

Einschaltoptimierung für Großverbraucher bis 10 A



Bei einer Vielzahl von Verbrauchern, die an das 220 V Wechselspannungsnetz angeschlossen werden, ist der Einschalt- bzw. Anlaufstrom im Moment des Einschaltens um ein Mehrfaches höher als der Nennstrom. Bei kleinen Verbrauchern spielt dies im allgemeinen eine untergeordnete Rolle, während Großverbraucher, deren Betriebsstrom in der Größenordnung der vorgeschalteten Haushaltssicherung (z. B. 10 A) liegt, ein Auslösen der Sicherung herbeiführen können. Die hier vorgestellte Einschaltoptimierung für Großverbraucher schafft wirksam Abhilfe, wobei der angeschlossene Verbraucher sogar noch geschont wird.

Allgemeines

Bei der hier vorgestellten Schaltung handelt es sich um eine „echte“ Einschaltoptimierung für Großverbraucher, da die Schaltung für praktisch alle vorkommenden Arten der angeschlossenen Verbraucher eine sanfte und damit verbraucher-schonende Einschaltung vornimmt, wodurch der Spitzenstrom im Einschaltmoment je nach Verbraucher zum Teil erheblich reduziert wird.

Bei Glühlampen zum Beispiel liegt der Spitzenstrom im Einschaltmoment bis zum 15fachen (!) über dem Nennstrom, wenn die Einschaltung im Moment des Spannungsmaximums erfolgt, während er immerhin noch bis zum 7fachen Wert ansteigen kann, wenn die Einschaltung im Spannungsnulldurchgang erfolgt. Denkt man in diesem Zusammenhang an große Halogen-Strahler, deren Leistung ohne weiteres 1000 Watt betragen kann, wundert es nicht mehr, wenn im Einschaltmoment die Haus-sicherung auslöst.

Aber auch bei Transformatoren liegt der Einschaltstrom zum Teil ganz erheblich über dem Nenn-Betriebsstrom, wobei man hier noch auf eine Vielzahl sekundärer Einflüsse zu achten hat. Ohne angeschlossene Belastung stellt ein Netztransformator eine überwiegend induktive Last dar, deren optimales Einschaltmoment das Spannungsmaximum der Sinuskurve darstellt. Je höher die vom Trafo zu speisende Belastung ist (z. B. Ladekondensatoren), desto mehr verschiebt sich der optimale Einschaltzeitpunkt in Richtung Spannungsnulldurchgang der Sinuskurve. Darüber hinaus ist zu beachten, daß der Gleichspannungsanteil so gering wie möglich bleiben sollte, damit der Eisenkern des Transformators nicht in die Sättigung gerät und sich die Stromaufnahme dadurch noch weiter erhöht. Hier spielt auch der Gleichstrom-Innenwider-

stand eines Transformators eine wesentliche Rolle, der bei Ringkerntransformatoren besonders niedrig liegt.

Bei Elektromotoren sieht das Verhalten der Stromaufnahme vom Einschaltmoment an gerechnet ähnlich komplex aus, wobei hier die Massenträgheit der rotierenden Teile noch erschwerend hinzukommt.

Um möglichst allen auftretenden praktischen Einschaltvorgängen gerecht zu werden, stellen wir Ihnen hier eine elektronische Schaltung zur Einschaltoptimierung für Großverbraucher vor.

Bei der Entwicklung der Schaltung, die auf einer Applikation der Firma TELEFUNKEN electronic basiert, hat es sich als besonders günstig erwiesen, nicht allein den Phasenwinkel der sinusförmigen Netzwechselspannung im Einschaltmoment zu optimieren, sondern darüber hinaus eine kontinuierliche Veränderung vorzunehmen. Dies bedeutet in der Praxis, im Einschaltmoment einen verhältnismäßig großen Ansteuerwinkel (geringe Anlaufleistung), der sich dann innerhalb von 0,5 Sekunden bis 2 Sekunden auf ca. 0 Grad verschiebt (volle Leistung).

Für Elektromotoren bedeutet dies einen Sanftanlauf, d. h. daß im Einschaltmoment dem Motor zunächst eine geringe Leistung zugeführt wird, die sich dann durch Verschieben des Ansteuerwinkels erhöht. Nach Ablauf von ca. 2 Sekunden ist der Triac praktisch permanent durchgeschaltet, so daß dem Elektromotor die volle Leistung zur Verfügung steht.

