HF-festes und entstörtes Schaltnetzteil für das Shack

TOM SCHÖNFELDER – DL5ABF

Schon aufgrund ihres Arbeitsprinzips scheinen Schaltnetzteile nicht in die Nähe hochempfindlicher Funkempfangstechnik zu gehören. Diese Auffassung ist durchaus nicht von der Hand zu weisen, wenn man an billige Massenware denkt. Andererseits hat diese Technik unübersehbare Vorteile wie geringe Masse und hohen Wirkungsgrad. Diese lassen sich auch im Shack des Funkamateurs nutzen, wenn man, wie im Folgenden beschrieben, einiges in die Filterung und Entstörung investiert.

Schaltnetzteile sind inzwischen fester Bestandteil moderner Stromversorgungstechnik. Sie sind kleiner und leichter als linear geregelte Netzteile, da sie keinen schweren Transformator und keine großen Elektrolytkondensatoren enthalten. Und damit endet auch schon die Aufzählung der wichtigsten Vorteile.

Da Schaltnetzteile eine „Aversion gegen HF" haben, scheinen sie auf den ersten Blick für den Amateurfunk wenig geeignet zu sein. Doch es gibt einfache Mittel und Wege, ein weitgehend störungsfreies Schaltnetzteil zu konstruieren und es auch HF-fest zu machen. Die letztgenannte Eigenschaft wird leider oft unterschätzt, obwohl HF-Einstrahlung im ungünstigsten Fall zu Überspannung am Ausgang des Netzteils mit fatalen Folgen führen kann.

■ Ausgangssituation

Um ein herkömmliches Netzteil zu bauen, ist nur ein relativ geringer Aufwand nötig. Eine solche Baugruppe lässt sich leicht reparieren und man kann einen auftretenden Fehler zumeist schnell lokalisieren. Zudem sind nur wenige Entstörmaßnahmen nötig, um es HF-fest zu machen.

Beim Schaltnetzteil hingegen ist der Aufwand deutlich höher. Vereinfacht gesagt, wird dort die Netzspannung gleichgerichtet, gesiebt, mit einem elektronischen Schalter zerhackt und das Ergebnis transformiert, gleichgerichtet, erneut gesiebt und stabilisiert. Nicht zuletzt durch dieses „Hin und Her" und die steilen Flanken der Schaltimpulse erzeugen solche Netzteile Störungen in unseren Empfängern. Auf HF-Einstrahlungen reagieren sie oft auf unerwartete Weise.



Bild 1: Frontansicht des 12-V-Stromversorgungsgeräts, das bis zu 40 A liefern kann. Im Metallgehäuse ist ein leistungsfähiges, entstörtes Schaltnetzteilmodul untergebracht.

■ Entstörmaßnahmen

Beim Betrieb eines Schaltnetzteils konnte ich in einigen KW-Frequenzbereichen ein beständiges, getaktetes Signal vernehmen. Nach dem Abschalten des Netzteils und anschließender Verwendung einer anderen Stromquelle verschwand dieses störende Signal im Empfänger. Also musste eine Lösung her, um die Störungen zu beseitigen.

Das war zunächst leichter gesagt als getan. Nach einigen Experimenten mit parallelgeschalteten Kondensatoren (C1 bis C4 in Bild 2) gelang es mir, einen relativ großen Teil der Störungen zu eliminieren. Dann testete ich unterschiedliche Ringkernsorten und bewickelte sie jeweils halbseitig mit der Plus- und 0-V-Leitung, wie es Wolfgang Wippermann, DG0SA, in [3] vorgeschlagen hat. Das Ergebnis war ernüchternd. Es war nur eine geringfügige Verbesserung der Störungen auszumachen.

Dann veränderte ich das Wickelschema und probierte wiederum verschiedene Ringkerne aus. Nur verwendete ich dieses Mal für beide Leitungen jeweils einen eigenen Kern. Das Wickelschema ähnelt dem einer koaxialen Mantelwellensperre nach W1JR.

Hinsichtlich des Ringkerns fiel meine Wahl letztlich auf den FT140-77, weil dieser die besten Ergebnisse brachte. Die störenden Geräusche im KW-Empfänger verringerten sich erneut um ein beachtliches Maß.

