

KFK-218

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

April 1964

KFK 218

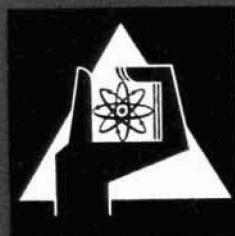
Labor für Elektronik

Für den Serienbau geeignete Schaltungen temperaturstabiler
Niedervolt-Netzgerätekarten

D. Fröhlich

Gesellschaft für Kernforschung
Zentralfürsorge

7. Okt 1964



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

April 1964

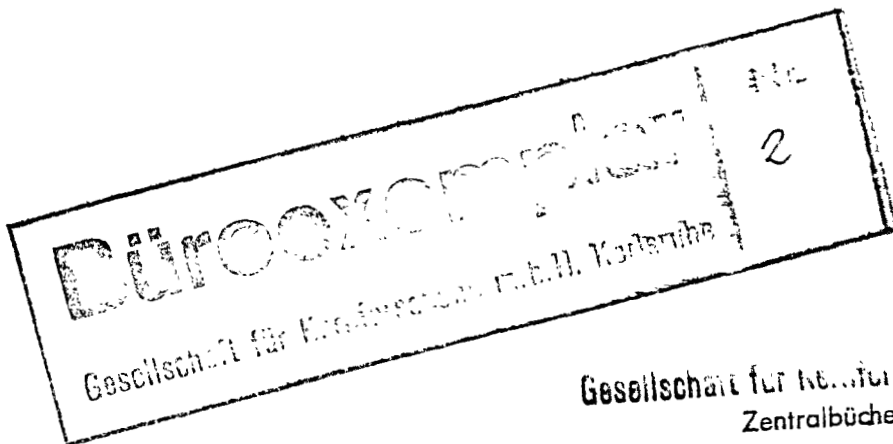
KFK 218

Labor für Elektronik

Für den Serienbau geeignete Schaltungen temperaturstabiler
Niedervolt-Netzgerätekarten

von

D. Fröhlich



Gesellschaft für Kernforschung m.b.H.
Zentralbücherei

17. Okt. 1964

Gesellschaft für Kernforschung mbH. Karlsruhe

Zusammenfassung:

Es werden serienstabilisierte Netzgeräte in Steckkartentechnik beschrieben. Eine Baureihe ist für die Normspannungen 6, 12, 24 V und einer Stromentnahme von 1 A, eine andere Baureihe für die gleichen Normspannungen und 0.5 A Stromentnahme eingerichtet. Ferner wird eine Schaltung für die Stromversorgung von Röhrenheizungen beschrieben. Alle Geräte zeichnen sich durch hohe Temperaturstabilität aus. Als Referenzquelle werden Zenerdioden der Type Z 5 K verwendet. Die Schaltungen sind für den Serienbau geeignet.

Einleitung

Die Forderung nach steckbaren Netzgeräteeinheiten ist wohl begründet. Einmal lassen sich mit anderen Steckeinheiten Meßanordnungen schnell zusammenstellen, zum anderen sind die Ausfallzeiten dieser Meßanordnungen kurz, da auch das defekt gegangene Netzteil wie andere Steckkarten sofort auswechselbar ist. Letztlich kommt die Steckkartentechnik der Serienprüfung zugute.

Konstruktiv sind die großen Elektrolyt-Kondensatoren und das Kühlsystem des Regelgliedes etwas unhandlich.

I. Betrachtungen über Regeleigenschaften

Die an ein Netzgerät zu stellenden Anforderungen sind für den Bereich der nuklearen Meßtechnik in den ESONE Standards niedergelegt. Die hierin zulässigen Toleranzen beziehen sich auf die drei unabhängigen Variablen Netzänderung, Laständerung und Temperaturänderung, und zwar gleichzeitig auftretend. Der Entwickler hat es in der Hand, die Einflüsse der einzelnen Variablen auf die Gesamtregel­eigenschaften des Netzgerätes nach eigenem Ermessen zu verteilen. Bei einer serienmäßigen und wirtschaftlichen Fertigung, auch außerhalb des ESONE-Norm-Bereichs, wird meistens auf einen im Verhältnis zu den anderen Regeleigenschaften guten Temperaturgang verzichtet, einfach, weil die als Referenzquelle verfügbare Zenerdiode im Mittel einen Temperaturkoeffizient von $5 \cdot 10^{-4} / ^\circ \text{C}$ hat.

Die Definition des Temperaturkoeffizienten ist

$$\text{TK} = \frac{\Delta U_A}{U_A} \cdot \frac{1}{T} \quad / \quad ^\circ \text{C}$$

Für die oben gegebene Zenerdiode ergibt sich eine Änderung der Ausgangsspannung $\Delta U_A = 0,5 U_A \quad \text{mV}/^\circ \text{C}$

Für ein 12 V Gerät z.B. lassen sich mit einfachen Mitteln Regeleigenschaften für $\pm 10 \%$ Netzänderung und Laständerungen von 0 auf 1 A von 1 $\%$ und kleiner leicht erreichen. Die gleiche Spannungsänderung am Ausgang würde eine Temperaturänderung von 1 - 2 $^\circ \text{C}$ hervorrufen. Um

hier zu ähnlichen vernünftigen Werten zu kommen, sollte dieser 1 ‰ Wert der Spannungsänderung erst bei der zehnfachen Temperaturschwankung auftreten.

II. Konstruktionsbedingungen

Wir hatten uns zu überlegen, wie bei der Konstruktion eine Reihe von Forderungen zu vereinigen sind.

1. Gedruckte Schaltungen in Steckkartentechnik.
2. Einfache Ausführung des Kühlsystems.
3. Stoßbelastungs- und Kurzschlußsicherheit.
4. Gute Regeleigenschaften und Temperaturstabilität in vorstehendem Sinne und mit einfachen Mitteln.
5. Kleine Brummspannungen und gutes Verhalten bei impulsförmiger Last (nach ESONE).
6. Serienfertigung.

Die Vorteile der gedruckten Schaltung sind eindeutig. Bei geeigneter Auswahl der Elektrolyt-Kondensatoren ist die Verteilung der Bauteile auf der Druckplatine befriedigend lösbar.

(Abmessungen 6, 12, 24 V / 1 A 190 x 105 mm
6, 12, 24 V / 0.5 A 120 x 105 mm)

Zur Abführung der Wärmeverlustleistung des Regeltransistors haben wir die einfachste Ausführung gewählt. Aufgrund großer Ladekondensatoren kommt man mit 3 mm starken, schwarzeloxierten Kühlplatten (Al) der Größe 178 x 105 mm bei allen 1 A Typen aus. Diese Platten sind in 10 mm Abstand parallel zur Leiterseite mit der Druckplatine verschraubt. Normalerweise werden die Kühlplatten erst nach der Funktionsprüfung der Netzkarte montiert.

Für die 0.5 A Typen benötigt man nur die halbe Kühlfläche. Die Montage ist hier ähnlich der 1 A Karte gelöst.

Gefährdungen von Stoßbelastungen und Kurzschlüssen sind wir von vornherein durch Überdimensionierungen aus dem Wege gegangen. Z.B. Gleichrichterteil 1 A Karte: $OA\ 31\ i_{\text{stoß}} = 90\ A!$

Mehr als 100 provozierte Kurzschlüsse haben gezeigt, daß der bei der 1 A Type in der unten angegebenen Schaltung verwendete Regeltransistor mit einem Schutzwiderstand von 1 Ohm und einer Feinsicherung 1 A flink auskommt. Da sich der Schutzwiderstand zum Innenwiderstand der sog. rohen Spannungsquelle addiert, ist für die Güte der Gesamt-Reglerschaltung ein kleiner Wert dieses Schutzwiderstandes anzustreben.

Unseren Vorstellungen über Temperaturstabilität entsprechend haben wir zumindest für die 1 A Type eine einfache Reglerschaltung gewählt. Um Regeleigenschaften unter 1 % der Ausgangsspannung für die Variablen Netz- und Laständerung zu erreichen, sind im wesentlichen drei Punkte zu beachten:

Die Spannung am oberen Ende des Arbeitswiderstandes des Regelverstärkers muß konstant sein.

Der Basis-Strom des Regeltransistors muß durch Unter-
setzung so klein gehalten werden, daß er gegenüber dem
Strom im Arbeitswiderstand vom Regelverstärker her ver-
nachlässigbar klein ist.

