

Frequenz- und spannungsstabilisierter Wechselrichter 12 V = /220 V ~



Mit der hier vorgestellten Wechselrichterschaltung läßt sich eine 12 V Gleichspannung in eine 220 V Wechselspannung umformen, wobei die Besonderheit darin liegt, daß die Ausgangsspannung sowohl frequenzstabilisiert (Quarzeitbasis) als auch spannungsstabilisiert ist. In Zusammenhang mit vorgenannten Eigenschaften und einer Spitzenleistung von über 180 VA stehen dem Gerät universelle Einsatzmöglichkeiten offen.

Allgemeines

Die üblicherweise im Handel befindlichen Wechselrichter weisen in vielen Fällen weder Frequenz- noch Spannungsstabilisierung auf, obwohl zumindest die Frequenzstabilisierung über eine Quarzeitbasis mit der heutigen Technik überhaupt kein Problem darstellt. Auch die Kosten halten sich beim Einbau einer Quarzeitbasis durchaus in vertretbaren Grenzen, zumal eine stabile Frequenz von 50 Hz überhaupt erst die Voraussetzung für viele Anwendungsfälle darstellt.

Bei der Ausgangsspannungs-Stabilisierung, die ebenfalls außerordentlich wichtig ist, stößt man schon eher auf technische Probleme, da für die meisten Fälle eine echte Effektivwertkonstanthaltung der Ausgangsspannung erforderlich ist. Eine Stabilisierung der Ausgangsspannung ist um so wichtiger, als diese nicht nur durch Belastungsänderungen erheblichen Schwankungen unterworfen ist, sondern außerdem in den meisten Fällen ein Akku zur Versorgung herangezogen wird, dessen Abgabespannung zwischen 11 V und 14 V – in extremen Fällen sogar zwischen 10 V und 15 V – schwanken kann. Dies bedeutet, ausgangsspannungsseitig, ebenfalls Schwankungen von +/-20 %, das bedeutet, daß die Ausgangsspannung von ca. 170 V bis 270 V schwanken kann, sofern nicht andere Maß-

nahmen (z. B. Umschaltung der Trafowicklungen usw.) ergriffen werden. Rechnet man jetzt noch den Innenwiderstand des Transformators sowie der Endstufe hinzu, können die Schwankungen noch größere Ausmaße annehmen.

Vorgenannte Erläuterungen sollen dem Leser nur kurz die Bedeutung und gleichzeitig auch die Problematik beim Aufbau von qualifizierten Wechselrichtern aufzeigen.

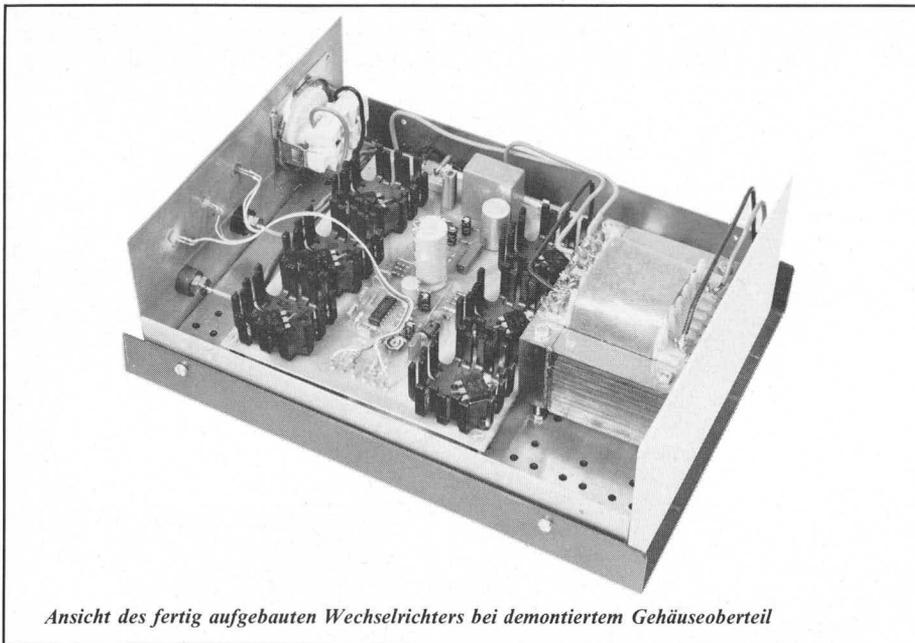
Mit der hier vorgestellten Wechselrichterschaltung lassen sich sowohl Eingangsspannungsschwankungen als auch Belastungsänderungen einwandfrei ausregeln, so daß der echte Effektivwert der Ausgangsspannung exakt konstant gehalten wird und dies mit einer hervorragenden Präzision.