Meine Vermutung war, dass die verbliebene Reststörung auf der primären Seite zu suchen sei, was sich letzten Endes als richtig erwies. Zur Entstörung habe ich ein *Epcos*-Netzfilter unmittelbar am Eingang des Schaltnetzteils angeschlossen. Zusätzlich führte ich jede der drei 230-V-Netzleitungen (L1-, Null- und Schutzleiter) mit dem gleichen Wickelschema wie auf der Sekundärseite über je einen FT140-77-Ringkern (Bild 4).

Bitte beachten Sie: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel dürfen nur von einer Elektrofachkraft gemäß DIN VDE 1000-10 oder unter Leitung und Aufsicht dieser er-

Spezialteile in der Entstörungsschaltung gemäß Bild 2

Bezeichnung	Bauteil/Bezugsquelle
Netzfilter	B84142A0022C149, 250 V AC, 22 A (*Epcos*) [1]
Schaltnetzteil	SNT HRP-600-12 (*Mean Well*) [2]
L1, L2, L3	2 × 5 Wdg. auf FT140-77 [2]
L4, L5	2 × 4 Wdg. auf FT140-77 [2]
L6, L7	Drossel RRH6-215 [2]
K1	12 V DC, *Finder* o. ä. [2]
K2	230 V AC, R12-200 (*Eltako*) [2]

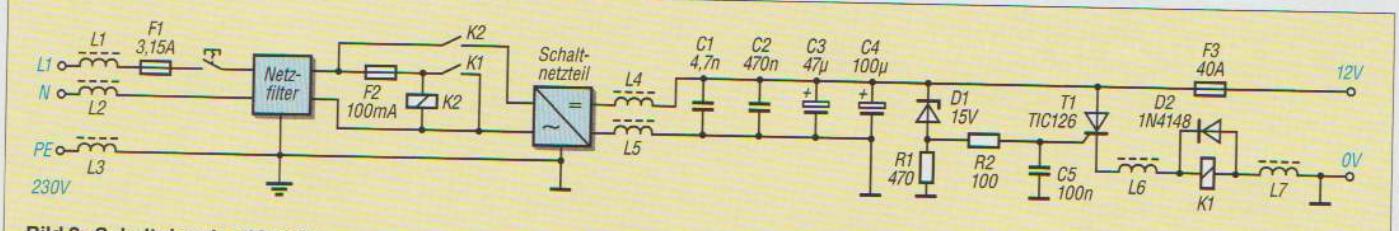


Bild 2: Schaltplan des 12-V-Stromversorgungsgeräts mit Schaltnetzteilmodul sowie den beschriebenen zusätzlichen Entstör- und Schutzmaßnahmen



Bild 3: Für die beiden Drosseln auf der Sekundärseite des Schaltnetzteils hat sich das hier gut erkennbare Wickelschema bewährt.

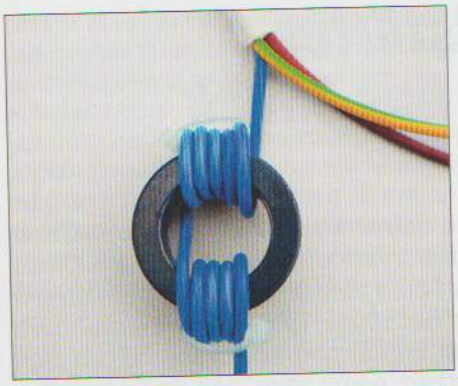


Bild 4: Für die Ringkerndrosseln auf der Primärseite empfiehlt sich das gleiche Wickelschema wie auf der Sekundärseite.



Bild 5: Die parallelgeschalteten Kabel auf der Sekundärseite des Schaltnetzteils erhöhen den wirksamen Leiterquerschnitt.

richtet, geändert oder instandgesetzt werden.

Da man heutzutage mit vielen Störungen aus dem Versorgungsnetz rechnen muss und dies sich auch in Zukunft wohl eher noch steigern wird, sind solche Entstörmaßnahmen unerlässlich. Jedes Versorgungsnetz ist anders belastet, in dicht besiedelten Städten mehr, auf dem Land mit dünnerer Besiedelung wahrscheinlich weniger. In einem Industriegebiet können die Störungen in der Netzversorgung sogar noch ausgeprägter sein. Zudem kommt es auf die Beschaffenheit der Erdung an bzw. darauf, wie gut die in der Nähe betriebenen Industriemaschinen entstört sind. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, auch den Schutzleiter im Shack mit einer Ringkerndrossel zu versehen.

