BESCHREIBUNG

PANORAMAZUSATZ

Type ESUP BN 1500211

ENGLISH INSTRUCTION BOOK
see page 45

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

Ausgabe 1500211 A/767 d/e
Printed in Western Germany

Inhaltsverzeichnis

1. Eigenschaften 3

2. Anwendung 6

2.1. Hilfe bei der Empfängerabstimmung 7
2.2. Modulationsgradmessung, Stör-FM 8
2.3. Messung des Modulationsklirrfaktors 9
2.4. Messung des Modulationsindex, Einstellen des Frequenzhubes 10
2.5. Stör-Amplitudenmodulation bei FM 11
2.6. Intermodulation 11
2.7. Kontrolle der Bandbelegung 13

3. Bedienung 14

3.1. Anschließen 14
3.2. Einstellen des Empfangspegels und der Bildhöhe 15
3.3. Einblenden von Frequenzmarken, Auflösung 16
3.4. Ausmessen von Pegelunterschieden 17
3.5. Erweiterung des Darstellbereiches 18

4. Wirkungsweise 20

4.1. Übersicht über die Wirkungsweise 20
4.2. Einzelheiten der Wirkungsweise 21
4.2.1. Weg und Verarbeitung des Eingangssignals 21
4.2.2. Oszillator 24
4.2.3. Sägezahngenerator 27
4.2.4. Pegellinie 27
4.2.5. Frequenzmarken 28
4.2.6. Netzteil 28

5. Wartung 30

6. Schaltteilliste 31

Bild 9. Bessel-Funktionen 87
Bild 10. Frontansicht 89
Bild 11. Teilansicht von oben 91

Blockschaltbild 93

Stromlauf Teil 1 95
Stromlauf Teil 2 97

Positionierungsplan Teil 1 99
Positionierungsplan Teil 2 101
Positionierungsplan Teil 3 103
Positionierungsplan Teil 4 105
Positionierungsplan Teil 5 107
Positionierungsplan Teil 6 109

1. Eigenschaften

Eingangs-Mittenfrequenz	21,4 MHz	
	Stellung des Schalters „Auflösung"	
	3 kHz	10 kHz
Darstellbarer Frequenzbereich . . . . . (im Werk eingestellt)	±0,1 MHz	±0,5 MHz
Dieser Bereich kann durch interne Einstellung erweitert werden auf maximal	±0,2 MHz	±1 MHz
Auflösung		
Kleinster Frequenzabstand zweier Signale, bei dem sie noch getrennt wahrnehmbar sind		
a) bei gleichem Pegel	3 kHz	10 kHz
b) bei 50 dB Pegelunterschied	6 kHz	20 kHz
Auswertbarer Eingangsspannungsbereich . .	1 µV . . . 3 V	
Meßeingang	umrüstbare HF-Buchse 4/13 (DIN 47284) unsymmetrisch, geerdet, gleichspannungsfrei	
Eingangswiderstand	etwa 60 Ω	
Höchste zulässige Eingangsspannung	3 V_{eff}	
Darstellbereich der Sichtanzeige	etwa 70 dB	
Meßbereich der Pegellinie	60 dB	
Intermodulationsabstand bei zwei gleich großen Signalen	≧ 60 dB bei Signal/Eigenrauschen ≦ 60 dB	
Messung von Pegelunterschieden	durch definiert verstellbare, eingeblendete Pegellinie	

Inhaltsverzeichnis

1. Eigenschaften 3

2. Anwendung 6

2.1. Hilfe bei der Empfängerabstimmung 7
2.2. Modulationsgradmessung, Stör-FM 8
2.3. Messung des Modulationsklirrfaktors 9
2.4. Messung des Modulationsindex, Einstellen des Frequenzhubes 10
2.5. Stör-Amplitudenmodulation bei FM 11
2.6. Intermodulation 11
2.7. Kontrolle der Bandbelegung 13

3. Bedienung 14

3.1. Anschließen 14
3.2. Einstellen des Empfangspegels und der Bildhöhe 15
3.3. Einblenden von Frequenzmarken, Auflösung 16
3.4. Ausmessen von Pegelunterschieden 17
3.5. Erweiterung des Darstellbereiches 18

4. Wirkungsweise 20

4.1. Übersicht über die Wirkungsweise 20
4.2. Einzelheiten der Wirkungsweise 21
4.2.1. Weg und Verarbeitung des Eingangssignals 21
4.2.2. Oszillator 24
4.2.3. Sägezahngenerator 27
4.2.4. Pegellinie 27
4.2.5. Frequenzmarken 28
4.2.6. Netzteil 28

5. Wartung 30

6. Schaltteilliste 31

Bild 9. Bessel-Funktionen 87
Bild 10. Frontansicht 89
Bild 11. Teilansicht von oben 91

Blockschaltbild 93

Stromlauf Teil 1 95
Stromlauf Teil 2 97

Positionierungsplan Teil 1 99
Positionierungsplan Teil 2 101
Positionierungsplan Teil 3 103
Positionierungsplan Teil 4 105
Positionierungsplan Teil 5 107
Positionierungsplan Teil 6 109

Netzbetrieb	115/125/220/235 V –15 . . . +10%, 40 . . . 400 Hz
Leistungsaufnahme	etwa 24 VA
Batteriebetrieb	12/24 V ±10%; Schutz gegen falsche Polung eingebaut
Leistungsaufnahme	etwa 17 W
Zulässiger Bereich der Umgebungstemperatur	+10 °C . . . +45 °C
Bestückung	
Katodenstrahlröhre	D 7 – 15 GL oder DN 7 – 18
Transistoren	24 x AF 178 11 x ASY 77 2 x BSY 52 3 x AD 132/IV 5 x ASY 29
Abmessungen (B x H x T)	430 x 110 x 437 mm Gerät im Leichtmetallkasten mit Deckel
Gewicht	10 kg (einschließlich Leichtmetallkasten mit Deckel)

Mitgeliefertes Zubehör (im Preis einbegriffen)

Netzkabel	15001 – 4.42
Batteriekabel	15001 – 4.43

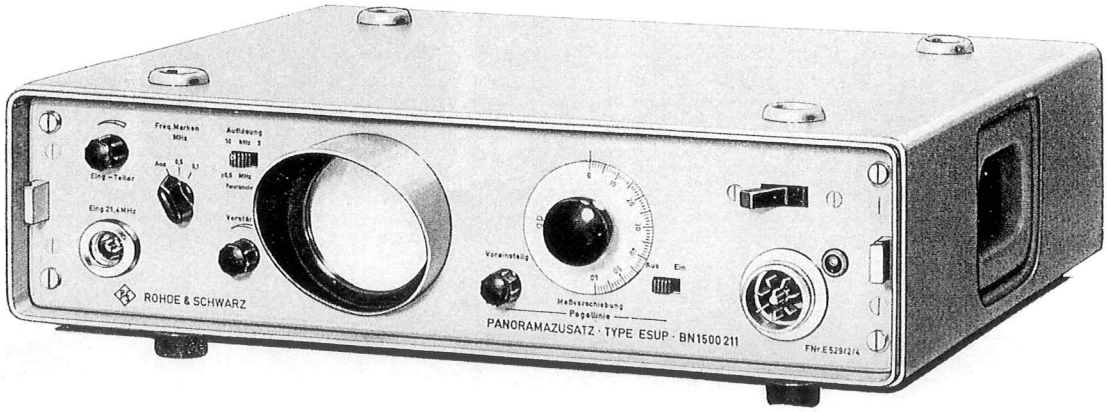
Empfohlenes Zubehör (gesondert zu bestellen)

Verbindungskabel, 50 cm	BN 9111406/50 Längeres Kabel bei Bedarf lieferbar

2. Anwendung

Der Panoramazusatz Type ESUP bildet Frequenzen, die beiderseits einer Mittenfrequenz von 21,4 MHz liegen, in Form von Spektrallinien auf dem Schirm einer Katodenstrahlröhre ab. Dies wird durch einen selbsttätig ablaufenden Wobbelvorgang bewirkt, der den Darstellbereich periodisch absucht. Als Darstellbereich ist der auf dem Schirm abgebildete Frequenzbereich zu verstehen. Die Trennung der einzelnen in diesem Bereich vorhandenen Spektrallinien übernehmen zwei schmalbandige, umschaltbare ZF-Filter.

Der Darstellbereich liegt symmetrisch zur Mittenfrequenz von 21,4 MHz und ist zwischen zwei Werten umschaltbar. Er ist im Werk auf 21,4 ±0,5 MHz und 21,4 ±0,1 MHz eingestellt und kann bei Bedarf ohne Schwierigkeit auf 21,4 ±1 MHz und 21,4 ±0,2 MHz erweitert werden (Abschnitt 3.5.). Zu jedem Darstellbereich gehört eine bestimmte Auflösung. Sie beträgt 10 kHz für den Darstellbereich ±0,5 MHz und 3 kHz für den Darstellbereich ±0,1 MHz. Unter Auflösung ist der Frequenzabstand zu verstehen, den zwei gleich große Signale mindestens haben müssen, damit sie noch getrennt wahrgenommen werden können.



Panoramazusatz Type ESUP

Zur vollen Ausnützung des gewählten Darstellbereiches soll die Zwischenfrequenzbandbreite eines vorgeschalteten Empfängers gleich oder größer als der Darstellbereich sein. Nur so wird sichergestellt, daß das angezeigte Signal wirklich dem Empfängereingangssignal entspricht und nicht durch die Übertragungscharakteristik beeinflußt wird. Ist die ZF-Bandbreite zu groß, so wird naturgemäß nur ein Teil des vorhandenen Signals angezeigt. Es ist dann nur die Beobachtung eines Ausschnittes möglich. Falls dabei bereits mit der maximal möglichen Breite des Darstellbereiches gearbeitet wird, besteht die Möglichkeit, mit Hilfe der Empfängerabstimmung den ganzen Darstellbereich zu beobachten.

Neben der qualitativen Betrachtung und Beurteilung des Spektrums kann durch elektronisch einblendbare, quarzgesteuerte Frequenzmarken und eine geeicht verschiebbare Pegellinie auch eine quantitative Auswertung hinsichtlich Frequenz und Amplitude durchgeführt werden. Der Maßstab der Frequenzachse (X-Richtung), der durch die Frequenzmarken gegeben ist, ist nahezu linear. Da die Erzeugung der Frequenzmarken quarzgesteuert ist, können Absolutbestimmungen von Frequenzen, die am ESUP-Eingang vorhanden sind, mit verhältnismäßig hoher Genauigkeit vorgenommen werden.

Die Amplitude kann aus der Höhe der betreffenden Spektrallinie ermittelt werden. Der Maßstab der Amplitudenachse (Y-Richtung) ist angenähert logarithmisch. Der Amplitudenunterschied der dargestellten Signale darf bis zu maximal 60 dB betragen, ohne daß das dargestellte Spektrum von dem tatsächlich am Eingang vorhandenen abweicht.

