

Eigner: Norbert

Datum: 11.2.2022

Gerät: Yaesu FT-991 Serie-Nr: 6H310191

Inhalt

1. Ausgangslage	1
2. Grobe Funktionsprüfung	1
3. Problemanalyse	2
4. Suche der Fehlerursache	2
5. Reparatur	4
6. Firmware-Upgrade	6
7. 60m-Band	8
8. Schlussbemerkung	8

1. Ausgangslage

Norbert schrieb mir in einer E-Mail, dass sein Yaesu-FT991, das er aus zweiter Hand gekauft hatte, nach mehreren Anfangsschwierigkeiten, dem Verkäufer zurück sandte. Dieser hat nach vielen Monaten das Gerät wieder retourniert mit dem Vermerk, er habe nichts Aussergewöhnliches am Gerät feststellen können. In der Tat schien das Gerät problemlos zu arbeiten. Wobei Norbert



klarstellte, dass er die meiste Zeit vorwiegend in UHF/VHF damit arbeitete. Neulich wollte Norbert das Gerät auf dem 6m-Band nutzen und stellte fest, dass die Ausgangsleistung auf diesem Band maximal 40 Watt betrug.

Das Gerät erhielt ich mit der Post zugestellt, mit der Bitte eines Kostenvorabschlages für die Reparatur. Des Weiteren wünschte sich Norbert die Aktivierung des 60m-Bandes.

2. Grobe Funktionsprüfung

Generell war Empfang und Sendung auf allen Bändern möglich und mir fiel, ausser der tiefen Ausgangsleistung auf 50MHz, nichts Weiteres auf, was hätte näher untersucht werden müssen.

In der Tat erreichte die maximale Ausgangsleistung auf den ganzen 6m-Band kaum 40 Watt. Dies obschon, der Leistungs-Poti (Menu-Funktion) auf 100W eingestellt war.

3. Problemanalyse

Bevor ich das Gerät öffnete, versuchte ich mir ein Bild der Problematik auf Grund der verschiedenen Messwerte, die am Display angezeigt werden können. Diese sind, Die Drain-Spannung Vdd, der Drain-Strom ID, die Ausgangsleistung Po und das ALC.

Ich stellte feste, das bis 40 Watt Soll-Leistung sowohl ALC als auch ID plausible Werte besaßen. Ab dieser Soll-Leistung sank der ALC-Wert und der Drainstrom blieb konstant und ging sogar tendenziell etwas zurück! Die Drain-Spannung war ok.

Dieses Verhalten war sehr merkwürdig dennoch passend mit der Problematik. Wenn das ALC (Automatic Level Control) kleiner wird, heisst dies, dass die Ausgangsleistung kleiner als die eingestellte Soll-Leistung ist. D.h. durch Verkleinerung des ALC-Wertes werden die verschiedenen HF-Verstärker in der ZF-Kette auf eine höhere Verstärkung eingestellt. Das konnte ich auch mit dem KO am Gate der Endstufen-MOSFETs feststellen. Hier war nämlich der Pegel des HF-Signals genügend gross, um durch die Verstärkung der Endstufentransistoren die erzielte Leistung erzielen zu können. Also musste angenommen werden, dass etwas mit den Endstufen-MOSFETs nicht in Ordnung war. Was mich jedoch irritierte war die Tatsache, dass auf allen anderen Bändern die 100 Watt Ausgangsleistung locker erzielt werden konnte. Es schien irgendwie ein Problem mit der hohen Frequenz des 6m Bandes zu sein. Da von der Vorstufen genügend Leistung an die Endstufen-MOSFETs geliefert wurde, musste die Fehlerursache auf der PA-Unit suchen.

Also war der Plan, die Umgebung der Endstufe zu analysieren.