Nachdem ich auch die primäre Seite abgeblockt hatte, startete ich einen erneuten Empfangstest mit meinem KW-Transceiver. Erst jetzt kam wirklich Freude auf – ich hatte störungsfreien Empfang.

Beim Leistungsbelastungstest des Schaltnetzteils mit einem Sender und jeweils 100 W auf KW und UKW ließ sich keine Beeinflussung durch HF-Einstrahlung feststellen. Die Verdrosselungen auf Primär- und Sekundärseite wirken erwartungsgemäß bidirektional und machen das Netzteil daher offenbar auch gegen eindringende HF resistent.

■ Schaltungsbeschreibung

Die Gesamtschaltung des Netzteils ist in Bild 2 zu sehen. Den Kern bildet das leistungsfähige Schaltnetzteilmodul, hier vom Typ *HRP-600-12*, das für eine Ausgangsspannung $U_A = 12$ V und einen maximalen Laststrom $I_{max} = 53$ A ausgelegt ist. Am Ein- und Ausgang sind die beschriebenen Entstör- und Schutzschaltungen dargestellt. Das genannte Schaltnetzteilmodul ist z.B. bei [2] erhältlich. Grundsätzlich sind auch andere Modultypen geeignet, wenn sie ähnliche Daten aufweisen.

Die Ringkerne der Drosseln L1 bis L3 werden mit jeweils fünf Windungen 1,5-mm²-Netzleitung auf einer Seite und entgegengesetzt auf der gegenüberliegenden Seite bewickelt, so wie in Bild 4 zu sehen. Das Netzfilter ist passend zum Eingangsstrom des eingesetzten Schaltnetzteils zu wählen. Das verwendete Epcos-Filter war bei [1] preisgünstig erhältlich. Es ist für 22 A bemessen und somit mehr als ausreichend dimensioniert. Die Ringkerne der Drosseln L4 und L5 sind mit jeweils vier Windungen auf einer Seite und auf der gegenüberliegenden Seite des Ringkerns entgegengesetzt bewickelt (Bilder 3 und 5). Im Interesse eines großen Drahtquerschnitts habe ich feindrähtige Litze mit einem Querschnitt von 6 mm² verwendet. Im Strompfad nach den Drosseln L4 und L5 blocken die Kondensatoren C1 bis C4 die Gleichspannung gegen Masse ab. Die Kapazitätswerte sind absichtlich so unterschiedlich gewählt, um die erforderliche Dämpfung der Störsignale in einem weiten Frequenzbereich abzudecken.

Im Längszweig folgen der Überspannungsschutz, um den es im nächsten Abschnitt geht, sowie eine 40-A-Sicherung, die bei Überschreitung des maximalen Ausgangsstroms anspricht.

R2 und C5 bilden ein Tiefpassfilter, das eine wichtige Funktion hat. Es verhindert, dass Störspannungen an das Gate des Thyristors T1 gelangen können und dieser dadurch versehentlich zündet. Die Plusschiene liegt an der Anode des Thyristors, der Katodenanschluss ist über die Breitbanddrossel L6 an das Relais K1 geführt. Der zweite Relaisanschluss erhält über eine zweite Breitbanddrossel Massepotenzial. Auf L6 und L7 sollte man keinesfalls verzichten. Sie verhindern, dass das Relais infolge HF-Einstrahlung ungewollt die Überspannungssicherung auslöst. D2 dient als Freilaufdiode, um auftretende Spannungsspitzen beim Abschalten des Relais zu unterdrücken.

■ Überspannungssicherung:

Einige Funkfreunde berichteten über ihre Beobachtung, dass beim Senden die Ausgangsspannung eines Schaltnetzteils ansteigen kann. Was zunächst unwahrscheinlich klingt, ist auf den zweiten Blick durchaus vorstellbar. In zahlreichen Experimenten mit einer Baugruppe, die nur unzureichend gegen HF-Einstrahlung geblockt war, ließ sich dieser Effekt nachweisen.

