

## Sanfteinschalter für kapazitive Lasten, beschrieben am Beispiel einer Einschaltstrombegrenzung für Schaltnetzteile.

Nicht nur Netzteile mit 50 Hz Transformatoren sondern auch so genannte **Schaltnetzteile** verursachen große Einschaltstromstöße, welche die Absicherung auslösen können. Wobei hier die Ursache eine gänzlich andere ist als bei Transformatoren.

Bild 1 zeigt ein typisches Schaltnetzteil als Stromversorgung für einen Laptop.



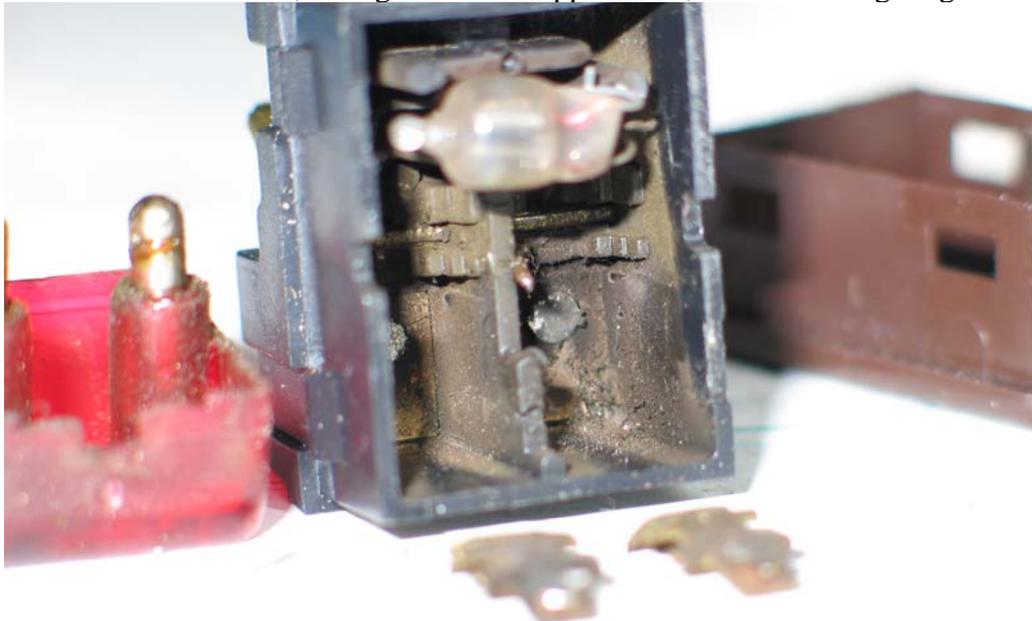
Schaltnetzteile, auch Power Adapter genannt, werden zum Beispiel für Laptops oder andere Geräte inzwischen vielfach in Büros und auch im Heimsektor verwendet. Diese Schaltnetzteile erzeugen beim Netz-Einschalten einen Einschalt-Stromstoß der die Absicherung der Netz-Steckdosen auslösen kann.

Meist werden mehrere Schaltnetzteile über den Kippschalter in einer Steckdosenleiste miteinander eingeschaltet, was den Stromstoß noch vergrößert.

Da solche Schaltnetzteile wie in Bild 1 abgebildet, keinen eigenen Netzschalter haben, ist es aus Energiespargründen auf jeden Fall sinnvoll, sie mit dem Schalter einer Steckdosenleiste gemeinsam ein- und auszuschalten.

Der dabei entstehende Einschaltstromstoß führt dabei nicht selten zum Auslösen der Steckdosen Absicherung die meistens mit einem 16A B-Leitungsschalter ausgerüstet ist. Besonders der Kippschalter in der Steckdosenleiste wird von dem kapazitiven Einschaltstromstoß arg gestresst und geht schon nach wenigen 100 Schaltungen mit verbrannten Kontakten defekt. ( Die Kontakte sind dann soweit heruntergebrannt, dass sie nicht mehr permanent leiten können und es zu ungewohnten Stromaussetzern kommt.)

Siehe das Bild 2 unten, vom geöffneten Kippschalter, mit restlos abgetragenen Kontakten.



Sind auch noch andere Verbraucher an dem abgesicherten Stromkreis angeschlossen und werden dann durch das Sicherungsauslösen unverhofft stromlos, kann das teure oder zumindest ärgerliche Folgen haben. (Beim Verfasser lösen schon zwei zusammen eingeschaltete Laptop Netzteile regelmäßig die B16 Ampere Steckdosenabsicherung aus.)

Obwohl Schaltnetzteile meistens eine eigene Einschaltstromdämpfung eingebaut haben, die einen allzu großen Einschaltstrom verhindern soll, tritt dieses Phänomen immer dann auf wenn wie im obigen Beispiel, mehrere Netzteile miteinander eingeschaltet werden, weil sich dann die gleichzeitig auftretenden Einschaltströme addieren.

