



ROHDE & SCHWARZ

Beschreibung

**TUNER 10 Hz ... 50 MHz
ZPV - E1**

303.0510.02

Zusammengestellt nach
303.1917 ZV

Printed in West Germany

ENGLISH MANUAL FOLLOWS FIRST COLOURED DIVIDER

Inhaltsübersicht

	Seite	
<u>1.</u>	<u>Technische Information</u>	
<u>2.</u>	<u>Betriebsvorbereitung und Bedienung</u>	2.1
2.1	Erklärung des Bedienbilds	2.1
2.2.	Betriebsvorbereitung	2.1
2.2.1.	Einschieben in das Grundgerät	2.1
2.3.	Bedienung	2.2
2.3.1.	Anschluß an Meßsender und Meßobjekt	2.2
2.3.1.1.	Der Synchronisations-Eingang	2.2
2.3.1.2.	Meßeingänge	2.3
2.3.1.3.	Verwendung von Tastköpfen	2.3
2.3.1.3.1.	10:1-Umschaltung	2.4
2.3.1.3.2.	Abgleich von Tastteilern	2.4
2.3.1.4.	Messungen in Koaxialsystemen mit 50- Ω - bzw. 75- Ω -Wellenwiderstand	2.5
2.3.1.5.	Übergang auf andere Steckersysteme	2.5
2.3.2.	Wobbelbetrieb	2.6
2.4.	Meßbeispiele	2.7
2.4.1.	Vektormessungen	2.7
2.4.1.1.	Filtermessungen	2.7
2.4.1.2.	Messungen an Verstärkern	2.7
2.4.1.3.	Messungen an offenen Regelschleifen	2.9
2.4.1.4.	Messungen an geschlossenen Regelschleifen	2.10
2.4.1.5.	Frequenzvergleich	2.11
2.4.1.6.	Messung der elektrischen Länge von Kabeln	2.11
2.4.1.7.	Messung von Klirrfaktor, Differenztonfaktor und nichtharmonischen Nebenwellen	2.12
2.4.2.	Vierpolparametermessungen	2.13
2.4.2.1.	Allgemeines	2.13
2.4.2.2.	Parametermessung ohne Richtkoppler oder VSWR-Brücke	2.14
2.4.2.2.1.	Reflexionsmessung nach dem T-Verfahren	2.14
2.4.2.2.2.	Übertragungsmessung	2.15
2.4.2.3.	Reflexionsmessung mit einer VSWR-Brücke	2.16
2.4.2.4.	Vollautomatische Messung aller 4-S-Parameter mit dem S-Parameter-Testadapter ZPV-Z5	2.16
2.4.3.	Zweipolparametermessungen	2.17
2.4.3.1.	Messung niederohmiger Impedanzen	2.17
2.4.3.2.	Messung hochohmiger Impedanzen	2.18
2.4.4.	Gruppenlaufzeitmessungen	2.19
2.4.4.1.	Einzelmessung	2.19
2.4.4.2.	Dauermessung	2.19
2.4.4.3.	Messungen mit beliebigen Frequenzhuben	2.19
2.4.4.4.	Messung der Gruppenlaufzeitabweichung	2.20
2.4.5.	Programmierter Betrieb	2.20
2.4.5.1.	Programmierung der Eingangsfrequenz	2.21
2.4.5.2.	Programmierung der Meßbandbreite	2.21
2.4.5.3.	Ausgabe der gemessenen Eingangsfrequenz	2.21

Bilder im Text

Bild 2-1 Messung von Verstärkung, Phasendrehung 2.8
und Gruppenlaufzeit
Bild 2-2 Messung von Verstärkungsgang und 2.9
Phasengang einer offenen Regelschleife
Bild 2-3 Messung der Übertragungscharakteristik eines ... 2.10
rückgekoppelten Verstärkers bei geschlossener
Regelschleife

Inhaltsübersicht

303.1917 - 5

		Seite
3.	Wartung	3.1
3.1.	Erforderliche Meßgeräte und Hilfsmittel	3.1
3.2.	Prüfen der Solleigenschaften	3.2
3.2.1.	Meßfehler bei Spannungsmessung	3.2
3.2.2.	Meßfehler bei Verhältnismessung	3.2
3.2.3.	Meßfehler bei Phasenmessung	3.4
3.2.4.	Pegelabhängiger Phasenfehler	3.4
3.2.5.	Linearitätsfehler	3.6
3.2.6.	Übersprechen zwischen den Meßkanälen	3.6

Bilder im Text

Bild 3-1	Meßaufbau für Spannungsmessung	3.3
Bild 3-2	Meßaufbau für Verhältnis- und Phasenmessung	3.3
Bild 3-3	Meßaufbau für pegelabhängige Phasenfehlermessung	3.5
Bild 3-4	Meßaufbau für Linearitätsfehlermessung	3.5
Bild 3-5	Meßaufbau für Übersprechmessung	3.6

Inhaltsübersicht

Seite

4.	<u>Funktionsbeschreibung</u>	4.1
4.1.	Zählerplatte	4.1
4.1.1.	Frequenzzähler	4.1
4.1.1.1.	Eingangsfrequenzmessung	4.1
4.1.1.2.	Oszillatorfrequenzmessung	4.1
4.1.1.3.	Periodendauermessung des Eingangssignales	4.2
4.1.2.	Quarzoszillator	4.2
4.1.3.	Digitale Schnittstelle	4.3
4.2.	Anzeigeplatte	4.3
4.3.	Interfaceplatte	4.3
4.4.	Digitaler Synthesizer	4.4
4.5.	Synchronisation	4.6
4.6.	Funktionsbeschreibung Eingangsteil A	4.10
	und Eingangsteil B	
4.6.1.	Eingangsverstärker und -Teiler	4.10
4.6.2.	Mischer	4.10
4.6.3.	ZF-Teil	4.11
4.6.4.	10-Hz-N-Pfadfilter	4.13
4.6.4.1.	Prinzip des N-Pfadfilters	4.13
4.6.4.2.	Taktgenerator für N-Pfadfilter	4.14
4.6.5.	Spannungsversorgung	4.16
4.6.6.	ZF-Eichgenerator	4.16

Bilder im Text

Bild 4-1	4-bit-Phasenakkumulations-Synthesizer	4.5
Bild 4-2	Blockschaltbild Synchronisation ZPV-E1	4.9
Bild 4-3	Eingeschaltete Bandbreiten des Eingangsteils ... A/B in Abhängigkeit von Frequenz und Pegel	4.12
Bild 4-4	Prinzip des N-Pfadfilters	4.13
Bild 4-5	Prinzipschaltbild des Tiefpaß 2. Ordnung	4.14
Bild 4-6	TTL-Signale des Taktgenerators	4.15

5.	<u>Instandsetzung</u>	5.1
5.1.	Erforderliche Meßgeräte und Hilfsmittel	5.1
5.1.1.	Fehlersuche	5.2
5.1.2.	Öffnen des Einschubs	5.3
5.2.	Prüfung und Abgleich mit dem TESTMODE	5.3
5.2.1.	Zählertest	5.4
5.2.2.	Oszillatortest	5.4
5.2.3.	Synthesizertest	5.5
5.2.4.	Phasenregelung	5.6
5.2.5.	Eingangsteil A/B	5.7
5.3.	Instandsetzung Zählerplatte	5.7
5.3.1.	Quarzoszillator prüfen	5.7
5.3.2.	Frequenzzähler-Vorverstärker prüfen	5.7
5.3.3.	Digitale Sektion des Zählers prüfen	5.8
5.4.	Instandsetzung der Synchronisation	5.8
5.5.	Digitale Schnittstelle zum Mikroprozessor	5.9
5.6.	Instandsetzung des digitalen Synthesizers	5.10
5.7.	Abgleichanweisung Eingangsteil A/B	5.10
5.7.1.	Mischersymmetrie	5.10
	(Signalunterdrückung bei 20 kHz)	
5.7.2.	Mischersymmetrie (Trägerunterdrückung)	5.11
5.7.3.	Schwingkreise	5.11
5.7.4.	N-Pfadfilter	5.11
5.7.5.	Grundverstärkung	5.11
5.7.6.	Absolutfrequenzgang	5.11
5.7.7.	Differenzfrequenzgang	5.11
5.7.8.	Phasengang	5.12
5.7.9.	20-dB-Vorteiler	5.12





NF VECTOR ANALYZER

10Hz...50MHz

- AUTOMATISCHE ABSTIMMUNG AUF DIE EINGANGSFREQUENZ
- HOCHOHMIGE EINGÄNGE
- ÄUSSERST GERINGES EIGENRAUSCHEN
- HOHE DYNAMIK
- EINGEBAUTER FREQUENZZÄHLER
- SELEKTIVE SPANNUNGS- UND PHASENMESSUNG
- IMPEDANZBESTIMMUNG (HOCH- UND NIEDEROHMIG)
- VIERPOLMESSUNG (S-PARAMETER, GRUPPENLAUFZEIT, REGELSCHLEIFEN)
- KLIRRFAKTOR

MESSMÖGLICHKEITEN

Der Tuner ZPV-E1 zum Vector Analyzer ZPV ist ein Zweikanal-empfänger, der selektiv die Amplituden und Phasen der Signale an seinen beiden Meßeingängen A und B mißt. Dabei stimmt sich der Tuner selbständig auf die Frequenz eines am Synchronisations-eingang angelegten Signals ab.

Alle drei Eingänge des Einschubs sind hochohmig ($1\text{M}\Omega//17\text{pF}$) und gestatten den Anschluß von üblichen 10:1-Oszilloskop-Tastköpfen. Mit den Tasten Ux10 an der Frontplatte des Einschubs kann dies dem Grundgerät ZPV mitgeteilt werden, das dann den Teilungsfaktor des Tastkopfes bei der Meßwertanzeige berücksichtigt. Für Messungen im 50- Ω -System steckt man Durchführungsabschlüsse auf die hochohmigen Eingänge und erhält so reflexionsarme 50- Ω -Eingänge. Die maximale Eingangsspannung beträgt 1 V, mit 10:1-Tastkopf 10 V. Das geringe Eigenrauschen von 3 μV (typisch 1 μV) erlaubt reproduzierbare Messungen auch bei geringer Ansteuerung des Meßobjekts.

Der Tuner ZPV-E1 ist wegen seines selektiven Meßverfahrens unempfindlich gegen Oberwellen der Meßspannung und andere Störsignale, die bei breitbandigen Phasennessern erhebliche Meßfehler verursachen können. Das Gerät wählt selbständig je nach Frequenz und Eingangsspannung eine seiner drei Bandbreiten (10 Hz, 200 Hz und 1 kHz) aus. Über den IEC-Bus läßt sich diese Automatik auch ausschalten, und der Anwender kann die Bandbreite selbst programmieren.

Mit dem Tuner ZPV-E1 können, wie mit den anderen ZPV-Einschüben, alle S-Parameter von Baugruppen, wie Filter, Weichen-Verstärkern usw. bestimmt werden.

Mit einem neu implementierten Meßverfahren können nicht nur niederohmige sondern auch hochohmige Impedanzen gemessen und deren Wert direkt am Display angezeigt werden. Selbstverständlich ist auch weiterhin die Reflexionsfaktormessung mit Meßbrücken oder Richtkopplern, z.B. an Antennen möglich. Der Meßwert kann dabei auch als VSWR oder als Rückflußdämpfung (dB) angezeigt werden.

Aufgrund seiner niedrigen Grenzfrequenz von 10 Hz können auch Amplituden- und Phasengänge von Regelschleifen auf einfache Art bestimmt werden. Durch die direkte Amplituden- und Phasenanzeige ist eine problemlose Auswertung von Stabilitätskriterien möglich.

Mit Hilfe des eingebauten Frequenzzählers können Gruppenlaufzeitmessungen nicht nur mit vorgegebenem (0.4, 4, 40 kHz), sondern auch mit beliebigem Frequenzhub durchgeführt werden. Der am Display angezeigte Wert wird dabei aus jeweils 2 Phasen- und 2 Frequenzwerten vom Mikroprozessor berechnet.

Das Meßergebnis kann nach Betrag und Phase oder nach Real- und Imaginärteil angezeigt werden. Der Benutzer kann dabei zwischen linearer und logarithmischer Darstellung, absolut oder auf einen Referenzwert bezogen, wählen. Zwei Schreiberausgänge am Grundgerät, je einer für das rechte und das linke Anzeigefeld, dienen zur einfachen Dokumentation des Meßergebnisses, z. B. in Form einer Ortskurve oder eines Bode-Diagrammes.

FUNKTION

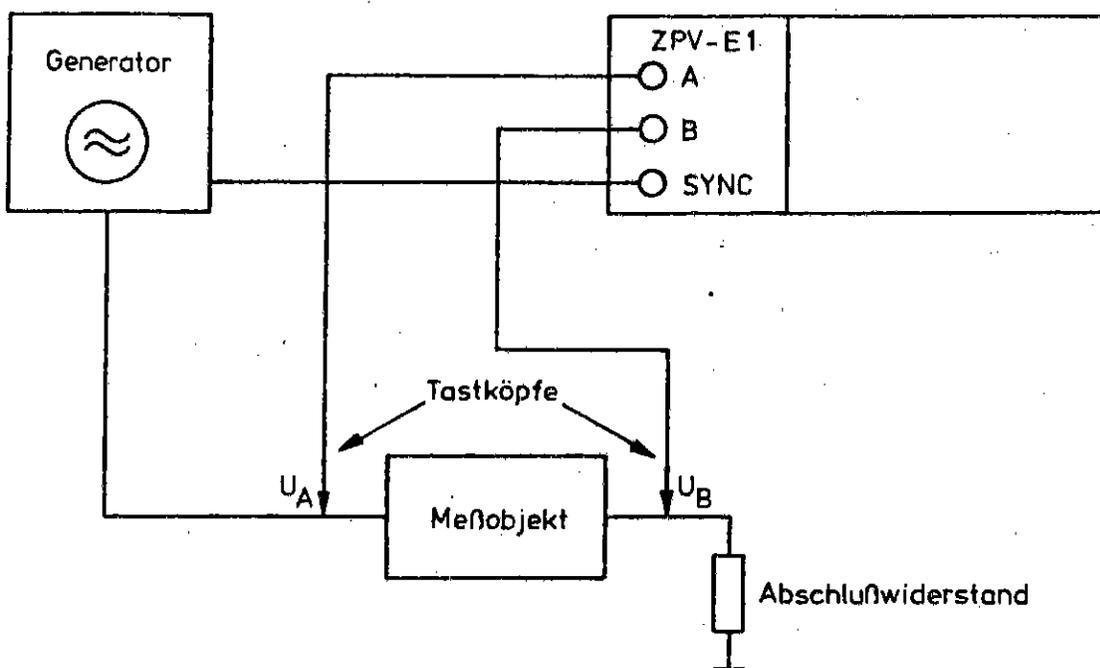
Der Tuner ZPV-E1 enthält zwei gleichartig aufgebaute Eingangsteile A und B. Die Eingangssignale gelangen über je eine Impedanzwandlerstufe auf die Eingangsmischer, in denen das Signal mit einer um 20 kHz höheren Oszillatorfrequenz auf eine ZF von 20 kHz umgesetzt wird. Auf der Zwischenfrequenz werden die Signale passend verstärkt und durchlaufen je nach Frequenz und Eingangspegel das 10 Hz, 200 Hz oder 1 kHz breite Filter. Das 10-Hz-Filter ist besonders steilflankig und erreicht bei 30 Hz Ablage von der Mittenfrequenz bereits 60 dB Dämpfung. Die Auswertung der beiden ZF-Signale geschieht dann im ZPV-Grundgerät.

Die Oszillatorfrequenz, mit der die Eingangssignale gemischt werden, richtet sich nach der Frequenz des Signals am Synchronisationseingang. Ist die Frequenz größer als 25 kHz, so wird das Oszillatorsignal mit einem VCO erzeugt, der zwischen 20 und 50 MHz schwingt. Die darunter liegenden Oktavbänder werden durch Teilen durch 2, 4, 8, 16 usw. erzeugt. Eine Phasenregelschleife hält die Oszillatorfrequenz immer 20 kHz oberhalb der Eingangsfrequenz. Ist die Eingangsfrequenz kleiner als 25 kHz, so erzeugt ein NF-Synthesizer mit 0,1 Hz Auflösung das Oszillatorsignal. Ein Frequenz- und Periodendauermesser ermittelt die Eingangsfrequenz, und der Mikroprozessor des Grundgerätes steuert mit dieser Information den Synthesizer entsprechend an.

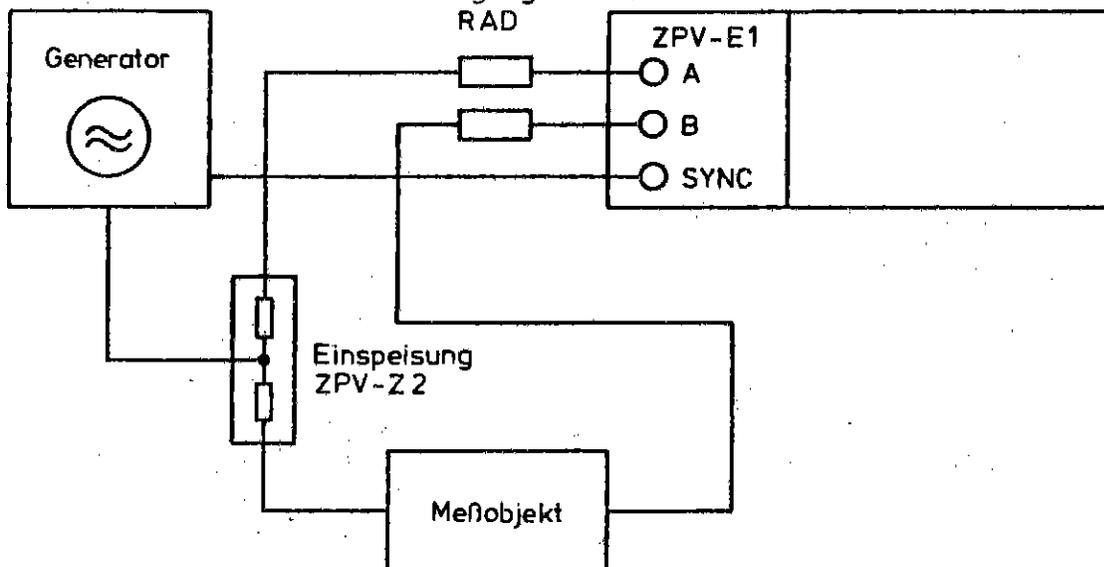
IEC-BUS

Die vergleichsweise hohe Meßgeschwindigkeit, besonders bei niedrigen Frequenzen, prädestiniert den ZPV mit Tuner ZPV-E1 - und Option IEC-Bus ZPV-B1 - für den Einsatz in automatischen Testsystemen. Gleichzeitig sind über den IEC-Bus noch zusätzliche Betriebsarten des Vector Analyzers programmierbar. In der Betriebsart Gleichspannungsmessung mißt der ZPV die Spannung am ADC-Eingang an der Geräterückseite, in der Betriebsart Frequenzmessung die Frequenz des Signals am Synchronisationseingang. Die Ausgabe der Meßwerte erfolgt in beiden Fällen über den IEC-Bus mit vierstelliger Mantisse und Exponent. Außerdem kann bei Frequenzen unterhalb 25 kHz auf ein Synchronisierungssignal verzichtet werden, wenn dem ZPV die genaue Empfangsfrequenz über IEC-Bus mitgeteilt wird.

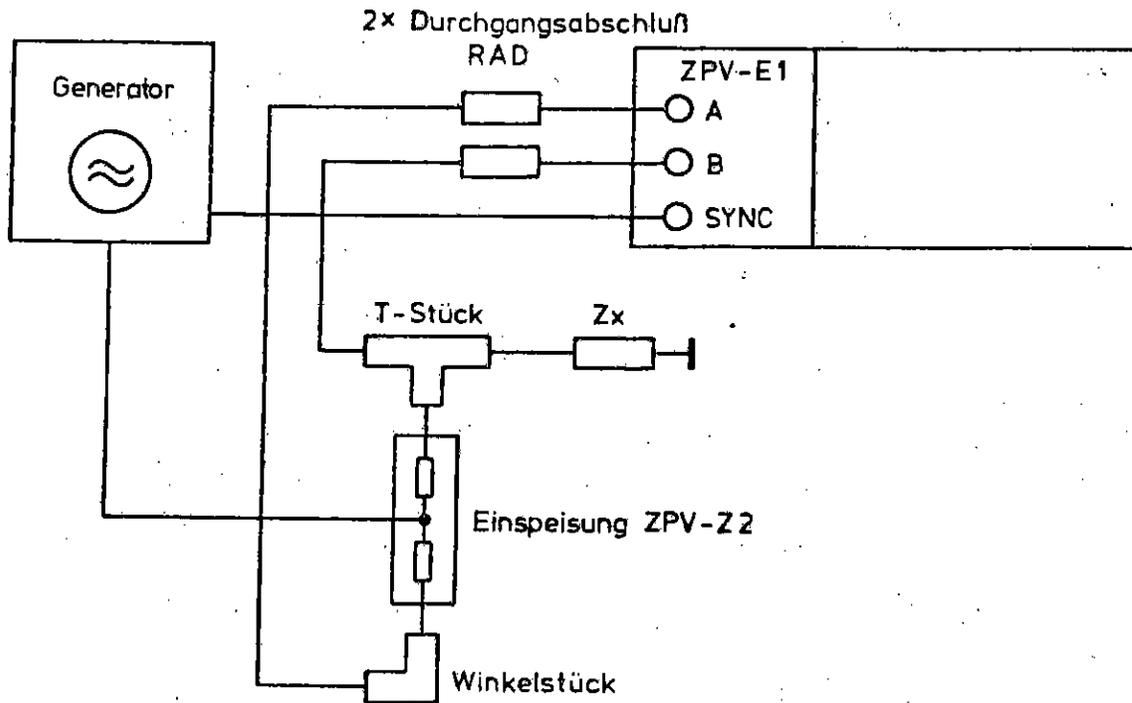
1. Spannungsmessung (A,B,B/A), Gruppenlaufzeitmessung hochohmig



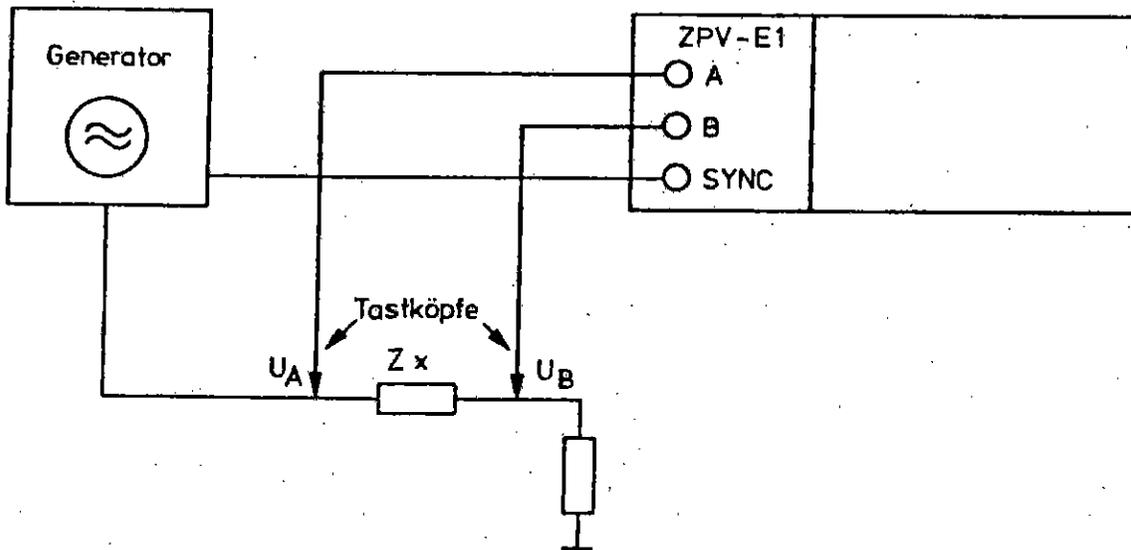
2. Spannungsmessung (A,B,B/A), Gruppenlaufzeitmessung niederohmig
(50, 75 Ω)



3. Reflexionsfaktormessung und Messung von niederohmigen Impedanzen



4. Messung hochohmiger Impedanzen



5. Vollständige S-Parameter Messung mit Richtkopplern oder VSWR-Brücken wie mit Einschub ZPV-E3

Vorläufige Daten ZPV-E1

Frequenzbereich

Teilbereiche (11)

10 Hz - 50 MHz	(kein Wobbelbetrieb möglich)
10 Hz - 25 kHz	
20 kHz - 80 kHz	
70 kHz - 170 kHz	
150 kHz - 360 kHz	
320 kHz - 730 kHz	
0,67 MHz - 1,5 MHz	
1,3 MHz - 3,1 MHz	
1,8 MHz - 6 MHz	
5,6 MHz - 12 MHz	
11 MHz - 25 MHz	
22 MHz - 52 MHz	

Bereichseinstellung und Abstimmung innerhalb eines Frequenzbereiches

automatisch auf Signal am SYNC-Eingang

Wobbelbetrieb

max. Wobbelgeschwindigkeit

innerhalb eines Frequenzteilbereiches

2 MHz/s	f > 100 kHz
0,2 MHz/s	25 kHz < f < 100 kHz

Auflösung des internen Frequenzzählers

(Frequenzausgabe nur über IEC-Bus,
Format 4 Zeichen Mantisse
2 Zeichen Exponent

0,1 Hz	f < 25 kHz
1 kHz	f > 25 kHz

Eingangsimpedanz

A, B, SYNC Eingang

1 MΩ // 17 pF

Übersprechdämpfung

≥ 100 dB	f < 5 MHz
≥ 95 dB	5 MHz < f < 40 MHz
≥ 90 dB	f > 40 MHz

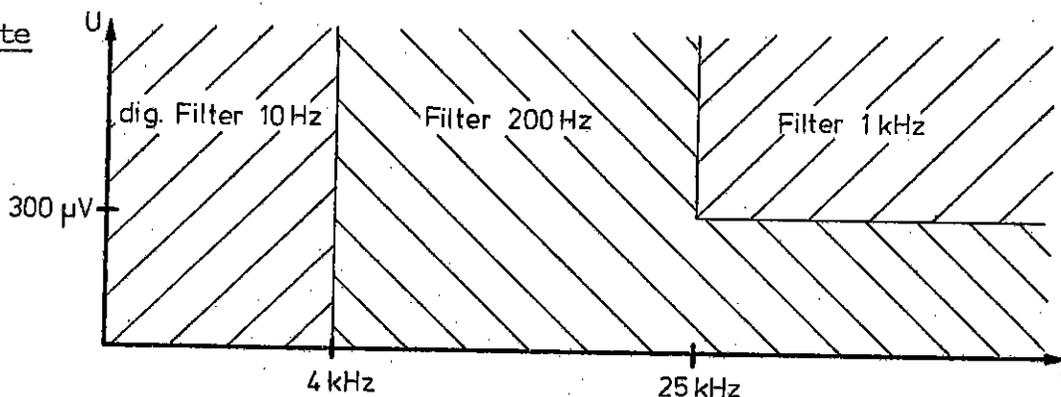
Empfindlichkeit u. Eingangspegel

Kanal A, Kanal B

Empfindlichk.	Eing.pegel	Frequenzbereich
3 μV	max. 1 V	10 Hz - 25 MHz
10 μV	max. 1 V	25 MHz - 50 MHz
max. Anzeige 9.999 V		10 Hz - 50 MHz
10 mV	max. 1 V	10 Hz - 50 MHz

mit 10:1 Tastkopf
und Taste Ax10 / Bx10
SYNC-Kanal

Meßbandbreite



Unabhängig davon kann eine kleinere als die gewählte Bandbreite über IEC-Bus eingestellt werden.