Durch die unveränderbar festliegende Mittenfrequenz kann der ESUP nur dann als selbständiges Gerät für sich alleine verwendet werden, wenn ein Frequenzband mit der Mitte bei 21,4 MHz untersucht werden soll. Bänder mit anderen Mittenfrequenzen lassen sich beobachten und ausmessen, wenn man dem ESUP einen entsprechenden Umsetzer vorschaltet. Nähere Auskunft hierüber erteilen wir gerne auf Anfrage. Im allgemeinen ist aber der ESUP, wie aus der Bezeichnung „Panoramazusatz" hervorgeht, ein Zusatzgerät zu einem Empfänger, der mit einer Zwischenfrequenz von 21,4 MHz arbeitet und bei dem diese ZF ausgekoppelt werden kann. Solche Empfänger sind z. B. die Überwachungsempfänger Type ESM 180 und ESM 300 sowie der UHF-VHF-Meßempfänger Type ESU, der zusammen mit speziellen Antennen das Feldstärkemeßgerät Type HFU ergibt.

Die Technik der Panoramadarstellung, zusammen mit der Möglichkeit der quantitativen Auswertung des dargestellten Spektrogramms, eröffnet neue und interessante Möglichkeiten zur einfachen Messung verschiedener Größen, wie Modulationsgrad, Modulationsklirrfaktor, Stör-Amplitudenmodulation u. ä. ohne weitere spezielle Geräte. Die in den folgenden Unterabschnitten enthaltenen Beispiele sollen Anregungen für den zweckmäßigen Einsatz des ESUP geben und die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten des Gerätes andeuten.

2.1. Hilfe bei der Empfängerabstimmung

Die Hilfe, die der ESUP bei der Empfängerabstimmung leistet, besteht darin, daß man den betreffenden Sender auf dem Bildschirm des ESUP bereits beobachten kann, lange bevor seine Modulation oder bei A_1-Empfang der Überlagerungston im Empfänger hör-

bar wird. Hierzu muß allerdings der Empfänger mit zwei ZF-Kanälen ausgerüstet sein, von denen einer breitbandig und in seinen Eigenschaften dem ESUP angepaßt ist, während der andere die eigentliche Selektion zur Trennung der einzelnen Übertragungskanäle übernimmt. Diese Forderungen erfüllt z. B. der VHF-UHF-Meßempfänger ESU.

Besonders interessant ist diese Abstimmhilfe, wenn es sich um einen Sender mit intermittierendem Betrieb handelt. Das Erscheinen und Verschwinden eines solchen Senders ist mit dem ESUP schon weitab von der richtigen Abstimmung zu beobachten, während bei Abstimmung nach Gehör oder nach einem Anzeigeinstrument leicht über den Sender hinweggedreht wird, wenn der Zeitpunkt der richtigen Abstimmung gerade in die Austastphase fällt.

2.2. Modulationsgradmessung, Stör-FM

Wird ein hochfrequenter Träger mit einem sinusförmigen Signal niedrigerer Frequenz amplitudenmoduliert, so entsteht bekanntlich je ein Seitenband oberhalb und unterhalb des Trägers im Abstand der Modulationsfrequenz. Sowohl der Träger als auch die beiden Seitenbänder erscheinen auf dem Bildschirm des ESUP (Bild 1). Voraussetzung dafür ist jedoch, daß die Modulationsfrequenz und damit der Abstand der Seitenbänder vom Träger größer als die Auflösung und kleiner als die Darstellbreite ist. Die Pegeldifferenz d zwischen dem Träger und den Seitenbändern ist eine Funktion des Modulationsgrades. Daher kann dieser aus der Pegeldifferenz ermittelt werden. Nach dem man die Differenz ausgemessen hat (Abschnitt 3.4.), kann man den Modulationsgrad aus nachstehender Tabelle entnehmen. Zwischenwerte, die nicht in der Tabelle stehen, lassen sich nach Gleichung (1) errechnen, nach der auch die Tabellenwerte ausgerechnet wurden. Es ist

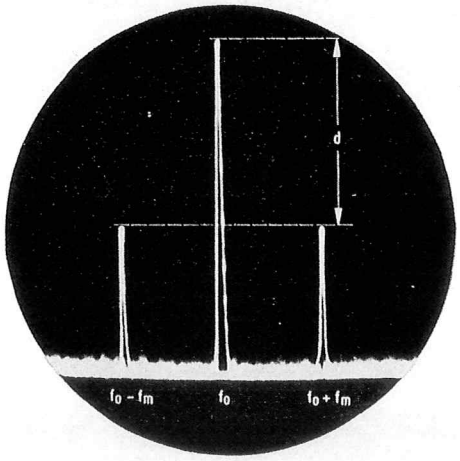


Bild 1. Spektrum einer rein sinusförmig amplitudenmodulierten Trägerfrequenz

$$m = 10^{(6-d)/20} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

wobei m der Modulationsgrad und d die ausgemessene Pegeldifferenz in dB sind. Diese Art der Modulationsgradermittlung setzt voraus, daß beide Seitenbänder gleich hoch sind. Das ist aber in der Praxis durchaus nicht immer der Fall, denn gleich hohe Seitenbänder entstehen nur bei reiner Amplitudenmodulation. Häufig ist aber ein gewisser Anteil einer Störfrequenz- oder Störphasenmodulation vorhanden, der ungleich

hohe Seitenbänder zur Folge hat. Der Grund dafür ist die Tatsache, daß bei einer mit der Amplitudenmodulation synchronen Frequenz- oder Phasenmodulation in einem Seitenband Phasengleichheit, im anderen Phasenopposition auftritt. Je verschiedener die Seitenbandhöhen sind, desto größer ist der Störmodulationsanteil. Bei ungleich hohen Seitenbändern müssen zur Ermittlung des Modulationsgrades nacheinander beide Seitenbänder nach Abschnitt 3.4. ausgemessen werden. Man erhält dabei die beiden Werte d und d' in dB, die dann in die Gleichung (2) eingesetzt werden. Der Modulationsgrad m ergibt sich zu

$$m = 1/2 \cdot (10^{(6-d)/20} + 10^{(6-d')/20}) \cdot 100\% \qquad (2)$$

Pegeldifferenz dB	6	6,9	7,9	9,1	10,4	12	14	16,5	20	26
Modulationsgrad %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Pegeldifferenz dB	26	26,9	27,9	29,1	30,4	32	34	36,5	40	46
Modulationsgrad %	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

2.3. Messung des Modulationsklirrfaktors

Ist die Modulationsspannung klirrfaktorbehaftet, so erscheinen außer dem Träger und den beiden Modulationsseitenbändern weitere Seitenbänder, die den Harmonischen der Modulationsfrequenz entsprechen. Auf dem Bildschirm des ESUP zeigt sich in diesem Fall ein Spektrum ähnlich dem im Bild 2 dargestellten. Aus einem solchen Schirmbild kann man zunächst abschätzen, ob der Klirrfaktor groß oder unbedeutend ist. Je größer die Anzahl der Seitenbänder ist und vor allem je höher sie sind, desto größer ist der Klirrfaktor. Wenn nur Seitenbänder von geradzahligen oder nur solche von ungeradzahligen Oberwellen mit wesentlicher Amplitude vorhanden sind, so kann man daraus u. U. auch auf die Entstehungsursache des Klirrfaktors schließen. Quantitativ läßt sich der Anteil jeder Oberwelle einzeln, also der Klirrabstand k_2, k_3 usw. mit der Pegellinie nach Abschnitt 3.4. ausmessen. Der Bezugspegel ist dabei nicht der Träger, sondern das Seitenband A oder B der Modulationsgrundfrequenz.

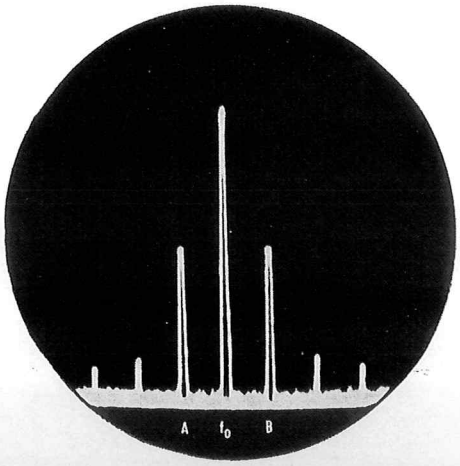


Bild 2. Träger f_0 mit den Modulationsseitenbändern A und B, sowie den durch einen Modulationsklirrfaktor zusätzlich entstandenen Seitenbändern

2.4. Messung des Modulationsindex, Einstellen des Frequenzhubes

Im Gegensatz zur sinusförmigen Amplitudenmodulation, bei der nur je ein Seitenband ober- und unterhalb des Trägers auftritt, bildet sich bei Frequenzmodulation mit genügend großem Hub ein ganzes Spektrum von Seitenbändern. Die Amplituden der einzelnen Seitenbandpaare folgen den Besselschen Funktionen, in denen die Variable der Modulationsindex

$$\eta = \frac{\Delta F}{f_{mod}} \tag{3}$$

ist. Dabei sind ΔF der Frequenzhub und f_{mod} die Modulationsfrequenz. Bei einem Frequenzhub $\Delta F = 0$ ist auch $\eta = 0$. Nach den Besselschen Funktionen, die Bild 9 zeigt, ist dann keines der Seitenbänder vorhanden, sondern nur der Träger, dieser aber mit seiner maximalen Amplitude. Mit zunehmendem Frequenzhub, der nach Gleichung (3) eine porportionale Steigerung des Modulationsindex η zur Folge hat, wachsen die Spektrallinien der Seitenbänder hoch, während die Linie des Trägers schrumpft. Je höher die Ordnungszahl eines Seitenbandes ist, desto langsamer wachsen die zugehörigen Spektrallinien. Bei einem Modulationsindex von 2,4 wird der Träger erstmals zu Null. Das Seitenband n_1 hat kurz vorher sein erstes Maximum durchlaufen und schrumpft, während die Seitenbänder n_2, n_3 usw. weiterhin wachsen. Steigt η weiter, so wird der Träger negativ. Seine Linie erscheint aber trotzdem auf dem Bildschirm, da der ESUP die Phasenlage nicht berücksichtigt. So sind jedem Modulationsindex eine bestimmte Trägeramplitude und bestimmte Amplituden der verschiedenen Seitenbänder zugeordnet, die aus Bild 9 abgelesen werden können. Da die 0-Amplituden, das heißt die Nullstellen der einzelnen Linien, am Bildschirm am einfachsten und sichersten beobachtet werden können und diese natürlich auch einem bestimmten Modulationsindex zugeordnet sind, kann der Nulldurchgang symmetrischer Spektrallinien zur Bestimmung von η herangezogen werden.