4. Suche der Fehlerursache

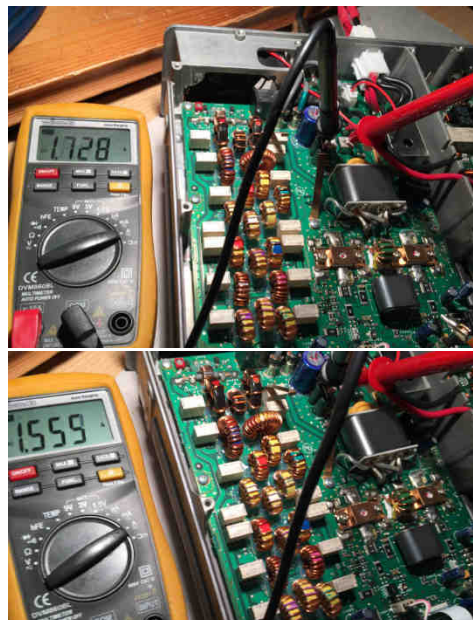
Das Gerät war mir aus früheren gut bekannt und ich wusste, dass es sehr sauber und Wartungsfreundlich aufgebaut war. Der Obere Deckel ist mit ein paar Schrauben am Chassis fixiert und lässt sich leicht entfernen, Darunter befindet sich ein ebenfalls am Chassis angeschraubtes Blech zur HF-Abschirmung des Gerätes. Bei dieser Operation ist wichtig, die Schrauben sauber auf die Seite zu legen, damit man sie später wieder findet. Es ist nämlich ärgerlich, wenn am Schluss eine Schraube fehlt und noch ärgerlicher, wenn Schrauben übrig bleiben. Wem ist das nie passiert... ☺

Im oberen Teil des Gerätes finden die beiden PA-Units Platz: die HF/50MHz PA-Unit und die VHF/UHF-PA-unit.

Das Service-Manual ist auf dem Internet frei verfügbar und ist sehr übersichtlich gegliedert. Es ist ein richtiges PDF-Dokument mit Indexes und die Teile sind voll suchbar. Das erleichtert die Arbeit sehr.

Als erstes prüfte ich die Spannungen an den Endstufen-MOSFETs. Es handelt sich bei diesem Gerät um 2 MOSFETs des Typs RD100HHF1 des Hauses Mitsubishi. Die Schaltung weist die typische von überall her bekannte Push-Pull – Architektur auf.

Die Drainspannung beträgt rund 13.8V und bei Drücken der PPT-Taste in SSB steigt die jeweilige Gate-Spannung auf ca. 5V. Von dem her nichts Aussergewöhnliches. Nun prüfte ich die Einstellung des Ruhestromes beider MOSFETs. Dieser Vorgang ist sehr gut im Service-Manual beschrieben. Ich stellte fest, dass der Ruhestrom (Eng. Bias Current) viel zu hoch eingestellt war. Ein Wunder, dass die MOSFETs sich nicht schon endgültig verabschieden hatten. Der Strom betrug 3.3A! (1.73A & 1.6A)



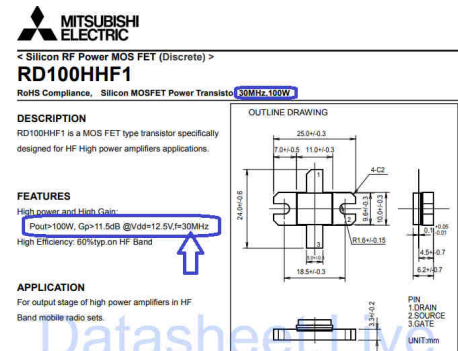
Yaesu schreibt in den Service-Unterlagen vor, dass der Ruhestrom für diese MOSFETs auf je 1.5A eingestellt werden sollte. Insgesamt also 3.0A. Es ist seit langem bekannt, dass dieser Strompegel viel zu hoch ist. Der Hersteller (Mitsubishi) schreibt einen Ruhestrom jedes einzelnen MOSFETs von 1.0A vor. Zahlreiche OM-Kollegen weltweit haben die Erfahrung gemacht, dass ihr Nigel nagelneues Transceiver FT991 nach wenigen Stunden Betrieb auf den HF-Bändern weniger oder sogar keine Leistung mehr abgab. Der zu hohe Ruhestrom kam noch hinzu, wie sich es später erwies, die Tatsache, dass die Ströme für die 2 MOSFETs nicht symmetrisch eingestellt wurden. Dadurch wurden die MOSFETs ungleich belastet. Der MOSFET, der mehr als der andere arbeitete, war meistens der erste der kaputt ging. Die Yaesu-Qualitätskontrolle hat bei der ersten Serie dieses Modells regelrecht versagt...

Um eine weitere Verschlechterung der Lage oder gar den kompletten Ausstieg der MOSFETs zu vermeiden, stellte ich den Ruhestrom der MOSFETs, gemäss Empfehlung von Mitsubishi, auf je 1A ein. Was ich jedoch nicht ausschliessen konnte, war eine bereits erfolgte Abnahme der Betriebsqualität der MOSFETs. Dafür sprach die verminderte Verstärkung bei höheren Frequenzen.

An dieser Stelle studierte ich das Datenblatt von Mitsubishi, um die Funktionsparameter des RD100HHF1 besser zu verstehen.

Eigentlich ist dieser MOSFETs für Frequenzen $\leq 30\text{MHz}$ spezifiziert!