Aufgrund der Massenträgheit der rotierenden Teile empfiehlt sich bei Elektromotoren (z. B. große Bohrmaschinen, Winkelschleifer usw.) die Zeitspanne des Anlaufens auf ca. 2 Sekunden festzulegen.

Anders sieht es bei Glühlampen, Transformatoren usw. aus. Hier ist es günstig, die

Zeitspanne bis zum Erreichen der vollen Leistung auf ca. 0,5 Sekunden zu verkürzen. Bei Transformatoren u. a. deshalb, um nicht einen zusätzlichen unerwünschten Gleichspannungsanteil zu erhalten. Hierzu muß man wissen, daß der Phasenwinkel in der positiven Halbwelle nicht unbedingt exakt gleich dem Phasenwinkel in der negativen Halbwelle sein muß. In der Praxis können hier durchaus geringfügige, in den meisten Anwendungsfällen vernachlässigbare Differenzen auftreten. Bei primär getakteten Netztransformatoren kann dies jedoch zu einer nennenswerten Funktionsbeeinträchtigung führen. Begrenzt man also den Zeitraum, in dem eine Verschiebung des Phasenwinkels zwecks „Sanftanlauf“ auftritt, auf ca. 0,5 Sekunden, so ist damit auch dieser Punkt zufriedenstellend gelöst.

Abschließend kann gesagt werden, daß mit der vorliegenden Schaltung zwei grundsätzliche Anwendungsgebiete zu unterscheiden sind:

1. alle Großverbraucher, mit Ausnahme von Elektromotoren, werden mit einer Anlaufzeitkonstanten von ca. 0,5 Sekunden eingeschaltet.
2. Elektromotoren werden aufgrund der Massenträgheit der rotierenden Teile mit einer Anlaufzeitkonstanten von ca. 2 Sekunden angesteuert. Dies kommt einem Sanftanlauf gleich. Grundsätzlich kann natürlich auch hier die Zeitkonstante auf 0,5 Sekunden verkürzt werden, wobei dann die Funktion des Sanftanlaufes nicht ganz so ausgeprägt ist.

Bedienung und Funktion

Der Einsatz dieser nützlichen und interessanten Schaltung ist denkbar einfach, nicht zuletzt deshalb, weil eine Bedienung im herkömmlichen Sinne nicht zu erfolgen

braucht. Die Schaltung ist in einem Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose untergebracht.

Der zu speisende Verbraucher wird nicht direkt an eine vorhandene Steckdose angeschlossen, sondern an die im Gehäuse der Sanftanlaufsteuerung integrierte Schuko-Steckdose. Die Sanftanlaufsteuerung ihrerseits wiederum wird über den am Gehäuse angespritzten Schuko-Stecker mit einer 220 V-Netzwechselfrequenz-Schuko-Steckdose verbunden.

Zur Signalisierung der Betriebsbereitschaft leuchtet die LED D 1 auf.

Wird nun der angeschlossene Verbraucher über seinen eigenen Netzschalter eingeschaltet, beginnt der Vorgang der Sanftanlaufsteuerung, d. h. der Stromflußwinkel wird vom Minimum bis zum Maximum verschoben. Dies entspricht einem großen Phasenwinkel im Einschaltmoment (120 bis 180 Grad), der sich bis auf 0 Grad nach Beendigung der Sanftanlaufphase reduziert.

Sobald der angeschlossene Verbraucher wieder ausgeschaltet wird, geht die Sanftanlaufsteuerung innerhalb weniger Sekunden in ihren Ausgangszustand zurück. Vor einem neuen Start ist eine Erholzeit von ca. 3 Sekunden einzuhalten.

Ein vorzeitiges Einschalten, d. h. mehrere Einschaltvorgänge unmittelbar hintereinander, führen zwar nicht zu einer Zerstörung des Gerätes, jedoch kann die Funktionsweise der Sanftanlaufsteuerung in der Form beeinträchtigt werden, daß entweder der angeschlossene Verbraucher nicht anläuft oder aber der Stromflußwinkel auf einem mittleren Wert „festhängt“. In einem solchen Fall muß der Verbraucher nochmals für einige Sekunden ausgeschaltet werden, bis die Schaltung ihren Grundzustand wieder eingenommen hat.

Als Dauerstrom kann ein angeschlossener Verbraucher bis zu 10 A aufnehmen, wobei kurzzeitige Belastungen bis zu 16 A zulässig sind. Ggf. kann die eingebaute flinke 10 A Sicherung durch einen mitteltränen Typ ersetzt werden.

