



ROHDE & SCHWARZ

Unternehmensbereich
Rundfunk- und Fernsehtechnik

Beschreibung

VHF-FM VERSTÄRKER 1,5 KW

VU 315

681.6516

1 Eigenschaften

1.1 Anwendung

Der VHF-Verstärker VU 315 dient in UKW-FM-Sendern zur Erzeugung der nominellen Ausgangsleistung von 1500 W im Frequenzbereich 87,5 bis 108 MHz. Die dabei erforderliche Steuerleistung beträgt etwa 2 bis 3 W. Die auftretende Verlustwärme wird über einen Kühlkörper und geführte Luft abgeleitet.

1.2 Arbeitsweise und Aufbau

Hierzu Funktionsstromlauf 681.6515 FS

Die Ausgangsleistung wird in acht Gegentaktverstärkerstufen mit je 200 W, die über Koppelnetzwerke parallelgeschaltet sind, erzeugt. Jeweils vier dieser Stufen werden von einem 120-W-Gegentaktvorverstärker angesteuert. Die beiden Vorverstärker erhalten ihre Steuerleistung von der 30-W-Treiberstufe. Die zwei Vor- und acht Endverstärker sind mit Transistoren des gleichen Typs bestückt.

Die Transistoren arbeiten breitbandig im C-Betrieb, so daß kein Abgleich bei Frequenzwechsel erforderlich ist. Die RF-Transistoren, die Absorberwiderstände der Koppelnetzwerke und das Leistungsdämpfungsglied am Eingang sind auf einen Kühlkörper montiert. Die elektrische Verbindung der RF-Transistoren zu den Leiterplatten geschieht über großflächige, vergoldete und unter Federdruck stehende Kontakte, so daß ein Transistorwechsel in kürzester Zeit ohne Lötarbeiten möglich ist. Ein nachfolgender Abgleich ist nicht erforderlich. Die Gegentaktendverstärker und die Vorverstärker lassen sich einzeln durch Auftrennen von Lötbrücken aus dem Verstärkerverband abtrennen und separat ansteuern sowie an einer entsprechenden 50- Ω -Last prüfen.

Von den acht Endverstärkern sind jeweils zwei auf einer gemeinsamen Platine untergebracht. Die beiden Vorverstärker und der Treiberverstärker sind jeweils auf einer eigenen Platine aufgebaut. Elektrisch werden jeweils zwei Gegentaktverstärker über einen 180°-Koppler und zwei Endstufenplatinen wiederum über einen 180°-Koppler zusammengeschaltet. Beide Hälften mit jeweils 750 W Nennleistung werden über einen 0°-Koppler zu 1500 W zusammengeführt. Die Aufteilung der Steuerleistung auf die einzelnen Stufen geschieht nach dem gleichen Prinzip. Der Meßrichtkoppler am Verstärkerausgang liefert eine RF-Spannung für die Meßbuchse an der Frontplatte des Verstärkers.

Der im Einschub untergebrachte Überwacher erhält Meßspannungen für die Betriebsströme der RF-Transistoren, eine Referenzspannung von der Einschaltsteuerung des Senders gemäß der eingestellten Sollausgangsleistung sowie Meßspannungen, die der Vor- und Rücklaufleistung proportional sind. Bei Übertemperatur des Kühlkörpers oder bei zu hoher Reflexion ($V_{SWR} > 1,5$) wird die RF-Leistung reduziert und gleichzeitig Störung gemeldet. Diese Kriterien werden teils miteinander verknüpft und mit eingestellten Schwellenwerten verglichen, teils zur Anzeige verwendet. Bei Fehlfunktionen gelangt eine entsprechende Meldung an die Einschaltsteuerung des Senders.

Die rückwärtigen Anschlüsse, wie Stromversorgung, Melde- und Steuerleitungen, RF-Ansteuerung, werden im Sendergestell über automatische Steckverbindungen hergestellt.

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

1.3 Technische Daten

Weitere Daten siehe Rahmenbeschreibung zum Sender.

Frequenzbereich	87,5...108 MHz
Nennausgangsleistung	1500 W
Nennlastwiderstand	50 Ω
RF-Meßstelle am Ausgang	3...5 V/50 Ω
Steuerleistung	2...3 W
Betriebsspannung	20...28 V =
Leistungsaufnahme	ca. 2200 W (typ.)
Betriebsspannungen für den Überwacher	12 V

2 Betriebsvorbereitung und Bedienung

2.1 Betriebsvorbereitung

Nach dem Einschieben in das Kastengestell und Anschließen des RF- Ausgangs an der Frontplatte des Verstärkers ist dieser betriebsbereit. Die Einschaltung geschieht über die Bedienelemente der Einschaltsteuerung. Die Anzeigespannungen und Schaltschwellen im Überwacher können erst innerhalb des Senders nach dem Einschalten eingestellt werden.



Achtung! Wichtiger Hinweis! Bei Ansprechen einer der Sicherungen F1 - F11 (25 A / T) ist vor dem Sicherungswechsel der entsprechende Verstärkerblock zu prüfen!

2.2 Bedienung

Während des normalen Betriebs sind keine laufenden Bedienungsmaßnahmen erforderlich.

Mit dem Meßstellenschalter an der Frontplatte lassen sich die Betriebsströme der RF-Transistoren, die Aussteuerung der geregelten einstufigen Treiberstufe sowie die Vor- und Rücklaufspannungen kontrollieren.

Die Versorgungsspannung für den Verstärker ist fest und läßt sich mit Hilfe von Anzapfungen an der Primärseite des Netztransformators einstellen.

