

Beschreibung

PHASENMESSER

Type PZN BN 1941

ENGLISH INSTRUCTION BOOK
see page 24

Anmerkung: Wir bitten, bei technischen Anfragen, insbesondere bei einer Anforderung von Ersatzteilen, außer der Type und Bestellnummer (BN) immer auch die Fabrikationsnummer (FNr.) des Gerätes anzugeben.

Ausgabe R 8391/463 d/e

R 8391
463
Bl. 1
(49 Bl.)



1. Eigenschaften

Meßbereiche	$0^\circ \dots 45^\circ / 0^\circ \dots 90^\circ / 0^\circ \dots 180^\circ$ $0^\circ \dots 360^\circ / 180^\circ \dots 225^\circ / 180^\circ \dots 270^\circ$ $180^\circ \dots 360^\circ$
Zusätzlich wählbar	Addition von 180° in beiden Kanälen Anzeige von $360^\circ - \varphi$ (zur genaueren Ablesung zwischen 270° und 360°)
Fehlergrenzen	$\pm 3^\circ$, hinzu kommt oberhalb 50 kHz ein vom Amplitudenverhältnis abhän- giger Fehler nach Kurve Bild 1
Kleinster meßbarer Winkel	$1,5^\circ \cdot \frac{f_{kHz}}{100 \text{ kHz}}$ (entsprechend 45 ns)
Frequenzbereich	10 Hz...500 kHz
Spannungsbereiche	0,1...25 V_{eff} direkt und 2,5...250 V_{eff} mit Vorteiler (Effektivwerte gelten für Sinusform) Vorteiler sind für Kanal A und B getrennt einschaltbar
Eingänge (Kanal A und B)	unsymmetrische, koaxiale 13-mm- Buchsen DIN 47284
Eingangswiderstand	1 M Ω 25 pF
Schreiberanschluß	angepaßt an Gleichspannungsschrei- ber Type ZSG
Spannung am Schreiber Ausgang	3 V im Leerlauf, rückwirkungsfrei, regelbar (Zwischen dem Ausgang und Masse liegt eine Spannung von etwa 150 V)
Innenwiderstand	etwa 500 k Ω
Netzanschluß	115/125/220/235 V ± 10 % 47...63 Hz (130 VA)
Bestückung	7 Röhren E 88 CC 6 Röhren ECC 85 1 Röhre EF 804 S 3 Röhren EL 86 1 Stabilisator 85 A 2 1 Zwergglühlampe 220 V 1 Schmelzeinsatz 1 C DIN 41571 (für 220/235 V)
Abmessungen	540 x 234 x 378 mm (R&S-Normkasten Größe 56)
Gewicht	24 kg

R 8391
463
Bl. 2

2. Anwendung

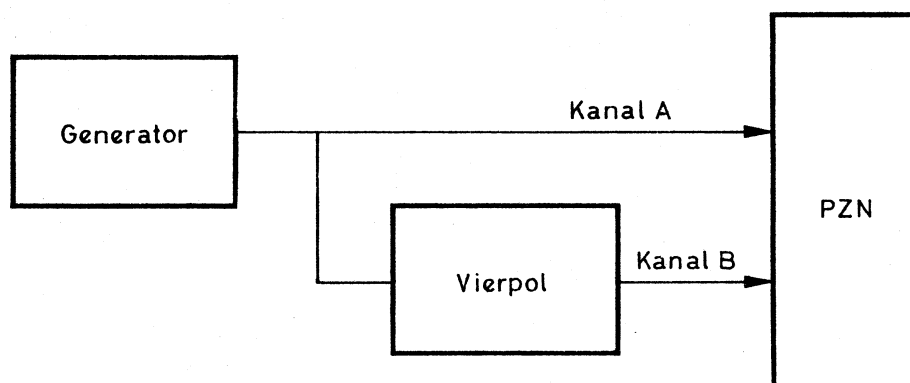
Der direktzeigende Phasenmesser Type PZN gestattet im Frequenzbereich 10 Hz...500 kHz die Messung des Phasenwinkels zwischen zwei kohärenten Wechselspannungen, solange diese nicht mehr als einen Nulldurchgang je Periode aufweisen.

Die Anzeige ist von der Größe der Eingangsspannung in den Amplitudenbereichen $100 \text{ mV}_{\text{eff}}$... $25 \text{ V}_{\text{eff}}$ und $2,5 \text{ V}_{\text{eff}}$... $250 \text{ V}_{\text{eff}}$ und deren Gleichheit in den beiden Kanälen weitgehend unabhängig.

Der hohe Eingangswiderstand belastet das Meßobjekt nur unwesentlich. Sollte an der oberen Frequenzgrenze eine Verfälschung des Meßwertes durch die Eingangskapazität eintreten, so empfiehlt sich die Verwendung eines kapazitätsarmen Tastkopfes.

Das Anwendungsgebiet ist sehr vielfältig. Genannt sei die Messung des Betriebswinkels von Vierpolen wie Filter, Verstärker und sonstiger Netzwerke. Aus dem Meßergebnis läßt sich auch die Laufzeit ermitteln. Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind die Eichung von Phasenschiebern, die Messung des $\cos\varphi$ in der Starkstromtechnik und der mittels Phasenmessung sehr genau durchführbare Vergleich zweier Frequenzen.

a) Betriebswinkelmessung von Vierpolen



Soll in dieser Anordnung auch die Betriebsdämpfung gemessen werden, so empfiehlt sich die Verwendung des für diesen Zweck speziell entwickelten Doppelröhrenvoltmeters Type UDF.

b) Eichung von Phasenschiebern

Mit der Meßschaltung nach a) lassen sich in einfachster Weise Phasenschieber eichen, wenn der Vierpol durch den zu eichenden Phasenschieber ersetzt wird.

c) Messung und Eichung von Laufzeitketten

Wird ebenfalls nach Meßschaltung a) der Vierpol durch eine Laufzeitkette ersetzt, so läßt sich bei bekannter Frequenz und gemessenem Winkel die Laufzeit nach

$$t = \frac{1}{f} \cdot \frac{\varphi}{360^\circ}$$

angeben.

Für $f = 500 \text{ kHz}$ und $\varphi = 7^\circ$ folgt $t \approx 50 \text{ ns}$ als kleinste meßbare Laufzeit.

d) Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Kabeln

Wird die Laufzeitkette durch ein beiderseitig mit seinem Wellenwiderstand abgeschlossenes Kabel ersetzt, so läßt sich bei bekannter Länge und Frequenz und gemessenem Winkel die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach

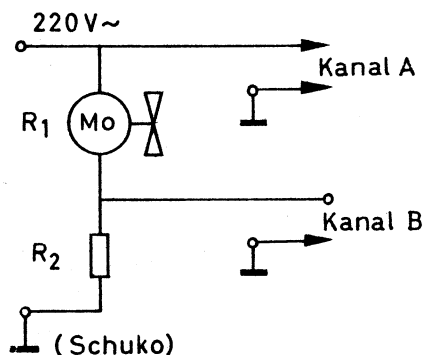
$$v_{\text{Kabel}} = l \cdot \frac{360^\circ}{\varphi} \cdot f$$

angeben.

Für $l = 50 \text{ m}$ ($Z = 75 \Omega$), $f = 100 \text{ kHz}$, $\varphi = 18^\circ$, folgt $v_{\text{Kabel}} = 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

$$\left[\frac{v_{\text{Kabel}}}{v_{\text{Vakuum}}} = \frac{1}{3} \right]$$

e) Messung des $\cos\varphi$ mit großer Genauigkeit auch für kleine Verbraucher



Der $\cos\varphi$ läßt sich in der nebenstehend skizzierten Anordnung bestimmen, wenn $R_2 \ll |R_1|$ gemacht wird. Durch den großen Amplitudenbereich des PZN unter Benutzung eines Vorteilers kann man diese Bedingung immer erfüllen.

f) Messung der Resonanzfrequenz von Schwingkreisen

Wird nach Meßschaltung e) R_1 , z.B. durch einen Reihenresonanzkreis ersetzt, so läßt sich die Resonanzfrequenz sehr genau messen, weil dabei der Phasenwinkel relativ steil durch Null läuft, die Amplitude dagegen ein mehr oder weniger breites Maximum aufweist.

g) Frequenzvergleich

Häufig besteht die Aufgabe, zwei Frequenzen verschiedener Herkunft in Übereinstimmung zu bringen. Für grobe Annäherung wird dabei meist die Differenzfrequenz (Schwebung) auf Null oder auf ein Minimum gebracht. Ein Verfahren, das eine wesentlich schärfere Beobachtung erlaubt, ist der Phasenvergleich, der im allgemeinen mit Hilfe einer Lissajousfigur auf dem Schirm eines Katodenstrahloszilloskops durchgeführt wird. Störend ist dabei die stark ungleichförmige Drehbewegung der Figur. Demgegenüber ermöglicht der Phasenmesser PZN eine konstante Beobachtungsmöglichkeit der momentanen Phasenänderung unabhängig vom augenblicklichen Phasenwinkel bei sehr hoher Auflösung.

Zur Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten stehen zwei Zusatzgeräte zur Verfügung. Das Doppelröhrenvoltmeter Type UDF (BN 19451) wirkt einerseits als Verstärker für die beiden Spannungen und macht sie daher auch bei Amplituden unter 100 mV der Phasenmessung zugänglich. Andererseits können beide Spannungen mit diesem Gerät gemessen werden, so daß neben der Phasendifferenz auch z.B. die Betriebsdämpfung des Meßobjektes ermittelt werden kann.

Das zweite Gerät, der Frequenzumsetzer Type UFF (BN 19452), ermöglicht eine Erweiterung hinsichtlich der Frequenz. Die obere Frequenzgrenze wird durch dieses Gerät auf 50 MHz verlegt. Das vorher genannte Doppelröhrenvoltmeter UDF dient dann als Zwischenfrequenzverstärker.

Die drei Geräte

der Phasenmesser	PZN	BN 1941
das Doppelröhrenvoltmeter	UDF	BN 19451 und
der Frequenzumsetzer	UFF	BN 19452

bilden zusammen den Phasen- und Dämpfungsmeßplatz PDF BN 19450 mit einem Frequenzbereich von 10 Hz bis 50 MHz.

3. Bedienung

Inbetriebnahme

Das Gerät wird im Werk auf 220 V eingestellt und mit 1 A abgesichert. Für die niedrigeren Netzspannungen wie 115 V und 125 V ist eine 2-A-Sicherung einzusetzen. Der Sicherungshalter befindet sich leicht zugänglich am Netztransformator.

Nach dem Einschalten empfiehlt es sich, das Gerät etwa 5 Minuten einlaufen zu lassen. Danach wird der Bereichschalter in Stellung „Eichen“, der mittlere Kippschalter unter dem Instrument in Stellung „360°-φ“ gebracht und mit dem Eichregler exakt Endausschlag am Instrument eingestellt. Das Gerät ist nun betriebsbereit.

Meßvorgang

Ist noch keine Meßspannung angelegt, so pendelt infolge der nichtsynchronisierten Multivibratoren der Instrumentenzeiger zwischen 0° und 360° hin und her. Um zu vermeiden, daß er dabei dauernd gegen den Anschlag prallt, soll der Bereichschalter zunächst auf „0°...360°“ stehen. Bei etwa 40 mV_{eff} Eingangsspannung werden beide Multivibratoren einwandfrei mitgenommen und bei 100 mV_{eff} die garantierten Genauigkeiten erreicht.

Eine rasche und präzise Überprüfung läßt sich im Kurzschlußbereich erreichen, wenn beide Eingänge über gleich lange Kabel mit einem Generator verbunden und sowohl der Amplituden- als auch der Frequenzbereich in den datenmäßigen Grenzen variiert werden. Bringt man den Bereichschalter in den 45°-Bereich, so läßt sich die Abweichung beider Kanäle um $\pm\Delta\varphi$ bei Betätigung des mittleren Kippschalters in Stellung „φ“ bzw. „360°-φ“ jeweils messen. Für sehr kleine Werte für $\Delta\varphi$ schwankt die Anzeige bedingt durch Auflösungsvermögen und Trägheit entweder unstetig über den gesamten Meßbereich oder aber steht konstant in Mittelstellung, d.h. bei 180°. Eine Kontrolle darüber, daß der vorliegende Phasenwinkel in diesem Falle nahe 0° ist, läßt sich leicht durch eine Addition von 180° durchführen, wobei dann der Ausschlag entsprechend genau 180° betragen muß. Je mehr die Meßfrequenz sich der oberen Frequenzgrenze nähert, desto größer wird dieser Unsicherheitsbereich. Er beträgt bei 500 kHz schließlich $\pm 8^\circ$.

