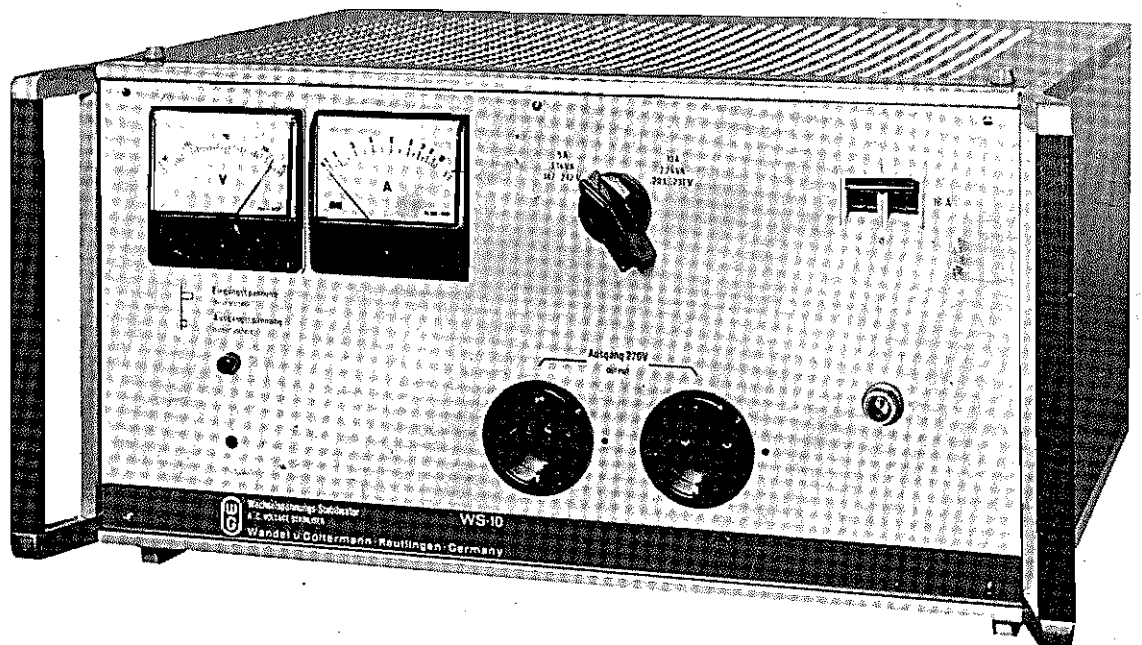


Beschreibung und Bedienungsanleitung



Wechselspannungs-Stabilisator

WS-10

1 kVA / 2 kVA



WECHSELSPANNUNGS-STABILISATOR WS-10

1 kVA/2 kVA

Beschreibung und Bedienungsanleitung 254 I ...

1.12.67 Ltz

0.25.1.73 2038 GN v. 1906

Änderungen vorbehalten

Wandel u. Goltermann · 7410 Reutlingen

INHALT

EINLEITUNG

1.	TECHNISCHE DATEN	1-1
1.1.	Netzanschluß	1-1
1.2.	Ausgang	1-1
1.3.	Ausgangsspannung	1-1
1.4.	Oberschwingungsgehalt	1-2
1.5.	Regelzeitkonstante	1-2
1.6.	Ausregelzeit	1-2
1.7.	Überspannungsschutz	1-2
1.8.	Sonstige Angaben	1-2
2.	BEDIENUNG	2-1
2.1.	Anschluß an das Netz	2-1
2.2.	Anschluß der Verbraucher	2-1
2.3.	Bedienungsorgane, Anzeige-Instrumente	2-1
2.4.	Inbetriebnahme	2-2
2.5.	Sicherungen, Überspannungsschutz	2-2
2.6.	Belastungsgrenzen	2-3
2.7.	Erweiterte Anwendung	2-3
2.7.1.	Parallelschalten von zwei WS-10	2-3
2.7.2.	Elimination des Spannungsabfalls auf langen Lastleitungen	2-4
2.7.3.	Anwendung des WS-10 zum Stabilisieren anderer Größen.	2-5
3.	EIGENSCHAFTEN	3-1
3.1.	Ausgangsspannung	3-1
3.1.1.	Störabweichung	3-1
3.1.2.	Scheitelwert-Gleichrichter als Last	3-2
3.1.3.	Oberschwingungen	3-3
3.2.	Regelzeitkonstante, Ausregelzeit	3-4
3.2.1.	Definition	3-4
3.2.2.	Typisches Übergangsverhalten des WS-10	3-5

4.	FUNKTION	4
4.1.	Regelkreis	4
4.1.1.	Regelstrecke	4
4.1.2.	Meßglied	4
4.1.3.	Regelverstärker	4
4.2.	Schutzschaltungen	4
4.2.1.	Überspannungsschutz	4
4.2.2.	Einschaltverzögerung	4
4.2.3.	Endstufenschutz	4
5.	WARTUNG UND SONSTIGES	5
5.1.	Mechanischer Aufbau	5
5.2.	Einbau in 19-Zoll-Gestelle	5

ANHANG

Anmerkungen zum Stromlaufplan
 Stromlaufplan mit Bestückungszeichnungen
 Schalteilliste

EINLEITUNG

Der Wechselspannungs-Stabilisator WS-10 ist ein Stromversorgungsgerät mit einer Nennleistung von 1 kVA/2 kVA. Er ist zum Anschluß an das Wechselstromnetz (220 V/50 Hz) bestimmt und liefert an seinem Ausgang eine stabilisierte Wechselspannung von 220 V, deren Frequenz gleich der Netzfrequenz ist. Eine Umschaltmöglichkeit auf andere Netzspannungen und Netzfrequenzen, sowie auf andere Ausgangsspannungen besteht nicht. Die Ausgangsspannung kann jedoch extern beliebig transformiert und/oder gleichgerichtet werden, wobei die dadurch gewonnene Ausgangsgröße durch Anschließen einer Fühlerleitung stabilisiert wird. Diese erweiterte Anwendung des WS-10 ist in Abschnitt 2.7.3. beschrieben.

Der Effektivwert der Ausgangsspannung wird gegenüber der sich ändernden Netzspannung, Belastung oder Netzfrequenz durch eine Regelung ohne zusätzliche Kompensationsmaßnahmen konstantgehalten. Dadurch ergibt sich eine große Unabhängigkeit von Alterungs- und Umgebungseinflüssen.

Mit dem Leistungsbereich-Umschalter kann zwischen einer Nennleistung von 1 kVA (Bereich I) und 2 kVA (Bereich II) gewählt werden. Der höheren Nennleistung ist ein auf die Hälfte reduzierter Nenngebrauchsbereich der Netzspannung zugeordnet. Eine weitere Erhöhung der Ausgangsleistung auf 2 kVA/4 kVA ist durch einfaches Parallelschalten von zwei WS-10 möglich, wobei keine zusätzlichen Bauteile oder Kapplungseinrichtungen benötigt werden, sondern lediglich einige Drahtverbindungen (s. Bild 2-2) herzustellen sind.

Mit drei Geräten WS-10 können die Sternspannungen eines Drehstromnetzes stabilisiert werden.

Zur Stabilisierung der verketteten Außenleiter-Spannungen werden drei WS-10 mit einem Drehstromzusatz DZ-10 zum Dreiphasen-Wechselspannungs-Stabilisator DS-10 zusammengeschaltet.

1. TECHNISCHE DATEN

Alle wesentlichen Geräteeigenschaften sind durch garantierte Toleranz- und Grenzwertangaben und nicht durch typische Werte gekennzeichnet. Sie gelten nicht nur bei Auslieferung, sondern mindestens für die gesamte Garantiezeit.

1.1. Netzanschluß : 2-Leiter-Wechselstrom mit Phase und Nulleiter

1.1.1. Netzspannung

Nennwert	220 V	
Nenngebrauchsbereich ¹⁾	Bereich I	Bereich II
	187 bis 242 V	202 bis 231 V

1.1.2. Netzfrequenz

Nennwert	50 Hz
Nenngebrauchsbereich	45 bis 55 Hz

1.1.3. Stromaufnahme, Höchstwerte

	Bereich I	Bereich II
bei Vollast	7,0 A	13,0 A
bei Leerlauf (kap. Blindstrom).	2,9 A	2,9 A

1.2. Ausgang

1.2.1. Ausgangsleistung, Nennwerte

	Bereich I	Bereich II
Vollast, $\cos \varphi = 0,8$ bis 1 (ind.)	1,1 kVA	2,2 kVA
Vollast, $\cos \varphi = 0,7$ (ind.)	1,0 kVA	2,0 kVA
Vollast, $\cos \varphi = 0$ bis 0,3 (ind.)	0,9 kVA	1,8 kVA

1.2.2. Ausgangsstrom, Nenngebrauchsbereich der Belastung

	Bereich I	Bereich II
bei $\cos \varphi = 0,8$ bis 1,0 (ind.)	0 bis 5,0 A	0 bis 10,0 A
bei $\cos \varphi = 0,7$ (ind.)	0 bis 4,5 A	0 bis 9,0 A
bei $\cos \varphi = 0$ bis 0,3 (ind.)	0 bis 4,0 A	0 bis 8,0 A

1.3. Ausgangsspannung

1.3.1. Nennwert	220 V
einstellbar im Bereich ¹⁾	215 bis 225 V

¹⁾ Bei einer vom Nennwert abweichenden Einstellung der Ausgangsspannung verschiebt sich der Nenngebrauchsbereich proportional.

1.3.2.	Störabweichung bei Änderung der Netzspannung und der Belastung in den Nenngebrauchsbereichen		$\cong \pm 0$
	Störabweichung bei Änderung der Netzfrequenz im Nenngebrauchsbereich		$\cong \pm 0$
	Temperaturkoeffizient im Nenngebrauchsbereich der Umgebungstemperatur von 0 bis 50 °C		ca. $\pm 1 \cdot 10$
1.4.	Oberschwingungsgehalt (Eigenklirrfaktor) in den Nenngebrauchsbereichen der Belastung und der Netzspannung (sinusförmig)		
		Bereich I	Be
	im Frequenzbereich 46 bis 55 Hz	$\cong 3 \%$	IIA
	bei 50 Hz	$\cong 1,5 \%$	IIA
1.5.	Regelzeitkonstante . bei sprunghafter Änderung der Netzspannung um 5 % oder der Belastung um 20 %		cc
1.6.	Ausregelzeit auf $\pm 0,1 \%$ (Bedingungen wie unter 1.5.)		ca
1.7.	Überspannungsschutz		
1.7.1.	Ansprechspannung (an den Ausgangsklemmen) eingestellt auf		241
1.7.2.	Ansprechzeit		c
1.7.3.	Ausgangsspannung des Geräts nach dem Ansprechen, je nach Last		150 t
1.7.4.	Max. zulässige Belastung der Signalkontakte (Klemme 8, vgl. Stromlaufplan im Anhang)	80 W/250 V	\cong
1.8.	Sonstige Angaben		
	Abmessungen in mm (19-Zoll-Einschub nach DIN 41494) Breite x Höhe x Tiefe (mit Griffen)		478 x 2
	Gewicht		

Änderungen vorbehalten

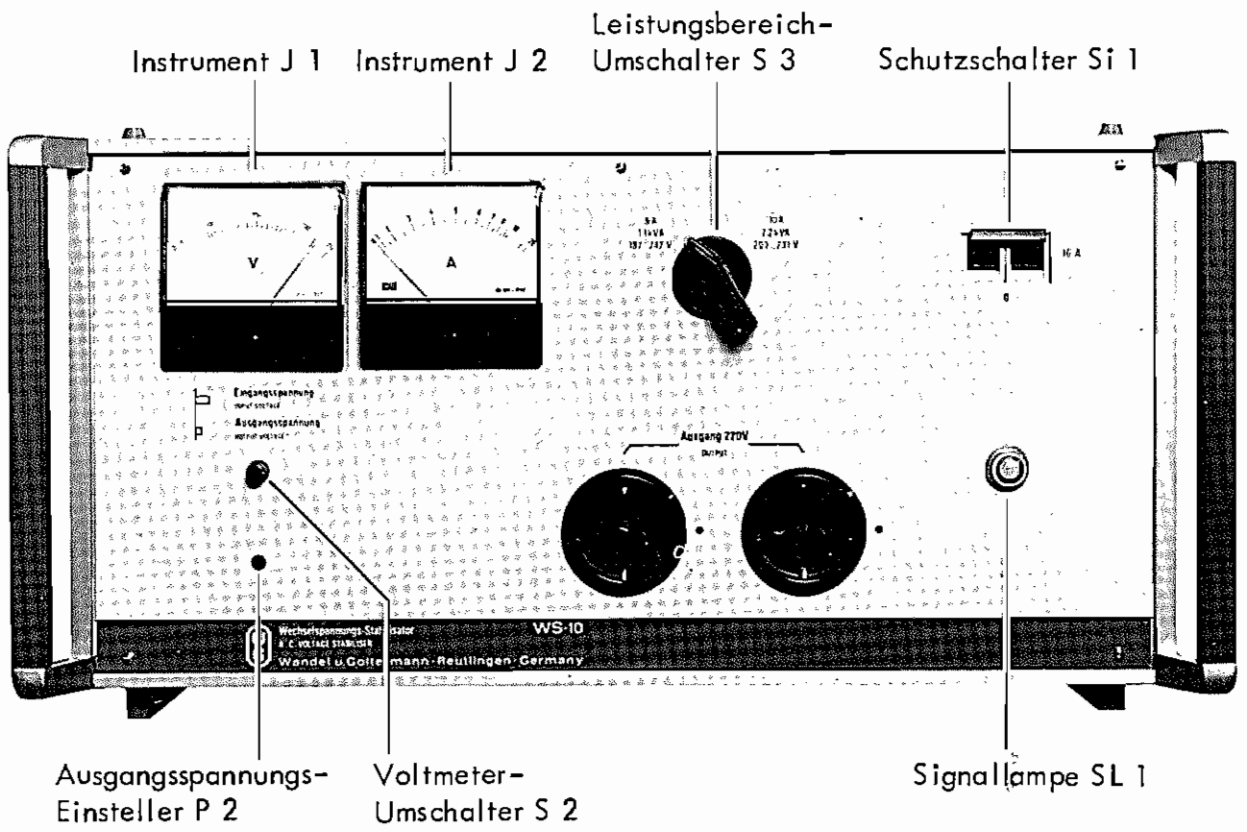


Bild 2-1 Frontplatte des WS-10

2. BEDIENUNG

2.1. Anschluß an das Netz

Der Wechselspannungs-Stabilisator WS-10 ist für den Anschluß an das 220 V/50 Hz-Netz ausgelegt. Zur Verbindung einer Schutzkontakt-Steckdose (16 A) besitzt der WS-10 ein Netzkabel mit Schutzkontakt-Stecker.