Vektormessung

Polardarstellung

Betrag Spannung

Meßfehler	$\pm 0,2$ dB	$f < 20$ MHz
im Kanal A oder B (bei 50 mV Eing.pegel)	$\pm 0,3$ dB	$f > 20$ MHz

Betrag Quotient B/A

Meßbereich Quotient	-110...+110 dB	innerhalb der zulässiger Eingangsspegel
mit Taste Ux10	-130...+130 dB	
Fehler der Anzeige bei fester Frequenz mit Kalibriertaste (Linearität)	$\pm 1,5$ %	
ohne Kalibriertaste	± 2 %	

Phase

Meßbereich Phase	-180°...+180°
Fehler der Linearität	0,5°
Pegelabhängigkeit	$\pm 1^\circ$ 1 V - 100 μ V
	$\pm 3^\circ$ 100 μ V - 10 μ V
Frequenzgang	$\pm 1^\circ$ $f < 10$ MHz
	$\pm 3^\circ$ $f > 10$ MHz

Kartesische Darstellung

Fehler der Umrechnung auf kartesisch	$< 0,1$ %
--------------------------------------	-----------

S-Parameter-Messung

Meßbereiche und Meßfehler

Meßverfahren ohne Taste
mit Taste

DIR
COUPL

siehe Vektormessung Betrag Quotient u.
Phase
Zusätzlich sind Fehler und Meßgrenzen des
verwendeten Meßaufbaues zu berücksichtigen

T-Meßverfahren für Reflexion (S11)
Spannungsmeßverfahren für Übertragung (S21)
Meßverfahren mit Richtkopplern oder Meß-
brücken

Impedanzmessung

Meßfehler

siehe Vektormessung Betrag Quotient u.
Phase

Meßverfahren

mit Taste DIR
COUPL

ohne Taste DIR
COUPL

mit Taste Z

mit Taste Z SET f₀
HIGH Z

Meßbereich

Gruppenlaufzeitmessung

Meßhub 40 kHz

Meßbereich

Meßfehler (für $U_e > 30$ mV)

(U_e =Spannung an den Kanälen A u. B)

Meßbereich 4 kHz

Meßbereich

Meßfehler (für $U_e > 30$ mV)

Meßbereich 400 Hz

Meßbereich

Meßfehler (für $U_e > 30$ mV)

Meßhub Δf beliebig

Meßbereich

Auflösung des internen

Frequenzzählers

Meßzeiten

Erforderliche Zeit für
Synchronisation (autom.)

f < 100 Hz
100 < f < 200 Hz
200 < f < 400 Hz
400 < f < 800 Hz
800 Hz < f < 1,6 kHz
1,6 < f < 7 kHz
7 < f < 25 kHz
f > 25 kHz

Meßverfahren mit Richtk. o. Meßbrücken

niederohmige Impedanzmessung nach dem
T-Verfahren

hochohmige Impedanzmessung nach dem
Spannungsteilerverfahren

siehe ZPV-Grundgerät

1...10000 ns, Auflösung 1 ns
< ± 3 % ± 3 ns (ab 25 kHz)

10 ns...100 μ s, Auflösung 10 ns
< ± 3 % ± 30 ns (ab 25 kHz)

100 ns...1 ms, Auflösung 100 ns
< ± 3 % ± 300 ns (ab 25 kHz)

10 ns - 9999 μ s, Auflösung 10 ns f < 25 kHz
1 ns - 9999 μ s, Auflösung 1 ns f > 25 kHz

0,1 Hz f < 25 kHz
1 kHz f > 25 kHz

50 ms+ 2·T (Periodendauer von f)

+ 4·T

+ 8·T

+ 16·T

+ 32·T

+ 256·T

+ 512·T

35 ms

30 ms bei Pegel > 100 μ V

80 ms bei Pegel > 100 μ V

50 ms bei Pegel > 100 μ V

100 ms bei Pegel < 100 μ V

150 ms bei Pegel > 30 mV

400 ms bei Pegel > 30 mV

Komplexe Messung Vektor
oder S-Parameter (ohne Synchronisation)

Komplexe Messung Impedanz

Gruppenlaufzeitmessung (autom.)
ohne Filter, ohne Synchronisation
mit Filter, ohne Synchronisation

Allgemeine Daten

Nenntemperaturbereich	+18...+30 °C
Arbeitstemperaturbereich	+10...+45 °C
Abmessungen über alles (BxHxT)	93 mm x 105 mm x 440 mm
Gewicht	2 kg
Farbe (Frontplatte)	lichtgrau RAL 7001
Beschriftung	englisch

Weitere Angaben über das Gesamtgerät siehe Datenblatt Vector Analyzer ZPV (292 401)

Bestellbezeichnungen

ZPV Grundgerät ohne Tuner und ohne Option	Vector Analyzer ZPV 291.4012.92
---	------------------------------------

einschl. Netzkabel 025.2365.00
Beschreibung

Tuner 10 Hz - 50 MHz

Tuner ZPV-E1
303.0510.02

Bestellbezeichnung der Optionen zum Grundgerät siehe Datenblatt 292 401



Beschreibungsänderung für ZPV - E 1

In der technischen Information 3.81 haben sich die folgenden Sollwerte geändert.

<u>Betrag Quotient B/A</u>	neu		alt
Fehler der Anzeige bei fester Frequenz mit Kalibriertaste (Linearität)	$\pm 0,15$ dB	1 mV - 1 V	$\pm 1,5$ %
ohne Kalibriertaste	± 2 %	20 Hz - 50 MHz	± 2 %
<u>Empfindlichkeit</u>			
Kanal A, Kanal B	3 μ V	50 Hz - 25 kHz	3 μ V 10 Hz-25M
	1 μ V	25 kHz - 25 MHz	10 μ V 25MHz-50M
	3 μ V	25 MHz - 50 MHz	

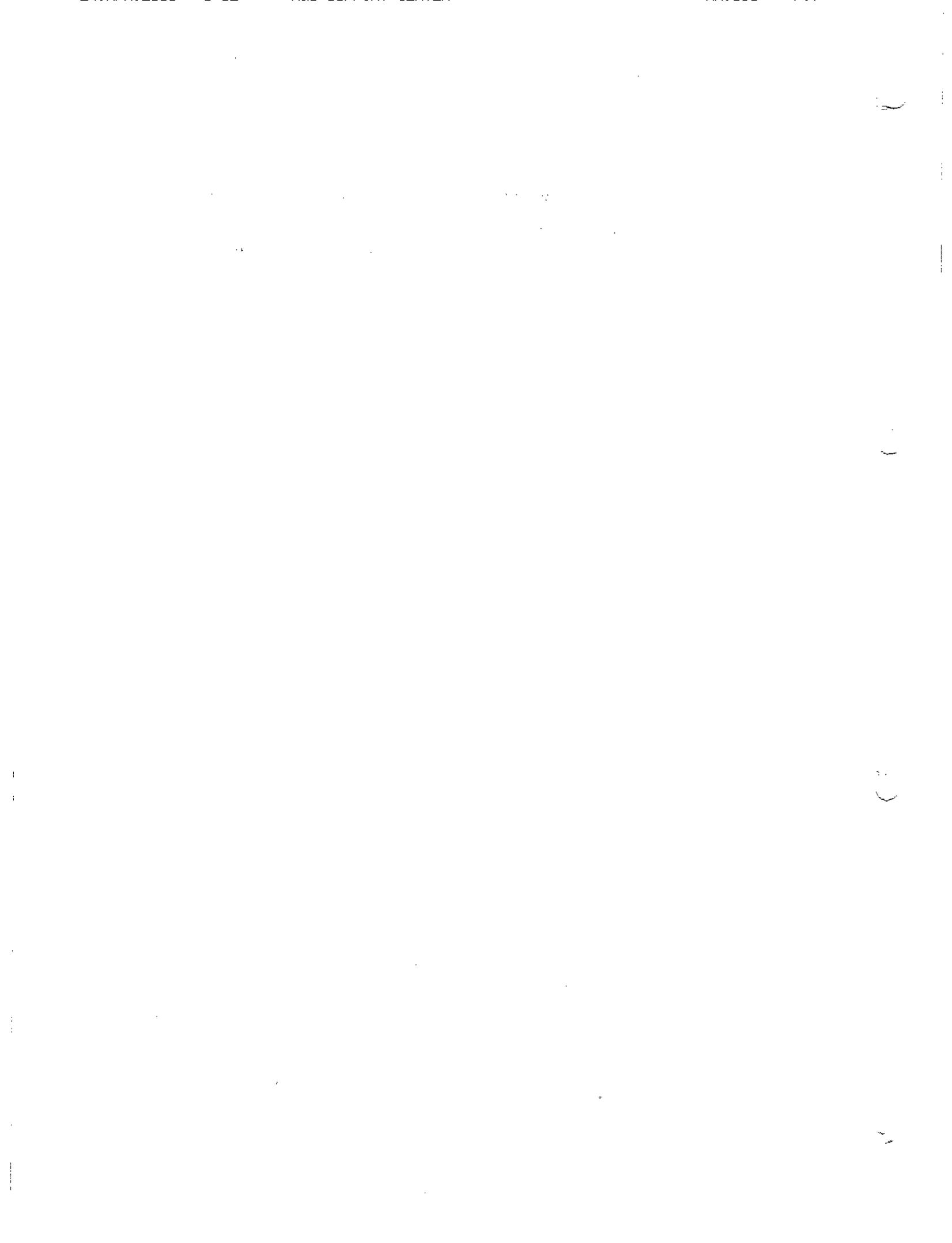
Übersprechdämpfung:

≥ 100 dB $f < 5$ MHz

zusätzlicher Meßfehler durch Eigenrauschen für $f < 50$.



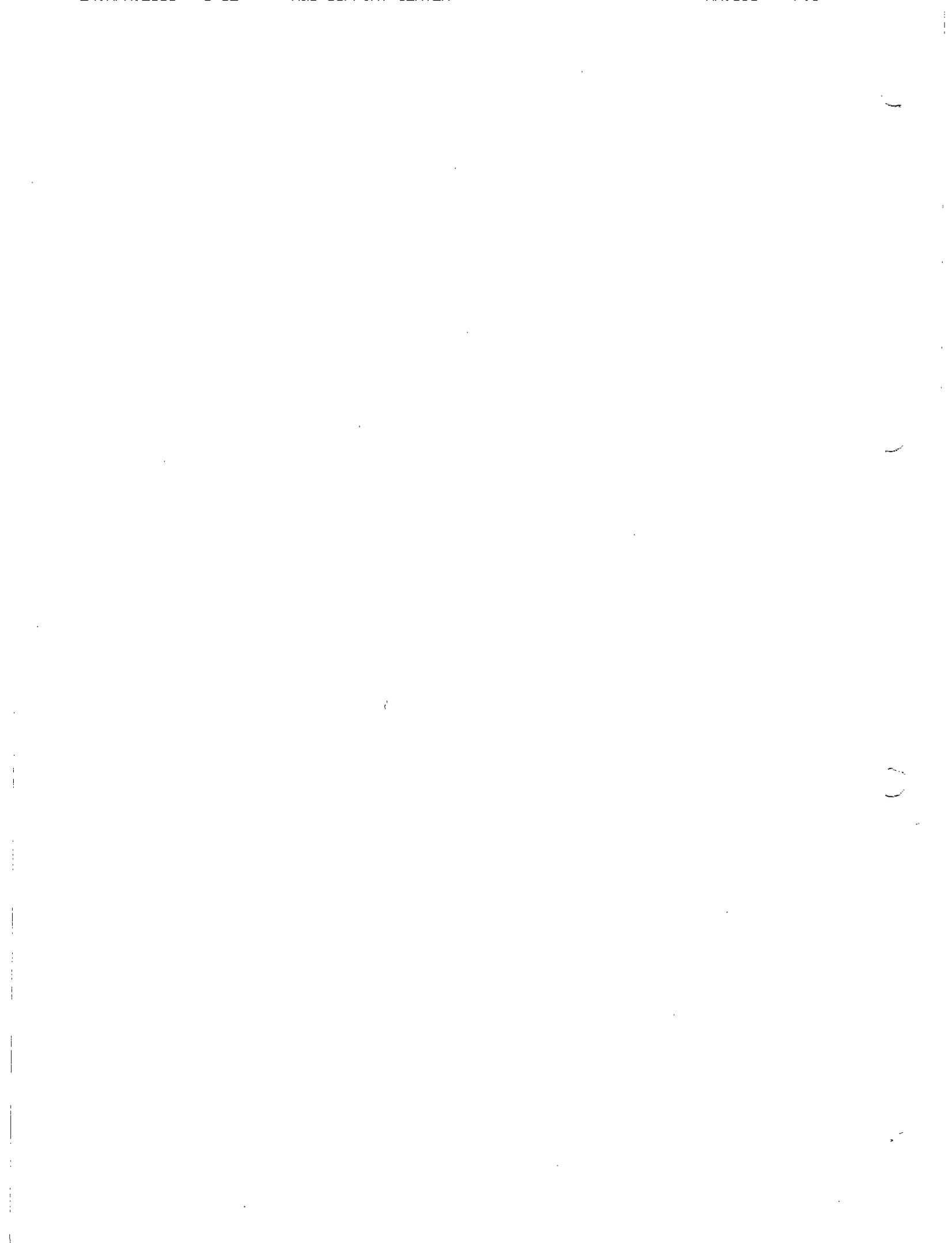
Beim Wechseln des Einschubs ist das Grundgerät auszuschalten



Um höchste Meßgenauigkeit zu erreichen, empfiehlt es sich den ZPV nach 15 Min. Einlaufzeit kurz aus- und dann wieder einzuschalten. (Bei jedem Einschalten erfolgt eine interne Neukalibrierung).

Ergänzung zu technischen Daten auf Seite 7:

Bei 20 kHz ergibt sich durch direkten Empfang der Eingangsfrequenz ein zusätzlicher Meßfehler von $\pm 1 \%$ bzw. $0,6^\circ$.



2. Betriebsvorbereitung und Bedienung

2.1 Erklärung des Bedienbilds

Pos.	Beschriftung	Funktion
1	A 1 M Ω 17 pF	Eingangsbuchse für Meßkanal A
2	U x 10	Taste zur Berücksichtigung eines externen 10:1-Teilers im A-Kanal
3	U x 10	Taste zur Berücksichtigung eines externen 10:1-Teilers im B-Kanal
4	SWEEP ON/OFF	Taste zum Ein- und Ausschalten des Wobbelbetriebes
5	LOCK	Drehknopf zur Ver- und Entriegelung des Tuners im Grundgerät ZPV
6	OFF	Anzeige des Synchronisationszustandes, bei Leuchten der LED ist der Tuner nicht synchronisiert
7	SYNC. 1 M Ω 17 pF	Synchronisationseingang
8	B 1 M Ω 17 pF	Eingangsbuchse für Meßkanal B
9	-	Platinenzieher
10	-	Führungsstift für Tuner-Einschub
11	-	Steckerleiste St1 für die elektrische Verbindung von Tuner und Grundgerät.

2.2. Betriebsvorbereitung

2.2.1. Einschieben in das Grundgerät

Das Grundgerät ZPV ausschalten. Nachdem der Verriegelungsknopf 5* an den linken Anschlag gedreht ist, wird der Tuner in das Grundgerät eingeschoben. Wenn die Frontplatten auf gleicher Höhe sind, den Verriegelungsknopf nach rechts drehen. Das Grundgerät kann jetzt eingeschaltet werden. Der Tuner ist sofort betriebsbereit.

* Die in dieser Beschreibung unterstrichenen Ziffern beziehen sich auf die Numerierung des Bedienbildes (Bild 2-4 im Anhang).

2.3. Bedienung

2.3.1. Anschluß an Meßsender und Meßobjekt

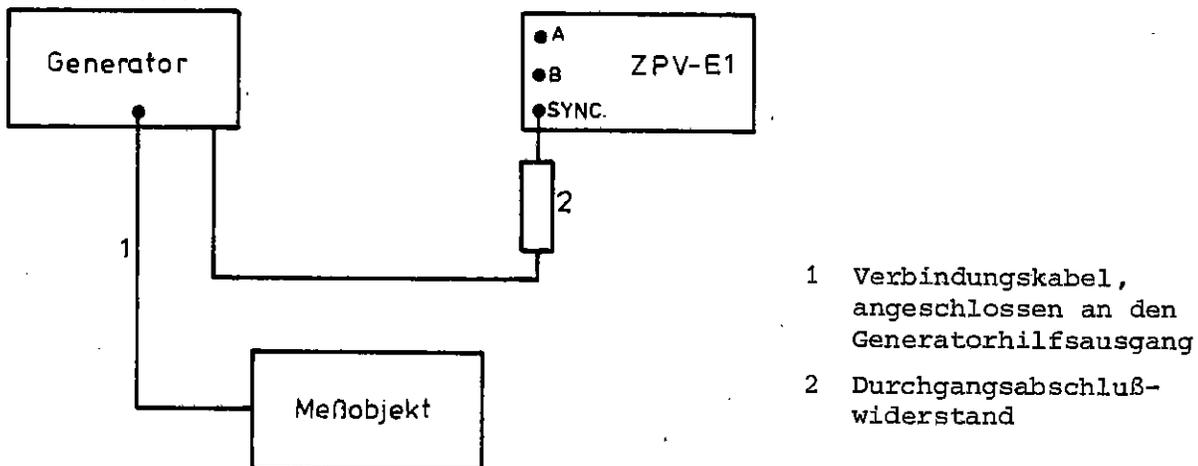
2.3.1.1. Der Synchronisations-Eingang

Der ZPV-E1 besitzt neben den Eingängen 1 und 8 für die Meßkanäle A und B einen Synchronisationseingang SYNC. 7. Der ZPV-E1 stimmt sich automatisch auf eine an diesem Eingang angelegte Frequenz ab, so daß die Auswahl von Frequenzbereichen oder irgendeine Abstimmung nicht nötig ist. Die Frequenz wird von einem Digitalzähler gemessen, deshalb können hier auch Rechtecksignale (TTL) verarbeitet werden. Es sind jedoch stark verrauschte oder mit nichtharmonischen Nebenwellen versehene Signale zu vermeiden.

Die Verbindung mit dem Generator geschieht am einfachsten über den meist vorhandenen Generator-Hilfsausgang. Besondere Anforderungen an die Pegelkonstanz werden nicht gestellt. Es ist jedoch zu beachten, daß bei höheren Frequenzen (Kurzwellen) Generator und Verbindungskabel wellenwiderstandsrichtig abgeschlossen sind. Sonst kann es durch Reflexionen auf dem Verbindungskabel vorkommen, daß am Synchronisationseingang nicht mehr genügend Spannung zur Verfügung steht. Da der Synchronisationseingang hochohmig ist, kann die Anpassung durch Parallelschalten eines entsprechenden Widerstandes erfolgen. Für 50- Ω -Systeme steht ein 50- Ω -Durchgangsabschlußwiderstand zur Verfügung, der einfach auf den Synchronisationseingang gesteckt wird.

Steht am Generator kein Hilfsausgang zur Verfügung, kann der Synchronisationseingang auch an beliebiger Stelle zwischen Generator und Meßobjekt angeschlossen werden. Man vermeide jedoch ein längeres Kabel zwischen Synchronisationseingang und Verbindung Generator-Meßobjekt. Am einfachsten steckt man ein BNC-T-Stück auf den SYNC.-Eingang 7 und führt die Generatorspannung vom Generator zu diesem T-Stück und von dort weiter zum Meßobjekt. Durch die hochohmige Eingangsimpedanz des SYNC.-Einganges wird der Generator nur sehr wenig zusätzlich belastet. Werden am Meßobjekt sehr kleine Spannungen benötigt, kann die Pegelanpassung mit einem Dämpfungsglied vor dem Meßobjekt erfolgen.

Meßaufbau:



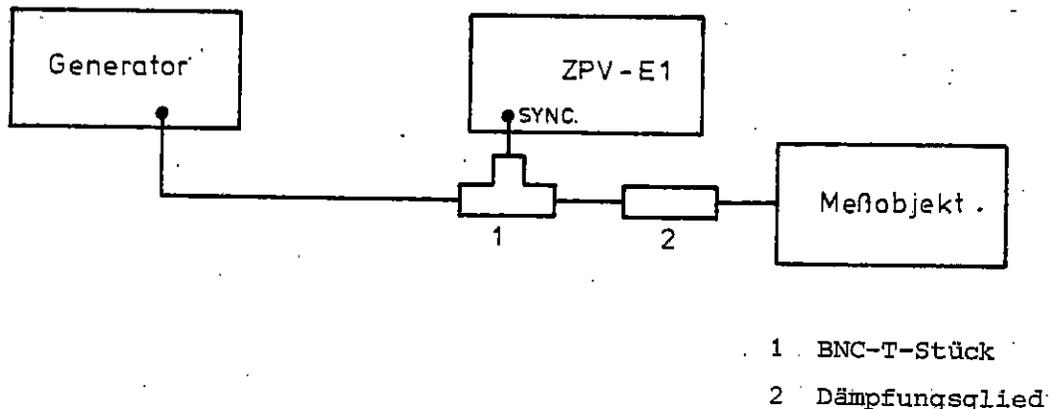
Stehen sehr hohe Spannungen zur Verfügung, kann die Synchronisationsspannung auch mit einem Tastkopf mit 10:1 Teilverhältnis für hochohmige Eingänge (Oszillographen-Taste) abgegriffen werden.

2.3.1.2. Meßeingänge

Die Meßkanäle A und B sind völlig gleichwertig und können bei Spannungsmessungen wahlweise bzw. gleichzeitig benützt werden. Bei Verhältnis-, Parameter- und Gruppenlaufzeitmessung müssen jedoch A- und B-Kanal wie bei den Meßbeispielen angegeben angeschlossen werden. Die im ZPV zur Berechnung der Meßwerte eingespeicherten Formeln setzen dies voraus. Auch bei Spannungsmessungen ist die angezeigte Phase immer auf den Meßkanal A bezogen, d.h. positive Phasenwinkel bedeuten Voreilen der Phase im Meßkanal B gegen Meßkanal A, negative Phasenwinkel bedeuten Nacheilen. Das ist unabhängig davon, ob die Spannung im Meßkanal A oder im Meßkanal B angezeigt wird.

Die Eingänge der beiden Meßkanäle sind hochohmig. Deshalb kann, insbesondere im Niederfrequenzbereich, direkt am Meßobjekt gemessen werden. Zur Verbindung von Meßobjekt und ZPV-Tuner sollte aber abgeschirmtes Kabel verwendet werden, um die Einstreuung von Störungen zu vermeiden. Es ist auch auf möglichst kurze Verbindungen zu achten, da die kapazitive Belastung des Meßobjektes durch das Verbindungskabel (Richtwert ca. 100 pF/m) die Messungen verfälscht.

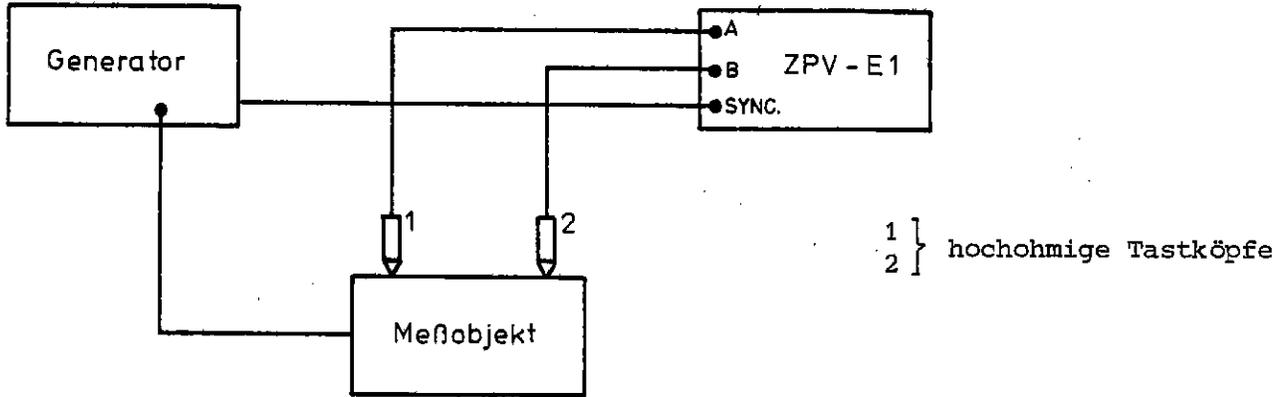
Meßaufbau:



2.3.1.3. Verwendung von Tastköpfen

Zur Verbindung von Meßobjekt und ZPV-Tuner ist die Verwendung von hochohmigen Tastköpfen bzw. Tastteilern, wie sie auch zum Anschluß von Oszillographen verwendet werden, günstiger. Insbesondere die Verwendung von 10:1-Tastteilern ergibt eine sehr geringe Belastung des Meßobjekts.