Der Ladekondensator soll so groß wie möglich gemacht werden.

Für die Temperaturstabilität wurde von vornherein vorgesehen:

Ausführung des Sollwert-Spannungsteilers mit Drahtwider-
ständen (kleiner TK).

Schaltung des Regelverstärkers als long-tailed-pair.

Die Ströme in beiden Transistoren sind gleich groß ein-
gestellt, die Stromverstärkungen der Transistoren haben
annähernd gleichen Wert.

Eigentlich kostensparende Überlegungen haben uns veranlaßt, als Referenz-
quelle temperaturkompensierte Zenerdioden, sog. Referenzelemente, nicht
zu verwenden, sondern andere Wege zu gehen. Es sind zuerst Versuche ge-
macht worden, den Gesamt-TK der Schaltung über temperaturabhängige Elemen-
te im Sollwert-Spannungsteiler zu kompensieren. Ein Abgleich mit einem
gewickelten Cu-Drahtwiderstand z.B. zeigte sehr gute Ergebnisse. Für ein
12 V Gerät war die Gesamtablage der Ausgangsspannung über einen Tempera-

turhub von 40°C 5 mV. Da die Erwärmungsgeschwindigkeiten von Zenerdiode und Cu-Widerstand allein schon vom unterschiedlichen Volumen her nicht gleich sind, müßten Wärmeabschirmungen vorgesehen werden, die aber für die Steckkartentechnik ungeeignet erscheinen.

Es gibt eine weitere Möglichkeit, den Gesamt-TK der Schaltung abzugleichen. Hier macht man sich den gegenläufigen Temperaturkoeffizienten von Basis-Emitterdiode des Regeltransistors im Regelverstärker (nun aber keine long-tailed-pair-Schaltung) und der Zenerdiode nutzbar. Für die Serienfertigung ist diese Temperaturstabilisierung zu unwirtschaftlich, da jede Einheit Regelverstärker-Referenzquelle vorher ausgemessen werden muß.

In unseren Schaltungen wird die Referenzspannung mit einer bzw. zwei Zenerdioden Z 5 erzeugt. Diese Zenerdiode hat die Eigenschaft, daß der Temperaturkoeffizient stromabhängig ist und dabei von minus nach plus wechselt (Abb. 1 und 2). Betreibt man die Zenerdiode an einer hinreichend konstanten Spannung, so kann durch einmaligen Abgleich am Vorwiderstand nicht nur der TK der Zenerdiode, sondern der restliche Temperaturgang der gesamten Schaltung zu Null kompensiert werden. Ein Temperaturgang der Reglerschaltung ist sogar erwünscht, da die TK-Nullpunktseinstellung der Zenerdiode allein sehr unsicher ist.

Bei guter Auslegung der Druckplatine hängt die Brummspannung nur von der Verstärkung des Differenzverstärkers ab, da die Forderung nach großer Ladekapazität schon an anderer Stelle gemacht wurde. Hoher Regelfaktor bedeutet gleichzeitig kleine Brummspannung.

Verhalten bei impulsförmiger Last ist ein Problem der Regelgeschwindigkeit. Man sollte deshalb möglichst den üblicherweise eingefügten Kondensator zwischen Kollektor des Verstärker-Transistors und der Plus-Leitung weglassen dürfen, der für hohe Frequenzen einen Nebenschluß darstellt. Man wird meistens jedoch nicht ohne ihn auskommen können, weil das Rückkopplungssystem zum Schwingen neigt. Ein Kondensator zwischen Minus-Ausgang und Basis des Regeltransistors verbessert wesentlich die Regelgeschwindigkeit und setzt in manchen Fällen die Brummspannung noch herab.

III. Ausführung der Reglerschaltungen

1 A Netzkarten

12 Volt

Die Spannung am Arbeitswiderstand 3.3 k-Ohm ist an eine um 7 V höhere als die Ausgangsspannung gelegt. Die Stabilisierung besorgt eine Zenerdiode, die von einer Spannungsverdopplerschaltung betrieben wird. Dieses Prinzip ist lediglich deshalb angewandt worden, um mit einer Trafowicklung pro Karte auszukommen. Die Referenzquelle Z 5 ist mit einem 1 k-Ohm Trimmer zwischen ca. 3.5 - 7 mA stromeinstellbar. Die Kombination 0.1 μ F / 330 Ohm stabilisiert die Schaltung gegen Schwingneigung, ohne die obere Grenzfrequenz zu weit herabzusetzen. Ein 100 μ F Kondensator wie vorstehend geschaltet, verbessert die Regelgeschwindigkeit. Die Variation des Teilerpotentiometers ist nicht deshalb so groß gemacht worden, damit die Ausgangsspannung in größeren Bereichen einstellbar ist, sondern um die Streuungen der Referenz-Zenerdioden aufzufangen.

24 Volt

Die Schaltung unterscheidet sich gegenüber dem 12 V Gerät nur durch zwei seriengeschaltete Zenerdioden Z 5 als Referenz.

6 Volt

Bei diesen Netzkarten mußte eine Modifikation eingeführt werden, da mit ausreichendem Vorwiderstand eine Z 5 nicht an der eigenen Ausgangsspannung des Reglers betrieben werden kann. Die Referenzdiode ist deshalb an die um 6 V über der Ausgangsspannung liegende Hilfsspannung unter Zwischenschaltung eines Emitterfolgers geführt. Das Gerät ist einwandfrei temperaturabgleichbar; der Regelfaktor erreicht nicht ganz die Werte der 12 V und 24 V Netzkarten.

0.5 A Netzkarten

Wir sind den Wünschen der Anwender nachgekommen, eine den äußeren Abmessungen nach kleinere Karte herauszubringen, die für eine max. Stromentnahme von 0.5 A ausgelegt ist. Da die nächst kleinere Normkartengröße 120 x 105 mm ist, war es nicht möglich, die Schaltungen der 1 A - Geräte in vollem Umfange zu übernehmen und deren Bauteile auf der kleineren Karte unterzubringen.

Im wesentlichen ist die Spannungsverdopplerschaltung wegen der Elkos durch eine platzsparende andere Hilfsspannungserzeugung ersetzt worden.

12 Volt

Der Differenzverstärker arbeitet auf eine Konstantstromquelle (gebildet durch einen npn Transistor AC 127, einen 390 Ohm Widerstand und eine Zenerdiode Z 1), die einen sehr großen Wechselstromwiderstand aufgrund der Impedanzwandlung des in Kollektorschaltung betriebenen Transistors darstellt. Dieses System ist an eine 3 V über der Ausgangsspannung liegende Hilfsspannung geführt. Der hier auf fast 5 Ohm erhöhte Schutzwiderstand liefert einen Spannungsabfall, um die Zenerdiode Z 3 zum Durchbruch zu bringen.

24 Volt

Die Schaltung ist abgesehen von Änderungen einiger Widerstandswerte bis auf die Kapazität des Ladekondensators der vorigen identisch. Gegenüber der 1 A Netzkarte mußten wir aus rein mechanischen Gründen diese Kapazität auf 1000 μ F herabsetzen, was einmal wegen der halben Stromentnahme möglich war, zum anderen konnten wir die höhere Verlustleistung des Regeltransistors durch ein Hilfskühlblech auffangen und ableiten. Die Referenzspannung wird beim 0.5 A Typ nur an einer Zenerdiode Z 5 gewonnen.

6 Volt

Ähnlich der 6 Volt / 1 A Netzkarte wird hier die Referenzdiode von der Hilfsspannung über eine zweite Konstantstromquelle gespeist. Alle anderen Schaltungsbesonderheiten sind bereits besprochen worden.

6.3 V / 2 A

Als Variante zur 6 Volt / 1 A Netzkarte steht eine Karte zur Stromversorgung von Röhrenheizungen zur Verfügung. Die Grundsaltung und damit die äußeren Abmessungen entsprechen der 1 A Type, da ein Spezialtransistor als Serienregelglied verwendet wird, der mit den gleichen Kühlflächenabmessungen auskommt. Die Karte ist mit einem Strombegrenzungsglied ausgerüstet, das den Einschaltstoß des Kaltröhrenwiderstandes von sechs parallel geschalteten Röhren 6.3 V / 0.3 A auffängt.