Das Gerät ist nicht auf andere Spannungen oder Frequenzen umschaltbar. Bei ortsfester Aufstellung empfiehlt sich eine feste Installation über die Reihenklennen, die nach Abnahme der Rückwand zugänglich und in Bild 4-5 zu erkennen sind. An die Klemme P ist der Außenleiter (Phase), an Klemme N der Nulleiter oder Mittelleiter des Netzes anzuschließen. Der Schutzleiter wird mit dem mit \oplus gekennzeichneten Schraubanschluß verbunden.

2.2. Anschluß der Verbraucher

Verbraucher, die ein Netzkabel mit Schutzkontakt-Stecker besitzen, können über die Steckdosen auf der Frontplatte des WS-10 angeschlossen werden. Bei Speisung eines Verbraucher-Netzes empfiehlt sich der feste Anschluß über die Reihenklennen an der Rückseite des Geräts. Die Ausgangsklemme n ist in Betrieb mit der Eingangsklemme N direkt verbunden. Zwischen den Klennen p und P befindet sich die Regelstrecke.

Die Bezeichnung der Klennen P, p (Phase) und N, n (Nulleiter = Punkt auf der Frontplatte) gilt nur, wenn die Klennen mit den entsprechenden Netzleitern fest verbunden sind. Wird die Netzspannung über eine bewegliche Leitung mit Schukostecker zugeführt, so sind diese Bezeichnungen ungültig.

2.3. Bedienungsorgane, Anzeige-Instrumente

Die Anordnung der Bedienungsorgane auf der Frontplatte des Wechselspannungs-Stabilisators WS-10 ist auf Bild 2-1 zu erkennen. Die Bezeichnungen der Bedienungsorgane gehen aus dem Bild-Text, ihre Funktionen aus der Beschriftung der Frontplatte hervor.

Der Spannungsmesser J 1, ein geschirmtes Dreheisen-Instrument der Klasse 1 (links), zeigt nach dem Einschalten des WS-10 dauernd die Netzspannung an. Durch Druck auf die Schalttaste des Voltmeter-Umschalters kann der Spannungsmesser auf die Ausgangsspannung umgeschaltet werden. Die Güte der Regelung ist mit dem Instrument nicht kontrollierbar. Dazu wird die Verwendung eines Dreheisen-Spannungsmessers der Klasse 0,2 oder eines den Effektivwert anzeigenden Haupt-Nennwert-Spannungsmessers empfohlen.

Das Instrument J 2 ist ein (ebenfalls geschirmtes) Dreheisen-Amperemeter der Klasse 1,5. Es zeigt den Ausgangsstrom an.

2.4. Inbetriebnahme

Nach dem Einschalten des WS-10 mit dem Schutzschalter Si 1 ist die Ausgangsspannung durch die Einschaltverzögerung (s. 4.2.2.) zunächst niedriger als die Nennspannung. Sie steigt in ca. 2 Sekunden auf den stabilisierten Wert an.

Die Ausgangsspannung des Wechselspannungs-Stabilisators wird im Herstellerempfohlenen Wert $220\text{ V} \pm 1\%$ eingestellt. Durch Drehen des Spindelwiderstandes "Ausgangsspannung-Einsteller P 2" (s. Bild 2-1) kann die Spannung im Bereich von 210 bis 225 V verändert werden (siehe auch 2.7.2.).

2.5. Sicherungen, Überspannungsschutz

Der Schalthebel des Schutzschalters Si 1 muß nach oben stehen. Zeigt das Instrument eine Spannung an und leuchtet die Signallampe SL 1 nicht, so hat der Überspannungsschutz angesprochen (s. 4.2.1.) oder es ist die Sicherung für die interne Stromversorgung des Gerätes durchgebrannt. Die Rückstellung des Überspannungsschutzes erfolgt durch Ausschalten des Geräts und Wiedereinschalten nach ca. 1 Sekunde. Leuchtet die Signallampe SL 1 nur kurzzeitig auf, so hat der Überspannungsschutz erneut angesprochen. Die Ursache der Überspannung muß dabei ermittelt und beseitigt werden.

Leuchtet die Signallampe SL 1 überhaupt nicht auf, so ist die Sicherung Si 2 durchgebrannt. Die Sicherung befindet sich in einem offenen Sicherungshalter, der durch das Öffnen des Geräte-Gehäuses von unten zugänglich ist (s. Bild 4-4).

2.6. Belastungsgrenzen

Der Leistungsbereich-Umschalter S 3 läßt die Wahl zwischen 1,1 kVA maximaler Ausgangsleistung bei großem Netzspannungsbereich (25 %) und 2,2 kVA bei eingegengtem Netzspannungsbereich (13 %). Mit der Umschaltung auf den Bereich 2,2 kVA werden der Eigen-Klirrfaktor und der Wechselstrom-Innenwiderstand des WS-10 auf ungefähr die halben Werte herabgesetzt.

Steht der Leistungsbereich-Umschalter in Stellung "5 A, 1,1 kVA", so dürfen dem WS-10 nicht mehr als 5 A (Instrument J 2) entnommen werden. Entsprechend darf die Belastung 10 A nicht übersteigen, wenn S 3 in Stellung "10 A, 2,2 kVA" steht. Diese Beschränkung gilt für den Dauerbetrieb, um thermische Beschädigungen der Bauteile zu vermeiden. Kurzzeitige Überlastungen schaden dem Gerät nicht.

2.7. Erweiterte Anwendung

2.7.1. Parallelschalten von zwei WS-10

Zum Erhöhen der Ausgangs-Nennleistung auf 2 kVA/4 kVA können zwei Geräte WS-10 parallelgeschaltet werden. Dazu sind lediglich die in Bild 2-2 angegebenen Drahtverbindungen zwischen den Klemmleisten (Bild 4-5) der beiden Geräte herzustellen. Wichtig sind die Weiterführung des Schutzleiters und die Einhaltung der im Bild 2-2 angegebenen Mindestquerschnitte. Das Netzkabel des gesteuerten Geräts ist abzuklemmen.

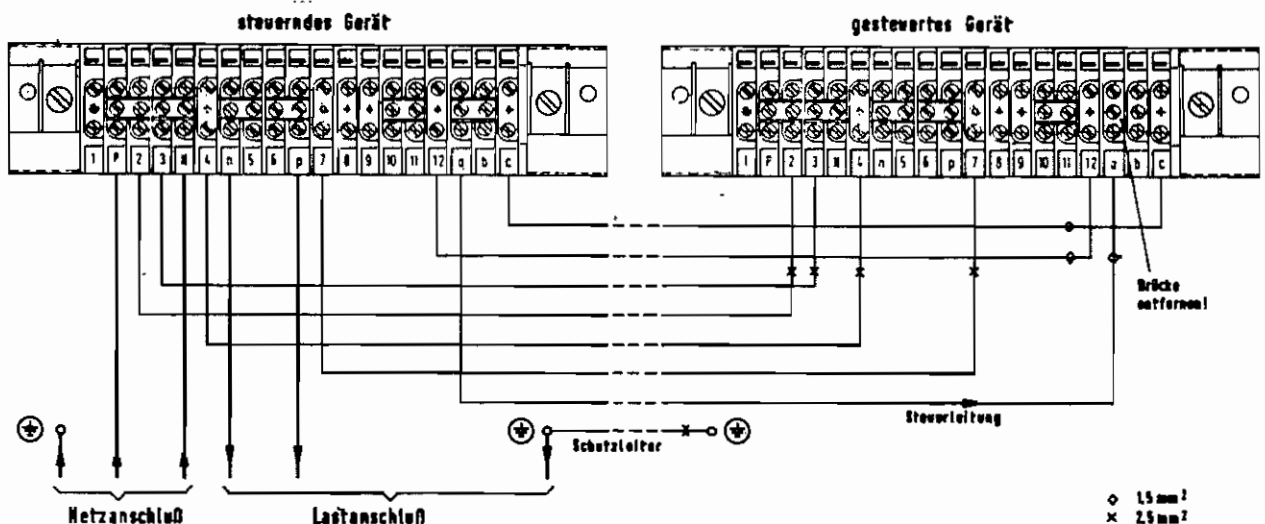


Bild 2-2 Parallelschalten von zwei WS-10

Der Netzanschluß, wie auch der Anschluß der Verbraucher, erfolgt am stromführenden Ende des Gerätes. Bei einer Belastung bis zu 2 kVA kann das mitgelieferte Netzkabel verwendet werden. Übersteigt jedoch die Belastung dieses Gerätesatzes 2 kVA, so muß der Netzanschluß über eine Leitung mit einem Querschnitt von 2,5 mm² erfolgen. Wenn keine feste Installation verlegt wird, ist eine Steckvorrichtung für 25 A anzubringen.

Bei Inbetriebnahme unter Last sollen beide Geräte gleichzeitig eingeschaltet werden. Andernfalls kann der Schutzschalter des zuerst eingeschalteten Gerätes auslösen.

2.7.2. Elimination des Spannungsabfalls auf langen Lastleitungen

Wird der Verbraucher über eine längere Leitung angeschlossen, so kann ein störender Spannungsabfall auftreten. Bei einer Anschlußleitung von beispielsweise 10 m Länge und 1,5 mm² Querschnitt beträgt er bei 5 A bereits 1,25 V, das sind 0,57 % der Nennspannung. Soll die hiermit gegebene Belastungsabhängige Spannungsabnahme am Verbraucher vermieden werden, und ist keine ausreichende Leitung mit einem größeren Querschnitt möglich, so schließt man unmittelbar am Verbraucher die Zuleitung an. Dadurch wird der Spannungsabfall längs der Zuleitung in den Stromkreis einbezogen und mit geregelt.

Die an der Klemmleiste des WS-10 erforderlichen Anschlußmaßnahmen sind im Bild 2-3 entnommen. Das Gerät darf erst in Betrieb genommen werden, wenn auch die Verbraucherleitung am Verbraucher angeschlossen ist, da sonst der Ausgang wegen des geschlossenen Regelkreises Überspannung erhält und der Überspannungsschutz (T 0,5 s) anspricht.

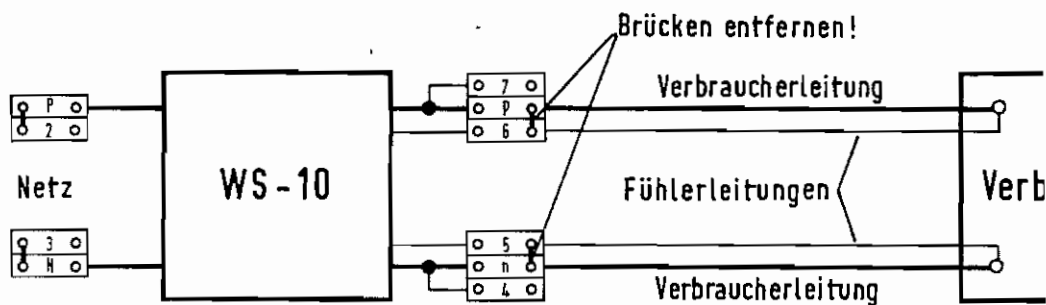


Bild 2-3 Anschluß des Verbrauchers bei langer Verbindungsleitung

Da bei der Schaltung mit getrennter Meßleitung die Spannung an den Anschlußklemmen des Verbrauchers konstant gehalten wird, steigt sie zwischen den Ausgangsklemmen p und n des Stabilisators um den Spannungsabfall auf der Verbraucher-Zuleitung an. Die Ausgangsspannung darf jedoch 230 V nicht überschreiten.

Mit jeder derartigen Spannungserhöhung verschiebt sich der Nenngebrauchsbereich der Netzspannung proportional nach oben, da dieser durch die Ausgangsspannung des WS-10 festgelegt ist. Bei größerem Spannungsanstieg muß deshalb auch die Ansprechspannung des Überspannungsschutzes (vgl. 4.2.1.) mit Potentiometer P 1 durch Drehen im Gegen-Uhrzeigersinn auf einen höheren Wert eingestellt werden. Dieses Potentiometer befindet sich auf der geätzten Leiterplatte 254 A. Seine Lage ist auf Bild 4-5 und auf der Bestückungszeichnung 254 A zu erkennen.

2.7.3. Anwendung des WS-10 zum Stabilisieren anderer Größen

Der WS-10 ist auch für andere regelungstechnische Aufgaben verwendbar, da das Meßglied (Kaltleiterbrücke) an den Klemmen 11 und 12 von außen zugänglich ist. Dazu muß lediglich die Brücke zwischen den Klemmen 10 und 11 entfernt werden. Die folgenden Bilder 2-4...2-8 zeigen einige Beispiele einer solchen allgemeinen Anwendung.

Die Nenndaten des Meßgliedes sind:

$$\text{Brückenwiderstand } R_B = 500 \Omega$$

$$\text{Brückenspannung } U_B = 10,0 \text{ V}$$

$$\text{Brückenstrom } I_B = 20 \text{ mA}$$

Liegt die Spannung U_B zwischen den Klemmen 11 und 12, bzw. fließt der Strom I_B durch die Brückenschaltung, so ist sie ungefähr im Gleichgewicht.