Meßaufbau:



2.3.1.3.1. 10:1-Umschaltung

Die Verwendung von 10:1-Tastteilern im jeweiligen Meßkanal wird dem Gerät durch die Betätigung der Tasten 10:1 2 und 3 mitgeteilt. Das externe Teilen der Meßspannung wird bei der Anzeige der gemessenen Spannungen und Spannungsverhältnisse berücksichtigt, wenn die Taste leuchtet. Das Teilverhältnis wird ebenfalls bei der geräteinternen Berechnung der Reflexionsfaktoren sowie der Z- und Y-Werte berücksichtigt, bei denen aufgrund der komplizierten Berechnungsformeln nicht wie bei Spannungsmessungen nur eine Verschiebung der Kommastelle stattfindet.

2.3.1.3.2. Abgleich von Tastteilern

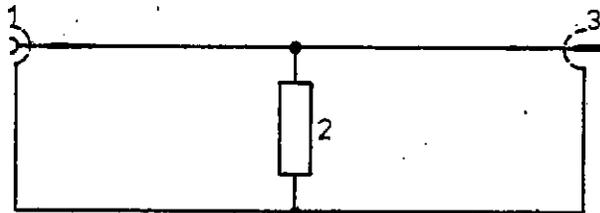
Zum Abgleich von 10:1-Tastteilern geht man wie folgt vor:

Man wählt eine Generatorfrequenz im NF-Bereich (z.B. 1 kHz) und schaltet am ZPV-Grundgerät die Betriebsart Spannungsmessung in dem Kanal ein, in dem der 10:1-Tastteiler verwendet werden soll. Dann mißt man ohne den Tastteiler eine Spannung an einem möglichst niederohmigen Widerstand. Die Verbindung Meßeingang-Widerstand sollte dabei sehr kurz sein. Am günstigsten ist die Verwendung eines 50- Ω -Durchgangsabschlusses oder eines BNC-T-Steckers und eines 50- Ω -Abschlußwiderstandes, die man direkt auf die Eingangsbuchse des Meßkanals steckt. Die gemessene Spannung wird notiert. Dann entfernt man Durchgangsabschluß bzw. BNC-T-Stück von der Meßbuchse und schließt den 10:1-Tastteiler an. Man betätigt die Taste 10:1 2 oder 3 und mißt die Spannung am Durchgangsabschluß bzw. am BNC-T-Stück mit dem Tastteiler. Die am Tastteiler vorhandenen Abgleichschrauben gleicht man nun so ab, daß wieder die ursprünglich gemessene Spannung angezeigt wird. Sollen Phasenmessungen oder Messungen, die die Phase zur Berechnung des Meßwertes benötigen, gemacht werden, ist die Phasendrehung des Tastkopfes zu berücksichtigen und auszugleichen. Der Ausgleich erfolgt durch die Verwendung eines Kabels im anderen Meßkanal. Die elektrische Länge des Kabels muß der des Tastkopfes entsprechen. Wenn die Pegelverhältnisse es gestatten, sollte man jedoch in beiden Meßkanälen gleiche Tastköpfe verwenden.

2.3.1.4. Messungen in Koaxialsystemen mit 50- Ω - bzw. 75- Ω -Wellenwiderstand

Auf einfache Art und Weise können die hochohmigen Meßeingänge in niederohmige, dem Wellenwiderstand des Meßsystems entsprechende Eingänge umgewandelt werden, indem man den Eingängen die entsprechenden Widerstände parallel schaltet. Die Verwendung von koaxialen Durchgangsabschlußwiderständen, die als Verbindung zwischen Meßkabel und Eingangsbuchsen gesteckt werden, bietet die bequemste Art der Umrüstung auf andere Wellenwiderstände.

Prinzip eines Durchgangsabschlusses RAD:

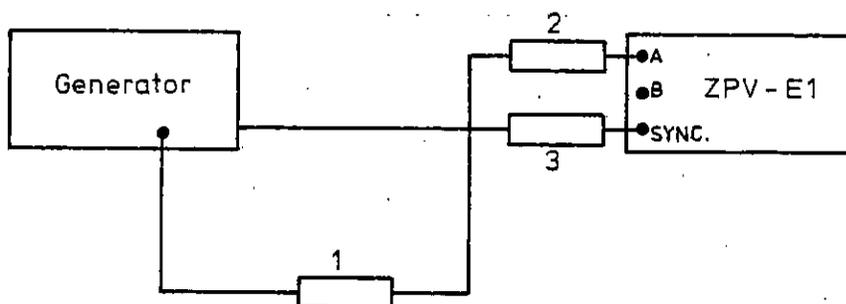


- 1 BNC-Buchse
- 2 Abschlußwiderstände z.B. 50 Ω
- 3 BNC-Stecker

Ebenso ist die Verwendung eines BNC-T-Stückes (2xBuchse, 1xStecker), das direkt auf die Eingangsbuchse des Meßkanals gesteckt wird, und eines koaxialen Abschlußwiderstandes möglich.

Werden zur Pegelanpassung bei hohen Meßpegeln 20-dB-Dämpfungsglieder in den Meßleitungen verwendet, kann diese Dämpfung durch Drücken der Tasten 10:1 2 und 3 bei der Messung ebenfalls berücksichtigt werden.

Meßaufbau:



- 1 Dämpfungsglied 20 dB
Taste 10:1 im A-Kanal
gedrückt
- 2 } Durchgangsabschlüsse
- 3 }

2.3.1.5. Übergang auf andere Steckersysteme

Der Übergang von dem am Tuner ZPV-E1 verwendeten BNC-Steckersystem auf andere Steckersysteme ist mit handelsüblichen Übergangssteckern möglich. Da die Eigenschaften der Übergangsstecker aber die Meßgenauigkeit beeinflussen, wird die Verwendung von qualitativ hochwertigen Teilen empfohlen (siehe auch "Empfohlenes Zubehör").

2.3.2. Wobbelbetrieb

Die Messung von Spannung und Spannungsverhältnis kann nicht nur bei fester Frequenz, sondern bei Frequenzen über 25 kHz auch gewobbelt erfolgen. Bei Wobbelbetrieb arbeiten Tuner ZPV-E1 und Grundgerät ZPV ausschließlich analog. Der Mikroprozessor überwacht dann nur die Aussteuergrößen und die Synchronisation. Da der Überlagerungssoszillator im ZPV-E1 aber nur von 20...52 MHz durchgestimmt wird und die Überlagerungsfrequenz für Eingangsfrequenzen unter 25 MHz durch Teilung erzeugt wird, ergeben sich Frequenzteilbereiche, die im Wobbelbetrieb nicht überschritten werden dürfen.

Bereich	1	10	...	25.000 Hz	(Wobbelbetrieb nicht möglich)
"	2	20	...	80	kHz
"	3	70	...	170	kHz
"	4	150	...	360	kHz
"	5	320	...	730	kHz
"	6	0,67	...	1,5	MHz
"	7	1,3	...	3,1	MHz
"	8	2,8	...	6	MHz
"	9	5,6	...	12	MHz
"	10	11	...	25	MHz
"	11	22	...	52	MHz

Im Wobbelbetrieb müssen sowohl die automatische Bereichswahl der Amplitudenmeßbereiche als auch die automatische Frequenzabstimmung ausgeschaltet werden. Zum Einschalten des Wobbelbetriebs geht man wie folgt vor:

Man stimmt den Generator ohne Wobbeln von Hand auf die Frequenz ab, bei der der ZPV die höchste Spannung anzeigt. Bei Messungen selektiver Verstärker ist dies meist in der Mitte des Durchlaßbereiches der Fall. Bei Bandsperren erhält man die höchste Spannung außerhalb des Sperrbereiches. Jetzt drückt man am ZPV-Grundgerät den Knopf STOP AUTORANGING AMPL. Der jetzt eingeschaltete Amplitudenmeßbereich wird festgehalten und damit eine Übersteuerung des ZPV beim Wobbeln vermieden. Danach stimmt man den Generator auf die Mitte des beabsichtigten Wobbelbereiches ab, also beispielsweise auf 10,5 MHz, wenn von 10...11 MHz gewobbelt werden soll, und drückt die Taste STOP AUTORANGING FREQ. Damit wird der Überlagerungssoszillator voreingestellt und der richtige Teilungsfaktor gewählt. Von der Voreinstellung auf die Mitte des Wobbelbereiches kann abgewichen werden, jedoch muß unbedingt auf eine Frequenz vorabgestimmt werden, die beim Wobbeln überstrichen wird, da der Fangbereich der automatischen Frequenznachführung kleiner ist als der Haltebereich.

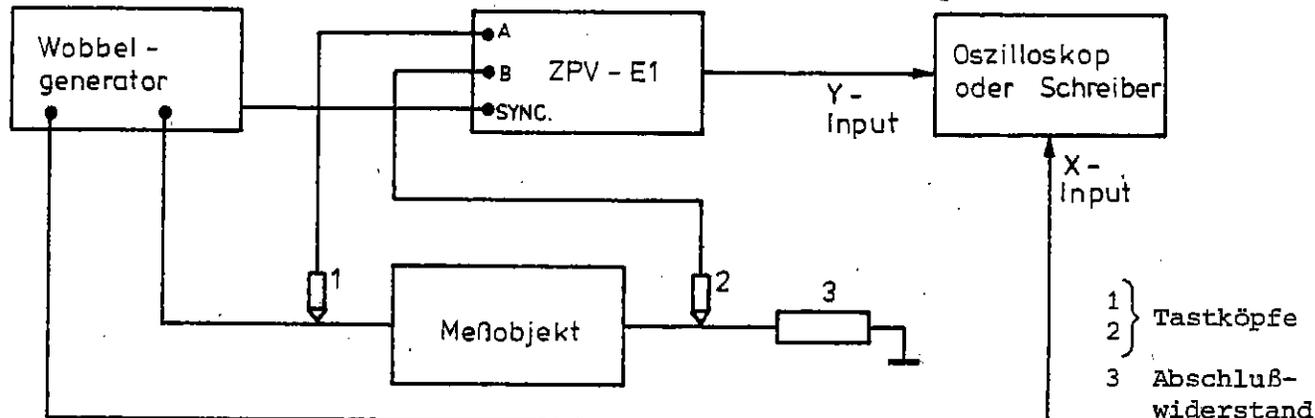
Nachdem Amplituden- und Frequenzbereich des ZPV eingestellt sind, wird die Taste SWEEP 4 am Tuner ZPV-E1 gedrückt und der Generator auf Wobbelbetrieb umgeschaltet. Die gewobbelte Meßkurve kann nun am angeschlossenen Sichtgerät betrachtet werden. Durch nochmaliges Drücken der Taste SWEEP 4 wird der Wobbelbetrieb wieder ausgeschaltet (siehe Beispiel Filtermessung).

2.4. Meßbeispiele

2.4.1. Vektormessungen

2.4.1.1. Filtermessungen

Meßaufbau:



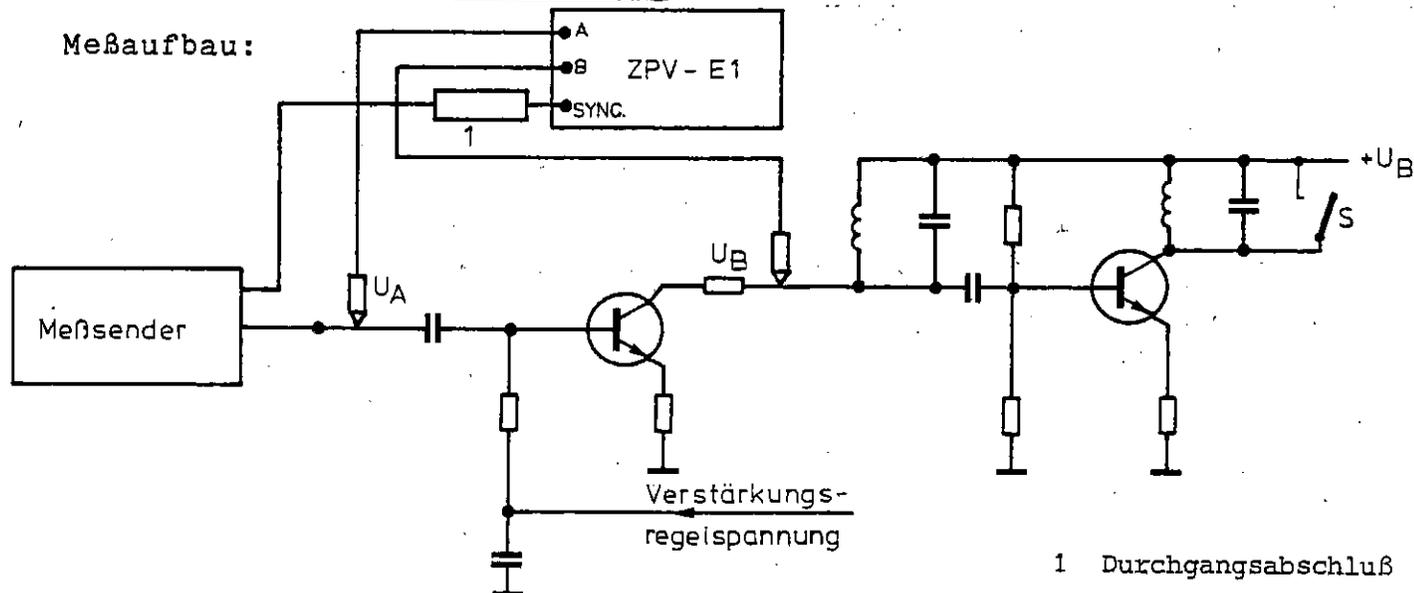
Schmalbandige Quarze und Filter lassen sich durch Messung mit einem Wobbelmeßplatz charakterisieren. Dazu ist mit 4 der Wobbelbetrieb einzuschalten. Frequenzbereichsautomatik und Amplitudenbereichsautomatik im Grundgerät sind dabei blockiert. Es ist also vorher für die richtigen Bereiche zu sorgen. Die Wobbelgeschwindigkeit soll 2 MHz/s und der Wobbelhub soll 1 MHz nicht überschreiten, damit die Synchronisation erhalten bleibt.

Mit diesem Meßplatz lassen sich Durchlaßkurve und Phasenverlauf direkt an einem Oszilloskop oder einem Schreiber darstellen.

2.4.1.2. Messungen an Verstärkern

In den folgenden Erklärungen wird die Spannungsverstärkung der Einfachheit halber mit Verstärkung bezeichnet.

Meßaufbau:



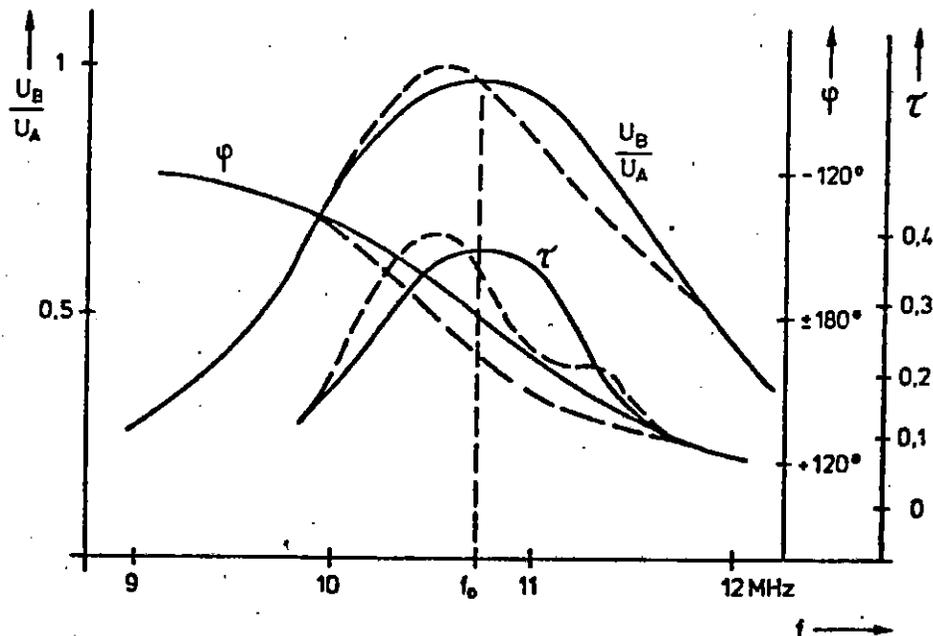


Bild 2-1 Messung von Verstärkung, Phasendrehung und Gruppenlaufzeit

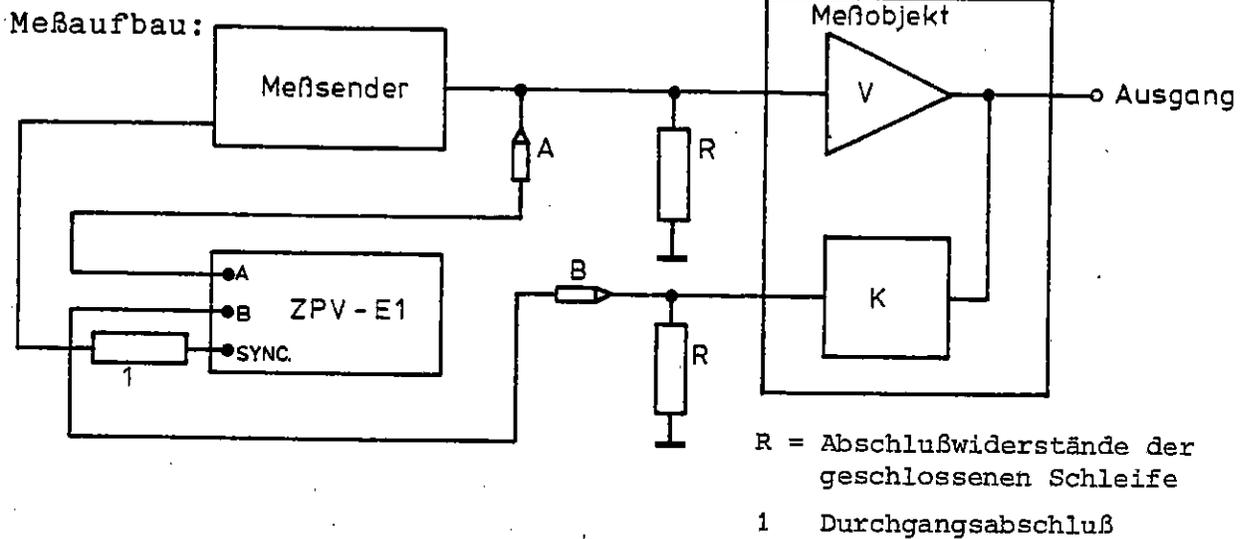
Bei der Entwicklung von Verstärkerschaltungen interessieren die Verstärkung, der Phasenverlauf und die Gruppenlaufzeit. Als Beispiel sind im obigen Bild die Verstärkung, die Phase und die Gruppenlaufzeit der ersten Stufe eines zweistufigen Verstärkers als Funktion der Frequenz dargestellt. Die durchgezogenen Kurven gelten bei geschlossenem Schalter S, wobei die Verstärkung der zweiten Stufe ≤ 1 ist (Emitterfolger). Bei geöffnetem Schalter ist die Verstärkung > 1 , es ergeben sich die gestrichelt dargestellten Kurven. Man sieht, wie sich eine Änderung der Eingangsimpedanz der zweiten Stufe auf die Verstärkung der ersten Stufe auswirkt. Diese Rückwirkung ist durch den Miller-Integrationseffekt der Basis-Kollektor-Kapazität und durch die erhöhte Verstärkung der zweiten Stufe bedingt.

Die Gruppenlaufzeit kann aus der Phasenänderung ermittelt werden. Die Gruppenlaufzeit τ ist als Phasendifferenz in einem kleinen Frequenzbereich Δf definiert:

$$\tau = \frac{\Delta\varphi}{360^\circ \cdot \Delta f}$$

Die Option Gruppenlaufzeitmessung ZPV-B3 führt diese Umrechnung durch und bringt das Ergebnis direkt zur Anzeige (Abschnitt 2.4.4.).

2.4.1.3. Messungen an offenen Regelschleifen



Meßergebnis:

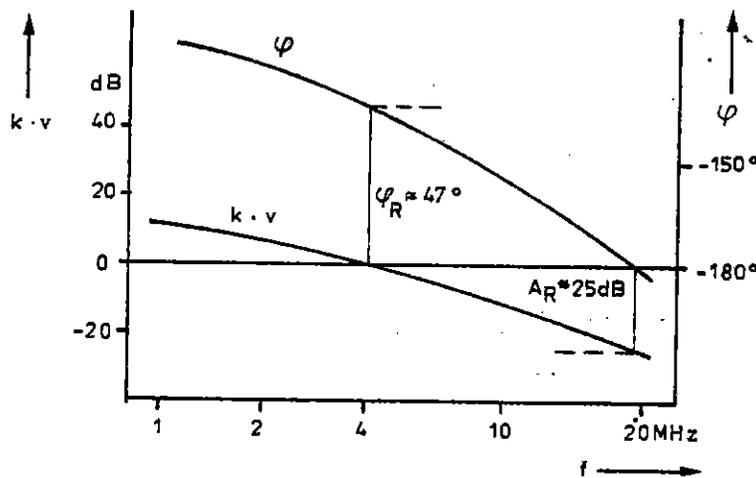


Bild 2-2 Messung von Verstärkungsgang und Phasengang einer offenen Regelschleife

Ein invertierender Verstärker mit der Verstärkung V und dem Rückkopplungsfaktor k hat bei geschlossener Rückkopplungsschleife die Verstärkung

$$V = \frac{V}{1 - k \cdot V}$$

Hierbei ist $k \cdot V$ die Verstärkung der offenen Schleife. Verursacht die Rückkopplungsschaltung eine Phasendrehung von -180° , dann liegt für $k \cdot V > 1$ eine Mitkopplung vor, der Verstärker schwingt. Beim Entwurf rückgekoppelter Systeme sind die Verstärkungsreserve und die Phasenreserve der offenen Schleife die entscheidenden Kriterien, die Rückschlüsse auf die Stabilitätsgüte der gesamten Schaltung er-

möglichen. Mit Amplitudenrand A_R (gain margin) bezeichnet man die Verstärkung der offenen Schleife bei der Frequenz, bei der die Phasendrehung der Rückkopplung -180° beträgt. Mit Phasenrand φ_R (phase margin) bezeichnet man die Phasendifferenz zwischen -180° und der Phasendrehung der Rückkopplungsschaltung bei der Frequenz, bei der die Verstärkung der offenen Schleife 0 dB beträgt. Typische Werte für einwandfreie Stabilität sind ein Verstärkungsrang zwischen -40 und -10 dB und ein Phasenrand von etwa 30° . Die beiden Größen können mit dem dargestellten Meßaufbau schnell und einfach bestimmt werden. Das Diagramm zeigt die Ergebnisse einer solchen Messung. Aus Verstärkungsgang und Phasengang ersieht man, daß der Verstärker stabil ist.

2.4.1.4. Messungen an geschlossenen Regelschleifen

Bei Regelschleifen mit großer Verstärkung ist es oft günstig, bei nicht unterbrochener Regelschleife zu messen. In die Schleife wird dann ein Störsignal eingespeist und die Übertragungscharakteristik gemessen.

Das Bild 2-3 zeigt ein Beispiel:

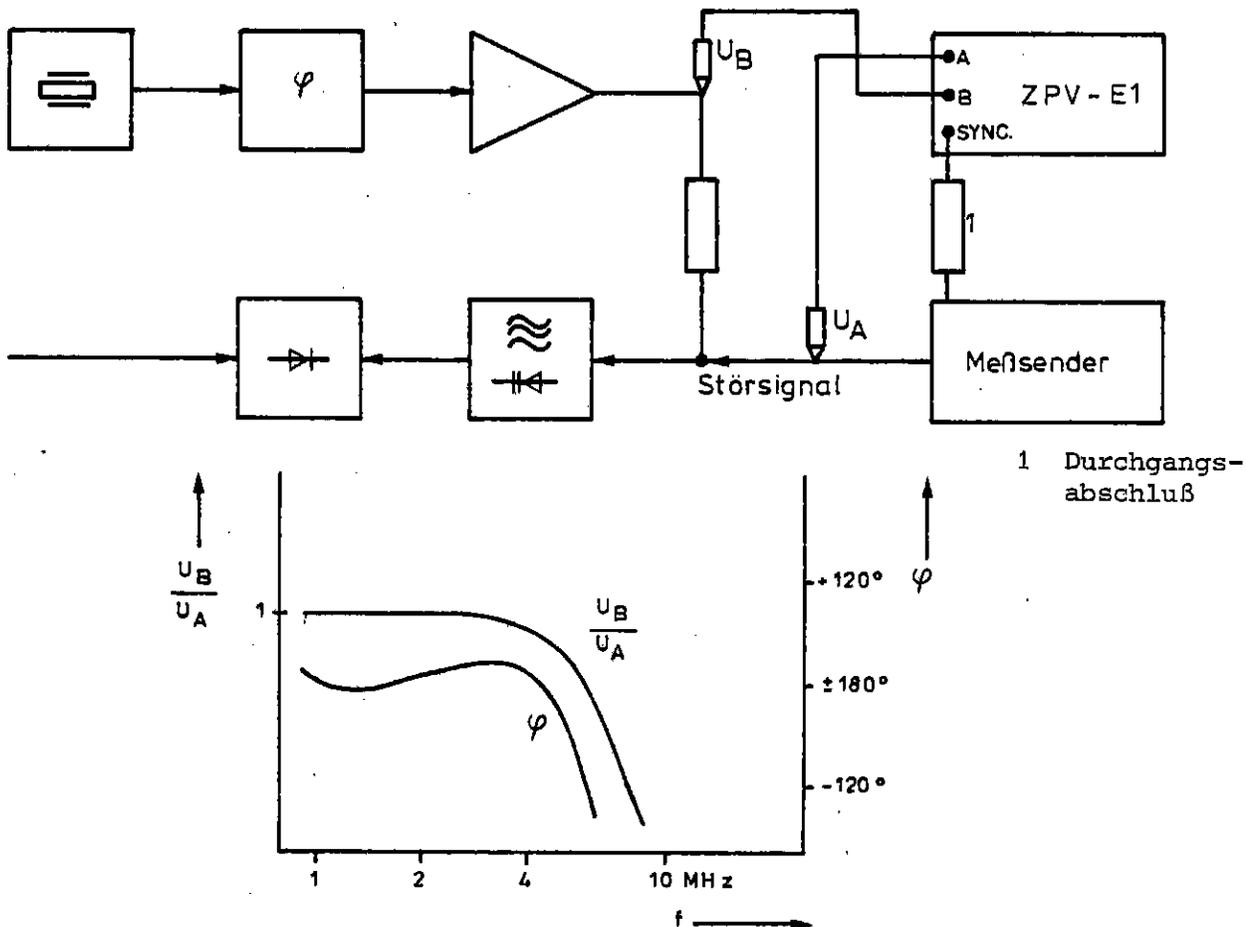
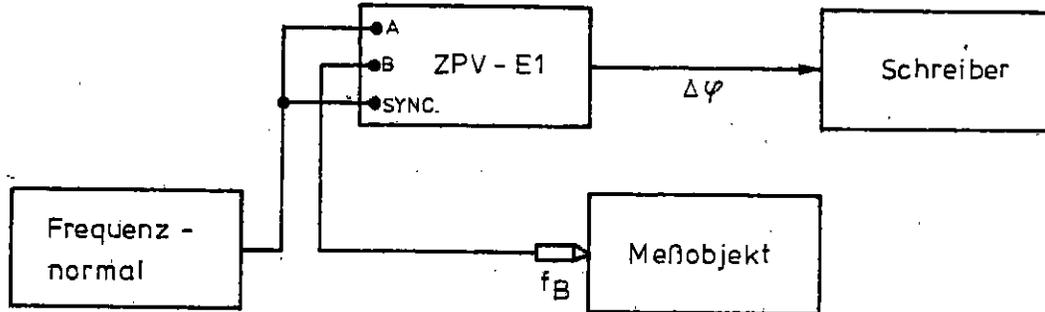


Bild 2-3 Messung der Übertragungscharakteristik eines rückgekoppelten Verstärkers bei geschlossener Regelschleife

2.4.1.5. Frequenzvergleich

Die Mehrzahl der Meßmethoden für den Frequenzabgleich genauer Oszillatoren oder die Messung der Frequenzstabilität liefert erst nach verhältnismäßig langer Meßzeit ein genügend genaues Ergebnis. Die Meßzeit läßt sich durch die Verwendung des Vector Analyzers wesentlich verkürzen. Der ZPV ermöglicht es beispielsweise, innerhalb einer Minute zwei Frequenzen von 1 MHz mit einem Fehler von maximal 3×10^{-10} zu vergleichen.

