

# Einschaltstrombegrenzung

Seit Jahren gibt es kaum noch Geräte, die eine lineare Last darstellen (Glühlampe, Küchenherd). Es sind überwiegend Schaltnetzteile im Einsatz, die meistens unangenehm hohe Einschaltströme verursachen. Zum Beispiel finde ich in einem Datenblatt für ein kleines 15 Volt / 12 Watt Netzteil die Angabe „Inrush current 50 A @ 200 V“. Ich habe letztes Jahr eine klassische Leuchtstoffröhre gegen eine LED-Röhre getauscht und wenige Wochen später einen defekten Lichtschalter beklagt, das kann kein Zufall sein.

## Einschaltstrombegrenzung, Variante 1

In der Elektro(nik)werkstatt hat man gerne mal große Trafos, so ist mir z.B. ein 800-VA-Stelltrenntrafo zugelaufen, weil der ursprüngliche Besitzer diesen nicht eingeschaltet bekam.

Eine ordentliche Lösung kann nur darin bestehen, derartige Komponenten mit einem Vorwiderstand einzuschalten und diesen kurz nach Hochlauf zu überbrücken. Als weitere Anforderung sehe ich, dass die Strombegrenzung auch direkt nach kurzer Stromunterbrechung wieder aktiv ist - damit fallen z.B. im Handel angebotene NTC-Lösungen aus.

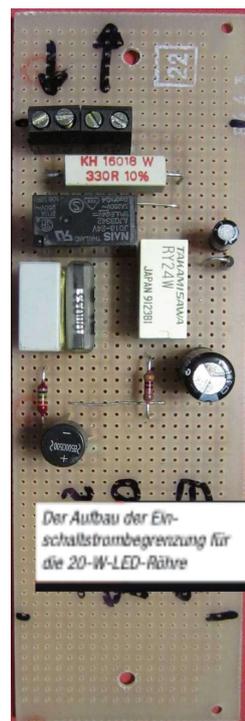
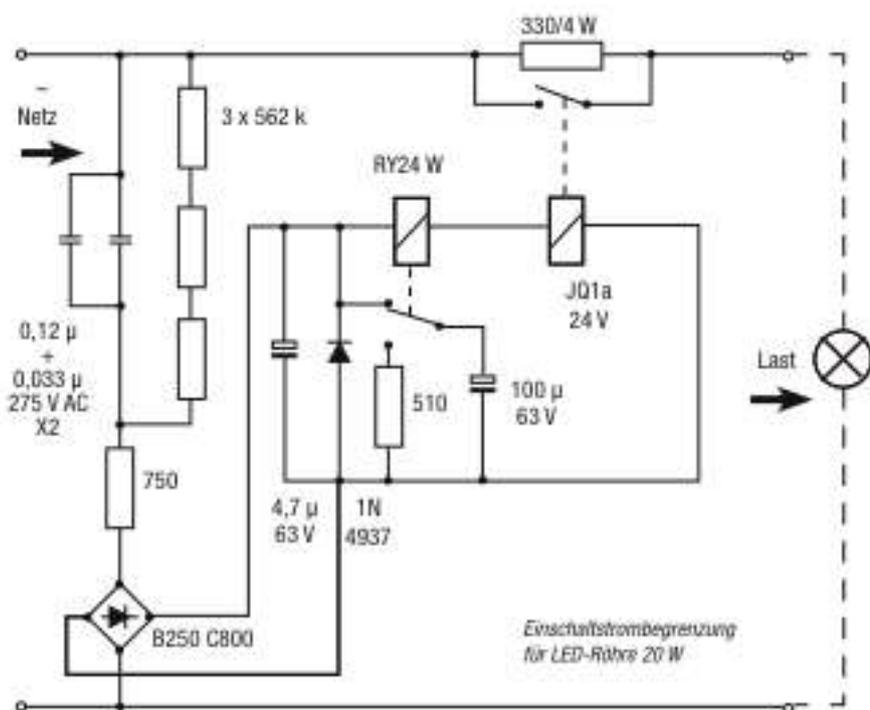
Die Anforderung an das Zeitverhalten ist gering, in der Praxis ist es egal, ob der Vorwiderstand 200 oder 400 Millisekunden aktiv bleibt - in etwa diesem Rahmen bewegen sich meine Aufbauten. Als Erholungszeit nach Abschalten scheint eine Sekunde wünschenswert.

Als erster Schritt ist abzuschätzen, welcher Laststrom zu bewältigen ist und wie viel Spannungsabfall in der Anlaufphase zu tolerieren ist. Das tun wir am Beispiel meiner LED-Röhre: Diese ist mit 20 Watt @ 100-240 V angegeben - das sind knapp 100 mA am Netz. Im Bastelbestand habe ich 330-Ω-Draht-Zementwiderstände, das gibt in der Spitze der Netzspannung maximal 1 Ampere - passt! Was ich nicht finden konnte, sind verbindliche Angaben zulässiger Spitzenströme derartiger Widerstände, übliche Drahtwiderstände können es offenbar.