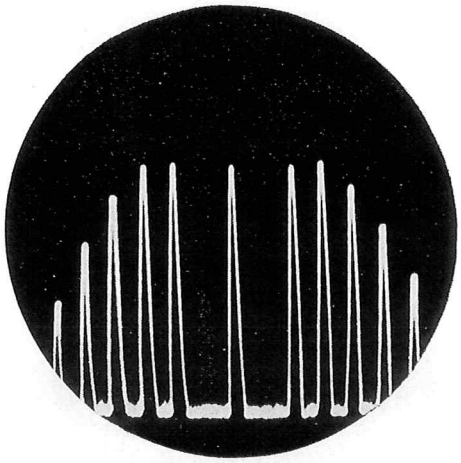


Bild 3. Schirmbild einer sinusförmig frequenzmodulierten HF-Schwingung. Nullstelle des Seitenbandes 1. Ordnung

Nun interessiert in den meisten Fällen nicht der Modulationsindex unmittelbar, sondern vielmehr der Frequenzhub oder die Modulationsfrequenz. Eine häufig vorkommende Aufgabe ist z. B. das Einstellen des Frequenzhubes. Statt mit einem Frequenz-

hubmesser läßt sich diese Aufgabe mit dem ESUP sehr leicht und exakt lösen, wenn die Möglichkeit gegeben ist, die Modulationsfrequenz mit der erforderlichen Genauigkeit zu messen. Zunächst liegt einmal der einzustellende Frequenzhub und meistens auch die Modulationsfrequenz fest. Daraus errechnet sich nach Gleichung (3) ein bestimmter Modulationsindex. Ergibt sich für diesen Wert zufällig auch die Nullstelle eines Seitenbandpaares, so kann man dieses Seitenbandpaar gleich zur Hubeinstellung heranziehen. Meist wird dies aber nicht der Fall sein. Man sucht dann in einer graphischen Darstellung der Besselfunktion (Bild 9) eine benachbarte Nullstelle, merkt sich die Ordnungszahl des Seitenbandpaares und liest auf der Abszisse den zugehörigen Modulationsindex ab. Aus diesem errechnet man dann die erforderliche Modulationsfrequenz und stellt sie am Sender ein. Dann verändert man den Hub so lange, bis das betreffende Seitenbandpaar gerade zu Null wird. Im Bild 3 ist ein Schirmbild dargestellt, bei dem das Seitenbandpaar 1. Ordnung (n_1), das sind die ersten Spektrallinien rechts und links vom Träger, das erste Mal zu Null geworden ist. Nach den Besselschen Funktionen liegt diese Nullstelle bei einem Modulationsindex $\eta = 3{,}83$. Bei einer Modulationsfrequenz von beispielsweise 10 kHz beträgt der Frequenzhub

$$\Delta F = \eta \cdot f_{mod} = 3{,}83 \cdot 10\ \text{kHz} = 38{,}3\ \text{kHz}$$

2.5. Stör-Amplitudenmodulation bei FM

Bringt man durch Verändern des Frequenzhubes ein Seitenbandpaar zum Verschwinden (Abschnitt 2.4.), so verschwinden bei reiner Frequenzmodulation beide Seitenbänder gleichzeitig, da sie gleich hoch sind. Bei Vorhandensein einer Stör-AM dagegen sind die Seitenbänder eines Paares unterschiedlich hoch. Eines der beiden Seitenbänder hat deshalb noch eine bestimmte, vom Ausmaß der Stör-AM abhängige Größe, wenn das andere gerade Null wird.

2.6. Intermodulation

Sind am Eingang eines Empfängers zwei Signale gleichzeitig vorhanden und liegen deren Frequenzen so nahe beisammen, daß durch die verhältnismäßig breite Durchlaßkurve der Vorselektion keines der beiden Signale ausreichend unterdrückt wird, so kann Intermodulation auftreten. Dabei modulieren sich die beiden Signale gegenseitig. Es entstehen dann, abgesehen von Oberwellen, Differenzfrequenzen, von denen bei geringem Frequenzabstand zumindest Spannungen der Frequenzen $2f_1 - f_2$ bzw. $2f_2 - f_1$ in den Durchlaßbereich des Gerätes fallen (Bild 4). Der Abstand der Spektrallinien beträgt $|f_2 - f_1|$. Bei Intermodulationsmessungen benützt man zwei ge-

eignete, gleich große Träger, die rückwirkungsfrei auf den Eingang des Meßobjektes arbeiten. Als Maß für die Stärke der Intermodulation dient der Intermodulationsabstand a, das ist der Abstand vom Träger zum Störseitenband (Bild 4). Diesen Abstand mit einem Meßempfänger zu messen, ist nicht ganz einfach. Es muß erst die Trägeramplitude und dann die Amplitude des Seitenbandes gemessen und das Verhältnis der beiden Werte gebildet werden. Dabei macht aber die Messung der Seitenbandamplitude erhebliche Schwierigkeiten, weil hier wegen des geringen Frequenzabstandes zwischen Seitenband und Träger ein außerordentlich selektiver Meßempfänger notwendig ist. Ein solcher hat aber andererseits wieder den Nachteil, daß bereits bei einer geringen Unkonstanz des Signals oder des Empfängeroszillators sich das Seitenband innerhalb der sehr schmalen Durchlaßkurve verschiebt und dadurch scheinbar seine Amplitude ändert. Viel einfacher, schneller und sicherer gestaltet sich die Messung des Intermodulationsabstandes, wenn dem Meßempfänger der Panoramazusatz ESUP nachgeschaltet wird. Auf dessen Bildschirm erscheinen dann beide Träger- und Seitenbänder gleichzeitig. Eine Unkonstanz des Signals oder des Empfängeroszillators hat auf die Messung keinen Einfluß, da sie nur das ganze Bild seitlich etwas verschiebt. Zur Messung selbst wird die Pegellinie nach Abschnitt 3.4. auf die Höhe des Trägers voreingestellt und dann auf die Höhe des Seitenbandes abgesenkt. Der Intermodulationsabstand a kann dann direkt abgelesen werden. Man muß dabei jedoch bedenken, daß auch der ESUP selbst eine Intermodulation bewirken kann. Das Meßobjekt wäre in diesem Fall falsch beurteilt, wenn man annehmen würde, daß die auf dem Bildschirm sichtbare Intermodulation davon stammt. Die Entscheidung, ob die Intermodulation vom Meßobjekt oder vom ESUP verursacht wird, läßt sich leicht herbeiführen, wenn man den Eingangsteiler langsam zurückdreht. Schrumpfen dabei Träger und Seitenband um etwa gleiche Strecken, so stammt die Intermodulation tatsächlich aus dem Meßobjekt. Ist dagegen die Intermodulation durch den ESUP verursacht, so verschwindet beim Zurückdrehen des Eingangsteilers das Seitenband sehr rasch, während sich die Höhe des Trägers nicht merklich ändert. Eine Intermodulation durch den ESUP wird mit Sicherheit vermieden, wenn in der empfindlichsten Einstellung des Gerätes, das heißt bei ganz aufgedrehtem Eingangsteiler, keiner der Träger den maximal zulässigen Ein-

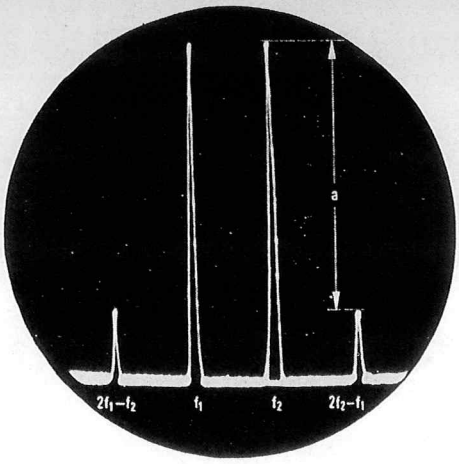


Bild 4. Definition des Intermodulationsabstandes a

gangspegel von 1 mV überschreitet. Das bedeutet einen ungestörten Anzeigebereich von 60 dB. Für höhere Pegel bleibt dieser ungestörte Bereich erhalten, wenn der Eingangsteiler eine entsprechend höhere Dämpfung hat, wenn er also entsprechend zurückgedreht wird. Über Kontrolle bzw. Einstellen des Eingangspegels unterrichtet Abschnitt 3.2.

Als besonders vorteilhaft erweist sich der ESUP auch zum Abgleich des Meßobjektes auf minimale Intermodulation. Ohne ESUP muß nach jeder Maßnahme, die durchgeführt wird, gemessen werden. Dabei genügt es nicht, nur die Veränderung des Seitenbandes festzustellen, weil dieses z. B. auch durch Vergrößerung der Mischdämpfung kleiner werden kann und so eine Verbesserung des Intermodulationsabstandes vorgetäuscht wird. Es muß deshalb auch jedesmal der Träger gemessen werden. Mit dem ESUP dagegen kann die Auswirkung jeder Maßnahme sofort beobachtet und ohne Schwierigkeit rasch und sicher auch quantitativ ausgemessen werden.

2.7. Kontrolle der Bandbelegung

Zur Kontrolle der Frequenzbandbelegung (eine Aufgabe der Funküberwachung) ist ein Überwachungsempfänger notwendig, z. B. Type ESU, mit dem das zu kontrollierende Frequenzband abgesucht werden kann. Mit einem geeigneten Registriergerät, das gleichzeitig die Frequenzabstimmung des Empfängers steuert, kann die Bandbelegung selbsttätig laufend registriert werden. Ein solches Registriergerät ist z. B. der Frequenzbandschreiber Type FBS (Vertrieb: Technisches Entwicklungsbüro Ing. W. Huber, München). Sowohl beim Absuchen des Bandes von Hand als auch bei der automatischen Registrierung werden meist nur Sender erfaßt, die über eine längere Zeit arbeiten. Ein kurzzeitig arbeitender Sender wird nur dann erfaßt, wenn die Empfängerabstimmung zufällig zu dem Zeitpunkt auf den betreffenden Sender eingestellt ist, zu dem er arbeitet. Es ist also mehr oder weniger dem Zufall überlassen, ob ein solcher Sender erkannt wird oder nicht. Demgegenüber sind bei Verwendung des ESUP alle innerhalb eines maximalen Bandes von ±1 MHz Breite liegenden Sender gleichzeitig beobachtbar. Auch kurzzeitig arbeitende Sender sieht man erscheinen und verschwinden, weil der Empfänger nicht auf den betreffenden Sender direkt abgestimmt sein muß. Mit absoluter Sicherheit wird ein getasteter Sender angezeigt, wenn seine Eintastzeit gleich lang oder länger als die Dauer eines einzelnen Wobbelablaufes des ESUP ist. Die Auffaßwahrscheinlichkeit beträgt dann 100%. Ist die Eintastzeit des Senders kürzer als die Dauer eines Wobbelablaufes, so sinkt die Auffaßwahrscheinlichkeit entsprechend dem Verhältnis der Zeiten.

Auch die Funkdienste, die mit Relais-Stationen arbeiten, sind mit dem ESUP gut zu verfolgen. Bei diesen Funkdiensten wird das Signal eines verhältnismäßig schwachen, häufig mobilen Senders von einem stationären Empfänger aufgenommen und einem stärkeren stationären Sender, der auf einer meist eng benachbarten Frequenz arbeitet, aufmoduliert und abgestrahlt. Der Relais-Sender arbeitet nicht ständig, d. h. der Träger ist nicht immer vorhanden, sondern er wird erst beim Eintreffen eines Signals hochgeschaltet. Auf dem Bildschirm des ESUP wird man also in solchen Fällen stets das fast gleichzeitige Erscheinen und Verschwinden von zwei, meist unterschiedlich starken Sendern beobachten und daraus auf die Zusammengehörigkeit schließen können.