Eine Quarzstabilisierung der 50 Hz Steuerfrequenz ist selbstverständlich ebenfalls vorhanden.

Sofern der Wechselrichter mit konstanter Eingangsspannung bei ebenfalls annähernd konstanter Belastung betrieben wird, kann auf die Ausgangsspannungsstabilisierung selbstverständlich verzichtet werden, da die Schaltung so ausgelegt ist, daß der Schaltungsteil der Ausgangsspannungsstabilisierung entfallen kann bzw. auch zu einem späteren Zeitpunkt problemlos nachrüstbar ist. Die Ausgangsspannungsstabilisierungsschaltung steht in Form einer separaten Platine zur Verfügung. Der in unserer Ausgabe Nr. 14 beschriebene und sehr zahlreich nachgebaute Wechselrichter kann nachträglich mit dieser Stabilisierung ausgerüstet werden.

Leistungsdaten:

Eingangsspannungsbereich:	10 V-15 V
Ausgangsspannung:	220 V/50 Hz
Ausgangsleistung:	120 VA (Dauerbetrieb) 180 VA (Kurzzeitbetrieb)
Frequenzkonstanz:	50 Hz ± 0,01 %
Ausgangsspannungskonstanz bei Laständerungen:	ca. 0,01 % (!) (mit Zusatzschaltung)
Langzeitstabilität der Ausgangsspannung:	besser als 1 % (mit Zusatzschaltung)
Stromaufnahme:	ca. 1 A im Leerlauf/ca. 15 A bei Vollast
Wirkungsgrad:	ca 90 %



Ansicht des fertig aufgebauten Wechselrichters bei demontiertem Gehäuseoberteil

Zur Schaltung

Zunächst wollen wir die Schaltung ohne die Ausgangsspannungsstabilisierung besprechen, d. h., daß der in Bild 4 dargestellte Schaltungsteil zunächst unberücksichtigt bleibt.

Die Steuerung des Wechselrichters wird durch eine präzise Quarzeitbasis vorgenommen, deren Frequenz von 50 Hz durch mehrfache Teilung mittels des IC's des Typs ICM 7038 A aus der Quarzfrequenz von 3,2768 MHz gewonnen wird. In diesem Zusammenhang ist es sehr wichtig, darauf zu achten, daß das erwähnte IC den Zusatz „A“ besitzt, da eine zweite Version mit einer Ausgangsfrequenz von 100 Hz ebenfalls auf dem Markt erhältlich ist.

Über R 12 und die Z-Diode D 4 wird die Versorgungsspannung für den Quarzoszillator gewonnen in Verbindung mit den Kondensatoren C 8 bis C 10.

Über die beiden als Komparatoren geschalteten Operationsverstärker OP 1 und OP 2 wird in Verbindung mit der vorgeschalteten R-C-Kombination (R 1, C 3) und dem Spannungsteiler, bestehend aus R 2 bis R 4, eine Tastlückensteuerung erreicht.

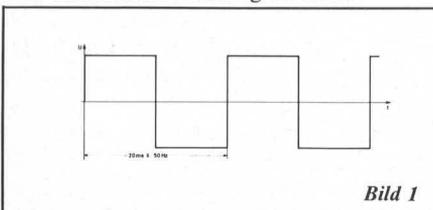


Bild 1

Unter Tastlückensteuerung verstehen wir in unserem Falle eine Rechteckschwingung, bei der die Spannung nicht wie bei einer „normalen“ Rechteckschwingung (Bild 1) von V+ direkt nach V- springt, sondern von V+ zunächst nach 0 V und danach erst nach

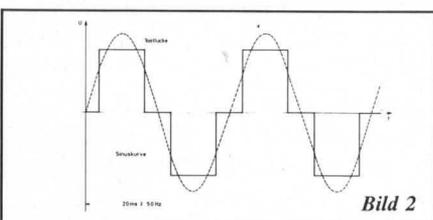


Bild 2

V-, um dann von V- wieder auf 0 V und dann erst auf V+ zu springen (Bild 2).