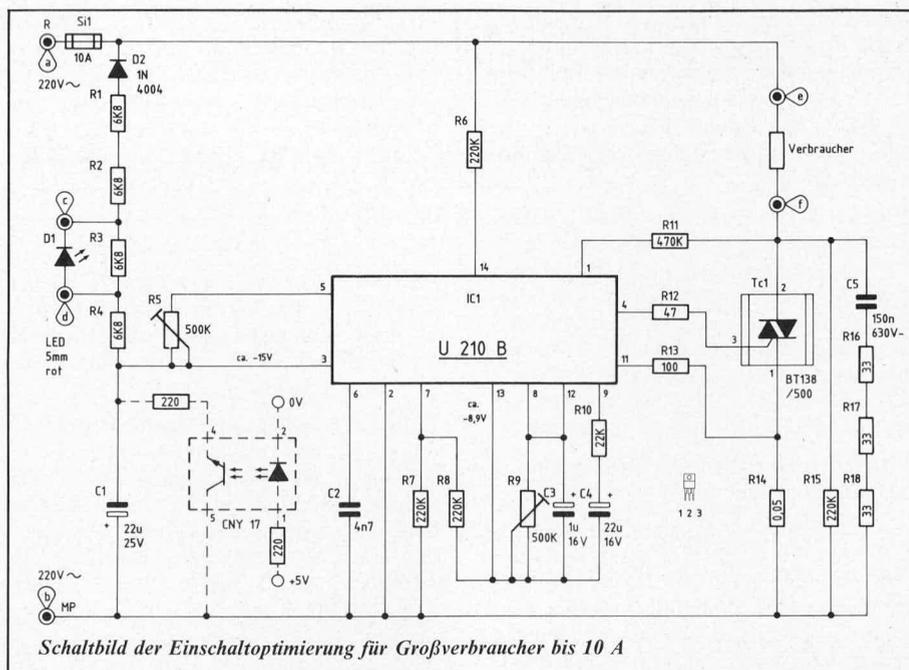
Zu beachten ist allerdings, daß aufgrund der verhältnismäßig hohen Absicherung im Kurzschlußfall der Triac hierdurch nicht mehr zuverlässig vor Zerstörung gesichert ist.

Zur Schaltung

Das zentrale Bauteil in der hier vorgestellten Schaltung ist das IC 1 des Typs U 210 B der Firma TELEFUNKEN electronic, in dem die wesentlichen Funktionseinheiten integriert sind.

Über R 1 bis R 4 wird in Verbindung mit D 2 und C 1 aus der Netzwechselfrequenz eine Gleichspannung generiert, die vom IC 1 über die Anschlußbeinchen 2 (Schaltungsmasse = Bezugspotential) und 3 (negative Versorgungsspannungsbegrenzung) auf ca. 15 V stabilisiert wird (- 14,6 V bis - 16,8 V).

Zusätzlich wird an Pin 13 eine negative Referenzspannung von typ. 8,9 V (- 8,3 V bis - 9,2 V) bereitgestellt. Alle Spannungsanga-



ben beziehen sich immer auf die Schaltungsmasse (Pin 2 des IC 1), wobei unbedingt zu beachten ist, daß dieser Schaltungspunkt keineswegs mit dem Schutzleiter identisch ist und lebensgefährliche Spannungen führen kann.

LED D 1 dient zur Einschaltkontrolle.

Über den Vorwiderstand R 6 erhält das IC 1 an Pin 14 die für den Betrieb erforderlichen Informationen bezüglich des Spannungsnulldurchganges der Sinuskurve. Im Ruhezustand, d. h. der angeschlossene Verbraucher ist ausgeschaltet, liegt der Platinenanschlußpunkt „f“ über R 15 ungefähr auf dem Potential der Schaltungsmasse, d. h. zwischen Pin 1 und Pin 2 liegen ungefähr 0 V an.

Die im IC 1 integrierte Steuerelektronik wertet dies so aus, daß der Ausgang (Pin 4) gesperrt ist und keine Zündimpulse für den Triac Tc 1 abgegeben werden – der Verbraucher ist also stromlos.

Sobald dieser jedoch über seinen eigenen Schalter eingeschaltet wird, fließt durch den Verbraucher sowie R 15 ein Strom und am Platinenanschlußpunkt „f“ steht eine mehr oder weniger große Spannung an.

