

Yet Another KW Amplifier for 432

Luis Cupido, CT1DMK

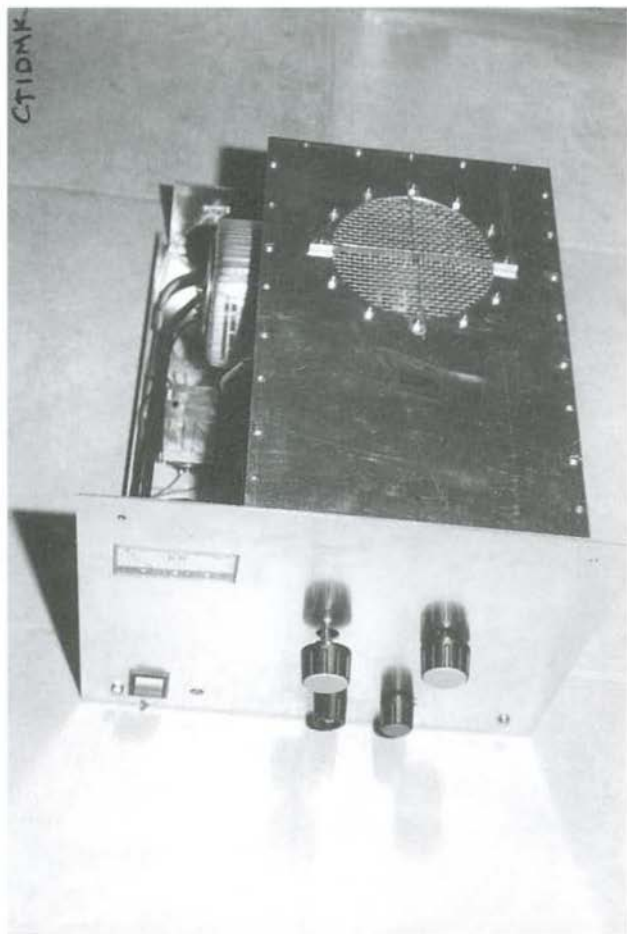
Abstract: The Russian VHF triode GS35b is specified to operate up to 1000MHz with 1.5KW anode dissipation. Although the tube geometry makes the construction of a compact, stripline amplifier very difficult. This paper presents one solution for a stripline amplifier with the GS35b for 1.5KW output power at 432MHz.

Kurzbeschreibung: Die russische VHF-Triode GS35B ist mit einer Verlustleistung von 1500 W bis ca. 1000 MHz brauchbar. Die Abmessungen der Röhre verhindern leider eine einfache Lösung für einen Verstärker in Streifenleitungstechnik. Dennoch kann im folgenden eine Lösung für eine PA, die auf 432 MHz eine Ausgangsleistung von 1500 W erreicht, präsentiert werden.

Description

The GS35b has become available at low cost and since its specifications seemed interesting for a 432MHz power amplifier some effort was done to obtain the best from this tube with a simple mechanical construction. A 432MHz power amplifier employing a stripline as the anode/output circuit can provide very compact plate cavity dimensions comparing with coaxial designs. Also the cooling could be more efficient, since less restrictions for the air inlet are presented. And the most im-

portant of all, the construction is much less demanding and can be accomplished by almost anyone with little mechanical expertise.



CT1DMK's 1 1/2 Liter GS35

Design considerations

The GS35b has a geometry not very suitable for stripline configuration. The tube is 176mm high and 100mm diameter at the anode cooler. One of the design problems lies in the grid to plate distance, that is 56mm. Employing the most common configuration for the stripline connection to the anode, at the anode cooler ([1], [2], [3]) will result in a much higher impedance than the recommended for best efficiency. Or would result in striplines too large to work at 432MHz, probably larger than longer !!!

Two solutions are possible.

1. The grid ring goes deeper into the chassis, making the distance from anode to ground suitable.
2. The anode line connects to a tube with the anode connection that allows the line to be lower than the plate cooler. (See Fig. 2).

The first solution would result in an good anode cavity configuration but the problem is now transferred to the cathode. If the cathode circuit is coaxial this would not be a problem, but since we envisaged a compact design it is also desirable to

have a stripline configuration at the cathode. I must stress that the tube itself is 176mm high.