Meßaufbau:

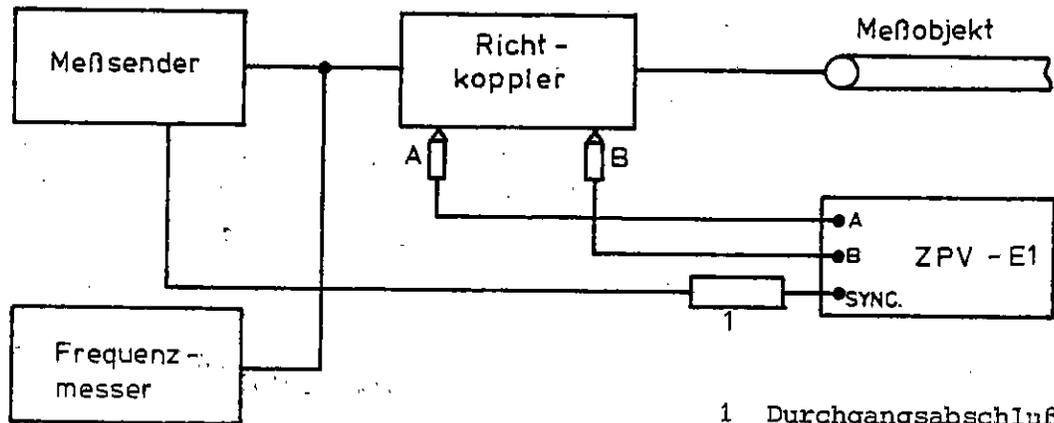


Unter der Voraussetzung, daß die beiden Eingangsfrequenzen f_A und f_B fast gleich sind, ändert sich ihre Phasendifferenz nur sehr langsam. Die Differenz Δf ergibt sich damit aus der vom Schreiber aufgezeichneten Phasendifferenz $\Delta\varphi$ und der Meßzeit Δt :

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

2.4.1.6. Messung der elektrischen Länge von Kabeln

Meßaufbau:

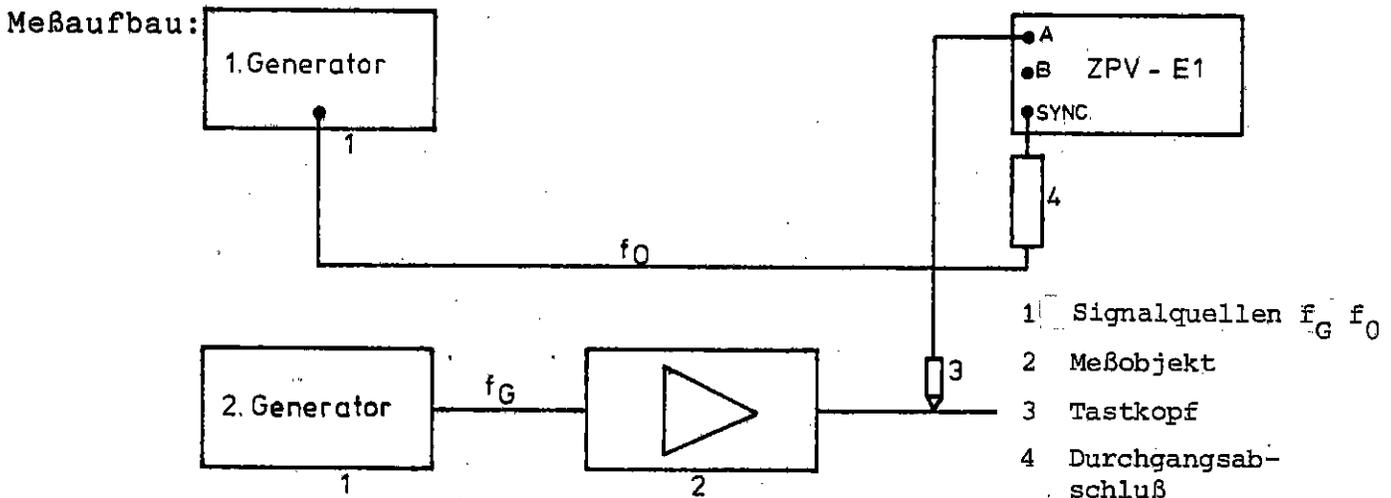


Das gute Phasenaufhebungsvermögen des ZPV kann zum genauen Messen der elektrischen Länge von Kabeln benutzt werden. Über einen Richtkoppler werden die vorlaufende und die rücklaufende Spannung ausgekoppelt, der ZPV mißt die Phasenverschiebung. Beträgt die elektrische Länge des Kabels genau ein ganzzahliges Vielfaches von $\lambda/2$, dann zeigt der ZPV die Phasenverschiebung 0° an. Demnach können mit dem Meßaufbau die elektrischen Längen von Kabeln bestimmt werden, die von dieser Länge abweichen. Die Meßgenauigkeit steigt proportional mit der Meßfrequenz.

Zuerst wird ohne angeschlossenes Kabel, bei offenem Richtkopplerausgang, die Phasenanzeige auf 0° eingestellt. Dann wird das Kabel angeschlossen und am ZPV die Phasendifferenz abgelesen. Wird die Meßfrequenz beispielsweise zu 41,666 MHz gewählt, so entspricht die Phasendifferenz von 1° einer elektrischen Länge des Kabels von 10 mm. Natürlich müssen bei der Ermittlung der Gesamtlänge die $\lambda/2$ -Wellen entlang des Kabels berücksichtigt werden.

Für den Abgleich zweier Kabel auf die gleiche elektrische Länge kann man auch die Phasendifferenz am Ausgang der Kabel messen, wobei die beiden Kabeleingänge parallel am Meßsender angeschlossen werden. Die angezeigte Phasendifferenz ist proportional der Differenz der elektrischen Längen der beiden Kabel.

2.4.1.7. Messung von Klirrfaktor, Differenztonfaktor und nichtharmonischen Nebenwellen



Da der ZPV mit Tuner ZPV-E1 frequenzselektiv mißt, können auch der Klirrfaktor und nichtharmonische Nebenwellen eines Signals gemessen werden. Der Generator 2 erzeugt ein Signal der Frequenz f_G , dessen Klirrfaktor nach Durchlaufen eines Verstärkers gemessen werden soll. Man stimmt zunächst Generator 1, der zur Synchronisation des ZPV dient, auf die Frequenz f_G ab. Die Amplitude der Grundwelle, die jetzt im Meßkanal A gemessen wird, wird in der Betriebsart LIN/REF durch Drücken der Taste LEVEL REF.STORE am Grundgerät auf 1 normiert. Jetzt wird der Generator 1 auf $2xf_G$, $3xf_G$ usw. abgestimmt. Im linken Display wird dabei immer der Klirrfaktor K_n der jeweiligen Oberwelle angezeigt. Der Gesamtklirrfaktor K_{ges} ergibt sich zu

$$K_{ges} = \sqrt{K_2^2 + K_3^2 + K_4^2 + \dots}$$

Die Klirrdämpfung bzw. der Oberwellenabstand in dB kann ebenfalls direkt gemessen werden. Man geht wie oben beschrieben vor, wählt aber die Betriebsart LOG-REF. Es wird im linken Display die Klirrbzw. Oberwellendämpfung in Dezibel angezeigt.

Analog hierzu geht man bei der Bestimmung von Differenztonfaktoren und nichtharmonischen Nebenwellen vor. Nach Normierung auf das Nutzsignal wird der Generator 1 auf die zu messende Frequenz abgestimmt und die Dämpfung abgelesen.

Bei diesen Messungen ist wie bei allen frequenzselektiven Messungen natürlich zu beachten, daß kein anderes Signal in die Empfangsbandbreite fällt. Gegebenenfalls muß durch Programmierbefehl eine kleinere Bandbreite des Tuners ZPV-E1 eingeschaltet werden (siehe Programmierter Betrieb). Auch besitzt der Tuner ZPV-E1 keine Eingangsselektion, so daß auch Empfang auf der Spiegelfrequenz erfolgt. Die Spiegelfrequenz liegt 40 kHz höher als die Meßfrequenz.

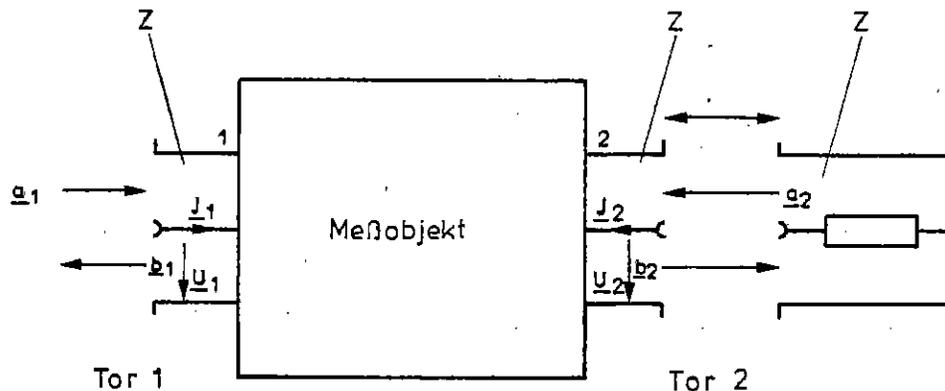
Liegen sämtliche zu messenden Frequenzen im Niederfrequenzbereich bis 25 kHz, kann der Generator 1 entfallen, wenn statt dessen dem ZPV die Meßfrequenz über den IEC-Bus eingegeben wird (siehe Programmierbetrieb). Dies ist möglich, weil in diesem Frequenzbereich ein digitaler Synthesizer als Überlagerungssoszillator verwendet wird, der nicht durch eine Phasenregelschleife auf die Frequenz am Synchronisationseingang geregelt zu werden braucht.

2.4.2. Vierpolparametermessungen

Die im folgenden gezeigten Vierpolparametermessungen sind nur möglich bei Verwendung der Option s-Parametermessung ZPV-B2.

2.4.2.1. Allgemeines

Im VHF-Bereich ist die genaue Messung der h-, y- und z-Parameter sehr erschwert, da eine Strommessung in diesem Frequenzbereich nur schwer zu realisieren ist. Die Messung der s-Parameter (Streu-Parameter) umgeht eine Strom-Spannungsmessung und ermöglicht das Erfassen der Wellengrößen durch eine Messung über Richtkoppler. Man nehme an, auf jedes der zwei Tore eines Vierpols laufe eine vorlaufende Welle zu. Diese Welle wird vom Vierpol reflektiert, absorbiert oder teilweise übertragen.



Meßobjekt mit den komplexen Wellengrößen a_1 , a_2 , b_1 , b_2 . Der reflexionsfreie Abschluß mit dem Wellenwiderstand Z ist rechts angedeutet.

Für die Beschreibung der Vorgänge an den Toren stellt man die Abhängigkeit der rücklaufenden b -Wellen von den vorlaufenden a -Wellen dar:

$$b_1 = S_{11} \times a_1 + S_{12} \times a_2 \quad (1)$$

$$b_2 = S_{21} \times a_1 + S_{22} \times a_2 \quad (2)$$

Die Verbindungskoeffizienten S11, S12, S21 und S22 nennt man die s-Parameter. Durch diese beiden Gleichungen, deren Größen im allgemeinen komplex sind, wird der Vierpol umfassend beschrieben. Schließt man das Meßobjekt am Tor 2 reflexionsfrei ab, wie im Bild angedeutet, dann ist $a_2 = 0$ und aus Gleichung (1) erhält man $S_{11} = b_1/a_1$. Demnach ist S11 der Eingangsrückreflexionsfaktor am Tor 1, wenn Tor 2 reflexionsfrei abgeschlossen wird. Ebenso erhält man die Gleichungen der anderen s-Parameter, die hier zusammengestellt sind.

Bedeutung der s-Parameter

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \quad | \quad a_2 = 0$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \quad | \quad a_1 = 0$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \quad | \quad a_2 = 0$$

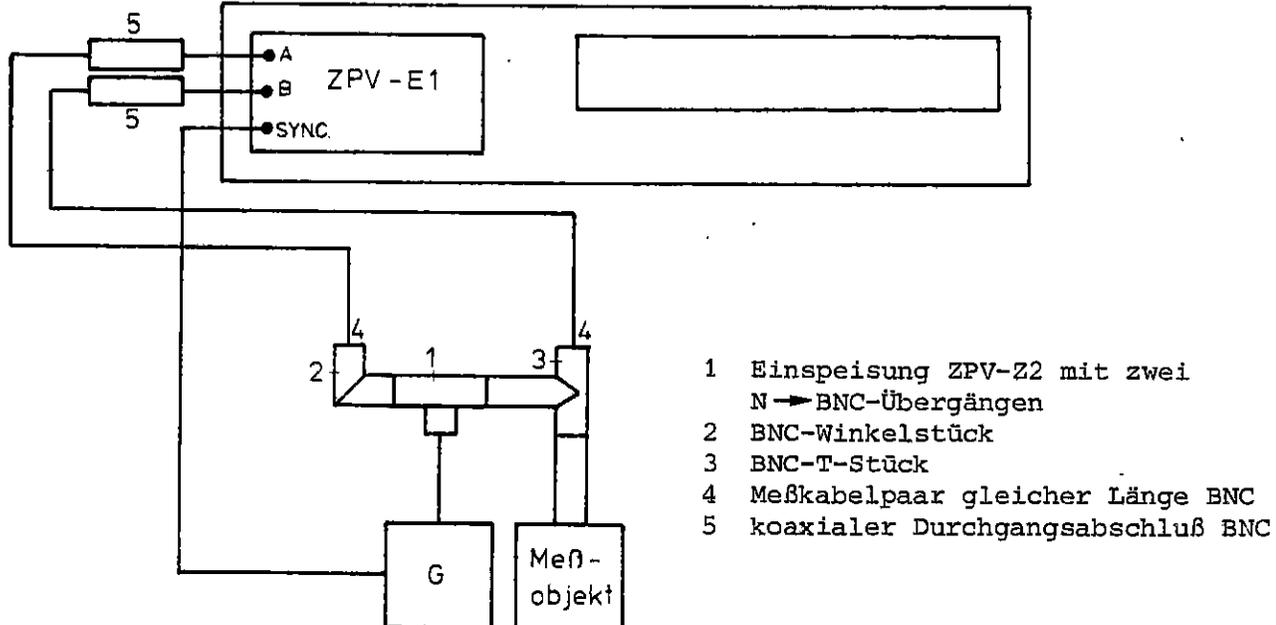
$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} \quad | \quad a_1 = 0$$

Die beiden Größen sind Eingangsrückreflexionsfaktoren, die Rückschlüsse auf Eingangsimpedanz bzw. Anpassung erlauben. Beim Messen dieser s-Parameter muß der jeweilige Ausgang reflexionsfrei abgeschlossen sein, wie die Bedingungen $a_1 = 0$ und $a_2 = 0$ angeben.

S21 ist der Übertragungsfaktor vorwärts, S12 ist der Übertragungsfaktor rückwärts. Auch bei diesen Messungen muß der jeweilige Ausgang reflexionsfrei abgeschlossen sein.

2.4.2.2. Parametermessung ohne Richtkoppler oder VSWR-Brücke

2.4.2.2.1. Reflexionsmessung nach dem T-Verfahren

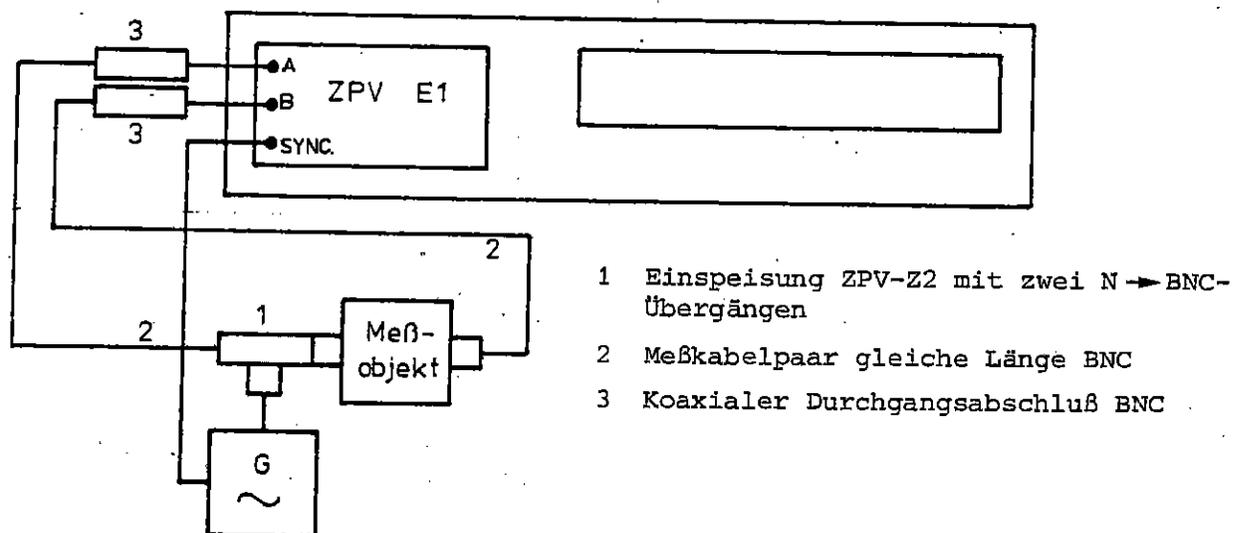


Meßaufbau zum Messen des Reflexionsfaktors ohne Richtkoppler und VSWR-Brücke

Bei Verwendung des Tuners ZPV-E1 ermöglicht der Vector Analyzer ZPV die Messung der Reflexion und Impedanz nach obigem einfachen Meßaufbau mit einem BNC T-Stück. Die Taste DIR.COUPL. am Grundgerät darf dabei nicht gedrückt werden. Die Meßebeane befindet sich in der Mitte des T-Stückes und kann nur mit Tischrechnersteuerung verschoben werden.

Beim Abgleich des Meßaufbaus (S11, S22 eingeschaltet) muß das Meßobjekt durch einen guten Abschlußwiderstand (z.B. RNA) ersetzt und die Taste PARAM.CAL. des Grundgerätes gedrückt werden.

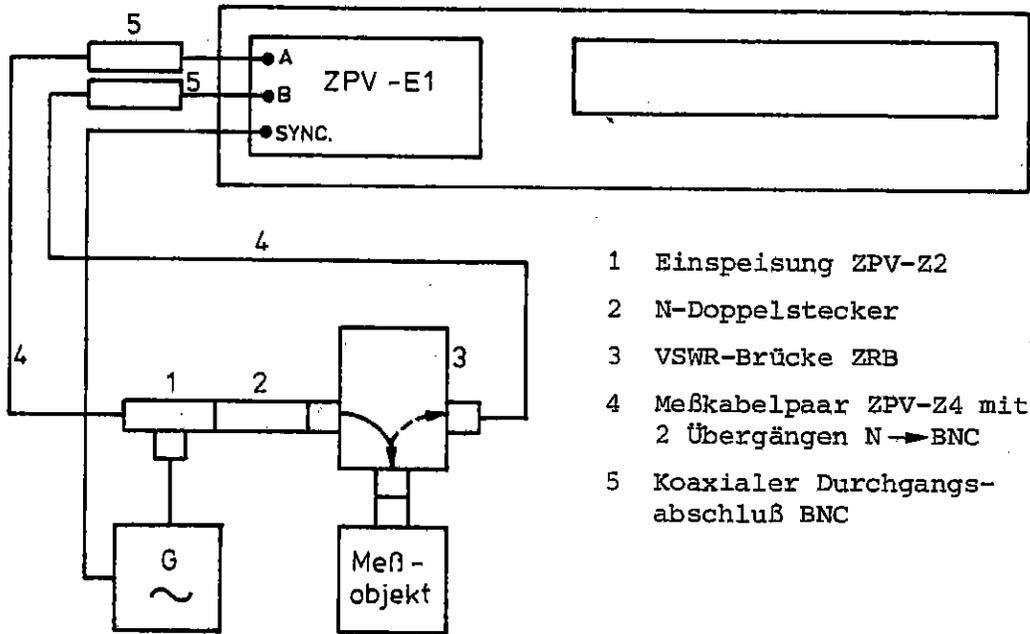
2.4.2.2.2. Übertragungsmessung



Meßaufbau zum Messen des Übertragungsfaktors

Aufgrund der koaxialen Meßeingänge des Tuners ZPV-E1 ist der Meßaufbau für Übertragungsmessungen besonders einfach und preisgünstig. Beim Abgleich des Meßaufbaus (Taste S21, S12 am Grundgerät gedrückt) wird der Meßaufbau ohne Meßobjekt zusammengeschaltet und die Taste PARAM.CAL. gedrückt.

2.4.2.3. Reflexionsmessung mit einer VSWR-Brücke



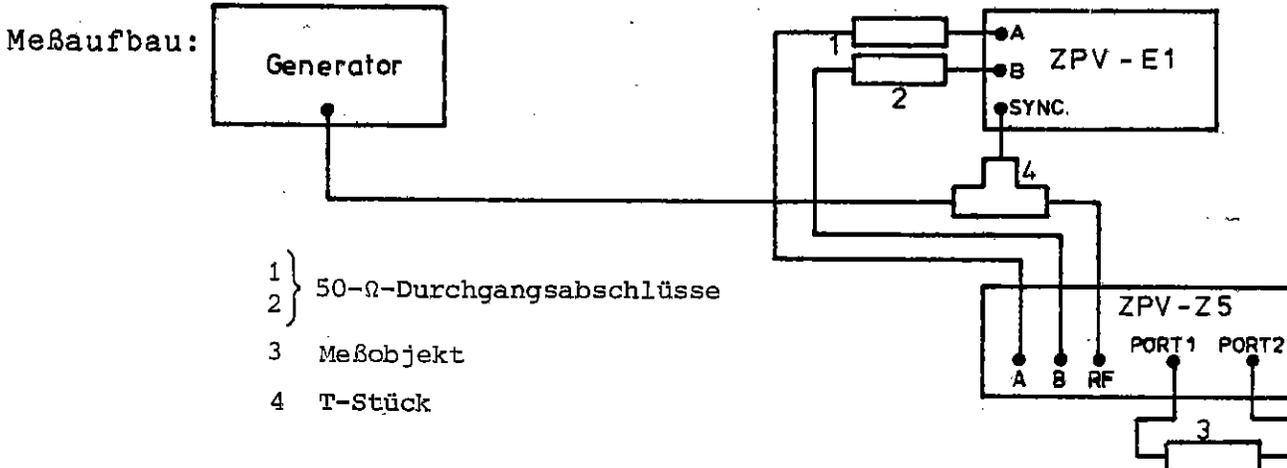
Meßaufbau zur Messung des Reflexionsfaktors mit VSWR-Brücke

Mit VSWR-Brücken können Reflexionen, Impedanzen und Admittanzen gemessen und am Grundgerät direkt angezeigt werden. Die Taste DIR.COUPL. am Grundgerät muß dabei gedrückt sein. Die Meßebe-
 nefindet sich am Meßobjektanschluß der VSWR-Brücke. Sie kann durch Einfügen einer elektrischen Länge in die Zuleitung zum A-Kanal ver-
 schoben werden.

Beim Abgleich des Meßaufbaus (Taste S11, S22 gedrückt) muß das Meßobjekt durch einen guten Abschluß (z.B. RNA) ersetzt und die Taste PARAM.CAL. des Grundgerätes gedrückt werden.

2.4.2.4. Vollautomatische Messung aller 4-S-Parameter mit dem S-Parameter-Testadapter ZPV-Z5

Der S-Parameter Testadapter ZPV-Z5 enthält alle für die gleichzeitige Messung aller 4-S-Parameter nötigen VSWR-Brücken und Umschaltrelais. Nachfolgendes Bild zeigt die Zusammenschaltung mit dem Tuner ZPV-E1 und einem Generator.