Diese wird über R 11 auf Pin 1 des IC 1 gegeben, woraufhin die Steuerelektronik an Pin 4 Zündimpulse für den Triac bereitstellt. Die Größe des Ansteuerwinkels wird mit der RC-Kombination R 5/C 2 festgelegt. Da R 5 als Trimmer ausgeführt ist, kann damit die Anlaufleistung im Einschaltmoment vorgegeben werden. Im allgemeinen ist es wenig sinnvoll, mit einem Phasenwinkel von 180 Grad zu beginnen, da dies in der Praxis einer unnötigen Verzögerungszeit (Totzeit) gleichkommen würde.

Durch das Einschalten des Verbrauchers wird also die Sanftanlaufsteuerung gestartet.

Der nun im Einschaltmoment fließende Strom erzeugt an R 14 einen, wenn auch geringen Spannungsabfall, der über R 13 einem Strom-Steuereingang (Pin 11) zugeführt wird. Dieser Strom erscheint mit dem

Faktor von ca. 0,42 multipliziert am Ausgang Pin 12 des IC 1 und läßt die Spannung an C 3 ansteigen.

Die Anschlußbeinchen 7 (-) und 8 (+) stellen die beiden Eingänge eines als Komparator geschalteten Operationsverstärkers dar. Sobald die Spannung an Pin 8 die mit R 7 und R 8 an Pin 7 festgelegte Spannung überschreitet, fließt aus Pin 9 ein Konstantstrom von ca. 120 µA heraus.

In der vorliegenden Dimensionierung läßt sich C 4 innerhalb von ca. 2 Sekunden auf, wobei im Einschaltmoment ein Spannungssprung von ca. 2,64 V ($0,12 \text{ mA} \times 22 \text{ k}\Omega = 2,64 \text{ V}$) auftritt, um sofort in den Wirkungsbereich der internen Steuerelektronik zu gelangen.

Intern im IC 1 ist Pin 9 mit der Auswerteschaltung der Phasenanschnittsteuerung verschaltet. Dies bedeutet, daß mit steigender Spannung an Pin 9 der Ansteuerwinkel für den Triac verringert wird, entsprechend einem größeren Stromflußwinkel und einer höheren bereitgestellten Leistung für den angeschlossenen Verbraucher. Ist C 4 voll aufgeladen, so ist auch der Verbraucher voll eingeschaltet. Die Sanftanlaufphase ist beendet.

Durch Verkleinern von C 4 auf 4,7 µF verkürzt sich die Zeitspanne des Sanftanlaufs auf ca. 0,5 Sekunden (für Glühlampen, Netztransformatoren o. a.).

Der vorstehend beschriebene, verhältnismäßig komplexe Funktionsablauf bietet noch einen weiteren, bisher nicht genannten Vorteil:

Durch manche Verbraucher fließen auch im ausgeschalteten Zustand geringe Rest- bzw. Leckströme, die einen Spannungsabfall an R 15 bewirken können. Über R 11 und Pin 1 wird dies vom IC 1 registriert, so daß die Steuerelektronik an Pin 4 Zündimpulse bereitstellt. Tc 1 steuert mit dem von R 5 vorgegebenen Stromflußwinkel durch. Da der Verbraucher jedoch noch ausgeschaltet ist, kann sich der jetzt durch R 14 fließende Strom nicht über die Rest- bzw. Leckströme hinaus erhöhen, so daß auch

der über R 13 in Pin 11 des IC 1 hineinfließende Strom gering bleibt. Hierdurch erhöht sich auch die Spannung an C 3 nur unwesentlich, so daß kein Auslösen der eigentlichen Sanftanlaufsteuerung, d. h. keine weitere Verschiebung des Phasenwinkels erfolgt.

Wird der Verbraucher nun „richtig“ eingeschaltet, erhöht sich auch der Strom durch R 14 und infolgedessen auch der in Pin 11 hineinfließende Strom, wodurch wiederum die Spannung an C 3 soweit ansteigt, daß der Funktionsablauf der Sanftanlaufsteuerung beginnt. Der Phasenwinkel verschiebt sich innerhalb von ca. 2 Sekunden bis auf ca. 0 Grad (entspricht volle Leistung).

R 16 bis R 18 dienen in Verbindung mit C 5 zur Störunterdrückung.