Anhand der in Bild 2 eingezeichneten Sinuskurve läßt sich leicht erkennen, daß der Spannungsverlauf durch die Tastlückensteuerung dem Sinusverlauf erheblich näher kommt als die reine Rechteckschwingung, ganz davon abgesehen, daß die Tastlückensteuerung eine bessere Trafoausnutzung durch geringen Oberwellenerhalt sowie einen deutlich gesenkten Ruhestrom ermöglicht, was bei Batteriebetrieb besonders vorteilhaft ist.

Darüber hinaus besteht ein ganz wesentlicher Vorteil darin, daß sich die Breite der Tastlücke auf elektronische Weise verändern läßt, wodurch eine Konstanzhaltung des echten Effektivwertes der Ausgangsspannung ermöglicht wird, in Verbindung mit dem im ELV-Labor entwickelten echten Effektivwertkoppler des Typs EF 2105 bzw. EF 2106.

Durch die vorstehend beschriebene besondere Schaltungstechnik sowie durch großzügige Auslegung des verwendeten Transformators konnte die Ruhestromaufnahme, die normalerweise über 5 A liegt, je nach Bauteilestreue auf typisch ca. 1 A (!) gesenkt werden.

Die Leistung des Wechselrichters liegt bei 120 VA im Dauerbetrieb. Durch die großzügige Dimensionierung der verwendeten Bauelemente wird eine Spitzenleistung von über 180 VA erreicht.

Diese hohe Überlastmöglichkeit ist sehr günstig, da bei einer Vielzahl von Verbrauchern (Glühlampen, Motoren usw.) die Einschaltströme deutlich höher als die Betriebsdauerströme sind.

Hier kommt nun der Vorteil der großzügigen Schaltungsdimensionierung erneut zum Tragen, da der ELV Wechselrichter für impulsartige Belastungen (Einschaltmomente von Verbrauchern) eine große Leistungsreserve bereitzustellen in der Lage ist, ohne daß er Schaden nimmt. Ein weiterer Vorteil der Schaltung liegt in der Eingangsspannungs-Zustandsanzeige mittels drei

Leuchtdioden. Die gelbe LED macht auf zu niedrige Spannung aufmerksam, während die rote LED Überspannung anzeigt.

Bei Aufleuchten der grünen LED weist die Eingangsspannung die richtigen Werte auf.

Die Über-/Unterspannungsanzeige wird mit den Operationsverstärkern OP 3 und OP 4 realisiert, deren invertierende (-)Eingänge auf einem festeingestellten Bezugspotential (über die Widerstände R 5 bis R 8) liegen und deren nicht invertierende (+) Eingänge über den Spannungsteiler R 14 und R 15 die zu testende Eingangsspannung abfragen.