Die Arbeitsweise dieser Schaltung mußte so ausgelegt werden, daß die Sicherung bei Anlegen des Kaltröhrenwiderstandes, ca. 0.5 Ohm, nicht anspricht, unterhalb dieses Wertes und im Kurzschlußfall aber auslöst. Abb. 3 zeigt das Verhalten der Reglerschaltung ohne Schutzschaltung als Funktion des Lastwiderstandes. Von einem bestimmten Belastungsfall an setzt die Regelung aus, d.h. die Ausgangsspannung geht von dem konstanten in den proportionalen Bereich über. Um die Ausgangsspannung zu halten, wird der Regeltransistor immer mehr leitend bis etwa bei 2.5 V die Brummspitzen nicht mehr ausgegletzt werden können. Den Verlauf zeigt Kurve U_{CE} . Wenn der Belastungsfall der sechs parallelen Kaltröhrenwiderstände auftritt, hat der Laststrom 5 - 5.5 A erreicht. Eine Absicherung eines 2 A Gerätes mit einer 6 A Sicherung kommt nicht infrage, würde im Kurzschlußfall auch dem Serientransistor abträglich sein.

Abb. 4 zeigt das Verhalten der Reglerschaltung mit einem Strombegrenzungsglied ohne Gegenkopplungswiderstand 1.2 k-Ohm in der gleichen Darstellung.

Die Schaltung arbeitet nach folgendem Prinzip:

Erst oberhalb des Schwellwertes, der durch die Diode eingestellt ist, öffnet der Laststrom über den Spannungsabfall an R_1 den Transistor der Begrenzerschaltung. Die Spannungsstabilisierungsschaltung geht in eine Stromstabilisierung über. Der Strom im Arbeitswiderstand 3.3 k-Ohm ist jetzt dem Laststrom proportional. Man sieht den Übergang von der einen Stabilisierung in die andere sehr deutlich am Verlauf der Spannung U_{CE} im Diagramm. Der Laststrom überschreitet weder im Falle des Kaltröhrenwiderstandes noch im Kurzschlußfall 3 A. Damit ist das Problem noch nicht befriedigend gelöst, weil es keine Sicherung (auch entsprechend träge) gibt, die beide Belastungsfälle unterscheiden kann. Die Verlustleistung würde auf die Dauer mit dem vorgesehenen Kühlblech die zulässigen Werte übersteigen. In dieser Ausführung würde auch eine Anzeige fehlen, daß ein Kurzschluß im Laststromkreis vorliegt.

Wir haben deshalb einen Kunstgriff angewandt, der die Strombegrenzung unterhalb des Kaltröhrenwiderstandes wieder außer Betrieb setzt und erhalten wie aus Abb. 5 ersichtlich ein Stromplateau für den Laststrom.

Die Arbeitsweise der Schaltung ist folgende:

In die Kollektorleitung des Steuertransistors für die Strombegrenzung

ist ein Widerstand eingefügt. Erreicht die Ausgangsspannung des Reglers den Wert von ca. 1.5 V, dann hat die Basis des Transistors T 1 gegenüber + die Spannung 1.5 V plus Spannungsabfall in der Regelkaskade. Der gleiche Spannungsabfall tritt aber auch in vorliegender Dimensionierung im obengenannten Gegenkopplungswiderstand als Folge des Steuerstroms auf. Sinkt das Potential an der Basis T 1 weiter, so ist die Regelung der Stromstabilisierung außer Betrieb gesetzt. Die verwendete 2 A mittelträge Sicherung spricht im Kurzschlußfalle an, wobei der Kurzschlußstrom mit dem Restwiderstand der Verbraucherzuleitungen den Wert 4.5 A nicht überschreitet. Vom Einschaltzeitpunkt des Kaltröhrenwiderstandes bis zum Wechsel Stromstabilisierung/Spannungsstabilisierung, ersichtlich aus dem Kurvenverlauf U_{CE} , vergehen 4 sec. Während dieser Zeitdauer spricht die Sicherung nicht an; die erhöhte Verlustleistung im Serientransistor ist 4 sec lang tragbar.

Diese aus zwei Halbleitern und zwei Widerständen bestehende Begrenzerschaltung ist in Kompaktbauweise in einem Block vergossen und wird auf die Leiterseite der Druckplatine aufgesetzt.

Für alle beschriebenen Netzkarten ist bei der Auslegung der gedruckten Schaltung folgendes beachtet worden:

Die Leiterbahnen, die den Laststrom führen, und die Leiterbahnen für die Stromversorgung der Reglerelemente sind voneinander getrennt.

Die Zuleitungen zum Sollwerts-Spannungsteiler sind über separate Anschlüsse der Steckverbindung herausgeführt und werden erst an der Steckerleiste mit den Ausgangsspannungsklemmen verbunden. Hierdurch wird der Übergangswiderstand von der Steckerverbindung her eliminiert. Man kann natürlich auch diese getrennten Ausgänge bis zum Verbraucher verlängern, um die Zuleitungswiderstände in die Regelung mit einzubeziehen.

IV. Qualitätsmessungen

Für die Auslieferung vorstehender Netzkarten lassen wir die in der Tabelle aufgeführten Abweichungen zu:

Netzkarte	Regelfaktor	Innenwider-	Brumm	Temperatur-
		stand		Stabilität
		m-Ohm	mV	$\Delta T = 15 \dots 40^\circ \text{C}$ $\Delta U_L / \text{mV}$
6 V / 1 A	600	± 10	± 1.5	± 3
12 V / 1 A	1200	± 10	± 1.5	± 6
24 V / 1 A	1500	± 10	± 1.5	± 12
6 V / 0.5 A	500	± 5	± 1.5	± 3
12 V / 0.5 A	1500	± 10	± 1	± 6
24 V / 0.5 A	2000	± 10	± 1	± 12
6.3 V / 2 A	600	± 10	± 1.5	± 3

Der Regelbereich der 1 A und 0.5 A Karten ist $-15\% \dots +10\%$ der Netzspannung, für die 6.3 V / 2 A Karte $\pm 10\%$ der Netzspannung. Der Regelfaktor ist definiert nach

$$S = \frac{\Delta U}{U} \cdot \frac{U_A}{\Delta U_A}$$

Die Temperaturstabilität ist in obenstehender Form angegeben, da nicht immer ein streng linearer Verlauf zwischen Temperaturänderung und Änderung der Ausgangsspannung gegeben ist. Bei der 24 V / 1 A Netzkarte sind z.B. zwei Z 5 hintereinander geschaltet, wodurch sich eine Überlagerung der beiden Temperaturcharakteristiken ergeben kann. Außerdem sind die Temperaturgänge der Schaltung selbst, die in die Kompensation einbezogen werden, meist exponentiell. Linearen Verlauf angenommen rechnen sich alle Werte für die Temperaturstabilität in einen Temperaturkoeffizienten $2 \times 10^{-5} / ^\circ \text{C}$ um.

Das Verhalten bei impulsförmiger Last (transient response) wird nicht bei jeder Netzkarte protokolliert, da die bei ESONE angegebenen Werte mit Sicherheit unterschritten werden. Nach der Definition sind 10 % max. Überschwinger und nach 50 μsec bei 24 V 0.2 %, bei 6 und 12 V Geräten 1 % zugelassen.

Wir haben durch Stickprobenmessungen von insgesamt über 80 Karten folgende Werte erhalten:

	max. Überschwinger	nach 50 μ sec
6 V / 1 A	240 mV 4 % (3.1 %)	20 mV 0.35 %
12 V / 1 A	250 mV 2.1 % (1.6 %)	25 mV 0.2 %
24 V / 1 A	300 mV 1.3 % (0.7 %)	5 mV 0.1 %
6 V / 0.5 A	100 mV 1.7 % (1.2 %)	5 mV 0.1 %
12 V / 0.5 A	70 mV 0.6 % (0.5 %)	5 mV 0.1 %
24 V / 0.5 A	50 mV 0.2 % (0.1 %)	5 mV 0.1 %

Dabei stellen die aufgeführten Werte Höchstwerte dar, die Klammerwerte sind Mittelwerte.

Obwohl die 6.3 V / 2 A Karte vornehmlich zur Stromversorgung von Röhrenheizungen dienen soll, haben wir einige auf Impulsverhalten untersucht. Sie verhalten sich wie beim max. Überschwinger wie die 6 V / 1 A Karten; in der recovery-time sind sie um den Faktor 2 schlechter.