Die Speisung der Brückenschaltung kann mit Gleich- oder Wechselstrom (45 bis 450 Hz) erfolgen. Eine Änderung von 0,1 % genügt zur vollen Aussteuerung des Regelverstärkers und damit zur Änderung der Ausgangsspannung um ca. 40 % vom Nennwert. Bei einer derartigen Anwendung ist zu beachten, daß die Ausgangsspannung des WS-10 bei Dauerbetrieb innerhalb des Bereiches 210 bis 230 V verbleiben muß. Je nachdem, welche Anwendung das Gerät findet, muß daher ein Anpassungstransformator nachgeschaltet werden, dessen Übersetzungsverhältnis unter Umständen auch veränderbar sein muß, wobei die Einstellung von Hand oder durch eine Automatik erfolgen kann. Der Feinabgleich der stabilisierten Größe im Bereich von ± 3 % kann mit dem Potentiometer P 2 (s. Bild 2-1) vorgenommen werden.

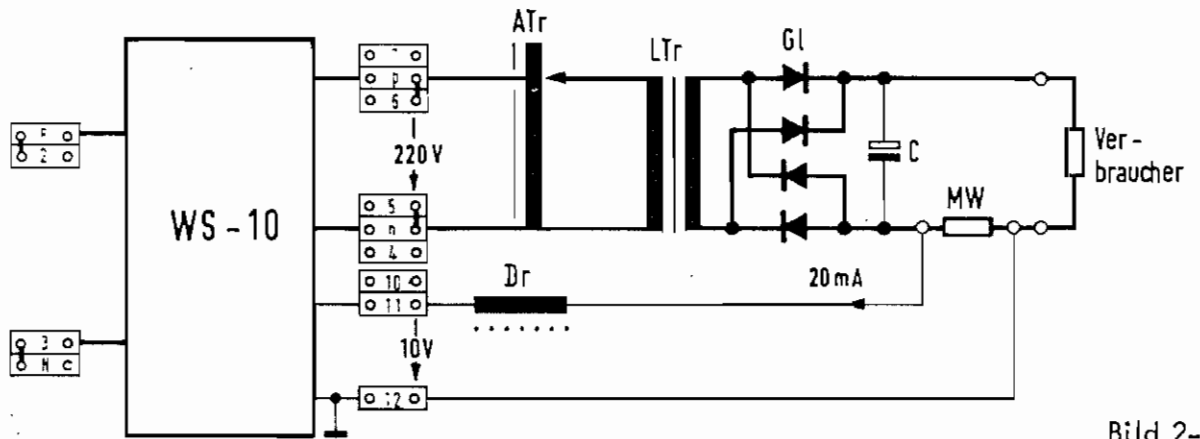


Bild 2-7

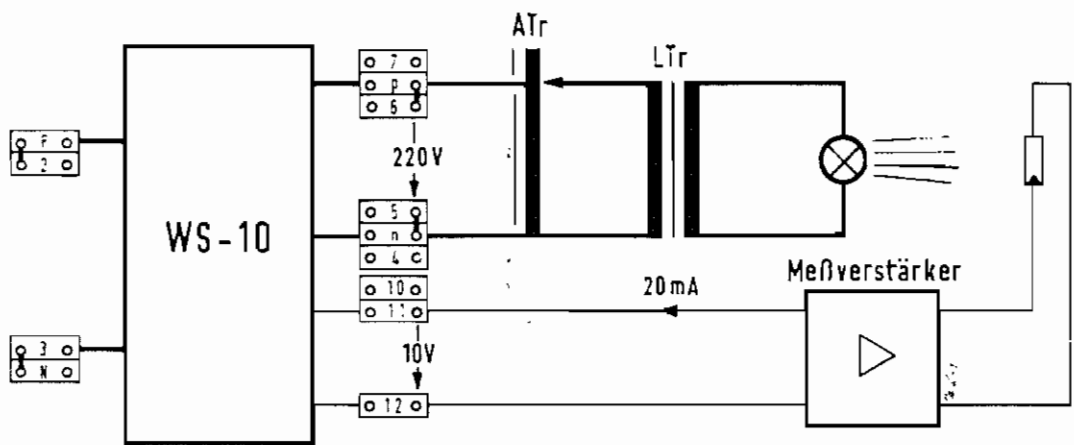


Bild 2-8

Brücke zwischen Klemmen 10 und 11 entfernen !

ATr : Anpassungs-Transformator

MW : Meßwiderstand

LTr : Leistungs-Transformator

Dr : Drossel für 20 kHz (BN 7042)

Gl : Leistungs-Gleichrichter

Bild 2-8 u. 2-9: Vereinfachte Prinzipschaltungen

3. EIGENSCHAFTEN

3.1. Ausgangsspannung

3.1.1. Störabweichung

Die Ausgangsspannung des Wechselspannungs-Stabilisators WS-10 ist auf den Effektivwert stabilisiert. Ihre Abhängigkeit von Netzspannungs-Änderungen für drei verschiedene, extreme Belastungsfälle zeigt Bild 3-1 für Betrieb in Bereich I (1 kVA). Diese Kurven stellen typische Werte dar, die an einem Gerät aus der Serie gemessen wurden. Die tatsächliche Abweichung ist also bei einem durchschnittlichen Gerät merklich kleiner als der eingezeichnete Garantiebereich von $\pm 0,03\%$ für die kombinierte Störabweichung.

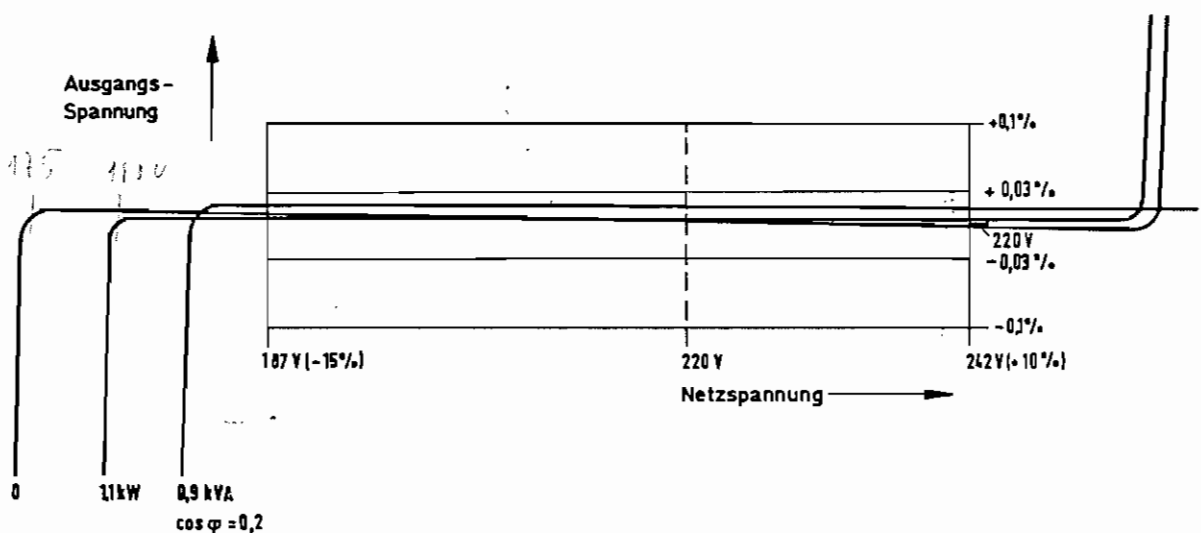


Bild 3-1 Ausgangsspannung des WS-10 als Funktion der Netzspannung

Diese sehr geringe Abhängigkeit der Ausgangsspannung von Netzspannungsschwankungen und Belastungsänderungen, sowie der fast eckige Übergang in die unregulierten Bereiche, sind eine Folge der sehr hohen Verstärkung im Regelkreis. Die genannten Eigenschaften werden ohne nachteilige Kompensationsschaltungen (Störgrößenaufschaltung) erreicht.

3.1.2. Scheitelwert-Gleichrichter als Last

In angeschlossenen Geräten befinden sich oft Netzgleichrichter mit Ladekondensator, sogenannte Scheitelwertgleichrichter. Aus wirtschaftlichen Gründen sind diese Gleichrichter fast ausnahmslos so dimensioniert, daß die Gleichspannung den Scheitelwert der Wechselfspannung nicht erreicht, sondern bis zu 30 % darunter bleibt. Es bringt deshalb meist keinen Nutzen, sondern Nachteile, statt des Effektivwertes den Scheitelwert der speisenden Wechselfspannung zu stabilisieren.

Je nach Gleichrichter-Dimensionierung übt der Oberschwingungsgehalt der Wechselfspannung unterschiedlichen Einfluß auf die Konstanz der Gleichspannung aus. Um diesen Einfluß klein zu halten, muß der vom Wechselfspannungstabilisator verursachte (Eigen-)Klirrfaktor möglichst niedrig und möglichst unabhängig von Netzspannungsänderungen sein. Die beim WS-10 erreichten Klirrfaktorwerte (siehe Bild 3-2) können als optimal für derartige Geräte angesehen werden. Darüber hinaus besitzt der WS-10 eine echte Effektivwert-Meßeinrichtung (Kaltleiter), wodurch die Effektivwertstabilisierung ohne besondere Maßnahmen am Ladekondensator eines angeschlossenen Scheitelwertgleichrichters Störabweichungen von ca. 0,1 % bis 0,2 % erzielt.

Wenn diese Abweichungen noch nicht ausreichend klein sind, kann die Gleichspannung durch eine sogenannte Fernföhlung auch direkt geregelt und dann auf ca. 0,1 % konstant gehalten werden. Die Störabweichung ist bei Fernföhlung deshalb so klein, weil die Meßeinrichtung beim WS-10 auch mit Gleichspannung gespeist werden kann. Diese Methode ist im Abschnitt 2.7.3. (Bild 2-6) beschrieben.

3.1.3. Oberschwingungen

Der vom WS-10 selbst erzeugte Oberschwingungsgehalt der Ausgangsspannung (Eigenklirrfaktor) ist außergewöhnlich gering. Er bleibt bei einer sinusförmigen Netzspannung von 50 Hz auch unter ungünstigsten Spannungsverhältnissen im Leistungsbereich II garantiert unter 0,8 %. Die Diagramme (Bild 3-2 und Bild 3-3) zeigen typische Werte, die zum Teil noch merklich unterschritten werden. Zu den im WS-10 erzeugten Oberschwingungen addieren sich die des Netzes nach Betrag und Phase, wodurch der tatsächliche Klirrfaktor am Ausgang des Geräts etwas größer ist als derjenige der Netzspannung. Weicht die Netzfrequenz vom Nennwert 50 Hz ab - zum Beispiel bei Betrieb aus einem Notstromaggregat - so nimmt der Eigenklirrfaktor des Stabilisators überschreitet aber trotz des großen zulässigen Frequenzbereiches (46 bis 55 Hz) nicht den Wert von 3 %.

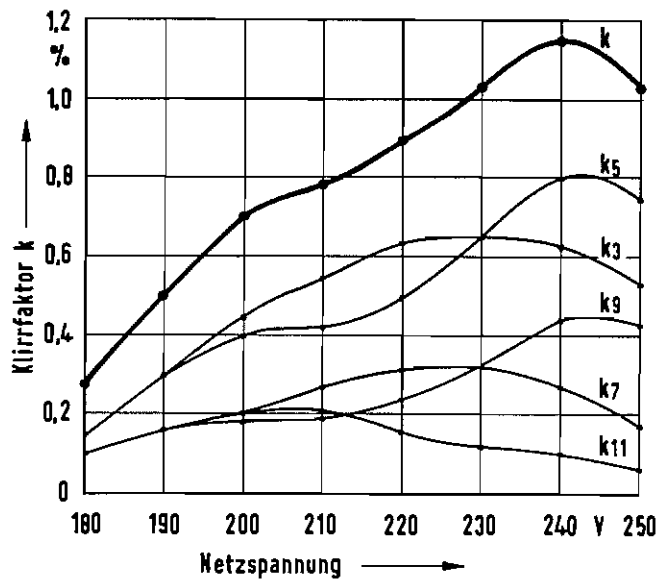


Bild 3-2
Eigenklirrfaktor als Funktion der Netzspannung bei 1 kW und 50 Hz

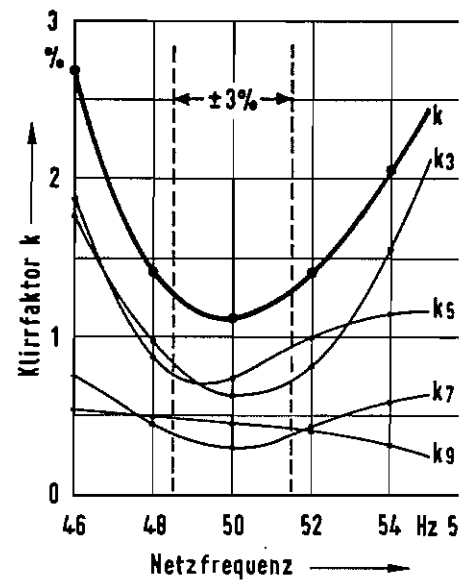


Bild 3-3
Eigenklirrfaktor als Funktion der Netzfrequenz bei 1 kW und 240 V

Falls die 3. Oberschwingung (150 Hz) der Netzspannung so groß ist, daß sie störend wirkt, kann vor den Wechselspannungs-Stabilisator die Netz-Oberschwingungssperre NOS-103 (Fa. Wandel u. Goltermann, BN 421) geschaltet werden. Die Sperre schwächt die 3. Oberschwingung um den Faktor 6 bis 8. Sie besteht aus drei gleichen Gliedern mit je 15 A Belastbarkeit, die entweder im Stern vor einen Drehstromstabilisator (z. B. DS-6, DS-10, DS-30) geschaltet oder einzeln, bzw. parallelgeschaltet im Einphasenbetrieb verwendet werden können. Bei Parallelschaltung beträgt die Belastbarkeit 45 A bzw. 10 kVA.

Zur Messung, Überwachung oder Dauerregistrierung des Oberschwingungsgehalts wird das Oberschwingungsmeßgerät OM-1 (Fa. Wandel u. Goltermann, BN 409) empfohlen.

