

Vorschaltgerät für 400 V AC

Von Nothart Rohde / Mai 2011

-1-

Es gibt eine unübersehbare Vielfalt an fertigen Schaltnetzteilen für 230 V AC. Ist die Netzspannung aber 400 V oder höher, dünnt sich das Angebot aus, es wird teuer und man gelangt in eine ganz andere Geräteklasse. Es lohnt daher, über ein Vorschaltgerät nachzudenken.

Vorbemerkung

Die folgenden Überlegungen und Konstruktionen sind aufgrund der hohen Spannung nicht für Anfänger geeignet. Man benötigt einschlägige Erfahrung und die entsprechende Ausrüstung, z.B. einen Regel / Trenntrafo.

Allgemeine Überlegungen

Ein Vorschaltgerät sollte einfach sein, damit sich bei der Verwendung eines Standard-Netzteils (Steckernetzteil, LED-Versorgung) ein Preisvorteil einstellt. Man wird daher auf eine zusätzliche Potenzialtrennung verzichten wollen. Daher wird, falls der angeschlossene Verbraucher geerdet ist, das Standardnetzteil mit höherer Spannung in Richtung Masse belastet. Das betrifft u.a. den Transformator, den Optokoppler und besonders den üblichen Entstörkondensator, der Primär mit Sekundär verbindet (Cave : Ableitstrom).

Am einfachsten erscheint das Prinzip, die Versorgungsspannung abzuschalten, wenn sie momentan zu hoch ist. Man kennt das von kleinen DC-Lüftern, die direkt an 230 V AC betrieben werden können. Leider führt diese naheliegende Idee in der Praxis zu erheblichen Problemen, wenn höhere Leistung umgesetzt werden soll, denn bei hoher Betriebsspannung ist die Zeit, in der Strom fließen darf, recht kurz. Daher muss der Strom in dieser Zeit entsprechend hoch sein. Schaltet man plötzlich ab, entsteht durch die Induktivität des Netzes eine merkliche Überspannung. Auch der Stromfluss über die Periode gesehen entspricht nicht den Vorstellungen der Energieversorger und, bei höherer Leistung, auch nicht den Richtlinien.

Die Überspannung, die beim plötzlichen Abschalten entsteht, liegt in Serie zur Versorgungsspannung. Damit hat man kaum Möglichkeit, sie verlustarm zu bedämpfen. Ganz kritisch sind diese Effekte, wenn in Richtung Netz noch ein Trenntrafo vorhanden ist.

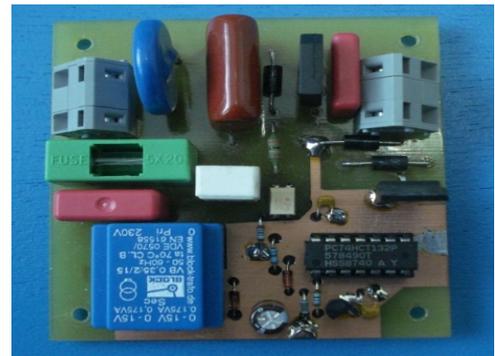
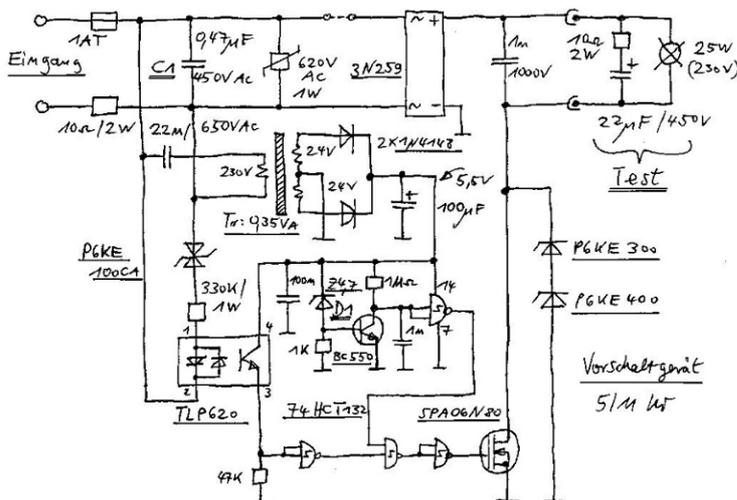
Nach praktischer Erfahrung ist es keine gute Lösung, wie bei einem Dimmer erst auf der abfallenden Flanke der Netzspannung einzuschalten und im stromfreien Nulldurchgang wieder abzuschalten. Eine derartige Energiegewinnung wird extrem "weich" und ist kaum zu gebrauchen. Bei ungünstigen Induktivitäten ist man daher gezwungen, zumindest beim Abschalten eine Schaltreglerfunktion vorzusehen, die ein langsames "Überblenden" bewirkt. Das kann auch beim Einschalten sinnvoll sein, damit der entstehende Stromstoß abgeschwächt wird. Die zusätzlichen Verluste sind gering, da am Regler nur die Spannungsdifferenz auftritt und er jeweils nur kurz in Betrieb ist. Die Ablaufsteuerung ist aber recht komplex.