V. Abgleichverfahren

Wie weiter vorn ausgeführt, muß jede Netzkarte einzeln auf Temperaturstabilität abgeglichen werden. Man sollte meinen, der Abgleich sei mit erheblichem Zeitaufwand verbunden. Wir haben in der Serie jeweils 4 Karten in einen Temperaturschrank eingesetzt und diese gemeinsam während einiger Temperaturschleifen abgeglichen. Im Mittel ist dieser Arbeitsgang nach einer Stunde beendet, so daß pro Karte 15 Minuten für den Abgleich anzusetzen sind. Wir konnten dabei auf Erfahrungswerte zurückgreifen, da zu jeder Netzkartentype immer nur ein Zenerdiodenwert aus dem Toleranzbereich der Z 5 - Zenerspannung paßt. Im einzelnen ist der Abgleich in einer Abgleichvorschrift niedergelegt. Voraussetzung für die zeitliche Konstanz der Temperaturstabilität ist eine Voralterung der Bauteile, wovon Elektrolyt-Kondensatoren, Transistoren und Sicherungen ausgenommen sind.

Der Abgleich der Strombegrenzung im 6.3 V / 2 A Gerät wird auch für jede Karte einzeln vorgenommen. Die Prüfvorschrift sieht dafür vier Meßpunkte der Stromkurve nach Abb. 5 vor.

VI. Konstanzmessungen

1. Wir haben ein 12 V Gerät gegen ein Normalelement sechs Wochen lang gemessen. Der Toleranzschlauch war 15 mV breit, wobei u.U. die Meßanordnung einen Teil dieser Toleranz beansprucht.
2. Wir haben Netzkarten der 1 A Type, die ein Jahr oder länger in Betrieb (nicht Dauerbetrieb) waren, nachgemessen. Sie haben ihre Werte, und das in der Temperaturstabilität, worauf es uns besonders ankam, nur unwesentlich geändert. Wir haben auch festgestellt, daß die Alterung der Elektrolyt-Kondensatoren kaum die untere Regelgrenze verschoben hat, und daß diese Alterung das Impulsverhalten der Schaltung nicht nennenswert verschlechterte.
3. Wir haben zwei 6 V / 1 A Karten, die über ein Jahr alt sind, gegeneinander geschaltet und die Abweichung geschrieben. Nach 30 Minuten Einlaufzeit änderte sich in den ersten 5 Stunden die Abweichung um 2 mV, von da ab verlief die Abweichung in einem Toleranzschlauch von ± 1 mV in der Meßzeit von 7 Tagen. Die 6 V Karte ist insofern interessant, da die Referenzdiode nicht an der eigenen konstanten Ausgangsspannung betrieben wird, sondern an die Hilfsspannung angeschlossen ist.

Messung 1 und 3 erfolgten unter normalen Umgebungsbedingungen, d.h. Netzspannung und Temperatur änderten sich wie in einem Laborraum üblich.

VII. Schlußbemerkung

Nach vorliegenden Schaltungen sind im Labor für Elektronik insgesamt 1000 Netzgerätekarten (bis 31. März 1964), davon über 600 der 1 A Type gebaut worden. Der größte Teil dieser Karten ist in der Meßelektronik der einzelnen Institute eingesetzt.

L i t e r a t u r :

Middlebrook: "Design of transistor regulated power supplies"
Proc. IRE, Bd. 45 (1957), S 1502 ff

Cassignol, Chausson, Giralt, Polisset:

"Compensation de l'effet de température sur la
tension de référence d'alimentations stabilisées
à transistors."