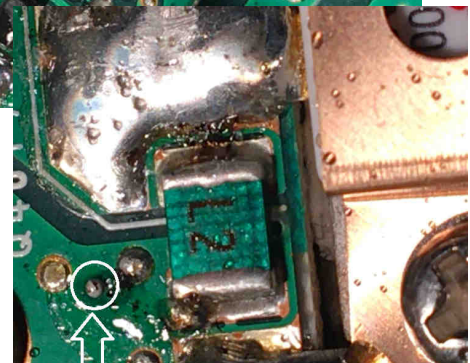
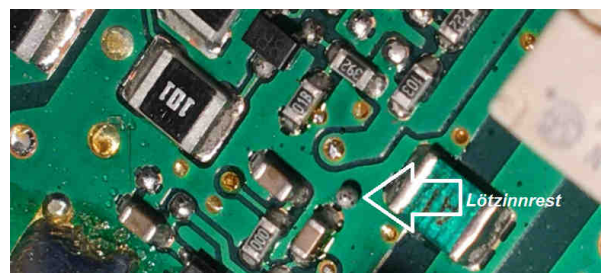
Wie soll denn dieser MOSFET die 50MHz verstärken können? Nun es heisst ja nicht, dass kurz nach 30MHz die Verstärkung auf null zurückfällt. HF-Leistungstransistoren sind vom Hersteller ausgemessen und dieser liefert in den Datenblättern die Eingangs- und Ausgangs-Impedanzen in Funktion der Betriebsfrequenz. Diese Parameter dienen den Entwicklern zur Gestaltung der erforderlichen Impedanzanpassungs-Netzwerke für Ihre Schaltung. Wenn die Verstärkung des Transistors mit der Frequenzzunahme sinkt, dann kann man diesen Verstärkungsverlust ein Stück weit mit der Erhöhung der Ansteuerungsleistung kompensieren. In gewissen Grenzen geht dies jedoch auf Kosten der Bandbreitenanpassung der jeweiligen Impedanzen des MOSFETs. Wenn nun die Eigenschaften des Transistors (MOSFET in diesem Fall) sich auf Grund einer Stress-Situation (z.B. unsymmetrische Ansteuerung und zu hoher Ruhestrom) verändern, geht die ganze Rechnung nicht mehr auf. Und das war wohl die Ursache, weshalb auf dem 6-Meter-Band die Leistungsabgabe dieses Transceivers tief war. So nebenbei bemerkt, es kann auch vorkommen, dass bei billig-Ware aus der Bucht, die unteren Frequenzen gut verstärkt werden bei den höheren Frequenzen jedoch grosse Verstärkungseinbusse in Kauf nehmen muss.



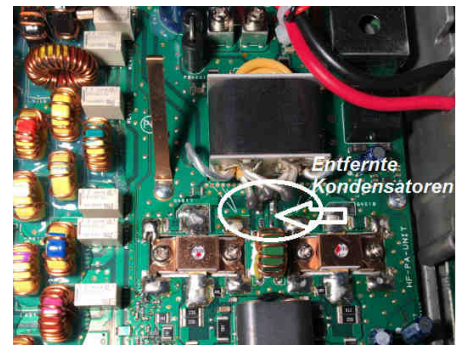
5. Reparatur

Als ich mir die PA-Unit unter dem Vergrößerungsglas anschaute, war mir klar, dass schon jemand vor mir an dieser Platine Arbeiten durchgeführt hatte. Sowohl der reichlich vorhandenen Flussmittel bei den Lötstellen der Leistungs-MOSFETs als auch die vielen Lötinnreste in Form von kleinen Kügelchen liessen darauf schliessen, dass möglicherweise die beiden MOSFETs bereits einmal ausgewechselt wurden. Die Lötinnreste hätten ganz schöne Kurzschlüsse verursachen können...

Von einem OM-Kollegen aus den USA hatte ich einen Bericht über seine Erfahrungen bei der Anpassung von RD100HHF1-MOSFETs für das 6-Meter-Band gelesen. Darin war die Problematik, die ich bereits schilderte beschrieben und er löste das Problem indem er die Impedanzanpassung am Ausgang der MOSFETs mit der Verringerung einiger Kapazitätswerte vornahm. Ich folgte seinem Beispiel und konnte somit die Ausgangsleistung auf 50MHz von knapp 40 Watt auf rund 80 Watt erhöhen.