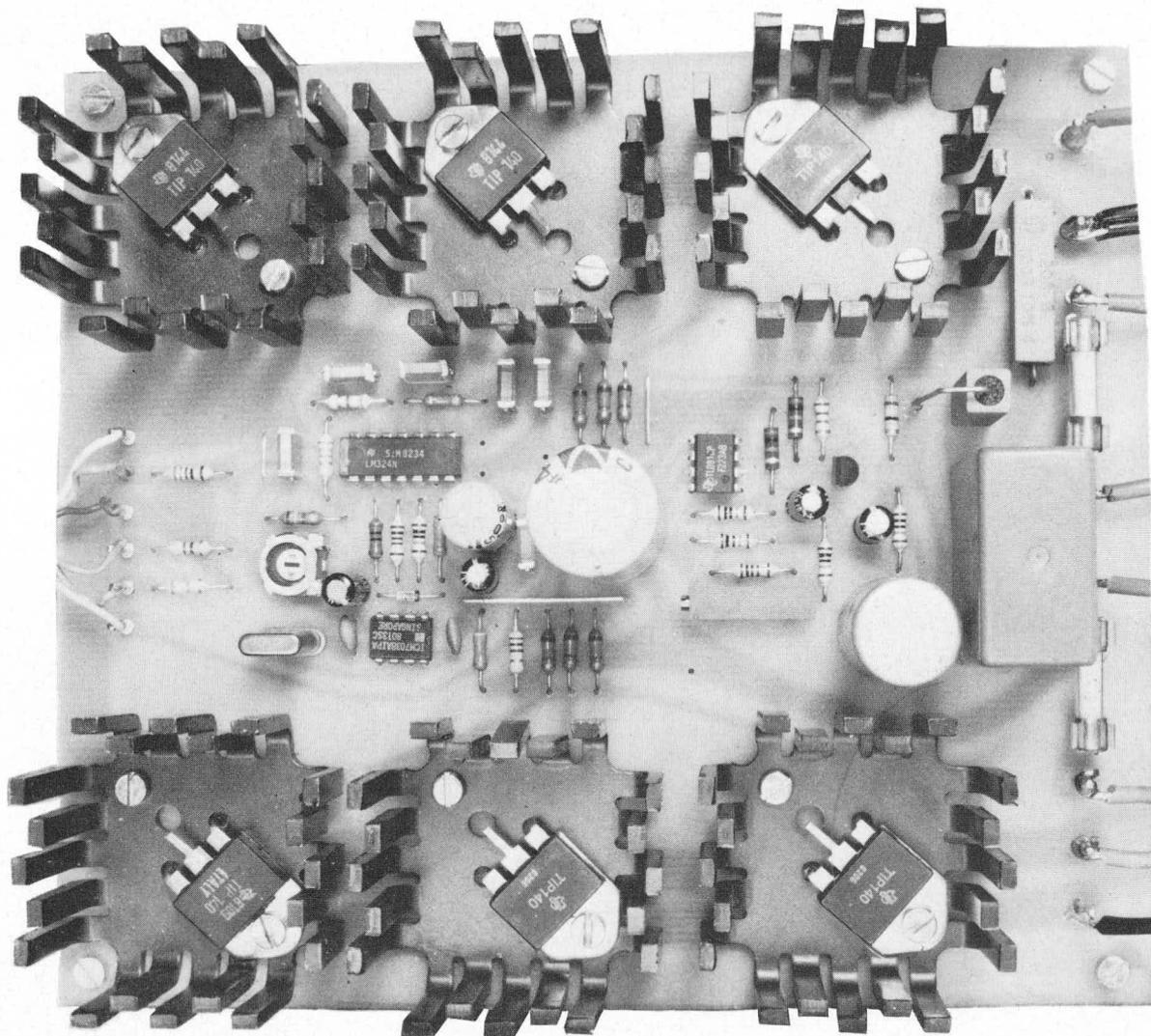
Mit R 5 wird nun die Schaltschwelle so eingestellt, daß der Grünbereich von ca. 10,0 bis 14,5 V Batteriespannung reicht.

Die Endstufe, die aus 2 x 3 Darlingtons-Transistoren des Typs TIP 140 besteht, wird direkt von den Ausgängen (Pin 7 und Pin 8) der Operationsverstärker OP 1 und OP 2 angesteuert.

Mit dem Trimmer R 3 ist die Tastlücke so einzustellen, daß die Ausgangsspannung einem Wert von 220 V_{eff} entspricht. Dies läßt sich auf einfache Weise dadurch erreichen, indem eine möglichst kleine 220 V Glühlampe parallel zum Ausgang geschaltet wird, deren Helligkeit man so einstellt, als würde sie an der Netzwechselspannung angeschlossen sein. Zu berücksichtigen ist selbstverständlich, daß beim Abklemmen der Glühlampe (z. B. 15 W) die Leistungsabgabe des Wechselrichters entsprechend reduziert wird, wodurch sich die Ausgangsspannung in gewissen Grenzen erhöhen kann. In diesem Zusammenhang wollen wir darauf hinweisen, daß die Ausgangsspannungsmessung mit einem Drehspulmeßwerk oder einem Multimeter ohne echten Effektivwertvorsatz ungeeignet ist und vollkommen falsche Werte zur Anzeige bringen kann. Dreheisenmeßwerke oder Multimeter mit einem echten Effektivwertwandler können zur Messung herangezogen werden.