Zu beachten ist ferner ein zusätzlicher frequenzabhängiger Anzeigefehler, der nur bei unterschiedlichen Eingangsamplituden auftritt. Die Kurven in Bild 1 zeigen die auftretenden Fehler in Abhängigkeit von der Frequenz bei verschiedenen Verhältnissen der Eingangsamplituden. Die Kurven stellen allerdings die Fehler für den ungünstigen Fall dar, wenn nämlich die kleinere Eingangsamplitude nur 100 mV beträgt. Bei gleichem Spannungsverhältnis, aber absolut höheren Spannungswerten werden die Fehler rasch kleiner.

Die Ursache dieses Fehlers liegt in dem unterschiedlichen Frequenzinhalt in beiden Kanälen und den durch unterschiedliche Laufzeiten der Frequenzanteile sich ergebenden Verschiebungen im Nulldurchgang. Im Kanal mit der kleineren Amplitude werden z.B. die ersten beiden Begrenzerstufen von Sinusspannung durchlaufen und erst die 3. Begrenzerstufe von Trapezspannung, während im anderen Kanal alle 3 Begrenzerstufen von Trapezspannung durchlaufen werden.

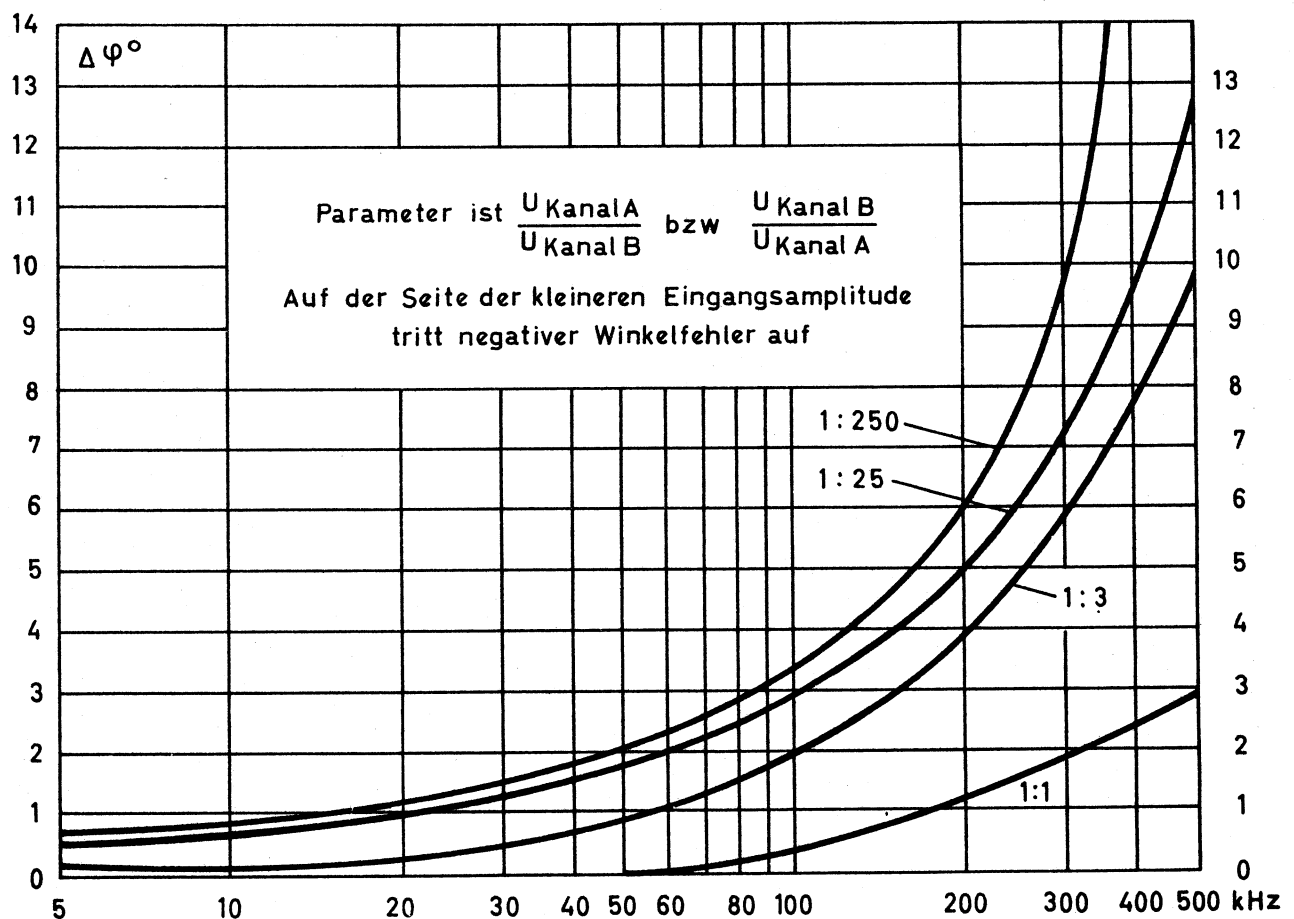
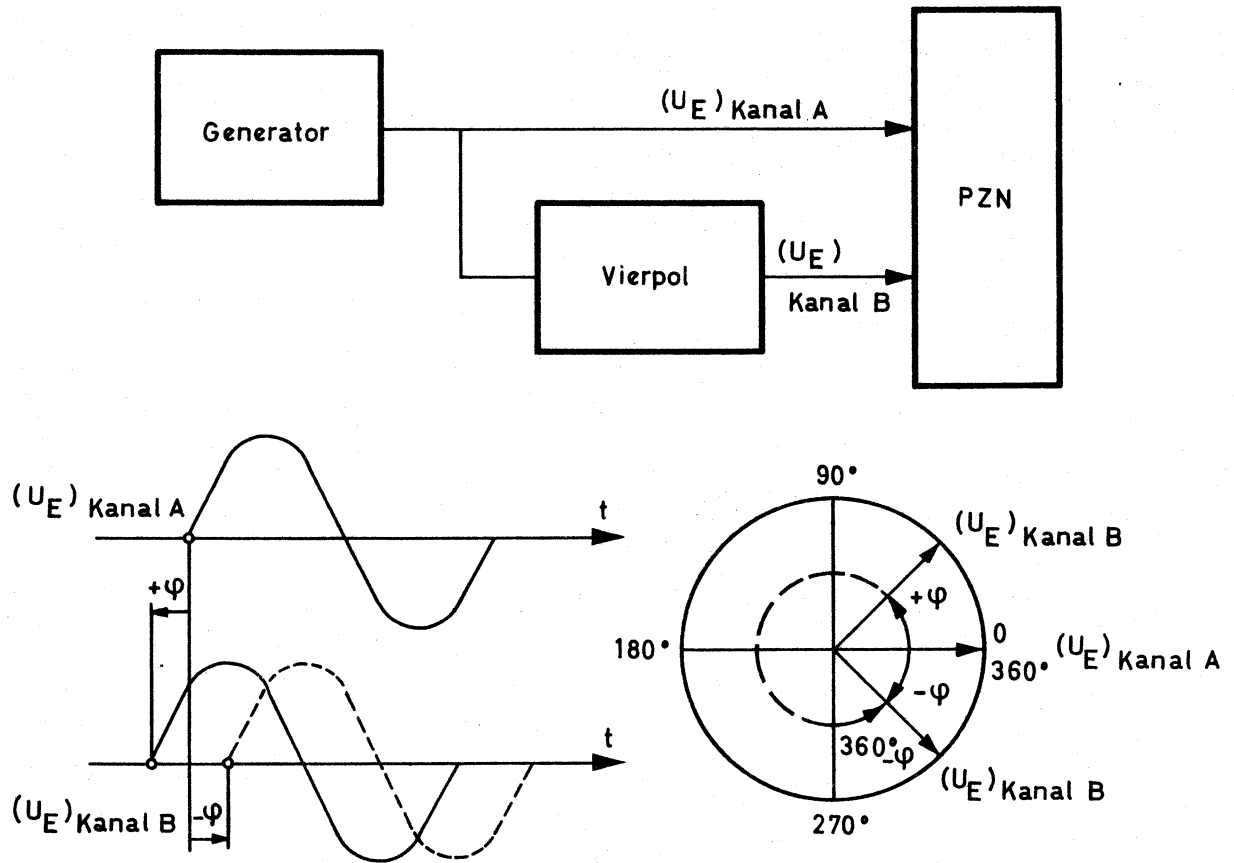


Bild 1. Fehlerkurven für verschiedene Eingangs-Amplitudenverhältnisse
 Kurven gelten für den ungünstigsten Fall mit $U_{\text{min}} = 100 \text{ mV}$

Definition des angezeigten Winkels

Erhält Kanal A die Bezugsspannung und Kanal B die Meßspannung (siehe untenstehende Skizze), so zeigt das Anzeigeinstrument (alle Kippschalter in Stellung φ) für den Fall einer zeitlichen Voreilung von (U_E) Kanal B gegenüber (U_E) Kanal A (induktives Verhalten) den Winkel φ an.



Eilt (U_E) Kanal B gegenüber (U_E) Kanal A zeitlich nach (kapazitives Verhalten), so wird der Winkel $-\varphi = 360^\circ - \varphi$ angezeigt. Schaltet man den mittleren Bereichkippschalter in Stellung „ $360^\circ - \varphi$ “, so kann $-\varphi$ direkt abgelesen werden.

Die in jedem Kanal wählbare zusätzliche Addition des konstanten Winkels von $\varphi = 180^\circ$ (frontplattenseitiger Kippschalter) ist dann von Vorteil, wenn eine Winkeländerung um $\varphi = 0$ herum zu messen ist; dadurch entfällt die ständige Umschaltung von „ φ “ auf „ $360^\circ - \varphi$ “. Außerdem kann durch diese Möglichkeit die durch eine Röhre bedingte Phasenverschiebung von 180° eliminiert werden.

4. Arbeitsweise und Aufbau

Prinzip

Die zwei phasenverschobenen Wechselfspannungen werden beim Durchlaufen der identischen Kanäle A und B in Rechteckspannungen konstanter Flankensteilheit umgewandelt. Dies geschieht durch 3 Begrenzerstufen, deren trapezförmige Ausgangsspannung jeweils einen nachfolgenden Multivibrator synchronisieren. Durch Differentiation entstehen gegeneinander um die Phasenverschiebung versetzte Nadelimpulse, die nach Abschneidung der positiven Impulse ein Flip-Flop anstoßen. Wird nun durch einen Impuls aus Kanal A ein System der Flip-Flop-Stufe leitend und durch einen folgenden Impuls aus Kanal B wieder gesperrt, so ist der mittlere Katodenstrom ein direktes Maß für den Phasenwinkel. Die Unterteilung des gesamten 360° -Meßbereiches erfolgt durch Umschaltung des Anzeigeteils auf verschiedene Empfindlichkeiten. Ein umschaltbarer Eingangsteiler sorgt für die Unterscheidung der beiden Amplitudenbereiche 0,1...25 V und 2,5...250 V.