Oberschwingungen können schließlich auch im Verbraucher selbst entstehen, wenn dieser eine nichtlineare Strom-Spannungs-Charakteristik hat, wie z. B. Gleichrichterschaltungen mit Gegenspannung (Ladekondensator), Gasentladungslampen oder Transformatoren und elektrische Maschinen, die mit starker magnetischer Sättigung arbeiten. Der Klirrfaktor der Spannung an diesen Verbrauchern ist jeweils vom Innenwiderstand der speisenden Spannungsquelle für die betreffende Frequenz abhängig. Der Innenwiderstand des WS-10 beträgt für die 3. Oberschwingung im Belastungsbereich

etwa $1,5$ bis 2Ω , für die 5. und 7. Oberschwingung etwa $4,5 \Omega$. Die Werte sind n
 etwas vom Netz-Innenwiderstand abhängig; es läßt sich aus ihnen aber die Auswirk
 einer nichtlinearen Belastung abschätzen, wenn der Oberschwingungsgehalt des Ve
 braucherstromes bekannt ist. Im Belastungsbereich II sind die Innenwiderstandswerte
 kleiner: und zwar für die 3. Oberschwingung ca. $0,5$ bis $0,7 \Omega$, für die 5. ca. $3,$
 und für die 7. Oberschwingung ca. $1,5 \Omega$.

3.2. Regelzeitkonstante, Ausregelzeit

3.2.1. Definition

Bei einer sprungartigen Änderung der Netzspannung oder der Belastung tritt im glei
 Augenblick ein entsprechender Sprung der Ausgangsspannung auf. Die Regelung fü
 die Ausgangsspannung in möglichst kurzer Zeit auf einen konstanten Wert zurück.
 Übergangsverhalten des Reglers während des Zurückführens kann durch die Regelze
 konstante und die Ausregelzeit beschrieben werden.

Die Regelzeitkonstante ist die Zeit zwischen einer sprungartigen Änderung der Ne
 nung um 5% oder der Belastung um 20% des Nennwertes und der Ausregelung der
 zunächst verursachten Abweichung der Ausgangsspannung auf den $\frac{1}{e}$ fachen Wert.

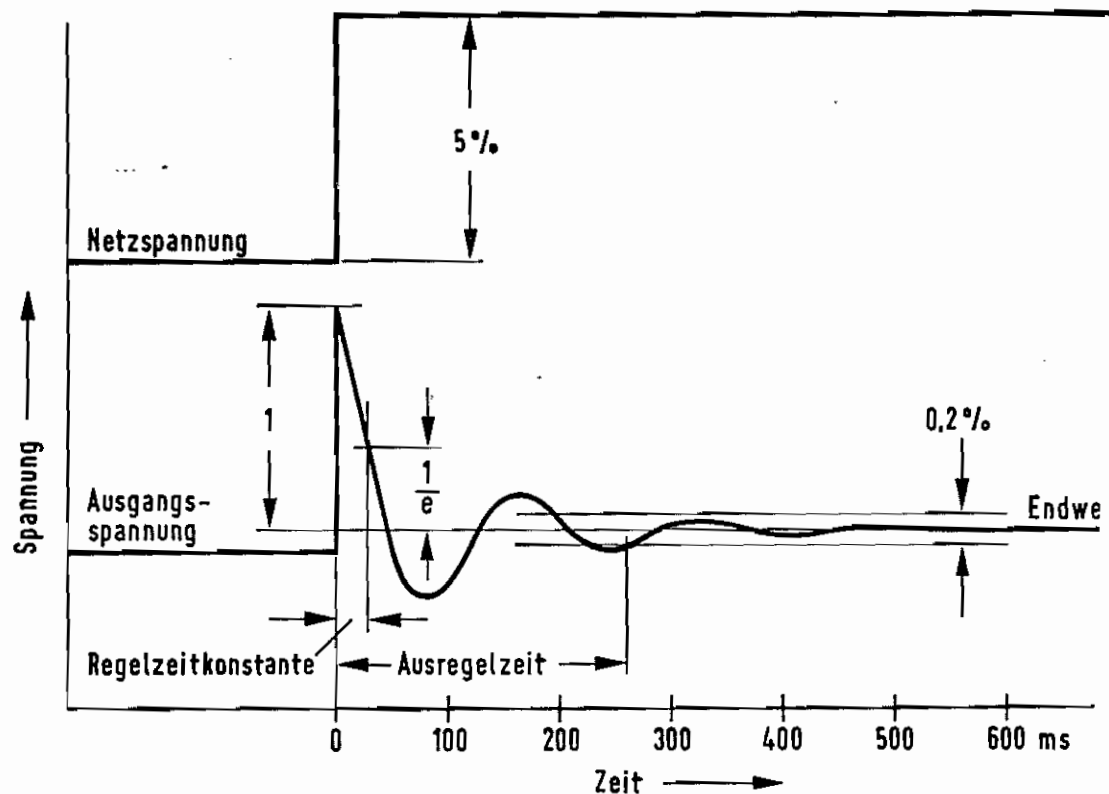


Bild 3-4 Prinzipdarstellung des Übergangsverhaltens

Die Ausregelzeit ist die Zeitspanne zwischen einer sprungartigen Änderung der Netzspannung um 5 % oder der Belastung um 20 % des Nennwertes und dem Zeitpunkt, nach welchem die Ausgangsspannung endgültig um weniger als 0,1 % vom Endwert abweicht. Zur Veranschaulichung diene die schematische Darstellung eines Übergangsverhaltens in Bild 3-4.

3.2.2. Typisches Übergangsverhalten des WS-10

Das tatsächliche Übergangsverhalten eines Geräts aus der Serie zeigt Bild 3-5 für sprungartige Veränderungen der Netzspannung und Bild 3-6 für sprungartige Belastungsänderungen. Die senkrechten Striche symbolisieren die Kuppen der sinusförmigen Ausgangsspannung, deren Nullpunkt für die Aufnahme unterdrückt wurde. Durch Doppelweggleichrichtung sind auch die negativen Halbwellen erfaßt, so daß der zeitliche Abstand zwischen den Kuppen 10 ms beträgt.

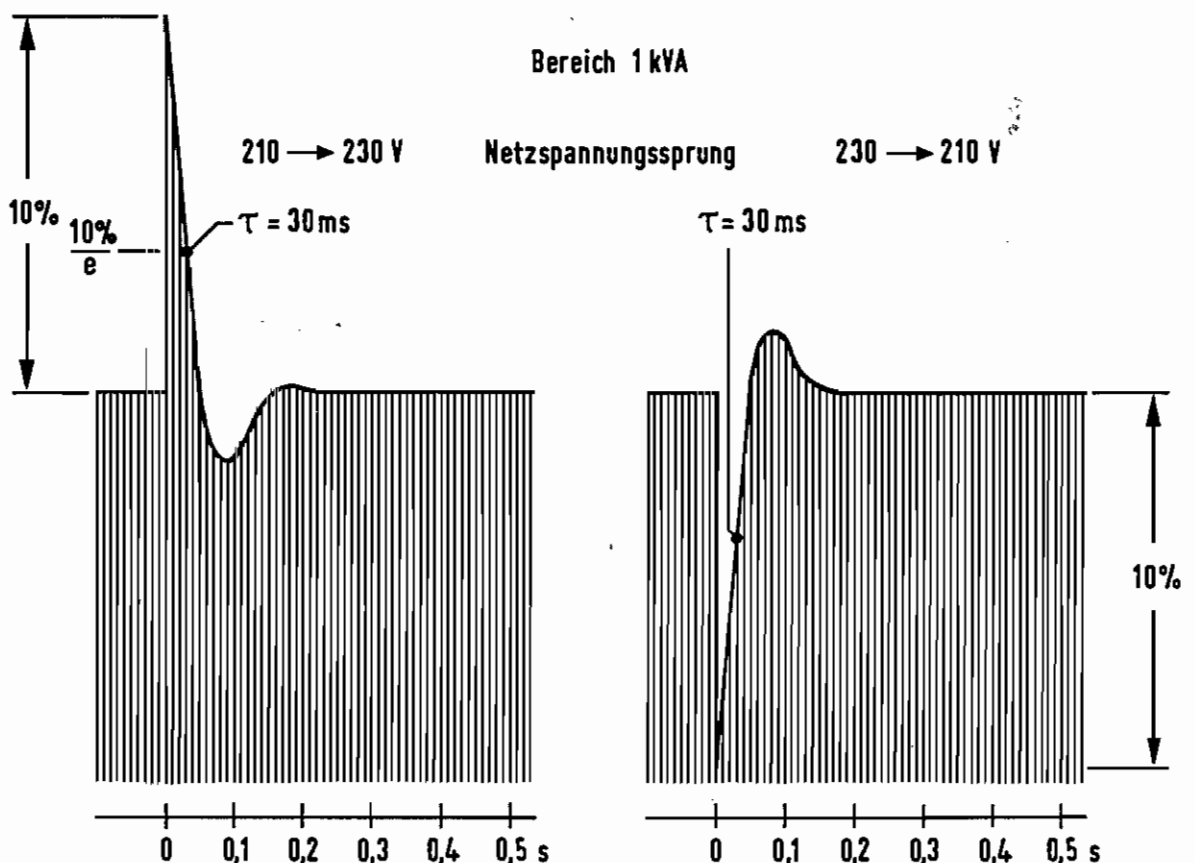


Bild 3-5 Typisches Verhalten des WS-10 bei Netzspannungssprüngen

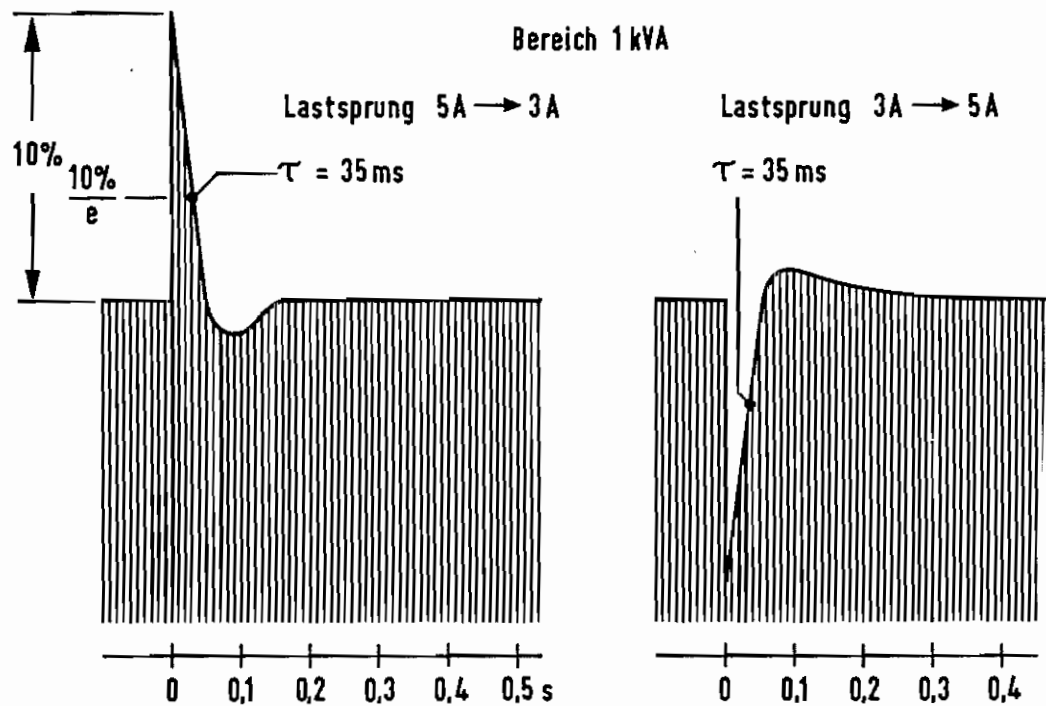


Bild 3-6 Typisches Verhalten des WS-10 bei Lastsprüngen

Im Gegensatz zur Definition liegt diesen Bildern zur Verdeutlichung ein Spannungssprung von 10 % (20 V) bzw. ein Lastsprung von 40 % (2 A) der Nennleistung zugrunde. Trotzdem beträgt die Regelzeitkonstante nur etwa 30 bis 40 ms. Der Wert der Regelzeitkonstante sagt jedoch sehr wenig über die Qualität aus, da die Rückführung der Ausgangsspannung auf den konstanten Wert bei diesen Geräten nicht nach einer e-Funktion erfolgt. Das bedeutet, daß sich die Ausregelzeit bei verschiedenen Verbrauchern trotz gleicher Regelzeitkonstante bis zu einem Faktor von 5 unterscheiden kann. Aus diesem Grund wird zusätzlich die Ausregelzeit angegeben, die beim WS-10 falls sehr günstig liegt (Bilder 3-5 und 3-6).

Die Einstellungen des Regelkreises für optimale Regelzeitkonstante oder für minimale Ausregelzeit sind nicht identisch. Auf die Optimierung der Regelzeitkonstante wird bewusst verzichtet, da eine bestmögliche Ausregelzeit bei der praktischen Anwendung des Wechselspannungs-Stabilisators wesentlich günstiger ist. Diese Einstellung des Regelkreises bewirkt ein ein- oder zweimaliges leichtes Überschwingen der Ausgangsspannung beim Ausregeln von Störungen (Bilder 3-5 und 3-6). Dieses Überschwingen darf nicht mit den (ungedämpften) Pendelungen eines instabilen Regelkreises verwechselt werden. Da die überlagerte Gleichstromkomponente gering ist, wird das Überschwingen von einem angeschlossenen Verbraucher durch dessen Integration kaum wahrgenommen als ein nur einseitiger Störausschlag.