Trotz des verhältnismäßig schmalen Darstellbereiches werden sich mit dem ESUP die meisten in der Praxis vorkommenden Aufgaben lösen lassen. Für die Beobachtung eines breiteren Bandes ist die Registrierung mit dem Frequenzbandschreiber geeignet. Auch hierbei ist es aber zweckmäßig, zugleich den ESUP anzuschließen und neben der Registrierung das Band in Panoramadarstellung zu beobachten.

3. Bedienung

3.1. Anschließen

Der Panoramazusatz Type ESUP kann aus dem Netz oder aus einer 12-V- oder 24-V-Batterie mit Strom versorgt werden. Für jede der beiden Stromversorgungsarten ist ein eigenes Kabel vorhanden. Durch Verwendung des einen oder anderen Kabels wird das Gerät auf die entsprechende Stromversorgungsart umgeschaltet. Das Kabel wird über die an einem Ende befindliche 8polige Steckdose mit dem 8poligen Flanschstecker **9** (Bild 10) verbunden. An der Unterseite des Gerätes, unmittelbar am Netztransformator, befindet sich der Spannungswähler (Bild 5). Er besteht insgesamt

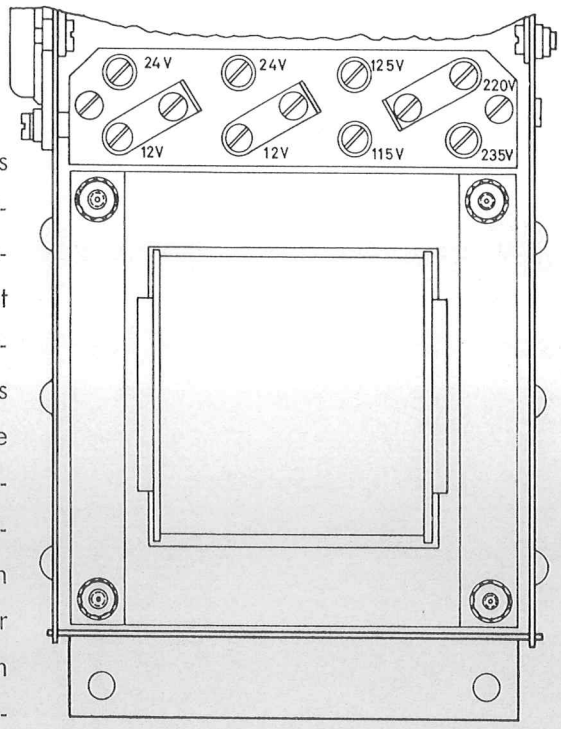


Bild 5. Spannungswähler (Ansicht von unten)

aus 8 Klemmen und 3 Metallaschen. Die der Netzspannung zugeordnete Lasche ist die rechte im Bild 5 (Lage der Lasche für 220 V gezeichnet). Sie verbindet in diesem Fall die mit 220 V beschriftete Klemme mit der Mittelklemme. Bei der Umstellung auf eine andere Netzspannung löst man die beiden Schrauben, die diese Klemme halten, verbindet mit der Lasche die Mittelklemme mit derjenigen, an der die vorhandene Netzspannung angeschrieben ist und zieht alle Schrauben wieder fest.

Dem Batteriebetrieb sind die beiden anderen Laschen zugeordnet. Hier erfolgt eine Spannungsumstellung dadurch, daß man mittels beider Laschen die jeweilige Mittelklemme mit derjenigen Klemme verbindet, die mit der vorhandenen Batteriespannung (12 V oder 24 V) beschriftet ist.

Bei Netz- wie bei Batteriebetrieb wird das Gerät mit dem Kippschalter **7** eingeschaltet. In eingeschaltetem Zustand leuchtet die Kontrollampe **8.**

Die Signalspannung, die aus dem ZF-Teil eines Empfängers, z. B. des VHF-UHF Meßempfängers Type ESU, stammt, wird über ein koaxiales Kabel in den Eingang **12** des ESUP eingespeist. Die Mittenfrequenz des zu analysierenden Frequenzgemisches soll nach Möglichkeit 21,4 MHz betragen. Nur in diesem Fall erscheint ein symmetrisches Spektrum symmetrisch zur Bildmitte. Anderenfalls muß eine Bildverschiebung in Kauf genommen werden. Welcher Panoramabereich **3** (Darstellbereich) bei vorgegebener ZF-Bandbreite zu wählen ist und welche Nachteile sich ergeben, wenn ZF-Bandbreite und Panoramabereich nicht aufeinander abgestimmt sind, ist im Abschnitt 2. behandelt.

3.2. Einstellen des Empfangspegels und der Bildhöhe

Der in den Eingang **12** (Bild 10) eingespeiste Pegel der Empfänger-ZF darf eine bestimmte Höhe nicht überschreiten, da sonst der Eingangsverstärker übersteuert wird. Der an ZF-Ausgängen auftretende Pegel ist aber häufig fest vorgegeben. Deshalb ist der ESUP mit einem Eingangsteiler versehen, der mit dem Knopf **1** kontinuierlich verändert werden kann.

Die optimale Eingangsdämpfung, bei der die größtmögliche Empfindlichkeit erreicht, aber der Verstärker noch nicht übersteuert ist, wird auf folgende Weise eingestellt:

a) Den Knopf **1** (Eingangsteiler) an den linken Anschlag drehen, den Schiebeknopf **3** (Panoramabereich/Auflösung) auf „$\pm$0,5 MHz/10 kHz" stellen.

b) Den Eichteiler **5** (Meßverschiebung) an den rechten Anschlag (0 dB) drehen, ebenso den Knopf **10** (Voreinstellg.).

c) Mit dem Schiebeschalter **6** die Pegellinie einschalten. Nun erscheint eine waagrechte Linie auf dem Bildschirm.

d) Den Eingangsteiler **1** so weit aufdrehen, daß das größte Signal im abgebildeten Spektrum gerade die Pegellinie erreicht.

Mit dem Knopf **11** (Verstärkung) läßt sich der Verstärkungsgrad des Y-Verstärkers verändern, was einer Größenänderung des Bildes in Y-Richtung entspricht. Dabei bleiben die relativen Abstände der Spektrallinien untereinander erhalten. Am Meßergebnis, das aus einer Ablesung an der Skala des Knopfes **5** (Meßverschiebung) gewonnen wurde, ändert sich nichts, da die Pegellinie in die Größenänderung mit einbezogen ist. Man wird von der Größenänderung dann Gebrauch machen, wenn sehr kleine Signale, die weit unter dem Bezugspegel liegen, beobachtet werden sollen. Dabei ist natürlich die gleichzeitige Beobachtung des Bezugspegels nicht mehr möglich.

Wenn kein Signal vorhanden ist, legt man der Einstellung des Eingangsteilers das Empfängerrauschen zugrunde. Hierzu trennt man zunächst den Empfänger vom ESUP-Eingang, stellt den Knopf **1** an den linken Anschlag und beobachtet das Eigenrauschen des ESUP. Das Bild wird hierzu mit dem Knopf **11** so weit gedehnt, daß das Rauschen gut zu beobachten ist. Dann schließt man den Empfänger wieder an, wodurch sich das Rauschen vergrößert, weil jetzt auch das Eigenrauschen des Empfängers wirksam wird. Nun dreht man den Knopf **1** so weit auf, bis das Rauschen vom Empfänger + ESUP etwa zeimal so groß geworden ist wie das Rauschen des ESUP allein. Der Knopf **11** wird jetzt so weit zurückgedreht, daß bei ganz aufgedrehter Voreinstellung und Meßverschiebung (**10** und **5** ganz nach rechts gedreht) die Pegellinie auf dem Bildschirm erscheint; denn beim Auftreten eines echten Signals muß kontrolliert werden, ob dessen Amplitude nicht so groß ist, daß sie zur Übersteuerung führt. Falls Übersteuerung vorliegt, verfährt man nach Punkt a bis d (siehe oben).

3.3. Einblenden von Frequenzmarken, Auflösung

Hat man das Spektrum eines ZF-Signals auf dem Schirm der Röhre abgebildet, so gibt dieses neben der Amplitudenanzeige eine quantitative Übersicht über die Frequenzlage der einzelnen Spektralanteile des Signals. Um die Frequenz der einzelnen Spektrallinien zu bestimmen, kann ein Vergleichsspektrum (Frequenzmarken) eingeblendet werden. Hierzu stellt man den Schalter **2** (Bild 10) entweder auf „0,5" oder auf „0,1". In beiden Schalterstellungen erscheint neben dem Signalspektrum ein Spektrum von Frequenzmarken, dessen Linien einen Abstand von 0,5 MHz bzw. 0,1 MHz haben. Die Marke der Mittenfrequenz (21,4 MHz) ist etwas länger als die

übrigen Marken und dadurch leicht von den anderen zu unterscheiden. Die Abstände der Frequenzmarken sind gleich groß, so daß ein linearer Maßstab gegeben ist. Deshalb kann auch die Frequenz von Spektrallinien zwischen zwei Marken leicht durch Interpolation ermittelt werden.

Die „Auflösung" ist mit dem Darstellbereich (Panoramabereich) verknüpft. Unter Auflösung ist der Frequenzabstand zweier Signale zu verstehen, bei dem diese noch getrennt wahrgenommen werden können. Die Auflösung kann mit dem Schiebeschalter **3** umgeschaltet werden und beträgt entweder 3 kHz oder 10 kHz. Einer Auflösung von 10 kHz ist der Darstellbereich ±0,5 MHz (erweitert ±1 MHz) zugeordnet, bei einer Auflösung von 3 kHz beträgt der Darstellbereich ±0,1 MHz (erweitert ±0,2 MHz). Man wird bei weniger dichten Spektren und wenn man einen größeren Darstellbereich übersehen will, eine Auflösung von 10 kHz bevorzugen. Dagegen wird man bei dichten Spektren nach Möglichkeit eine Auflösung von 3 kHz wählen.

3.4. Ausmessen von Pegelunterschieden

Bei der Auswertung eines auf dem Bildschirm dargestellten Spektrogramms ist meistens auch der Pegelunterschied zwischen verschiedenen Spektrallinien interessant. Um diese Pegelunterschiede ausmessen zu können, ist die Pegellinie, die mit dem Schalter **6** (Bild 10) eingeblendet werden kann, vertikal verschiebbar, und zwar mit den beiden Knöpfen **5** und **10.** Es handelt sich dabei um eine Relativmessung, wobei zunächst mit dem Knopf **10** (Voreinstellung) ein bestimmter Bezugspegel eingestellt und dann mit dem kalibrierten Eichteiler **5** (Meßverschiebung) die Linie auf den 2. Pegel heruntergeschoben wird. Der Pegelunterschied in dB kann dann unmittelbar an der Skala des Eichteilers **5** abgelesen werden. Als Beispiel zur Pegelmessung diene die Ermittlung des Modulationsgrades nach Abschnitt 2.2. Hierbei zeige sich auf dem Bildschirm ein Spektrum ähnlich Bild 6 a, das einen Träger mit seinen beiden Modulationsseitenbändern darstellt. Es muß nun der Pegelunterschied zwischen dem Träger und den Modulationsseitenbändern gemessen werden. Dazu blendet man mit dem Schalter **6** die Pegellinie ein und schiebt sie mit dem Knopf **10** so weit nach oben, daß sie auf dem Träger aufsitzt (Bild 6 b). Zur einfacheren Ablesung stellt man die Skala des Eichteilers **5** auf 0 dB (rechter Anschlag). Durch Linksdrehen des Knopfes **5** wird die Pegellinie so weit nach unten geschoben, bis sie auf den Modulationsseitenbändern aufsitzt (Bild 6 c). Nun kann an der Skala des Eichteilers **5** der Pegelunterschied abgelesen werden.