Comptes rendus, Tome 249 (1959), S 659

ESONE Standards of nuclear electronics
July 1961, Offset - Varese

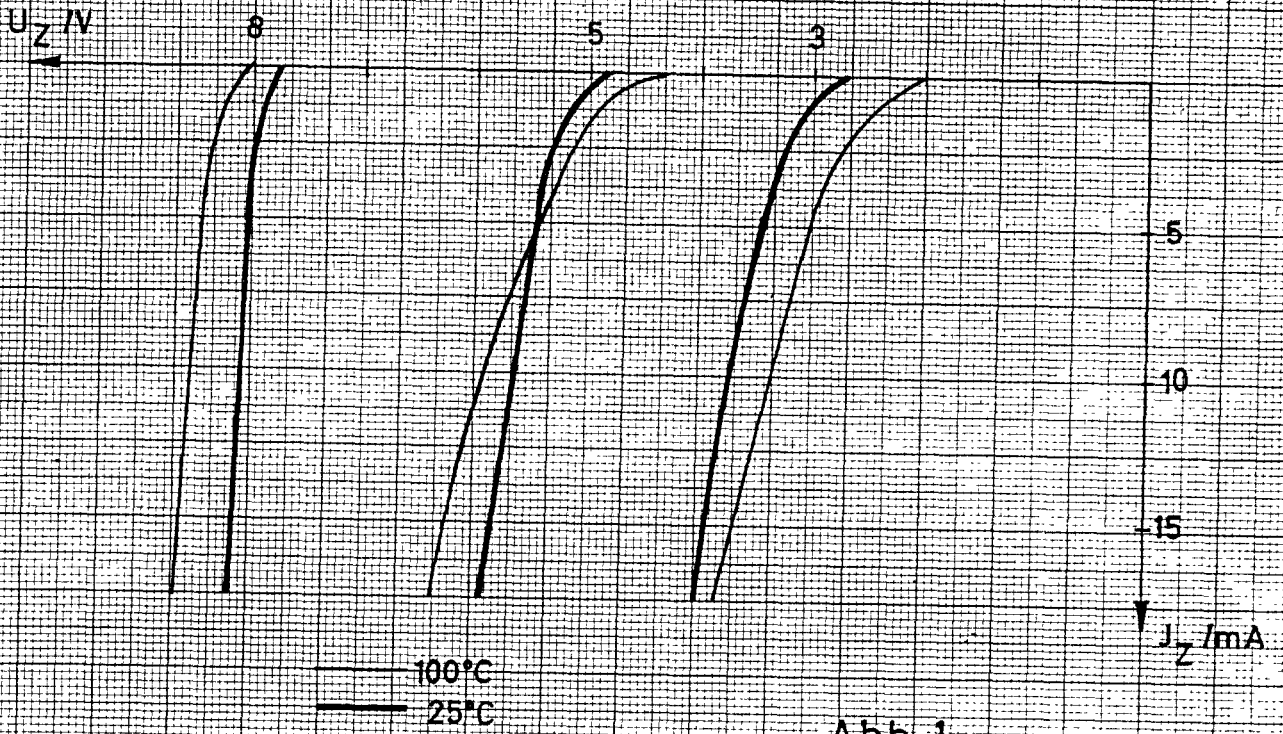


Abb 1

Kennlinien von Silizium-Zenerdioden

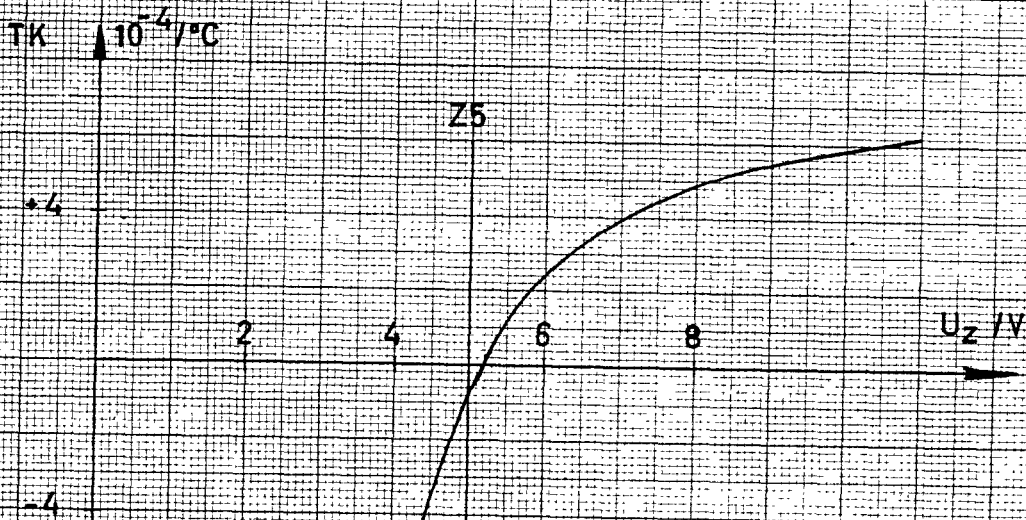
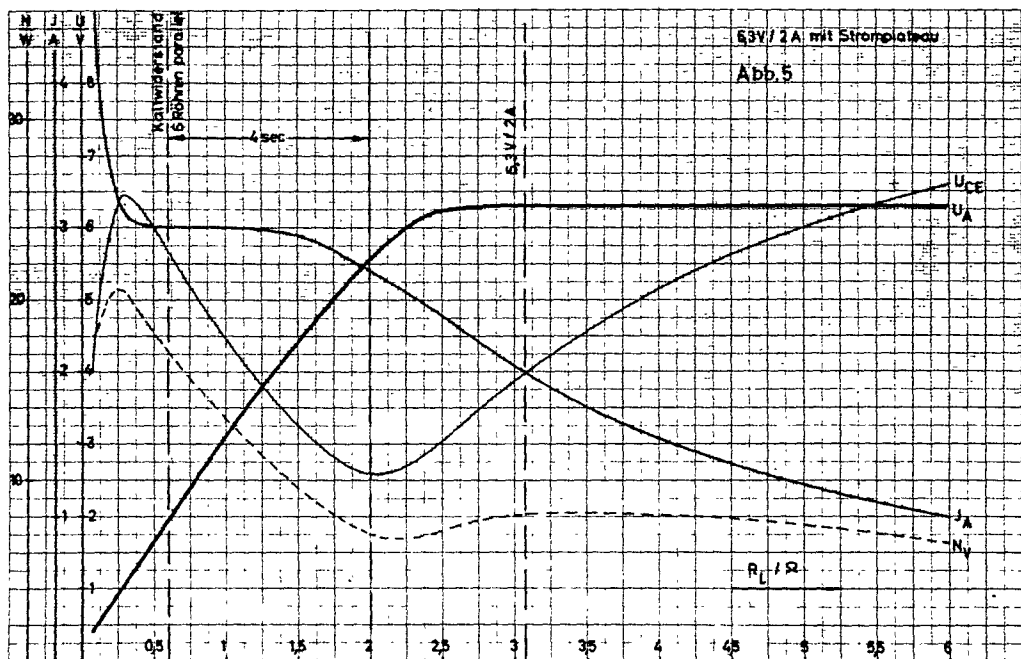
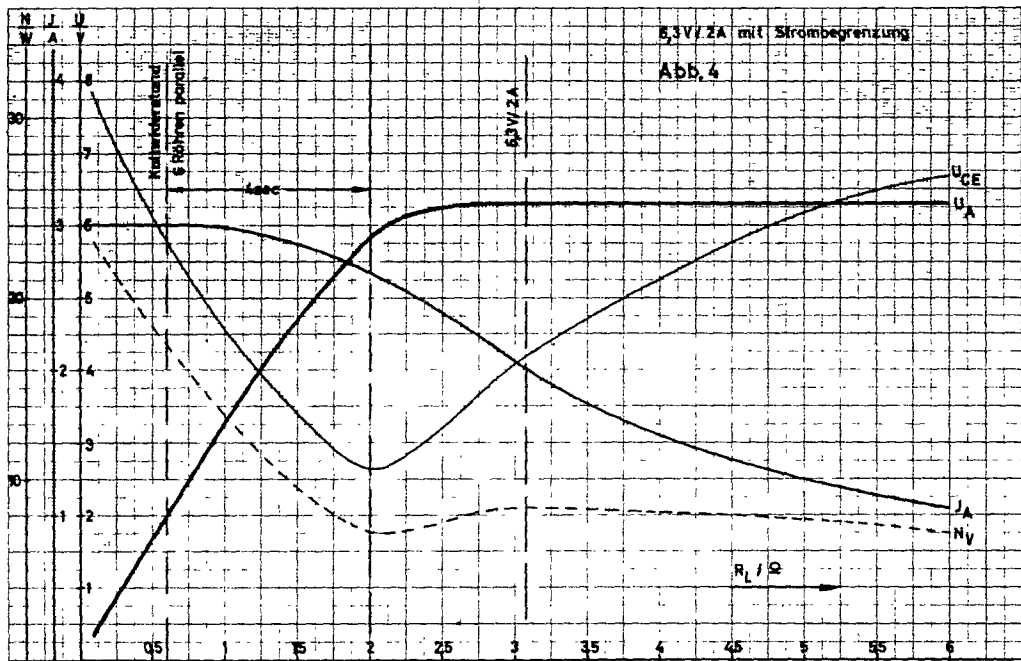
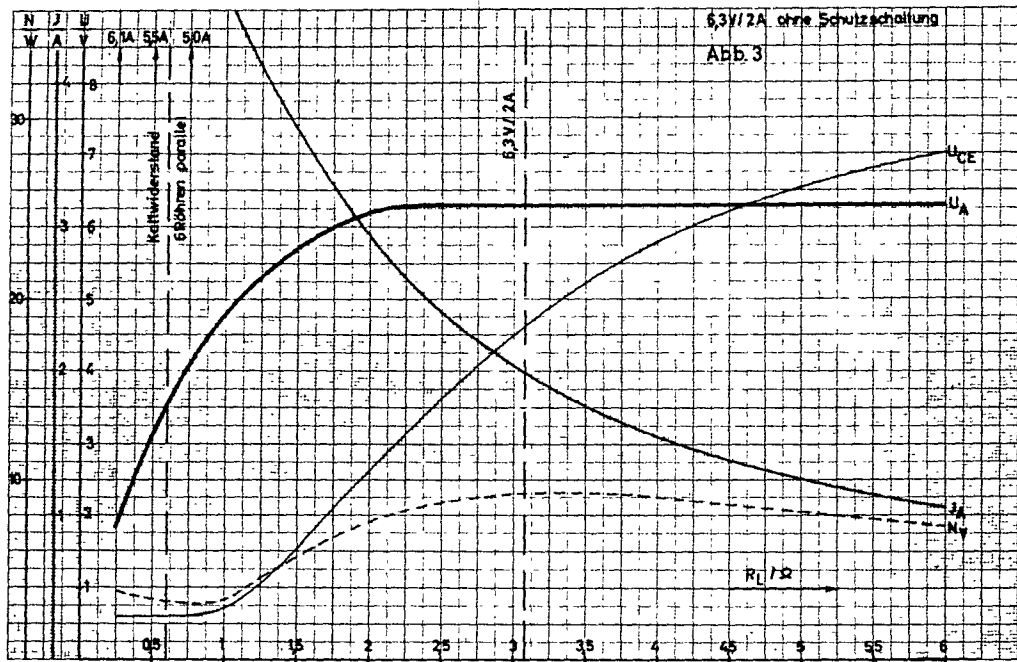