Auch Schaltnetzteile mit eingebauter Leistungsfaktor Korrektur <sup>\*1</sup>, welche dafür sorgt, dass der aufgenommene Netzstrom sinusförmig verläuft, siehe Bild 3, zeigen beim Einschalten einen Einschaltstromstoß mit hoher Amplitude, siehe die Messkurven in Bild 4.

Die Leistungsfaktor Korrektur arbeitet nämlich erst im ein-geschwungenen Zustand, also kurz nach dem Einschalten.

Aber auch Schaltnetzteile ohne Leistungsfaktor Korrektur erzeugen beim Einschalten hohe Einschaltstromspitzen.

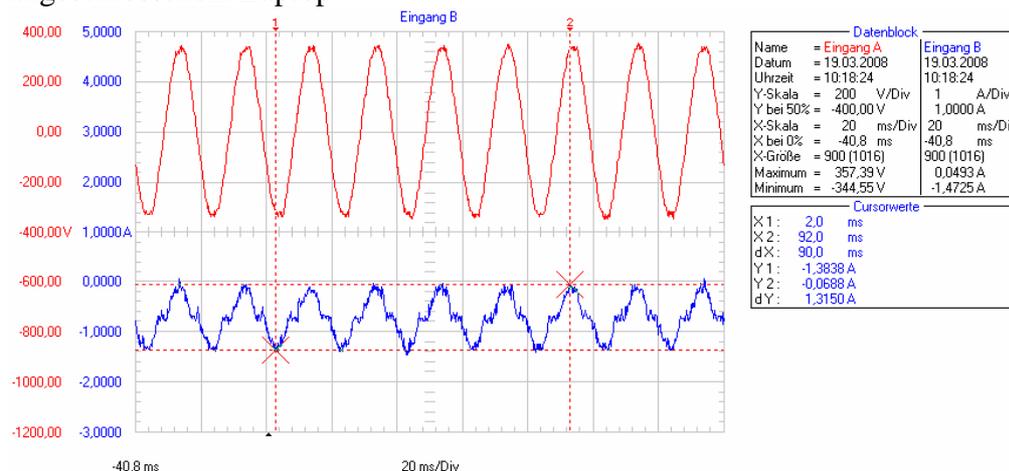
Schuld am Einschaltstromstoß ist der Siebkondensator nach dem Eingangsgleichrichter eines jeden Schaltnetzteils, der die gleichgerichtete und wellige Eingangsspannung glätten muss.

Er wird beim Einschalten, vor allem wenn das zum Beispiel zufällig im Scheitel der Sinusförmigen Netzspannung stattfindet, über den Schalter schlagartig mit der hohen Netzspannung verbunden, was unweigerlich einen großen Strom in den noch leeren Sieb-Kondensator verursacht.

Dieser Strom fließt jedoch nur für die kurze Zeit von bis zu einer Millisekunde, siehe Bild 4, was jedoch zum ungewollten, flinken Auslösen der Absicherung genügt.

Jeder Schaltvorgang mit einem mechanischen Schalter lässt die Kontakte für kurze Zeit nach dem ersten Berühren wieder abheben. Das wird in der Fachsprache mit Schalterprellen bezeichnet. Wenn nun beim sich Öffnen der Kontakte ein großer Strom fließt, was gerade beim Aufladen des Kondensators der Fall ist, dann ist der entstehende Lichtbogen besonders energiereich und führt damit zum starken Abbrand der Kontaktpaare.

Bild 3 zeigt das Dauereingangsstromverhalten eines solchen Schaltnetzteils mit angeschlossenem Laptop.

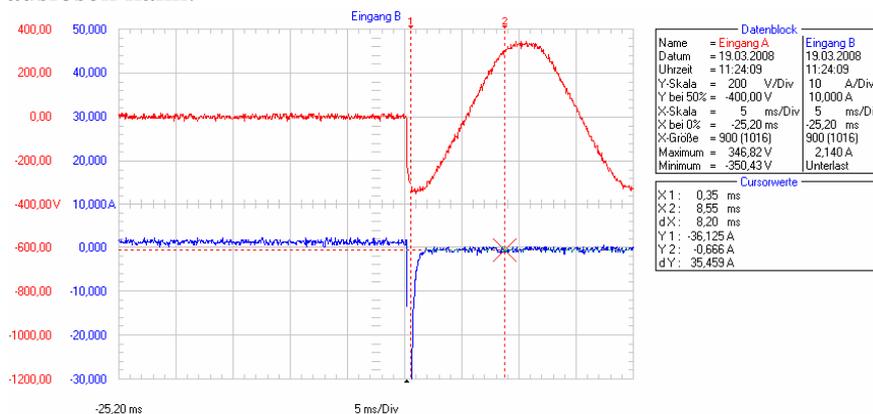


TSRL-test-snt-4.bmp, wie B.1, Dauer ein mit Last

Die rote Kurve im Bild 3 oben, zeigt die Netzspannung und die blaue Kurve unten zeigt den fast sinusförmigen Eingangsstrom von ca. 1,3 A Spitze-Spitze unter Nennlastbedingungen.