4. FUNKTION

4.1. Regelkreis

Wie der Blockschaltplan in Bild 4-1 erkennen lößt, wird die Ausgangsspannung durch eine Regelung konstant gehalten. Der WS-10 kommt ohne Kompensationsschaltungen, also ohne eine Störgrößenaufschaltung aus. Er besteht aus einer Regelstrecke und einem Regler, der sich seinerseits aus dem Meßglied mit Sollwertesteller und Vergleichler und dem Regelverstärker zusammensetzt. Die Regelgröße, d.h. die Größe, deren Sollwert konstant gehalten werden soll, ist die Ausgangsspannung. Die Störgrößen, d.h. diejenigen Größen, welche die Regelgröße störend beeinflussen, sind die Änderungen der Netzspannung, der Netzfrequenz und des Stabilisator-Ausgangsstromes.

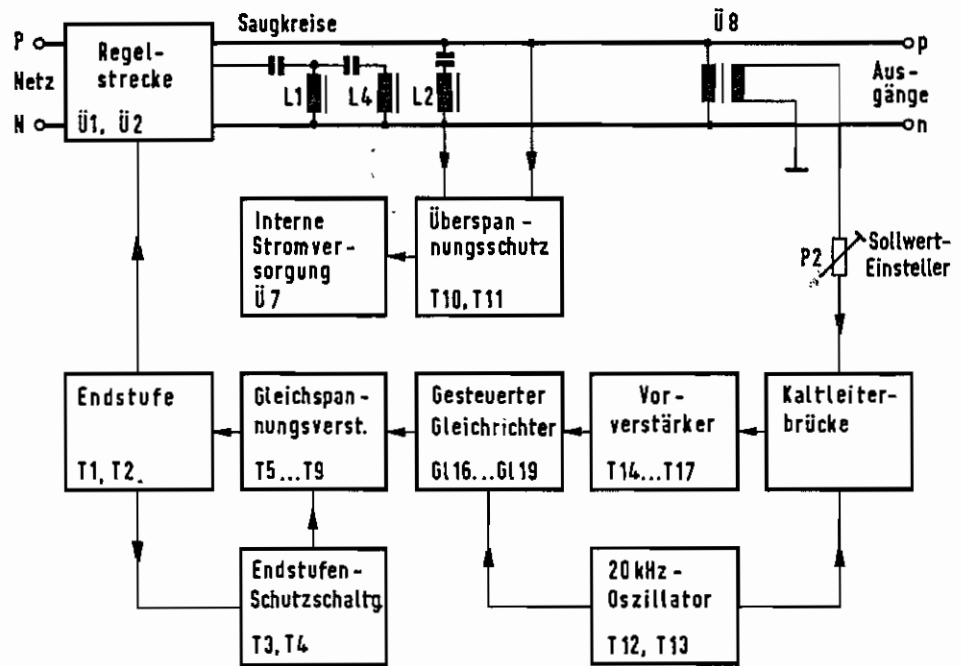


Bild.4-1 Blockschaltplan des WS-10

Darüber hinaus enthält der WS-10 Saugkreise zum Aussieben der Oberschwingungen, die der Transduktor durch den zeitweisen Betrieb im Sättigungsgebiet erzeugt und verschiedene Schutzschaltungen, die im Abschnitt 4.2. erläutert sind.

Als Unterlage für die folgende Funktionsbeschreibung dient der im Anhang befindliche Stromlaufplan des WS-10.

4.1.1. Regelstrecke

Die Regelstrecke besteht im wesentlichen aus der Serienschaltung des Spartransformators Ü 1 und der vormagnetisierbaren Drossel (Transduktor) Ü 2. Diese Drossel ist das Stellglied der Regelschaltung. Da ihr induktiver Widerstand durch Verändern des Gleichstromwertes in einer entkoppelt angebrachten Vormagnetisierungswicklung geändert werden kann, ist auch das Übersetzungsverhältnis der Regelstrecke veränderlich. Der Transduktor Ü 2, der Spartransformator Ü 1 und der Kondensator C 3 wirken so zusammen, daß die Ausgangsspannung des WS-10 bei großem induktivem Widerstand des Transduktors kleiner ist als die Netzspannung und umgekehrt. Auf diese Weise werden Veränderungen der Störgrößen durch entsprechende Änderungen der Vormagnetisierung in den angegebenen Grenzen (Nenngebrauchsbereichen) ausgeglichen.

4.1.2. Meßglied

Das Meßglied des Regelkreises besteht aus einer Kaltleiter-Brückenschaltung, welche zugleich Normal (Sollwertesteller) und Vergleicher enthält. Sie besitzt in einem Brückenast einen Kaltleiter, der von der über Transformator Ü 8 heruntertransformierten Ausgangsspannung des Stabilisators geheizt wird. Die Brücke befindet sich in abgeglichenem Zustand, wenn der Istwert der Regelgröße gleich dem Sollwert ist, da dann der Widerstandswert des Kaltleiters R 61 gleich dem Wert des Vergleichswiderstandes R 63 ist. Weicht der Istwert der Ausgangsspannung vom Sollwert ab, so ist die Brücke durch eine Temperatur- und damit Widerstandsänderung des Kaltleiters verstimmert.

Zur Messung der Brückenverstimmung dient eine Wechselspannung von ungefähr 20 V. Sie wird in einem Oszillator (T 12, T 13, L 3, C 18) erzeugt und der Brückenschaltung über den Kondensator C 28 mit relativ kleiner Amplitude zugeführt. Über den im Brücken-Nullast liegenden Differentialübertrager Ü 6 wird die in ihrer Amplitude proportional der Verstimmung 20-kHz-Spannung auf den Regelverstärker übertragen. Dies geschieht selektiv, da die Sekundärwicklung des Übertragers mit dem Kondensator C 27 auf die Oszillatorfrequenz abgestimmt ist. Die Richtung, in welche die Reg

abweichung korrigiert werden soll, wird durch die Phasenlage der 20-kHz-Ausgangsspannung gegenüber der Oszillatorspannung bestimmt, der Betrag der Korrektur durch ihre Amplitude.

Zum stufenweisen Einstellen der Ausgangsspannung dient der kammförmig gewickelte mit Abgriffen versehene Drahtwiderstand R 62 (Bild 4-5). Die Feineinstellung der Ausgangsspannung um $\pm 3\%$ kann mit dem Spindelwiderstand P 2 vorgenommen werden. Dieser Widerstand ist auf der Frontplatte des WS-10 angeordnet (Bild 2-1).

Zum Abgleich des Imaginärteils der Brückenschaltung dient der Trimmer C 30. Der Kupferdraht-Widerstand R 60 kompensiert den Temperaturgang des Kaltleiters, dessen Wolfram-Faden im übrigen bei schwacher Rotglut betrieben wird, so daß der Kaltleiter eine fast unbegrenzte Lebensdauer hat.

4.1.3. Regelverstärker

Die 20-kHz-Spannung vom Schwingkreis aus Ü 6 und C 27 wird zunächst in einem Verstärker mit den Transistoren T 14...T 17 vorverstärkt. Die Verstärkerstufen sind untereinander gleichstromgekoppelt, der gesamte Vorverstärker ist über den Widerstand R 59 gegengekoppelt. Das Verhältnis der Widerstände R 59 zu R 58 bestimmt die Verstärkung.

Das verstärkte Wechsellspannungssignal wird im anschließenden gesteuerten Gleichrichter in ein Gleichspannungssignal umgewandelt. Der gesteuerte Gleichrichter besteht aus den symmetrisch aufgebauten Sekundärwicklungen des Übertragers Ü 4 mit den Dioden Gl 16...Gl 19, dem Kondensator C 14 und den Widerständen R 30 und R 31. Die Schaltspannung liefert der bereits erwähnte 20-kHz-Oszillator über die Wicklung (5) - (6) des Übertragers Ü 5. Die vom Vorverstärker kommende Wechsellspannung läßt eine positive Spannung an Punkt 2 (der Platte 254 B) entstehen, wenn die 20-kHz-Spannung von der Brückenschaltung in Phase mit der vom Oszillator direkt zugeführten Spannung ist. Dies ist der Fall, wenn die Ausgangsspannung des Stabilisators den Sollwert unterschreitet. Ist die Ausgangsspannung dagegen zu hoch, so befindet sich die von der Kaltleiter-Brücke stammende 20-kHz-Spannung in Gegenphase zur Schaltspannung der Gleichrichterschaltung und Punkt 2 wird negativ, Punkt 1 dagegen positiv.

Das Gleichspannungssignal aus dem gesteuerten Gleichrichter gelangt an die Eingänge des folgenden Differenzverstärkers mit den Transistoren T 8 und T 9. Die an die Basis des Transistors T 9 angeschlossenen Dioden G1 10 und G2 11 sind zur Einschaltverzögerungs-Schaltung (s. Abschnitt 4.2.2.). Auf den Differenzverstärker folgen zwei spannungsverstärkende Stufen (T 7, T 6) und zwei strömverstärkende Stufen (T 5, T 2). Die Transistoren T 4 und T 3 gehören zur Endstufenschaltung (s. Abschnitt 4.2.3.). Die Endstufe mit dem Transistor T 1 liefert an der Regelstrecke den Steuerstrom für den Transduktor Ü 2.

In den Regelverstärker sind zwei RC-Glieder eingefügt: R 27, R 28/C 1 und R 29/C 2. Sie bestimmen den Frequenzgang des Regelkreises und sind in ihren Werten so gewählt, daß eine besonders günstige Ausregelzeit (s. Abschnitt 3.2.) erreicht wird.

4.2. Schutzschaltungen

4.2.1. Überspannungsschutz

Die Überspannungs-Schutzschaltung besteht aus einem Differenzverstärker mit den Transistoren T 10 und T 11 und dem Relais Rel 1. Der Basis des Transistor T 10 wird die durch den Transformator Ü 3 heruntertransformierte und anschließend getriggerte Ausgangsspannung des WS-10 zugeführt, während die Basis von T 11 an eine stabilisierte Spannung von + 15 V liegt. Im normalen Betrieb bleibt der Transformator gesperrt, da die am Potentiometer P 1 abgegriffene Spannung kleiner als die Ausgangsspannung des Stabilisators ist. Steigt nun die Ausgangsspannung des Stabilisators an, so wird auch die Basis von T 10 positiver bis bei einem bestimmten, mit dem Potentiometer P 1 einstellbaren Wert, Transistor T 10 leitend wird und Relais Rel 1 anzieht. Bei Auslieferung des Geräts ist das Potentiometer so eingestellt, daß der Überspannungsschutz bei einer Ausgangsspannung von $241 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$ anspricht.

Von den Kontakten des Relais sind zwei benutzt:

Umschaltkontakt rel 1 (5, 7, 8) trennt den Transformator Ü 7 vom Nullleiter und fällt die interne Stromversorgung und damit die Regelung aus. Der Steuerstrom des Transduktors J 2 wird zu Null und seine Induktivität nimmt ihren Größtwert an, durch tritt die maximal mögliche Abwärtstransformation ein, so daß die Ausgangsspannung in jedem Fall kleiner als die Netzspannung wird. Der genaue Wert der Ausgangsspannung hängt von der jeweils vorhandenen Netzspannung und

nungsabfall am Spartransformator Ü 1 - also von der Belastung - ab.

Mit dem Ausfall der internen Stromversorgung erlischt auch die Signallampe SL 1. Der Umschaltkontakt rel 1 (5, 7, 8) schaltet außerdem die Klemme 8 der Klemmleiste an den Nulleiter. Hierdurch kann eine Signalisierung vorgenommen werden, z. B. dadurch, daß eine Glühlampe (220 V, 75 W) an die Klemmen 9 und 8 geschaltet wird.

Der zweite benutzte Umschaltkontakt, rel 1 (11, 13, 14), legt nach dem Ansprechen des Relais die Basis des Transistors T 11 über R 48 an Masse, so daß die Überspannungsschutzschaltung nicht durch die inzwischen niedriger werdende Ausgangsspannung wie der außer Funktion gesetzt werden kann. Die Schutzschaltung hält sich also selbsttätig in der Arbeitsstellung und kann nur durch Ausschalten des Geräts wieder in die Ruhestellung gebracht werden.

4.2.2. Einschaltverzögerung

Da einerseits halbleiterbestückte Geräte sofort nach dem Einschalten betriebsbereit sind und andererseits die Zeitkonstante des zur Effektivwertmessung integrierenden Kaltleiters in der ersten Sekunde ein Überspringen der Ausgangsspannung zur Folge haben würde, ist beim WS-10 eine Einschaltverzögerung notwendig. Bis nämlich der Kaltleiterwiderstand annähernd den Wert des Vergleichswiderstandes R 63 erreicht, reagiert die Kaltleiterbrücke so, als sei die Ausgangsspannung zu niedrig und steuert den Regelverstärker ganz auf. Dieser Umstand würde zu einer unzulässig hohen Ausgangsspannung und damit zum Ansprechen des Überspannungsschutzes führen.

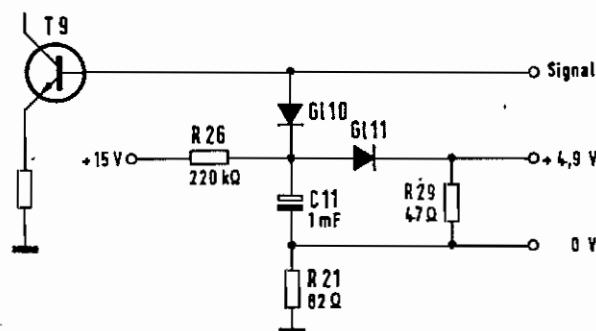


Bild 4-2 Schaltungsauszug:
Einschaltverzögerung

Dies verhindert die Diode G1 10, die das an der Basis des Transistors T 9 auftretende (positive) Steuersignal niederohmig nach Masse ableitet, bis der Kondensator C 11 auf 4,9 V aufgeladen ist (Bild 4-2). Inzwischen ist die Kaltleiterbrücke im Gleichgewicht und die richtige Ausgangsspannung hat sich eingestellt. Jetzt wird die Diode

Gl 11 leitend und verhindert ein weiteres Ansteigen der Spannung an C 11 an werden nur noch Steuerspannungswerte, die + 4,9 V übersteigen, unwirksam. Niedrigere und negative Spannungen gelangen unbeeinflusst an die T 9. Der Widerstand R 26 gleicht den Leckstrom des Kondensators C 11 aus. Beim Ausschalten oder bei Netzausfall entlädt sich C 11 sehr schnell über Gl 11 und den Widerstand R 29. Die Einschaltverzögerung kann deshalb sehr wirksam werden.