Aufbau

Die Eingänge des Gerätes sind unsymmetrisch und mit coaxialen 13-mm-Buchsen (DIN 47284) ausgerüstet. Parallel zur Buchse liegt ein Trimmer, der zur genauen Einstellung der Eingangskapazität auf 25 pF dient. Darauf folgen der Vorteiler und die Phasenumkehrstufe. Diese bewirkt eine Addition von 180° und ermöglicht bei Messungen an Verstärkerstufen, die die Phase umkehren, die Benutzung des 45° -Meßbereiches bei kleinen sich um 180° bewegenden Winkeln. Außerdem enthält die Phasenumkehrstufe verschiedene Kompensationsmöglichkeiten, damit Fehler, die an der oberen Frequenzgrenze durch Schaltkapazitäten hervorgerufen werden, ausgeglichen werden können (C9, C12, C13 bzw. C109, C112, C113). Drei amplitudenmäßig gestaffelte Begrenzungsverstärker besorgen durch Verstärkung und anschließender Symmetrierabkappung die Umwandlung der Eingangsspannung in eine Trapezspannung. Dabei ist die Symmetrie der Abkappung sehr kritisch, weil bei einer unsymmetrischen Spannung die Nadelimpulse nicht genau im Nulldurchgang ausgelöst werden und dadurch eine Fehl-anzeige bewirken. Vom letzten Begrenzungsverstärker wird ein im Leer-

R 8391
463
Bl. 9

lauf mit etwa 2 Hz schwingender Multivibrator synchronisiert. Er liefert eine Rechteckspannung mit frequenzunabhängiger Flankensteilheit (etwa 80 ns), die anschließend differenziert wird. Eine Diode unterdrückt gleichzeitig die negativen Nadelimpulse. Die positiven Impulse steuern eine Verstärkerstufe an. Ihre Gittervorspannung wird mit einer Zenerdiode stabilisiert. Sie beträgt im Normalfall -6,5 V und wird zur Sperrung des Kanals auf -30 V erhöht. Von der Anode des Impulsverstärkers werden negative Nadelimpulse (ungefähr 13 V_{ss}) an das Flip-Flop geleitet. Die Gitterzuleitung des gesperrten Systems wird zur Verhütung von Anzeigefehlern durch eventuell auftretende Störspannungen mit einer vorgespannten Diode unterbrochen. Zur Anzeige dient der mittlere Katodenstrom eines Systems. Die Empfindlichkeit des Instrumentes wird mit Parallelwiderständen verändert, wobei jeweils mitumgeschaltete Vorwiderstände den Gesamtwiderstand der Anordnung über alle Bereiche konstant halten. Dies ist notwendig, um den Spannungsabfall und somit die Gittervorspannung des stromführenden Systems für sämtliche Meßbereiche konstant zu halten. Der Vollausschlag des Anzeigeinstrumentes kann mit dem gemeinsamen Katodenwiderstand R181 eingestellt werden (Eichen). Die Symmetrierung der Endausschläge für die Schaltungsstellungen „φ“ und „360°-φ“ wird an einem niederohmigen Potentiometer, das vor den beiden Anodenwiderständen des Flip-Flop liegt, vorgenommen.

Der Meßbereichschalter S8 enthält noch die zusätzliche Schalterstellung „Eichen“, die den Kanal B sperrt, so daß nur die Nadelimpulse aus dem Kanal A an das Flip-Flop gelangen können. Dabei fließt dann in dem dem Kanal B zugeordneten System Strom, der das Anzeigeinstrument auf Vollausschlag bringt. (Schalterstellung 360°-φ) Der parallel zum Instrument liegende Gleichspannungsgegentaktverstärker ermöglicht einen rückwirkungsfreien Anschluß des Gleichspannungsschreibers ZSG. Die der Anzeige proportionale Spannung (max. 3,5 V) wird zwischen den Anoden der Stufe abgenommen, weshalb nur erdfreie Schreiber angeschlossen werden können. Zur Sicherung gegen Kurzschließen liegen vor den Schreiberanschlußbuchsen hochohmige Schutzwiderstände. Das Potential der Buchsen gegen Masse beträgt etwa 150 V. Für die genaue Einregelung des Nullpunktes sowie des Endausschlages sind Einstellmöglichkeiten vorhanden.

Der Netzteil enthält eine elektronische Regelung für die Anodenspannung zur Ausregelung von Netzspannungsschwankungen und Netzstößen.

5 Röhrenwechsel

Entsprechend den hohen Anforderungen, die an die Symmetrie der einzelnen Begrenzungsverstärker gestellt sind, wird sich nach einem Wechsel der Röhren RÖ2...RÖ5 und RÖ9...RÖ12 ein Nachtrimmen im allgemeinen nicht vermeiden lassen.

Nachgleichvorgang

Bereichschalter auf „0-360°“, alle Kippschalter auf „ ϕ “ und die Eingangsempfindlichkeit auf 100 mV_{eff} bis 25 V_{eff} stellen. In Kanal A wird eine Sinusspannung von 1 kHz eingespeist, die in ihrer Amplitude zwischen 80 mV_{eff} und etwa 25 V_{eff} verändert werden kann.

Zum Nachgleich des ersten Begrenzungsverstärkers RÖ2 (bzw. RÖ9) wird die Eingangsspannung auf 3 V_{eff} eingeregelt. An C18 steht dann eine deutlich begrenzte Spannung von etwa 40 V_{ss}. Diese wird über einen Vorwiderstand von etwa 2 M Ω von der Anodenseite abgenommen und einem Tonfrequenzanalysator oder einem selektiven Pegelmesser zugeführt (Z.B. Type FTA, Type FNA). Durch Symmetrierung der Stufe an R31 (bzw. R131) ist die Amplitude der ersten Oberwelle (2 kHz) auf ein Minimum zu bringen.

Beim zweiten Begrenzungsverstärker RÖ3 (bzw. RÖ10) wird der Vorwiderstand zum Analysator auf der Anodenseite von C20 (bzw. C120) angeschlossen und die Eingangsspannung auf 0,5 V_{eff} reduziert; dabei sollen an C20 (bzw. C120) etwa 28 V_{ss} einer Trapezspannung stehen. Die Symmetrie wird mit R41 (bzw. R141) eingestellt (Minimum der ersten Oberwelle).

Der dritte Begrenzungsverstärker RÖ4 (bzw. RÖ11) benötigt zum Nachgleich eine Eingangsspannung von 100 mV_{eff}, wobei die Einstellung mittels R51 (bzw. R151) vorgenommen wird und der Analysator (mit Vorwiderstand) an die Anodenseite von C24 (bzw. C124) angeschlossen wird. Die Spannung an C24 soll etwa 5 V_{ss} betragen.

Zur Symmetrierung des Multivibrators RÖ5 (bzw. RÖ12) wird die Spannung am Eingang auf 80 mV_{eff} reduziert. Der Vorwiderstand des Analysators wird an Stift 6 der Röhre gelegt (R64 bzw. R164). Die Justierung der Stufe wird an R61 (bzw. R161) vorgenommen.

Der gesamte Abgleichvorgang kann notfalls auch mit einem guten Oszillographen vorgenommen werden, wobei die Symmetrie sehr sorgfältig eingestellt werden muß.

Ist eine Röhre unbrauchbar geworden, so ist es ratsam, die neue Röhre erst etwa 50 Stunden einbrennen zu lassen und erst dann mit dem Abgleich dieser Stufe nach obiger Anleitung zu beginnen.

Beim Austausch der Flip-Flop-Röhre R67 (notwendig, wenn in Stellung „Eichen“ Endausschlag nicht mehr erreichbar ist oder bei zu großer Differenz der Endausschläge in Schalterstellung „ φ “ bzw. „ $360^\circ - \varphi$ “) ist lediglich die Gleichheit der Endausschläge des Instrumentes bei fehlenden Eingangsspannungen an R78 einzustellen.

In der Schalterstellung „ $360^\circ - \varphi$ “ zeigt das Instrument Vollausschlag, wenn der Meßbereichschalter auf „Eichen“ steht. Um dagegen in der Schalterstellung „ φ “ Vollausschlag zu erzielen, sind zwei Maßnahmen erforderlich. Erstens muß der Meßbereichschalter auf „ $0...360^\circ$ “ gestellt werden und zweitens muß der Kurzschlußbügel, der sich oberhalb des Chassis hinter der Röhre R613 befindet, entfernt werden. Dadurch wird die Verbindung der Zenerdiode G12 nach Masse aufgetrennt und die Röhre R66 gesperrt.

6 Schaltteilliste

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C1	Ker. Rohrtrimmer	1...6 pF	CV 7205
C2	MP-Kondensator	0,25 μ F/500 V	CMR 0,25/500
C3	Lufttrimmer	4...29 pF	CV 8125
C4	Keramikkondensator	56 pF	CCH 68/56
C5	Keramikkondensator	2 pF	CCG 68/2
C6	Ker. Rohrtrimmer	1...6 pF	CV 7205
C7	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPM 50 000/250
C8	Papierkondensator	100 000 pF/250 V	CPK 100 000/250
C9	Lufttrimmer	4...29 pF	CV 8025
C10	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C11	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C12	Lufttrimmer	4...29 pF	CV 8025
C13	Lufttrimmer	4...29 pF	CV 8025
C17	Ker. Bp-Kondensator	2500 pF/350 V	CBR 1/2500/350
C18	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C19	Ker. Bp-Kondensator	2500 pF/350 V	CBR 1/2500/350
C20	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C21	Ker. Bp-Kondensator	2500 pF/350 V	CBR 1/2500/350
C24	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C25	Papierkondensator	25 000 pF/250 V	CPM 25 000/250
C26	Papierkondensator	100 000 pF/250 V	CPK 100 000/250
C27	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPM 50 000/250
C28	Keramikkondensator	220 pF	CCH 68/220
C29	Papierkondensator	25 000 pF/250 V	CPM 25 000/250
C30	Keramikkondensator	220 pF	CCH 68/220



Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C31	Keramikkondensator	12 pF	CCG 68/12
C35	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPM 50 000/250
C36	Kf-Kondensator	5000 pF/500 V	CKS 5000/500
C101	Ker. Rohrtrimmer	1...6 pF	CV 7205
C102	MP-Kondensator	0,25 µF/500 V	CMR 0,25/500
C103	Lufttrimmer	4...29 pF	CV 8125
C104	Keramikkondensator	56 pF	CCH 68/56
C105	Keramikkondensator	2 pF	CCG 68/2
C106	Ker. Rohrtrimmer	1...6 pF	CV 7205
C107	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPM 50 000/250
C108	Papierkondensator	100 000 pF/250 V	CPK 100 000/250
C109	Keramikkondensator	10 pF	CCG 68/10
C110	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C111	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C112	Lufttrimmer	4...29 pF	CV 8025
C113	Keramikkondensator	10 pF	CCG 68/10
C117	Ker. Bp-Kondensator	2500 pF/350 V	CBR 1/2500/350
C118	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C119	Ker. Bp-Kondensator	2500 pF/350 V	CBR 1/2500/350
C120	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C121	Ker. Bp-Kondensator	2500 pF/350 V	CBR 1/2500/350
C124	Papierkondensator	250 000 pF/250 V	CPK 250 000/250
C125	Papierkondensator	25 000 pF/250 V	CPM 25 000/250
C126	Papierkondensator	100 000 pF/250 V	CPK 100 000/250
C127	Papierkondensator	50 000 pF/250 V	CPM 50 000/250
C128	Keramikkondensator	220 pF	CCH 68/220
C129	Papierkondensator	25 000 pF/250 V	CPM 25 000/250

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C130	Keramikkondensator	220 pF	CCH 68/220
C131	Keramikkondensator	12 pF	CCG 68/12
C201	MP-Kondensator	8 + 8 μ F/250 V	CMR 8 + 8/250
C202	Elektrolytkondensator	50 + 50 μ F/350 V	CEG 21/50 + 50/350
C203	MP-Kondensator	16 + 16 μ F/350 V	CMR 16 + 16/350
C204	Papierkondensator	100 000 pF/250 V	CPK 100 000/250
C205	MP-Kondensator	2 μ F/500 V	CMR 2/500
C206	Elektrolytkondensator	100 μ F/35 V	CED 21/100/35
G11	Kristall-Diode		GK/OA 81
G12	Kristall-Diode		GK/Z 6
G13	Kristall-Diode		GK/OA 81
G15	Kristall-Diode		GK/OA 81
G16	Kristall-Diode		GK/Z 6
G17	Kristall-Diode		GK/OA 81
G110	Gleichrichter	2 x 360 V/100 mA	GN 19/720/100 M
G111	Gleichrichter	30 V/250 mA	GNB 11/30/250 B
I1	Drehspul-Strommesser		INS 40507
K1	Schirmschlauch		LA 7
K2	Anschlußkabel		LK 333
L1	Differenzierspule		1941 - 10.11
L2	Differenzierspule		1941 - 10.11
L5	Drossel		DB 220/2
Mo1	Motor		ZAM 17001
R1	Schichtwiderstand	25 Ω /0,1 W	WF 25/0,1
R2	Schichtwiderstand	900 k Ω \pm 1 %/0,5 W	WF 900 k/1/0,5



Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R3	Schichtwiderstand	111 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 111 k/1/0,25
R4	Schichtwiderstand	2 M Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 M/1/0,25
R5	Schichtwiderstand	2 M Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 M/1/0,25
R8	Schichtwiderstand	50 Ω /0,1 W	WF 50/0,1
R9	Schichtwiderstand	10 k Ω /1 W	WF 10 k/1
R10	Schichtwiderstand	5 k Ω /1 W	WF 5 k/1
R11	Schichtwiderstand	5 k Ω /0,1 W	WF 5 k/0,1
R14	Schichtwiderstand	50 Ω /0,1 W	WF 50/0,1
R15	Schichtwiderstand	500 k Ω /0,25 W	WF 500 k/0,25
R16	Schichtwiderstand	200 Ω /0,25 W	WF 200/0,25
R17	Schichtwiderstand	5 k Ω /1 W	WF 5 k/1
R18	Schichtwiderstand	100 Ω /0,25 W	WF 100/0,25
R21	Schichtwiderstand	3 k Ω /0,1 W	WF 3 k/0,1
R22	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R23	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R24	Schichtwiderstand	5 k Ω /0,1 W	WF 5 k/0,1
R25	Schichtwiderstand	100 Ω /0,1 W	WF 100/0,1
R27	Schichtwiderstand	200 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 200 k/1/0,25
R28	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R29	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R30	Schichtwiderstand	50 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 50 k/1/0,25
R31	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R32	Schichtwiderstand	10 k Ω /0,5 W	WF 10 k/0,5
R33	Schichtwiderstand	10 k Ω /0,5 W	WF 10 k/0,5
R36	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R37	Schichtwiderstand	200 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 200 k/1/0,25
R38	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R39	Schichtwiderstand	2 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R40	Schichtwiderstand	30 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 30 k/1/0,25
R41	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R42	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5
R43	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5
R46	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R47	Schichtwiderstand	200 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 200 k/1/0,25
R48	Schichtwiderstand	2 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R49	Schichtwiderstand	2 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R50	Schichtwiderstand	50 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 50 k/1/0,25
R51	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R52	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5
R53	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,25 W	WF 1 k/0,25
R56	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R57	Schichtwiderstand	250 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 250 k/1/0,25
R58	Schichtwiderstand	3 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 3 k/1/0,25
R59	Schichtwiderstand	3 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 3 k/1/0,25
R60	Schichtwiderstand	16 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 16 k/1/0,25
R61	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R62	Schichtwiderstand	1,6 k Ω /0,5 W	WFO 1,6 k/0,5
R63	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R64	Schichtwiderstand	1,6 k Ω /0,5 W	WFO 1,6 k/0,5
R65	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,5 W	WFO 1 k/0,5
R66	Schichtwiderstand	100 Ω /0,25 W	WF 100/0,25
R67	Schichtwiderstand	400 Ω /0,25 W	WF 400/0,25
R68	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,25 W	WF 100 k/0,25
R69	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R72	Schichtwiderstand	160 k Ω /0,25 W	WF 160 k/0,25
R73	Schichtwiderstand	80 k Ω /0,25 W	WF 80 k/0,25
R74	Schichtwiderstand	16 k Ω ± 1 %/0,5 W	WF 16 k/1/0,5
R75	Schichtwiderstand	8 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 8 k/1/0,25
R76	Schichtwiderstand	50 Ω /0,1 W	WF 50/0,1
R77	Schichtwiderstand	1,6 k Ω ± 1 %/0,5 W	WF 1,6 k/1/0,5
R78	Schicht-Drehwiderstand	250 Ω lin.	WS 9122 F/250
R81	Drahtwiderstand	etwa 16 k Ω /4 W	2 x WDG 8 k/2 in Serie
R82	Schicht-Drehwiderstand	500 Ω lin.	WS 7126/500
R83	Drahtwiderstand	etwa 16 k Ω /4 W	2 x WDG 8 k/2 in Serie
R84	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 7126/50 k
R85	Schichtwiderstand	200 k Ω /0,25 W	WF 200 k/0,25
R86	Schichtwiderstand	200 k Ω /0,25 W	WF 200 k/0,25
R87	Schichtwiderstand	200 k Ω /0,25 W	WF 200 k/0,25
R90	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,1 W	WF 1 k/0,1
R91	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,25 W	WF 100 k/0,25
R92	Drahtwiderstand	8 k Ω /2 W	WDG 8 k/2
R93	Schichtwiderstand	1,25 k Ω /0,25 W	WF 1,25 k/0,25
R94	Drahtwiderstand	8 k Ω /2 W	WDG 8 k/2
R95	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,1 W	WF 1 k/0,1
R96	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,25 W	WF 100 k/0,25
R101	Schichtwiderstand	25 Ω /0,1 W	WF 25/0,1
R102	Schichtwiderstand	900 k Ω ± 1 %/0,5 W	WF 900 k/1/0,5
R103	Schichtwiderstand	111 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 111 k/1/0,25
R104	Schichtwiderstand	2 M Ω ± 1 %/0,25 W	WF 2 M/1/0,25
R105	Schichtwiderstand	2 M Ω ± 1 %/0,25 W	WF 2 M/1/0,25

8391
1. 18



Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R108	Schichtwiderstand	50 Ω /0,1 W	WF 50/0,1
R109	Schichtwiderstand	10 k Ω /1 W	WF 10 k/1
R110	Schichtwiderstand	5 k Ω /1 W	WF 5 k/1
R111	Schichtwiderstand	5 k Ω /0,1 W	WF 5 k/0,1
R114	Schichtwiderstand	50 Ω /0,1 W	WF 50/0,1
R115	Schichtwiderstand	500 k Ω /0,25 W	WF 500 k/0,25
R116	Schichtwiderstand	200 Ω /0,25 W	WF 200/0,25
R117	Schichtwiderstand	5 k Ω /1 W	WF 5 k/1
R118	Schichtwiderstand	100 Ω /0,25 W	WF 100/0,25
R121	Schichtwiderstand	3 k Ω /0,1 W	WF 3 k/0,1
R122	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R123	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R124	Schichtwiderstand	5 k Ω /0,1 W	WF 5 k/0,1
R125	Schichtwiderstand	100 Ω /0,1 W	WF 100/0,1
R127	Schichtwiderstand	200 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 200 k/1/0,25
R128	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R129	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R130	Schichtwiderstand	50 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 50 k/1/0,25
R131	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R132	Schichtwiderstand	10 k Ω /0,5 W	WF 10 k/0,5
R133	Schichtwiderstand	10 k Ω /0,5 W	WF 10 k/0,5
R136	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R137	Schichtwiderstand	200 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 200 k/1/0,25
R138	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R139	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R140	Schichtwiderstand	30 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 30 k/1/0,25
R141	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R142	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5
R143	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5
R146	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R147	Schichtwiderstand	200 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 200 k/1/0,25
R148	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R149	Schichtwiderstand	2 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 2 k/1/0,25
R150	Schichtwiderstand	50 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 50 k/1/0,25
R151	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R152	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5
R153	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,25 W	WF 1 k/0,25
R156	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R157	Schichtwiderstand	250 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 250 k/1/0,25
R158	Schichtwiderstand	3 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 3 k/1/0,25
R159	Schichtwiderstand	3 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 3 k/1/0,25
R160	Schichtwiderstand	16 k Ω \pm 1 %/0,25 W	WF 16 k/1/0,25
R161	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R162	Schichtwiderstand	1,6 k Ω /0,5 W	WFO 1,6 k/0,5
R163	Schichtwiderstand	2 M Ω /0,25 W	WF 2 M/0,25
R164	Schichtwiderstand	1,6 k Ω /0,5 W	WFO 1,6 k/0,5
R165	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,5 W	WFO 1 k/0,5
R166	Schichtwiderstand	100 Ω /0,25 W	WF 100/0,25
R167	Schichtwiderstand	400 Ω /0,25 W	WF 400/0,25
R168	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,25 W	WF 100 k/0,25
R169	Schichtwiderstand	8 k Ω /0,5 W	WF 8 k/0,5
R172	Schichtwiderstand	160 k Ω /0,25 W	WF 160 k/0,25
R173	Schichtwiderstand	80 k Ω /0,25 W	WF 80 k/0,25
R174	Schichtwiderstand	16 k Ω \pm 1 %/0,5 W	WF 16 k/1/0,5

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R175	Schichtwiderstand	8 k Ω ± 1 %/0,25 W	WF 8 k/1/0,25
R176	Schichtwiderstand	50 Ω /0,1 W	WF 50/0,1
R177	Schichtwiderstand	1,6 k Ω ± 1 %/0,5 W	WF 1,6 k/1/0,5
R181	Schicht-Drehwiderstand	500 Ω lin.	WS 7126/500
R182	Schichtwiderstand	2,5 k Ω /1 W	WF 2,5 k/1
R183	Schichtwiderstand	160 Ω /0,5 W	WF 160/0,5
R184	Schichtwiderstand	400 Ω /0,5 W	WF 400/0,5
R185	Schichtwiderstand	400 Ω ± 1 %/0,25 W	WF 400/1/0,25
R186	Schichtwiderstand	24,49 Ω $\pm 0,3$ %/0,25 W	WF 24,49/0,3/0,25
R187	Schichtwiderstand	57,14 Ω $\pm 0,3$ %/0,25 W	WF 57,14/0,3/0,25
R188	Schichtwiderstand	171,42 Ω $\pm 0,3$ %/0,25 W	WF 171,42/0,3/0,25
R189	Schichtwiderstand	150 Ω $\pm 0,5$ %/0,5 W	WF 150/0,5/0,5
R190	Schichtwiderstand	128,57 Ω $\pm 0,5$ %/0,5 W	WF 128,57/0,5/0,5
R191	Schichtwiderstand	85,71 Ω $\pm 0,5$ %/0,5 W	WF 85,71/0,5/0,5
R201	Abgreifb. Drahtwiderstand	3 k Ω /12 W	WV 12/3 k
R202	Schichtwiderstand	300 k Ω /0,25 W	WF 300 k/0,25
R203	Schicht-Drehwiderstand	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R204	Schichtwiderstand	200 k Ω /0,25 W	WF 200 k/0,25
R205	Schichtwiderstand	30 k Ω /0,5 W	WF 30 k/0,5
R206	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,1 W	WF 1 k/0,1
R207	Schichtwiderstand	1 M Ω /0,25 W	WF 1 M/0,25
R208	Schichtwiderstand	10 k Ω /0,25 W	WF 10 k/0,25
R209	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,25 W	WF 100 k/0,25
R210	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,1 W	WF 1 k/0,1
R211	Schichtwiderstand	100 Ω /0,1 W	WF 100/0,1
R212	Schichtwiderstand	1 k Ω /0,1 W	WF 1 k/0,1
R213	Schichtwiderstand	100 Ω /0,1 W	WF 100/0,1

8391

21

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R214	Schichtwiderstand	100 Ω /0,1 W	WF 100/0,1
R11	Zwergglimmlampe	220 V	RL 210
Rö1	Duo-Triode		E 88 CC
Rö2	Duo-Triode		ECC 85
Rö3	Duo-Triode		ECC 85
Rö4	Duo-Triode		ECC 85
Rö5	Duo-Triode		E 88 CC
Rö6	Duo-Triode		E 88 CC
Rö7	Duo-Triode		E 88 CC
Rö8	Duo-Triode		E 88 CC
Rö9	Duo-Triode		ECC 85
Rö10	Duo-Triode		ECC 85
Rö11	Duo-Triode		ECC 85
Rö12	Duo-Triode		E 88 CC
Rö13	Duo-Triode		E 88 CC
Rö14	End-Pentode		EL 86
Rö15	End-Pentode		EL 86
Rö16	End-Pentode		EL 86
Rö17	Pentode		EF 804 S
Rö18	Stabilisator		85 A 2
Rsa	Kammrelais		RSS 120048
Rsb	Kammrelais		RSS 120048
S2	Hochfr.-Kippschalter		SR 301/2
S3	Hochfr.-Kippschalter		SR 301/2

Kenn- zei- chen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
S5	Hochfr.-Kippschalter		SR 301/2
S6	Hochfr.-Kippschalter		SR 301/2
S7	Hochfr.-Kippschalter		SR 301/2
S8	Stufenschalter		SRW 14410
S9	Netzschalter- kombination		SRK 1
S10	Spannungswähler		FD 60515
Si1	Schmelzeinsatz	1 A	1 C DIN 41571
Tr1	Netztransformator		1941 - 5.4

R 8391
43
Bl. 23



Instruction Book

PHASE METER

Type PZN BN 1941

Note: Always quote the Type and Order Number (BN) in addition to the Serial Number (FNr.) or the set when asking for technical information and, in particular, when ordering repair parts.

