



DER EINSCHALTSTROM IN NETZRELAIS-ANWENDUNGEN

Eine unterschätzte Gefahr

Energie sparende Applikationen wie Schaltnetzteile, Hocheffizienzpumpen oder Energiesparlampen erfordern Vorsicht bei der Relaisauswahl. Hier ist Fachwissen gefragt. Denn ein oberflächliches Abschätzen seitens des Anwenders („Es wird schon reichen ...“) kann schnell ins Auge gehen.

HUBERT DRAXLER

Beim Schalten von Netzspannungen und Strömen schon ab einigen 100 mA tritt unvermeidbar ein Lichtbogen zwischen den Relaiskontakten auf, kurz bevor diese schließen. Die Ener-

gie dieses Lichtbogens – und die Energie möglicher weiterer Lichtbögen infolge von Prellbewegungen der Kontakte – hängt entscheidend von der Stromstärke ab, die im Einschaltmoment fließt. Der Stromimpuls I^2t führt zusätzlich zu einer Erhitzung an der Kontaktstelle und dabei möglicher-

weise zum Schmelzen oder Sieden des Kontaktmaterials.

Je höher demnach ein auch nur kurzzeitiger Einschaltstrom ist, umso größer wird das Risiko, dass dessen Energie die Kontakte im Einschaltmoment verkleben oder verschweißen lässt. Zwar werden in den meisten Fällen leichtere Verklebungen durch die Federkräfte und Scherbewegungen der Kontaktfedern beim nächsten Öffnen der Kontakte wieder gelöst – bei höheren Einschaltstromstärken, die wesentlich über dem Nennstrom des Relais liegen, kann es aber durchaus zu bleibenden Verschweißungen kommen.

Häufig ist sich der Anwender über die (für Relais) gefährliche Höhe, die solche Einschaltstromspitzen erreichen können, nicht völlig im Klaren.

Vorsicht bei nichtohmschen Lasten

Um ein geeignetes Relais auszuwählen, wäre es eigentlich nahe liegend, die Nennleistung der Schaltlast zugrunde zu legen. Bei einer Schaltleistung von beispielsweise 100 VA, 230 V_{AC} ergibt sich rechnerisch ein Laststrom von 0,43 A_{eff}. Falls der Relaiskontakt zufällig beim Maximalwert der Sinusspannung einschaltet, liegt der Einschaltstrom um den Faktor 1,41 höher, also bei 0,6 A. Aufgrund dieser Über-