4.2.3. Endstufenschutz

Die hohen Spannungen und Ströme, die am Transduktor insbesondere bei Einschaltbedingungen (z. B. bei Kurzschluß am Ausgang oder beim Anschalten von Transformatoren) entstehen können, gefährden den Transistor T 1. Es ist deshalb eine Schutzschaltung zum Begrenzen seiner Kollektorspannung eingebaut. Bei besonders hohen Spannungen an der Vormagnetisierungswicklung wird der Endtransistor zusätzlich gesperrt (Bild 4-3).

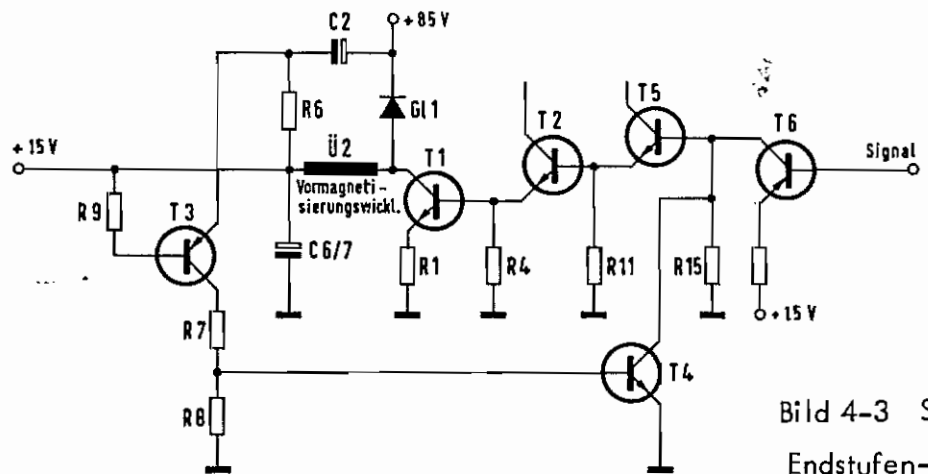


Bild 4-3 Schaltung Endstufen-Schutz

Übersteigt die Kollektorspannung 85 V, so wird die Diode Gl 1 leitend und die Spannungsspitze über C 2, R 6 und C 6 + C 7 kurz. Der dabei an den R 6 auftretende Spannungsabfall läßt von einem bestimmten Schwellwert an Transistor T 3 leitend werden, der seinerseits T 4 aufsteuert. Transistor T 4 schließt im leitenden Zustand die Signalspannung am Arbeitswiderstand R 15 des Endtransistors T 6 kurz, wodurch T 5, T 2 und der zu schützende Endtransistor gesperrt werden.

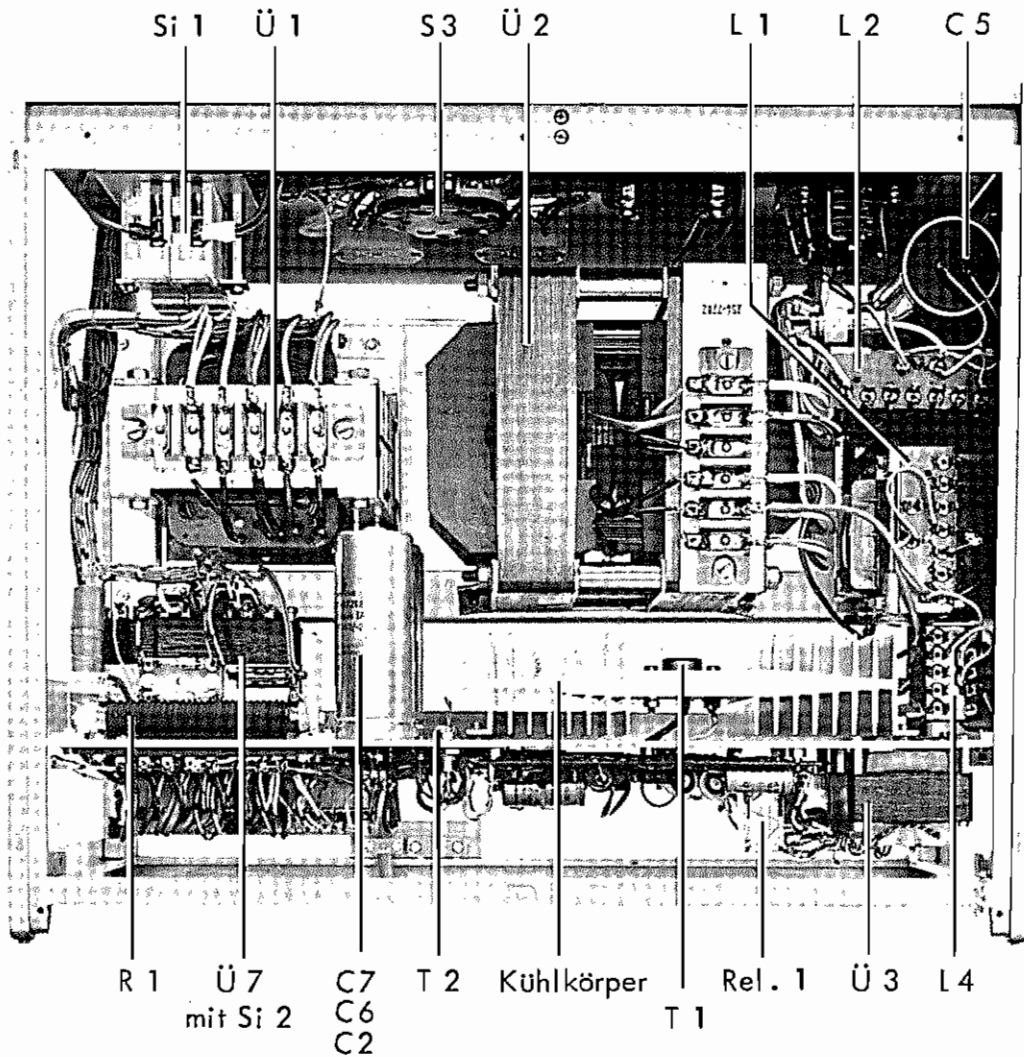


Bild 4-4 Der geöffnete WS-10 von oben gesehen

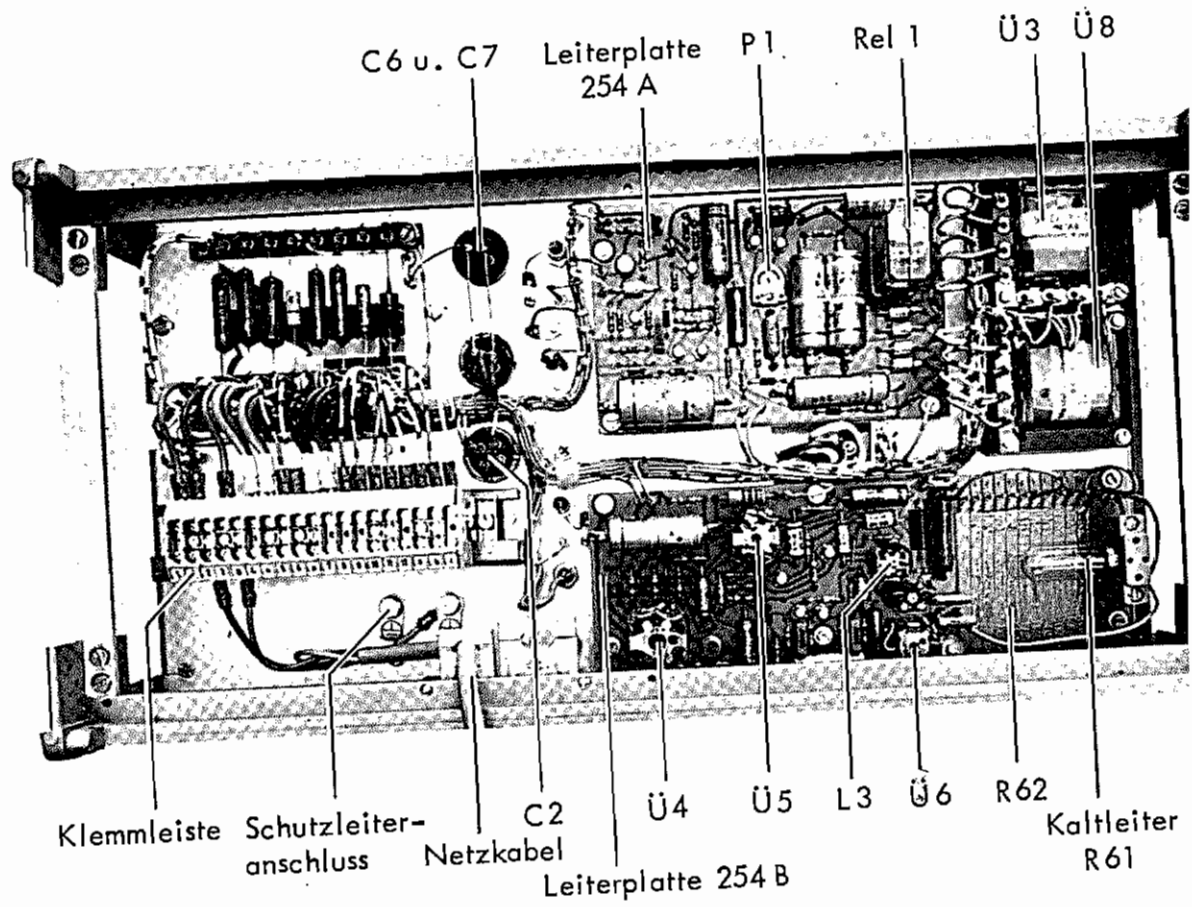


Bild 4-5 Der geöffnete WS-10 von hinten gesehen

5. WARTUNG UND SONSTIGES

5.1. Mechanischer Aufbau

Die Gehäuseabmessungen des Wechselspannungs-Stabilisators WS-10 entsprechen der DIN-Norm 41 494 sowie der amerikanischen Norm ASA C 83.9. Er kann daher in 19-Zoll-Gestelle eingebaut werden. Die dazu nötigen Umrüstarbeiten sind in Abschnitt 5.2. beschrieben.

Die Abdeckungen der Geräte bestehen aus einseitig kunststoffbeschichtetem Aluminiumblech. Sie lassen sich nach Herausschrauben der 12 Schrauben an der Geräte-rückseite nach hinten herausziehen. Danach sind die einzelnen Baugruppen gut zugänglich.

5.2. Einbau in 19-Zoll-Gestelle

Bei der Verwendung des Geräts als Einschub für 19-Zoll-Gestelle muß durch Auswechseln der Seitenteile des Gehäusezierrahmens die Frontplattenabmessung auf das Gestelleinbaumaß von 19 Zoll verbreitert werden.

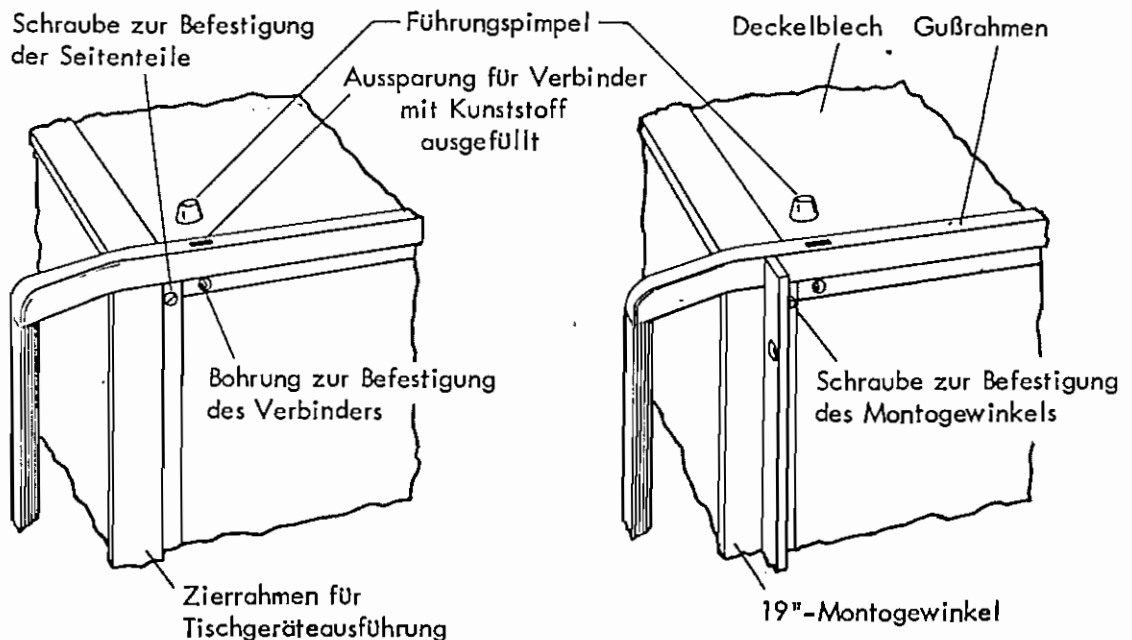


Bild 5-1 Auswechseln der Zierrahmen für Tischgeräte- bzw. Einschubausführung

Die Seitenteile des Zierrahmens sind nach Lösen von zwei Schrauben auszuwechseln (siehe Bild 5-1). Die Seitenteile des "Zierrahmens für Tischgeräteausführung" werden durch einen Satz 19"-Montagewinkel, Bestellnummer BN 556/5, ersetzt.

Nach Abnehmen des Boden- und Deckelblechs lassen sich die Fußleisten und Führungspimpel entfernen. Seiten, Boden- und Deckelblech sind jetzt wieder anzuschrauben, sofern dies die Wärmeentwicklung im Gestell zuläßt.

