen-Dimmer für Trafos

Kann ich mit einem Glühlampen-Dimmer auch Trafos dimmen?

Nein. Diese sind für reine ohmsche Lasten (R) ausgelegt. Folgende Probleme können bei Betrieb eines Trafos am R-Dimmer auftauchen:

- Flackern bei bestimmten Dimmerstellungen.
- Durchbrennen des Trafos.
- Durchbrennen der Feinsicherung, hauptsächlich im Einschaltmoment.

Die Induktivität des Trafos erzeugt eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Dies führt zu Zündproblemen des Dimmers, was zu Flacker- und Brummscheinungen führt. Durch unsymmetrische Sinushalbwellen können dabei auch Gleichstromanteile im Trafo fließen (magnetische Sättigung), dadurch kann sich der Trafo erhitzen und durchbrennen.

Dimmer für Tronic-Trafos

Ich will einen Tronic-Trafo dimmen, habe aber nur einen Dimmer für Eisentrafos. Funktioniert das?

Nein. Normale Tronic-Trafos (Bild 13) sind im Phasenabschnitt zu betreiben, das geht nur mit Tronic- oder Universal-



Bild 13: Tronic-Trafos lassen sich nur mit Tronic- oder Universaldimmern betreiben

dimmern. Bei anderen Dimmern kann es zu Flackern, Brummen oder sogar der Zerstörung von Dimmer und/oder Trafo kommen. Auch normale Glühlampendimmer darf man nicht verwenden.

Die falsche Zuordnung von Dimmern und Trafos fällt daher bei Defekten auch nicht unter die Gewährleistung.

Elektronischer Trafo defekt

Mein elektronischer Trafo geht oft kaputt. Ursache?

Bei zu starker Belastung steigt die Verlustwärme im Gerät an. In Folge schlechter Wärmeabfuhr (Montage in Gehäusen, Wärmedämmung usw.) sinkt dann die Lebensdauer drastisch, siehe Frage »Maximalbelastbarkeit« (»de« 13-14/2004, S. 29). Die in der Anleitung angegebenen Lufträume um den Trafo sind daher unbedingt zu beachten. Zur Prüfung der Einbaubedingungen misst man im Dauerbetrieb (frühestens nach 3 h) am Trafogehäuse am schwarzen runden Messpunkt »tc« (temperature case) die Temperatur. Sie muss unter der dort angegebenen maximal zulässigen Temperatur liegen.

Leitungslänge bei elektronischen Trafos

Welche Leitungslänge ist bei elektronischen Trafos zulässig? Was passiert bei Überschreitung?

Die Primärleitung (230 V) kann beliebig lang sein, wobei man allerdings den Spannungsfall beachten muss. Die Sekundärleitung (12 V) sollte maximal 1 m bzw. 2 m (typabhängig) lang sein, gemessen von der Einspeisung bis zum Ende. Eine mittig eingespeiste Leitung kann also 2 m bzw. 4 m lang sein. Grund: Fast alle Tronic-Trafos arbeiten mit einer Frequenz von rund 40 kHz, zusätzlich entstehen beim Dimmen Oberschwingungen. Bei zu langer Sekundärleitung wirkt

diese als Sendeantenne, was zu Störungen bei Radio, TV etc. führen kann. Auch der minimal zulässige Abstand zu geerdeten metallischen Flächen ist zu beachten. Eisentrafos arbeiten mit 50 Hz Netzfrequenz, daher treten hier keine Probleme auf. Nicht vernachlässigen darf man aber bei allen Trafos den durch die große Stromstärke (19 x so groß wie bei 230 V) bedingten Spannungsfall. Entsprechend großzügig muss man den Leiterquerschnitt dimensionieren; eine Lautsprecherleitung 0,75 mm² hat als Lampenleitung nichts verloren.

Lampenleitung länger als 2 m

Ich habe eine Leitungslänge über 1 m bzw. 2 m, kann aber keinen Eisentrafo verwenden.

Es gibt elektronische Trafos auf dem Markt, die zwar elektronisch, aber mit Gleichspannung (DC) arbeiten, was die Beschränkung der Leitungslänge aufhebt.