The second solution would work perfectly and only requires little extra mechanical work to be done. This solution results in a stripline with identical dimensions as the GS23 design by N7ART ([3]).

Another problem is the size of the anode cooler which is 76mm high. With a reasonable anode compartment dimensions the top of the anode would be some cm below the top plate. Along the vertical dimension of the tube a $\frac{1}{4}$ resonance appeared in the 400 to 500MHz region, depending on the top plate distance to the anode cooler (since the anode cooler is 100mm in diameter it presents a significant capacity with the top plate of the amplifier even if it is several centimetres apart). Taking this resonance out of the 432MHz region by more than 100MHz would be enough.

The solution was to cut the cooler by 15mm and compensate for the lost dissipation by increasing the air flow. The recommended airflow for 1.5KW dissipation is 150m³/h. This value can be ex-

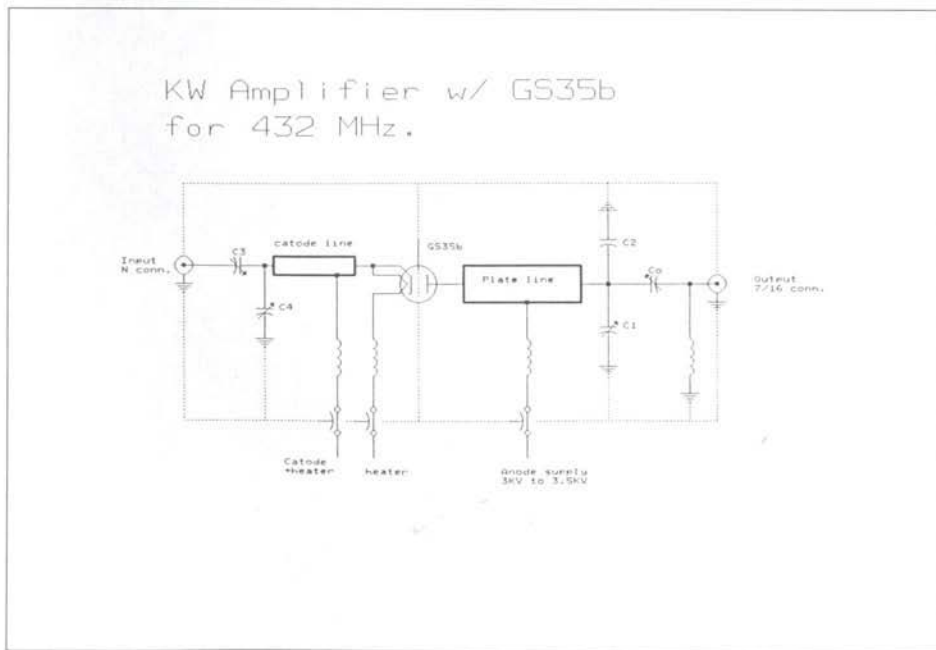
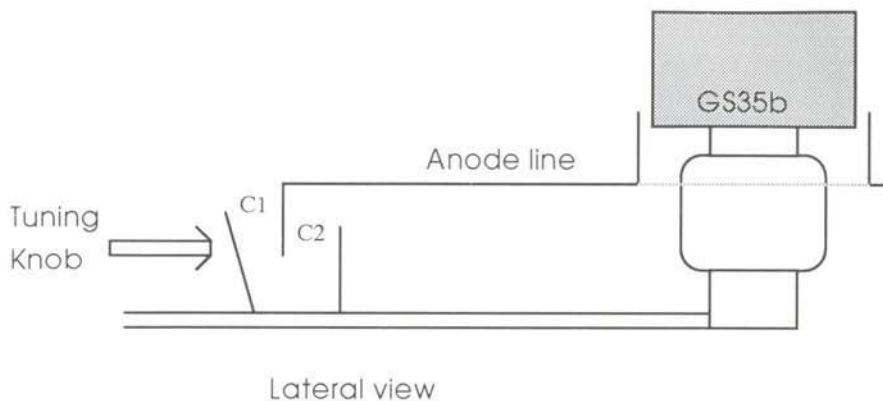


Fig. 1: Circuit Diagram

Fig. 2: Output Circuit



ceeded easily. (note: the cooler is not a part of the tube as most of the power triodes for VHF/UHF) For a compact design the anode cooler will not be too far from the top plate of the anode compartment and the capacity between the anode cooler and ground is of some significance. Since the tube is not operated at constant temperature (intermittent CW operation) the tube and cooler thermal expansion (the cooler is made of copper) will produce tuning drift at this point. It is known that there are some internal variation of the anode-grid capacity with temperature responsible for thermal drifts that for most modern tubes is very small. In our case the external variation resulted from the tube and stripline expansion is certainly much larger than any internal variation (despite the fact that the tube design is somewhat old) and therefore some countermeasures should be considered.