Abb 2

Temperatur Koeffizient in
Abhängigkeit von der Zenerspannung



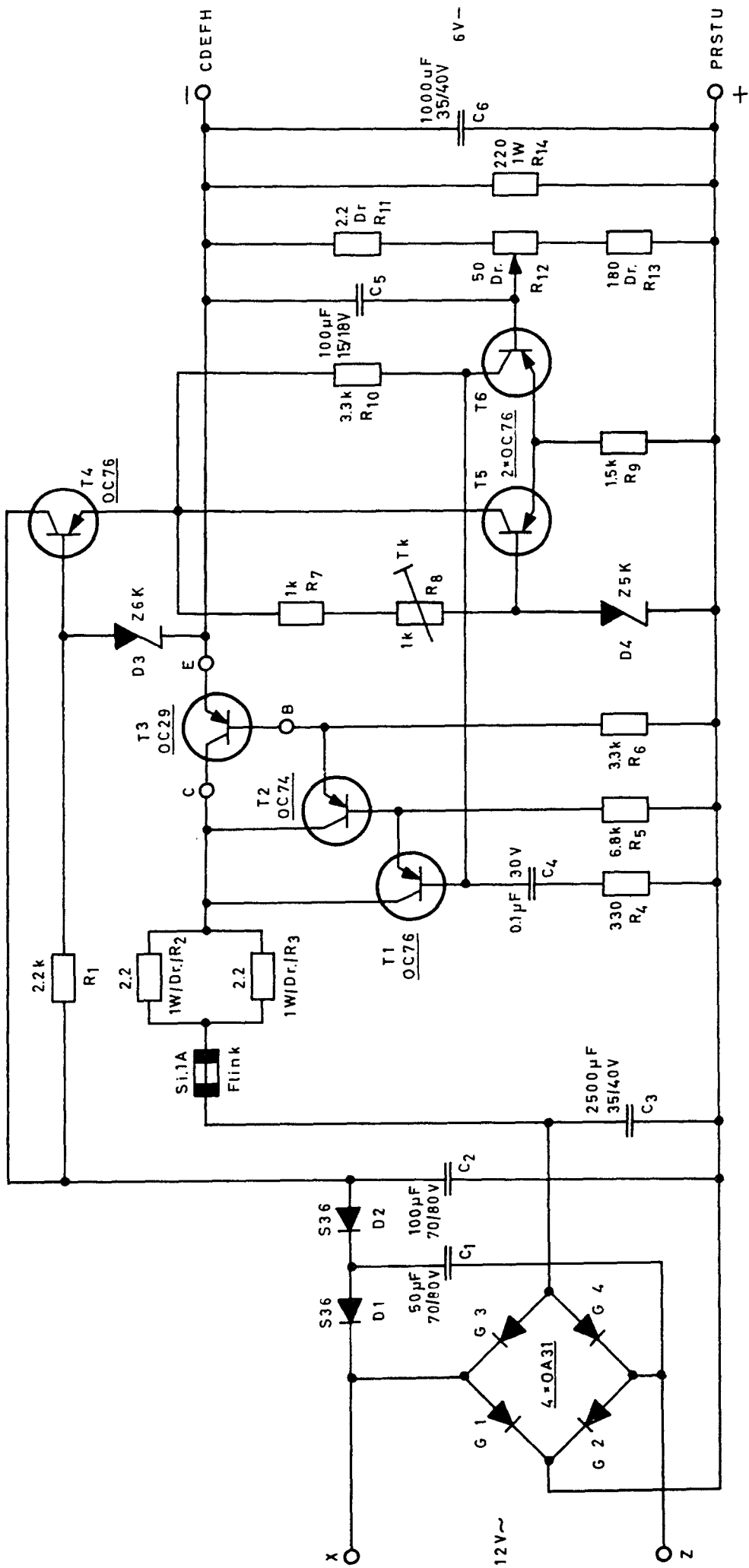


Abb. 6
Spannungsstabilisiertes
Netzgerät 6V/1A

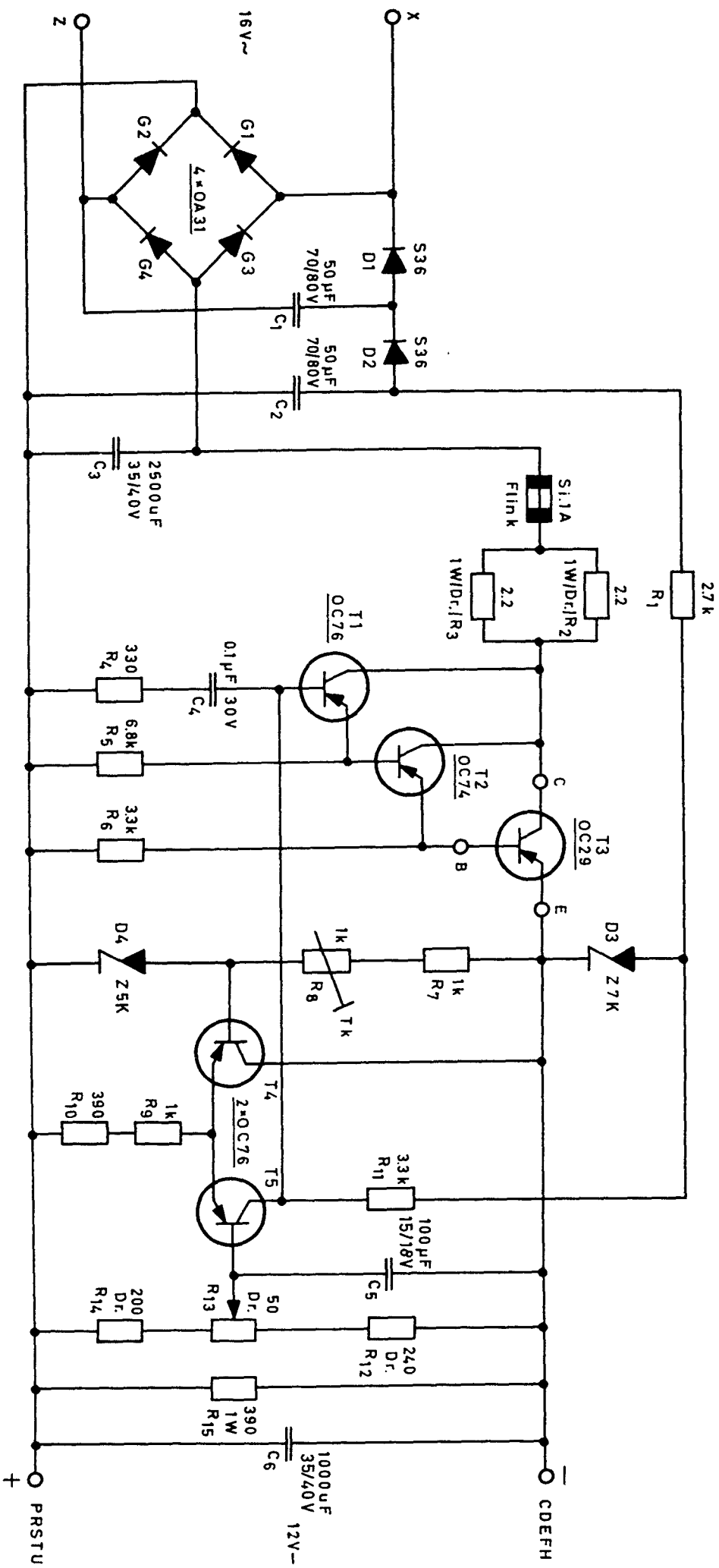


Abb. 7
 Spannungsstabilisiertes
 Netzgerät 12V/1A