R 8391
463
Bl. 24

Edition R 8391/463 d/e

1. Specifications

Ranges	0° to 45°/0° to 90°/0° to 180°/0° to 360° 180° to 225°/180° to 270°/180° to 360°
Additionally selectable	plus 180° in each channel; indication of 360° - ϕ (for exact readings between 270° and 360°)
Accuracy	$\pm 3^\circ$, in addition to an error dependent upon the amplitude ratio as depicted in Fig. 1
Smallest measurable angle	$1.5^\circ \times \frac{f_{kc}}{100 \text{ kc}}$ (corresponds to 45 nsec ⁺)
Frequency range	10 cps to 500 kc
Voltage ranges	0.1 to 25 v _{rms} direct and 2.5 to 250 v _{rms} with input attenuator (rms values referred to a sine wave; input attenuators for channels A and B can be separately switched in)
Inputs (channels A and B)	unbalanced, coaxial 13-mm sockets built to German standard DIN 47284
Input impedance	1 M Ω in shunt with 25 pf
Recorder connection	matched for the DC Recorder Enograph G Type ZSG
Output for recorder	3 v open-circuit, adjustable; loading has no effect on phase-angle indication; approx. 150 v between output and chassis
Output impedance	approx. 500 k Ω
Power supply	115/125/220/235 v $\pm 10\%$ 47 to 63 cps (130 va)
Valves, etc.	7 valves E 88 CC 6 valves ECC 85 1 valve EF 804 S 3 valves EL 86 1 reference tube 85 A 2 1 miniature glow lamp 220 v 1 fuse 1 amp (1 C DIN 41571) (for 220/235 v)
Dimensions	540 x 234 x 378 mm (R&S Standard Cabinet 56)
Weight	24 kg

⁺) nsec = nanosecond = 10⁻⁹ sec

R 8391
463
Bl. 25

2. Uses

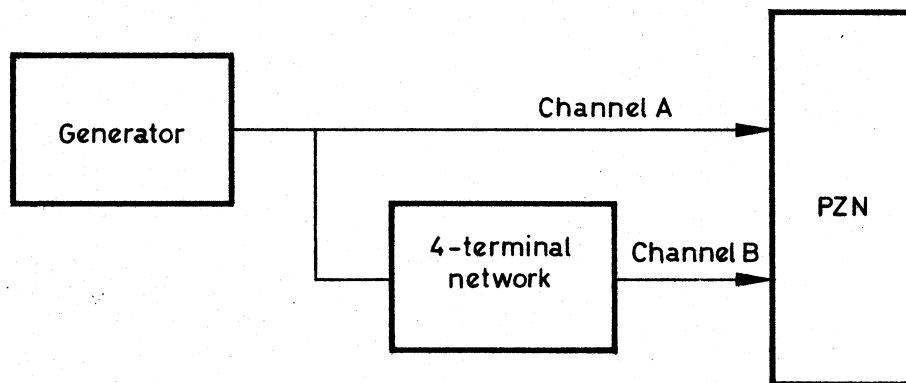
The direct-reading Phase Meter Type PZN permits in the frequency range 10 cps to 500 kc the measurement of the phase angle between two steady AC voltages as long as these pass only once through zero during one period.

In the specified input voltage ranges, 0.1 to 25 v_{rms} and 2.5 to 250 v_{rms} , the reading is largely independent of the amplitude, and it is quite unimportant whether in the two channels the voltages are equal in value or not.

High input impedance ensures slight loading of the network under test. Use of a low-capacitance probe is recommended if at the upper frequency limit, the reading is invalidated by the input capacitance.

The instrument finds a great number of applications. It is useful in determining the effective phase angle of four-terminal networks, such as filters, amplifiers, etc., and thus permits delay-time measurements, calibration of phase shifters, power-factor measurements in heavy-current engineering and the very exact comparison of two frequencies.

(a) Measuring the Effective Phase Angle of Four-terminal Networks



If it is intended to measure also the effective attenuation, it is advisable to use our Twin Voltmeter Type UDF, which has been developed for this purpose.

(b) Calibrating Phase Shifters

The test rig shown in Fig. (a) offers a simple method of calibrating phase shifters by replacing the four-terminal network with the phase shifter to be calibrated.

(c) Measuring and Calibrating Delay Lines

When using the test rig shown in Fig. (a) and replacing the four-terminal network by a delay line it is possible to determine the delay time according to

$$t = \frac{1}{f} \times \frac{\phi}{360^\circ}$$

if the frequency is known and the angle has been measured. The smallest measurable angle being $\phi = 7^\circ$ at $f = 500$ kc, $t = 50$ nsec is the minimum delay time which can be measured.

(d) Velocity of Propagation on Cables

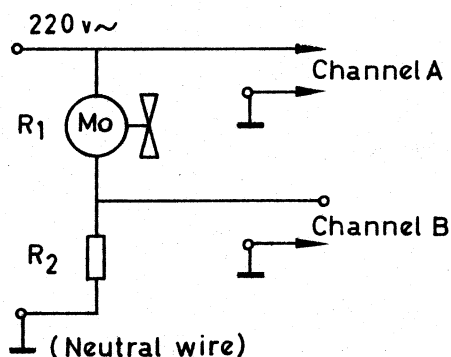
If the delay line is replaced by a cable terminated at both ends in its characteristic impedance, the velocity of propagation can be calculated according to

$$v_{\text{cable}} = l \times \frac{360^\circ}{\phi} \times f$$

provided the length of the cable and the frequency are known and the angle has been measured. With $l = 50$ m ($Z = 75 \Omega$), $f = 100$ kc, $\phi = 18^\circ$, v_{cable} is 10^{10} cm/sec;

$$\left[\frac{v_{\text{cable}}}{v_{\text{vacuum}}} = \frac{1}{3} \right]$$

(e) Accurately Measuring the Power Factor for Small Loads



When R_2 is made much smaller than $|R_1|$, $\cos \phi$ can be determined from the diagram shown here. The wide amplitude range offered by the Type PZN using an input attenuator permits this condition to be fulfilled.

(f) Measuring the Resonant Frequency of Tuned Circuits

If in the setup shown in Fig. (e) R_1 is replaced, say, by a series resonant circuit, then the resonant frequency can be determined to a high accuracy because the phase angle is relatively steep when passing through zero whereas the amplitude exhibits a more or less broad maximum.

(g) Frequency Comparison

A frequent problem is to make equal two frequencies of different origin. For a coarse approximation, the difference frequency (beat frequency) is generally adjusted for zero or a minimum beat. A method which permits a much more exact observation is the phase comparison which is accomplished by means of a Lissajous figure on the screen of a cathode-ray oscillograph. But the very irregular rotation of the figure is annoying. The Phase Meter Type PZN, however, offers high-resolution observation of the instantaneous phase difference independently of the instantaneous phase angle.

To extend the field of application the Phase Meter Type PZN can be used in conjunction with the Twin Voltmeter Type UDF (BN 19451) or the Frequency Converter Type UFF (BN 19452).

The Twin Voltmeter functions, on the one hand, as amplifier for the two voltages, thus making phase measurements possible also at amplitudes below 100 mv. On the other hand, both voltages can be measured with this instrument so that in addition to the phase difference, say, the attenuation constant of the test item can be determined.

The second comparison unit, the Frequency Converter Type UFF permits extension of the upper frequency limit to 50 Mc. The Twin Voltmeter Type UDF serves, in this test setup, as IF amplifier.

The three units

Phase Meter	Type PZN BN 1941
Twin Voltmeter	Type UDF BN 19451 and
Frequency Converter	Type UFF BN 19452

are combined in the Phase & Level Meter Type PDF BN 19450 covering a frequency range of from 10 cps to 50 Mc.

3. Operating Instructions

Preparation for Use

The instrument leaves the factory adjusted for 220-v operation and provided with a 1-amp fuse. If the set is to be operated from 115 and 125 v, insert a 2-amp fuse instead. The tapping panel is easily accessible at the power transformer.

Allow the set to warm up for at least 5 minutes. Turn the range switch to CALIBRATION, put the toggle switch under the panel meter up for " $360^\circ - \phi$ " and adjust the calibration control until the panel meter is exactly at full-scale deflection. The set is now ready for use.

Measuring

In the case of no input voltage, the meter pointer swings back and forth from 0 to 360° at the frequency of the free-running multivibrators. To prevent the pointer from continually hitting the stops first throw the range switch to $0^\circ - 360^\circ$. At an input voltage of approximately $40 \text{ mv}_{\text{rms}}$, both multivibrators become synchronized and at $100 \text{ mv}_{\text{rms}}$ the specification accuracy is reached.

A rapid and exact check can be made by connecting both inputs to a generator, using cables of equal length, and by varying the amplitude and frequency within the specified limits. Setting the main range switch to the 45° range, one can then check the deviation $\pm \Delta \phi$ between both channels when the toggle switch at the centre of the set is put either on " ϕ " or " $360^\circ - \phi$ ". For very small values of $\Delta \phi$, the pointer sways either unsteadily over the entire range or remains at the middle position, that is, at 180° . This is due to the resolving power and inertia. To check that the phase angle is near zero, simply add 180° ; the deflection must then be exactly at 180° . As the frequency under test approaches the upper limit, the phase revolution decreases. For example, at 500 kc the least resolvable phase shift is $\pm 8^\circ$.

It should be borne in mind that there is an additional indication error which is dependent upon frequency and which only occurs when the input voltages are not equal. The curves in Fig. 1 give the errors as a function of frequency with different ratios of input voltages. These curves hold true for

R 8391
463
Bl. 29

the most unfavourable case, i.e., when the smaller of the input voltages is only 100 mv. With the same voltage ratios, but with higher voltage values, the errors become rapidly smaller.

The cause of these errors lies in the different frequency content in the two channels and in different delay times of the various component frequencies. This causes a shift of the point where the trapezoidal wave passes through zero. For example, assume a high input voltage ratio with a very low input voltage at one channel. The first two limiter stages of this channel will then pass a sine wave which only after the third stage becomes trapezoidal. In the other channel, however, all three limiter stages pass a trapezoidal voltage.