For a $\lambda/2$ -stripline the tuning and loading could be done both at the open end of the stripline. The convenient placement of the tuning and loading knobs on the amplifier front panel suggested vertical tuning and loading flappers instead of K1FO technique [2] that uses horizontal flappers. Not only it will result in a much simpler mechanical interface between the flappers and the knobs (a threaded shaft pushing the flappers) but it provides a mean for thermal drift cancellation making the amplifier operation very comfortable. By using a

differential capacitor configuration it is possible to cancel the stripline thermal variations.

The tuning capacitor is obtained by the sum of the capacities C1 and C2. With the stripline expansion C2 decreases its capacity linearly while C1 increases. The balance for thermal drift cancellation can be found by adjusting C2 (which is a fixed flapper) while C1 remains the tuning element.

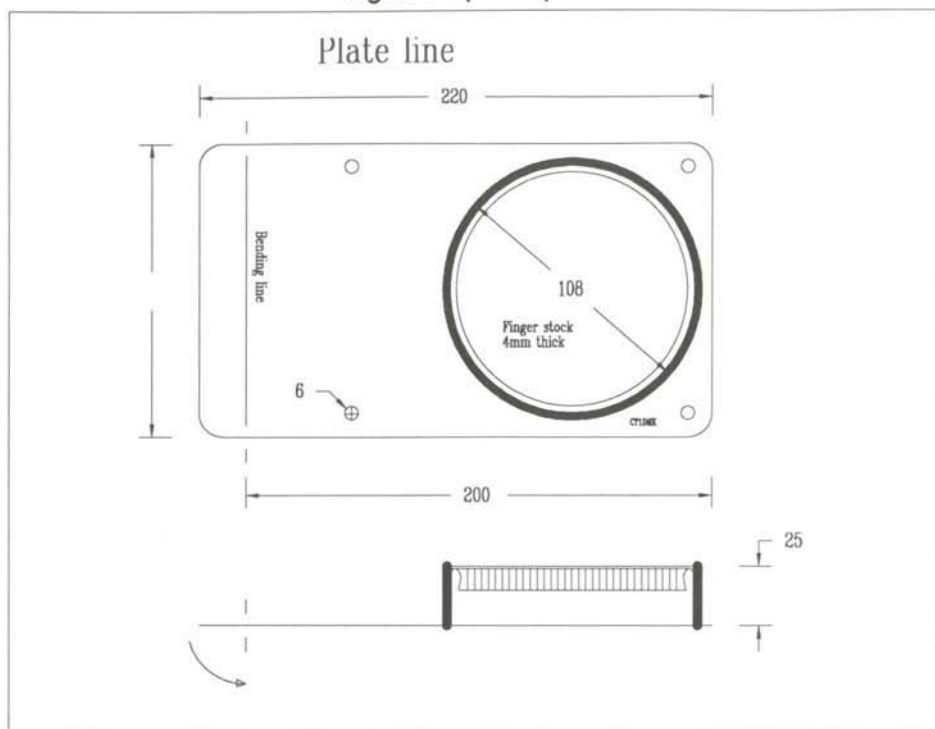
The cathode circuits could simply be $\lambda/2$ -type since the internal input capacity of the tube is not too large, i.e. 21pF.

The output circuit

The output uses a $\lambda/2$ 75 Ohm stripline (Fig. 3) with both tuning and loading at the open end, it is constructed with silvered copper 1mm thick with 125mm width and 220mm overall length. The line has a 25mm collar to reduce the spacing to ground while the finger stock contacts the tube anode on the lower copper ring of the anode cooler. The line is fixed at 45mm from ground by ceramic or Teflon insulators (Teflon insulators are recommended).