Bei etwa 2,5 W Steuerleistung, einer Betriebsspannung von 24 V und 1500 W Ausgangsleistung stellt sich für jedes Gegentakttransistorpaar in der Endstufe ein Strom von etwa $I_{E1...E8} = 10,5...12$ A ein. Der Strom einer Vorverstärkerstufe liegt bei $I_{V1/V2} = 7...8$ A. Der Strom der Eintakttreiberstufe wird nicht angezeigt. Die RF-Vorlaufspannung beträgt etwa 274 V; die Rücklaufspannung hängt von der Fehlanpassung am Verstärkerausgang ab. Hier gilt:

$$VSWR = \frac{U_{Vor} + U_{Rück}}{U_{Vor} - U_{Rück}}$$

An der Richtkopplermeßstelle liegt bei 1500 W Ausgangsleistung eine RF-Spannung $U_{eff} = 3...5$ V/50 Ω . Wird die voreingestellte Schwelle der RF-Ausgangsleistung unterschritten, leuchtet eine Störungsanzeige. Hat die Temperaturüberwachung angesprochen, erkennbar am Aufleuchten der entsprechenden Störungsanzeige, kann die Rückstellung durch Drücken der Löschtaaste nach Beseitigung der Störung vorgenommen werden.

Zu Servicezwecken kann jeder Verstärkermodul ohne Unterbrechung der RF-Abstrahlung der Sendeanlage leistungsfrei geschaltet werden. Hierzu wird ein Kippschalter betätigt und der Verstärker nach Lösen der Ausfallsicherung aus dem Gestell gezogen. Die Freischaltung wird am Verstärkermodul durch eine Leuchtdiode angezeigt.

Eine weitere Taste dient zur Funktionskontrolle der Leuchtdioden an der Frontplatte.

3 Funktionsbeschreibung

Hierzu Funktionsstromlauf 681.6516 FS

3.1 VHF-Verstärker 30 W

Hierzu Stromlauf 681.7864 S

Die am Eingang zugeführte Steuerleistung gelangt über das 3-dB- Dämpfungsglied R1 an den Eingang des Verstärkers. Zwei 4:1-Leitungstransformatoren und eine LC-Anpassungsschaltung transformieren den Eingangswiderstand des Treibertransistors V1 auf 50Ω . Die Schaltung mit L105...L107 und C108...C112 auf der Kollektorseite transformiert den Lastwiderstand. C113, C114 trennen die Versorgungsspannung vom Verstärkerausgang. Das LC-Glied L104, C115 mit R102, R103 verhindert parasitäre Schwingungen.

Die Ausgangsleistung des gesamten 1500-W-Verstärkers wird über die Treiberleistung des Verstärkers V1 geregelt. Hierzu gelangt vom Überwacher eine Regelspannung an den Eingang X4.6. Der Ausgang N1.6 des Verstärkers N1 steuert den Spannungsregler N101 und damit die Versorgungsspannung für V1.

Zur Regelung der Versorgungsspannung von V1 auf nahe 0 V liegt an X4.1 eine Spannung von -12 V, die an N1.4 auf ca. -2 V begrenzt wird. Bei Ausfall der Hilfsspannung von -12 V leitet V104 und steuert über V106 und N101.1 den Spannungsregler zu. V102, V103, V105 begrenzen die Versorgungsspannung von N1.

Bei zu hoher Versorgungsspannung ($U > 33 \text{ V}$) des Gesamtverstärkers leitet V111, und N1.6 steuert den Spannungsregler zu. Durch Sperren der Versorgungsspannung von N1 erhält der Endverstärker keine Steuerleistung und bleibt somit geschützt.

3.2 VHF-Verstärker 120 W

Hierzu Stromlauf 681.7764 S

Die RF-Steuerleistung gelangt über BR301 und die Umsymmetrierleitung W303 an den 4:1-Leitungstransformator, bestehend aus W305, W307.

C313, C317, L321 und C315, C319, L323 kompensieren den Frequenzgang der Anpassungsschaltung. Die nachfolgenden LC-Schaltungen dienen zur weiteren Transformation der Transistoreingangswiderstände. Die RF-Spannung über C321, C323 ist symmetrisch gegen Massepotential.

Über die Kondensatoren von der Basis der Leistungstransistoren gegen Masse wird die Mitte der RF-Steuerspannung auf Massepotential gelegt. Die beiden Emitter liegen ebenfalls auf Masse. Obige Potentialfestlegung bewirkt eine Halbierung sowie zwei gegeneinander um 180° gedrehte Steuerspannungen.

Der Ausgangswiderstand der Gegentakttransistoren wird über die nachfolgende Anpassungsschaltung und den 1:4-Leitungstransformator W309, W311 auf 50Ω transformiert. L339, C345, C349 sowie L341, C347, C351 kompensieren den Frequenzgang. R311, R313 im Eingang sowie L333, C337, R315 und L335, C339, R317 im Kollektorkreis verhindern parasitäre Schwingungen der Stufe. Über W313 steht die RF-Spannung am Ausgang unsymmetrisch zur Verfügung.

Durch Auftrennen der Brücken BR301 und BR303 läßt sich der Verstärker aus dem gesamten Verband freischalten und separat testen. Die Steuerleistung kann über die Meßbuchse X1 zugeführt und die Ausgangsleistung über die Meßbuchse X2 auf einen $50\text{-}\Omega$ -Lastwiderstand geführt werden.

3.3 VHF-Verstärker 2 x 200 W

Hierzu Stromlauf 681.7787 S

Der Verstärker besteht aus zwei parallelgeschalteten Gegentaktstufen, die auf gleiche Weise aufgebaut sind wie die 120-W-Stufe. Deren Funktion ist im Abschnitt 3.2 beschrieben.