Einfach bleibt ein derartiges Vorschaltgerät daher nur, wenn man sich im Wattbereich bewegt und die auftretende Wärme für übliche Bauteile vertretbar ist.

Ein Probeaufbau

Ein weniger offensichtliches Problem ist die Gewinnung einer Hilfsspannung aus 400 V. Günstige Kleintransformatoren für 230 V sind kein Problem, für 400 V schon. Da der übliche 2-Kammer-Spulenkörper auch etwas mehr Spannung verkräften dürfte, kann man 2 Trafos in Reihe schalten oder einen kapazitiven Vorwiderstand realisieren. Hier ist etwas konstruktive Vorsicht geboten, denn bei falscher Dimensionierung erzeugt man einen Serienresonanzkreis. Man wählt das C so, dass je nach Größe und Bauform bei der maximalen AC-Spannung am Trafo 230 V zu messen sind. Die Summe der Spannung am Kondensator und am Trafo ist bekanntermaßen höher als die vorhandene AC-Spannung.

Mit der dargestellten Schaltung lässt sich ein käufliches 10 W-Schaltnetzteil an 400 V AC betreiben. Den Brückengleichrichter verlässt eine pulsierende Gleichspannung, die vom FET passend eingeschaltet wird. Gleichspannung ist für das nachfolgende Netzteil normalerweise zulässig, da die Schaltung dort auch mit einem Brückengleichrichter beginnt. Im Prinzip kann auch Wechselspannung geschaltet werden. In diesem Fall liegt der Verbraucher in Serie zum Brückengleichrichter und der FET schließt den Ausgang des Brückengleichrichters periodisch kurz.



Eine Probeplatine

Die Hilfsversorgung erfolgt in schon beschriebener Weise mit einem 230 V-Trafo, der in dieser Leistungsklasse kurzschlussfest ist. Es ist daher eine einfache Shunt-Regelung mit Zenerdiode (D1) realisiert.

Die wichtige Phasenlage der Netzspannung und impulsförmige Überspannung lässt sich nach dem Brückengleichrichter schlecht und am Ausgang des Trafos überhaupt nicht feststellen, die Verfälschung ist zu groß. Die genaueste Messung erhält man durch einen Optokoppler, wobei eine Zenerdiode / Überspannungsableiter die Schwelle vorgibt, zu der abgeschaltet werden muss. Die gezeigte Schaltung benötigt wenige Teile, der Koppler muss aber für Wechselspannung geeignet sein. Alternativ kann man 4 Dioden / einen Brückengleichrichter am Eingang des Kopplers vorsehen und hat dann mehr Auswahl beim Typ. Die Dioden werden spannungsmäßig nicht belastet! Übliche Koppler haben eine gewisse Trägheit, die man ausgleichen kann, wenn die Schaltschwelle des angeschlossenen Gatters niedrig ist. Daher die Wahl der Logikfamilie HCT. Der FET muss allerdings mit 5 Volt zu schalten sein. Die Logik als solche stellt sicher, dass der FET nur aktiviert werden kann, wenn ausreichend Spannung vorhanden ist, d.h. durch D1 merklich Strom fließt.

Bei der Unterdrückung von Überspannungen besteht das Problem, dass sich ungewollte Spannungsspitzen schlecht von gewollten Schaltflanken trennen lassen, besonders am Ausgang. Damit entsteht unnötige Wärme. Der beste Ort für dämpfende Maßnahmen ist der Eingang des Brückengleichrichters. Den Kondensator zur Dämpfung (C1) kombiniert man am besten mit einem VDR-Widerstand. Sinnvolle Werte beim Kondensator führen zu recht großen Bauformen. Trotzdem sollte man hier mehr auf Qualität und weniger auf Volumen achten, weil manche Typen deutlich als "Lautsprecher" wirken. Wichtig ist die Stoßstromfestigkeit der Bauteile. Ihr Wert wird durch die Spezifikation des angeschlossenen Netzteils festgelegt, was besonders Auswirkung auf den Leistungsschalter hat. Er ist daher etwas stromfester, als der Betriebsstrom eigentlich verlangt. Kühlung ist nicht notwendig und die Schaltverluste bei 100 Hz haben keine Bedeutung.

Zum Test ist als Last eine Glühbirne (bis 25 W) sinnvoll, die durch einen Elko mit einem Widerstand zur Strombegrenzung ergänzt wird. Das ist ein gutes Modell für die typische Struktur am Eingang eines kleinen Schaltnetzteils.