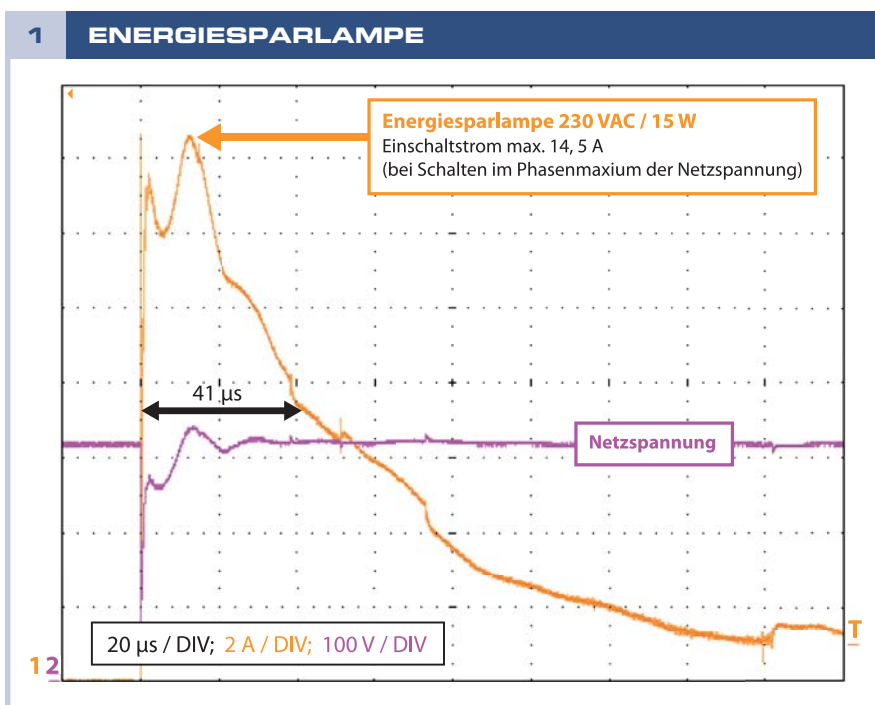


Bild 1. Einschaltstrom einer Energiesparlampe; 230 V_{AC}, 15 W

legung würde man annehmen, dass ein Schaltrelais völlig ausreicht, für welches ein Nennstrom von 1 A spezifiziert ist.

Eine solch vereinfachende Betrachtungsweise kann aber zu unerwartet großen Problemen führen, denn diese Berechnungsmethode ist nur bei ohmschen Schaltlasten korrekt. Um aktuelle Aussagen auch über den Einschaltstrom anderer Lastarten machen zu können, hat Zettler Electronics diesen für relativ typische Anwendungen im Labor ermittelt. Die Strommessungen wurden an einer normalen Schutzkontaktsteckdose mithilfe eines Stromshunts (eines Präzisions-Hochlast-Messwiderstands) und eines Speicheroszilloskops durchgeführt.

KONTAKT

ZETTLER electronics GmbH,
82178 Puchheim,
Tel. 089 80097-0,
Fax 089 80097-200,
www.zettlerelectronics.com

Als erstes Beispiel zeigt **Bild 1** einen typischen Stromverlauf beim Einschalten einer Energiesparlampe (230 V_{AC}, 15 W): Im Phasenmaximum der Spannung fließt ein Peakstrom von 14,5 A bei einer Halbwertsbreite von 41 µs – das ist der 220-fache Nennstrom der Lampe.

2 HOCHEFFIZIENZPUMPE

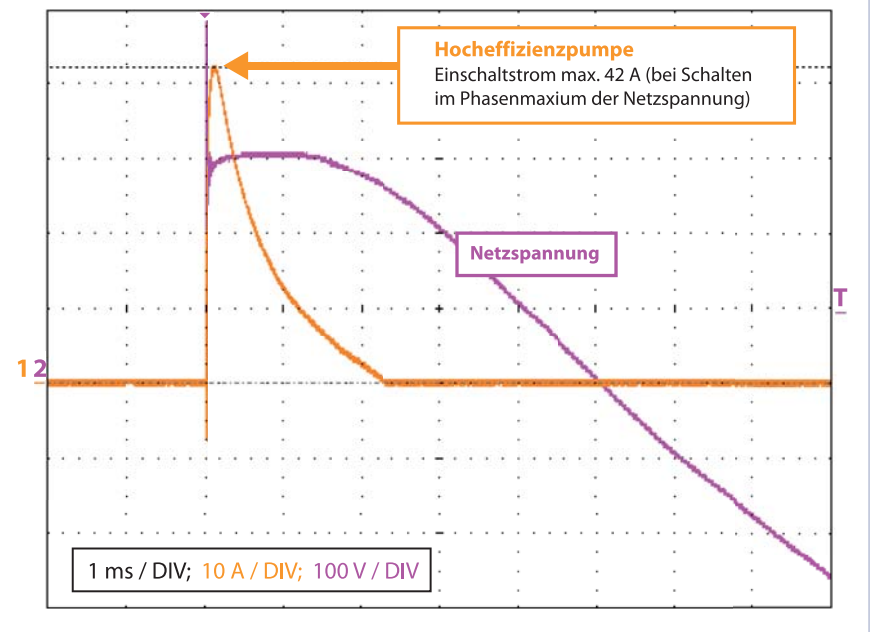


Bild 2. Einschaltstrom einer elektronisch geregelten Pumpe, 40 W

In Heizungsanlagen werden seit Jahren immer mehr Hocheffizienzpumpen (elektronisch geregelte Pumpen) eingesetzt, welche eine deutliche Energieeinsparung erbringen. Aufgrund ihres Schaltungsaufbaus verursachen sie auffallend hohe Einschaltströme; Messungen an einigen Fabrikaten ergaben 38