Versuche ergaben, dass es oftmals Mantelwellen sind, die in der Nähe des Schaltnetzteiles vagabundieren und die Spannungsregelung beeinträchtigen können. Dies passiert z.B. durch ungünstige Verlegung von Koaxialkabeln, auf denen sich Mantelwellen tummeln. In diesem Fall sollte immer eine koaxiale Mantelwellensperre in der Antennenzuleitung zum Einsatz kommen. Mit einem ausreichend abgeblockten Schaltnetzteil konnte ich keine Erfahrungen dieser Art machen. Bekanntermaßen ist es aber leider oft so, dass sich die Hochfrequenz unerwartete Wege sucht …

Daher ist es besser, auf Nummer sicher zu gehen und das Schaltnetzteil gegen Über-

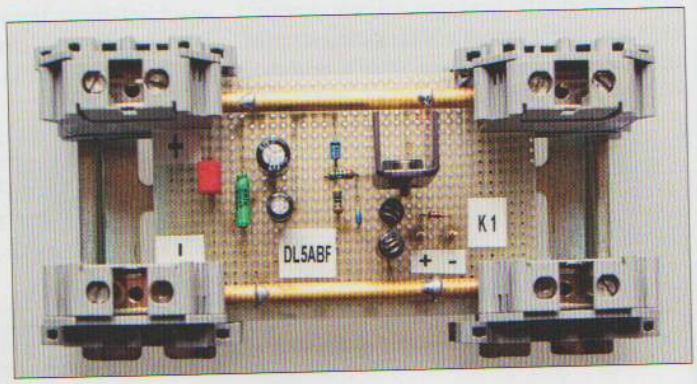


Bild 6: Aufbau der Überspannungssicherung auf einer Lochrasterplatine

spannung zu wappnen. Die von mir dafür vorgeschlagene Schaltung ist recht einfach und effektiv. Sie verhindert, dass der wertvolle Transceiver nicht durch Überspannung Schaden nimmt.

Funktionsweise

Sollte die Ausgangsspannung über 15 V ansteigen, wird die Z-Diode D1 leitend. Dann fließt Strom über R2 und gelangt an das Gate des Thyristors T1. Dieser zündet und schaltet das Relais K1. Dessen Kontakt auf der Primärseite des Netzteils schließt daraufhin und es besteht für einen kurzen Moment ein beabsichtigter Kurzschluss, der die Sicherung F2 (100 mA) durchbrennen lässt. Dadurch fällt das Relais K2 ab und der betreffende Relaiskontakt öffnet. Das Netzteil ist nun abgeschaltet. Die Abschaltzeit ist so kurz, dass der Transceiver keinen Schaden durch die auftretende Spannungsspitze nimmt. Es gibt freilich elegantere Schaltungslösungen, z. B. mittels einer elektronischen Verriegelung. Diese wäre aber deutlich aufwendiger, daher habe ich darauf verzichtet.

Als Thyristor kommt ein preisgünstiges Exemplar vom Typ TIC126 zum Einsatz [2]. K1 ist ein 12-V-Gleichspannungsrelais, dessen Schaltkontakte für 230 V Wechselspannung ausgelegt sind, der genaue Typ ist unkritisch. K2 ist eine 230-V-Wechselspannungsausführung, z. B. *Eltako* R12-200-230V. Solche Relais sind ebenfalls bei [2] erhältlich.

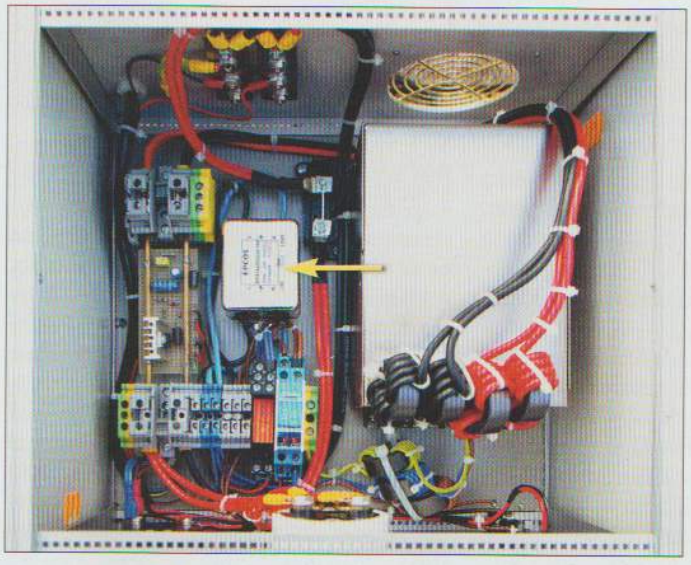


Bild 7: Bei geöffnetem Gehäuse offenbaren sich die Details der Entstörung des Schaltnetzteilmoduls; links ist noch einmal die Platine der Überspannungssicherung zu sehen, rechts daneben unter der Metallkappe befindet sich das Netzfilter (Pfeil).