Kommen wir nun zur Schaltung der Ausgangsspannungsstabilisierung, die im wesentlichen mit dem IC 4 des Typs EF 2105, dem IC 3 und dem FET des Typs 2N 5460 (T 7) aufgebaut ist. Die Entwicklung dieser Zusatzschaltung basiert auf dem in unserer Ausgabe Nr. 21 vorgestellten Leistungswechselrichters (300/500 VA), bei dem allerdings der Spezialtransformator eine Anzapfung auf der Sekundärwicklung besitzt, die zur Ansteuerung des EF 2106 dient. Dieses Bauteil wurde von uns weiterentwickelt und steht jetzt unter der Bezeichnung EF 2105 mit einem noch besseren Übertragungsfaktor bei reduzierter Leistungsaufnahme von nur noch ca. 50 mW zur Verfügung. Hierdurch wird es ermöglicht, über entsprechende Vorwiderstände (R 32, R 33) den EF 2105 direkt aus der 220 V Ausgangswechselspannung zu speisen, wodurch kein Spezialtransformator erforderlich ist.

Der Ausgang des EF 2105 steuert nun das IC 3 des Typs TL 081 so an, daß dessen Ausgang (Pin 6) den Fet des Typs 2N 5460 mit einem Steuersignal beaufschlagt, und zwar in der Form, daß sich der Widerstand der Drain-Source-Strecke so ändert, daß die



Ansicht der fertig bestückten Platine des Wechselrichters

indem die Versorgungsspannung von ca. 12 V an die Punkte 1 (+ 12 V) und 3 (Masse) angelegt wird.

Hat man vorher die drei Leuchtdioden an die Punkte 9 bis 13 angelötet, so müßte jetzt je nach angelegter Spannung und Stellung von R 5 eine der drei LED's aufleuchten.

Um diesen Teil der Schaltung abzugleichen, ist ein kleines regelbares Netzgerät erforderlich, das nur einen Strom von weniger als 100 mA zu liefern braucht, da der Trafo noch nicht angeschlossen ist.

Man stellt die Versorgungsspannung auf ca. 10 V ein und dreht R 5 in eine Stellung, bei der gerade ein Wechsel von der grünen auf die gelbe LED (Unterspannungsanzeige) erfolgt ist.

Wird die Versorgungsspannung nun auf ca. 14,5 V erhöht, müßte zunächst die grüne und beim Überschreiten von 14,5 V die rote LED (Überspannungsanzeige) aufleuchten.

Es reicht im allgemeinen, wenn die Einstellung auf 0,2 bis 0,3 V erfolgt.

Kommen wir nun zum Abgleich des eigentlichen Wechselrichters. Es ergeben sich hier keine Probleme, da die Frequenz von 50 Hz durch einen Quarz sehr genau festgelegt ist

und daher keine Einstellung erforderlich macht.