Die RF-Steuerleistung gelangt über eine 25- Ω -Umsymmetrierleitung an die Platine. Der 180°-Leistungsteiler W301, W302 mit gleichzeitiger 1:2 Transformation teilt die Leistung auf beide 200-W-Verstärker auf. L345, C303, C304, C364, C365 kompensieren den Frequenzgang. Der 25- Ω -Absorberwiderstand verbessert die Anpassung am Eingang der Platine bei Fehlanpassung einer 200-W-Stufe. Die RF-Spannung am Eingang von W303 ist gegenüber der an W304 um 180° in der Phase verschoben.

Die Ausgangsleistungen der beiden 200-W-Stufen an W313 und W314 werden im 180°-Leistungskoppler W315, W316 addiert. L346, C366, C367, C368 sowie C361 und C362 kompensieren den Frequenzgang.

Der 25- Ω -Absorber verhindert bei Ausfall einer 200-W-Stufe eine Fehlanpassung der intakten Stufe. Bei Totalausfall einer Stufe nimmt der Absorber maximal die Hälfte der noch verbleibenden Leistung auf.

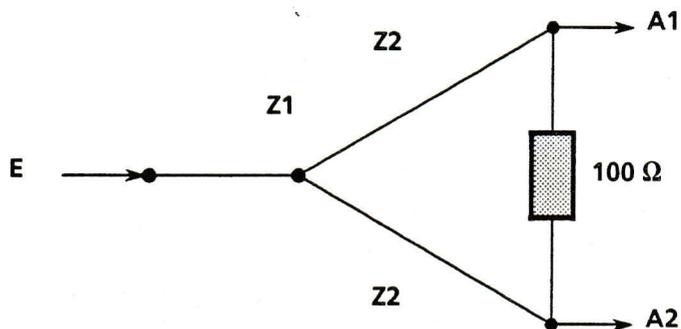
Die RF-Summenleistung wird über eine 25- Ω -Umsymmetrierleitung an einen weiteren Leistungskoppler geführt.

3.4 VHF-Koppler

3.4.1 VHF-Koppler 50 W

Hierzu Stromlauf 681.7912 S

Der Koppler teilt die Treiberleistung des 30-W-Verstärkers auf die beiden 120-W-Vorverstärker auf. Er ist ein 0°-Koppler, d.h. die beiden Ausgangsspannungen an A1 und A2 weisen gleiche Phasenlage auf.



Die Leistungsaufteilung geschieht mit zwei kaskadierten $\lambda/4$ -Kupferrohrleitungen mit gestaffeltem Wellenwiderstand. Z1 und Z2 werden durch kapazitiv verkürzte 50- Ω - bzw. 75- Ω -Leitungen realisiert. Bei ungleichem Abschluß an A1 und A2 gelangt ein Teil der Leistung in den Lastausgleichswiderstand. Zur Abstimmung des Wellenwiderstandes und der Leitungslänge dienen Trimmkondensatoren und Leitungsbügel.

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

Technische Daten:

Frequenzbereich	87,5...108 MHz
Eingangswiderstand	50 Ω, VSWR < 1,06
bei 50-Ω-Abschluß an A1, A2	
Durchgangsdämpfung	< 0,2 dB

3.4.2 Ein-/Ausgangskoppler

Hierzu Stromlauf 681.6768 S sowie 681.6516 FS

Der im Stromlauf unten dargestellte Eingangskoppler teilt die Steuerleistung des 120-W-Vorverstärkers auf je zwei Endstufen auf. Der Ausgangskoppler führt die Ausgangsleistungen von je zwei Endstufen zu einer Nennleistung von 750 W zusammen. Aus praktischen Gründen wird der Ausgang jeder Endstufe über zwei parallele Leitungen an den Koppler geführt.

Ein- und Ausgangskoppler stellen 180 °-Koppler dar, d.h. nach Teilung der Leistung im Eingangskoppler sind die beiden Ausgangsspannungen gegenphasig, und bei Addition zweier Leistungen im Ausgangskoppler müssen die beiden Eingangsspannungen gegenphasig sein.

Bei Ausfall eines 200-W-Verstärkers liegen für die übrigen Stufen unveränderte Anpassungsbedingungen vor; die einzelnen Teilleistungen bleiben gleich. Da in einem solchen Fall jedoch die Spannungssymmetrie zwischen zwei 200-W-Verstärkern gestört ist, wird im zugehörigen Absorber (z.B. R3, R7, R6, R10) ein Teil der Leistung verbraucht. Gleiches gilt für zwei Platinen 2 x 200 W mit den entsprechenden Absorbern R11, R14.

Bei Ausfall von Transistoren verringert sich die verfügbare Leistung am Verstärkerausgang auf:

$$P = P_0 \left\{ \frac{m-n^2}{n} \right\}$$

P	= verfügbare Leistung
P ₀	= Nennleistung
m	= Gesamtzahl der Transistorpaare (hier m = 8)
n	= Anzahl der ausgefallenen Transistorpaare

3.4.3 VHF-Koppler 1500 W

Hierzu Stromlauf 681.6515 FS

Der Leistungskoppler addiert die Teilleistungen zur Nennausgangsleistung von 1500 W. Er ist ein 0 °-Koppler, d.h. die Spannungen an den Einzeltoren weisen gleiche Phasenlage auf. Die Teilleistungen werden über W4, W5 zugeführt. Der Koppler ist aus den Leitungen W2, W3 und W1 aufgebaut. Die Platine A12 enthält Trimmkondensatoren zur Widerstandsanpassung. Der Absorber R15 sorgt für gute Entkopplung der Verstärker.