Anmerkungen zum Stromlaufplan (Circuit Diagram Details) WS-10

Elektrodenkennzeichnung von Dioden und Transistoren
(Electrode designation of diodes and transistors)

Dioden (Diodes)

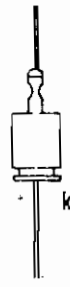
BAY 87



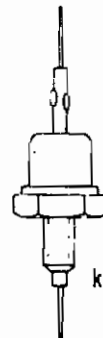
ZP 5,6
ZPD 5,6



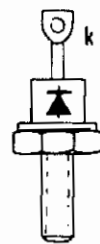
BYY 37
BYY 31



ZX 15



40 109 R

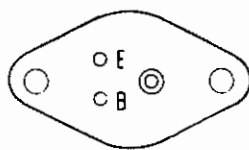


SK 1 /



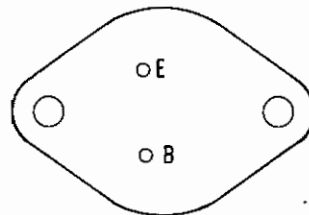
Transistoren (Transistors)

40 250



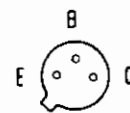
TO 66

2N 3442



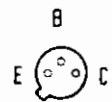
TO 3

BSY 54



TO 5

BCY 59 D



TO 18

2N 3906



Kollektor mit Gehäuse verbunden
Collector connected to casing

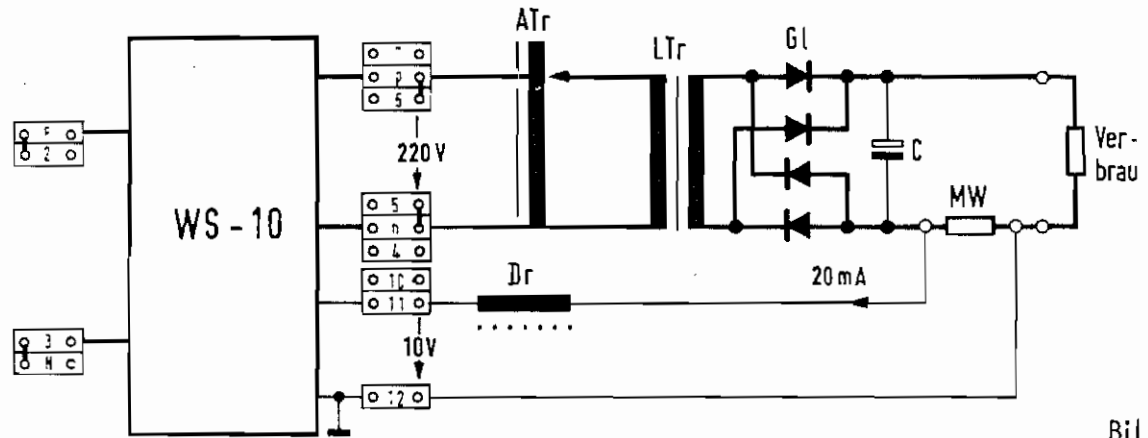


Bild 2-8

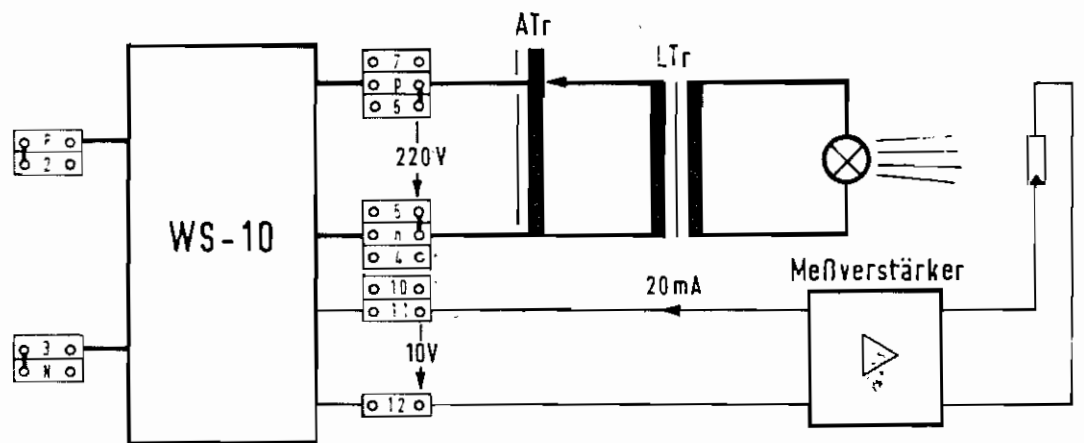


Bild 2-9

Brücke zwischen Klemmen 10 und 11 entfernen!

ATr : Anpassungs-Transformator

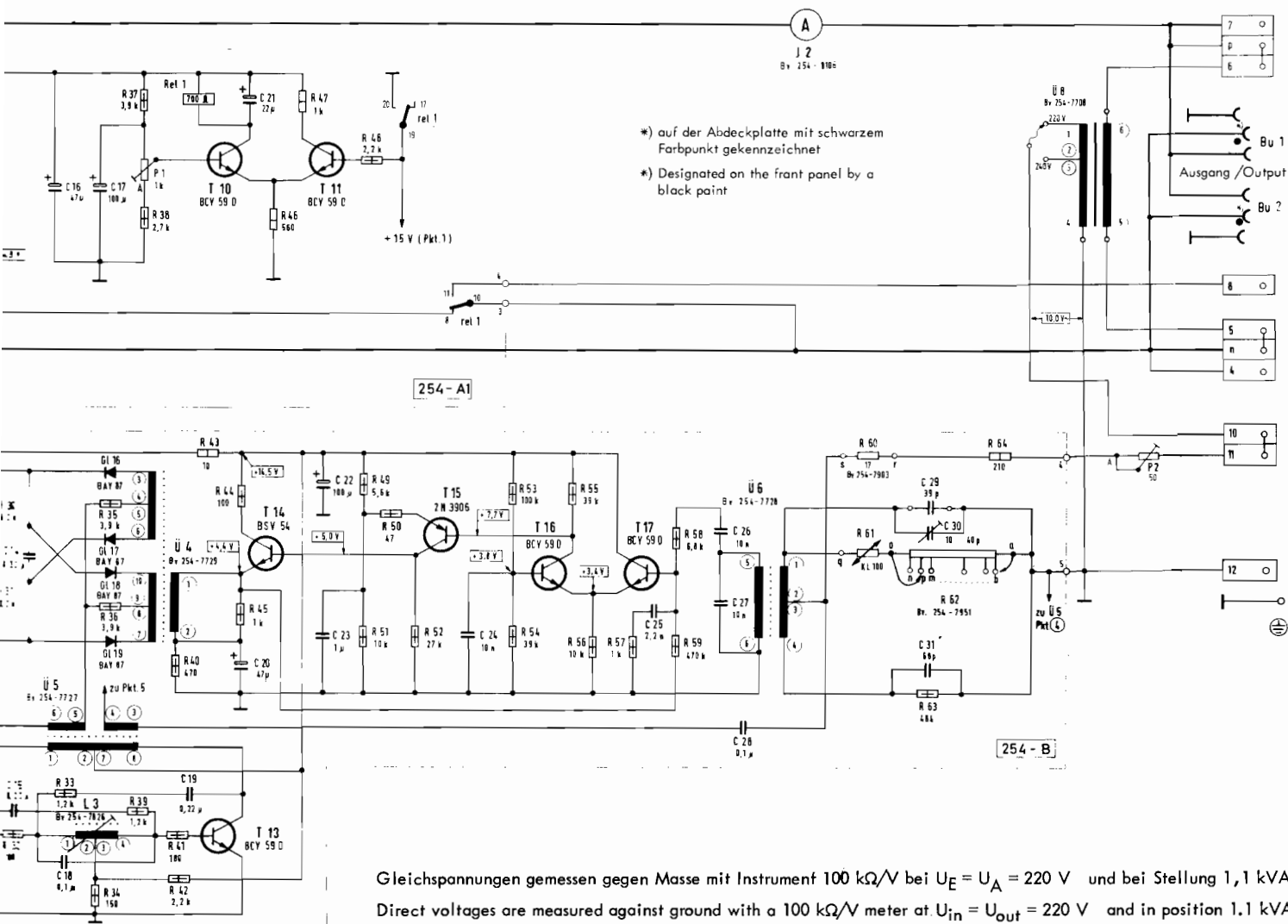
MW : Meßwiderstand

LTr : Leistungs-Transformator

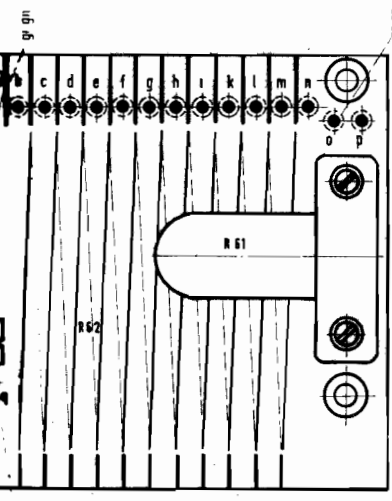
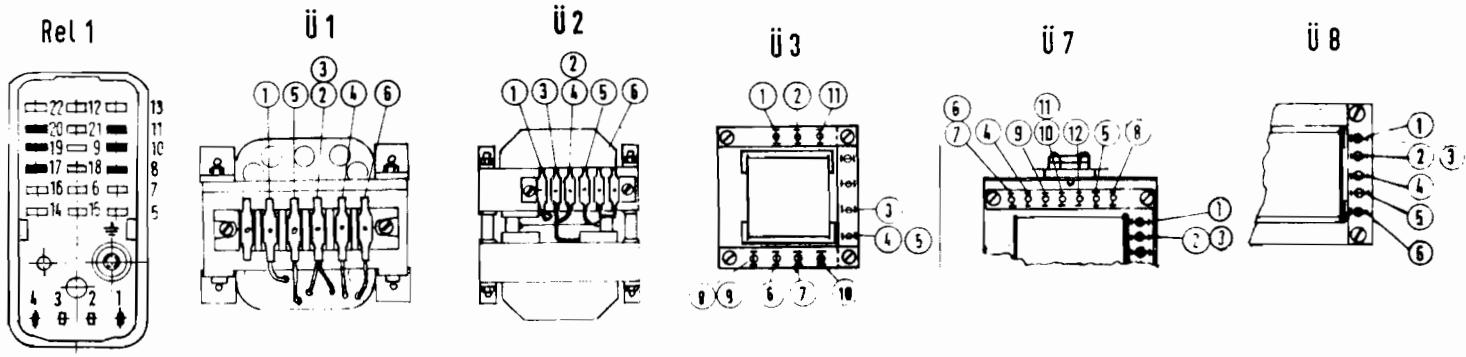
Dr : Drossel für 20 kHz (BN 7042)