Selbstverständlich prüfte ich danach die Ausgangsleistungen auf allen anderen Frequenzen und, noch viel wichtiger, das Signalspektrum des Ausgangssignals am Antennenanschluss, um sicherzustellen, dass die Dämpfung der Oberwellen im vertretbaren Rahmen geblieben sei. Die Messung hat gezeigt, dass auf dem 6-Meter-Band die 3. Oberwelle bei voller Leistung um 35dB gedämpft wird. Bei 65Watt Ausgangsleistung steigt die



Dämpfung auf 50dB. Also ist sie bei voller Leistung insgesamt etwas schlechter als

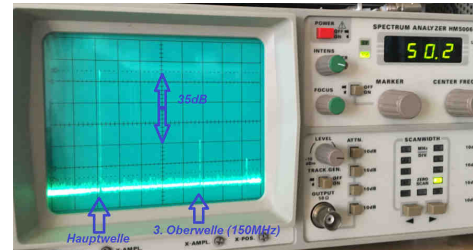
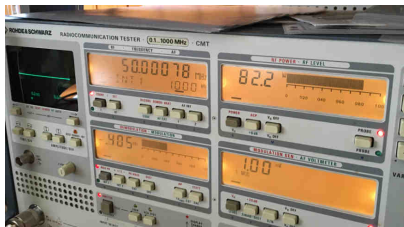


spezifiziert (50dB) jedoch immer noch sehr zufriedenstellend. Bei den anderen HF-Frequenzen liegt die Dämpfung der Oberwellen weiterhin weit unter 60dB.



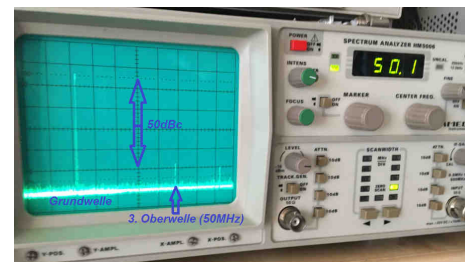
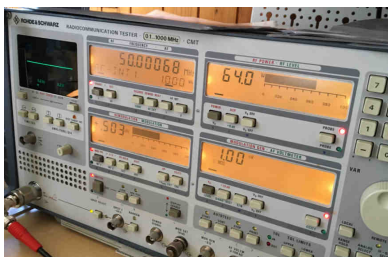
50MHz volle Leistung

35dBc



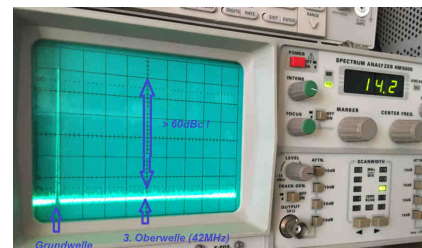
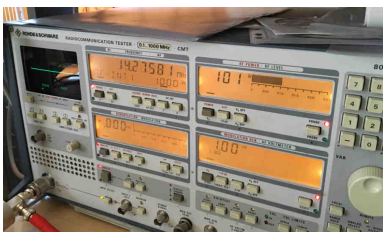
50 MHz 64 Watt

50 dBc



14 MHz 100 Watt

> 60dBc



6. Firmware-Upgrade

Um dem Wunsch von Norbert in Bezug auf das Öffnen des 60m-Bandes zu entsprechen, drängte sich eine Aufdatierung der Firmware auf. Die gesamte Firmware besteht aus 4 Teile: Main, DSP, TFT und C4FM.

Die Installierten Versionen der 4 Teile waren schon ziemlich alt:



Die neuesten Firmware-Versionen sowie die Anleitung des Aufdatierungsprozesses sind auf der Yaesu-Webseite verfügbar.

Welcome to Yaesu.com

https://www.yaesu.com/indexVS.cfm?cmd=DisplayProducts&ProdCatID=102&

Vorgeschlagene Sites

FT-991

Description Accessories **Files**

Amateur Radio \ Brochures

- [Digital Guide](#) (6.82 MB)

Amateur Radio \ Brochures \ HF/Satellite Transceivers and Amps

- [FT-991 Single Page Ad](#) (2.84 MB)
- [FT-991 Leaflet](#) (5.94 MB)