Technische Daten:

Frequenzbereich	87,5...108 MHz
Eingangswiderstand	50 Ω, VSWR < 1,06
Durchgangsdämpfung	< 0,15 dB
Entkopplung bei 50 Ω Abschluß am Summentor	> 20 dB

3.5 Meßrichtkoppler

Hierzu Stromläufe 681.7558 S und 544.9914 S

Der Meßrichtkoppler enthält zwei getrennte Systeme. Ein System liefert eine der Vorlaufleistung proportionale RF-Spannung, die mit Hilfe der Widerstandskombination R21...R25 einstellbar ist (0,5...1 V bzw. 3...5 V). Die Koppelleitung ist mit R20, C9 abgeschlossen.

Das zweite System gibt je eine der Vor- und Rücklaufleistung proportionale RF-Spannung ab. Die Koppelleitungen sind mit 50 Ω abgeschlossen und auf ein optimales Richtverhältnis abgeglichen.

Die RF-Spannungen werden mit den vorgespannten Dioden GL1, GL3 gleichgerichtet. C3, C4 kompensieren den Frequenzgang. Die gleichgerichteten Spannungen gelangen jeweils an ein System des Verstärkers B1. GL2 und GL4 dienen zur Temperaturkompensation. Mit einer Verstärkung von 1 stellt der Differenzverstärker B1 an den Anschlüssen 1 und 2 der Platine jeweils eine der Rücklauf- und der Vorlaufleistung proportionale Gleichspannung zur Verfügung.

3.6 Überwacher

Hierzu Stromlauf 681.6939 S

Der Regelverstärker zur Regelung und Begrenzung der RF-Ausgangsleistung bei Netzspannungsschwankungen sowie die Verstärkerschutzeinrichtungen, Temperaturschutz und Leistungsrückregelung bei Fehlanpassung, arbeiten auf die gemeinsame Leitung X1.9. Die hier liegende Regelspannung steuert die Versorgungsspannung des 30-W-Verstärkers und somit die Treiberleistung.

Regelung und Anzeige Vorlaufleistung:

Die vom Vorlaufsystem des Meßrichtkopplers abgegebene, gleichgerichtete Spannung gelangt an N2.1 und wird verstärkt an den invertierenden Eingang N2.14 gelegt. Am nichtinvertierenden Eingang N2.13 liegt die der Sollausgangsleistung proportionale Referenzspannung von der Einschaltsteuerung. Der Ausgang N2.12 des Regelverstärkers steuert über X1.9 die Versorgungsspannung des 30-W-Verstärkers und somit die Treiberleistung und die Gesamtausgangsleistung.

Unterschreitet die Ausgangsleistung den mit R50 eingestellten Schwellenwert, spricht der Komparator N2.10 an. Die Anzeige H3 "RF-Störung" leuchtet; über X1.2 wird die Störungsmeldung an die Einschaltsteuerung abgegeben. Über R57, R56, S3, K2 gelangt die Spannung an das Instrument P1 zur Anzeige der Vorlaufspannung.

Regelung und Anzeige Rücklaufleistung:

Die vom Rücklaufsystem des Meßrichtkopplers abgegebene, gleichgerichtete Spannung gelangt an N2.6 und wird verstärkt an den invertierenden Eingang N1.14 gelegt. Da der Rückregelverstärker N1.12 erst ab einem VSWR > 1,5 (= 60 W Rücklaufleistung) auf die Regelleitung wirken soll, wird an N1.14 eine negative, mit R47 einstellbare Spannung addiert. Der Komparator N1.4 erregt die Leuchtdiode H1, die Störung "VSWR > 1,5" anzeigt.

Bei einer plötzlich auftretenden Fehlanpassung (VSWR > 1,8) spricht der Komparator N1.10 an. Die Ansprechschwelle ist mit R32 einstellbar. Mit "L" an X1.14 wird über die Einschaltsteuerung sofort der Träger gesperrt und gleichzeitig die Referenzspannung für die Regelung der Vorlaufleistung zurückgenommen. Nach etwa 5 s gibt die Einschaltsteuerung den RF-Träger wieder frei.

Die Referenzspannung an X1.3 steigt langsam an, so daß N2.12 die Vorlaufleistung langsam hochregelt. Erreicht die Rücklaufleistung etwa 60 W, verhindert N1.12 über V38 ein weiteres Ansteigen der Vorlaufleistung.

Über N2.4, R36, R35, S3, K2 gelangt die Spannung an das Instrument zur Anzeige der Rücklaufspannung.

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

Temperaturüberwachung:

Der Heißleiter R20 mißt die Kühlkörpertemperatur des Verstärkers VU 315. Die negative Spannung an R20, R7 und die positive Spannung an R30, R66, R67 werden über R28, R29 am invertierenden Eingang N1.1 addiert. Überschreitet die Kühlkörpertemperatur etwa + 80 °C, vermindert N1.3 über V31 die Regelspannung auf einen Wert $U < + 10$ V. Bei einem weiteren Anstieg der Temperatur auf etwa + 90 °C wird die Regelspannung bis auf 0 V reduziert. Durch Rückregelung der Treiberleistung des 30-W-Verstärkers wird die Vorlaufleistung des Gesamtverstärkers, und somit die Verlustleistung, reduziert. Erreicht die Kühlkörpertemperatur etwa + 85 °C, leitet V51; der Schalttransistor V3 legt + 12 V an die Wicklung 2-3 des Relais K1. Der Kontakt K1.1-4 schließt und gibt die Störungsmeldung an die Einschaltsteuerung ab. Gleichzeitig leuchtet die Störungsanzeige H2. Sinkt die Kühlkörpertemperatur unter + 80 °C, läßt sich die Störungseinspeicherung durch Drücken der Taste S4 wieder löschen.