bis 49 A (**Bild 2**). Beim Austausch einer konventionellen Umwälzpumpe gegen eine moderne Hocheffizienzausführung sind deshalb Relaisausfälle nicht auszuschließen.

Sehr viele Geräte oder elektronische Schaltungen werden mit Gleichspannung gespeist, welche in einem Schaltnetzteil generiert wird. Solche Stromversorgungen erzeugen ebenfalls sehr hohe Einschaltströme, beispielsweise 77 A bei einem Schaltnetzteil einer Leistung von 30 W (**Bild 3**).

Einige Messergebnisse an typischen Netzspannungs-Schaltlasten sind in **Tabelle A** zusammengefasst. Offensichtlich sind in vielen Anwenderlasten die Einschaltströme nicht nur um ein Vielfaches höher als die Ströme, welche sich aus der Nennleistung errechnen lassen. Es erweist sich sogar, dass manchmal der Nennstrom um das 100-Fache oder mehr überschritten wird. Diese möglicherweise für Relaiskontakte gefährliche Tatsache wird bei der Relaisauswahl aber oft übersehen.

Woher kommen die hohen Einschaltströme?

Die Ursachen für hohe Einschaltströme sind lastbedingt vielfältig: Der Metallfaden in Glühlampen beispielsweise ist im Einschaltmoment kalt; sein Widerstand beträgt nur etwa 7 Prozent des Warm-