Eine absolute Pegelmessung ist möglich, wenn man zunächst statt des Signals einen bekannten Pegel einspeist, die Pegellinie auf diesen aufsetzt (Eichteiler **5** dabei auf

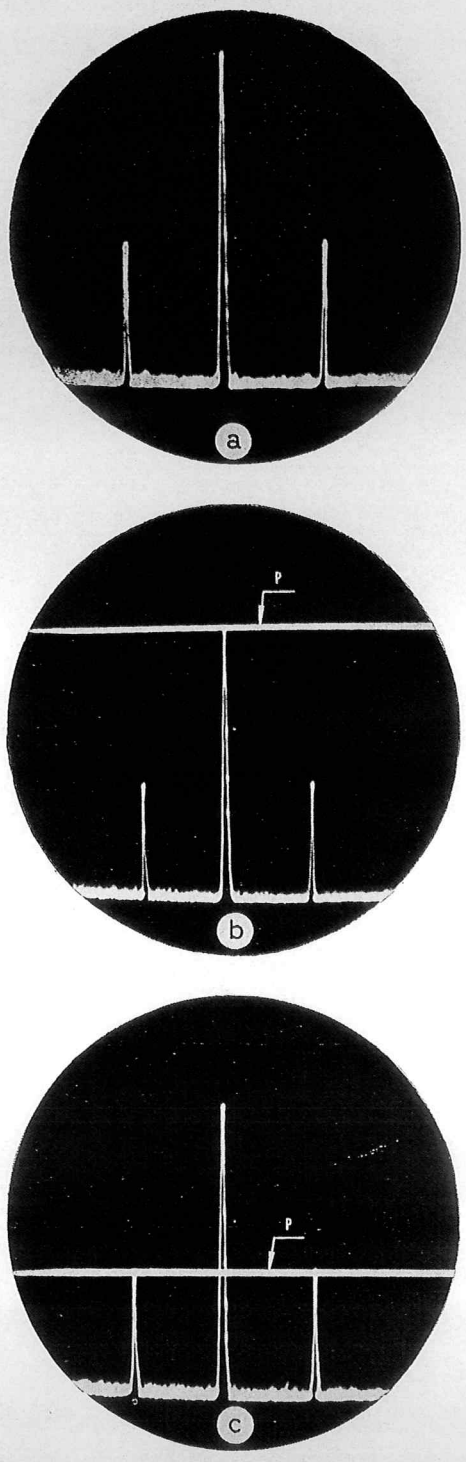


Bild 6. Ausmessen von Pegelunterschieden
(P = Pegellinie)

0 dB), dann das Signal einspeist und nun mit dem Eichteiler wie bei der Relativmessung verfährt. Man kann auch über ein Verzweigungsstück den Vergleichspegel und das Signal gleichzeitig einspeisen und hat dadurch den Vergleichspegel dauernd neben dem Signal auf dem Bildschirm. Die Frequenz des Vergleichspegels muß etwas von der des Signals verschieden sein.

3.5. Erweiterung des Darstellbereiches

Die Erweiterung des Darstellbereiches gehört nicht zur Bedienung des Gerätes im eigentlichen Sinn, denn sie ist nur für besondere Meßaufgaben notwendig. Außerdem kann der Darstellbereich von außen her nicht beeinflußt werden. Das Gerät muß hierzu aus dem Gehäuse genommen werden. Verlangt eine besondere Meßaufgabe einen größeren Darstellbereich, so kann er bis maximal ±1 MHz erweitert werden. Hierzu nimmt man den Geräteeinschub außerhalb des Gehäuses in Betrieb. Mit dem Drehwiderstand R406 (Bild 11 und Stromlauf Teil 1) kann der Darstellbereich verändert werden. Vor Beginn der Einstellung beträgt der große Darstellbereich ±0,5 MHz. Wenn man die Frequenzmarken mit 0,5 MHz Abstand einblendet, ist außer der Mittenfrequenz rechts und links jeweils eine Frequenzmarke zu sehen. Nun dreht man R406 so, daß die Frequenzmarken zur Mitte wandern. Wenn beiderseits je eine zusätzliche Marke auftritt, ist der Darstellbereich ±1 MHz erreicht. Beabsichtigt man einen Darstellbereich zwischen ±0,5 und ±1 MHz einzustellen, so blendet man die 100-kHz-Marken ein. Im ursprünglichen Zu-

stand sind dann beiderseits der Mittelmarke je 5 Marken sichtbar. Durch Drehen an R406 rücken diese Marken zusammen und es erscheinen nacheinander weitere Marken. Sind 6 Marken auf jeder Seite zu sehen, so ist der Darstellbereich ±0,6 MHz, bei 7 Marken ±0,7 MHz usw.

Eine Erweiterung des Darstellbereiches bedingt eine Vergrößerung des Wobbelhubes. Da die Wobbelfrequenz nicht verändert wird, erhöht sich wegen des größeren Wobbelhubes die Ablaufgeschwindigkeit der Wobbelung. Eine zu große Ablaufgeschwindigkeit hat aber zur Folge, daß die einzelnen Filter in den Verstärkern nicht mehr voll einschwingen und dadurch die Amplituden der Signale, d. h. die Höhen der Spektrallinien, zu klein dargestellt werden. Um festzustellen, ob bei der Vergrößerung des Darstellbereiches dieser Effekt aufgetreten ist, blendet man außer den Frequenzmarken auch noch die Pegellinie ein und läßt sie, bevor man den Darstellbereich ändert, auf einer der Frequenzmarken aufsitzen. Solange sich während der Änderung des Darstellbereiches der Pegel der Frequenzmarken nicht ändert, ist die Ablaufgeschwindigkeit noch ausreichend niedrig. Von einer bestimmten Größe des Darstellbereiches an wird aber die beobachtete Frequenzmarke etwas schrumpfen und ihr oberes Ende sich dadurch von der Pegellinie entfernen.

Die Änderung der Pegelanzeige hat zunächst keinen Einfluß auf das Meßergebnis, da nicht eine Absolutmessung, sondern die Messung von Verhältnissen angestrebt wird. Die Verhältnisse werden aber nicht geändert, da die Amplituden aller abgebildeten Spektrallinien gleichermaßen betroffen sind und nicht zur vollen Höhe einschwingen können. Das gilt auch bei Absolutmessungen nach Abschnitt 3.4., da hierbei auch der Bezugspegel in der gleichen Weise beeinflußt wird. Es muß allerdings beachtet werden, daß beim Umschalten auf einen anderen Darstellbereich die Pegellinie als Bezugswert neu eingestellt werden muß.

Die vor der Erweiterung des Darstellbereiches vorhanden gewesene Amplitudenanzeige erhält man nach der Erweiterung erneut, wenn bei vergrößertem Hub die Wobbelfrequenz verkleinert wird. Wenn auch das Meßergebnis durch eine etwas zu hohe Ablaufgeschwindigkeit nicht beeinflußt wird, so empfiehlt sich deren Verkleinerung doch aus einem anderen Grund. Sind nämlich die Ausschwingzeiten der Filter größer als die Verweilzeiten des Signals im Filterbereich, so wird nicht mehr die Filtercharakteristik als Impuls abgebildet. Durch die Ausschwingzeit bedingt wird selbst dann noch ein Signal angezeigt, wenn dieses bereits außerhalb des Durchlaßbereiches des Filters liegt. Die Folge davon ist, daß der zur Abbildung kommende Impuls mit steigender Wobbelfrequenz breiter und damit die Auflösung schlechter wird. Die

ursprüngliche Auflösung ist dann wieder vorhanden, wenn die Ablaufgeschwindigkeit so weit herabgesetzt ist, daß die Filter wieder voll einschwingen können. Dieser Zustand wird erreicht, wenn man den Widerstand R401 (Bild 11) so einstellt, daß die beobachtete Frequenzmarke, die sich bei der Erweiterung des Darstellbereiches von der Pegellinie entfernt hat, die Pegellinie wieder erreicht.

4. Wirkungsweise

Abschnitt 4.1. gibt anhand des Blockschaltbildes eine Übersicht, die zum Verständnis der grundsätzlichen Funktion des Panoramazusatzes ESUP ausreicht. Ein weiteres Eindringen in die Einzelheiten der Wirkungsweise, wie es z. B. notwendig ist, wenn man versuchen will, einen eventuell aufgetretenen Fehler selbst zu beheben, ermöglicht der Abschnitt 4.2. anhand der Stromläufe im Anhang.

4.1. **Übersicht über die Wirkungsweise** (hierzu Blockschaltbild)

Die Zwischenfrequenz von 21,4 MHz aus einem Empfänger, die vom ESUP aus gesehen als Eingangsfrequenz zu betrachten ist, durchläuft einen Bandpaß, ein von 0 . . . 110 dB veränderbares Dämpfungsglied und einen dreistufigen Verstärker. Mit dem Dämpfungsglied kann der Eingangspegel so eingestellt werden, daß der Verstärker nicht übersteuert wird. Der Verstärker selbst ist auf eine Mittenfrequenz von 21,4 MHz abgestimmt und hat eine Bandbreite von ± 1 MHz. In der an den Verstärker anschließenden 1. Mischstufe wird die Eingangsfrequenz mit der Oszillatorfrequenz gemischt. Die Oszillatorfrequenz (Frequenzmitte bei 25,7 MHz) ist entsprechend dem Hub gewobbelt, wodurch ein Eingangsfrequenzband von einer Breite, die dem Hub entspricht, mit der Mitte bei 21,4 MHz periodisch und kontinuierlich nach Signalen abgesucht wird. Die durch die Mischung entstehende 1. Zwischenfrequenz (ZF I) wird in einem weiteren dreistufigen Verstärker, der bei einer Bandbreite von 100 kHz auf eine Mittenfrequenz von 4,3 MHz abgestimmt ist, verstärkt und in der anschließenden 2. Mischstufe durch Mischung mit einer Oszillatorfrequenz von 4,6 MHz auf die 2. Zwischenfrequenz (ZF II) von 300 kHz umgesetzt. Auf die 2. Mischstufe folgt ein auf 300 kHz abgestimmter Verstärker, dessen Bandbreite zwischen 10 kHz und 3 kHz umschaltbar ist. Die Bandbreite dieses Verstärkers bestimmt zugleich die Auflösung, d. h. den Frequenzabstand, den zwei benachbarte Signale haben müssen, damit sie auf dem Schirm der Katodenstrahlröhre noch getrennt wahrgenommen werden. In

dem auf den 300-kHz-Verstärker folgenden Demodulator werden die Signale logarithmiert, gleichgerichtet und dann über den Y-Verstärker an die Ablenkplatten (senkrecht) der Katodenstrahlröhre gebracht.