Mit dem gestrichelt eingezeichneten Optokoppler des Typs CNY 17 kann in Verbindung mit den beiden 220 Ω -Vorwiderständen eine externe Steuerung vorgenommen werden. Sobald an die eingezeichneten Punkte (0 V und + 5 V) eine entsprechende Spannung angelegt wird, steuert der interne Schalttransistor durch (Pin 4 und Pin 5 des CNY 17) und die an C 1 anstehende Versorgungsspannung bricht zusammen. Wird eine Spannung von ca. 10 V unterschritten, schaltet die im IC 1 integrierte Versorgungsspannungsüberwachung die Steuerimpulse für den Triac ab, d. h. die Schaltung ist deaktiviert.

Wird die 5 V Steuerspannung für den CNY 17 abgenommen, baut sich an C 1 sofort wieder die Versorgungsspannung auf und IC 1 startet den ordnungsgemäßen Betrieb.

Obwohl die Methode der Versorgungs-spannungsreduzierung zum Auslösen eines Schaltvorganges zunächst etwas ungewöhnlich erscheinen mag, stellt sie jedoch im vorliegenden Anwendungsfall eine elegante Lösung dar, weil über die im IC 1 integrierte Versorgungsspannungsüberwachung zu jedem Zeitpunkt ein genau definiertes Verhalten der Schaltung sichergestellt ist. Es finden also während der „Unterspannungsphase“ zu keinem Zeitpunkt unkontrollierte Schaltvorgänge statt.

Zum Nachbau

Sämtliche, für die Funktion der Sanftanlaufsteuerung erforderlichen Bauelemente finden auf einer einzigen kleinen Leiterplatte Platz.

Bei der Bestückung hält man sich genau an den Bestückungsplan. Zunächst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet.

Der sehr niederohmige Widerstand R 14 besteht aus 2 parallel in einem Abstand von 2 bis 3 mm einzubauenden Widerstandsdrähten, deren Bohrungen 55 mm auseinanderliegen. Rechnet man noch die Leiterplattendicke von 2 x 1,5 mm hinzu, ergibt sich eine Drahtlänge von ca. 58 mm von einer Lötstelle zur anderen. Bei einem spezifischen Drahtwiderstand von 1,73 Ω /m bedeutet dies einen Widerstand von genau 0,10 Ω pro Drahtabschnitt, entsprechend 0,050 Ω bei der hier vorliegenden Parallelschaltung zweier Widerstandsdrähte.

Vor dem Einlöten empfiehlt es sich, die beiden Drahtabschnitte an ihren Enden etwas blankzukratzen und anschließend so abzuwinkeln, daß sich ein Abstand von 55 mm ergibt.

Der Triac Tc 1 wird vor dem Einlöten auf einen U-Kühlkörper (SK 13) gesetzt und mit einer Schraube M 3 x 6 mm und einer Mutter M 3 mit der Platine verschraubt.

Nachdem man die Bestückung nochmals sorgfältig kontrolliert hat, wird die Platine in ein geschlossenes, berührungssicheres Steckergehäuse mit integrierter Schutzkontakt-Steckdose eingebaut.

Zunächst werden die Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“ über 2 flexible isolierte Leitungen mit den beiden Polen des Schutzkontakt-Steckers verbunden. Außerdem wird an den Schutzkontakt der Steckdose ebenfalls eine flexible isolierte Leitung angelötet, deren Länge ca. 10 cm beträgt.

Jetzt kann die Platine mit 2 Schrauben M 3 x 6 mm mit dem Gehäuseunterteil fest verschraubt werden.

Als nächstes wird das andere Ende der an den Schutzkontakt des Netzsteckers angeschlossenen Zuleitung mit dem Schutzkontakt der im Gehäuseoberteil integrierten Schuko-Steckdose verbunden. Danach erfolgt die Verdrahtung der Platinenanschlußpunkte „c“ und „f“ mit den beiden Polen der Schuko-Steckdose im Gehäuseoberteil.

Zu beachten ist, daß die Isolierungen der flexiblen Zuleitungen weder mit dem U-Kühlkörper noch mit den Widerstandsdrähten von R 14 mechanisch in Berührung kommen dürfen, da diese Bauteile verhältnismäßig heiß werden können und die Isolierung dadurch beschädigt wird.