3 SCHALTNETZTEIL

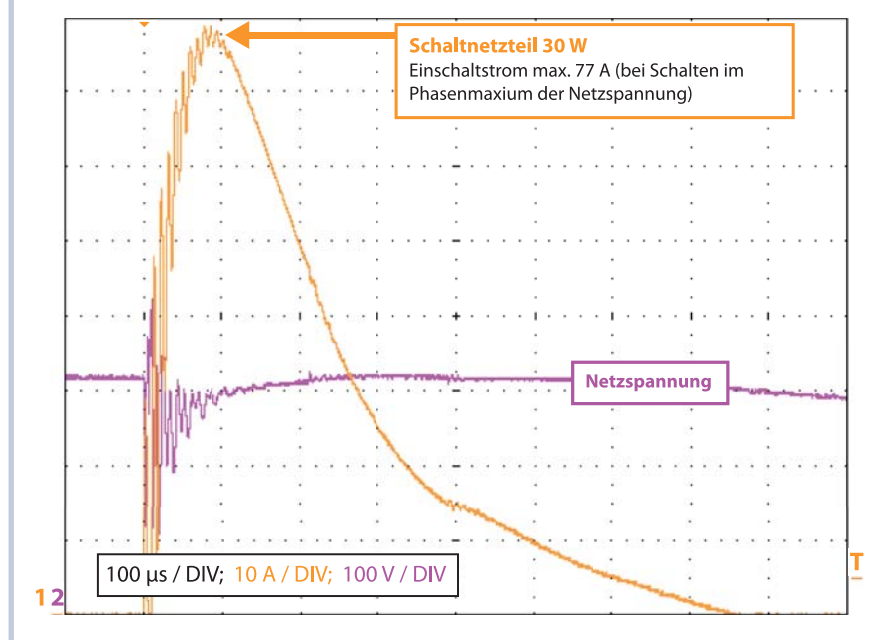


Bild 3. Einschaltstrom eines Schaltnetzteils, 30 W

| Lastart | Nennleistung (VA) | Nennstrom I_N (A _{eff}) | Max. Einschaltstrom I_{max} (A) | Verhältnis I_{max} / I_N | Halbwertsbreite * |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Ohmsch (Widerstand) | 100 | 0,43 | 0,61 | 1,41 | 6,5 ms |
| Wolfram-Glühlampe, auch Halogen | 100 | 0,43 | 8,5 | 20 | 600 µs |
| Leuchtstofflampe mit Vorschaltgerät | 58 | 0,25 | 20 | 80 | 180 µs |
| Energiesparlampe (Glühlampenform) | 15 | 0,065 | 14,5 | 220 | 41 µs |
| Transformator | 85 | 0,37 | 13,4 | 36 | 4,5 ms |
| Leiterplattentransformator | 30 | 0,13 | 2,8 | 22 | 4 ms |
| Schützspule | 115 | 0,50 | 15 | 30 | 5 ms |
| Rollladenmotor | 110 | 0,48 | 1,1 | 2,3 | 5 ms ** |
| Rohrmotor für Rollladen | 145 | 0,63 | 1,2 | 1,9 | 5 ms ** |
| Motor eines Kompressors | 200 | 0,87 | 17 | 20 | 5 ms ** |
| Motor eines Gebläses | 1200 | 5,3 | 44 | 8,3 | 5 ms ** |
| Kondensator 10 µF | | 0,72 | 143 | 200 | 35 µs |
| Netzteil einer Handlötstation | 48 | 0,21 | 6,8 | 32 | 4 ms |
| Schaltnetzteil eines LCD-Monitors | 30 | 0,13 | 77 | 600 | 220 µs |
| Hocheffizienzpumpe | 40 | 0,174 | 42 | 240 | 600 µs |
| Kurzschluss *** | | | 740 | | 3 ms |

Tabelle A. Messergebnisse an typischen Netzspannungs-Schaltlasten

* Zeitraum, während dem mindestens 50 Prozent des maximalen Einschaltstroms fließen

** während der gesamten Anlaufphase des Motors (100 bis 500 ms) erhöhter Strom

*** Stromhöhe und Zeit bis zum Auslösen der Sicherung hängt von den örtlichen Gegebenheiten der Netzinstallation ab

widerstands im Betriebszustand. Beim Einschalten eines Transformators oder einer Schützspule kann bei ungünstiger Phasenlage der Netzspannung ein stark erhöhter Einschaltstrom fließen, weil der Eisenkern in die Sättigung getrieben wird. Die damit verbundene Verringerung des induktiven Blindwiderstands verursacht kurzzeitig sehr hohe Ströme, deren Wert vom Einschaltzeitpunkt im Bezug zur Pha-

senlage und von dem im Transformator-kern gespeicherten magnetischen Fluss abhängt. Motoren sind ebenfalls induktive Bauelemente; sie verhalten sich also ähnlich wie ein Transformator. Außerdem wird beim Beschleunigen der drehenden Schwungmasse auf Nenndrehzahl für längere Zeit mehr Anlaufstrom aufgenommen als beim Halten der Drehzahl im Dauerbetrieb.

In vielen Energie sparenden Anwendungen, wie Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen, Energiesparlampen, Schaltnetzteilen oder Hocheffizienzpumpen, befinden sich Kondensatoren, welche zum erstmaligen Aufladen im Einschaltmoment sehr hohe Stromstärken benötigen.

Zur Wahl eines geeigneten Relais muss also der Anwender sorgfältige Berechnungen oder Messungen bezüglich Höhe und Dauer des Einschaltstroms unter praxisrelevanten Bedingungen vornehmen. Mit diesen Angaben sollte er dann den Relaisanbieter kontaktieren, der das bestgeeignete Relais empfehlen wird. So weisen zum Beispiel eigens für hohe Einschaltströme entwickelte Serien oder Varianten von Standardserien optimierte Justagewerte und Kontaktmaterialien auf.