Die zeitproportionale waagrechte Strahlablenkung wird durch eine Sägezahnspannung bewirkt, die über den X-Verstärker an die Ablenkplatten (waagrecht) kommt. Die Sägezahnspannung, die von einem Sägezahngenerator im Impulsteil erzeugt wird, steuert außer der waagrechten Strahlablenkung synchron zu dieser den Wobbeloszillator. Durch diesen zwangsläufigen Synchronismus entspricht jedem Punkt auf der X-Achse eine ganz bestimmte Frequenz.

Zum Ausmessen der Signalfrequenzen werden Frequenzmarken, die der Markengenerator erzeugt, in den Signalweg eingekoppelt, genau wie ein Signal verarbeitet und auf dem Bildschirm dargestellt. Der Markenabstand ist umschaltbar; er kann 0,5 MHz oder 0,1 MHz betragen. Der Markengenerator besteht aus einem 21,4-MHz-Quarzoszillator und dem dazugehörigen Modulator, in dem das Markenspektrum dem 21,4-MHz-Träger aufmoduliert wird.

Zum quantitativen Ausmessen des Pegels der einzelnen Signale wird ein eigenes 300-kHz-Signal erzeugt und über zwei veränderbare Dämpfungsglieder vor dem 300-kHz-Verstärker in den Signalweg eingekoppelt. Von den erwähnten Dämpfungsgliedern ist eines ein Potentiometer zur Voreinstellung des Bezugspegels, das andere ein kontinuierlich veränderbarer, kalibrierter Eichteiler zum Messen. Damit sich Pegellinie und Signal gegenseitig nicht stören, wird beim Strahlvorlauf (Sägezahnanstieg) das Signal abgebildet und die Pegellinie ausgetastet, beim Strahlrücklauf (Sägezahnabfall) dagegen die Pegellinie geschrieben und das Signal ausgetastet. Durch die Trägheit des Auges erscheinen Signal und Pegellinie gleichzeitig. Die Austastimpulse werden im Impulsteil von der Sägezahnspannung abgeleitet.

4.2. **Einzelheiten der Wirkungsweise** (hierzu Stromlauf Teil 1 und 2)

4.2.1. Weg und Verarbeitung des Eingangssignals

Das Eingangssignal für den Panoramazusatz ESUP ist das Zwischenfrequenzband aus einem vorgeschalteten Empfänger, im allgemeinen mit der Mitte bei 21,4 MHz und einer Breite von ±500 kHz oder ±100 kHz. Schmälere Bänder werden auch verarbeitet, nur ist dann der Darstellbereich des ESUP nicht voll ausgenützt.

Das aus dem Empfänger ausgekoppelte ZF-Band wird in die Buchse Bu1 (**12** im Bild 10) eingespeist und durchläuft das Eingangsfilter L1 . . . L7 – C1 . . . C7 und anschließend den Eingangsteiler R1. Das Eingangsfilter dient hauptsächlich zur Spiegelfrequenzselektion

und zur Unterdrückung von Störfrequenzen über etwa 22,4 MHz. Außerdem vermeidet es Rückwirkungen der Oszillatoren auf den Eingang. Der Eingangsteiler R1 ist ein kontinuierlich veränderbarer Spannungsteiler in π-Schaltung mit einem konstanten Eingangswiderstand von 60 Ω und einem Einstellbereich von 110 dB (Knopf **1** in Bild 10). Mit ihm läßt sich der optimale Aussteuerbereich einstellen (Abschnitt 3.2.).

An den Eingangsteiler schließt sich ein zweistufiger Verstärker mit den Transistoren T101 und T102 an. Die zugehörigen Bandfilter sind auf eine Mittenfrequenz von 21,4 MHz bei einer Bandbreite von 2 MHz abgestimmt. Aus dem letzten Bandfilter wird die Signalspannung induktiv in den Ringmodulator GI101 eingekoppelt, in dem sie mit der Oszillatorspannung gemischt und auf die 1. ZF von 4,3 MHz umgesetzt wird. Die Oszillatorspannung mit einer Frequenz von 25,7 MHz, die je nach eingeschaltetem Darstellbereich um ±0,5 MHz oder ±0,1 MHz und bei erweitertem Darstellbereich um ±1 MHz oder ±0,2 MHz gewobbelt werden kann, wird symmetrisch über die Spule L105 in den Ringmodulator eingekoppelt. Über die Erzeugung der Oszillatorspannung, die Anforderungen an den Wobbelablauf und die Amplitudenkonstanz informiert Abschnitt 4.2.2.

Der dreistufige Verstärker mit den Transistoren T103, T104 und T105 sowie den zugehörigen Bandfiltern ist über L105 an den Ringmodulator angekoppelt und garantiert hohe Spiegelselektion. Die Bandfilter sind auf 4,3 MHz abgestimmt. Über die Spule L110 wird die ZF-Spannung aus dem 1. ZF-Teil ausgekoppelt und gelangt über den Stecker St102.12, die Buchse Bu2.12, das Kabel K6, Bu3.1 und St203.1 in den ZF-Teil II, in dem sie auf die zweite Zwischenfrequenz 300 kHz umgesetzt wird. Die Betriebsspannung für die Transistoren T101 . . . T105 wird über Stecker St102.3, Buchse Bu2.3 und Buchse Bu8. W aus dem Netzteil (St508 II W) zugeführt.

Der Transistor T201 bildet zusammen mit dem Quarz Q201 einen Oszillator, der auf einer Frequenz von 4,6 MHz schwingt. Die von ihm erzeugte Spannung wird über die Spule L201 der über C201 eingekoppelten ZF I überlagert und mit dieser in der Mischstufe (Transistor T205) gemischt. Die dabei entstehende Differenzfrequenz (2. ZF) von 300 kHz durchläuft einen zweistufigen ZF-Verstärker mit einer Bandbreite von 10 kHz. Zwischen die erste und zweite Stufe dieses Verstärkers kann ein dreistufiger ZF-Verstärker mit nur 3 kHz Bandbreite geschaltet werden. Die Mittenfrequenz beider Verstärker liegt bei 300 kHz. Die Bandbreiten entsprechen den an der Frontplatte bei **3** (Bild 10) angeschriebenen Auflösungen.

Der 10-kHz-Verstärker besteht aus den Transistoren T205 – T207 und den drei Bandfiltern mit den Spulen L215 . . . L220. Der 3-kHz-Verstärker enthält die Transistoren T202–T204 und die vier Bandfilter mit den Spulen L203 . . . L210.

Bei einer Auflösung von 10 kHz gelangt die Spannung aus der Mischstufe T205 bei L216 in den 10-kHz-Verstärker. Die Mischprodukte, die außer der Frequenz von 300 kHz noch entstehen, werden durch die Übertragungscharakteristik des Verstärkers genügend unterdrückt. Vom Ausgang der ersten Stufe T206 (Abgriff 4 der Spule L218) wird die Spannung über R232 – R231 – Gl203 – R248 – C245 an den Eingang der zweiten Stufe T207 gebracht. Durch die Abzweigung zwischen R231 und R232 liegt die Spannung auch am Eingang des 3-kHz-Verstärkers. Sie hat aber keine Wirkung, da über den Schalter S4, der bei „Auflösung 10 kHz" die gezeichnete Stellung einnimmt, eine Spannung von – 10 V an der Anode der Diode Gl204 liegt und deshalb die drei Transistoren T202 . . . T204 ohne Betriebsspannung sind. Andererseits liegt die Spannung von – 10 V über R241 – R242 auch an der Katode von Gl203, so daß diese Diode leitend ist und das Signal auf dem vorher beschriebenen Weg in den Eingang der zweiten Stufe des 10-kHz-Verstärkers gelangt. Mit R231 wird die Verstärkung bei 10 kHz Auflösung eingestellt.

Wird der Schalter S4 umgelegt, so kommt an die beiden Dioden Gl203 und Gl204 anstelle von – 10 V eine Spannung von + 20 V. Dadurch wird Gl204 leitend, die Transistoren T202 . . . T204 erhalten ihre Betriebsspannung und der 3-kHz-Verstärker arbeitet. Die HF-Spannung kommt über L218 – R232 – R204 an dessen Eingang. Der andere Weg über Gl203 ist nun wegen der + 20 V an der Katode von Gl203 gesperrt. Vom Ausgang des 3-kHz-Verstärkers (Abgriff 4 der Spule L210) wird die Spannung über R253 – R252 – C251 – R242 – R248 – C245 an den Eingang der zweiten Stufe des 10-kHz-Verstärkers gebracht. Die Verstärkung bei 3-kHz-Auflösung wird mit R253 eingestellt.

Der Ausgang des 10-kHz-Verstärkers ist der Abgriff 4 der Spule L220. Von hier aus wird die Spannung über C250 in die Logarithmierstufe eingespeist. Sie enthält als wichtigste Schaltelemente den Transistor T208 und die Dioden Gl205 – Gl206. Die Spannung am Ausgang dieser Stufe ist eine angenähert logarithmische Funktion der Eingangsspannung am Abgriff 4 von L220. Nach der Logarithmierstufe folgen der Impedanzwandler T209 und ein Verstärker T210 mit dem Resonanzübertrager L222. Die Spannung am Ausgang dieses Übertragers wird von der Diode Gl207 gleichgerichtet und gelangt dann über das Potentiometer R3 in den Y-Verstärker (vertikal) mit den Transistoren T411 – T412. Dort wird sie verstärkt und an die Ablenkplatten 9 und 10 der Katodenstrahlröhre gelegt.

Der Spannungsteiler R459 . . . R464 bezieht seine Oberspannung – 560 V über den Stecker St7L aus dem Netzteil. Mit den drei Potentiometern R459, R461 und R464 werden die verschiedenen Betriebsspannungen der Katodenstrahlröhre und damit Hellig-

keit und Schärfe eingestellt und der Astigmatismus korrigiert. Da eine einmalige Einstellung während der Fertigung genügt, sind die Potentiometer von außen nicht zugänglich.

Während der Dauer des Strahlrücklaufes wird das Signal abgeschaltet und die Nullinie bzw. die Pegellinie geschrieben. Das Abschalten bewirken die beiden Dioden Gl201 und Gl202, die über den Transistor T406 vom Sägezahngenerator (Abschnitt 4.2.3.) gesteuert werden. Während des Strahlvorlaufes liegt der Verzweigungspunkt R228 – R229 – R230 auf einem Potential von +14 V. Die Anode von Gl202 liegt auf +10 V und ist deshalb leitend. An der Katode von Gl201 liegen +1,7 V und sperren die Diode. Über Gl202 gelangt das Signal in den Verstärker. Das Potential des Verzweigungspunktes liegt über St203.5 – Bu3.5 – Bu5.11 – St405.11 am Kollektor des Transistors T406, der während des Strahlvorlaufes gesperrt ist. Für die Dauer des Strahlrücklaufes wird der Transistor T406 leitend, wie das Impulsdiagramm neben T406 zeigt. Dadurch bleibt zwischen Emitter und Kollektor nur eine Restspannung von etwa +0,2 V stehen. Der Kollektor liegt also praktisch auf Massepotential und damit auch die Anode von Gl202 und die Katode von Gl201. Da an der Katode von Gl202 über R237 eine positive Spannung liegt, ist diese Diode gesperrt und das Signal unterbrochen. Gl201 dagegen wird leitend und schließt den ersten Kreis des ersten Bandfilters kurz. Dies ist notwendig, weil mit der Unterbrechung des Signals durch Gl202 auch die Last des ersten Bandfilters abgeschaltet wird. Ohne den Kurzschluß würde infolge der hohen Leerlaufgüte der Bandfilterkreise die durch das Eingangssignal hervorgerufene Spannung am Bandfilter sehr stark ansteigen. Beim Wiederanschalten der Last durch Gl202 müßte dann die im Bandfilter gespeicherte Energie erst abgebaut werden, und dieser Energiestoß würde ein Signal am Anfang des Darstellbereiches vortäuschen.