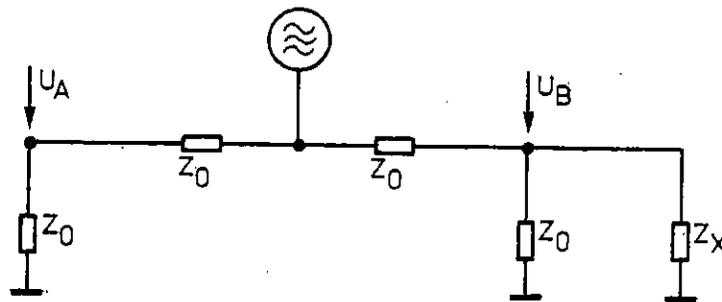
2.4.3. Zweipolparametermessungen (mit Option ZPV-B2)

Um den großen Dynamikbereich des Tuners ZPV-E1 bei der Impedanzmessung von Bauelementen vorteilhaft einzusetzen, wird der weite Impedanzbereich mit zwei unterschiedlichen Meßverfahren erfaßt. Einem Meßverfahren für niedrige Impedanzen und einem für hohe Impedanzen. Die beiden Meßverfahren unterscheiden sich im Meßaufbau und in der Auswertung der gemessenen Spannungen. Sie sind allerdings im Impedanzbereich von etwa 30 bis 70 Ω gleichwertig, so daß in diesem Bereich der Übergang von einem Meßverfahren zum anderen erfolgen sollte.

Diese Zweipolparametermessungen sind nur in Verbindung mit der Option S-Parametermessung ZPV-B2 möglich.

2.4.3.1. Messung niederohmiger Impedanzen

Meßaufbau:



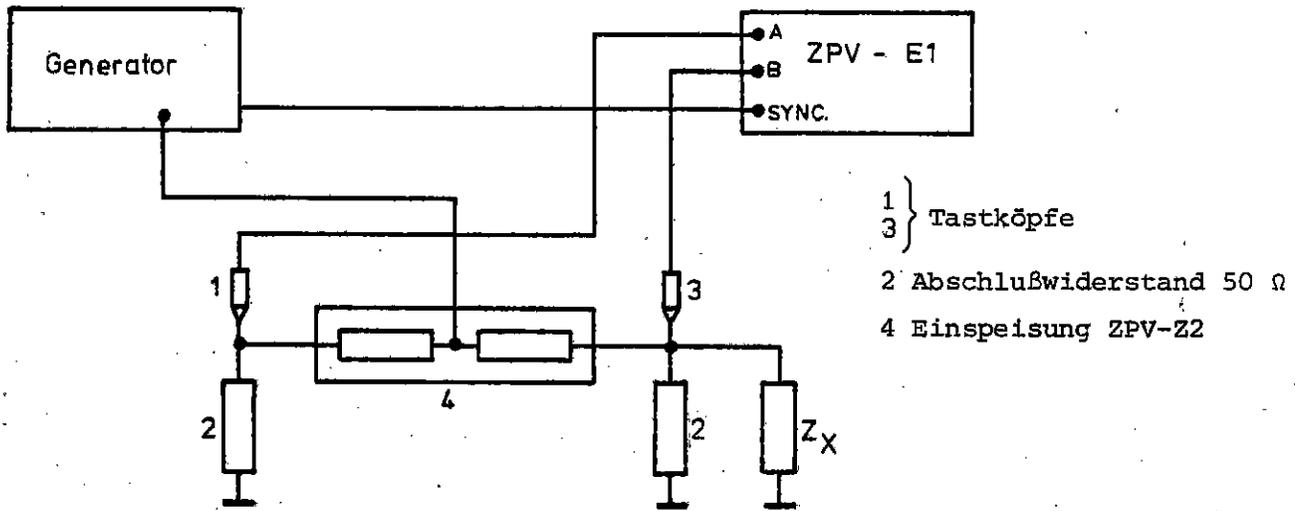
Die Messung niederohmiger Impedanzen beruht auf einer Brückenschaltung. Obenstehendes Bild zeigt das Meßprinzip. Die Impedanz Z_x des Meßobjektes errechnet sich zu

$$Z_x = Z_0 \cdot \frac{U_B}{2 \cdot (U_A - U_B)}$$

Diese Formel wird durch den Mikroprozessor im ZPV ausgewertet, wenn die Taste Z gedrückt ist. Die Anzeige der Impedanz Z erfolgt nach Betrag und Phase bzw. nach Wirk- und Blindwiderstand, je nachdem ob am Grundgerät ZPV die Anzeigeart r , φ oder x , y gewählt wurde.

Zum Eichen des Meßaufbaus wird ein induktionsfreier 50- Ω -Widerstand statt des Meßobjektes angeschlossen (z.B. ein Abschlußwiderstand RNA) und die Taste PARAM.CAL am Grundgerät ZPV gedrückt.

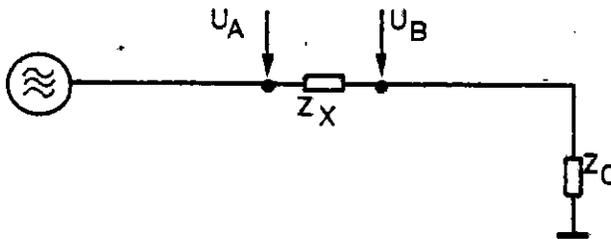
Meßaufbau:



2.4.3.2. Messung hochohmiger Impedanzen

Zur Messung hochohmiger Impedanzen wird das Spannungsteilverhältnis zwischen dem Meßobjekt und einem bekannten Widerstand ausgewertet.

Meßaufbau:



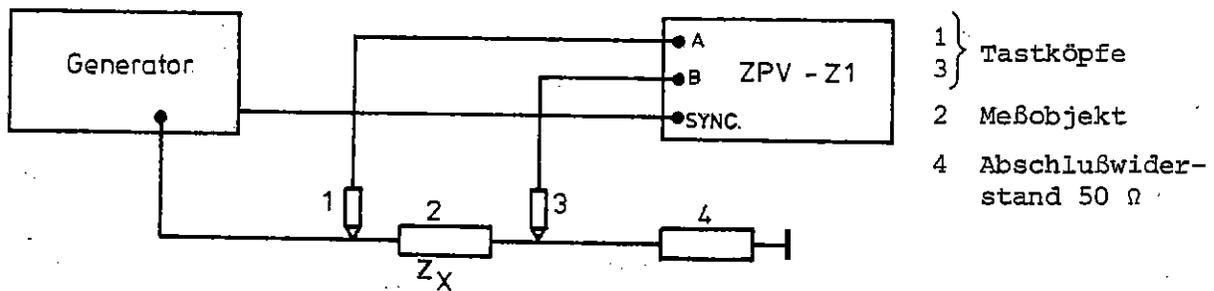
Das Meßprinzip zeigt oben stehendes Bild. Die Impedanz des Meßobjektes ergibt sich zu

$$\underline{Z}_X = \underline{Z}_0 \cdot \frac{U_A - U_B}{U_B}$$

Diese Formel wird vom Mikroprozessor des ZPV ausgewertet, wenn am Grundgerät die Taste Z, Y und die Taste SETf₀/HIGHZ gedrückt ist.

Zum Eichen des Meßaufbaus wird zwischen A und B kurzgeschlossen und die Taste PARAM.CAL gedrückt.

Meßaufbau:



2.4.4. Gruppenlaufzeitmessungen (mit Option ZPV-B3)

Die Konstanz der Gruppenlaufzeit eines Übertragungsgliedes ist ein Maß für seine Verzerrungsfreiheit. Da die Gruppenlaufzeit definitionsgemäß $d\varphi/d\omega$ ist, kann sie meßtechnisch durch $\frac{\varphi_1 - \varphi_0}{\omega_1 - \omega_0}$ erfaßt werden, wenn die Differenzen klein genug gewählt werden. Die Option Gruppenlaufzeit ZPV-B3 ermöglicht es, die Gruppenlaufzeit bzw. die Gruppenlaufzeitänderung, bezogen auf eine vorher definierte Gruppenlaufzeit, direkt am Grundgerät anzuzeigen. Dabei sind neben hochohmigen Tastkopfmessungen auch Messungen in Koaxialsystemen möglich. Die Messung der Gruppenlaufzeit kann in drei Betriebsarten erfolgen:

2.4.4.1. Einzelmessung

Nach Einschalten der Gruppenlaufzeitmessung mit der Taste τ am Grundgerät, ist die Einzelmessung mit den Frequenzdifferenzen 0,4 kHz, 4 kHz und 40 kHz, durch abwechselndes Drücken der Taste SET f_0 und SET $f_0 + 0,4$ kHz, SET $f_0 + 4$ kHz bzw. SET $f_0 + 40$ kHz, möglich. Siehe hierzu Beschreibung Vector Analyser ZPV, Kapitel 2.3.4.1. Einzelmessungen.

2.4.4.2. Dauermessung

Auch Dauermessung mit automatischer Frequenzverstimmung des Generators über den Ausgang CONTR. ΔF des Grundgerätes ist möglich. Man beachte jedoch, daß vor dem Einschalten der automatischen Dauermessung der gewünschte Frequenzhub durch Drücken der Tasten SET $f_0 + 0,4$ kHz, SET $f_0 + 4$ kHz bzw. SET $f_0 + 40$ kHz gewählt werden muß. Siehe hierzu Beschreibung Vector Analyser ZPV, Kapitel 2.3.4.2. Dauermessung.

2.4.4.3. Messungen mit beliebigen Frequenzhüben

Der im Tuner ZPV-E1 eingebaute Frequenzzähler bietet die Möglichkeit, Gruppenlaufzeiten mit beliebigen Frequenzhüben ohne Umrechnung der Anzeige zu messen. Man geht dabei wie folgt vor: Die Gruppenlaufzeitmessung wird mit der Taste τ am Grundgerät eingeschaltet

Man stellt den Generator auf die gewünschte Meßfrequenz f_0 ein und betätigt die Taste SET f_0 . Diese Frequenz wird jetzt im Tuner ZPV-E1 gleichzeitig mit dem Phasenwinkel φ_0 gemessen. Nun verstellt man den Generator um einen beliebigen Betrag Δf auf die Frequenz $f_1 = f_0 + \Delta f$ und drückt die Taste AUTO. Dadurch wird die Frequenz f_1 mit dem zugehörigen Phasenwinkel φ_1 gemessen und die Gruppenlaufzeit $\tau = \varphi_1 - \varphi_0 / 2\pi(\varphi_1 - \varphi_0)$ berechnet und im rechten Display angezeigt. Es ist dabei gleichgültig, ob die Frequenz erhöht oder verringert wurde, das Vorzeichen der Gruppenlaufzeit wird automatisch richtig gesetzt.

Die Auflösung des Frequenzzählers beträgt bei Frequenzen unter 25 kHz 0,1 Hz, bei Frequenzen über 25 kHz 1 kHz. Dies ist bei der Wahl der Frequenzhöhe zu berücksichtigen.

2.4.4.4. Messung der Gruppenlaufzeitabweichung

Die Messung der Gruppenlaufzeitabweichung ist nach Speichern einer Referenzlaufzeit auf analoge Weise möglich. (Siehe Beschreibung Vector Analyzer ZPV).

2.4.5. Programmierter Betrieb

Die zusätzlichen IEC-Bus-Befehle für den Betrieb des Vector Analyser ZPV mit dem Tuner ZPV-E1 zeigt die Tabelle 2-1.

Tabelle 2-1 Zusätzliche Programmierbefehle

Taste A 10:1 aus	H0
Taste A 10:1 ein	H1
Taste B 10:1 aus	B0
Taste B 10:1 ein	B1
Frequenzen eingeben (6stellig in 0,1 Hz)	Hz
Bandbreite im Kanal A und B	
Normalbetrieb	N0
1 kHz ein	N1
200 Hz ein	N2
10 Hz ein	N3
Wobbelbetrieb aus	W0
Wobbelbetrieb ein	W1
Ausgabe der Meßfrequenz in Hz	FV

Sekundäradresse 10 bewirkt ebenfalls die Ausgabe der Meßfrequenz.

2.4.5.1. Programmierung der Eingangsfrequenz

Die Programmierung der Eingangsfrequenz im Frequenzbereich bis 25 kHz kann man zur Erhöhung der Meßgeschwindigkeit benutzen. Das Messen und Einstellen der Frequenz durch den Frequenzzähler im Tuner ZPV-E1 dauert z.B. bei einer Eingangsfrequenz von 10 Hz ca. 0,2 s. Die Übertragung von Steuerzeichen und Eingangsfrequenz (6-stellig) dauert dagegen je nach verwendetem Steuerrechner nur 5...10 ms. Im Frequenzbereich über 25 kHz ist dagegen die interne Frequenzbestimmung schneller als die Übertragung auf dem IEC-BUS. Die Eingabe eines Frequenzbereiches (FR00 - FR10) ist wirkungslos. Die Programmierung der Frequenz erfolgt nach dem Steuerzeichen "HZ" 6stellig in Vielfachen von 0,1 Hz. Ein Dezimalpunkt kann gesendet werden.

Beispiel für Prozess Controller PPC:

Es wird die Eingangsfrequenz 15,1231 kHz programmiert:
IECOUT26,"HZ15123.1".

2.4.5.2. Programmierung der Meßbandbreite

Die Meßbandbreite kann für beide Meßkanäle getrennt vorgegeben werden. Dies wird benützt, wenn bei Vorhandensein größerer Störsignale gemessen werden soll. Zu beachten ist, daß sich die Meßzeit bei Einschalten einer kleineren Bandbreite verlängert. Der Befehl N0 schaltet den Tuner ZPV-E1 auf Normalbetrieb, bei dem die Bandbreite in Abhängigkeit von Eingangsfrequenz und Pegel automatisch optimal eingestellt wird.

Zu beachten ist, daß bei eingeschalteter 10-Hz-Bandbreite und Programmierung der Eingangsfrequenz, diese Frequenz genauer als 0,1 Hz bekannt sein muß, da sonst die Fehlergrenzen der Phasenmessung nicht eingehalten werden können.

Beispiel:

IECOUT26,"N3" schaltet die Bandbreite 10 Hz ein.

2.4.5.3. Ausgabe der gemessenen Eingangsfrequenz

Die vom Frequenzzähler im Tuner ZPV-E1 gemessene Frequenz, die am Synchronisationseingang anliegt, kann über den IEC-Bus ausgelesen werden. Die Ausgabe erfolgt 4stellig mit nachfolgenden Exponenten. Die Einheit ist Hz.

Beispiel für den Prozess Controller PPC:

Es wird die Frequenz 15,123 1 kHz am Synchronisationseingang 7 angelegt.

IECOUT26,"FV"

IECIN26,A\$

PRINTA\$

ergibt die Anzeige 1512 E+1 od. 15120 Hz. Die Ausgabe kann auch mit der Sekundäradresse 10 gestartet werden.

Beispiel:

Es wird die Frequenz 43,215 MHz angelegt.

IECIN26;10,A\$

PRINTA\$

ergibt die Anzeige 4321 E+4.



3. Wartung

3.1. Erforderliche Meßgeräte und Hilfsmittel

Pos.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Geräteart, erforderliche Daten ● Empfohlenes R&S-Gerät 	Typ	Bestell-Nr.
1	<ul style="list-style-type: none"> ○ Meßsender, 10 Hz...50 MHz 2 V/50 Ω ● AM-FM-Meßsender 10 kHz...130 MHz mit eingebautem 2-Watt-Verstärker (SMLH-B3) ● Präzisions-NF-Generator 0,01 Hz...120 kHz 	 SMUV SSN	 301.0120.57 204.8014.52
2	<ul style="list-style-type: none"> ○ Programmierbare Eichleitung 0...50 MHz/0...100 dB ● Programmierbare Eichleitung 	DPVP	214.8017.55
3	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eichleitung mit dämpfungsun- abhängiger elektrischer Länge 0...50 MHz/0...100 dB ● UHF-Eichleitung 	DPU	100.8960.55
4	<ul style="list-style-type: none"> ○ Leistungsmesser 10 Hz...50 MHz ● Thermischer Leistungsmesser mit Meßkopf 50 Ω 	NRS NRS-Z	100.2433.92 100.2440.05
5	<ul style="list-style-type: none"> ● Einspeisung 	ZPV-Z2	292.2913.50
6	<ul style="list-style-type: none"> ● Meßkabelpaar 	ZPV-Z4	335.1012.50
7	<ul style="list-style-type: none"> ● BNC-Durchführungsabschluß 	RAD	289.8966
8	<ul style="list-style-type: none"> ● BNC-T-Stück 		017.6588.00

Pos.	o Geräteart, erforderliche Daten ● Empfohlenes R&S-Gerät	Typ	Bestell-Nr.
9	o Dämpfungsglieder 50 Ω / 6 dB / 20 dB ● BNC-Dämpfungsglied 6 dB 20 dB	DSF DSF	289.8814 591.4338

3.2. Prüfen der Solleigenschaften

3.2.1. Meßfehler bei Spannungsmessung

- o Meßaufbau nach Bild 3-1 herstellen.
- o Den Generatorpegel so wählen, daß der Leistungsmesser -13 dBm anzeigt. Das entspricht ca. 50 mV am Leistungsmesser, wozu der Generator dafür ca. 100 mV Spannung abgeben muß.
- o Am ZPV die Betriebsart A LOG. wählen.
- o Für alle Meßfrequenzen darf sich die Anzeige am ZPV von der Anzeige am Leistungsmesser nur um die im Datenblatt genannten Werte unterscheiden.

Dieses Verfahren gilt für den A-Kanal. Soll der B-Kanal überprüft werden, so muß der Durchführungsabschluß in Bild 3-1 auf den B-Eingang gesteckt werden. Am ZPV ist dann die Betriebsart B LOG. zu wählen.

3.2.2. Meßfehler bei Verhältnismessung

- o Meßaufbau nach Bild 3-2 herstellen.
- o Den Generatorpegel so wählen, daß der ZPV in den Betriebsarten A LIN. und B LIN. 50 mV anzeigt. Dazu muß der Generator ca. 100 mV abgeben.
- o Am ZPV die Betriebsart B/A LOG. wählen.
- o Die Anzeige im linken Anzeigefeld des ZPV darf dann für alle Meßfrequenzen nur um die im Datenblatt genannten Werte von 0 dB abweichen.

- 1 = Adapter
N-Buchse-BNC-Stecker
- 2 = Durchgangsabschluß
- 3 = BNC-T-Stück
- 4 = ZPV-Z2
- 5 = Meßkopf

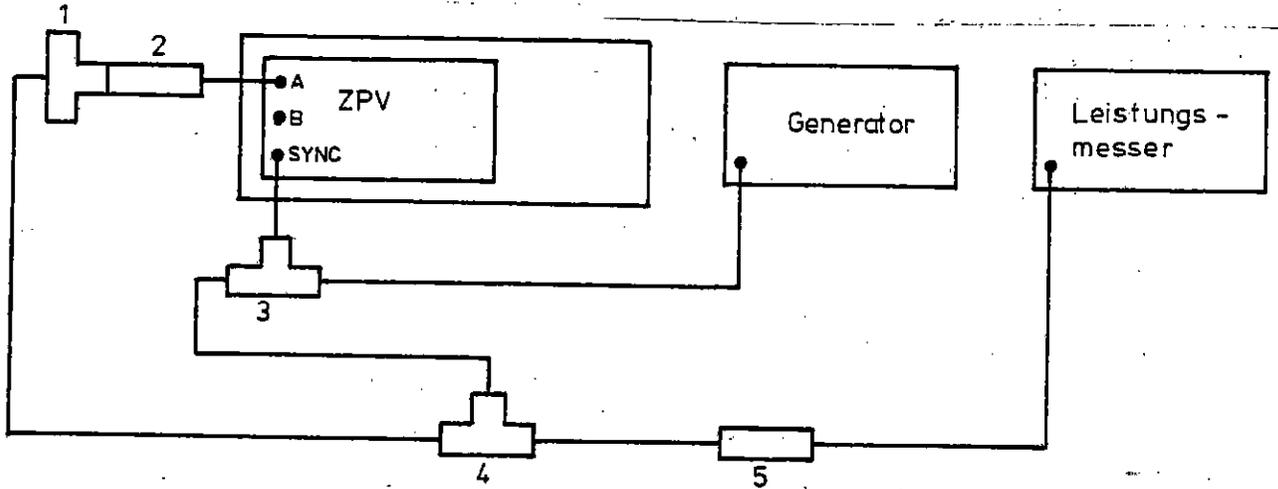


Bild 3-1 Meßaufbau für Spannungsmessung

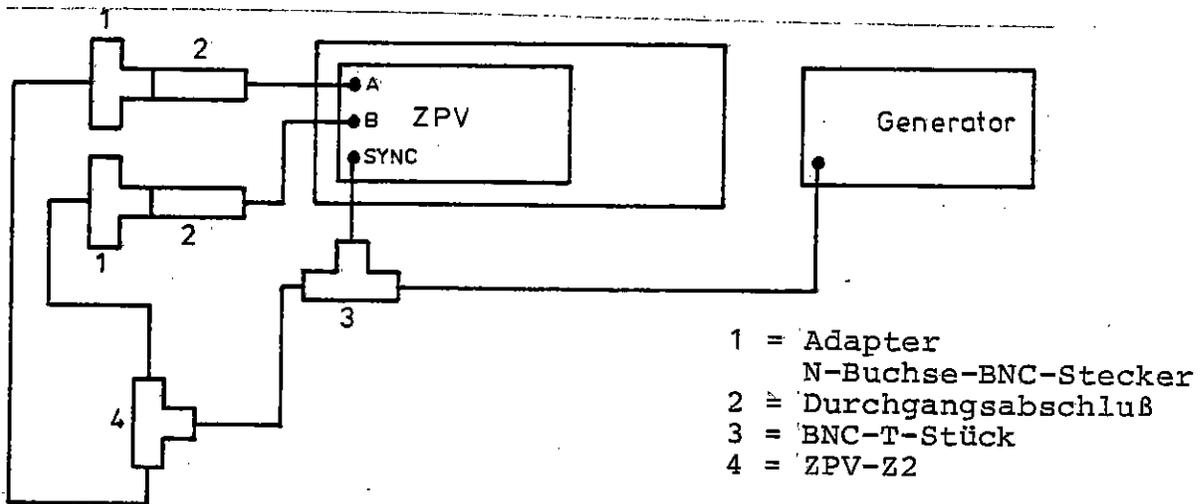


Bild 3-2 Meßaufbau für Verhältnis- und Phasenmessung

3.2.3. Meßfehler bei Phasenmessung

- o Meßaufbau nach Bild 3-2 herstellen.
- o Den Generatorpegel so wählen, daß der ZPV 50 mV anzeigt.
- o Am ZPV die Betriebsart B/A LOG. wählen.
- o Die Anzeige im rechten Anzeigefeld des ZPV darf dann nur um die im Datenblatt genannten Werte von 0 Grad abweichen.

Hinweis: Bestehen Zweifel an der Symmetrie der Einspeisung ZPV-Z2 oder an der Längengleichheit der beiden Signalwege von Einspeisung bis Eingang A oder Eingang B, so soll die gleiche Messung mit vertauschten Eingängen wiederholt werden. Das Kabel mit Durchführungsabschluß das vorher zum Eingang A führte, geht jetzt zum B-Eingang und umgekehrt. Der Mittelwert beider Meßergebnisse ist der wahre Phasenfehler des ZPV, die halbe Differenz der Meßergebnisse ist der Phasenfehler von Kabel und Einspeisung.

3.2.4. Pegelabhängiger Phasenfehler

Zusätzlich zum Phasenmeßfehler bei 50 mV tritt noch ein von der Eingangsamplitude abhängiger Fehler auf. Dieser wird auf folgende Weise ermittelt:

- o Meßaufbau nach Bild 3-3 herstellen.
- o Den Generator auf 2 V Ausgangsspannung einstellen.
- o Eichleitung auf 46 dB schalten.
- o Der ZPV zeigt jetzt bei beiden Kanälen ca. 5 mV an.
- o Betriebsart B/A LOG. wählen.
- o Den Knopf "PARAM. CAL." drücken.
- o ZPV zeigt 0 dB, 0 Grad.
- o Die Meßspannung im B-Kanal mit Hilfe der Eichleitung verändern. Dabei darf die Anzeige um die im Datenblatt genannten Werte von 0 Grad abweichen.

Hinweis: Gibt der vorhandene Generator nicht genug Spannung ab, so kann die Dämpfung in beiden Kanälen gleichmäßig verringert werden, bis in beiden Kanälen wieder 5 mV angezeigt werden. Die Pegelabhängigkeit der Phase läßt sich dann aber nicht mehr bei der maximal zulässigen Eingangsspannung nachmessen, da am Eingang des ZPV bei diesem Meßaufbau höchstens die halbe Ausgangsspannung des Generators anliegt.