Maßnahmen seitens des Anwenders

Generell empfiehlt es sich, zum Bewältigen hoher Einschaltströme Relais mit reinen Schließerkontakten zu verwenden, weil diese meist eine günstigere Kontaktdynamik und höhere Öffnungskräfte aufweisen als Schließerkontakte von Wechslern oder gar Öffnerkontakte.

Auch die richtige Wahl des Dämpfungsgliedes parallel zur Spule des Relais kann einen entscheidenden Einfluss auf



WISSENSWERT

Einschaltströme effektiv begrenzen. Mithilfe Strom begrenzender Komponenten, in Serie mit der Last geschaltet, lassen sich die Einschaltströme reduzieren:

- Bei sehr kurzen Strompeaks ist der Einbau einer niederohmigen Induktivität hilfreich; sie dämpft den Stromanstieg.
- Ein ohmscher Vorschaltwiderstand ist zwar ebenfalls wirkungsvoll, aber bei höheren Dauerströmen fällt an ihm eine größere Verlustleistung ab, welche zu Wärmeproblemen führen und den Wirkungsgrad der Schaltlast deutlich reduzieren kann. Hier empfiehlt es sich, nach dem Hochfahren der Last den Anlaufwiderstand durch ein weiteres, verzögert angesteuertes Relais kurzzuschließen.
- Ein NTC-Widerstand (Heißleiter) stellt ein ideales Bauteil zur Strombegrenzung dar. Im kalten Zustand ist er hochohmig, reduziert Einschaltströme also sehr stark. Im Betriebszustand weist er einen niedrigen Widerstand auf, verursacht demnach nur eine geringe Verlustleistung. Als Beispiel sei hier ein Typ aus der Epcos-Serie „B57237“ angeführt: Mit einem Kaltwiderstand von 22 Ω begrenzt er den Strom bei der Maximalspannung des 230-V_{AC}-Netzes (325 V) auf 15 A. Beim Nenn-Dauerstrom von 2,8 A beträgt sein Warmwiderstand 0,383 Ω, was einen Spannungsabfall von 1,1 V (also lediglich 0,5 Prozent der Netzspannung) und eine Verlustleistung von 3,0 VA ergibt. Die erneute volle Strombegrenzung ist aber erst nach Abkühlen des Bauteiles wieder gegeben.

die Lebensdauer in der Anwendung haben: Wird eine Löschdiode verwendet, so verlangsamt sich die Rückfallbewegung

FAZIT

Eine solide Relais-Empfehlung

oder einen anderen Tipp zur Lösung der Schaltaufgabe kann nur ein kompetenter Fachmann im direkten Informationsaustausch mit seinen Kunden geben. Ein reines Abschätzen seitens des Anwenders – nach dem Motto: „Es wird schon reichen ...“ – kann schnell zu einer Überbelastung der Relais-Kontakte führen.

des Schließerkontaktes sehr stark; Kontaktverklebungen lösen sich weniger leicht als beim Einsatz einer Kombination aus Z-Diode (beispielsweise 24-V- oder 36-V-Typ) und Diode.

Der Anwender kann aber auch selbst mithilfe Strom begrenzender Komponenten – in Serie mit der Last geschaltet – die Einschaltströme effektiv begrenzen (siehe **ⓘ-Kasten**).

Der tatsächliche Einschaltstrom ist außerdem von der Phasenlage der Netzwechselspannung im Einschaltmoment abhängig. Deshalb wäre es nahe liegend, das Relais so anzusteuern, dass das Einschalten des Kontakts in der Nähe des Spannungs-Nulldurchganges erfolgt. Aufgrund von großen individuellen Toleran-

zen in der Ansprechzeit von Relais und Abhängigkeit von Umgebungstemperatur, Versorgungsspannung und absolvierter Schaltzahl bedingt das jedoch eine wesentlich komplexere Schaltung. (m)



DER AUTOR

Dipl.-Ing. **HUBERT DRAXLER**
ist Leiter der technischen
Abteilung bei Zettler.



www.EL-info.de

605301