The output on a 7/16 connector (or a good quality N connector) is connected directly to the loading flapper. This flapper is 15mm by 30mm at a distance from 10 to 30mm from the end of the line. A choke connects the output to ground to avoid the presence of high voltage in the case of a flash over at the output flapper. The movable tuning flapper "C1" is 76mm wide by 45mm high, and tunes at

Fig. 3: Output Stripline



432MHz aprox. at 16mm distance from the line. The fixed flapper "C2" is 76mm wide by 35mm high, and is about 15mm from the inner side of the end of the plate line (Fig. 1). The use of a kapton sheet between the flappers and the stripline has eliminated arcing from the flappers to the stripline.

The input circuit

With a resistive part of the cathode impedance near 350 Ω for full drive, and about 21pF input capacity it was possible to design an input circuit using a $\lambda/2$ -stripline with 67 Ω impedance. The $\lambda/2$ circuit resulted in a stripline with a length is 96mm by 75mm wide which fits well into the cathode ring (Fig. 4). With this line the tuning and coupling capacitors are around 4 pF. Air spaced Johnson type capacitors would be appropriate. The power level at this point could reach 100W so a only air spaced variable capacitors should be used. Since the input impedance changes with the input and

output power it is convenient to have the input controls on the front panel.

Beschreibung

Da die GS35B zu niedrigen Kosten erhältlich ist wurde einige Arbeit investiert, um eine gute Einstufe mit einfachem mechanischen Aufbau zu konstruieren. Eine Streifenleitungslösung für den Ausgangskreis ermöglicht kompakte Bauform, einfache Kühlung und ist außerdem mit einfachen Mitteln zu bauen.

Entwurfskriterien

Die Röhre ist 176 mm hoch, die Anode hat einen Durchmesser von 100 mm und der Abstand Gitter-Anode beträgt 56 mm. Befestigt man die Streifenleitung wie üblich am Anodenradiator, kommt man zu Dimensionen, die für ein niedriges Z der Streifenleitung sehr ungünstig sind. Man hat folgende Optionen:

1. Versenken des Gitterkontakts im Chassis, um die Anodenleitung näher ans Chassis heranzubringen.
2. Der Kontakttring für die Anode wird auf die Streifenleitung erhöht aufgesetzt (Abb. 2)

Die erste Option ermöglicht zwar eine niedrige Streifenleitung verlagert aber nur das Problem in den Eingangskreis. Die zweite Option wurde bevorzugt und hat sich bewährt. Die Abmessungen der Streifenleitung sind ungefähr so wie bei Russ, N7ART ([3]) in seiner GS23B PA.

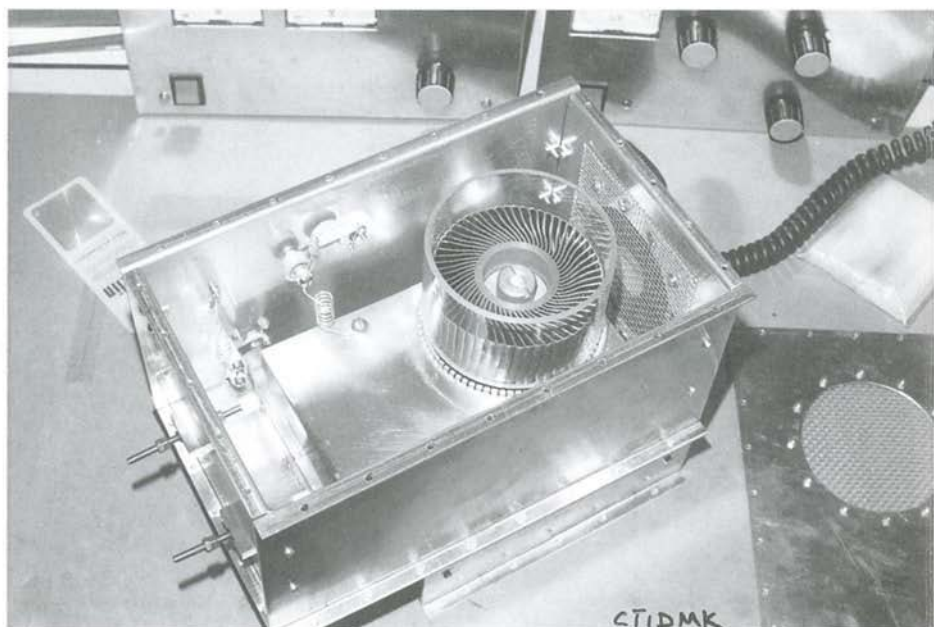
Ein weiteres Problem entsteht durch den 76mm hohen Anodenradiator. Zusammen mit dem Deckel des Anodenraums entsteht eine Viertelwellenresonanz in der Region von 400 bis 500 MHz. Wenn man die Resonanz nur 100 MHz verlegen kann, ist das bereits ausreichend. Ich habe den Kühler einfach um 15 mm gekürzt. Da die Röhre für 1500 W Verlustleistung eine Luftmenge von nur $150m^3/h$ benötigt, kann man durch eine höhere Luftmenge die Verlustleistung wieder hinbekommen.