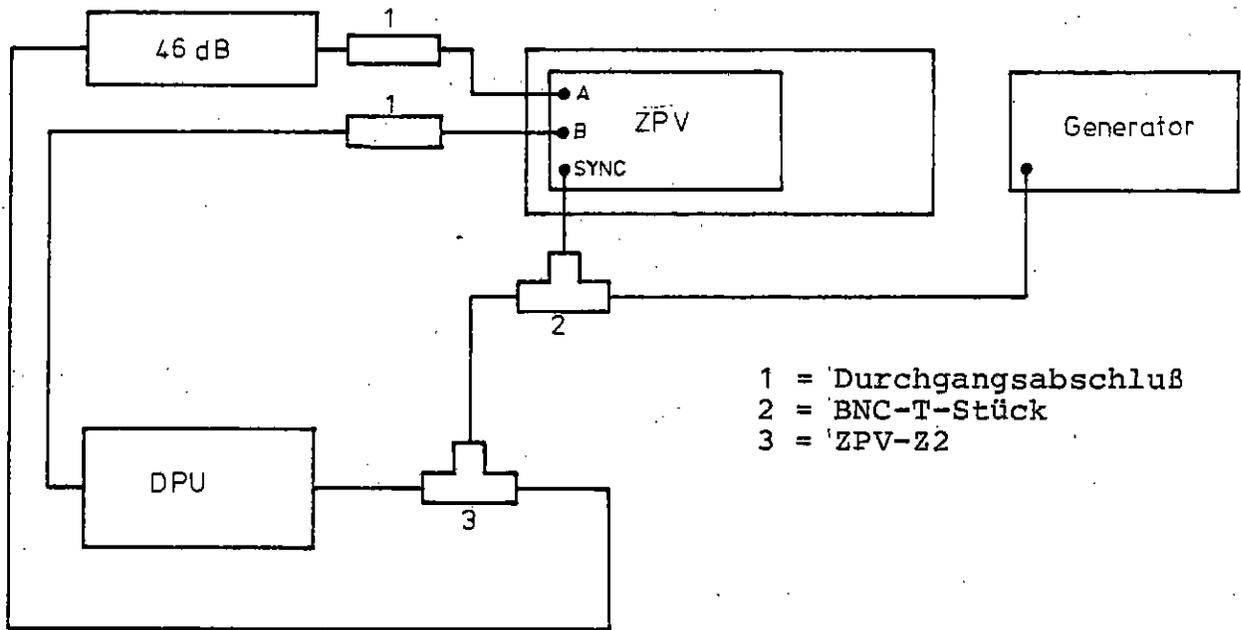


Bild 3-3 Meßaufbau für pegelabhängige Phasenfehlermessung

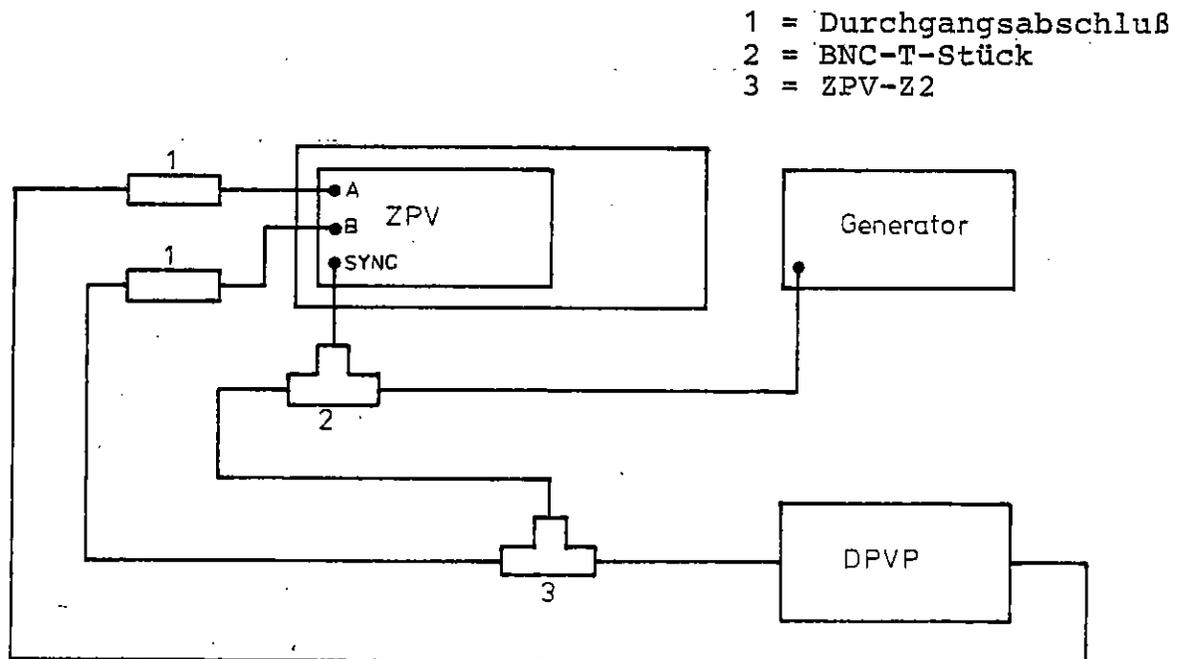


Bild 3-4 Meßaufbau für Linearitätsfehlermessung

3.2.5. Linearitätsfehler

Zusätzlich zum Spannungsmeßfehler bei 50 mV tritt ein aussteuerungsabhängiger Meßfehler auf. Er wird auf folgende Weise bestimmt:

- o Meßaufbau nach Bild 3-4 herstellen.
- o Am Generator eine Ausgangsspannung von 2 V einstellen.
- o Am ZPV die Betriebsart B/A LOG.-REF. Filter wählen.
- o Die Eichleitung auf 0 dB schalten.
- o Am ZPV den Knopf "PARAM. CAL." drücken.
- o Der ZPV zeigt 0,00 dB an.
- o Die Eichleitung auf verschiedene Dämpfungswerte einstellen und die Anzeige am ZPV mit der Stellung der Eichleitung vergleichen. Die Differenz entspricht dem Linearitätsfehler und darf die im Datenblatt genannten Werte nicht überschreiten.

3.2.6. Übersprechen zwischen den Meßkanälen

Wird in einen der Meßkanäle ein Signal eingespeist, so gelangt ein unerwünschter Anteil davon auch in den anderen Meßkanal und verursacht einen Meßfehler, der mit einem Aufbau nach Bild 3-5 ermittelt wird.

- o Pegel am Generator so wählen, daß der ZPV 1 V anzeigt.
- o Am ZPV die Betriebsart B/A LOG. einstellen.
- o Der Betrag der Anzeige im linken Display entspricht der Übersprechdämpfung.
- o Messung wiederholen. Dabei das Signal statt in den A-Kanal in den B-Kanal einspeisen.

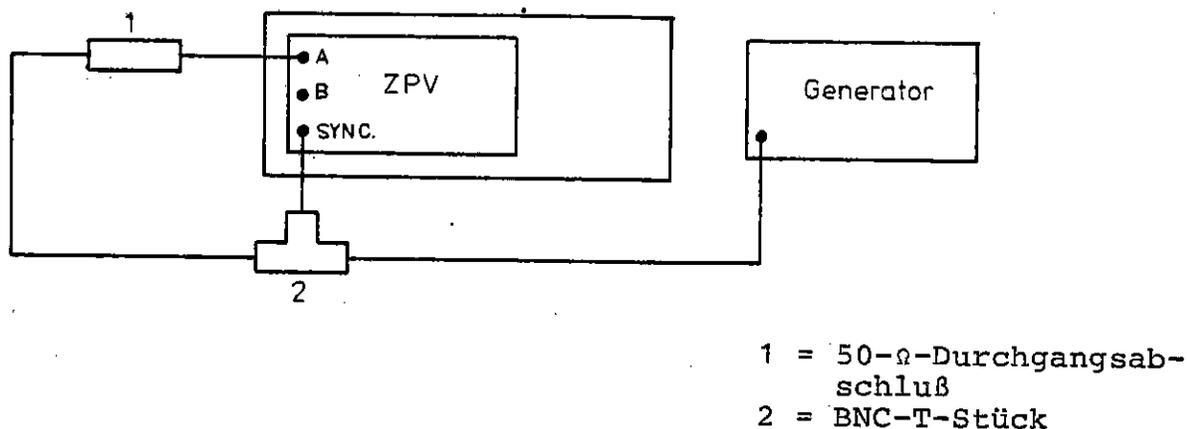


Bild 3-5 Meßaufbau für Übersprechmessung

4. Funktionsbeschreibung

4.1. Zählerplatte

Auf der Zählerplatte befinden sich folgende Baugruppen:
Der Frequenzzähler 10 Hz...50 MHz, der 10-MHz-Quarzoszillator, der Synchronisationsmischer sowie mehrere Bausteine als digitale Schnittstelle zwischen Einschub und Grundgerät.

4.1.1. Frequenzzähler

Das vom SYNC.-Eingang 7 kommende Synchronisierungssignal gelangt über den Impedanzwandler T1, T2 sowohl zum Eingang des Zählervorverstärkers als auch zum Eingang des Synchronisierungsmischer. Der Zählervorverstärker besteht aus den Differenzverstärkern B1III und B2III, die das Eingangssignal auf ca. 1 V_{SS} (ECL-Pegel) verstärken bzw. begrenzen. Vom Ausgang des B2III gelangt das Signal über den Schmitt-Trigger B2IV und den TTL-Pegelwandler T4 zum Eingang der digitalen Sektion des Zählers. Um Störsignale zu unterdrücken, die das Zählergebnis bei niedrigen Frequenzen beeinflussen können, kann der Tiefpaß R7/C4 über den Transistor T3 vom Mikroprozessor eingeschaltet werden.

Um Störungen auf den Empfangsteil des Einschubes auszuschließen wird außerdem das zu zählende Signal nur für die Dauer der eigentlichen Zählung über B10 durchgeschaltet.

Der Zähler hat drei Betriebsarten:

4.1.1.1. Eingangsfrequenzmessung

Hierbei gelangt das Eingangssignal über B10, den Multiplexer B6 zum 2-aus-4-Umschalter B7. Dieser wird vom Mikroprozessor so geschaltet, daß die Torzeitfrequenz 1 kHz (1 ms) auf das Flipflop B8 und das zu zählende Signal auf das Zähltor B10I gelangt. Auf ein Startsignal vom Mikroprozessor öffnet das Flipflop B8 für 1 ms das Zähltor und die Impulse gelangen auf die Zählerkette B15-B16-B17. Das auf 1 kHz genaue Zählergebnis wird anschließend vom Mikroprozessor über die Datenbustreiber B18-B19-B20 eingelesen. Die Eingangsfrequenz wird vom Mikroprozessor nach der Formel $f_e = N \cdot 1 \text{ ms}$ (N = Zählerstand) berechnet.

4.1.1.2. Oszillatorfrequenzmessung

Die Bestimmung der Oszillatorfrequenz erfolgt wie bei der Eingangsfrequenz mit dem Unterschied, daß der Multiplexer B6 statt des Eingangssignals das Oszillatorsignal auf die Zählerkette durchschaltet.

4.1.1.3. Periodendauermessung des Eingangssignales

Falls bei der Eingangsfrequenzmessung festgestellt wird, daß die Frequenz kleiner als 25 kHz ist, leitet der Mikroprozessor eine Periodendauermessung ein. Dadurch kann die Eingangsfrequenz auf 0,1 Hz bestimmt werden, was für die Einstellung des digitalen Synthesizers erforderlich ist. Die Eingangsfrequenz gelangt über B10 auf den Binärteiler B5 und den Multiplexer B6. Der Mikroprozessor stellt je nach Frequenz (Tabelle 4-1) das entsprechende Teilverhältnis über die Eingänge A, B, C des Multiplexers B6 ein. Der 2-aus-4 Umschalter B7 wird so geschaltet, daß die quartzgenauen 10 MHz und das Eingangssignal auf das Flipflop B8 bzw. das Zähltor B10 gelangen. Dieses läßt dann für die Dauer einer oder mehrerer Perioden die 10 MHz Impulse in den Zähler laufen, der dann vom Mikroprozessor ausgelesen wird. Die Frequenz des Eingangssignales ergibt sich nach folgender Formel:

$$f_e = \frac{10 \text{ MHz} \cdot A}{N}$$

A = Anzahl der gemessenen Perioden

N = Zählerstand

Tabelle 4-1

f_e	Messung über Perioden A	Teilverhältnis B5
< 100 Hz	1	-
100... 200 Hz	2	$f_e / 2$
200... 400 Hz	4	$f_e / 4$
400... 800 Hz	8	$f_e / 8$
800... 1600 Hz	16	$f_e / 16$
1,6... 7 kHz	64	$f_e / 64$
7 ... 25 kHz	256	$f_e / 256$

4.1.2. Quarzoszillator

Der 10-MHz-Quarzoszillator besteht aus dem Schwingquarz Q1, dem Transistor T10 als aktiver Vierpol und den Kondensatoren C52...C55. Mit dem Kondensator C55 kann die Frequenz des Oszillators auf 10 MHz abgeglichen werden. Der Transistor T9 verstärkt das Oszillatorsignal auf TTL-Pegel. Die Teilerkette B12...B14 erzeugt folgende Frequenzen:

- 2 MHz: Taktfrequenz für den digitalen Synthesizer und die Regelung auf der Oszillatorplatte.
- 80 kHz: Taktfrequenz für die digitalen Filter und den Eichgenerator auf den Platinen Eingangsteil A/B.
- 1 kHz: Torzeitsignal für den Frequenzzähler.

4.1.3. Digitale Schnittstelle

Als digitale Schnittstelle zur Interfaceplatte bzw. zum Mikroprozessor befinden sich folgende Bausteine auf der Zählerplatte:

- B22: Vom Mikroprozessor angesteuerter Speicher für Frequenz- und Periodendauermessung.
- B23: Speicher für Frontplatte und verschiedene andere Funktionen.
- B27: Zwischenspeicher für Mikroprozessor-Ausgabe.
- B25: Multiplexer, der die Ausgabeabtastimpulse für die Baugruppen aus den Adressleitungen AO-A3 erzeugt.
- B26: Multiplexer, der die Einleseabtastimpulse für den Mikroprozessor erzeugt.
- B24: Datenbustreiber, über den die Tunerkennung 001, die Signale SYNC. (synchronisiert) und HB (Haltebereich) der Regelung, sowie die Stellung der Stecker S1 und S2 vom Mikroprozessor eingelesen werden.

4.2. Anzeigeplatte

Das Drücken einer der Tasten 2, 3 U x 10 schaltet die Leitungen ST6.5, ST6.6 auf LOW. Den Zustand dieser Leitungen liest der Mikroprozessor laufend über B20 (Zählerplatte) ein. Falls eine dieser Tasten betätigt ist, erfolgt intern die Multiplikation der jeweiligen Spannung mit dem Faktor 10, und die entsprechende Anzeige. Die SWEEP-Leitung wird über den Einschub direkt zum ZPV-Grundgerät durchgeschleift und löst dort bei Drücken der Taste einen Interrupt aus.

Die Leuchtdioden GL1-GL4 der Anzeigeplatte werden entsprechend dem jeweiligen Gerätezustand über B23 (Zählerplatte) eingeschaltet.

4.3. Interfaceplatte

Die Interfaceplatte ist die Verbindung zwischen dem ZPV-Grundgerät und dem Motherboard des Einschubes. Sie dient dazu, die Daten- und Adresssignale des Mikroprozessors zu "filtern", um mögliche Störkomponenten, die das Eingangssignal beeinträchtigen würden, zu unterdrücken. Der Baustein B1 ist ein bidirektionaler Datenbustreiber, der über die SYNC.- und TUN. INP.-Leitung vom Mikroprozessor in Ein- oder Ausgaberrichtung geschaltet wird. Der Baustein B2 ist ein unidirektionaler Adressbustreiber, der nur für den Augenblick der

Adreßausgabe zum Einschub durchgeschaltet wird.

Sämtliche Leitungen von der Interfaceplatte zum Einschub werden zur Verbesserung des Signal-Störabstandes über LC-DurchführungsfILTER zum Motherboard durchgeschleift.

4.4. Digitaler Synthesizer

Der digitale Synthesizer liefert die Überlagerungsfrequenz für Eingangsfrequenzen <25 kHz. Er arbeitet nach dem Prinzip des Phasenakkumulationsverfahrens (Bild 4-1).

Bei diesem Verfahren wird der Zahlenwert der Frequenzeinstellung einem Akkumulator als operationelles Inkrement δ zugeführt. Von $0 \dots \delta$ ausgehend erhöht sich der Ausgang des Akkumulators mit jedem Takt um δ . Ist der Wertebereich des Akkus erschöpft, so springt der Ausgang auf $0 \dots \delta$ zurück und der Vorgang beginnt von Neuem. Auf diese Weise entsteht eine Zahlenfolge mit sägezahnförmigem Verlauf. Synthesizer mit höherer Frequenzauflösung können durch Hintereinanderschalten mehrerer 4-bit-Akkumulatoren aufgebaut werden.

Bildet man aus der entstehenden Sägezahnfolge und dem jeweiligen höchsten bit das Komplement, so entsteht eine Zahlenfolge mit zeit-symmetrisch dreieckigem Verlauf.

Der im ZPV-E1 verwendete Synthesizer besteht aus sechs 4-bit-Addierern (B24, B23, B28, B27, B33, B32), sechs 4-bit-Speichern (B22, B30, B29, B35, B34), dem 12-bit-Komplementer (B36, B37, B38) sowie den Speichern (B25, B26, B31) für die Frequenzeinstellung. Über diese Speicher wird mit den Abtastimpulsen S1, S2, S3 der Synthesizer vom Mikroprozessor auf die Frequenz $f_e + 20$ kHz eingestellt.

Der für diese Frequenz benötigte Einstellwert ergibt sich aus der Formel:

$$\delta = (f_e + 20 \text{ kHz}) \frac{2^L}{f_{\text{Takt}}}$$

f_e = vom Frequenzzähler bzw. Mikroprozessor bestimmte Eingangsfrequenz.

f_{Takt} = Taktfrequenz 2 MHz

2^L = 2^{24} , da $6 \times 4 = 24$ -bit-Akkumulator

Die vom Synthesizer gelieferte Zahlenfolge gelangt über den DA-Wandler B10 auf das Tiefpaßfilter B39, B41 mit der Grenzfrequenz 45 kHz. Anschließend erfolgt die Umformung mit dem Komparator B40 in ein Rechtecksignal, das dann dem Eingangsmischer (Eingangsteil A/B, Synchronisation) als Überlagerungssignal zugeführt wird.

Im Oszillatorbetrieb (Eingangsfrequenz >25 kHz, B9.12 = LOW) können die Speicher B29, B34 und B35 vom Mikroprozessor umgeschaltet werden. Mit den Abtastimpulsen S6 und S7 kann dann der Oszillator über den DA-Wandler so voreingestellt werden, daß die Regelung auf die Eingangsfrequenz synchronisieren kann (Abschnitt 4.1.2.).

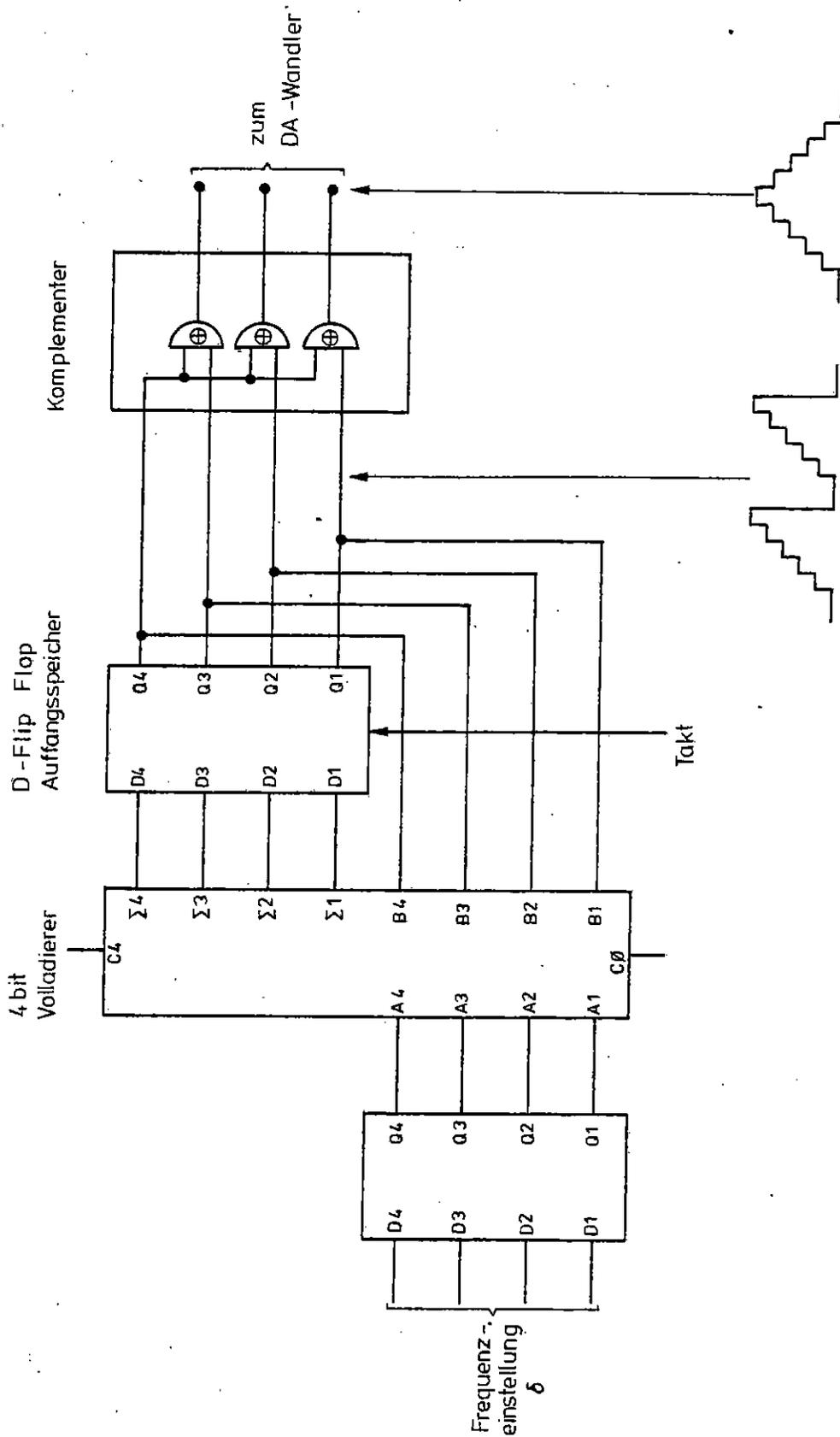


Bild 4-1 4-bit-Phasenakkumulations-Synthesizer

4.5. Synchronisation

Die Meßgrößen, Spannungen im Kanal A und B, sowie die Phasenbeziehung der beiden Spannungen werden bei einer festen Zwischenfrequenz von 20 kHz im ZPV-Grundgerät ausgewertet. Das Meßsignal wird im ZPV-E1 in die ZF-Lage amplituden- und phasentreu umgesetzt.

Aus der Forderung der festen Zwischenfrequenz geht hervor, daß die Differenz der Meßsignal- und Hilfssignalfrequenz immer konstant, gleich 20 kHz sein muß. Diese Aufgabe wird von dem Funktionsblock Synchronisation übernommen. Um eine optimale Einstell- und Folgegeschwindigkeit über den gesamten Frequenzbereich von 10 Hz bis über 50 MHz zu erreichen, ist die Arbeitsweise der Frequenz entsprechend aufgeteilt: Bei Meßsignalfrequenzen über ca. 25 kHz arbeitet die Synchronisation als Phasenregelung. Bei Frequenzen unterhalb dieser Grenze, mit entsprechender Überlappung, als digitale Frequenzregelung.

Die Frequenz des Meßsignals wird gemessen und im Rechner um die Zwischenfrequenz = 20 kHz erhöht. Diese Frequenz stellt dann der programmierbare Synthesizer auf der Oszillatorplatte ein. Da die Meßzeiten des Frequenzzählers, insbesondere bei den tiefsten Frequenzen wesentlich kürzer sind als die Einschwingzeit der Phasenregelung im vergleichbarem Frequenzbereich und die Einschwingzeit des Synthesizers praktisch entfällt, wurde durch diese Anordnung der Regelschleife eine erhebliche Verkürzung der Meßzeiten im Frequenzbereich unter 20 kHz erreicht.

Bei Frequenzen oberhalb ca. 25 kHz sind die Eigenschaften der Regelschleife praktisch nur durch die Zwischenfrequenz bestimmt. In diesem Bereich wird die Phasenregelung eingesetzt. Die Regelungsart läßt keinen Frequenzregelrest zu, wodurch die Meßgenauigkeit der Phase verbessert wird. Außerdem ist bei manuellen Messungen kontinuierliches Nachstimmen auf das Meßsignal möglich.

Die Funktionsgruppe Synchronisation verfügt über einen getrennten Eingang. Dadurch kann der Synchronisationspegel unabhängig von den Meßkanälen eingestellt werden. Die beiden Meßkanäle verfügen dann über den gleichen Dynamikbereich und die Meßbandbreite kann rückwirkungsfrei auf die Synchronisation umgeschaltet werden.

Der Fangvorgang der Phasenregelschleife erfolgt in zwei Schritten: Grobe Voreinstellung der Oszillatorfrequenz durch den Rechner nach der Eich-tabelle und das Einschwingen der Phasenregelschleife.

Die Frequenz des Meßsignals am Synchronisationseingang wird mit dem Zähler gemessen. Nach diesem Wert ermittelt der Rechner den zuständigen Frequenzbereich der Phasenregelung und schaltet die vorgesehenen Zeitkonstanten der Regelschleife, sowie das vorgesehene Teilverhältnis des Frequenzteilers ein. Gleichzeitig wird die Phasenregelschleife aufgetrennt (S1a,b im Blockschaltbild, Bild 4-2, B6, B8 im Stromlauf) und der Integrator B7 als Spannungsfolger umgeschaltet. Außerdem wird die ermittelte Frequenz des Oszillators f_0 über den Digital-Analogwandler B10 eingestellt.

$$f_0 = 2^N (f_x + 20 \pm 10) \text{ kHz; } N = 1 \dots 10$$

Der Mikroprozessor korrigiert gegebenenfalls die am Meßausgang 14a gemessene Oszillatorfrequenz. Nach der durchgeführten Voreinstellung wird die Phasenregelschleife wieder geschlossen.

Das Meßsignal f_x wird bereits während der Oszillatorvoreinstellung nach dem Eingangstrennverstärker T1, T2 auf der Zählerplatte über das Amplitudenstellglied T6 dem Mischer B3 zugeführt. Das gemischte und gleichgerichtete Signal regelt das Stellglied so, daß der Mischer nicht übersteuert wird.

Nach der umschaltbaren Seitenbandselektion R70-C40, bzw. L2-C41 im Frequenzbereich 25...80 kHz, erfolgt die Zuführung des ZF-Signals über das Motherboard zur Phasenregelung auf der Oszillatorplatte (St23a).

Das begrenzte ZF-Signal am B2.8 und B2.11 wird zum Frequenzkriterium B3-IV, T3, B3-III abgezweigt. Diese Schaltung engt den Fangbereich der Phasenregelschleife ein, damit keine Störzustände für $f_{ZF} \rightarrow 0$ auftreten können.