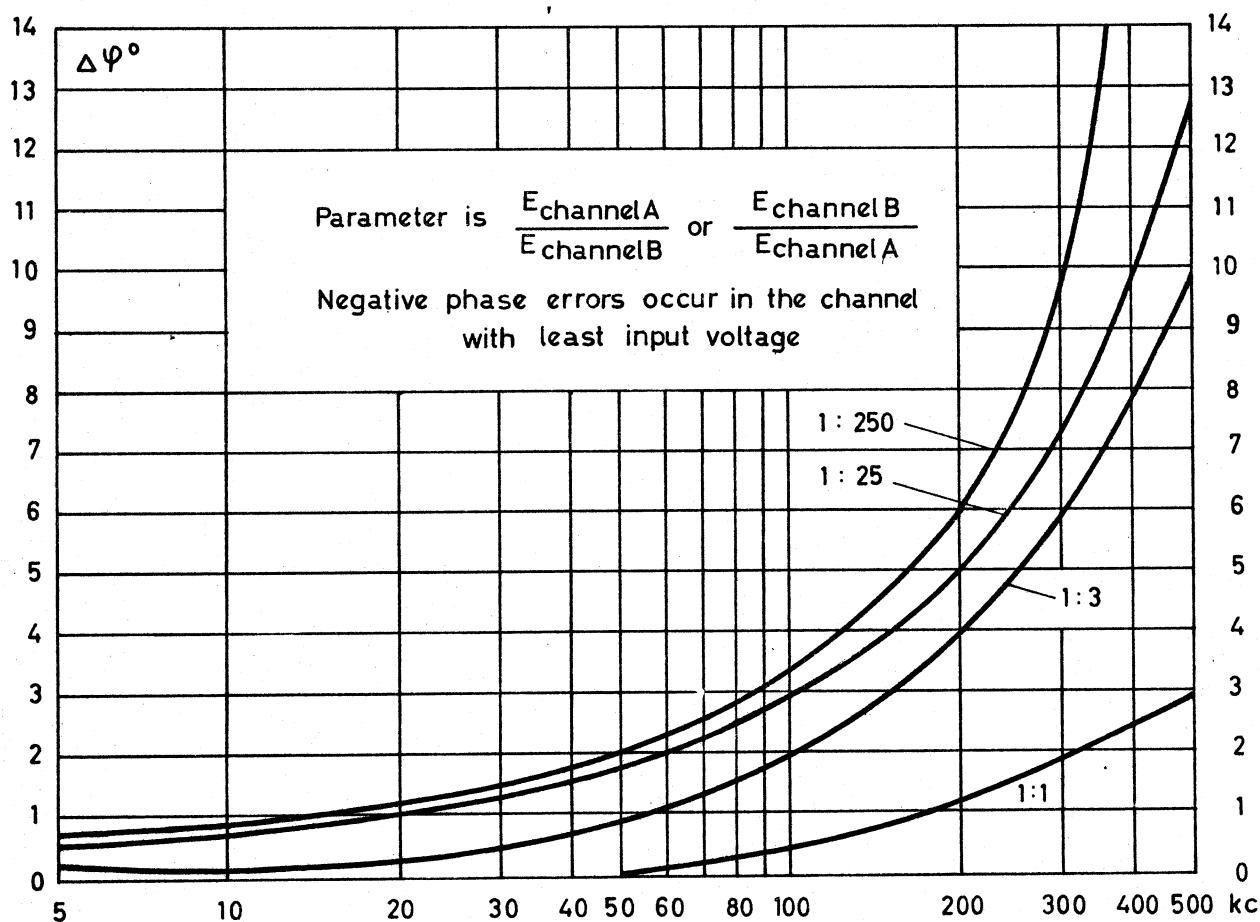
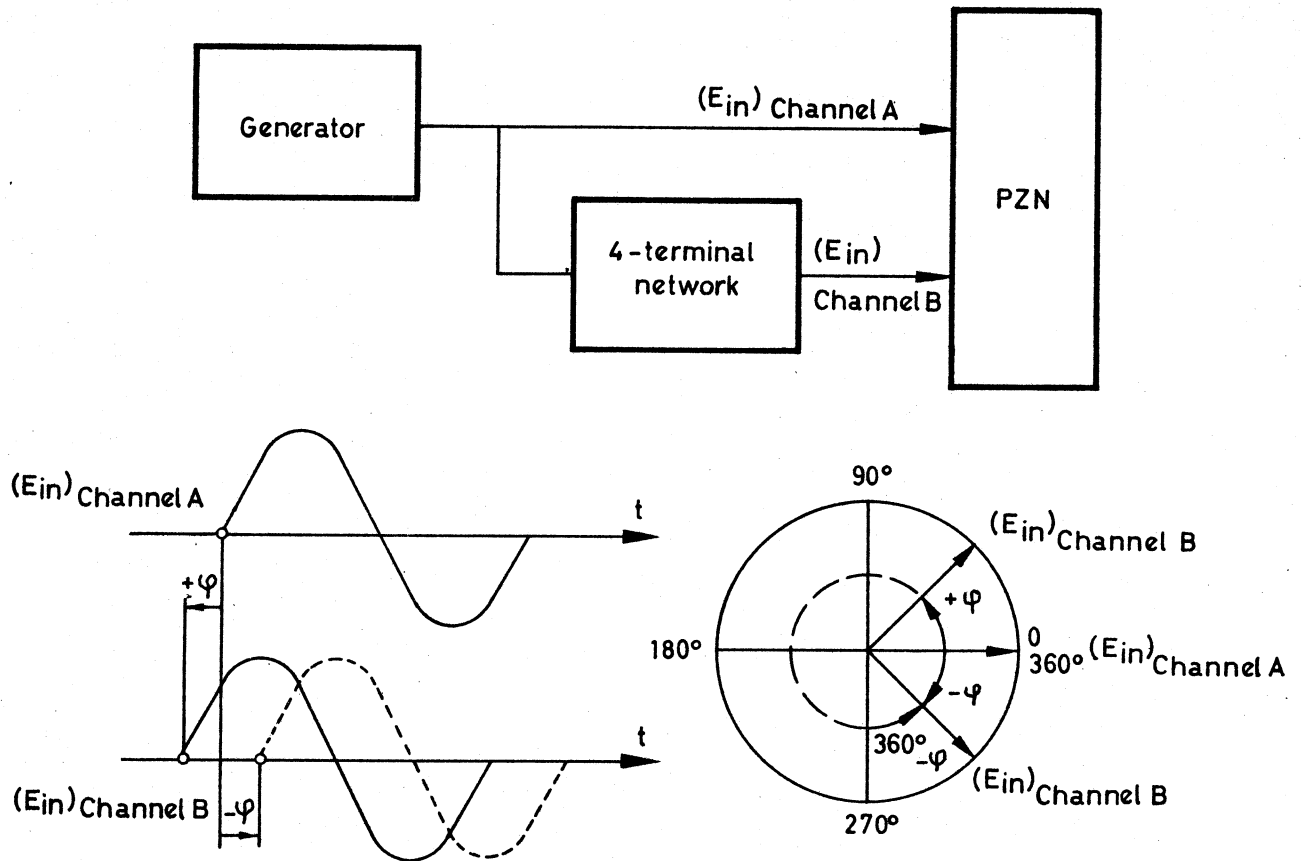


Fig. 1 Error curves for various input voltage ratios. Curves are valid for the most unfavourable case, where the minimum input is 100 mv.

Defining the Indicated Angle

If the reference voltage is applied to channel A and the voltage under test to channel B, as shown in the schematic below, the meter, with all toggle switches at φ , reads the angle φ if the input voltage of channel B leads that of channel A (inductive behaviour).



If the input voltage of channel B lags that of channel A (capacitive behaviour) the meter reads the angle $-\varphi = 360^\circ - \varphi$. Putting the toggle switch in the lower centre to " $360^\circ - \varphi$ " one obtains a direct reading of $-\varphi$.

The facility permitting addition of the constant angle of $\varphi = 180^\circ$ in each channel, using the front-panel toggle switch provided for this purpose, is of advantage if a change in angle in the vicinity of $\varphi = 0$ is to be measured. This facility prevents continuous switching between " φ " and " $360^\circ - \varphi$ ", and, furthermore, it permits the 180° -phase shift due to a valve to be eliminated.

4. Description

Principle of Operation

After passing through the identical channels A and B, the two AC voltages mutually displaced in phase are transformed into square-wave voltages with constant rise times. This is accomplished in three limiter stages whose trapezoidal output voltages are used to synchronize the following multivibrator. Differentiation then produces needle pulses which have positions corresponding to the phase shift. The positive pulses are suppressed; the negative pulses are used to drive a flip-flop stage. If a pulse from channel A drives the flip-flop into conduction and then a following pulse from channel B takes the flip-flop out of conduction, the average cathode current of the flip-flop becomes a direct measure of the phase angle. The subdivision of the entire 360° range is accomplished by switching the indicator section to different sensitivities. A switchable input attenuator gives the two amplitude ranges, 0.1 to 25 v and 2.5 to 250 v.

Construction

The inputs of the instrument are unbalanced. They are fitted with coaxial 13-mm sockets built to German standard DIN 47284. A trimmer in parallel with the input socket serves to adjust the input capacitance to 25 pf. Following the input socket is the input attenuator and phase inverter stage. The latter adds 180° and makes possible the use of the 45° range in measurements on amplifiers which cause phase reversals. In addition, the phase inverter contains various compensation possibilities (C9, C12, C13 and C109, C112, C113) so that errors at the upper limit frequency caused by wiring capacities can be compensated for. A symmetrical trapezoidal output voltage is obtained by 3 cascaded limiting amplifiers. Here it is important that the wave form be perfectly symmetrical, since if any dissymmetry exists, the needle pulses will not occur exactly when the wave passes through zero. The output of the last limiter stage is used to synchronize a multivibrator which free-runs at approximately 2 cps. This multivibrator supplies a square wave with a rise time (approx. 80 nsec) which is independent of frequency. These square waves are then differentiated. A diode suppresses the negative-going pulses, the positive pulses being used to drive an amplifier. The bias voltage of this stage is stabilized with a Zener diode. Normally, the bias voltage is -6.5 v and is increased to -30 v for blocking the channel. Negative-going

R 8391
463
Bl. 32

pulses of approx. $13 v_{pp}$ are obtained from the anode of the pulse amplifier and are fed to the flip-flop. The grid circuit of the cutoff flip-flop section contains a biased diode so that possible indication errors caused by transient pickup are avoided. The indication is obtained from the average cathode current of one section of the flip-flop. The sensitivity of the panel meter is changed with shunt resistors, a series resistor being switched in circuit to keep the total resistance of the circuit at a constant value in all ranges. This is necessary to maintain the voltage drop, and therefore the bias voltage, at a constant value for all measurement ranges. The full-scale deflection of the panel meter can be adjusted with the common cathode-resistor R181. Balancing the full-scale deflections for the switch positions " ϕ " and " $360^\circ - \phi$ " is possible with the aid of a low-valued potentiometer. This potentiometer lies in the anode circuit of the flip-flop.

The range switch S8 has the position CALIBRATION which cuts off channel B so that only the needle pulses of channel A can actuate the flip-flop. At the same time, the current in the flip-flop section assigned to channel B drives the panel meter to full-scale deflection (switch position $360 - \phi$). The DC push-pull buffer amplifier in parallel with the panel meter makes possible the connection of the DC Recorder Enograph G Type ZSG. The voltage which is proportional to the panel-meter deflection (max. 3.5 v) is obtained between the anodes of the stage; therefore, only a recorder with a floating input can be connected. High-valued isolating resistors are connected ahead of the connector output sockets as a safety measure against short circuits. The potential of the sockets with respect to chassis is approximately 150 v. Adjustment possibilities are provided for the exact adjustment of the zero as well as for the full-scale deflection.

The power supply is regulated so that the anode voltage remains constant in the case of supply voltage variations or transients.

5. Replacement of Valves

Because of the high requirements which are placed upon the symmetry of the individual limiter stages, readjustment of the stages is necessary after replacement of the valves R62 to R65 and R69 to R12.

Adjustment Procedure

Set the range switch to "0-360°", all toggle switches to "φ" and the input attenuator to 100 mV_{RMS} - 25 V_{RMS}. Apply a sine-wave voltage of 1 kc to channel A. The voltage should be variable between 80 mv_{rms} and approx. 25 v_{rms}.

To adjust the first limiter, R62 (or R69), set the input voltage to 3 v_{rms}. A clipped signal of approximately 40 v_{pp} appears across C18. Take this voltage from the anode circuit, using a series resistor of approx. 2 MΩ, and apply it to an AF wave analyzer or a selective level meter, for example, Type FTA, Type FNA. Minimize the amplitude of the second harmonic, 2 kc, by adjusting the stage with the aid of R31.