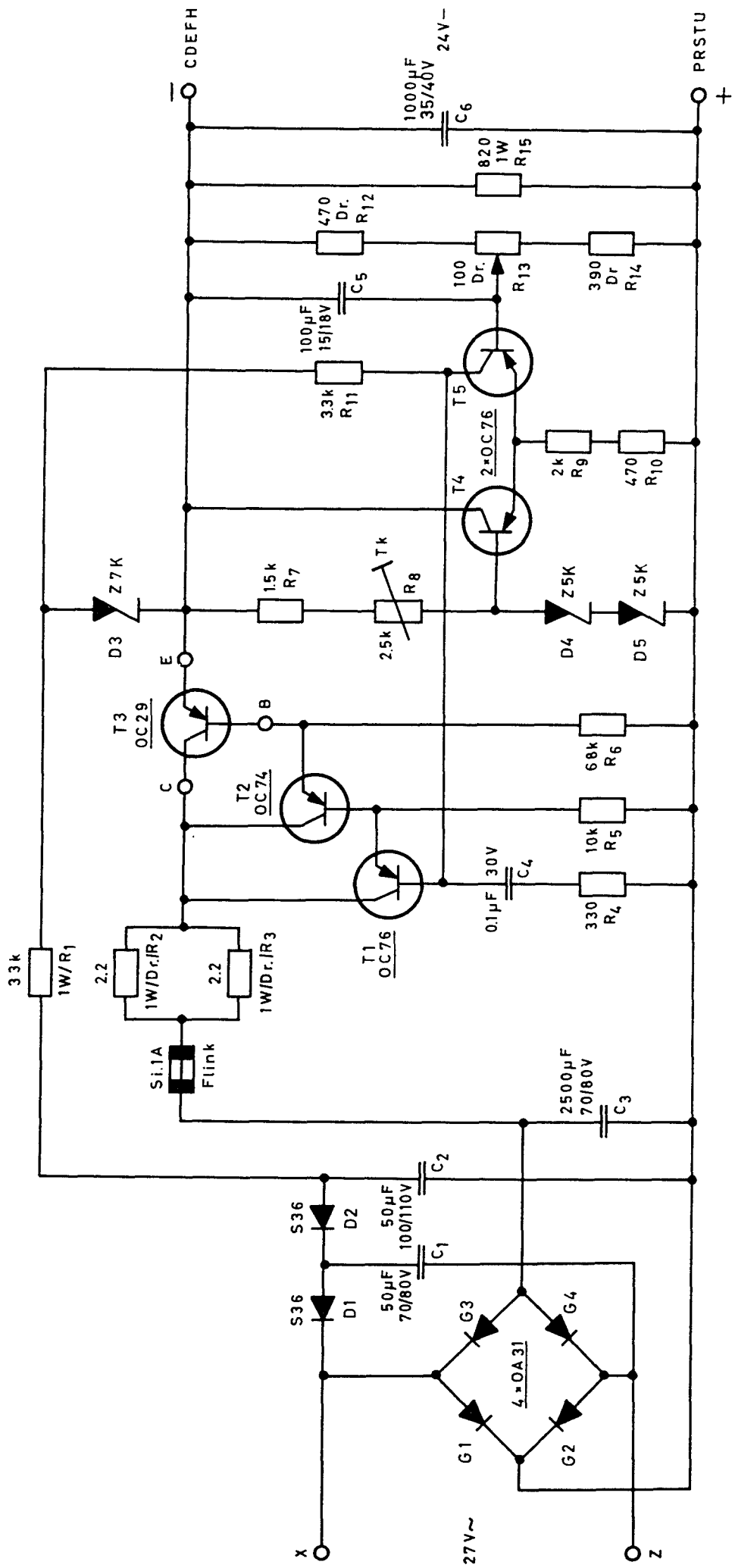


Abb. 8
 Spannungsstabilisiertes
 Netzgerät 24V/1A

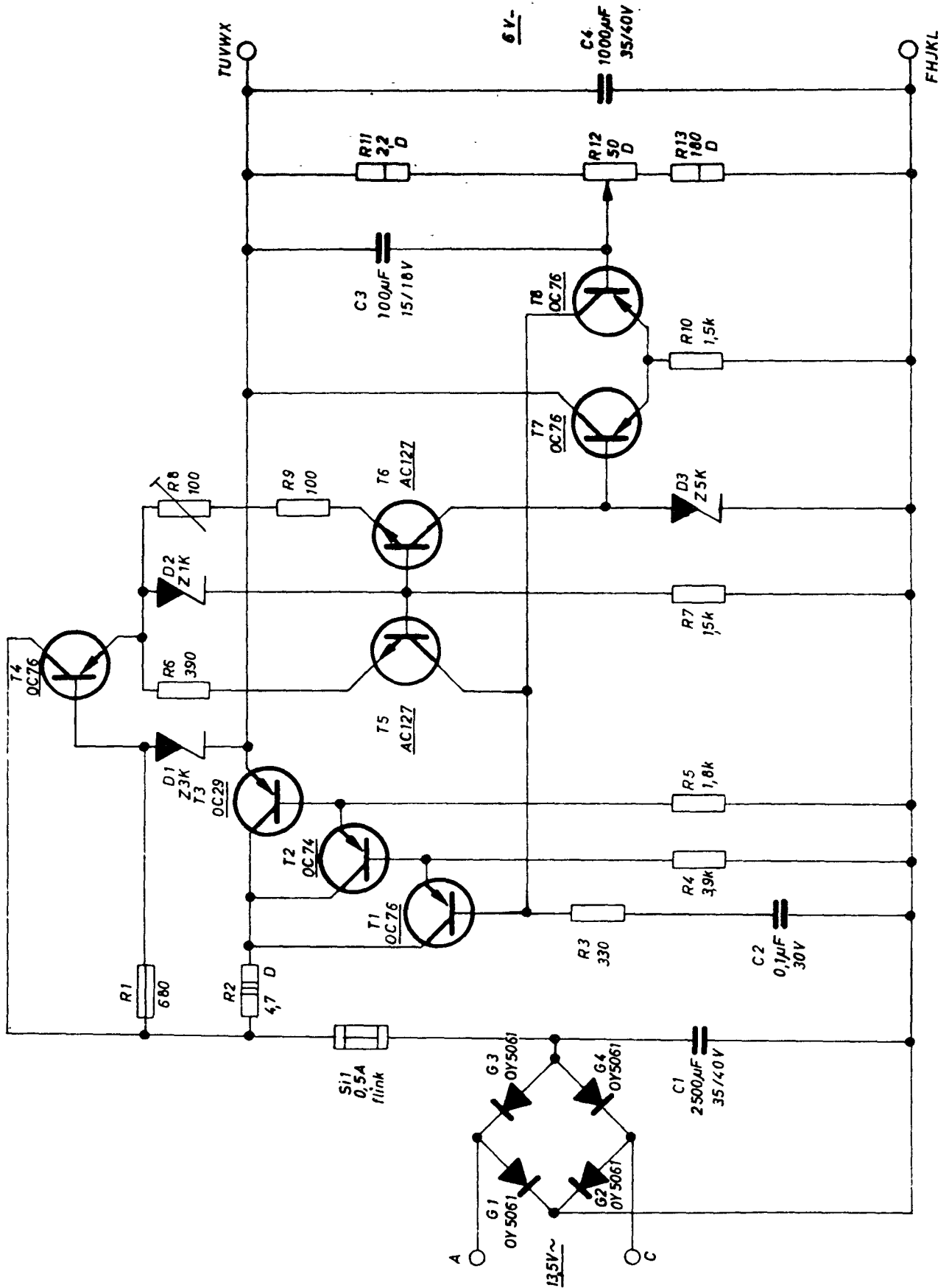


Abb. 9
Spannungsstabilisiertes
Netzgerät 6V/0,5A

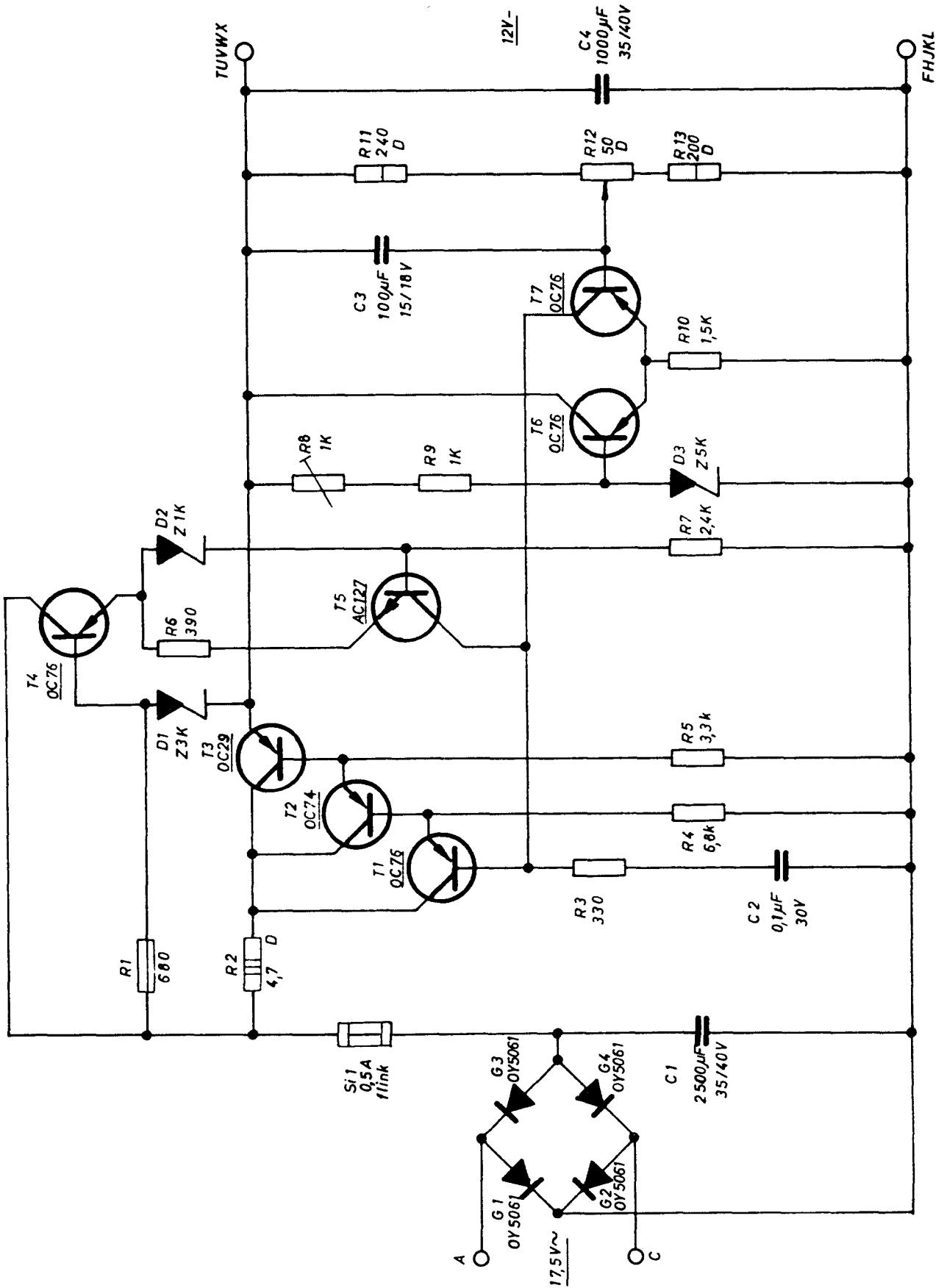


Abb.10