Strommessung:

Über X1.1...10 und X1.12 werden Meßspannungen zugeführt, die den Strömen der acht Transistorpaare der Endstufen und der zwei Transistorpaare der Vorstufen proportional sind.

Abschalten des Verstärkers:

Für Servicezwecke und zur Entnahme eines Verstärkers aus dem Sendergestell läßt sich der Verstärker mit S1 leistungslos schalten. S1.1 schließt die Referenzspannung an N2.13 kurz, so daß die Regelspannung zur Leistungsregelung auf 0 V sinkt. S1.2 schaltet die LED H4 zur Anzeige des anormalen Betriebszustandes ein.

Anzeigenkontrollen:

Durch Drücken der Taste S5 kann die Funktion aller Leuchtdioden am Verstärker geprüft werden.

4 Wartung, Instandsetzung, Abgleich

4.1 Erforderliche Meßgeräte und Hilfsmittel

Leistungsmeßsender 20...500 MHz	SMS
Leistungs- und Reflexionsmesser	NAP
HF-DC-Millivoltmeter mit Durchgangskopf	URV
Frequenzmesser	
Impedanzwobbler	ZWA
Spektrumanalysator	
Dämpfungsglied 40 dB/ 300 W	RBS
Abschlußwiderstand 1 W/50 Ω	RMC
Wärmeleitpaste	

4.2 Wartung, Instandsetzung

4.2.1 VHF-Verstärker

Bei zu geringer Ausgangsleistung können am Instrument der Frontplatte die Betriebswerte geprüft werden. Bei ausreichend hoher Steuerleistung müssen die Ströme der Gegentakttransistorpaare die im Abschnitt 4.3 angegebenen Werte aufweisen. Ein Transistorausfall ist am fehlenden Kollektorstrom I_{V1} , I_{V2} , I_{E1} ... I_{E8} erkennbar.

Beim Austausch eines der RF-Transistoren ist wie folgt vorzugehen.

- * Zwei Schrauben lösen und Druckteil abnehmen.
- * Zwei weitere Schrauben M3 (mit kleinem Kopf), die den Transistorflansch halten, herausdrehen.
- * Bei Gegentaktstufen beide Transistoren ausbauen und mit einem Ohmmeter Diodenstrecken durchmessen. Werte mit einem neuen Transistor vergleichen.
- * Vor dem Einsetzen eines neuen Transistors alte Wärmeleitpaste vom Kühlkörper entfernen und Kontaktfläche sowie Transistorfahnen mit Alkohol reinigen. Die Transistoranschlüsse müssen plan sein; gegebenenfalls ausrichten.
- * Transistorboden mit einer sehr dünnen Schicht Wärmeleitpaste einstreichen. Transistor einsetzen und festschrauben; Druckteil befestigen.

Ein Abgleich nach dem Transistorwechsel ist nicht erforderlich.

Beim Austausch eines anderen Bauteils ist stets ein solches vom gleichen Typ zu verwenden, das in gleicher Weise und genau an der gleichen Stelle eingesetzt wird wie das schadhafte. Auch dann wird in der Regel kein Neuabgleich des Verstärkers notwendig sein.

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

Wird ein Verstärker über Adapterkabel außerhalb des Sendergestells betrieben, sollte der Kühlkörper mit einem Lüfter angeblasen werden.

Der 30-W-Verstärker, die 120-W-Stufen und die 200-W-Stufen können einzeln und vom übrigen Verstärkerverband getrennt betrieben und geprüft werden.

Beim 30-W-Verstärker geschieht die Ansteuerung über die Buchse X4 an der Geräterückseite. Der RF-Ausgang läßt sich über eine BNC-Trennstelle von Kabel W23 separat auf einen 50- Ω -Lastwiderstand schalten.

Die 120-W- und die 200-W-Stufen lassen sich durch Auftrennen von Lötbrücken an den Ein- und Ausgängen freischalten. Hier befinden sich Meßbuchsen (SMC), über die jede Stufe angesteuert und abgeschlossen werden kann. Typische Meßwerte sind dem Abschnitt 4.3 zu entnehmen.

Zum Schutz der Leiterbahnen gegen Kurzschlüsse ist jedem Verstärker eine eigene Leitungsschutzsicherung vorgeschaltet.

4.2.2 Koppler

Besondere Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sind nicht erforderlich.

4.2.3 Meßrichtkoppler, Überwacher

Besondere Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sind nicht erforderlich. Nach Austausch eines Bauteils im Überwacher empfiehlt es sich, die davon betroffene Schaltschwelle zu prüfen und gemäß Abschnitt 4.3 neu abzugleichen oder die Anzeige einzustellen.