**So schön wie in Bild 3 sieht es jedoch beim Einschalten überhaupt nicht aus.**

Bild 4 zeigt den Eingangsstrom im Moment des Einschaltens des Schaltnetzteils, das mit einem mechanischen Kippschalter zufällig fast im Scheitel der Netzspannung eingeschaltet wurde. Hier sieht man einen erheblichen Einschaltstromstoß. Der hohe Strom fließt sofort beim Einschalten, was den gerade schließenden Schalter besonders stresst und die Sicherung auslösen kann.



TSRL-test-snt-15.bmp, Siemens SNT direkt ein

Die Stromamplitude beträgt, mit der hier gewählten Darstellung von 10 A pro Kästchen, mehr als 50A Spitze mit einer Dauer von cirka einer Millisekunde. Das würde schon bei 2 Stück solcher Netzteile den B16 A Automaten auslösen. Das Schnellauslösen des B-Typ 16A Leitungsschutzschalters findet statt ab dem Effektiv Strom von 80 A. (In Büros und Haushalten sind die Steckdosen meistens mit 16A B Automaten abgesichert.)

Eine einfache und wirkungsvolle Abhilfe bringt es, wenn man zwischen dem Einschalter und den Steckdosen der Steckerleiste, um beim oben genannten Beispiel zu bleiben, eine separate Einschaltstromdämpfung ein- oder anbaut. (Damit ausgerüstete Steckerleisten gibt es leider noch nicht zu kaufen.)

Einfache Einschaltstromdämpfungen, die aus einem Heißeiter oder anderen Vorwiderständen bestehen, sind jedoch nicht kurzschlussfest und nicht wirksam bei wiederholtem Einschalten. Wird dagegen als Einschaltstromdämpfung eine lastunabhängig arbeitende und sogar kurzschlussfeste, elektronische Einschaltstromdämpfung verwendet, lässt sich das Sicherungsauslösen beim Einschalten solcher Schaltnetzteile sicher vermeiden.

Bild 5 zeigt ein so genanntes Trafoschaltrelais, was mit Gehäuse an die Steckerleiste angebaut, aber auch als Platine in die Steckerleiste eingebaut werden könnte.

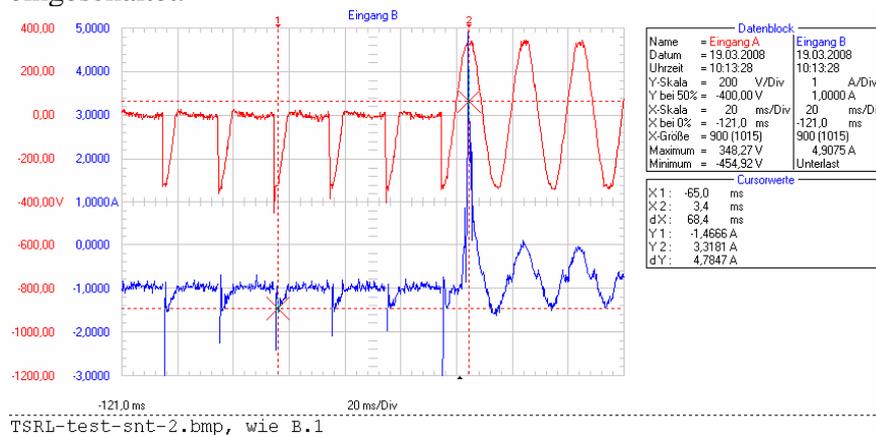


Ein Trafoschaltrelais, TSRL 22100110, welches mit der Option „langsameres Andimmen“ ausgerüstet ist, eignet sich gleichwohl zum sanften Einschalten von Transformatorenlasten oder Schaltnetzteilen.

Ein Anwender dieser Trafoschaltrelais schaltet beispielsweise nachts über eine Schaltuhr bis zu 16 Laptopnetzteile zum Aufladen der Laptop Batterien gleichzeitig ein, ohne dass die gebäudeseitige B 16 A Absicherung dabei auslöst.