Die Leuchtdiode D 1 wird entsprechend dem Bestückungsplan an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ angelötet und zwar so hoch, daß sie später beim Aufsetzen des Gehäuseoberteils ca. 1 mm die Gehäuseoberseite überragt. Die hierfür erforderliche Bohrung wird so ausgeführt, daß die Leuchtdiode stramm die Bohrung ausfüllt, damit auch evt. auftretende Feuchtigkeit nicht ins Gehäuseinnere eindringen kann.

Nachdem der Abgleich durchgeführt und das Gehäuseoberteil aufgesetzt und fest verschraubt wurde, steht dem Einsatz der „ELV Einschaltoptimierung für Großverbraucher“ nichts mehr im Wege.

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Möglichkeit der externen Steuerung eingehen:

Durch den zusätzlichen Einbau des Optokopplers des Typs CNY 17 in Verbindung mit den beiden 220 Ω Widerständen, kann eine externe Steuerung, d. h. eine Ein- und Ausschaltung vorgenommen werden.

Da für vorstehend genannte Bauelemente auf der Platine kein Platz vorgesehen ist, empfiehlt es sich, hierfür entweder eine kleine Zusatzplatine selbst anzufertigen oder eine freie Verdrahtung vorzunehmen. In jedem Fall ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Anordnung eine gute mechanische Stabilität besitzt, die auch härtere

Stöße verträgt. Außerdem muß unbedingt auf ausreichende isolierende Abstände zwischen dem Niederspannungskreis (Pin 1 und Pin 2 des Optokopplers einschließlich des Vorwiderstandes) zur übrigen Schaltung geachtet werden. Anschließend erfolgt die Verbindung des 0 V und + 5 V-Anschlusses mit den beiden Polen einer im Gehäuse einzubauenden 3,5 mm Klinkerbuchse. Der äußere Anschluß (Gewindehals), der von außen berührbar ist, muß zusätzlich mit dem Schutzleiter des Netzsteckers verbunden werden.

Für alle flexiblen Verbindungsleitungen ist ein Querschnitt von mindestens 1,5 mm² zu verwenden, da die Schaltung für einen Dauerstrom von 10 A ausgelegt ist.

Abgleich und Inbetriebnahme

Zunächst möchten wir nochmals ausdrücklich darauf hinweisen, daß die Schaltung direkt am 220 V Wechselspannungsnetz betrieben wird und somit an jedem Schaltungspunkt lebensgefährliche Spannungen auftreten können. Nachbau, Abgleich und Inbetriebnahme dürfen daher ausschließlich von fachkundigen Elektronikern vorgenommen werden, die mit den einschlägigen Sicherheitsvorschriften vertraut sind.

Das betriebsfertige, getestete Gerät kann selbstverständlich auch von Nichtelektronikern sinnvoll eingesetzt werden.

Doch kommen wir nun zum eigentlichen Abgleich: Wie der Fachmann weiß, dürfen an elektronischen Geräten in geöffnetem Zustand nur dann Arbeiten und Messungen vorgenommen werden, wenn über einen Trenntrafo eine sichere galvanische Trennung vom Wechselspannungsnetz erfolgt ist. Speziell bei der hier vorliegenden Schaltung, deren Haupteinsatzgebiet bei Großverbrauchern liegt und eine gewisse Mindestbelastung voraussetzt, kann diese Forderung auf Schwierigkeiten stoßen, da nicht immer ein entsprechend leistungsfähiger Trenntrafo zur Verfügung steht. Bei Einsatz eines zu schwachen Trenntrafos ist die Funktion ohnehin beeinträchtigt.

Wir wollen daher den Abgleich so beschreiben und vornehmen, daß ein Trenntrafo nicht erforderlich ist. Hierzu gehen wir wie folgt vor:

Wie bereits erwähnt, wird mit dem Trimmer R 5 der Anlaufphasenwinkel vorgegeben, mit dem die Leistung festgelegt wird, die dem angeschlossenen Verbraucher unmittelbar nach dessen Einschalten zur Verfügung gestellt wird. Diesen Trimmer bringen wir zunächst in Mittelstellung.

R 9 beeinflusst die Schaltschwelle. Dies bedeutet, daß bei einer zu niedrigen Einstellung von R 9 der Anlaufstrom u. U. nicht ausreicht, um die weitere Funktion, d. h. die Verschiebung des Phasenwinkels bis auf maximalen Stromfluß auszulösen. Befindet sich R 9 hingegen auf einem zu großen Wert, so wird auch ohne Anliegen einer Last der Phasenwinkel auf maximalen Stromfluß gefahren, und zwar unmittelbar nachdem die Betriebsspannung an den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ anliegt. Um den optimalen Schaltungspunkt herauszufinden, geht man experimentell wie folgt vor:

Zunächst wird R9 auf maximalen Wert (Rechtsanschlag – im Uhrzeigersinn) gedreht.