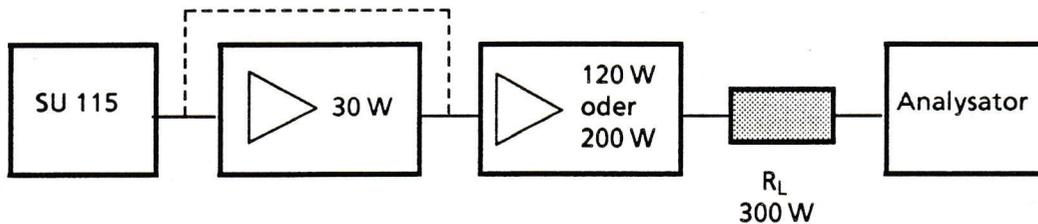
VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

4.3 Abgleich

4.3.1 VHF-Verstärker

Bei Beachtung der Angaben im Abschnitt 4.2 ist kein Abgleich der Verstärker notwendig. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades kann man nach einem Transistorwechsel die Symmetrie der betreffenden Gegentaktstufe optimieren; notwendig ist dies jedoch nicht. Der Verstärker wird über die Lötbrücken am Ein- und Ausgang freigeschaltet. Die Stufe wird mit der nachfolgend angegebenen Steuerleistung bei einer Frequenz von 87,5 MHz angesteuert und der Ausgang auf einen 50-Ω-Lastwiderstand mit Meßausgang geschaltet. An den Meßausgang legt man den Spektrumanalysator.

Meßaufbau:



Abgleich:

120-W-Verstärker	
Betriebsspannung	23 V
Steuerleistung	5,5 W
Frequenz	87,5 MHz
Ausgangsleistung	ca. 80 W

C329 oder 331 mit Hilfe zweier LötKolben vor oder zurück verschieben, bis der Abstand der 1. Oberwelle (175 MHz) mindestens 36 dB von der Grundwelle beträgt.

200-W-Verstärker:

Betriebsspannung	23 V
Steuerleistung	25 W
Frequenz	87,5 MHz
Ausgangsleistung	ca. 200 W

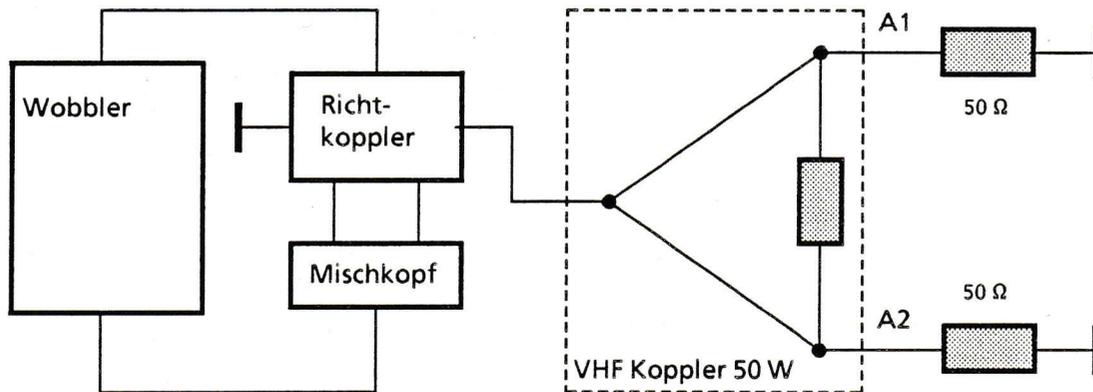
Abgleich mit C329 oder C331 bzw. C330 oder C332 wie beim 120-W-Verstärker beschrieben.

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

4.3.2 Koppler

Nach Reparaturarbeiten an den Kopplern ist gegebenenfalls der Eingangswiderstand zu messen und einzustellen.

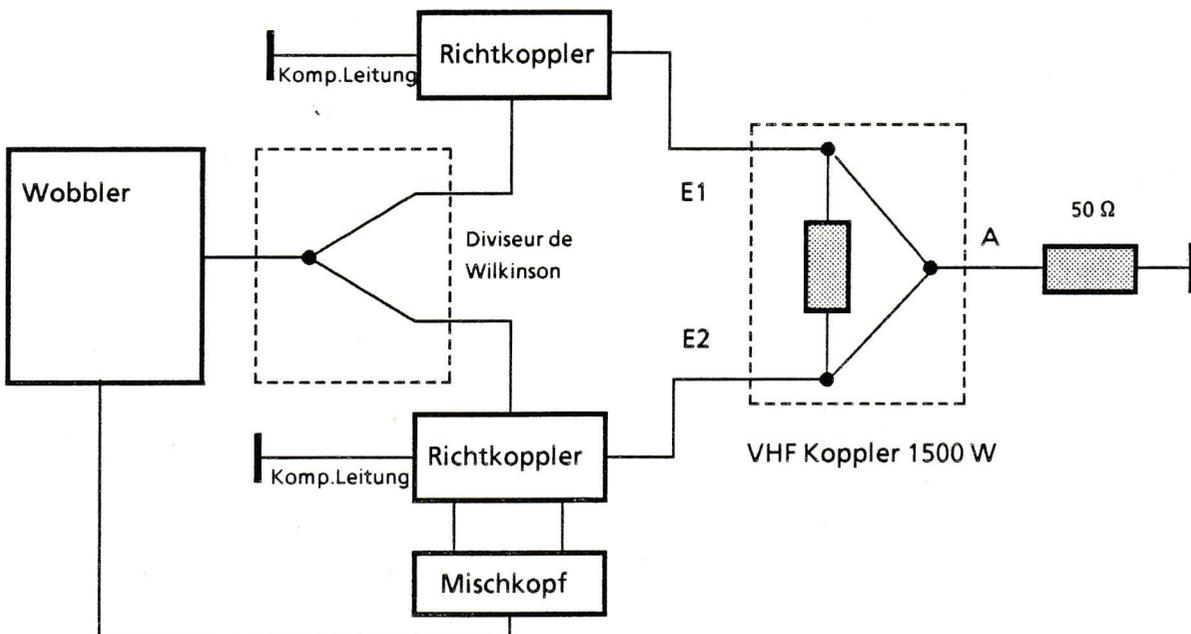
VHF-Koppler 50 W



Der Eingangswiderstand kann mit Hilfe von Trimmkondensatoren und -induktivitäten (siehe Stromlauf) im Bereich 87,5...108 MHz auf $V_{SWR} \leq 1,06$ nachgeglichen werden.