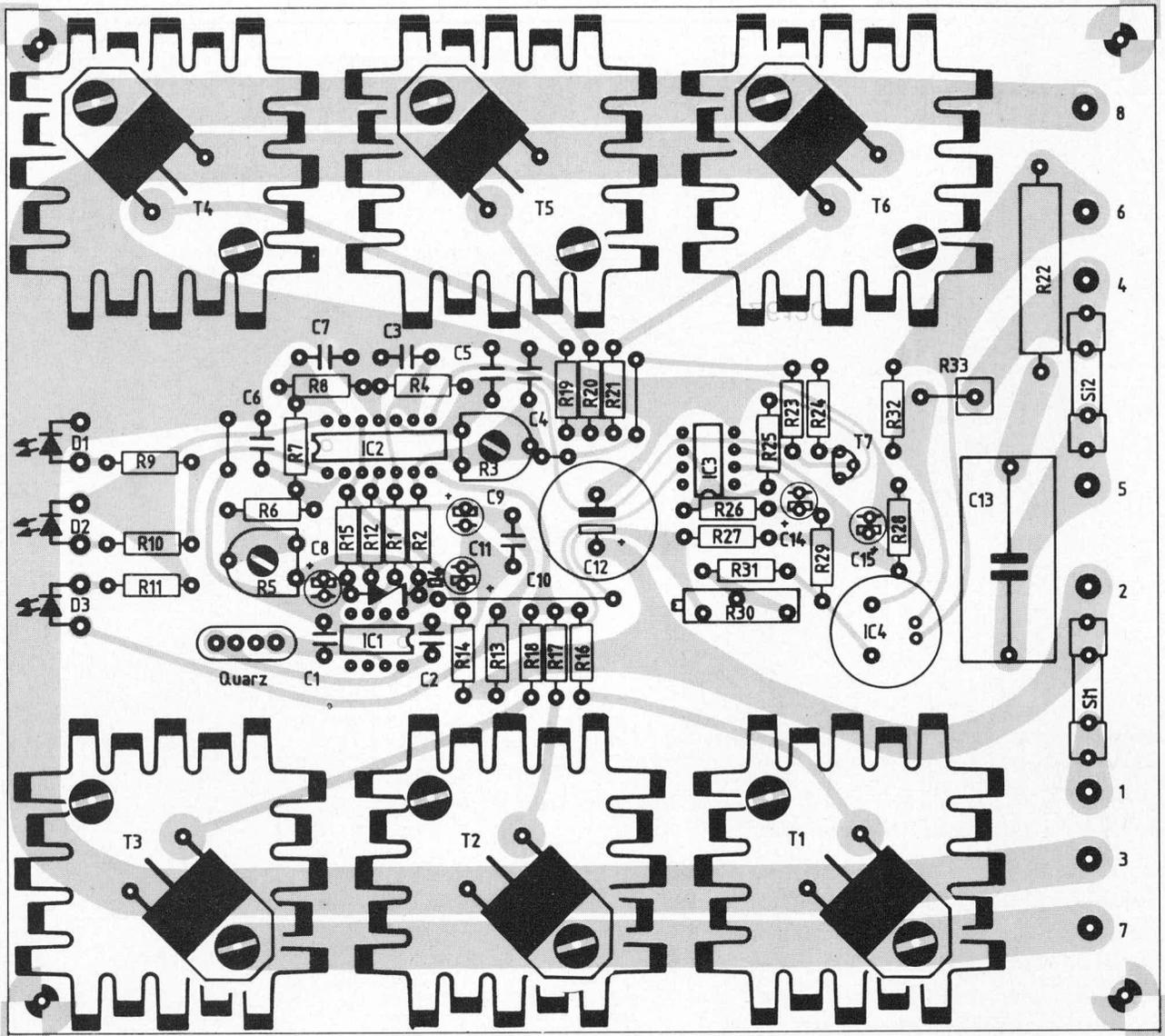
Mit R 3 ist lediglich, wie weiter vorstehend beschrieben, die Tastlückensteuerung einzustellen.

Befindet sich R 3 in 0-Stellung, so ist die Tastlückensteuerung ausgeschaltet und es werden „normale“ Rechteckimpulse erzeugt. Dies sollte jedoch nicht unbedingt ausprobiert werden, da sowohl Endstufe als auch Transformator je nach Eingangsspannung und Belastungszustand in die Sättigung fahren können. Die Stellung von R 3 sollte so vorgenommen werden, daß der echte Effektivwert der Ausgangswechselspannung 220 V entspricht. Dies läßt sich sehr leicht feststellen, indem man eine entsprechende kleine Glühlampe an den Ausgang anschließt und den Helligkeitswert so einstellt, als ob sie an 220 V Netzwechselspannung angeschlossen wäre (die Lampe muß selbstverständlich für 220 V geeignet sein). Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, daß sowohl Eingangsspannungsschwankungen als auch Belastungsänderungen einen nennenswerten Einfluß auf die Ausgangsspannung ausüben, was auch bereits zu Beginn dieses Artikels angesprochen wurde.

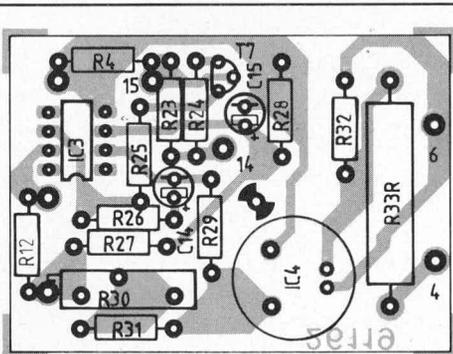
Hat man die elektronische Ausgangsspannungsstabilisierungsschaltung eingebaut, so wird die Einstellung nur 1malig mit dem Trimmer R 30 vorgenommen, in dem ebenfalls eine 220 V Glühlampe (15–100 W) an den Ausgang angeschlossen und mit R 30 ein der 220 V Netzwechselspannung entsprechender Helligkeitswert eingestellt wird. Die Einstellung von R 30 kann ggf. nach einigen Betriebsstunden noch einmal überprüft und korrigiert werden. Die Ausgangsspannung müßte jetzt belastungsunabhängig den echten Effektivwert von 220 V aufweisen.