Brummender Trafo

Der Trafo brummt. Was tun?

Nicht jeder Trafo ist dimmbar, Ringkerntrafos verursachen sehr oft Probleme. Es kann zu Flackererscheinungen und Brummen kommen. Dimmer für Eisenkerntrafos arbeiten im Phasenanschnittverfahren. Dies verlangt vom Trafo im An schnitt punkt eine sofortige Ummagnetisierung des Eisenkerns. Dies bewirkt eine Längenänderung, die sogenannte »Magnetostriktion«. Es hängt nun in hohem Maße von der mechanischen Verarbeitung und weiteren dämpfenden Maßnahmen ab, wie stark das Brummgeräusch nach außen dringt. Eine absolute Geräuschdämmung ist aber nicht möglich. Bei »lärnkritischen« Anwendungen (Wohnzimmer, Lesecke etc.) sollte man daher auf gedimmte Ringkerntrafos verzichten. Alternativ kann man Tronic-Trafos verwenden.

Quelle: Jung

Dirk Brömsen, Technischer Berater, Stuttgart

Fortsetzung aus »de« 15-16/2004

Einige Leuchtenkonstruktionen (Stangen-, Schienen- und Seilsysteme) verstärken die vorhandenen Geräusche durch Resonanz noch weiter. Auch brummende Leuchtmittel (Glühwendel) sind schon vorgekommen.

Eine Lärminderung lässt sich durch eine Stromdrosselspule (Choke) erzielen, die vor den Eisentrafo geschaltet wird. Man sollte auch darauf achten, den Trafo auf festem Untergrund (Beton, Stein) zu montieren. Bei anderen Baustoffen (Holz, Hohldecke etc.) kann auch der gesamte Untergrund mitschwingen und Geräusche verursachen. Hier sollte eine resonanzdämpfende Unterlage zum Einsatz kommen, z.B. Moosgummi-Scheiben, Styropor oder »Trennwand-Band« (für Rigips-Metallständerwände).

Alternative: Elektronischen Trafo verwenden. Bei höheren Leistungen kann man mehrere Trafos primärseitig (niemals die Ausgänge!) parallel schalten.

Bei Tronic-Trafos verursacht die eingebaute Drosselspule (Grund: einzuhaltende Funkschutzanforderungen) einen leisen Brummtönen, dieser bleibt aber minimal.

Eisentrafo: Sicherung löst aus

Ich habe eine Niedervolt-Halogenbeleuchtung. Beim Einschalten meines Eisentrafos löst immer die Sicherung aus. Was tun?

Der Widerstand der Wendel einer Halogenlampe ist stark temperaturabhängig. Zusammen mit dem Anfangsmagnetisierungsstrom des Trafos muss man mit einem ca. 10-fachen Einschaltstrom rechnen (Tabelle 1, siehe »de« 13-14/2004, S. 28). Normale Sicherungsautomaten in B-Charakteristik lösen aber schon beim 5-fachen Nennstrom aus. Diese darf man daher nicht voll belasten. Grundsätzlich sollte bei Eisentrafos immer ein C-Automat zum Einsatz kommen. Dieser löst erst beim 10-fachen Nennstrom aus. Dabei muss man aber auf eine ausreichend geringe Schleifenimpedanz der Leitung achten, damit im Kurzschlussfall der Automat noch auslösen kann. Bei einem Automat C 16 muss der Kurzschlussstrom mindestens 160 A betragen. Auch evtl. im Trafo eingebaute Feinsicherungen sollte man bei kleineren Blocktrafos mit tragen (T) Sicherungen absichern, bei großen Blocktrafos und Eisenkerntrafos sogar superträge (TT). Als beste Lösung erweist sich die Verwendung eines Einschaltstrombegrenzers (siehe Fragen zu EVG).