4.2.2. Oszillator

Zum Umsetzen der Eingangsfrequenz 21,4 MHz auf die ZF von 4,3 MHz im Ringmodulator Gl101 (Abschnitt 4.2.1.) ist eine Spannung mit einer Frequenz von f_{osz} = 21,4 MHz + 4,3 MHz = 25,7 MHz erforderlich. Da das Eingangssignal innerhalb des Darstellbereiches nach Spektralanteilen abgesucht werden muß, wird die Frequenz 25,7 MHz mit entsprechendem Hub gewobbelt.

Diese Spannung erzeugt die Baugruppe „Oszillator", die die Transistoren T301 . . . T307 und die dazugehörige Schaltung enthält. Der eigentliche Oszillator besteht aus dem Transistor T301 und dem frequenzbestimmenden Schwingkreis mit der Wicklung 5 – 6 der Spule L301 und der Kapazitätsdiode Gl301. Über die Wicklung 1 – 2 von L301 wird die gewobbelte HF-Spannung ausgekoppelt.

Die Wobbelung der Oszillatorfrequenz muß mit der Ablenkung des Elektronenstrahls in X-Richtung streng synchron laufen. Deshalb werden sowohl der X-Verstärker als auch der Oszillator vom selben Sägezahngenerator (Abschnitt 4.2.3.) gesteuert. Die Steuerung des Oszillators geschieht auf folgende Weise: Ein Teil der vom Oszillator T301 erzeugten Spannung wird über den Spannungsteiler C307 – C308 in den geregelten Verstärker, der die Transistoren T305 . . . T307 enthält, eingekoppelt. An dessen Aus-

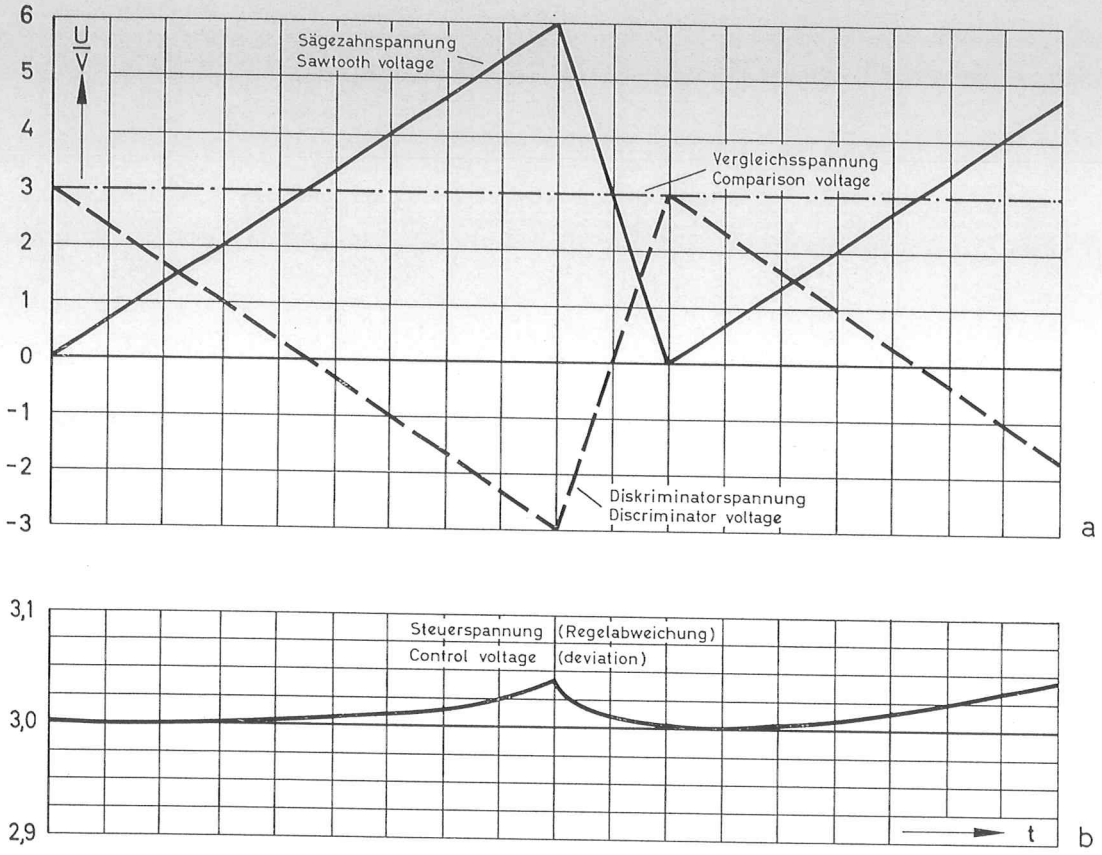


Bild 7. Schematische Darstellung a) des Zusammenhanges zwischen Sägezahn- und Diskriminatorspannung, b) der Steuerspannung (Regelabweichung)

gang befindet sich der Diskriminator L307 . . . L309 – Gl 304 – Gl 305, der an Gl 305 eine frequenzproportionale Gleichspannung zwischen +3 V und – 3 V abgibt. Der Diskriminator ist auf das sich periodisch zwischen 0 V und +6 V ändernde Potential des Sägezahnes bezogen, das zwischen Gl 304 und R351 liegt. An Gl 305 entsteht die Summe aus Diskriminator und Sägezahnspannung, die bei idealem Verlauf und gleichen Anstiegen eine Konstante wäre (Bild 7 a). In der Praxis tritt jedoch eine dem Anstieg proportionale Regelabweichung auf, die als Nachsteuerkriterium dient und im Bild 7b dargestellt ist. Diese Spannung wird über R308 dem Differenzverstärker T302 . . . T303 zugeführt, der sie mit einer konstanten Spannung vergleicht. Eine zwischen Summen- und

Vergleichsspannung bestehende Differenz wirkt auf die Kapazitätsdiode Gl 301 und verändert die Frequenz des Oszillators und dementsprechend auch die Diskriminatorspannung, bis die Differenz auf die unvermeidliche Regelabweichung verringert ist. Da ein Teil der Summenspannung vom Sägezahngenerator stammt und der Oszillator über den Regelkreis stets so nachgeregelt wird, daß die Diskriminatorspannung die Sägezahnspannung zur Summenspannung ergänzt, muß die Frequenzänderung bei linea-

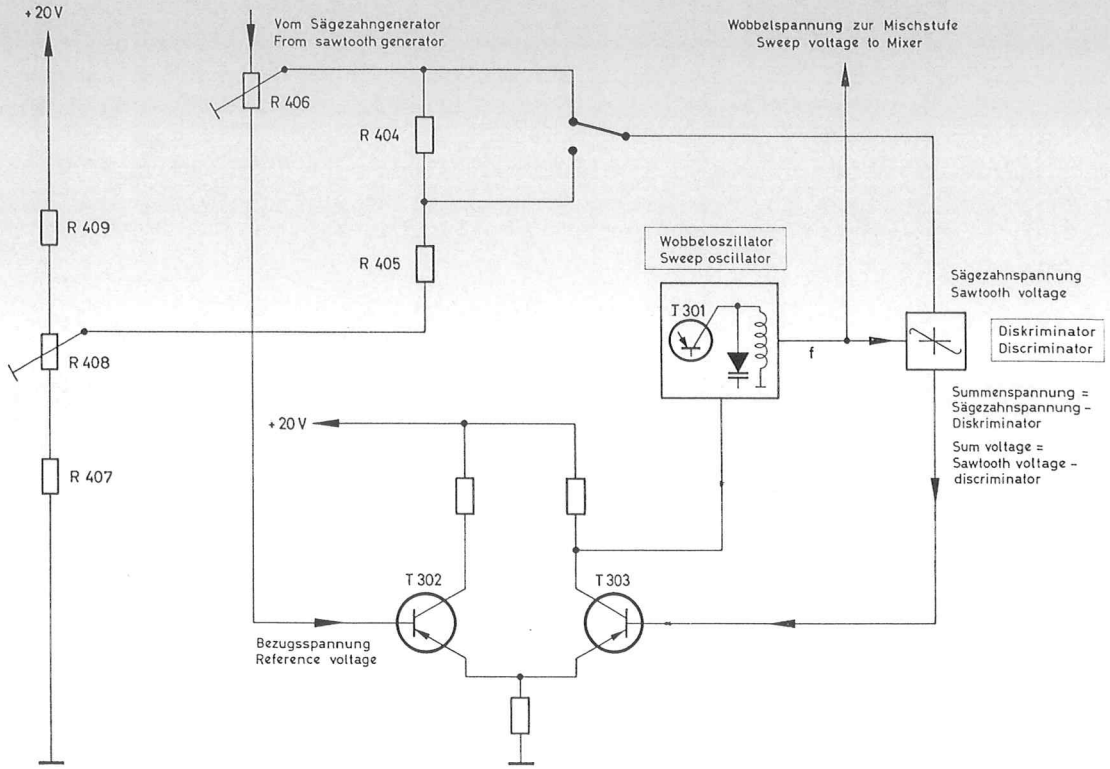


Bild 8. Regelschaltung zum Erzeugen der gewobbelten Oszillatorfrequenz durch die Sägezahnspannung

rem Verlauf der Diskriminatorkennlinie dem Verlauf der Sägezahnspannung proportional sein. Im Bild 8 ist die Regelschaltung im Prinzip wiedergegeben. Die Amplitude des Sägezahnes und damit die Größe des Darstellbereiches kann mit dem Potentiometer R406 geändert werden. Damit eine solche Änderung symmetrisch zur Mitte des Darstellbereiches erfolgt, liegt das kalte Ende des Potentiometers nicht auf 0 V, sondern auf der Bezugsspannung von etwa +3 V.

Das einwandfreie Funktionieren der Frequenzregelung durch die Sägezahnspannung setzt voraus, daß die am Diskriminator entstehende Gleichspannung auch tatsächlich nur von der Frequenz und nicht auch noch von der Amplitude des Oszillators abhängt. Diese Voraussetzung ist durch den geregelten Verstärker mit den Transistoren T305 und

T306 erfüllt. An der Sekundärwicklung des Übertragers L305 liegt die „Meßstelle" in Form einer Gleichrichterschaltung mit Gl 303, R322 und C319, die eine der HF-Amplitude proportionale Gleichspannung an die Basis des Transistors T304 liefert. Dieser als Regelverstärker wirkende Transistor verschiebt seinerseits den Arbeitspunkt von T305 und hält die Amplitude am Ausgang bei C318 konstant. Mit R332 kann die Amplitude der konstanten Ausgangsspannung verändert und damit die Diskriminatorspannung an Gl 305 eingestellt werden.