Die Frequenz des begrenzten Signales am B2.8 und B2.11 wird anschließend verdoppelt und dem Phasenvergleich am B4.3 zugeführt. Das 40-kHz-Referenzsignal wird durch Teilung der 2-MHz-Taktfrequenz im B1 gewonnen und am B4.14 zugeführt. Der nachgeschaltete Impedanzwandler T2 bildet für die folgende Umschaltung der Regelverstärkung (B5, B6) eine definierte Spannungsquelle. Dem Frequenzbereich entsprechend wird gleichzeitig das Teilverhältnis des programmierbaren Frequenzteilers B16...B20 umgeschaltet. Damit bleibt die Schleifenverstärkung auch beim Frequenzbereichswechsel konstant.

Über die Sperrkreise L6, C65, C66 und L5, C49, C48 zur Unterdrückung der Mischprodukte 40 kHz und 20 kHz auf der Regelspannung wird diese um einen vorprogrammierten Offset der Oszillatorvoreinstellung im B10 erweitert. Die vollständige Regelspannung wird über die Linearisierungsschaltung B14-II den Abstimmioden GL20...24 des Oszillators B15 zugeführt. Die Bezugsspannung am C36 ist mit R59 einstellbar, um die Streuung der Anfangskapazität der Abstimmioden kompensieren zu können.

Die eingestellte Frequenz wird nach der Trennstufe T8 (St14a) mit dem Frequenz-Zähler über die interne Verbindung gemessen, um die durchgeführte Voreinstellung oder den eingestellten Frequenzbereich zu verifizieren.

Nach der Trennstufe T6 folgt ein programmierbarer Frequenzteiler B16...B20. Für das programmierte binäre Teilverhältnis werden nur die benötigten Teilerstufen eingeschaltet, um die unerwünschten Mischprodukte weitgehend zu unterdrücken. Die Einstellung des Frequenzteilers wird im B9 gespeichert.

Die Phasenregelschleife verfügt noch über zwei Hilfsschaltungen, die eine Information über den Funktionszustand in digitaler Form an den Rechner weitergeben. Der synchronisierte Zustand wird von dem Komparator B3-II signalisiert. Als Kriterium dient das der Phasenabweichung proportionale Signal am B4.1, das über den aktiven Tiefpaß B3-I aufbereitet wird. Die Überwachung des zulässigen Haltebereiches der Regelschleife erfolgt über den Fensterdiskriminator B12 am Ausgang des Digital-Analogwandlers B10.15.

Der Mikroprozessor führt sämtliche Einstellungen im Zeitmultiplex durch. Die programmierten Daten für die Einstellung der Regelverstärkung durch B5 und B6 werden im B32 zwischengespeichert. Die Zwischenspeicherung der Einstellung des programmierbaren Frequenzteilers erfolgt im B9, ebenso wie die Umschaltung der Zeitkonstante und der Oszillator-Voreinstellung, die von B8 durchgeführt wird.

4.6. Funktionsbeschreibung Eingangsteil A und Eingangsteil B

Die Eingangsteile A und B sind weitgehend identisch und unterscheiden sich nur durch den ZF-Eichgenerator, der auf der B-Platine zusätzlich untergebracht ist. Deshalb gilt diese Funktionsbeschreibung für beide Platinen, soweit nicht besonders auf Unterschiede hingewiesen wird.

4.6.1. Eingangsverstärker und -Teiler

Das Eingangssignal gelangt von der Eingangsbuchse über ein 75- Ω -Koaxialkabel, über C18 und R67 zum Eingangstransistor T5. Die Dioden GL4 und GL5 dienen als Überspannungsschutz. Der Eingangstransistor arbeitet als Sourcefolger und dient zur Impedanzwandlung von 1 M Ω auf ca 1 k Ω .

Der Ausgang des Impedanzwandlers speist einen kapazitiv kompensierten Spannungsteiler: R25, R26, C22, C23 und C24. Um bei Eingangsspannungen, die größer als 125 mV sind, eine Übersteuerung der nachfolgenden Stufen zu verhindern, schaltet Rs1 und dämpft das Signal um den Faktor 10. Je nach Schalterstellung des Relais Rs1 liegt die Eingangskapazität von T7 parallel zum gesamten Spannungsteiler oder nur parallel zu R26 und belastet so den Ausgang des Impedanzwandlers unterschiedlich. Trotz des geringen Ausgangswiderstandes des Impedanzwandlers kann dies bei hohen Frequenzen zu Phasensprüngen beim Umschalten des Relais führen. Deshalb wird bei Eingangsspannungen, die größer als 125 mV sind, über die Schaltdiode GL6 der Kondensator C65 hinzugeschaltet und so die kapazitive Last des Impedanzwandlers konstant gehalten. Die Diode GL6 wird vom Transistor T6 angesteuert, der gleichzeitig auch das Relais Rs1 treibt. Die Ansteuerung von T6 erfolgt über den Speicher B23, der über das Motherboard von der Zählerplatte aus angesteuert wird.

4.6.2. Mischer

Nach dem Spannungsteiler gelangt das Signal zum Mischer T7 und B2. Im Mischer wird das Signal mit einem um 20 kHz höheren Oszillatorsignal auf eine Zwischenfrequenz von 20 kHz gemischt.

Das Oszillatorsignal durchläuft den Entkopplungsverstärker T8 und gelangt über den Stecker St2 auf die Eingangsteilplatine (ca. 1 V_{SS}) Mit C70 kann die Phase des Oszillatorsignals verändert werden.

Der Mischer besteht aus dem Doppelfet T7 und dem Transistorarray B2. Die Einzeltransistoren des Arrays sind jeweils am Emitter zu Paaren verbunden. Das Oszillatorsignal steuert die Paare so an, daß während der positiven Halbwelle des Oszillatorsignals die eine Hälfte des Transistorpaares leitet, während der negativen Halbwelle die andere. Die Transistorpaare wirken so als Umschalter, die die Drainströme von T7 wechselweise im Takt der Oszillatorfrequenz über R36 oder über R37 leiten. Da die Drainströme von T7 dem Eingangssignal proportional sind, und gegenphasig zueinander sind, erhält man an R36 eine dem Eingangssignal proportionale Spannung, die im Rhythmus der Oszillatorspannung umgepolt wird. An R37 ist das Signal mit entgegengesetzter Phasenlage vorhanden.

Beide Signale enthalten einen Anteil der in Phase und Amplitude dem Eingangssignal entspricht. In den nachfolgenden ZF-Stufen wird dieser Anteil herausgefiltert und dem Grundgerät dann zur Auswertung zugeführt. Die Spannungen an R36 und R37 werden mit B3 verstärkt und gelangen zum Fetschalter B4.

Mit R34 wird die Trägerunterdrückung des Mischers eingestellt. Bei niedrigen Eingangsfrequenzen (kleiner 100 Hz) nähert sich die Oszillator- oder Trägerfrequenz immer mehr der Zwischenfrequenz. Durch Unsymmetrien im Mischer, hauptsächlich in T7, gelangt ein Teil der Oszillatorspannung zum Eingang des ZF-Verstärkers. Je nach Bandbreite des Verstärkers und der Oszillatorfrequenz fällt dieses Störsignal in den Durchlaßbereich des ZF-Verstärkers oder auf die Flanke des ZF-Filters und bewirkt einen zusätzlichen Anteil an der Meßspannung, der wie starkes Eigenrauschen aussieht. Deshalb ist eine gute Unterdrückung des Trägers wichtig.

Die Spule L5, die durch R30 bedämpft wird, kompensiert die parasitäre Kapazität, die zwischen den beiden Sourcen von T7 liegt. Zusammen mit R46 bildet diese Kapazität einen Tiefpaß, der, da er in der Gegenkopplung liegt, einen ansteigenden Frequenzgang verursachen würde.

4.6.3. ZF-Teil

Der Fetschalter B4 schaltet entweder das Meßsignal, das an Anschluß 6, 7 und 8 anliegt, oder ein Signal, das vom ZF-Eichgenerator erzeugt wird (Anschluß 1, 2, 3 von B4), auf den Eingang des ZF-Verstärkers (Anschluß 5 und 15 von B4).

Das Grundgerät enthält ein besonderes Mikroprozessorprogramm, das den Fetschalter B4, den ZF-Eichgenerator, alle in der Verstärkung umschaltbaren ZF-Verstärkerstufen und alle in der Bandbreite umschaltbaren ZF-Filter ansteuert und für alle Stufen Eichwerte aufnimmt, die bei der Meßwertausgabe über das Anzeigefeld oder den IEC-Bus berücksichtigt werden. Diese Fehlerkorrektur des Meßergebnisses kann für Servicezwecke mit der Brücke St.9b ausgeschaltet werden (St.9b auf Masse). Im normalen Meßbetrieb muß St.9b immer auf +5 V stecken!



Normalbetrieb mit
Korrektur

ohne Korrektur
zu Servicezwecken

Für die Stellung des St.9a siehe TESTMODE

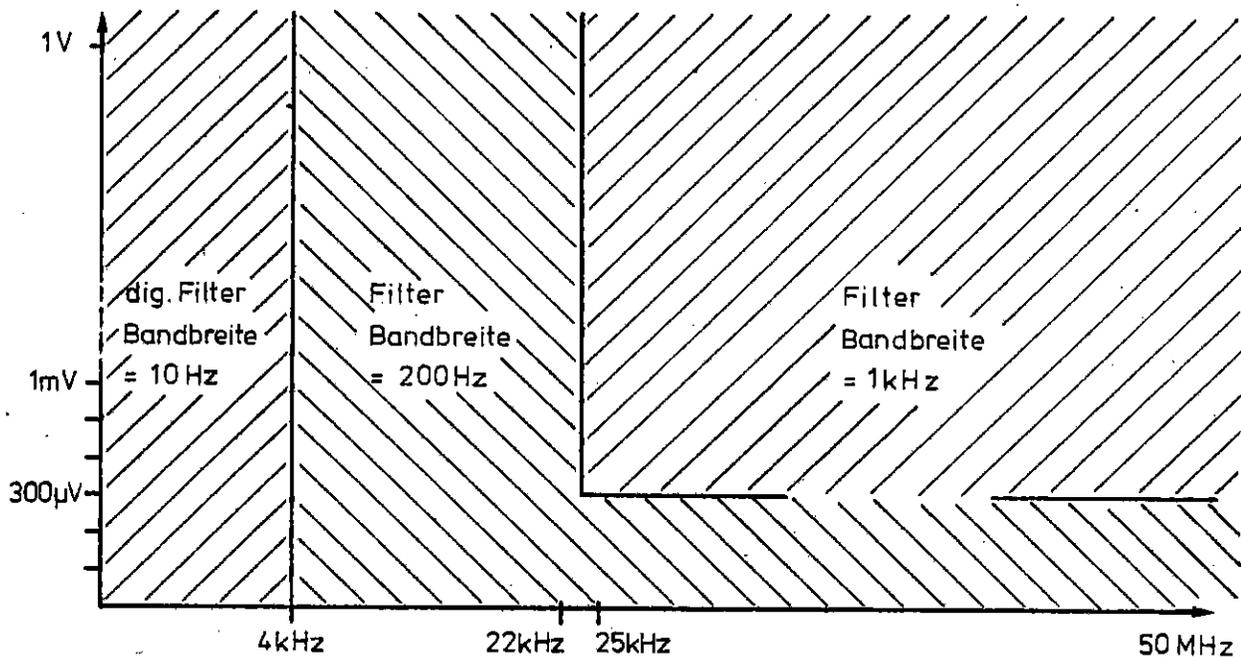


Bild 4-3 Eingeschaltete Bandbreiten des Eingangsteils
A/B in Abhängigkeit von Frequenz und Pegel

Die Spulen L3 und L4 bestimmen mit C39 und C57 die 200-Hz- und die 1-kHz-Bandbreite des ZPV-E1. Die Bausteine B11 und B17 enthalten je einen Fettschalter, der die Anschlüsse 5 und 6 verbinden kann. Ist dieser Schalter geöffnet, so werden die Spulen nur durch die Widerstände R57 und R80 bedämpft und die Bandbreite, die L3 und L4 gemeinsam bewirken, beträgt ca. 200 Hz. Sind die Fettschalter geschlossen, werden die Spulen durch die Parallelschaltung aus R55 und R56 sowie R82 und R86 zusätzlich bedämpft. Die Gesamtbandbreite beträgt dann ca. 1 kHz.

Nach der Spule L3 gelangt das ZF-Signal auf die erste ZF-Verstärkerstufe B5. Mit R66 läßt sich die Gesamtverstärkung eines Meßkanals einstellen. Dann folgen die zweite und die dritte ZF-Verstärkerstufe B6 und B9. Beide Stufen lassen sich in der Verstärkung zwischen 0 dB und 20 dB umschalten. Die Verstärkung der zweiten Stufe ist mit den Widerständen R65 und R64 festgelegt, zum Umschalten dient der zweite Fettschalter aus B11. Die Verstärkung der dritten Stufe bestimmen die Widerstände R93 und R94, als Umschaltelement dient der Fettschalter B10.

Die Kombination aus C41...C56 und den Fettschaltern B13...B16 bildet ein sogenanntes N-Pfadfilter mit einer Bandbreite von ca. 10 Hz. Jeder Kondensator C41...C56 ist mit einem Fettschalter aus B13...B16 verbunden. Ist eine größere Bandbreite als 10 Hz eingeschaltet, so sind alle Fettschalter geöffnet und es kann an den Kondensatoren kein Ladungsaustausch stattfinden, sie beeinflussen daher das Signal nicht. Das ZF-Signal gelangt dann vom Ausgang B9 über R73, R75, über den Verstärker B12, über R81, R83 und den Verstärker B18, über R106, R80 und C40 zum Transistor T10. Der Transistor T10 arbeitet als Sourcefolger und liefert die ZF-Spannung mit niedriger Quellimpedanz über C58 an das Grundgerät.

4.6.4. 10-Hz-N-Pfadfilter

4.6.4.1. Prinzip des N-Pfadfilters

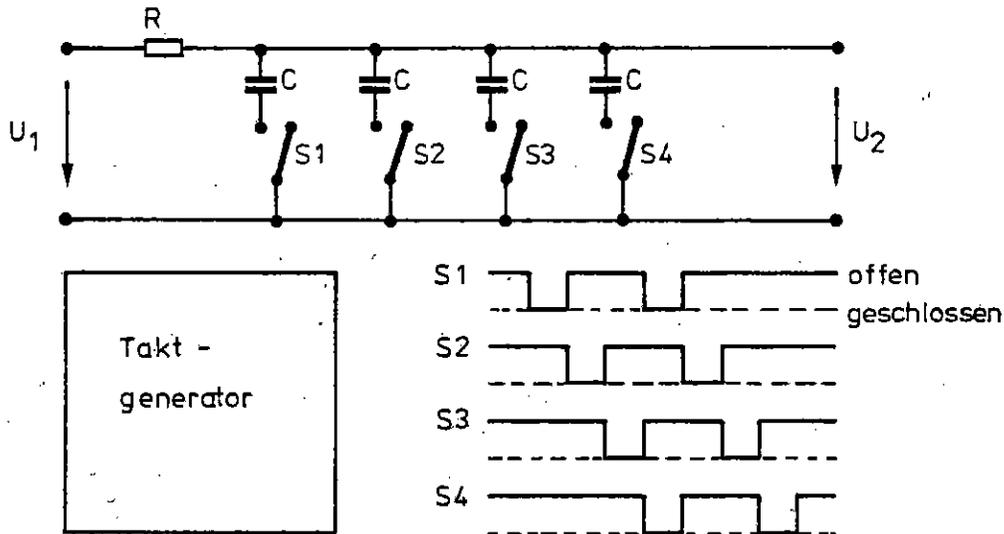


Bild 4-4 Prinzip des N-Pfadfilters

Von den vier Schaltern $S_1 \dots S_4$ wird zyklisch jeweils einer für eine bestimmte Zeit geschlossen. Als Schalter werden Fettschalter eingesetzt, die von einem Vierphasentaktgenerator angesteuert werden. Während der Zeit, in der ein Schalter geöffnet ist, wird der dazuhörige Kondensator über den Widerstand R geladen. Ist die Frequenz der Spannung U_1 gleich der Taktfrequenz so stellt sich nach einer Zeit, die von R und C abhängt, ein eingeschwungener Zustand ein.

Zu dem Zeitpunkt an dem sich ein Schalter öffnet oder schließt hat die Spannung U_1 immer den gleichen Momentanwert und die Kondensatoren brauchen kaum nachgeladen werden. Die Spannung U_2 hat dann einen treppenförmigen Verlauf.

Wenn die Frequenz der Spannung U_1 nicht gleich der Taktfrequenz ist, so tritt kein eingeschwungener Zustand mit treppenförmigem Signalverlauf ein. Der Momentanwert der Spannung U_1 ist beim Öffnen und Schließen desselben Schalters bei jedem Zyklus ein anderer. Die Kondensatoren werden dauernd umgeladen. Durch den Ladestrom entsteht am Widerstand R ein Spannungsabfall, der einer Dämpfung des Signals entspricht. So entsteht ein Bandfilter, das die Signale, deren Frequenz der Taktfrequenz entspricht, durchläßt, alle anderen jedoch unterdrückt.

Beim Entwurf des 10-Hz-Filters wurde von einem aktiven Tiefpaß 2. Ordnung ausgegangen.

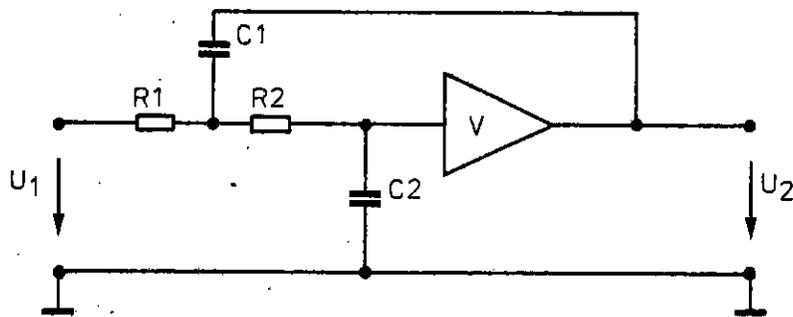


Bild 4-5 Prinzipschaltbild des Tiefpaß 2. Ordnung

Indem die Kondensatoren C_1 und C_2 durch jeweils vier Kondensatoren mit entsprechenden Fettschaltern ersetzt werden, gelangt man durch Anwendung des N-Pfadfilterprinzips zu einem Bandpaß, dessen Mittenfrequenz nur von der Taktfrequenz und dessen Bandbreite nur von R_1 , R_2 , C_1 und C_2 abhängt. Zwei dieser Filter sind hintereinandergeschaltet und bilden so ein Bandpaßfilter 4. Ordnung.

Das erste Filter besteht aus den Bausteinen B13 und B14, die je vier Fettschalter enthalten, den Kondensatoren C41...C48, den Widerständen R73 und R75 sowie dem Verstärker B12.

Das zweite Filter besteht aus B15 und B16, C49...C56, R81 und R83, sowie dem Verstärker B18. Die Verstärkung von B18 ist umschaltbar. Dazu dient ein Fettschalter aus B17, der entweder Anschluß 4 mit Anschluß 1 oder Anschluß 4 mit Anschluß 3 verbindet. Die Verstärkungsumschaltung ist notwendig um die bei N-Pfadfilterbetrieb zusätzlich auftretende Durchgangsdämpfung auszugleichen.

4.6.4.2. Taktgenerator für N-Pfadfilter

Zur Erzeugung des Vierphasentakts wird von einem 80-kHz-Rechtecksignal ausgegangen, das die Zählerplatte liefert. In B20 wird diese Frequenz zweimal durch zwei geteilt, so daß folgende TTL-Signale zur Verfügung stehen.

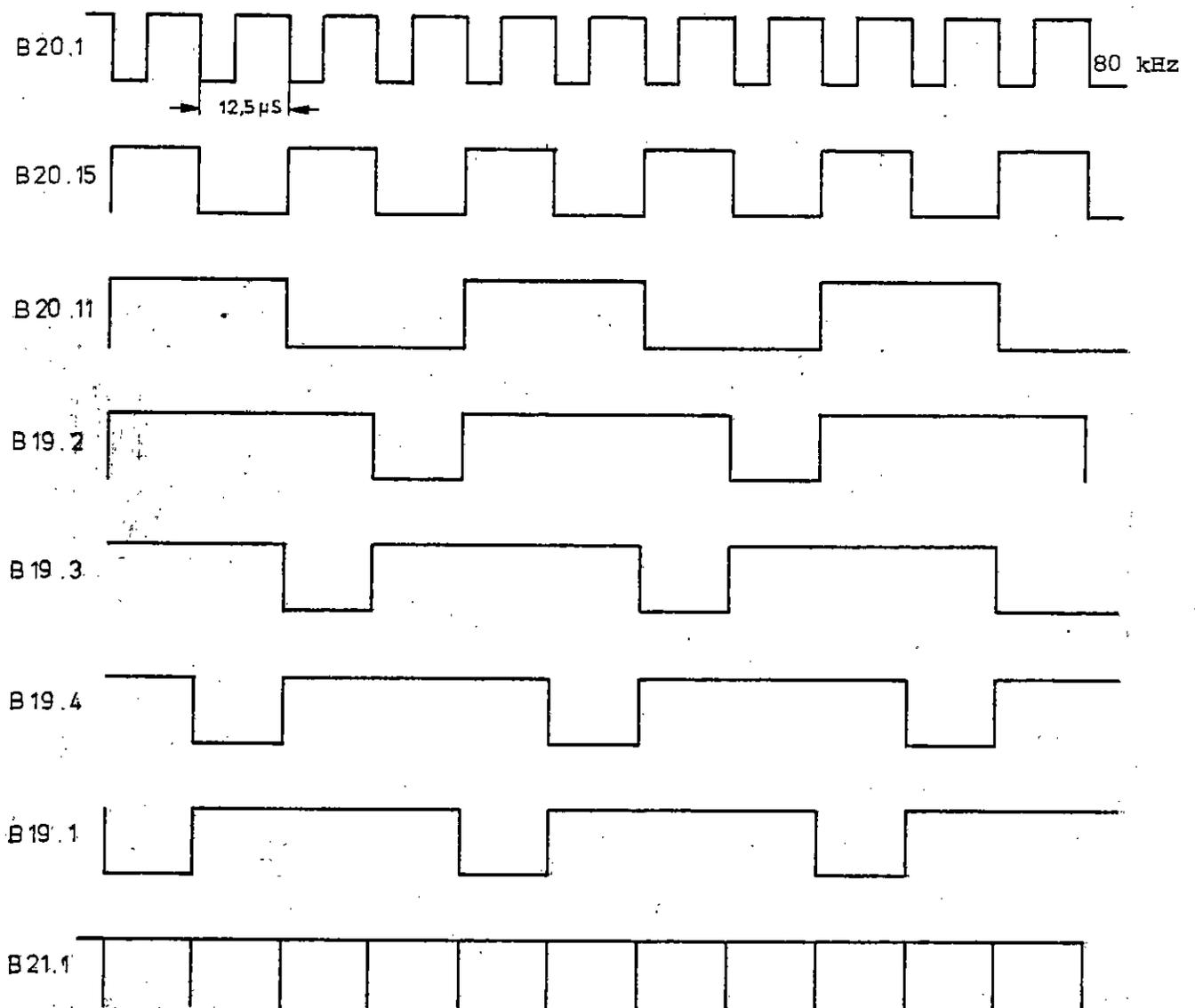


Bild 4-6. TTL-Signale des Taktgenerators

Mit Hilfe des BCD-zu-Dezimal-Decoder B19 wird daraus der Vierphasentakt erzeugt. Mit einem HIGH-Signal an Anschluß 12 und 13 von B19 läßt sich der Decoder unwirksam schalten, so daß alle Fettschalter sperren (Betriebsart 200 Hz oder 1 kHz Bandbreite). Mit einem LOW-Signal an Anschluß 2 von B20 läßt sich die Frequenzteilung durch 2 und 4 ausschalten.

Die einzelnen Impulse des Taktgenerators dürfen sich zeitlich nicht überlappen, da sonst zwei Fettschalter gleichzeitig geschlossen sind und die Kondensatoren sich gegenseitig umladen. Das Monoflop B21 leitet deshalb aus dem 80-kHz-Signal einen Impuls ab, der immer dann wenn am Ausgang von B19 eine Zustandsänderung auftritt, über den Inhibiteingang der Fettschalter (Anschluß 10 von B13, B14, B15, B16) alle Fettschalter kurzzeitig öffnet. Mit einem LOW-Signal an Anschluß 5 von B21 kann diese Impulserzeugung unterdrückt werden.

Ein Teil der Ansteuersignale der Fettschalter gelangt über die Gate-Drain-Kapazität der Fettschalter in den Nutzsignalweg. Dies täuscht ein Meßsignal vor, obwohl am Eingang des Einschubs nichts eingespeist wird. Über die Potentiometer R68 und R69 und über C27 und C28 wird in den Nutzsignalweg eine Korrekturspannung eingespeist, die das Übersprechen von den Ansteuersignalen ausgleicht.

4.6.5. Spannungsversorgung

Die Eingangsteilplatinen benötigen folgende Versorgungsspannungen: +15 V, -15 V, +5 V. Die B-Platine benötigt zusätzlich noch -5 V, die die Zenerdiode GL12 erzeugt. Von außen werden der Platine +20 V, -20 V und +5 V zugeführt. Aus den 20 V Versorgungsspannungen wird mit dem Dualspannungsregler B22 die 15 V Spannung erzeugt. Für die Bausteine B19...B21 wird wegen des relativ hohen Stromverbrauchs die 5-V-Versorgungsspannung von außen zugeführt.

Alle anderen 5-V-Verbraucher erhalten eine besonders störungsarme Betriebsspannung, die mit T11 und GL17 aus +20 V erzeugt wird.

4.6.6. ZF-Eichgenerator

Die B-Platine enthält zusätzlich den ZF-Eichgenerator. Vom Anschluß 10 des Bausteins B20 gelangt ein 20-kHz-Rechtecksignal zu T1. Der Ausgang von T1 speist die Spannungsteiler R7...R10 und R11...R13 und R95. Mit Hilfe der 4:1-Multiplexer B24 und B25 wird ein Anzapf des Spannungsteilers ausgewählt und auf den Entkoppelerverstärker B1 geleitet. Vom Ausgang des Entkoppelerverstärkers gelangt das Eichsignal dann zu dem Fettschalter B4 auf der Eingangsteil A- bzw. B-Platine. Über den Baustein B8 werden die Multiplexer B24 und B25 von der Zählerplatte aus angesteuert und damit die Amplitude des Eichsignals eingestellt. Mit dem Transistor T2 läßt sich der Eichgenerator abschalten, wenn das normale Meßprogramm abläuft.