Falls man den Radiator zu nahe an den Deckel bringt, kann es zu Drifterscheinungen kommen, da er wie eine veränderliche Kapazität wirkt. Das wurde aber nicht beobachtet. Die Abstimmung der $\lambda/2$ -Streifenleitung geschieht über vertikale angeordnete "Flapper" C1/C2 (Abb. 1), die wegen ihrer Anordnung als Differentialkondensator eine Kompensation der Drift erlauben. Die Abstimmkapazität ist die Summe der Einzelkapazitäten C1 und C2. Falls sich die Streifenleitung ausdehnt wird der Wert von C1 größer und der Wert von C2 kleiner. Bei richtigem Verhältnis von C1 und C2 gibt es eine Einstellung ohne Drift.

Der Kathodenkreis ist ebenfalls eine $\lambda/2$ -Streifenleitung.

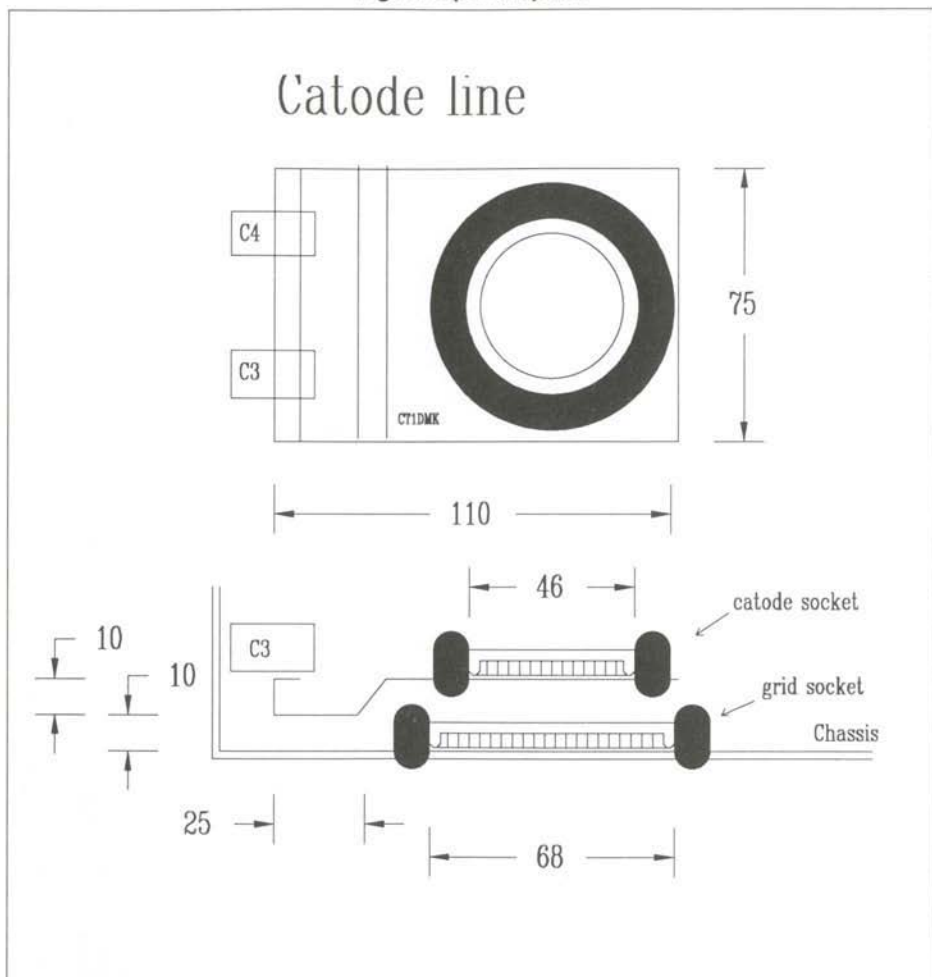
Ausgangskreis

Die Anodenleitung besteht aus einer $\lambda/2$ -Streifenleitung mit $Z_0 = 75 \Omega$. Sie besteht aus versilbertem Kupferblech mit 1mm Stärke und den Abmessungen 125x220mm. Die Streifenleitung wird in 45mm Höhe über dem Chassis auf PTFE-Stützen befestigt. Ein 25mm hoher Ring auf der Streifenleitung kontaktiert den Anodenradiator der Röhre.



432 PA: View to Anode Line

Fig. 4: Input Stripline



Der Auskoppel-"Flapper" (15x30mm) wird direkt auf eine 7/16 oder N-Buchse montiert. Der Abstand zur Streifenleitung beträgt ca. 10...30mm. Zur Verhinderung von Hochspannungsüberschlägen wird eine Drossel vom Mittenleiter der Ausgangsbuchse nach Masse geschaltet.

Die beiden Abstimm-"Flapper" C1 (76x45mm) und C2 (76x35mm) befinden sich in ca. 16 bzw. 15 mm von dem abgewinkelten Stück der Streifenleitung. KAPTON-Folie zwischen "Flapper" und Streifenleitung verhindert Überschläge.

Eingangskreis

Die Röhre hat einen Eingangswiderstand von ca. 35Ω parallel zu der Eingangskapazität von 21pF. Die Anpaßung für die Kathode besteht aus einer $\frac{1}{2}$ -Streifenleitung mit $Z_0 = 67 \Omega$. Sie hat die Abmessungen 96x75mm. Die Abstimm- und Koppelkapazitäten sind ca. 4pF groß und werden durch Lufttrimmer realisiert.

Table 1: Measured Performance/Meßwerte @ 432MHz