Spannungsstabilisiertes
Netzgerät 12V/0,5A

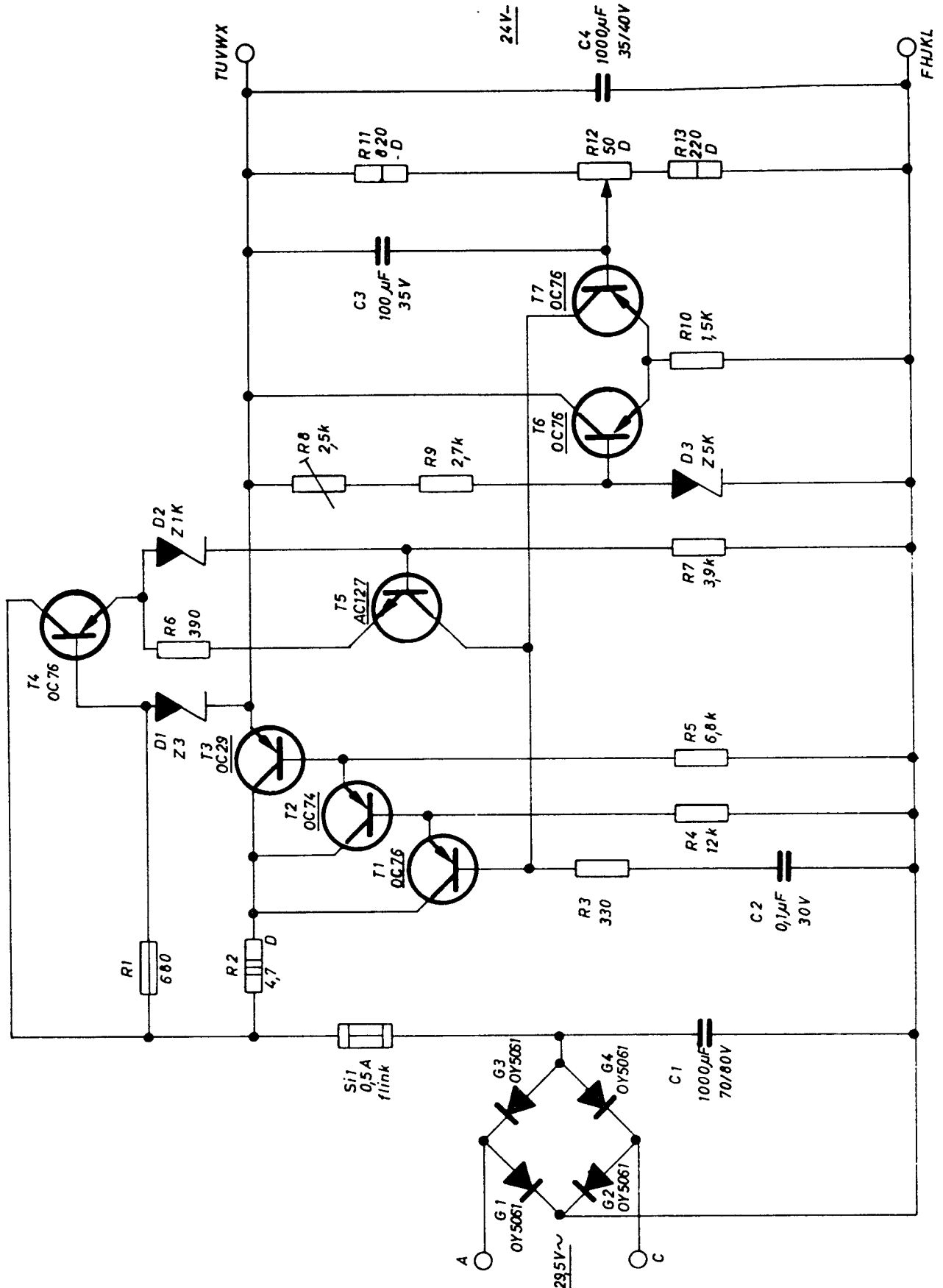


Abb.11

Spannungsstabilisiertes
Netzgerät 24V/0,5A

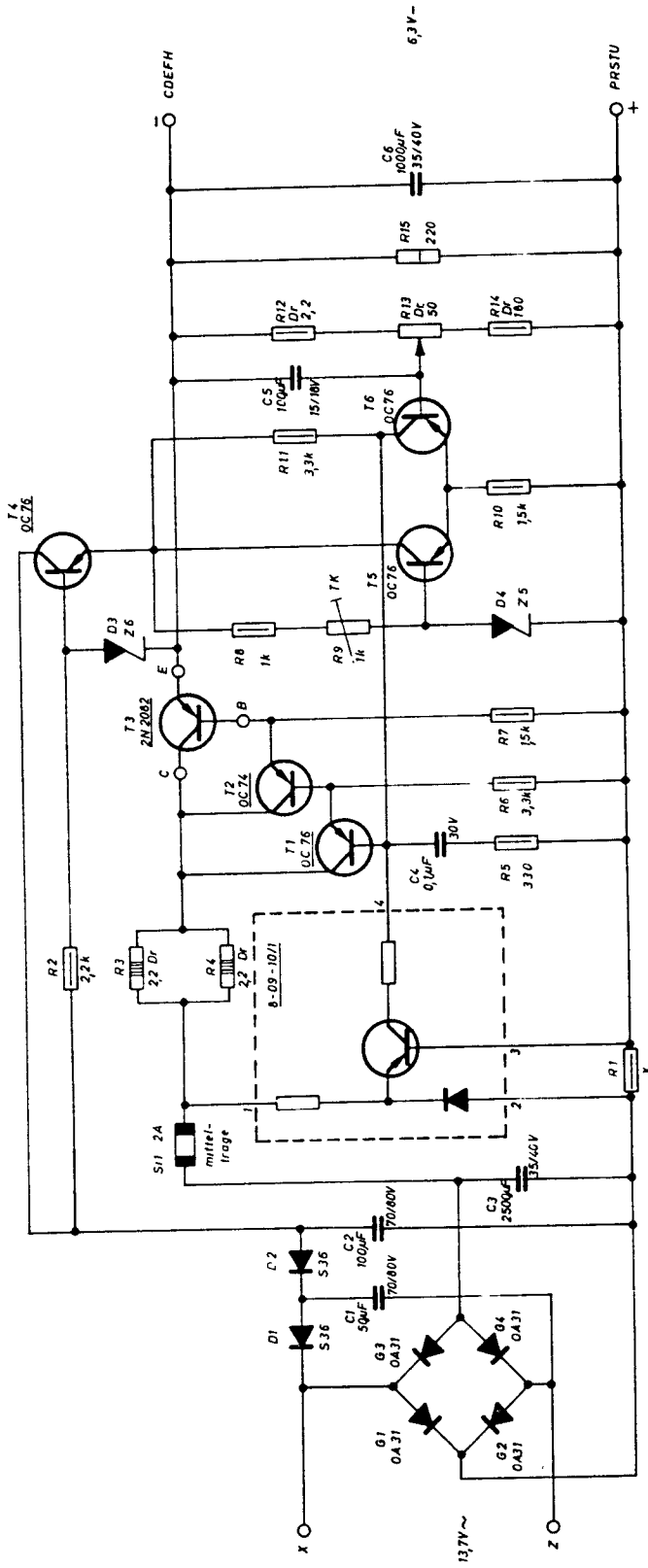


Abb. 12
Spannungsstabilisiertes
Netzgerät 6,3V/2A

X) wird im Pulffeld eingesetzt