Beim Nachgleich sollte man sich auf C606 und C608 beschränken. C602 und C604 sollten jeweils gleiche Kapazitäten, L601 und L602 gleiche Induktivitäten aufweisen.

VHF-Koppler 1500 W



Der Abgleich der Eingangswiderstände geschieht auf der Trimmplatine A12, auf der sich Leiterbahnkapazitäten zu- und wegschalten lassen.

Im Frequenzbereich 87,5...108 MHz betragen die Eingangswiderstände 50 Ω, $V_{SWR} \leq 1,06$.

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

4.3.3 Meßrichtkoppler

Prüfung der Meßrichtkopplerplatte

Legt man an den Anschluß 6 oder 7 eine Gleichspannung von etwa -1 V, muß sich an den Ausgängen 1 und 2 ebenfalls eine Gleichspannung von etwa -1 V einstellen.

Abgleich

Potentiometer R1, R11 und R20 etwa auf Mitte stellen. Beide Eingänge des Leistungskopplers freischalten (W4 und W5 abtrennen). Wilkinsonteiler (0 °-Koppler) mit beiden Ausgängen an die Eingänge des Leistungskopplers schalten. Ausgang des Verstärkers mit 50 Ω abschließen. Mit Meßsender bei 97 MHz in den Eingang des Wilkinsonteilers einspeisen.

Mit DC-Millivoltmeter am Rücklaufausgang, Anschluß 1, der Meßrichtkopplerplatte Gleichspannung messen und mit R11 auf Minimum einstellen.

Wilkinsonteiler von den Kopplereingängen abtrennen und diese jeweils mit 50 Ω beschließen. Am RF-Ausgang X11 mit Meßsender bei 97 MHz einspeisen. Mit RF-Voltmeter am Vorlaufmeßsystem X12 messen und mit R20, C9 Spannung auf Minimum einstellen.

Mit DC-Voltmeter am Vorlaufausgang, Anschluß 2, der Meßrichtkopplerplatte Gleichspannung messen und mit R1 auf Minimum einstellen.

Nach dem Abgleich soll das Vor-/Rückverhältnis für das Meßsystem an X12 mindestens 26 dB und für das zweite Meßsystem mindestens 30 dB betragen (Vor- und Rücklaufspannungen messen). Gegebenenfalls muß der Abgleich wiederholt werden.

Mit Hilfe der Trimmwerte R21...R25 läßt sich die RF-Spannung an X12 auf Werte von $U_{\text{eff}} = 0,5...1 \text{ V}$ und $U_{\text{eff}} = 3...5 \text{ V}$ einstellen.

	$U_{\text{eff}} = 0,5...1 \text{ V}$	$U_{\text{eff}} = 3...5 \text{ V}$
R21	169 Ω	590 Ω
R22	169 Ω	590 Ω
R23 II R24	93,1 Ω	17,4 Ω
R25	84,5 Ω	294 Ω

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

4.3.4 Überwacher

Nach einer Reparatur im Verstärker oder im Überwacher selbst sind gegebenenfalls die Schwellen und Anzeigen zu prüfen und ganz oder teilweise neu einzustellen.

Überwacher in den Verstärkereinschub einsetzen und alle Verbindungen herstellen. Verstärkereinschub über Adapter mit dem Sendergestell verbinden. Steuerleitungskabel vom Steuersender nur an den zu prüfenden Verstärker führen und Steuerleistung auf ca. 2...3 W reduzieren. RF-Leistungsmesser mit Durchgangskopf in die RF-Ausgangsleitung des Verstärkers schalten und Verstärker mit Kunstantenne abschließen. Am Steuersender Frequenz auf 97 MHz einstellen.

Vorlauf

- * Anlage einschalten und Ausgangsleistung auf 1500 W einstellen (Leistungssteller an der Frontplatte der Einschaltsteuerung).
- * Am Überwacher X4.4 Gleichspannung messen und mit R54 Spannung an N2.3 auf gleichen Wert einstellen.
- * Vorlaufspannung am Instrument P1 messen; Soll: 274 V (27,4 Skt.). Einstellung mit R57.
- * Vorlaufleistung reduzieren (Frontplatte Einschaltsteuerung). Bei etwa 1000 W muß die Störungsanzeige an der Einschaltsteuerung nach Ablauf von etwa 5s leuchten.
- * Vorlaufleistung wieder auf 1500 W erhöhen. Störungsanzeige erlischt.

Rücklauf

- * Am Verstärkerausgang Fehlabschluß entsprechend VSWR = 1,8 erzeugen (ca. 120 W Rücklauf bei 1500 W Vorlauf).
- * R47 vorerst so weit zurückdrehen, daß die Leistungsrückregelung noch nicht einsetzt.
- * R32 einstellen, daß bei VSWR = 1,8 die Trägersperre über X1.14 anspricht.
- * Mit Fehlabschluß am Verstärkerausgang Rücklaufleistung auf ca. 60 W reduzieren.
- * R47 so abgleichen, daß bei 60 W Rücklauf gerade die Rückregelung der Vorlaufleistung einsetzt.
- * Am Instrument P1 Rücklaufspannung messen; Soll: 55 V (27,5 Skt.). Einstellung mit R36.
- * Fehlabschluß auf VSWR = 1,8 einstellen. Die Vorlaufleistung muß deutlich zurückgeregelt werden.
- * Vorlaufleistung auf ca. 500 W reduzieren. RF-Leitung zur Kunstantenne auftrennen.
- * Die Trägersperre muß ansprechen. Nach ca. 5s stellt sich eine Vorlaufleistung von weniger als 70 W ein.