5. Instandsetzung

5.1. Erforderliche Meßgeräte und Hilfsmittel

Pos.	o Geräteart, erforderliche Daten ● Empfohlenes R&S-Gerät	Typ	Bestell-Nr.
1	o Meßsender, 10 Hz...50 MHz 2 V/50 Ω ● AM-FM-Meßsender 10 kHz...130 MHz mit eingebautem 2-Watt-Verstärker (SMLH-B3) ● Präzisions-NF-Generator 0,01 Hz...120 kHz	SMUV SSN	301.0120.57 204.8014.52
2	o Programmierbare Eichleitung 0...50 MHz/0...100 dB ● Programmierbare Eichleitung	DPVP	214.8017.55
3	o Eichleitung mit dämpfungsun- abhängiger elektrischer Länge 0...50 MHz/0...100 dB ● UHF-Eichleitung	DPU	100.8960.55
4	o Leistungsmesser 10 Hz...50 MHz ● Termischer Leistungsmesser mit Meßkopf 50 Ω	NRS NRS-Z	100.2433.92 100.2440.05
5	● Einspeisung	ZPV-Z2	292.2913.50
6	● Meßkabelpaar	ZPV-Z4	335.1012.50
7	● BNC-Durchführungsabschluß	RAD	289.8966
8	● BNC-T-Stück		017.6588.00

Pos.	o Geräteart, erforderliche Daten ● Empfohlenes R&S-Gerät	Typ	Bestell-Nr.
9	o Dämpfungsglieder 50 Ω 60 dB/20 dB ● BNC-Dämpfungsglied 6 dB 20 dB	DSF DSF	289.8814 591.4338
10	o Frequenzzähler 10 MHz 1.10 ⁻⁶ genau		
11	o Zweistrahloszillograph 0...50 MHz		
12	o Spektrumanalysator 10 Hz...50 MHz		
13	o HF-Voltmeter 0,1...1000 MHz ● Millivoltmeter	URV 4	292.5012.02
14	o Digitalvoltmeter 10 Hz...20 kHz, Fehler <0,5 %		
15	● Abschlußwiderstand 50 Ω	RNA	272.4510.50

5.1.1. Fehlersuche

Um einen Defekt im Einschub ZPV-E1 zu finden, können die Testprogramme (Abschnitt 5.2), die das Mikroprozessorprogramm enthält, benutzt werden. Fehler, die nur bei 10 Hz Bandbreite, die bei Eingangsfrequenzen kleiner 3 kHz automatisch eingeschaltet ist, auftreten, werden meist durch einen Defekt in der Impulserzeugung für das N-Pfadfilter verursacht. Fehler, die nur unterhalb 20 kHz auftreten und nicht oberhalb 25 kHz oder umgekehrt, haben meist einen Defekt auf der Oszillatorplatine oder der Zählerplatine als Ursache. Eine Überprüfung des ZF-Teils erfolgt am besten mit den Testprogrammen und einem Oszillographen am ZF-Ausgang an der Rückseite des ZPV-Grundgerätes. Dazu muß allerdings der Impulsgenerator für das N-Pfadfilter funktionieren, da er das 20-kHz-Signal zum Ansteuern der Verstärker liefert.

Zur Reparatur öffnet man den Einschub und steckt die Platine, auf der der Fehler vermutet wird, auf die Adapterplatine und verfolgt anhand des Stromlaufes und der Funktionsbeschreibung das Eingangssignal von der Eingangsbuchse her mit dem Oszillographen.

5.1.2. Öffnen des Einschubs

Zum Öffnen des Einschubs entfernt man die beiden Schrauben auf dem Deckel. Anschließend löst man die Steckverbindung des Flachbandkabels, das zur Frontplatte führt. Nach Herausdrehen der vier Schrauben, die sich an den beiden Einschubseiten befinden, kann man die Frontplatte vorziehen und, nachdem man die drei Koaxialverbindungen zu den Platinen gelöst hat, die Frontplatte entfernen. Mit Hilfe des Platinaausziehers, der an der Rückseite des Einschubs befestigt ist, kann man die Platinen herausziehen. Dabei soll man vorsichtig vorgehen, um die empfindlichen Massekontaktfedern an den Platinenkanten nicht zu verbiegen. Besonders achte man auch auf die drei Koaxialkabel, die von der Oszillatorplatine wegführen.

5.2. Prüfung und Abgleich mit dem TESTMODE

Da der Einschub ZPV-E1 einen Frequenzzähler sowie einen programmierbaren Synthesizer enthält, kann er viele seiner Baugruppen selbst testen. Dafür ist ein sog. TESTMODE vorhanden, der mit dem Prüfen des Frequenzzählers beginnt. Falls dieser in Ordnung ist, können anschließend der Oszillator, der Synthesizer sowie Teile der Phasenregelung und des Eingangsteiles A/B geprüft werden.

Bei dem TESTMODE erscheint im Grundgerät an der linken Anzeige ein Symbol für die Baugruppe, die getestet wird:

ZAE = Frequenzzähler
OSZ = Oszillator
SYN = Synthesizer
REG = Regelung
ZVA = ZF-Verstärker (Eingangsteil A/B)

In der rechten Anzeige erscheint:

RRR = Richtig (Baugruppe in Ordnung)
??? = Falsch (Baugruppe nicht in Ordnung)

.... MHz = Frequenz MHz
01...03 = für verschiedene Testschritte der Baugruppe

Der TESTMODE wird folgendermaßen eingeschaltet:

- a) ZPV ausschalten
- b) Öffnen des Einschubs (Abschnitt 5.1.2), Flachbandkabel nicht von der Zählerplatine lösen.
- c) Stecker St.9a auf der Zählerplatte auf +5 V stecken (Bild 5-1).

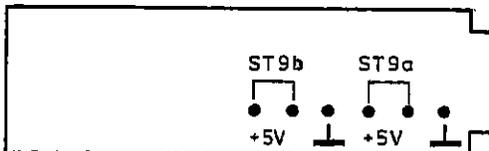


Bild 5-1 Zählerplatte Bauteilseite

Achtung: Keinen Jumper so stecken, daß St.9a mit St.9b verbunden wird, sonst gibt es Kurzschluß zwischen +5 V und Masse!

- d) ZPV einschalten
- e) TESTMODE durch Drücken der Taste 2 A-Ux10 weiterschalten
- f) Ein Aussteigen aus dem Testprogramm in das normale Programm ist mit der Taste 3 B-Ux10 möglich.
- g) Nach Beendigung des Testes muß St.9a wieder auf normal (Masse) gesteckt werden.

5.2.1. Zählertest

Mit Oszillographentastkopf SYNC.-Buchse und Zählerplatte B7, Pin 5 (1 kHz) verbinden. Die 1 kHz werden vom Frequenzzähler gezählt und damit die Funktion überprüft.

ZPV-Anzeige

Taste 2 (A-Ux10) drücken

ZAE RRR (???)

Taste 2 (A-Ux10) drücken

Mit diesem Testschritt kann die Empfindlichkeit des Zählers über den ganzen Frequenzbereich gemessen werden. Wird mit einem Meßsender ein Signal 10 kHz...50 MHz in den SYNC.-Eingang eingespeist, muß mindestens ab einem Pegel von 10 mV_{eff} die richtige Frequenz am Display angezeigt werden.

ZAE XX.XX MHz

Taste 2 (A-Ux10) drücken

5.2.2. Oszillatortest

Kabel K6, K7 oder K8 von der Oszillatorplatte an den SYNC.-Eingang des Zählers anschließen. Dieses Kabel muß bis Beendigung des Synthesizertestes dort bleiben.

Untere Frequenzgrenze des Oszillators mit R59 (Oszillatorplatte) auf ca. 19 MHz abgleichen.

OSZ 19.00 MHz

Taste 2 (A-Ux10) drücken

Obere Frequenzgrenze des Oszillators von ca. 52 MHz überprüfen.

OSZ 52.00 MHz

Taste 2 (A-Ux10) drücken

Teilverhältnis des Oszillators
(B17, B20) auf der Oszillatorplati-
ne prüfen.

$f_0/2$ OSZ 26.00 MHz

Die angezeigte Frequenz muß immer
ungefähr die Hälfte der vorherge-
henden betragen.

Taste <u>2</u> drücken	$f_0/4$	OSZ	13.00 MHz
"	$f_0/8$	OSZ	6.50 MHz
"	$f_0/16$	OSZ	3.25 MHz
"	$f_0/32$	OSZ	1.63 MHz
"	$f_0/64$	OSZ	0.81 MHz
"	$f_0/128$	OSZ	0.40 MHz
"	$f_0/256$	OSZ	0.20 MHz
"	$f_0/512$	OSZ	0.10 MHz
"	$f_0/1024$	OSZ	0.05 MHz

5.2.3. Synthesizertest

Mit den folgenden 19 Testschritten
wird der Synthesizer nach Tab. 5-1
eingestellt und anschließend seine
Frequenz gemessen. Stimmt die ge-
messene Frequenz mit dem Sollwert
überein, wird am Display "RRR" aus-
gegeben, falls nicht, "???". Da-
durch, daß bei zwei aufeinanderfol-
genden Einstellungen nur ein bit
verändert wird, kann ein Fehler im
Synthesizer leicht lokalisiert wer-
den

SYN 00

Achtung: Voraussetzung für den Syn-
thesizertest ist, daß der Zähler
richtig funktioniert!

Taste <u>2</u> (A-Ux10) drücken	SYN	01
"	SYN	02
"	.	.
"	.	.
"	.	.
"	SYN	19

Tabelle 5-1

Testschritt	Einstellwert δ Synthesizer (hexadezimal)			Zum Einstellwert gehörige Synthesizer-Frequenz $f = \frac{\delta \cdot 2 \text{ MHz}}{2^{24}}$
	B25	B26	B31	
0	01	00	01H	7812,6 kHz
1	01	00	02H	7812,7 kHz
2	01	00	04H	7813,0 kHz
3	01	00	08H	7813,5 kHz
4	01	00	10H	7814,4 kHz
5	01	00	20H	7816,3 kHz
6	01	00	40H	7820,1 kHz
7	01	00	80H	7827,8 kHz
8	01	01	00H	7843,0 kHz
9	01	02	00H	7873,5 kHz
10	01	04	00H	7934,6 kHz
11	01	08	00H	8056,6 kHz
12	01	10	00H	8300,8 kHz
13	01	20	00H	8789,1 kHz
14	01	40	01H	9765,7 kHz
15	01	80	02H	11719,0 kHz
16	01	00	04H	7813,0 kHz
17	02	00	00H	15625,0 kHz
18	04	00	00H	31250,0 kHz
19	08	00	00H	62500,0 kHz

5.2.4. Phasenregelung

Mit den folgenden Testschritten können einige Teile der Regelung abgeglichen werden.

ZPV-Anzeige

- a) Der Synthesizer wird auf 20 kHz eingestellt. Am SYNC.-Eingang darf kein Signal anliegen. Das Kabel K6 muß wieder auf der Zählerplatte befestigt werden.

REG 01

Das 1-kHz-Filter auf der Zählerplatte abgleichen, Trägerunterdrückung des SYNC.-Mischers abgleichen (Abschn. 5.4).

Taste 2 drücken

- b) Der Synthesizer wird auf 33 kHz eingestellt. Eingangsfrequenzunterdrückung des SYNC.-Mischers abgleichen (Abschn. 5.4).

REG 02

Taste 2 drücken

- c) Der Synthesizer wird auf 45 kHz eingestellt. Zeitkonstante der Phasenregelung abgleichen (Abschnitt 5.4).

REG 03

5.2.5. Eingangsteil A/B

Die folgenden Testschritte prüfen die Verstärker der Eingangsteil-A/B-Platinen. Dazu sind die Ausgänge ZFA und ZFB des Grundgerätes mit einem Zweistrahloszillographen zu messen. Es müssen ungefähr folgende Spannungen gemessen werden:

Taste <u>2</u> drücken	10 mV _{SS} (V = 0 dB) ZVA	01
"	100 mV _{SS} (V = 20 dB) ZVA	02
"	1 V _{SS} (V = 40 dB) ZVA	03

Durch diesen letzten Tastendruck wird der TESTMODE beendet und das Programm normal fortgesetzt.

Falls das Testprogramm nicht mehr benötigt wird, bitte nicht vergessen, den Stecker 9a wieder in die ursprüngliche Stellung zurückzusetzen !

5.3. Instandsetzung Zählerplatte

5.3.1. Quarzoszillator prüfen

Am St.8 bzw. B13.4 ist mit einem Frequenzzähler das 10 MHz TTL-Signal zu überprüfen und eventuell mit C55 auf 10 MHz ± 100 Hz abzugleichen.

Mit einem Oszillographen sind folgende TTL-Signale zu prüfen:

B13.7	2 MHz
B12.9	80 kHz
B13.12	10 kHz
B7.5	1 kHz
B7.3	10 MHz

5.3.2. Frequenzzähler-Vorverstärker prüfen

B23 entfernen, damit das Tiefpaßfilter R7/C4/T3 nicht vom Mikroprozessor eingeschaltet werden kann. Am SYNC.-Eingang mit Meßsender ein Signal mit 7 mV Pegel einspeisen.

Für beliebige Frequenzen zwischen 10 Hz und 50 MHz muß an St.4 ein TTL-Signal der eingespeisten Frequenz gemessen werden können.

Anmerkung: Die Empfindlichkeit des Zählervorverstärkers kann auch mit dem TESTMODE überprüft werden (Abschnitt 5.2.1).

5.3.3. Digitale Sektion des Zählers prüfen

Einmal pro Meßablauf gelangt das von B5 nach Tabelle 5-1 geteilte Eingangssignal auf den Ausgang des Multiplexers B6.5.

Weiterhin kann für Eingangsfrequenzen >25 kHz am Multiplexer B6.3 die ungeteilte Oszillatorfrequenz gemessen werden.

Für alle Eingangsfrequenzen f_e muß an B3.10 die Frequenz f_e+20 kHz gemessen werden können.

Die Prüfung der Zählerkette B15...B17 geschieht folgendermaßen: Am SYNC.-Eingang eine Frequenz von 6 Hz, ca. 100 mV_{eff} einspeisen. Für die Dauer von 167 ms muß dann an der Zählerkette

B15.5	(QA)	die Frequenz	10	MHz
B15.9	(QB)	" "	5	MHz
B15.2	(QC)	" "	2,5	MHz
B15.12	(QD)	" "	1,25	MHz
B16.9	(O1)	" "	.	.
			.	.
B16.1	(O12)			
B17.12	(O0)			

usw. jeweils das halbierte vorhergehende Signal periodisch anliegen.

Liegt einer dieser Ausgänge konstant auf festem Potential ist entweder einer der Zählerbausteine B15...B17 oder einer der Datenbus-treiber B18...B20 defekt.

5.4. Instandsetzung der Synchronisation

Vorbereitung:

Einschub ZPV-E1 in das Grundgerät ZPV einsetzen und die Oszillatorplatte über die Adapterplatte anschließen. Auf der Zählerplatte den St.9a auf +5 V umstecken, wodurch das Testprogramm eingeschaltet wird. Die Frontplatte mit der Zählerplatte verbinden. Das Kabel K6 von der Oszillatorplatte am Eingang der Zählerplatte (St. 1) anschließen. TESTMODE bis Abschnitt 5.2.4 durchschalten.

Nach dem durchgeführten Test des Oszillators (OSZ) und Synthesizers (SYN) wird der Eingangsteil der Phasenregelung an der Zählerplatte abgeglichen. Dieser Abschnitt ist im ZPV-Anzeigefeld mit REG 01 signalisiert. Das Überlagerungssignal von der Oszillatorplatte (K6) dem Mischer an der Zählerplatte (St.3) zuführen. Oszilloskop am St.6 an der Zählerplatte anschließen. Trimpotentiometer R60 auf

linken oder rechten Anschlag drehen. Durch diese Maßnahme wird die Unterdrückung des vom Rechner auf 20 kHz eingestellten Signales stark vermindert. Die Spule L2 auf das Maximum (20 kHz) nach dem Oszilloskop abgleichen. Anschließend mit R60 die beste Unterdrückung des Überlagerungssignales nach dem Oszilloskop am St.6 (Minimum) abgleichen.

Nach weiterem Betätigen der Taste 2 "A-Ux10" an der Frontplatte wird REG 02 angezeigt. Am SYNC.-Eingang der Zählerplatte vom Meßsender 20 kHz mit einer Amplitude von 100 mV einspeisen. Die Überlagerungsfrequenz wurde vom Rechner auf 33 kHz eingestellt. Oszilloskop auf das 13-kHz-Signal am St.6 an der Zählerplatte synchronisieren und R61 auf das Minimum der Störmodulation abgleichen.

Im weiteren Testschritt (REG 03) wird die Oszillatorfrequenz (Synthesizerbereich) vom Rechner auf 45 kHz eingestellt und das Bandpaßfilter L2-C41 an der Zählerplatte ausgeschaltet. Die Meßsenderfrequenz auf 65 kHz mit einer Amplitude von 100 mV einstellen. Am Ausgang des B2.8 und B2.11 muß das begrenzte 20-kHz-Signal mit einer Amplitude von ca. 250 mV_{VSS} vorhanden sein. Am B4.3 muß das ZF-Signal mit der doppelten Frequenz und einer Amplitude von min. 2,5 V_{VSS}, am B4.14 das 40-kHz-Referenzsignal mit einer Amplitude von min. 3 V_{VSS} vorhanden sein. Am Ausgang des aktiven Bandpasses B3.12 muß die Amplitude 3,5 V_{VSS} erreichen. Zweikanaloszilloskop am B3.10 und St.2 anschließen. Die Senderfrequenz von 65 kHz bis ca. 46 kHz verändern, bis die Gleichspannung am B3.10 positiv wird. Dies soll bei einer Frequenz unterhalb 54 kHz erfolgen und die Spannung am St.2 darf sich nicht um mehr als 0,3 V verändern.

Nach dem durchgeführten Abgleich der Zählerplatte den St.9a wieder in die Ursprungsstellung umstecken (nur bei ausgeschaltetem Gerät). Das Gerät wieder einschalten. Vom Meßsender ein Signal mit einer Frequenz von 50 kHz und Amplitude von 100 mV am SYNC.-Eingang einspeisen. Am St.6 der Zählerplatte muß das umgesetzte 20-kHz-Signal mit einem Oszilloskop nachweisbar sein.

Den Spektrumanalysator über einen hochohmigen Tastkopf am B14.1 anschließen. Darstellungsfrequenzbereich von ca. 19 kHz...41 kHz einstellen. Der nachweisbare Pegel soll min. 1 µV betragen. L6 auf maximale Unterdrückung des 40-kHz- und L5 auf maximale Unterdrückung des 20-kHz-Signals abgleichen.

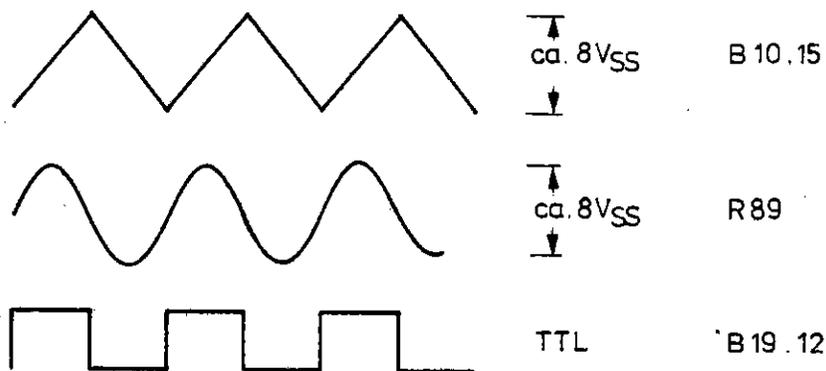
Am SYNC.-Eingang ein Signal von ca. 100 mV und Frequenz von 40 MHz einspeisen. Den Spektrumanalysator am St.6 an der Zählerplatte anschließen. Mit R88 an der Oszillatorplatte eine optimale Rauschunterdrückung in der 20-kHz-Nähe einstellen. Diese Einstellung kann ebenfalls am Ausgang der Oszillatorplatte (K7 bzw. K8) bei 40,02 MHz durchgeführt werden.

5.5. Digitale Schnittstelle zum Mikroprozessor

Die digitale Schnittstelle zum Mikroprozessor kann nur mit der Signaturanalyse (siehe auch Beschreibung zum Grundgerät) überprüft werden. Dabei müssen an den zu prüfenden Bausteinen die Signaturen der Strömläufe mit den gemessenen Signaturen übereinstimmen.

5.6. Instandsetzung des digitalen Synthesizers

Bei richtiger Funktion des Synthesizers müssen am Ausgang folgende Signale gemessen werden können:



5.7. Abgleichanweisung Eingangsteil A/B

Nach größeren Reparaturen ist meist ein Neuabgleich des Einschubs nötig.

5.7.1. Mischersymmetrie (Signalunterdrückung bei 20 kHz)

Bei einer Eingangsfrequenz von 20 kHz beträgt die Oszillatorfrequenz 40 kHz und die Zwischenfrequenz ergibt sich aus der Differenzfrequenz, die beim Mischen beider Signale entsteht. Gleichzeitig gelangt ein Teil des Eingangssignals, das bei diesem Sonderfall gleiche Frequenz wie die Zwischenfrequenz hat, in den ZF-Verstärker. Damit dieses Signal keinen Meßfehler verursacht, muß das Eingangssignal durch ausreichende Mischersymmetrie so stark unterdrückt werden, daß es am Ausgang des Mixers nicht mehr stört. Die Signalsymmetrie des Mixers wird mit dem Widerstand R36 eingestellt, da die Signalunterdrückung fast nur vom Gleichspannungsanteil (Tastverhältnis) des Oszillatorsignals abhängt.

Es läßt sich eine Signalunterdrückung von 60 dB erzielen. Am einfachsten wird sie auf folgende Art gemessen:

In den Meßeingang 1 oder 8 ein 20 kHz Signal einspeisen (ca. 50 mV). In den SYNC.-Eingang 7 ebenfalls 20 kHz einspeisen, die automatische Amplitudenbereichswahl blockieren und am ZF-Ausgang an der Geräterückseite selektiv bei 20 kHz die Spannung messen.

Dann am SYNC.-Eingang die Frequenz auf 22 kHz verändern und wieder am ZF-Ausgang selektiv bei 20 kHz die Spannung messen. Das zweite Meßergebnis soll um 60 dB (mindestens aber 50 dB) kleiner sein.

5.7.2. Mischersymmetrie (Trägerunterdrückung)

Ähnlich wie unter 5.7.1 gelangt bei niedrigen Eingangsfrequenzen (kleiner 100 Hz) ein Rest der Oszillatorspannung über den Mischer in die ZF-Verstärker. Durch Abgleich der Trägerunterdrückung mit R34 wird der Trägerrest auf ein Minimum unterdrückt, das sich auch durch einen Rückgang des Eigenrauschens bei 10 Hz zeigt. Der Abgleich erfolgt am besten mit einem empfindlichen Oszillographen den man an St.4 bei der B-Platine (St.9 bei A) anschließt (1:1-Tastkopf verwenden). Die Triggerung erfolgt dabei auf das Oszillatorsignal (St.2). Das anfänglich sichtbare Rechtecksignal wird durch Abgleich mit R34 so lange verkleinert bis nur noch ein waagerechter Strich sichtbar ist. Die Frequenz am SYNC.-Eingang 7 soll dabei kleiner 100 Hz sein und in die Meßeingänge darf kein Signal eingespeist werden.

5.7.3. Schwingkreise

Die Spulen L3 und L4 werden bei einer Eingangsfrequenz des Einschubs zwischen 6 und 20 kHz bei einem Pegel von ca. 50 mV auf maximale Amplitudenanzeige am ZPV abgeglichen.

5.7.4. N-Pfadfilter

Bei einer Frequenz von 1 kHz am SYNC.-Eingang 7 und einem Signal von 50 mV/1 kHz am Meßeingang 1/8 wird die Amplitudenbereichautomatik blockiert. Dann wird das Signal vom Meßeingang weggenommen und wechselweise mit R68 und R69 auf Minimum am ZF-Ausgang abgeglichen. Mit eingeschalteter Amplitudenbereichsautomatik muß das Eigenrauschen zwischen 50 Hz und 3 kHz unter 3 μ V liegen. Die Messung erfolgt selektiv am ZF-Ausgang.

5.7.5. Grundverstärkung

Mit R66 wird die Grundverstärkung des Einschubs eingestellt. Dazu wird bei 100 kHz exakt 50 mV in die Messeingänge 1 oder 8 eingespeist und mit R66 die Amplitudenanzeige auf 50 mV abgeglichen.

5.7.6. Absolutfrequenzgang

Der Frequenzgang wird mit der Spule L5 abgeglichen. Die Meßbedingungen sind die gleichen wie bei der Überprüfung der Solleigenschaften (Abschnitt 3.2.1).

5.7.7. Differenzfrequenzgang

Es gelten die gleichen Meßbedingungen wie bei der Überprüfung der Solleigenschaften (Abschnitt 3.2.2). Da die Forderungen an den Differenzfrequenzgang schärfer sind als an den Absolutfrequenzgang werden die beiden Meßkanäle durch Abgleich mit L5 einander angeglichen.

5.7.8. Phasengang

Der Phasengang läßt sich mit dem Kondensator C70 beeinflussen. Es wird der Meßaufbau wie bei der Überprüfung der Solleigenschaften (Abschnitt 3.2.3) verwendet und auf minimalen Phasengang abgeglichen.

5.7.9. 20-dB-Vorteiler

Meßaufbau wie bei Überprüfung für pegelabhängige Phasenfehler (Abschnitt 3.2.4) verwenden. Meßfrequenz 45 MHz wählen. Pegel mit der Eichleitung zwischen 50 mV und 500 mV umschalten. Mit C24 die Anzeigenänderung auf 20 dB einstellen. Dabei darauf achten, daß die im Datenblatt angegebenen Werte hinsichtlich pegelabhängiger Phasenfehler eingehalten werden. Anschließend Ergebnis bei anderen Frequenzen überprüfen.