4.2.3. Sägezahngenerator

Die Sägezahnspannung, die die zeitlineare Ablenkung des Elektronenstrahls und gleichzeitig die damit synchrone Wobbelung der Oszillatorfrequenz bewirkt, wird im Sägezahngenerator erzeugt, der die Transistoren T401 . . . T405 enthält. Während der Anstiegsphase des Sägezahns wird der Kondensator C401 mit eingeprägtem Strom aufgeladen. Die Basis des Transistors T402 wird durch die Zenerdiode Gl 401 auf 8 V festgehalten. Am Emitter stehen etwa 8,3 V, unabhängig davon, wie groß die Sägezahnspannung am Kollektor ist (0 . . . 6 V). der Ladestrom und damit die Anstiegszeit des Sägezahns wird daher nur durch die Widerstände R401 und R402 bestimmt. Der Transistor T402 sorgt dafür, daß der Strom konstant bleibt.

Die Kondensatorladung ist beendet, wenn die Spannung am Kondensator die Zenerspannung von Gl 402 erreicht hat. In diesem Augenblick wird Gl 402 leitend, wodurch der monostabile Multivibrator angestoßen wird. Der Transistor T405 wird leitend, die Spannung am Kollektor ändert sich sprunghaft von – 9 V auf – 0,5 V. Dieser Impuls wird über R411 der Basis des Transistors T403 zugeführt, der dadurch ebenfalls leitend wird. Nun kann sich der Kondensator C401 über den sehr niederohmigen Widerstand R412 und den Transistor-Innenwiderstand entladen (Strahlrücklauf).

4.2.4. Pegellinie

Die Pegellinie wird während des Strahlrücklaufes geschrieben. In dieser Zeit ist das ZF-Signal durch Gl 202 gesperrt (Abschnitt 4.2.1.). Es ist also ein anderes 300-kHz-Signal erforderlich, das hinter Gl 202 in den Emitter des Transistors T206 eingekoppelt wird. Dieses 300-kHz-Signal erzeugt ein Oszillator, der aus dem Transistor T310 und dem Schwingkreis L311 – C331 besteht. T309 ist Teil einer Trennstufe und zugleich Impedanzwandler. T308 wirkt als Schalter für die Diode Gl 306, über die das 300-kHz-Signal während der Rücklaufphase an den Emitter von T206 gelangt. Während der Vorlaufphase wird Gl 306 durch T308 gesperrt. T308 wird vom monostabilen Multivibrator T404 – T405 gesteuert.

Die Amplitude des 300-kHz-Signals und damit die Höhe der Pegellinie kann mit dem Potentiometer R344 und mit dem Eichteiler R2 eingestellt werden. Das ungeeichte Potentiometer R344 dient zum Voreinstellen der Pegellinie, der geeichte Widerstand R2 zum Messen. Da das Pegelliniensignal ab T207 denselben Weg durchläuft wie das ZF-Signal, wirken sich eventuell vorhandene Verzerrungen, wie sie in der Logarithmierstufe (Abschnitt 4.2.1.) auftreten können (z. B. kein streng logarithmischer Verlauf) auf beide Signale in gleicher Weise aus. Damit ist die Meßgenauigkeit nur noch von der Genauigkeit der Eichung von R2 abhängig.

4.2.5. Frequenzmarken

Die Frequenzmarken werden im Markengenerator T106 . . . T108 erzeugt und über C112 in den Emitter von T102 und damit in den Signalweg eingekoppelt. Der Transistor T107 erzeugt eine vom Quarz Q101 bestimmte Frequenz von 21,4 MHz, die über den Transistor T108 und die Spule L121 an C112 gelangt, solange T108 leitend ist. T108 wird entweder mit 100 kHz oder 500 kHz kurzzeitig mit steiler Flanke aufgetastet, so daß eine große Anzahl von Modulationsseitenbandpaaren entsteht. Dieses Spektrum wird auf dem Bildschirm als Markenzaun sichtbar, bei dem der Träger als größte auftretende Marke die Bandmitte (21,4 MHz) markiert.

Die Tastfrequenz von 100 kHz bzw. 500 kHz liefert der Oszillator T106. Die Umschaltung von 100 kHz auf 500 kHz geschieht mit dem Schalter S2A. Bei 100 kHz ist nur die Spule L116 wirksam, bei 500 kHz ist L117 über S2A parallelgeschaltet. Über den Schalter S2B wird der notwendige Betriebsstrom für die Markenoszillatoren aus dem Netzteil zugeführt.

4.2.6. **Netzteil** (hierzu Stromlauf Teil 2)

Der Netztransformator Tr501 hat sekundärseitig sechs Wicklungen, aus denen alle Baugruppen des Gerätes mit den notwendigen Betriebsspannungen und -strömen versorgt werden.

Wicklung 2 – 3: Die in dieser Wicklung induzierte Spannung wird von Gl 503 . . . Gl 506 gleichgerichtet und von der Regelschaltung mit den Transistoren T501 – T502 – T530 konstant gehalten. Sie versorgt die meisten Transistoren. Die Regelschaltung ist kurzschluß- und überlastungssicher.

Wicklung 4 – 5: Die Spannung dieser Wicklung wird von Gl 507 . . . Gl 510 gleichgerichtet und mit der Zenerdiode Gl 501 auf – 10 V stabilisiert. Sie ist die Betriebsspannung für die Transistoren des Sägezahngenerators, eine der beiden Schaltspannungen für die Umschaltung der Bandbreite (Auflösung) und die Schaltspannung für die Pegellinie (Abschnitt 4.2.1. und 4.2.4.).

Wicklung 6 – 7: Diese Wicklung liefert über die Spannungsverdopplerschaltung Gl 520– Gl 521 – C522 – C523 eine Gleichspannung von – 70 V für den X- und Y-Verstärker.

Wicklung 9 – 10: Diese Wicklung erzeugt die Heizspannung für die Katodenstrahlröhre. Der Kontakt al des Relais RsA nimmt bei Netzbetrieb die im Stromlauf gezeichnete Lage ein. Bei Batteriebetrieb zieht das Relais RsA und legt den Kontakt al um. Dadurch werden die Widerstände R530 – R531 dem Heizfaden der Röhre in Serie geschaltet. Diese Maßnahme verhindert eine Überheizung der Katodenstrahlröhre bei Batteriebetrieb, weil dabei eine Rechteckspannung auftritt, deren Effektivwert naturgemäß höher ist als der der Sinusspannung bei Netzbetrieb.

Wicklungen 11 – 12: Diese Wicklung versorgt über die Spannungsverdopplerschaltung Gl 522 – Gl 523 – C524 – C525 die Katode der Katodenstrahlröhre mit einem Potential von etwa – 500 V.

Wicklung 13 – 14: Über die Spannungsverdopplerschaltung Gl 512 – Gl 513 – C506 – C507 erzeugt diese Wicklung eine Spannung von +1200 V für die Nachbeschleunigungselektrode der Katodenstrahlröhre.

Primärseitig trägt der Netztransformator zwei Wicklungen, eine für Netz- und eine für Batteriebetrieb. Welche der beiden Wicklungen eingeschaltet wird, bestimmt das Kabel, das den Netztransformator mit der Stromversorgung verbindet. Das Kabel K11 dient zum Anschließen an eine Batterie, das Kabel K10 zum Anschließen an das Netz.

Die Netzwicklung des Transformators ist so mit drei Abgriffen versehen, daß er an die Netzspannungen 115, 125, 220 oder 235 V angeschlossen werden kann, nachdem die Lasche S501I in die entsprechende Stellung gebracht ist.

Bei Batteriebetrieb bildet der Netztransformator Tr501 zusammen mit dem Hilfstransformator Tr502 und den Transistoren T531 und T532 einen Wandler, der die Batteriespannung in eine rechteckförmige Wechselspannung umformt. Die Steuerung der Transistoren erfolgt durch magnetische Sättigung des Hilfstransformators.

Mit den Laschen S501II und S501III kann auf eine Batteriespannung von 12 V oder 24 V umgeschaltet werden. Der Kontakt all schützt die Transistoren T531 und T532 vor falscher Polung der Batterie. Der Wandler beginnt erst zu arbeiten, wenn all geschlossen ist, d. h., wenn das Relais RsA gezogen hat. Dies kann aber nur dann der Fall sein, wenn die Batterie richtig gepolt ist, da bei falscher Polung Gl 530 ein Anziehen von RsA unterbindet. Das Relais RsA betätigt auch den Kontakt al in der Heizleitung der Katodenstrahlröhre (siehe oben).

Eine Beschädigung von T531 und T532 durch Spannungen, die bei Netzbetrieb in der Batteriewicklung induziert werden, ist dadurch verhindert, daß im Netzkabel K10 die Brücken von .4 nach .7 und von .5 nach .6 fehlen. Dadurch ist die Schaltung an mehreren Stellen unterbrochen und ein Stromfluß nicht möglich.

5. Wartung

Der Panoramazusatz ESUP ist ausschließlich mit Transistoren und Kristalldioden bestückt. Die einzige Röhre, die das Gerät enthält, ist die Katodenstrahlröhre, auf deren Schirm das Spektrum abgebildet wird. Da Transistoren bekanntlich eine überaus lange Lebensdauer haben und deshalb kaum jemals ausgewechselt werden müssen, bedarf das Gerät praktisch überhaupt keiner Wartung. Lediglich die Katodenstrahlröhre kann nach entsprechend langer Betriebsdauer defekt werden oder zu sehr gealtert sein. Man wechselt sie dann gegen eine Röhre gleicher Type aus. Hierzu nimmt man den Geräteeinschub aus dem Gehäuse, zieht den Röhrensockel nach hinten ab, entfernt die Spannschelle und nimmt die Röhre heraus.

Nach dem Einsetzen einer neuen Röhre kann unter Umständen die Schärfe und die Helligkeit einer Korrektur bedürfen. Auch kann Astigmatismus auftreten. Die Helligkeit wird mit dem Drehwiderstand R464, die Schärfe mit R461 und der Astigmatismus mit R459 eingestellt. Diese drei Widerstände sind im Bild 11 zu sehen. Die Helligkeit soll so eingestellt werden, daß sich das Bild unter normalen äußeren Beleuchtungsverhältnissen gut erkennen läßt. Eine unnötig große Helligkeit sollte im Interesse der Lebensdauer des Bildschirmes vermieden werden. Zur Einstellung der Schärfe ist es zweckmäßig, die Frequenzmarken und die Pegellinie einzublenden und dann an R461 zu drehen, bis die höchste Schärfe erreicht ist. Ist die waagrechte Pegellinie schärfer als die senkrechten Frequenzmarken oder umgekehrt, so liegt Astigmatismus vor. Das ist ein Fehler, bei dem ein Punkt, in diesem Fall der Katodenstrahl, nicht als Punkt, sondern als sehr kurzer senkrechter oder waagrechter Strich abgebildet wird. Der Fehler kann mit R459 korrigiert werden. R459 wird so gedreht, daß auch die breitere Linie auf dieselbe Stärke wie die schmale zusammenschrumpft. Es ist zweckmäßig, Schärfe und Astigmatismus wechselweise einzustellen, bis die optimale Schärfe der Frequenzmarken und der Pegellinie erreicht ist.