In the case of the second limiter, R63 (or R610), connect the series resistor for the analyzer to the anode side of C20 (or C120) and lower the input voltage to 0.5 v_{rms}; a trapezoidal voltage of approximately 28 v_{pp} should be obtained across C20 (C120). Minimize the second harmonic, using R41 (or R141).

To adjust the third limiter, R64 (R611), apply an input voltage of 100 mv_{rms}. Adjust with the aid of R51 (or R151), the wave analyzer being connected via its series resistor to the anode side of C24 (or C124). The voltage at C24 should be approximately 5 v_{pp}.

To adjust the multivibrator, R65 (or R612), for a symmetrical output, reduce the voltage at the input to 80 mv_{rms}. Connect the series resistor of the wave analyzer to pin 6 of the valve (R64 or R164). Adjust the stage with the aid of R61 (or R161).

The entire adjustment procedure can be made also with a good oscilloscope, if no wave analyzer is available. The adjustment for a symmetrical output must then be made with great care.

R 8391
463
Bl. 34

If a valve must be replaced, it is advisable to let the new valve operate for approx. 50 hours before any adjustments according to the above paragraphs are made.

The flip-flop valve, Rø7, must be replaced if in position CALIBRATION a full-scale deflection is no longer obtainable or if an excessive difference in full-scale deflections is noticed in the positions "φ" or "360°-φ". After replacement of Rø7 it is just necessary to adjust with R78 for full-scale deflections of the meter pointer when no input voltage is applied.

In the switch position "360°-φ" the meter reads full-scale deflection with the range switch set at CALIBRATION. However, to obtain full-scale deflection in the "φ" position it is necessary to throw the range switch to the position "0 - 360°" and to remove the shorting link located above the chassis behind valve Rø13. This disinterrupts the connection to chassis of the Zener diode G12 and cuts off valve Rø6.

6. Table of Replaceable Parts

Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
C1	Trimmer, tubular, ceramic	1 to 6 pf	CV 7205
C2	Capacitor, MP	0.25 μ f/500 v	CMR 0,25/500
C3	Trimmer, air	4 to 29 pf	CV 8125
C4	Capacitor, ceramic	56 pf	CCH 68/56
C5	Capacitor, ceramic	2 pf	CCG 68/2
C6	Trimmer, tubular, ceramic	1 to 6 pf	CV 7205
C7	Capacitor, paper	50,000 pf/250 v	CPM 50 000/250
C8	Capacitor, paper	100,000 pf/250 v	CPK 100 000/250
C9	Trimmer, air	4 to 29 pf	CV 8025
C10	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C11	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C12	Trimmer, air	4 to 29 pf	CV 8025
C13	Trimmer, air	4 to 29 pf	CV 8025
C17	Capacitor, bypass, ceramic	2500 pf/350 v	CBR 1/2500/350
C18	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C19	Capacitor, bypass, ceramic	2500 pf/350 v	CBR 1/2500/350
C20	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C21	Capacitor, bypass, ceramic	2500 pf/350 v	CBR 1/2500/350
C24	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C25	Capacitor, paper	25,000 pf/250 v	CPM 25 000/250
C26	Capacitor, paper	100,000 pf/250 v	CPK 100 000/250
C27	Capacitor, paper	50,000 pf/250 v	CPM 50 000/250
C28	Capacitor, ceramic	220 pf	CCH 68/220
C29	Capacitor, paper	25,000 pf/250 v	CPM 25 000/250

R 8391

463

Bl. 36



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
C30	Capacitor, ceramic	220 pf	CCH 68/220
C31	Capacitor, ceramic	12 pf	CCG 68/12
C35	Capacitor, paper	50,000 pf/250 v	CPM 50 000/250
C36	Capacitor, synth. foil	5000 pf/500 v	CKS 5000/500
C101	Trimmer, tubular, ceramic	1 to 6 pf	CV 7205
C102	Capacitor, MP	0.25 μ f/500 v	CMR 0,25/500
C103	Trimmer, air	4 to 29 pf	CV 8125
C104	Capacitor, ceramic	56 pf	CCH 68/56
C105	Capacitor, ceramic	2 pf	CCG 68/2
C106	Trimmer, tubular, ceramic	1 to 6 pf	CV 7205
C107	Capacitor, paper	50,000 pf/250 v	CPM 50 000/250
C108	Capacitor, paper	100,000 pf/250 v	CPK 100 000/250
C109	Capacitor, ceramic	10 pf	CCG 68/10
C110	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C111	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C112	Trimmer, air	4 to 29 pf	CV 8025
C113	Capacitor, ceramic	10 pf	CCG 68/10
C117	Capacitor, bypass, ceramic	2500 pf/350 v	CBR 1/2500/350
C118	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C119	Capacitor, bypass, ceramic	2500 pf/350 v	CBR 1/2500/350
C120	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C121	Capacitor, bypass, ceramic	2500 pf/350 v	CBR 1/2500/350
C124	Capacitor, paper	250,000 pf/250 v	CPK 250 000/250
C125	Capacitor, paper	25,000 pf/250 v	CPM 25 000/250
C126	Capacitor, paper	100,000 pf/250 v	CPK 100 000/250
C127	Capacitor, paper	50,000 pf/250 v	CPM 50 000/250

R 8391
463
Bl. 37



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
C128	Capacitor, ceramic	220 pf	CCH 68/220
C129	Capacitor, paper	25,000 pf/250 v	CPM 25 000/250
C130	Capacitor, ceramic	220 pf	CCH 68/220
C131	Capacitor, ceramic	12 pf	CCG 68/12
C201	Capacitor, MP	8 + 8 μ f/250 v	CMR 8 + 8/250
C202	Capacitor, electrolytic	50 + 50 μ f/350 v	CEG 21/50+50/350
C203	Capacitor, MP	16 + 16 μ f/350 v	CMR 16 + 16/350
C204	Capacitor, paper	100,000 pf/250 v	CPK 100 000/250
C205	Capacitor, MP	2 μ f/500 v	CMR 2/500
C206	Capacitor, electrolytic	100 μ f/35 v	CED 21/100/35
G11	Diode, crystal		GK/OA 81
G12	Diode, crystal		GK/Z 6
G13	Diode, crystal		GK/OA 81
G15	Diode, crystal		GK/OA 81
G16	Diode, crystal		GK/Z 6
G17	Diode, crystal		GK/OA 81
G110	Rectifier	2 x 360 v/100 ma	GN 19/720/100 M
G111	Rectifier	30 v/250 ma	GNB 11/30/250 B
I1	Ammeter, moving-coil		INS 40507
K1	Spaghetti, shielding		LA 7
K2	Cable, connecting		LK 333
L1	Coil		1941 - 10.11

R 9391
463

Bl. 38



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
L2	Coil		1941 - 10.11
L5	Choke		DB 220/2
Mo1	Motor		ZAM 17001
R1	Resistor, depos. carbon	25 Ω /0.1 w	WF 25/0,1
R2	Resistor, depos. carbon	900 k Ω $\pm 1\%$ /0.5 w	WF 900 k/1/0,5
R3	Resistor, depos. carbon	111 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 111 k/1/0,25
R4	Resistor, depos. carbon	2 M Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 M/1/0,25
R5	Resistor, depos. carbon	2 M Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 M/1/0,25
R8	Resistor, depos. carbon	50 Ω /0.1 w	WF 50/0,1
R9	Resistor, depos. carbon	10 k Ω /1 w	WF 10 k/1
R10	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /1 w	WF 5 k/1
R11	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /0.1 w	WF 5 k/0,1
R14	Resistor, depos. carbon	50 Ω /0.1 w	WF 50/0,1
R15	Resistor, depos. carbon	500 k Ω /0.25 w	WF 500 k/0,25
R16	Resistor, depos. carbon	200 Ω /0.25 w	WF 200/0,25
R17	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /1 w	WF 5 k/1
R18	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.25 w	WF 100/0,25
R21	Resistor, depos. carbon	3 k Ω /0.1 w	WF 3 k/0,1
R22	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R23	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R24	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /0.1 w	WF 5 k/0,1
R25	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.1 w	WF 100/0,1
R27	Resistor, depos. carbon	200 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 200 k/1/0,25
R28	Resistor, depos. carbon	2 k Ω $\pm 1\%$ /0,25 w	WF 2 k/1/0,25

R 8391
463
Bl. 39



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
R29	Resistor, depos. carbon	2 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R30	Resistor, depos. carbon	50 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 50 k/1/0,25
R31	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R32	Resistor, depos. carbon	10 k Ω /0.5 w	WF 10 k/0,5
R33	Resistor, depos. carbon	10 k Ω /0.5 w	WF 10 k/0,5
R36	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R37	Resistor, depos. carbon	200 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 200 k/1/0,25
R38	Resistor, depos. carbon	2 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R39	Resistor, depos. carbon	2 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R40	Resistor, depos. carbon	30 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 30 k/1/0,25
R41	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R42	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5
R43	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5
R46	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R47	Resistor, depos. carbon	200 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 200 k/1/0,25
R48	Resistor, depos. carbon	2 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R49	Resistor, depos. carbon	2 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R50	Resistor, depos. carbon	50 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 50 k/1/0,25
R51	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R52	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5
R53	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.25 w	WF 1 k/0,25
R56	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R57	Resistor, depos. carbon	250 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 250 k/1/0,25
R58	Resistor, depos. carbon	3 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 3 k/1/0,25

R 8391
463
Bl. 40



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
R59	Resistor, depos. carbon	3 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 3 k/1/0,25
R60	Resistor, depos. carbon	16 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 16 k/1/0,25
R61	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R62	Resistor, depos. carbon	1.6 k Ω /0.5 w	WFO 1,6 k/0,5
R63	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R64	Resistor, depos. carbon	1.6 k Ω /0.5 w	WFO 1,6 k/0,5
R65	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.5 w	WFO 1 k/0,5
R66	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.25 w	WF 100/0,25
R67	Resistor, depos. carbon	400 Ω /0.25 w	WF 400/0,25
R68	Resistor, depos. carbon	100 k Ω /0.25 w	WF 100 k/0,25
R69	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5
R72	Resistor, depos. carbon	160 k Ω /0.25 w	WF 160 k/0,25
R73	Resistor, depos. carbon	80 k Ω /0.25 w	WF 80 k/0,25
R74	Resistor, depos. carbon	16 k Ω $\pm 1\%$ /0.5 w	WF 16 k/1/0,5
R75	Resistor, depos. carbon	8 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 8 k/1/0,25
R76	Resistor, depos. carbon	50 Ω /0.1 w	WF 50/0,1
R77	Resistor, depos. carbon	1.6 k Ω $\pm 1\%$ /0.5 w	WF 1,6 k/1/0,5
R78	Resistor, depos. carbon, variable	250 Ω lin.	WS 9122 F/250
R81	Resistor, wire-wound	approx. 16 k Ω /4 w	2 x WDG 8 k/2 in series
R82	Resistor, depos. carbon, variable	500 Ω lin.	WS 7126/500
R83	Resistor, wire-wound	approx. 16 k Ω /4 w	2 x WDG 8 k/2 in series
R84	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 7126/50 k
R85	Resistor, depos. carbon	200 k Ω /0.25 w	WF 200 k/0,25