Die Schaltung soll in die Leuchte eingebaut und als Einzelstück auf Lochraster gelötet werden, also schneide ich eine Platte in den Abmessungen des Vorschaltgerätes zu. Eine Netztrennung ist nicht erforderlich, sie befindet sich im geschützten Gehäuse, also bietet sich eine kapazitive Versorgung an. Als Kondensator kommt natürlich ein X2 für 275V-AC zum Einsatz, gibt es bezahlbar bei Reichelt. Der Kondensator am Netz ist näherungsweise als Konstantstromquelle zu betrachten, etwa 70 mA pro  $\mu\text{F}$ . Da große Kondensatoren unhandlich werden, soll der Strom gering sein. Ein Relais mit zwei Kontakten hatte ich nicht da, aber geeignete Typen mit etwa gleichem Strom - so wurde es eine Reihenschaltung aus zweimal 24 Volt bei ca. 10 mA.

Mit 0,12  $\mu\text{F}$  komme ich nicht hin, 0,15  $\mu\text{F}$  habe ich nicht da und 0,22  $\mu\text{F}$  sind mir zuviel - deshalb die Parallelschaltung. Der 750 Ohm in Reihe begrenzt den eigenen Einschaltstrom, er setzt 75 mW in Wärme um und muss Netzspannungsfest sein.

Beim Einschalten wird nun die Spannung am 100- $\mu\text{F}$ -Elko soweit ansteigen, dass das Relais zieht - zuerst geht der Öffner auf, die letzten paar Volt werden zügiger erreicht und der Anlasswiderstand überbrückt. Gleichzeitig wird der 100- $\mu\text{F}$ -Elko gegen den 510- $\Omega$ -Widerstand geschaltet, damit entladen und ist sehr zügig wieder bereit, den nächsten Schaltzyklus zu verzögern. Der 4,7- $\mu\text{F}$ -Elko ist hier eigentlich kontraproduktiv, aber ohne den brummt eines der Relais hörbar. Andererseits - 4,7  $\mu\text{F}$  gegen 5 k $\Omega$  Spulenwiderstand ergibt eine Zeitkonstante von 25 ms.



**Einschaltstrombegrenzung, die Zweite**

Die andere Schaltung war ebenso als Einzelstück in einen Stell-Trenntrafo einzubauen, aber dort kann etwas mehr Strom unterwegs sein. Auch hier wieder erst mal die Abmessungen der Platte, deren Befestigung und Kabelführung festlegen, die Bauelemente kann ich recht flexibel positionieren.

Der Vorrat spuckte Zettler-Relais aus, die mit 3500 VA Schaltleistung spezifiziert sind, aber mit 650 mW Erregerleistung auch mehr Strom (28 mA) brauchen. Als Vorwiderstand passten die gerade günstig beschaffbaren 10-Ω-Hochlastwiderstände - 20 Ω begrenzt in jedem Fall genug, einen üblichen Leitungsschutzschalter nicht zur magnetischen Auslösung zu veranlassen.

Es fand sich ein 24-V-Kartenrafo mit 1,5 VA, bei dem habe ich erst mal den Primärstrom angeschaut - viele billige Kleintrafos hängen bei 230 Volt Netzspannung +10% schon kurz vor der Sättigung und neigen damit zum Ausfall.

In konkreten Aufbau ergeben sich rund 30 V DC, an den zwei 120-Ω-Widerständen müssen 6 Volt abfallen, wegen der Zuverlässigkeit habe ich es vorgezogen, das auf zwei Widerstände aufzuteilen. Auch hier finden wir einen Elko mit 1000 µF am Relais, gegen den Innenwiderstand des Kleintrafos und die beiden Vorwiderstände ergibt sich die gewünschte Verzögerung.

Dieser Elko wird ebenfalls mit einem Widerstand (100 Ω) entladen, unter Beachtung der zulässigen Kontaktbelastung des Entladereleais. Dieses Relais sitzt, durch eine Diode getrennt, vor dem Elko - wird also beim Schalten der Netzspannung sehr zügig folgen. Den 220-Ω-Widerstand in Reihe zum Relais hat dieses nur bekommen, um die Nennspannung nicht unnötig zu überfahren.

Fazit: Das sind real aufgebaute Schaltungen in Funktion, aber nicht auf Serienfertigung, Reproduzierbarkeit und Materialkosten optimiert, jedoch als Grundlage für eigene Schaltungen dieser Art geeignet. An anderer Stelle habe ich die Entladung mit einem Photo-MOS-Relay AQV214 realisiert und als Steuerspannung die ohnehin vorhandene DC-Versorgung des Gerätes verwendet - es gibt viel Spielraum, meine Abhandlung weiter zu denken.