Nachdem die beiden Einstellungen von R5 und R9 entsprechend vorstehender Beschreibung vorgenommen wurden, wird das Gehäuse ordnungsgemäß geschlossen und verschraubt, um anschließend den vorgesehenen Verbraucher in die Schuko-Steckdose des Gerätes zu stecken und einzuschalten.

Bis zu diesem Zeitpunkt ist das Gerät selbst noch nicht an das 220 V Wechselspannungsnetz angeschlossen, d. h. es ist stromlos.

Steckt man jetzt das Gerät in eine Netzsteckdose, beginnt unverzüglich die Sanftanlaufsteuerung zu arbeiten, d. h. der angeschlossene Verbraucher läuft hoch. Bei diesem Test ist besonders der erste Moment von Bedeutung, da wir zunächst mit R5 die Startleistung einstellen wollen. War die Startleistung im Einschaltmoment zu hoch, muß der Trimmer R5 etwas entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht werden, während eine zu geringe Startleistung ein geringfügiges Verdrehen von R5 im Uhrzeigersinn erfordert.

Um R5 verdrehen zu können, wird die Schaltung zunächst vom Netz getrennt, das Gerät geöffnet und die Einstellung korrigiert. Anschließend wird der Zusammenbau wieder ordnungsgemäß vorgenommen und der Test, wie vorstehend beschrieben, wiederholt.

Dies geschieht sooft bis die gewünschte Startleistung im Einschaltmoment gefunden wurde und der Hochlauf bis zur vollen Leistung optimal erfolgt.

Bei dieser Einstellung ist zu beachten, daß eine Mindest-Startleistung erforderlich ist. Diese ist bei kleineren Verbrauchern höher zu wählen und bei größeren Verbrauchern etwas geringer (prozentual, jeweils auf die maximale Leistungsaufnahme bezogen). Wird nämlich eine zu geringe Startleistung eingestellt, reicht u. U. der durch R14 hindurchfließende Strom nicht mehr aus, mit R9 eine sichere Schaltschwelle einzustel-

len, um die Funktion der Sanftanlaufsteuerung zu starten. Hierauf gehen wir im folgenden jetzt näher ein.

Nachdem für R5 die optimale Einstellung gefunden wurde, gehen wir bei R9 ähnlich vor, d. h. die Schaltung wird vom Netz getrennt, das Gehäuse geöffnet und R9 in Mittelstellung gebracht.

Nachdem das Gerät wiederum ordnungsgemäß zusammengebaut wurde, schließt man den Verbraucher erneut an, läßt ihn jedoch über seinen eigenen Netzschalter ausgeschaltet.

Jetzt wird das Gerät mit dem Netz verbunden. Nach mindestens 5 Sekunden Wartezeit kann der angeschlossene Verbraucher eingeschaltet werden. Jetzt sind 3 Verhaltensweisen möglich:

1. Bei korrekter Funktion und Einstellung von R9 wird dem angeschlossenen Verbraucher im Moment seines Einschaltens die mit R5 vorgegebene Startleistung zugeführt, um innerhalb von ca. 2 Sekunden auf Maximum hochzulaufen. Der Abgleich wäre damit bereits beendet.
2. Der angeschlossene Verbraucher wird im Einschaltmoment mit seiner Startleistung versorgt, die sich jedoch nicht erhöht. Dies bedeutet eine zu geringe Einstellung von R9, d. h. der Trimmer R9 muß auf einen größeren Widerstandswert eingestellt werden (etwas im Uhrzeigersinn verdrehen).
3. Im Einschaltmoment des angeschlossenen Verbrauchers steht bereits die volle Leistung zur Verfügung. Dies bedeutet eine zu hohe Einstellung von R9, d. h. bereits vor dem Einschalten des angeschlossenen Verbrauchers wurde der Phasenwinkel auf 0 Grad gefahren, entsprechend größter zur Verfügung stehender Leistung. Der Start der Sanftanlaufsteuerung erfolgt also nicht erst im Moment des Einschaltens des angeschlossenen Verbrauchers, sondern bereits beim Anlegen der Versorgungsspannung an das Gerät selbst. In diesem Fall muß R9 etwas entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht werden.