Parameter	Symbol	RF Output Power		
		700W	1200W	1500W
Drive Power	P_{In} [W]	35	70	100
Gain	V_P [dB]	13	12.2	12
Anode Voltage	U_A [V]	3000	3500	3500
Bias Current	I_{A0} [mA]	200	100	50
Anode Current	I_A [mA]	620	680	950
Input Power	P_{DC} [W]	1860	2380	3325
Total Dissip.	P_D [W]	1160	1180	1825
Efficiency	η [%]	37	50	48

Construction

The amplifier chassis are based on several aluminium plates 2mm thick with 90° 15mm edges, joint together by M3 screws 50mm apart from each other. The box has two compartments. The plate compartment is 50mm bigger than the plate line and tube (25mm is the minimum distance from anything to the chassis). The cathode compartment has the same width as the plate one but only 200mm long. The plate box internal dimensions are 280x180x145mm. The cathode box internal dimensions are 180x180x65mm Input and output lines and flappers are 1mm thick silvered copper. The plate line is silver soldered to the tube extension and the finger stock can be soft soldered. All joints, specially the ones without superimposing or 90° bending, must be filled with some beryllium copper gaskets. Also the box must be air tight. The cooling blower must supply the air into the plate compartment that must be exhaust by the tube anode cooler equipped with a ptfе or glass chimney. Some cooling should be also provided for the cathode compartment, preferably with a another blower (e.g. with a small size computer fan).

Konstruktion

Das ganze Chassis wird aus 2mm dicken Alu-Platten gefertigt. Der Anodenraum hat die Innenabmessungen 280x180x145mm. Entsprechend hat der Kathodenraum die Innenabmessungen 180x180x65mm. Alle Streifenleitungen und die "Flapper" sind aus versilbertem, 1mm dickem Kupferblech gefertigt. Der Anodenring wird hart verlötet,

während die Kontaktfedern weich gelötet werden können. Der Lüfter bläst in den Anodenraum. Der Einlaß muß mit feinem Sieb abgedeckt werden. Für die Röhre ist ein Kamin aus PTFE zum Luftaustritt zu fertigen. Über Nebenöffnungen muß auch Luft in den Kathodenraum gelangen können.