Fehlabschluß am Verstärkerausgang aufheben.

VHF-FM-VERSTÄRKER 1,5 KW VU315

Verstärkerströme

Durch Messen der Spannungsabfälle an den Strommeßwiderständen R1...R10 (Stromlauf 681.6516 FS) werden die Verstärkerströme für jede Gegentaktstufe ermittelt. Bei 1500 W Vorlaufleistung sollen sie sein:

$$\begin{aligned} I_{V1} / I_{V2} &= 7...8 \text{ A} \\ I_{E1} \dots I_{E8} &= 10,5...12 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I = \frac{U_{R\dots}}{10 \text{ m}\Omega}$$

Wahlschalter an der Frontplatte des Verstärkers auf I_{E1} stellen und Ausschlag mit R22/Überwacher auf den für I_{E1} ermittelten Wert stellen.

Regelspannung ΔU_R

- * Wahlschalter an der Frontplatte auf ΔU_R stellen.
- * Auf der Platine des 30-W-Verstärkers (Stromlauf 681.7864 S) Spannung zwischen X9 und X4.4 messen.
- * Anzeige mit R20/Überwacher auf gemessenen Wert abgleichen.

Temperaturüberwachung

- * Heißleiter R20 in eine Prüfheizplatte einschrauben und aufheizen oder Lüfter abschalten, so daß sich der Kühlkörper entsprechend erwärmt ($t > 30 \text{ min}$).
- * Temperatur in unmittelbarer Nähe des Heißleiters messen.
- * Ab einer Temperatur von $+ 80^\circ \text{C}$ muß die Vorlaufleistung zurückgeregelt werden. Einstellung mit R67. Die Störungsanzeigen am Verstärker und an der Einschaltsteuerung leuchten.
- * Heißleiter unter $+ 80^\circ \text{C}$ abkühlen. Die RF-Leistung muß wieder voll vorhanden sein. Die Störungsanzeigen leuchten weiter und lassen sich durch Drücken der Rückstelltaste löschen.

4.4.3 Test der Schutzfunktionen

An der Anschlußwanne im Sendergestell können über die 30polige Steckerleiste des VU 315 die Schutzfunktionen "Rücklauf $VWSR \geq 1,5$ " und "Übertemperatur" geprüft werden.

Test Rücklaufleistung $VWSR \geq 1,5$

Wird an Anschluß X1.1c der 30poligen Steckerleiste eine Gleichspannung von ca. $-0,5 \text{ V}$ gelegt, so muß die LED H1 "Störung $VWSR \geq 1,5$ " an der Frontplatte leuchten.

Test Übertemperatur

- * Einen $10 \text{ k}\Omega$ Trimmwiderstand an X1.3c und X1.1b schalten.
- * Trimmwiderstand so einstellen, daß die LED H2 "Übertemperatur" leuchtet.

4.4 Zusammenschalten von Verstärkern

4.4.1 Zusammenschalten von zwei Verstärkern zu 3 kW

Beide Verstärker in das Sendergestell einschieben und einen der Moduln auf die Kunstantenne schalten. Leistungsmesser an den Meßausgang der Kunstantenne anschließen.

Verstärker mit 2,5 W bei $f = 97$ MHz aus dem Steuersender ansteuern. Leistung auf 1300 W einstellen (Frontplatte Einschaltsteuerung).

Zweiten Verstärker unter gleichen Bedingungen auf die Kunstantenne schalten und Leistung messen.

Zeigt sich ein Unterschied, müssen beide Ausgangsleistungen jeweils mit R54 im Überwacher auf einen mittleren Wert zwischen den gemessenen Leistungen eingestellt werden.

Danach können beide Verstärker über den Leistungskoppler zusammengeschaltet und die Nennleistung des Senders eingestellt werden (Frontplatte Einschaltsteuerung).

4.4.2 Zusammenschalten von vier Verstärkern zu 5 kW

Alle Verstärker in das Sendergestell einschieben und einen der Moduln auf die Kunstantenne schalten. Leistungsmesser an den Meßausgang der Kunstantenne anschließen. Verstärker mit 2,5 W bei $f = 97$ MHz aus dem Steuersender ansteuern. Leistung auf 1200 W einstellen (Frontplatte Einschaltsteuerung).

Anschließend alle weiteren Verstärker nacheinander unter gleichen Bedingungen auf die Kunstantenne schalten und jeweils Leistung messen.

Zeigen sich Unterschiede, müssen alle vier Ausgangsleistungen jeweils mit R54 im Überwacher auf einen mittleren Wert zwischen den gemessenen Leistungen eingestellt werden.

Bedingung ist, daß alle vier Verstärker bei gleicher Referenzspannung für die Leistungsregelung die gleiche Ausgangsleistung liefern.

Danach können die vier Verstärker über die zugehörigen Leistungskoppler zusammengeschaltet und die Nennleistung des Senders eingestellt werden (Frontplatte Einschaltsteuerung).

Hinweis

Es ist darauf zu achten, daß beim Zusammenschalten von Verstärkern immer gleich lange Verbindungskabel verwendet werden, da andernfalls die Phasenbedingungen nicht mehr gegeben sind und Leistung in den Absorbern der Koppler verbraucht wird.