R 8391
463
Bl. 41



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
R86	Resistor, depos. carbon	200 k Ω /0.25 w	WF 200 k/0,25
R87	Resistor, depos. carbon	200 k Ω /0.25 w	WF 200 k/0,25
R90	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.1 w	WF 1 k/0,1
R91	Resistor, depos. carbon	100 k Ω /0.25 w	WF 100 k/0,25
R92	Resistor, wire-wound	8 k Ω /2 w	WDG 8 k/2
R93	Resistor, depos. carbon	1.25 k Ω /0.25 w	WF 1,25 k/0,25
R94	Resistor, wire-wound	8 k Ω /2 w	WDG 8 k/2
R95	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.1 w	WF 1 k/0,1
R96	Resistor, depos. carbon	100 k Ω /0.25 w	WF 100 k/0,25
R101	Resistor, depos. carbon	25 Ω /0.1 w	WF 25/0,1
R102	Resistor, depos. carbon	900 k Ω $\pm 1\%$ /0.5 w	WF 900 k/1/0,5
R103	Resistor, depos. carbon	111 k Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 111 k/1/0,25
R104	Resistor, depos. carbon	2 M Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 M/1/0,25
R105	Resistor, depos. carbon	2 M Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 2 M/1/0,25
R108	Resistor, depos. carbon	50 Ω /0.1 w	WF 50/0,1
R109	Resistor, depos. carbon	10 k Ω /1 w	WF 10 k/1
R110	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /1 w	WF 5 k/1
R111	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /0.1 w	WF 5 k/0,1
R114	Resistor, depos. carbon	50 Ω /0.1 w	WF 50/0,1
R115	Resistor, depos. carbon	500 k Ω /0.25 w	WF 500 k/0,25
R116	Resistor, depos. carbon	200 Ω /0.25 w	WF 200/0,25
R117	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /1 w	WF 5 k/1
R118	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.25 w	WF 100/0,25
R121	Resistor, depos. carbon	3 k Ω /0.1 w	WF 3 k/0,1
R122	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R123	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25

R 8391
463
Bl. 42



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
R124	Resistor, depos. carbon	5 k Ω /0.1 w	WF 5 k/0,1
R125	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.1 w	WF 100/0,1
R127	Resistor, depos. carbon	200 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 200 k/1/0,25
R128	Resistor, depos. carbon	2 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R129	Resistor, depos. carbon	2 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R130	Resistor, depos. carbon	50 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 50 k/1/0,25
R131	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R132	Resistor, depos. carbon	10 k Ω /0.5 w	WF 10 k/0,5
R133	Resistor, depos. carbon	10 k Ω /0.5 w	WF 10 k/0,5
R136	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R137	Resistor, depos. carbon	200 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 200 k/1/0,25
R138	Resistor, depos. carbon	2 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R139	Resistor, depos. carbon	2 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R140	Resistor, depos. carbon	30 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 30 k/1/0,25
R141	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R142	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5
R143	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5
R146	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R147	Resistor, depos. carbon	200 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 200 k/1/0,25
R148	Resistor, depos. carbon	2 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R149	Resistor, depos. carbon	2 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 2 k/1/0,25
R150	Resistor, depos. carbon	50 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 50 k/1/0,25
R151	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R152	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5

8391

63

Bl. 43



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
R153	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.25 w	WF 1 k/0,25
R156	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R157	Resistor, depos. carbon	250 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 250 k/1/0,25
R158	Resistor, depos. carbon	3 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 3 k/1/0,25
R159	Resistor, depos. carbon	3 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 3 k/1/0,25
R160	Resistor, depos. carbon	16 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 16 k/1/0,25
R161	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R162	Resistor, depos. carbon	1.6 k Ω /0.5 w	WFO 1,6 k/0,5
R163	Resistor, depos. carbon	2 M Ω /0.25 w	WF 2 M/0,25
R164	Resistor, depos. carbon	1.6 k Ω /0.5 w	WFO 1,6 k/0,5
R165	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.5 w	WFO 1 k/0,5
R166	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.25 w	WF 100/0,25
R167	Resistor, depos. carbon	400 Ω /0.25 w	WF 400/0,25
R168	Resistor, depos. carbon	100 k Ω /0.25 w	WF 100 k/0,25
R169	Resistor, depos. carbon	8 k Ω /0.5 w	WF 8 k/0,5
R172	Resistor, depos. carbon	160 k Ω /0.25 w	WF 160 k/0,25
R173	Resistor, depos. carbon	80 k Ω /0.25 w	WF 80 k/0,25
R174	Resistor, depos. carbon	16 k Ω \pm 1%/0.5 w	WF 16 k/1/0,5
R175	Resistor, depos. carbon	8 k Ω \pm 1%/0.25 w	WF 8 k/1/0,25
R176	Resistor, depos. carbon	50 Ω /0.1 w	WF 50/0,1
R177	Resistor, depos. carbon	1.6 k Ω \pm 1%/0.5 w	WF 1,6 k/1/0,5
R181	Resistor, depos. carbon, variable	500 Ω lin.	WS 7126/500
R182	Resistor, depos. carbon	2.5 k Ω /1 w	WF 2,5 k/1
R183	Resistor, depos. carbon	160 Ω /0.5 w	WF 160/0,5
R184	Resistor, depos. carbon	400 Ω /0.5 w	WF 400/0,5

R 8391
463
Bl. 44



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
R185	Resistor, depos. carbon	400 Ω $\pm 1\%$ /0.25 w	WF 400/1/0,25
R186	Resistor, depos. carbon	24.49 Ω $\pm 0.3\%$ /0.25 w	WF 24,49/0,3/0,25
R187	Resistor, depos. carbon	57.14 Ω $\pm 0.3\%$ /0.25 w	WF 57,14/0,3/0,25
R188	Resistor, depos. carbon	171.42 Ω $\pm 0.3\%$ /0.25 w	WF 171,42/0,3/0,25
R189	Resistor, depos. carbon	150 Ω $\pm 0.5\%$ /0.5 w	WF 150/0,5/0,5
R190	Resistor, depos. carbon	128.57 Ω $\pm 0.5\%$ /0.5 w	WF 128,57/0,5/0,5
R191	Resistor, depos. carbon	85.71 Ω $\pm 0.5\%$ /0.5 w	WF 85,71/0,5/0,5
R201	Resistor, wire-wound, with tap	3 k Ω /12 w	WV 12/3 k
R202	Resistor, depos. carbon	300 k Ω /0.25 w	WF 300 k/0,25
R203	Resistor, depos. carbon, variable	50 k Ω lin.	WS 9122 F/50 k
R204	Resistor, depos. carbon	200 k Ω /0.25 w	WF 200 k/0,25
R205	Resistor, depos. carbon	30 k Ω /0.5 w	WF 30 k/0,5
R206	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.1 w	WF 1 k/0,1
R207	Resistor, depos. carbon	1 M Ω /0.25 w	WF 1 M/0,25
R208	Resistor, depos. carbon	10 k Ω /0.25 w	WF 10 k/0,25
R209	Resistor, depos. carbon	100 k Ω /0.25 w	WF 100 k/0,25
R210	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.1 w	WF 1 k/0,1
R211	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.1 w	WF 100/0,1
R212	Resistor, depos. carbon	1 k Ω /0.1 w	WF 1 k/0,1
R213	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.1 w	WF 100/0,1
R214	Resistor, depos. carbon	100 Ω /0.1 w	WF 100/0,1
R11	Lamp, glow, miniature	220 v	RL 210
Rö1	Duo-triode		E 88 CC

R 8391
463
Bl. 45



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
Rö2	Duo-triode		ECC 85
Rö3	Duo-triode		ECC 85
Rö4	Duo-triode		ECC 85
Rö5	Duo-triode		E 88 CC
Rö6	Duo-triode		E 88 CC
Rö7	Duo-triode		E 88 CC
Rö8	Duo-triode		E 88 CC
Rö9	Duo-triode		ECC 85
Rö10	Duo-triode		ECC 85
Rö11	Duo-triode		ECC 85
Rö12	Duo-triode		E 88 CC
Rö13	Duo-triode		E 88 CC
Rö14	Pentode, output		EL 86
Rö15	Pentode, output		EL 86
Rö16	Pentode, output		EL 86
Rö17	Pentode		EF 804 S
Rö18	Reference tube		85 A 2
RsA	Relay		RSS 120048
RsB	Relay		RSS 120048
S1	Switch assembly		SR 633
S2	Switch, toggle, RF		SR 301/2
S3	Switch, toggle, RF		SR 301/2
S4	Switch assembly		SR 633
S5	Switch, toggle, RF		SR 301/2

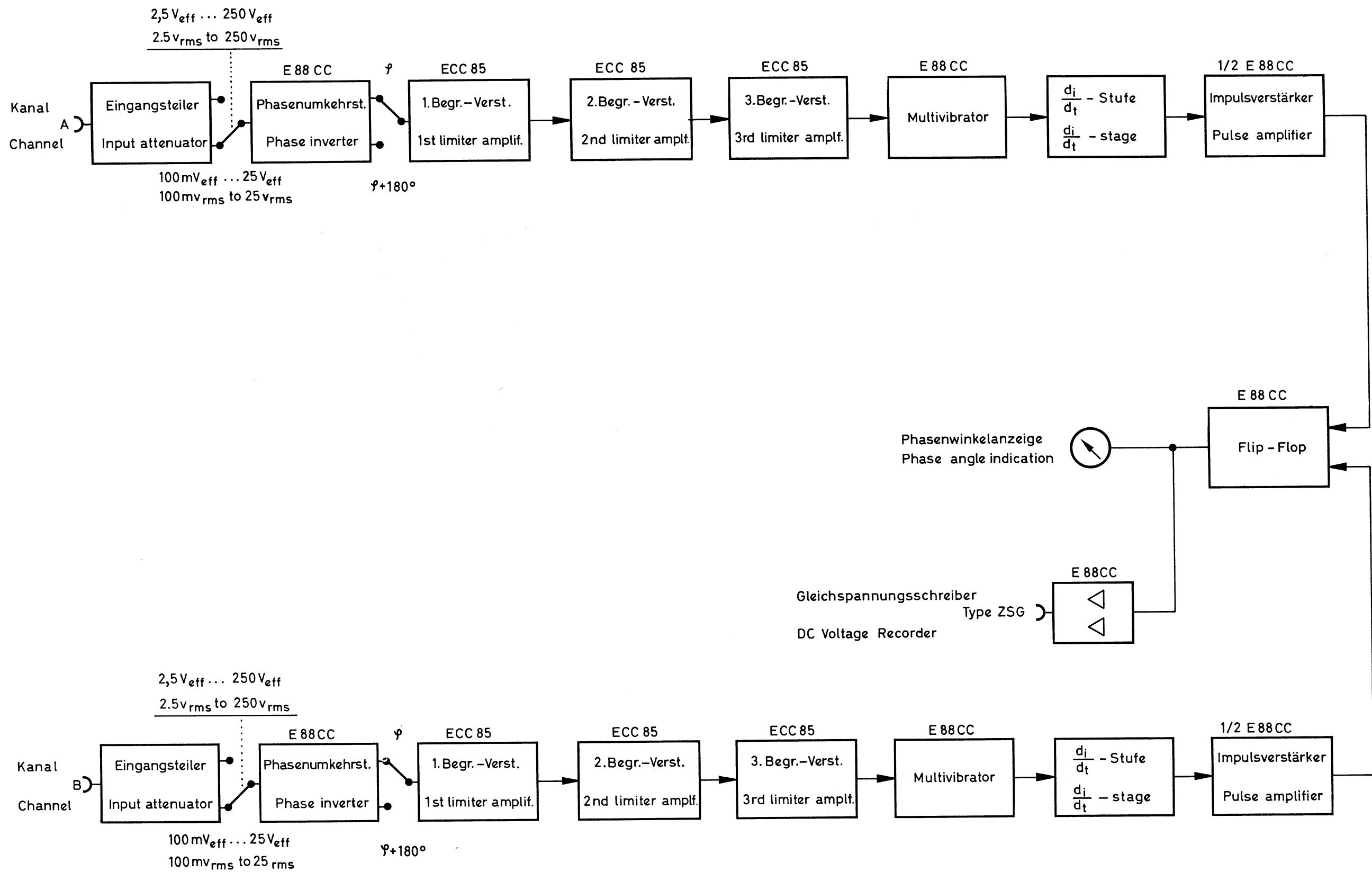
R 8391
463
Bl. 46



Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
S6	Switch, toggle, RF		SR 301/2
S7	Switch, toggle, RF		SR 301/2
S8	Switch, step		SRW 14410
S9	Switch, power (combination)		SRK 1
S10	Fuse panel		FD 60515
Si1	Fuse	1 amp	1 C DIN 41571
Tr1	Transformer, power		1941 - 5.4

R 8391
463
Bl. 47





Blockschaltbild
Block Diagram
Type PZN