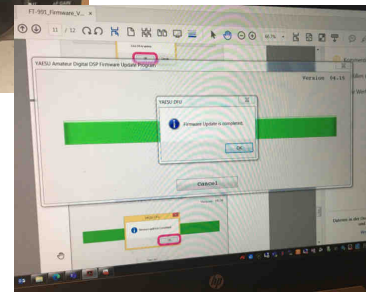
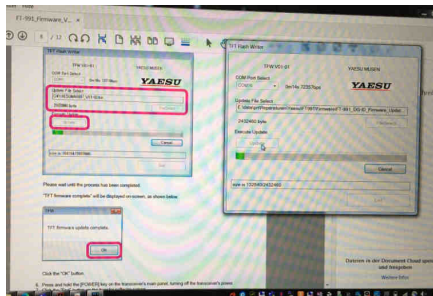
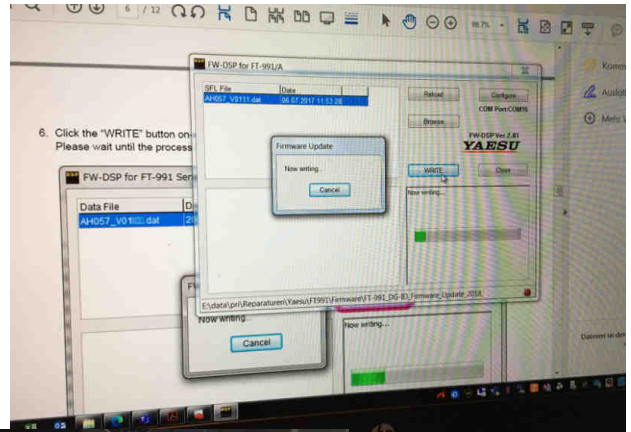
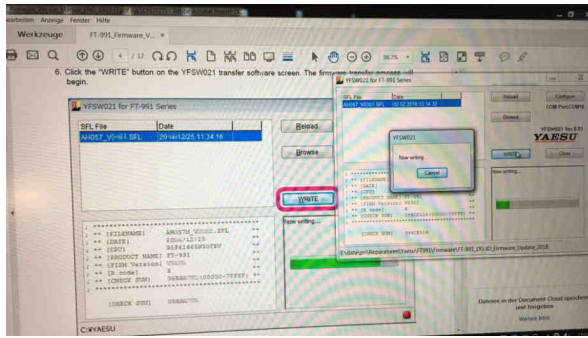
Amateur Radio \ Manuals \ HF/Satellite Transceivers and Amps

- [Amateur Radio Digital Standards](#) (997.05 KB)
- [FT-991 CAT Operation Reference Manual \(1612-D0\) 12/06/16](#) (736.14 KB)
- [FT-991 Firmware Upgrade Manual](#) (1.06 MB)
- [FT-991 Instruction Manual \(GM Edition\)](#) (5.60 MB)
- [FT-991 Instruction Manual \(WIRES-X Edition\) 12/20/17](#) (3.98 MB)
- [FT-991 Operating Manual](#) (27.55 MB)
- [SCU-17 USB Interface Unit Instruction Manual](#) (2.97 MB)

Amateur Radio \ Software

- [FT-991 All current Firmware including the New Update Main 02/02/18](#) (5.74 MB)
- [FT-991 Update Firmware Information 02/02/18](#) (257.10 KB)
- [FT-991/SCU-17 USB Driver \(Virtual COM Port Driver\)](#) (3.74 MB)
- [FT-991 SCU-17 USB Driver Installation Manual \(1909-C\)](#) (594.19 KB)

Reparaturjournal Yaesu FT-991



Am Ende des Update-Prozesses, können die neuen Versionen der Firmware-Teile am Display des Transceivers eingesehen werden.



7. 60m-Band

Das 60m-Band kann nun gewählt werden, wenn man bei der Bandwahl das Touch-Feld für das 14MHz-Band ein paar Sekunden drückt.



lang



Und voilat....plötzlich war man auf dem 60m-Band QRV! ☺

8. Schlussbemerkung

Offensichtlich unternehmen auch Grosskonzerne alles, um Ihre Kosten zu senken bzw. die Gewinnmargen hoch zu halten. Zu den Massnahmen gehört eben auch das Ausreizen der Eigenschaften eines Endstufentransistors durch Optimierung von Anpassnetzwerke und variablen Ansteuerungen. Dies klappt jedoch nur, falls die eingesetzten Elemente im Originalzustand sind. Verschlechtern sich die Eigenschaften der eingesetzten Transistoren bedingt durch Alter oder falsche Ansteuerung, so gerät die Schaltung schnell einmal ausser Gleichgewicht und es treten plötzlich merkwürdige Effekte, wie Leistungsschwankungen oder Wilde Oszillationen auf. Solche Probleme sind sehr aufwendig zu analysieren und zu lösen. Viel Erfahrung ist hier gefragt. Klar hätte man bei diesem Gerät das Problem an der Wurzel lösen können, indem man beide Endstufen-MOSFETs durch neue Originale ersetzt hätte. In Absprache mit Norbert, wurde hier jedoch einen anderen Weg gewählt und so kostengünstig ein akzeptables Ergebnis erzielt.

14.2.2022 / HB9EKH