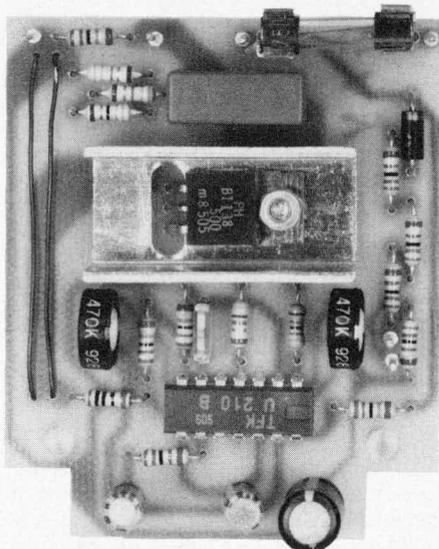
Auch die Einstellung des Trimmers R9 erfolgt selbstverständlich nur dann, wenn das Gerät stromlos ist. Ein erneuter Versuch wird nach korrigierter Trimmereinstellung und ordnungsgemäß montiertem Gerät gestartet.

Die Einstellung des Trimmers R9 wird genau wie die des Trimmers R5 sooft korrigiert, bis die gewünschte Funktion wie unter Punkt 1 beschrieben sichergestellt ist.

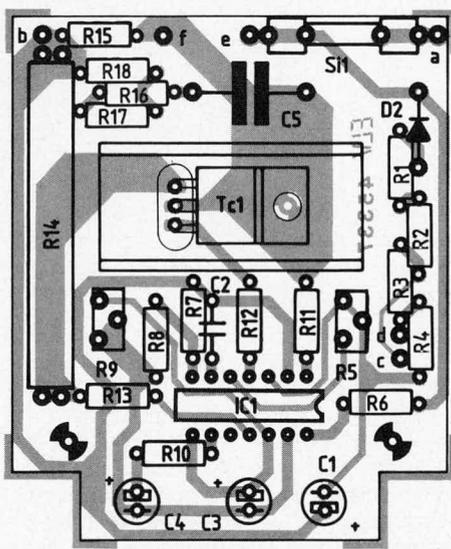
Hierbei ist zu beachten, daß die Einschaltsschwelle für R9 um so geringer wird, je kleiner die Leistungsaufnahme des angeschlossenen Verbrauchers ist und je geringer die mit R5 eingestellte Startleistung ist.

Da die Schaltung für Verbraucher im Bereich zwischen 500 Watt und 2200 Watt ausgelegt ist, kann die Einstellung der beiden Trimmer problemlos erfolgen. Grundsätzlich können auch Verbraucher kleiner Leistung „sanft“ gestartet werden (bis hinab zu ca. 100 Watt), wobei dann die Einstellung von R9 etwas Fingerspitzengefühl erfordert.

Abschließend wollen wir nochmals ausdrücklich darauf hinweisen, daß ausschließlich am stromlosen, vollkommen von der Netzwechselspannung getrennten Gerät Einstellungen und Messungen vorgenommen werden dürfen. Das Gerät ist ausschließlich in ordnungsgemäßem, komplett montiertem Zustand, d. h. bei geschlossenem und verschraubtem Gehäuse in Betrieb zu nehmen. Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.



Ansicht der fertig bestückten Platine der Einschaltoptimierung für Großverbraucher



Bestückungsseite der Platine der Einschaltoptimierung für Großverbraucher

Stückliste: Einschaltoptimierung für Großverbraucher

Halbleiter

IC 1	U 210 B
TC 1	BT 138/500
D 1	LED, 5 mm, rot
D 2	1 N 4004

Kondensatoren

C 1	22 µF/25 V
C 2	4,7 nF
C 3	1 µF/16 V
C 4	22 µF/16 V
C 5	150 nF/630 V

Widerstände

R 1–R 4	6,8 kΩ
R 5, R 9 ...	500 kΩ, Trimmer, stehend
R 6–R 8, R 15	220 kΩ
R 10	22 kΩ
R 11	470 kΩ
R 12	47 Ω
R 13	100 Ω
R 14 ..	0,050 Ω Widerstandsdraht
R 16–R 18	33 Ω

Sonstiges

- 1 Kühlkörper SK 13
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Sicherung 10 A
- 6 Lötstifte
- 3 Schrauben M 3 x 6
- 1 Mutter M 3