Gl : Leistungs-Gleichrichter

Bild 2-8 u. 2-9: Vereinfachte Prinzipschaltungen



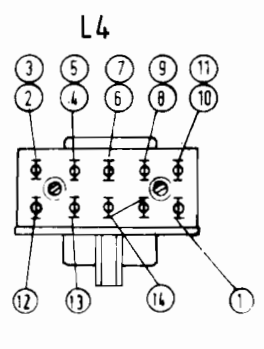
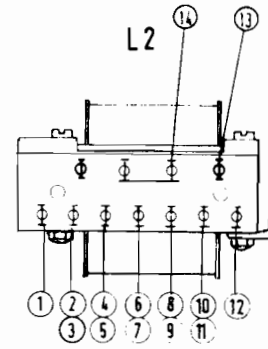
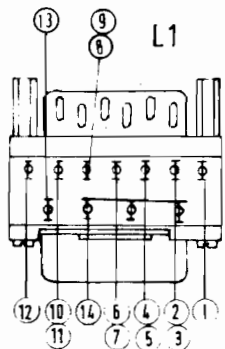
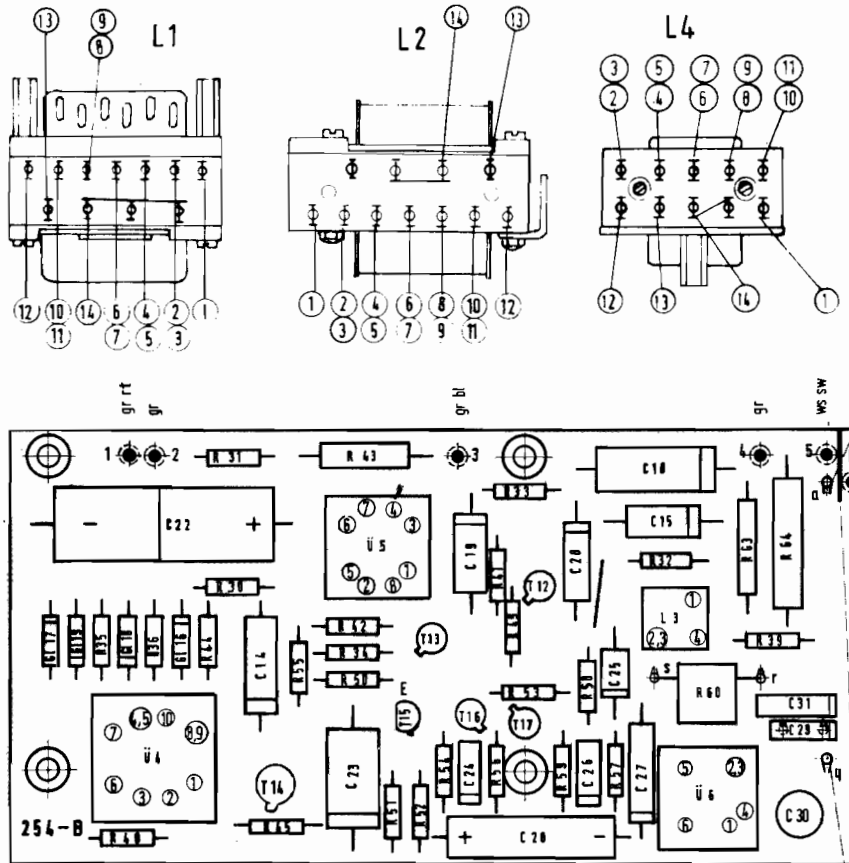
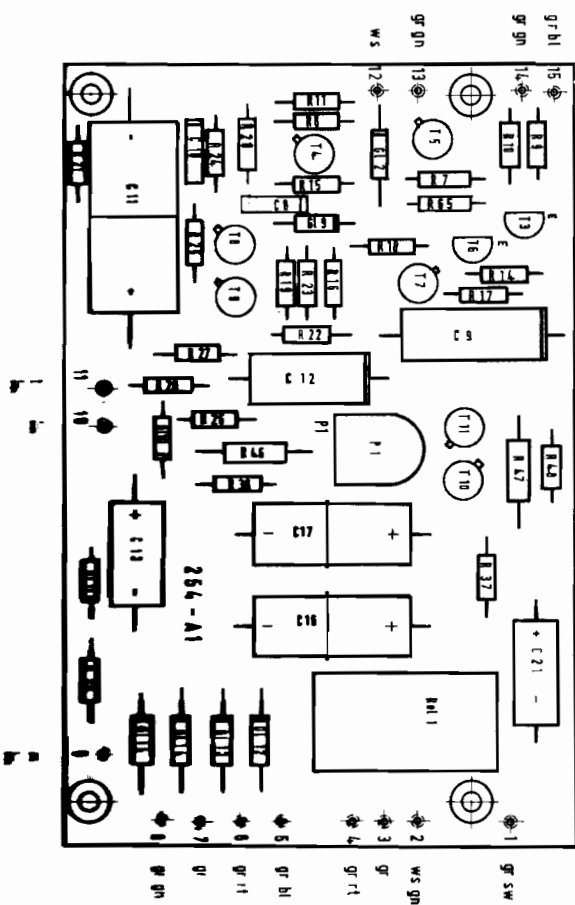
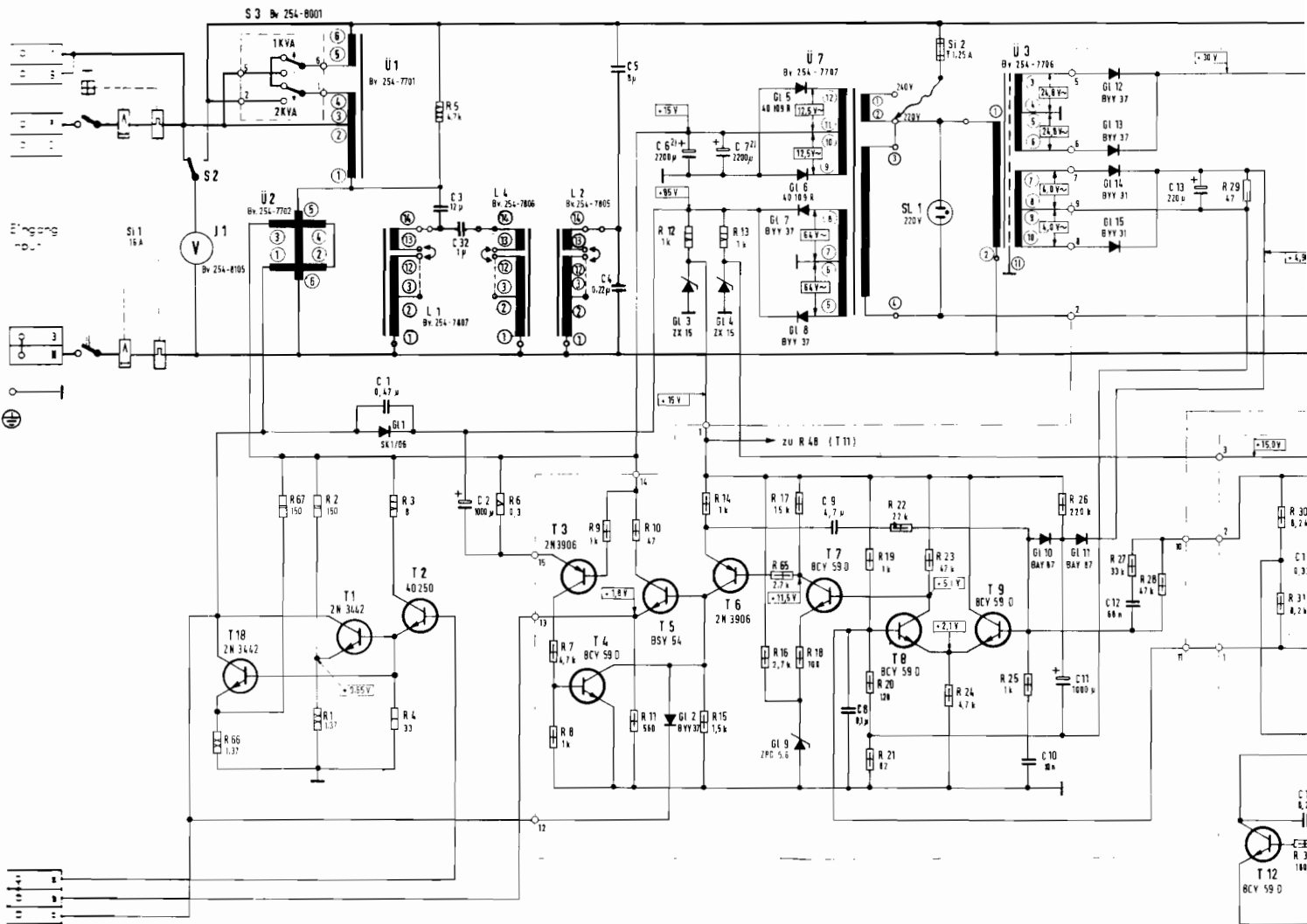
Gleichspannungen gemessen gegen Masse mit Instrument 100 k Ω /V bei $U_E = U_A = 220$ V und bei Stellung 1,1 kVA
Direct voltages are measured against ground with a 100 k Ω /V meter at $U_{in} = U_{out} = 220$ V and in position 1.1 kVA



Belastbarkeit der Widerstände
(Resistor Ratings)

1/4 W 1/3 W 1/2 W ab 1 W röm. Ziffern
 (roman numerals upwards from 1 W)

WS-10
Wechselspannungs-Stabilisator
AC Voltage Stabilizer



Widerstände (Resistors)

R 1	1,37 Ω	20 W	5 %	Draht (wire)
R 2	150 Ω	2 W	5 %	
R 3	8 Ω	6 W	5 %	Draht (wire)
R 4	33 Ω	1 W	5 %	
R 5	4,7 k Ω	25 W	10 %	Draht (wire)
R 6	0,3 Ω	5 W	10 %	Draht (wire)
R 7	4,7 k Ω	0,25 W	5 %	
R 8, 9	1 k Ω	0,25 W	5 %	
R 10	47 Ω	0,25 W	5 %	
R 11	560 Ω	0,25 W	5 %	
R 12, 13	1 k Ω	6 W	5 %	Draht (wire)
R 14	1 k μ	0,25 W	5 %	
R 15	1,5 k Ω	0,25 W	5 %	
R 16	2,7 k Ω	0,25 W	5 %	
R 17	15 k Ω	0,25 W	5 %	
R 18	100 Ω	0,25 W	5 %	
R 19	1 k Ω	0,25 W	5 %	
R 20	120 Ω	0,25 W	5 %	
R 21	82 Ω	0,25 W	5 %	
R 22	22 k Ω	0,25 W	1 %	
R 23	47 k Ω	0,25 W	5 %	
R 24	4,7 k Ω	0,25 W	5 %	
R 25	1 k Ω	0,25 W	5 %	
R 26	220 k Ω	0,25 W	5 %	
R 27	33 k Ω	0,25 W	1 %	
R 28	47 k Ω	0,25 W	1 %	
R 29	47 Ω	0,5 W	5 %	
R 30, 31	8,2 k Ω	0,25 W	5 %	
R 32	180 Ω	0,25 W	5 %	
R 33	1,2 k Ω	0,25 W	5 %	
R 34	150 Ω	0,25 W	5 %	
R 35...37	3,9 k Ω	0,25 W	5 %	
R 38	2,7 k Ω	0,25 W	5 %	
R 39	1,2 k Ω	0,25 W	5 %	
R 40	470 Ω	0,25 W	5 %	
R 41	180 Ω	0,25 W	5 %	
R 42	2,2 k Ω	0,25 W	5 %	
R 43	10 Ω	1 W	5 %	
R 44	100 Ω	0,25 W	5 %	
R 45	1 k Ω	0,25 W	5 %	
R 46	560 Ω	1 W	5 %	
R 47	1 k Ω	1 W	5 %	
R 48	2,2 k Ω	0,25 W	5 %	
R 49	5,6 k Ω	0,25 W	5 %	
R 50	47 Ω	0,25 W	5 %	

R 51	10 kΩ	0,25 W	5 %	
R 52	27 kΩ	0,25 W	5 %	
R 53	100 kΩ	0,25 W	5 %	
R 54, 55	39 kΩ	0,25 W	5 %	
R 56	10 kΩ	0,25 W	5 %	
R 57	1 kΩ	0,25 W	5 %	
R 58	6,8 kΩ	0,25 W	1 %	
R 59	470 kΩ	0,25 W	1 %	
R 60	17 kΩ	Bv. 254-7903	5 %	Draht (wire)
R 61	KL 100 gelb (yellow)			Kaltleiter (PTC)
R 62	2 x 4,5 Ω + 10 x 9 Ω	Bv. 254-7951		Draht (wire)
R 63	484 Ω	0,25 W	0,5 %	Metallschicht (metal)
R 64	210 Ω	0,5 W	0,5 %	Metallschicht (metal)
R 65	2,7 kΩ	0,25 W	5 %	
R 66	1,37 Ω	20 W	5 %	Draht (wire)
R 67	150 Ω	2 W	5 %	

Potentiometer (Potentiometers)

P 1	1 kΩ	1 W	lin.	
P 2	50 Ω	3 W		DIN 44 102

Kondensatoren (Capacitors)

C 1	0,47 μF	100 V	± 10 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 2	1000 μF	70 V	+50/-10 %	Elko
C 3	12 μF	480 V~	5 %	MP
C 4	0,22 μF	400 V	10 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 5	8 μF	260 V~	10 %	MP
C 6, 7	2200 μF	40 V	+50/-10 %	Elko
C 8	0,1 μF	100 V	20 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 9	4,7 μF	100 V	10 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 10	10 nF	630 V	20 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 11	1000 μF	6 V	+50/-10 %	Elko
C 12	68 nF	250 V	5 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 13	220 μF	6 V	+50/-10 %	Elko
C 14	0,33 μF	100 V	± 10 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 15	0,22 μF	100 V	20 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 16	47 μF	70 V	+50/-10 %	Elko
C 17	100 μF	35 V	+50/-10 %	Elko
C 18	0,1 μF	250 V	5 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 19	0,22	100 V	20 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 20	47 μF	16 V	+50/-10 %	Elko
C 21	22	40 V	+50/-10 %	Elko
C 22	100 μF	35 V	+50/-10 %	Elko
C 23	1 μF	100 V	10 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 24	10 nF	630 V	20 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 25	2,2 nF	160 V	2 %	Kunst.-Folie (plastic foil)

SCHALTTEILLISTE (Parts List) Forts. (cont.)

WS-10

C 26	10 nF	630 V	20 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 27	10 nF	250 V	2 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 28	0,1 μ F	100 V	20 %	Kunst.-Folie (plastic foil)
C 29	39 pF	500 V N 150	2 %	Keram.
C 30	10...40 pF	400 V N 750		Trimmer
C 31	68 pF	500 V N 150	2 %	Keram.
C 32	1 μ F	480 V~	10 %	MP

Transistoren (Transistors)

T 1	2 N 3442	RCA
T 2	40250	RCA
T 3	2 N 3906	Motorola
T 4	BCY 59 D	Intermetall
T 5	BSY 54	Intermetall
T 6	2 N 3906	Motorola
T 7...13	BCY 59 D	Intermetall
T 14	BSY 54	Intermetall
T 15	2 N 3906	Motorola
T 16, 17	BCY 59 D	Intermetall
T 18	2 N 3442	RCA

Dioden (Diodes)

GI 1	SK 1/06	Semikron
GI 2	BYY 37	Intermetall
GI 3, 4	ZX 15	Intermetall
GI 5, 6	40109 R	RCA
GI 7, 8	BYY 37	Intermetall
GI 9	ZPD 5,6	Intermetall
GI 10, 11	BAY 87	Telefunken
GI 12, 13	BYY 37	Intermetall
GI 14, 15	BYY 31	Intermetall
GI 16...19	BAY 87	Telefunken

Sicherungen (Fuses)

Si 1	2polig 16 A	5 S P 2 26	Siemens
Si 2	T 1,25 B		

Lampen (Lamps)

SI 1	220 V
------	-------

Instrumente (Meters)

J 1	Bv. 254-8105
J 2	Bv. 254-8106

Übertrager (Transformers)

Ü 1	Bv. 254-7701
Ü 2	Bv. 254-7702
Ü 3	Bv. 254-7706
Ü 4	Bv. 254-7729
Ü 5	Bv. 254-7727
Ü 6	Bv. 254-7728
Ü 7	Bv. 254-7707
Ü 8	Bv. 254-7708

Spulen (Coils)

L 1	Bv. 254-7807
L 2	Bv. 254-7805
L 3	Bv. 254-7826
L 4	Bv. 254-7806

Relais

Rel 1 AZ 431-70-103

Zettler

Sollten die Werte bestimmter Bauelemente in den Stromlaufplänen und Schaltteillisten differieren, so sind stets die Angaben in den Schaltteillisten als verbindlich anzusehen.

Bei der Bestellung von Ersatzteilen sind folgende Angaben notwendig:
Bestellnummer, Gerätenummer und Positionsnummer des Bauelements, z. B.

BN 254	Nr. 38289 G	C 31

If the values of individual parts listed in the circuit diagrams and parts lists should differ from another, those values given in the parts lists are valid.

When ordering spare parts the following informations should be given:
Order number, serial number of the instrument and position number of the part, e.g.

BN 254	No. 38289 G	C 31