Ringkerntrafo: Sicherung löst aus

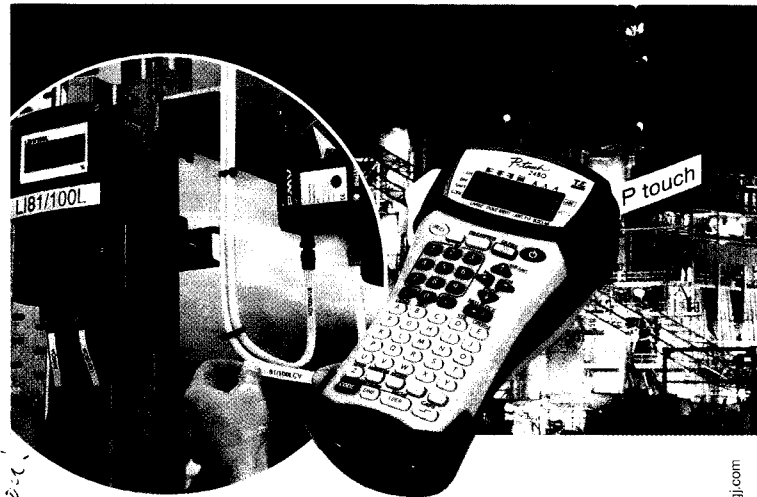
Beim Einschalten meines Ringkerntrafos löst immer die Sicherung aus. Was tun?

Normale Ringkerntrafos haben durch Ihren Aufbau einen hohen Wirkungsgrad und ein sehr kleines Streufeld. Je kleiner der Restluftspalt und je geringer die Kupferverluste sind, desto geringer der Innenwiderstand. Das hat sehr hohe Einschaltströme zur Folge (bis 50-facher Nennstrom). Diese können zum Auslösen der Fein- oder sogar der Stromkreis-sicherung führen, v.a. bei herkömmlichen B-Automaten. Daher eignen sich solche Trafos nicht zum Dimmen. Besser geeignet sind normale Eisenkerntrafos (Blocktrafo), da diese einen höheren Innenwiderstand haben. Manche Hersteller bieten auch Ringkerntrafos mit größerem Innenwiderstand an. Alternativ gibt es Einschaltstrombegrenzer, die in den Trafo eingebaut werden. Noch besser funktioniert es z.B. mit dem TSR (Trafo-Schalt-Relais, siehe www.emeko.de).

(Fortsetzung folgt)

(TSRL)

P-touch Professionelle Beschriftungen



Beschriften Sie mit dem Markt- und Innovationsführer. Was und wo Sie wollen.

Wer?

Elektriker, Installateure, Lageristen, Labore, Facility-Management, Produktion, Netzwerk- und IT-Bereich, Industrie, Energiewirtschaft

Was?

Inventar, Kabel, Rohre, Schalter, Sicherungskästen, Patch-Felder, Regale, elektrische Komponenten, Kommunikations-Equipment

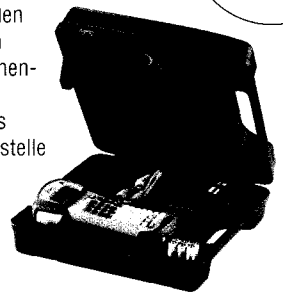
Wie?

Professionell, intelligent, haltbar, vor Ort, fälschungssicher, unempfindlich gegenüber Säure, Hitze und Witterung, vielseitig, kostengünstig, passgenau

P-touch 2480

Das Beschriftungssystem für Industrie, Lagerwirtschaft und Elektrohandwerk

Stoßfestes Handy-Gerät im stabilen Hartschalenkoffer. Mit separatem Zahlenblock, Umlauf- und Föhnendruck für Kabelbeschriftungen, vorformatierten Etiketten-Layouts z.B. für Patchfelder, USB-Schnittstelle für PC-Anschluss, 9 Barcodes sowie unterschiedlichen Schriftgrößen und -stilen.



Das alles – und noch viel mehr – ist P-touch. Wenn Sie mehr Informationen möchten, besuchen Sie uns im Internet unter www.brother.de oder senden Sie uns eine E-mail an ptouch@brother.de

BROTHER INTERNATIONAL GMBH, 61116 Bad Vilbel
BROTHER INDUSTRIES LTD., Nagoya/Japan
www.brother.de