Fotos: DL5ABF

Obwohl ein Überspannungsfehler bei einem gut abgeblockten Netzteil eigentlich nicht auftreten sollte, schützt die beschriebene Sicherung in jedem Fall vor Überraschungen.

■ Aufbau

Alle Komponenten wurden in ein stabiles Metallgehäuse eingebaut. Die Leitungen auf der Primär- und Sekundärseite sollten so kurz wie möglich gehalten werden, um wenig HF-Einkopplungsmöglichkeiten zu liefern. Die Ringkerndrosseln der Ausgangsleitungen sollte man so dicht wie möglich an den Anschlüssen des Schaltnetzteils anbringen. Kondensatoren und die Überspannungssicherung können auf eine Lochrasterplatine aufgebaut werden.

Für die Leitungsanschlüsse empfehle ich hochwertige Reihenklemmen des Herstellers *Phoenix Contakt Deutschland GmbH*. Diese gibt es in unterschiedlichen Querschnitten [2]. In Bild 6 kann man den Aufbau erkennen. Hier sind alle Bauteile auf der Lochrasterplatine untergebracht.

Um den erforderlichen Leitungsquerschnitt zu erhalten, habe ich zwei 6-mm-Messingstangen verwendet, die mit der Lochrasterplatine verbunden werden. An den Enden befinden sich jeweils 10-mm²-Reihenklemmen. So wird eine weitere Leitungsverlegung am besten gewährleistet.

Die Bilder 1 und 7 zeigen den gesamten Aufbau mit all seinen Komponenten.

■ Fazit

Leistungseffizient arbeitende Schaltnetzteile und empfindliche Empfänger können im Shack des Funkamateurs durchaus nebeneinander koexistieren. Voraussetzung ist eine sorgfältige und gründliche Entstörung des Netzteils. Diese ist mit überschaubarem Aufwand möglich, wie hier gezeigt wurde. Ich wünsche allen Nutzern von Schaltnetzteilen viel Erfolg und gutes Gelingen beim Entstören.

dl5abf@web.de

Literatur und Bezugsquellen

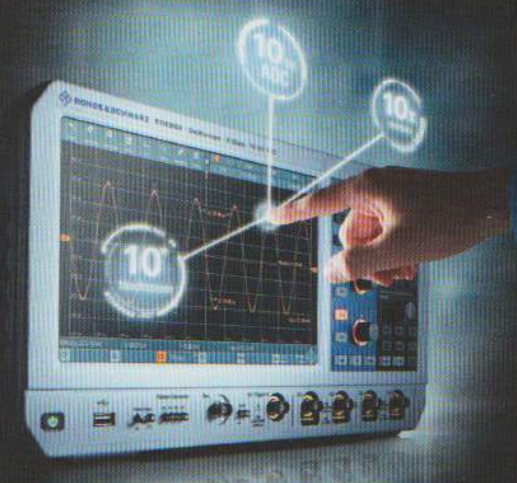
[1] Pollin Electronic GmbH, 85104 Pförring, Tel. (0 84 03) 92 09 20; *www.pollin.de* → *Artikel-Nr. 250408*

[2] Reichelt Elektronik GmbH & Co KG, Sande, Tel. (0 44 22) 955-3 33; *www.reichelt.de*

[3] Wippermann, W., DG0SA: Entstörung eines Schaltnetzteiles. *http://www.dg0sa.de* → *Nützliches, Vorträge*

MESSTECHNIK • LÖTTECHNIK • PROGRAMMIERTECHNIK

BATRONIX



Testen Sie die neuen Produkte von R&S, Rigol, Siglent, JBC, ITECH u.a. auf dem Batronix Messestand und sichern Sie sich Ihren Messerabatt.

electronica
Halle A3 Stand 301

UNSCHLAGBAR

- Schnell, unkompliziert und flexibel
- Bestpreisgarantie
- Kompetente Beratung
- 30 Tage Rückgaberecht, auch B2B

Jetzt selbst von Batronix überzeugen:

service@batronix.com
+49 (0)4342 90786-0