Zu beachten ist noch, daß beim Anschließen des Trafos unbedingt die richtige Anschlussfolge zu berücksichtigen ist und außerdem die R-C-Kombination bestehend aus R 22 und R 13 unbedingt sofort vor dem ersten Inbetriebnehmen mit angeschlossen werden muß, da sonst Impulsspitzen, hervorgerufen durch die Rechteckschwingung, die Endstufen zerstören könnten.

Abschließend möchten wir noch darauf hinweisen, daß die Höhe der Ausgangsspannung lebensgefährlich ist und daher entsprechende Vorsichtsmaßnahmen erforderlich sind. Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen ist zu achten.



Bestückungsseite der Platine des Wechselrichters (einschließlich Zusatzschaltung)



Bestückungsseite der Zusatzschaltung zur Nachrüstung des in unserer Ausgabe ELV 14 vorgestellten Wechselrichters, so daß auch dieser Wechselrichter dann eine Ausgangsspannungsstabilisierung besitzt. Zu beachten ist, daß der Trimmer R 3 ersatzlos entfällt und die Widerstände R 4 und R 12 jetzt mit auf der Zusatzschaltung Platz finden – sie werden also von der ursprünglichen Platine genommen und auf die Zusatzplatine gelötet. Hierdurch wird erreicht, daß die Verbindungspunkte der Zusatzplatine zur Hauptplatine direkt senkrecht nach unten gelötet werden können, da die entsprechenden Bohrungen durch Ausbau von R 3, R 4 und R 12 frei geworden sind.

Für die Aufnahme der auf der Zusatzplatine befindlichen Bauelementen ist die ganz oben abgebildete neue Wechselrichterplatine bereits vorgesehen, so daß die Zusatzplatine hierfür nicht erforderlich ist.

**Stückliste: Quarzstabilisierter Wechselrichter 12 V= / 220~
Frequenzstabilisierte Grundversion**

Halbleiter:

- IC1 ICM 7038 A
- IC2 LM 324
- T1–T6 TIP 140
- D1 LED rot, 5 mm
- D2 LED grün, 5 mm
- D3 LED gelb, 5 mm
- D4 ZPD 3,6

Kondensatoren:

- C1, C2 22 pF
- C3 47 nF
- C4, C5, C6, C7 100 nF
- C8 10 µF/16 V
- C9 100 µF/16 V
- C10 100 nF
- C11 10 µF/16 V
- C12 1000 µF/40 V
- C13 1 µF–630 V= / 220 V~

Widerstände

- R1 100 kΩ
- R2 47 kΩ
- R3 100 kΩ, Trimmer
- R4 47 kΩ
- R5 1 kΩ, Trimmer
- R6, R7 1,8 kΩ
- R8 3,9 kΩ
- R9 680 Ω
- R10 470 Ω
- R11 390 Ω
- R12 1kΩ

- R13 100 Ω
- R14 47 kΩ
- R15 10 kΩ
- R16–R21 1,5 kΩ
- R22 120 Ω/5 W

Diverses

- 1 Trafo 7 V–0 – 7 V/12 A
- 1 x 220 V/160 VA
- 6 Fingerkühlkörper
- 12 Schrauben M 3 x 10
- 12 Muttern M 3
- 2 Platinsicherungshalter
- 1 Sicherung 50 mA
- 1 Sicherung 16 A
- 8 Lötstifte
- 1 Quarz 3,2768 MHz

Zusatzschaltung zur

Ausgangsspannungsstabilisierung

- IC3 TL 081
- IC4 EF 2105
- T1 2 N 5460
- R23, R25 1 MΩ
- R24 2,2 kΩ
- R26–R29 100 kΩ
- R30 10 kΩ Spindeltrimmer
- R31 1 kΩ
- R32 560 Ω
- R33 10 kΩ, 5 Watt
- C14, C15 10 µF/16 V