(Diese Laptopnetzteile sind heutzutage moderne Schaltnetzteile mit eingebauter Leistungsfaktor Korrektur, \*1, die den Strom **nicht** nur kurz vor dem Scheitel der Netzspannung aus dem Netz entnehmen, wie es im Bild 11 zu sehen ist, und damit Stromoberwellen erzeugen würden. Sie entnehmen den Strom aus dem Netz während der ganzen Halbwelle, siehe Bild 3. Solche Schaltnetzteile entsprechen damit dem modernsten Stand der Technik und den EMV Vorschriften in EN 61000-3-2.)

Bild 6. Ein Schaltnetzteil wird hier mit einem Trafoschaltrelais, TSRL 22100110, sanft eingeschaltet.



TSRL-test-snt-2.bmp, wie B.1

Die Messung zeigt das zunehmende Vorladen mit angeschnittenen Spannungsimpulsen und das anschließende Volleinschalten. Weil das Netzteil belastet ist muss nach dem Volleinschalten noch verstärkt nachgeladen werden, weshalb in der ersten pos. Halbwelle noch eine 3 A Spitze Stromspitze entsteht, die klein ist wenn man sie mit der Stromspitze im Bild 5 vom Direkteinschalten vergleicht.

Die Spannungsimpulse steigen hier von kleinen Amplituden ausgehend, siehe Bild 7, schrittweise bis zum Scheitel der Netzspannung und laden somit den Siebgleichrichter Schritt für Schritt vollkommen auf, bevor voll eingeschaltet wird. (Das Volleinschalten ist mit dem Beginn der vollen Sinusschwingung der Netzspannung im Bild 6 zu sehen.)

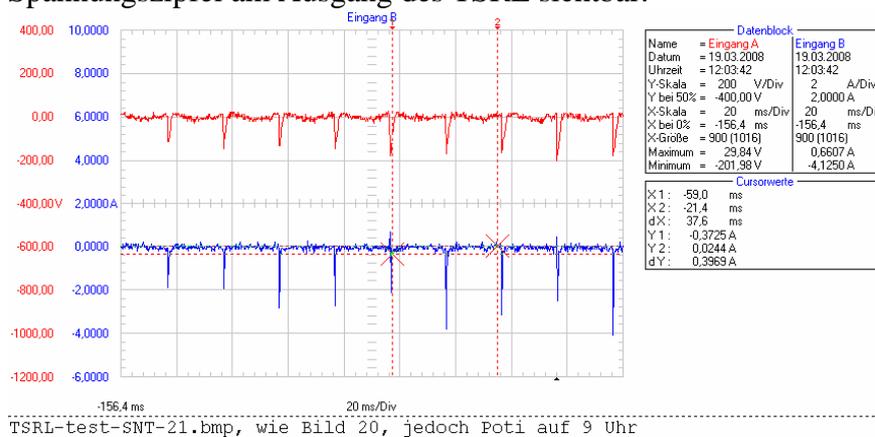
Das schrittweise Vorladen mit Spannungsabschnitten die langsam größer werden, lädt den Siebkondensator im Netzteil immer höher auf, wobei er jedes Mal einen kleinen Stromimpuls aus dem Netz entnimmt.

Die maximale Stromamplitude beim Volleinschalten beträgt bei der hier gewählten Darstellung von 1 A pro Kästchen ca. 3 A spitze und ist oben schmaler als 1 Millisekunde nach dem Volleinschalten.

Auch wenn 16 Stück von solchen Netzteilen zusammen eingeschaltet würden, könnte dabei ein B16 Automat nicht auslösen.

Man sieht im Bild 6, dass der Eingangsstrom nach der Vorladung des Spannungszwischenkreises auch nach dem Volleinschalten nicht gleich sondern erst ca. 20 msec. nach dem Volleinschalten mit nahezu sinusförmigem Verlauf fließt.

Bild 7. Zeigt die Spannungsabschnitte am Beginn des Vorladens, also kurz nach dem Einschalten des Netzschalters vor dem TSRL. Hier ist das schrittweise Zunehmen der Spannungszipfel am Ausgang des TSRL sichtbar.



Die größer werdenden Spannungsabschnitte verursachen auch hier jedes Mal nur einen kleinen Stromstoß von ca. 2 A spitze bei ca. 100 Mikrosekunden Dauer.

Anhang:

\*1. Leistungsfaktor Korrektur. Sie verringert die Erzeugung von Netzerwellenströmen, welche das Stromnetz zusätzlich belasten und zu Störungen im Stromnetz, an Transformatoren und an anderen Verbrauchern am Stromnetz führen können.

Seit 2001 ist die Leistungsfaktor Korrektur gefordert für Schaltnetzteile mit einer Stromaufnahme von kleiner 16Ampere und größer 50 Watt Eingangsleistung. Norm: EN 61000-3-2.

Freiburg den 04.12.2009, Michael Konstanzer, EMEKO-Ingenieur-Büro. [www.emeko.de](http://www.emeko.de)

Schaltnetzteile-sanft-einschalten-fzschr.doc.