Operation

The GS35b is a triode and only the plate voltage and heater voltage are necessary to run the amplifier. The recommended plate voltage is 3KV to 3.5KV and the grid biasing can be as simple as a power zener or any other transistor arrangement for a 10 to 25 V in the cathode to ground. Power supply and biasing circuits can be found in extensively in the literature ([1], [2], [4]). The tuning procedure for both input and output does not differ from the 3CX800 or 3CX1500 designs, for which K1FO articles are a good reference ([1], [2]).

Inbetriebnahme

Für die GS35B sind nur eine Heizspannung von 12,6V bei 3,5A von und eine Anodengleichspannung von 3...3,5kV bei 1A erforderlich. Für einen Ruhestrom von 100mA beträgt die Kathodenspannung ca. 25V. Sie wird über eine Leistungszenerdiode von 50W oder eine entsprechende Transistorschaltung erzeugt. Schaltungen für Netzteile und die Messung der Ströme findet man in der Literatur [1] bis[4].

Results

Comparing with most amplifiers employing modern UHF tubes this one would have less performance, not just by the design restrictions and difficulties encountered but also by the tube characteristics and internal design. Nevertheless it proved to be usable at 432MHz for 1.5 kW output power. The following table 1 presents three different cases of operation tested on the prototype.

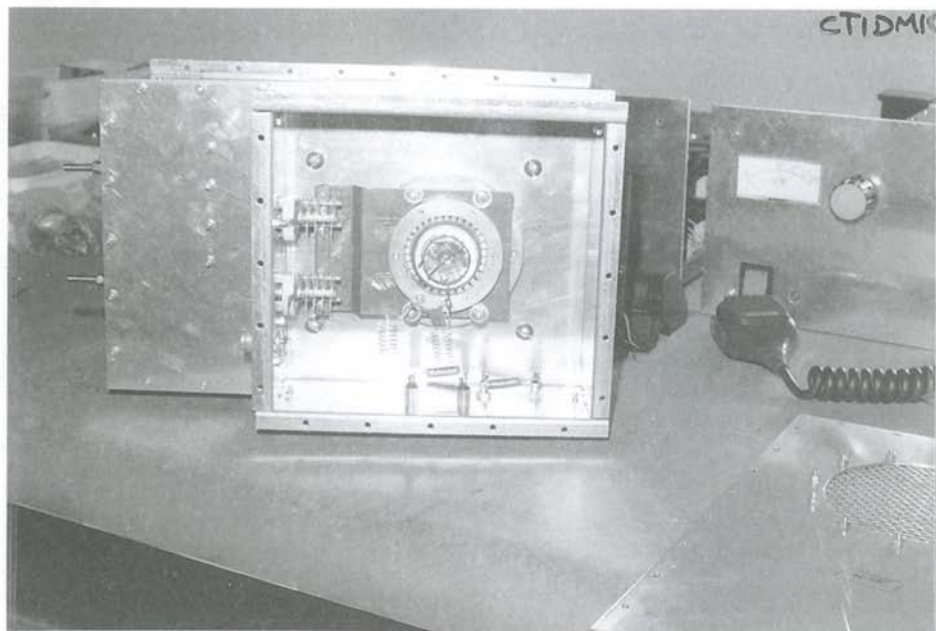
An amplifier with the Russian VHF triode GS35b was designed to operate on the 432MHz band. The design employed stripline configurations on both output and input. It was possible to obtain an output power exceeding 1.5KW. The required drive power for full output is 100 W, this is now a standard of the solid state bricks for the 432MHz band. The construction of this amplifier knowing its lower gain and efficiency compared with the ones employing modern triodes or tetrodes is well justified by the low price and availability of the GS35b at swap meetings and flea markets.

Ergebnisse

Obwohl die Ergebnisse nicht an die mit modernen Röhren erzielten heranreichen, können sich die gemessenen Werte in der Tabelle 1 durchaus sehen lassen. Ein Wirkungsgrad von nahezu 50% und eine Verstärkung von 12dB bei 1500W Ausgangsleistung sind erzielbar. Er läßt sich von jeder Transistorendstufe mit 100W Ausgangsleistung durchsteuern. Der niedrige Preis und die gute Verfügbarkeit der GS35 auf Flohmärkten tun ein übriges.

References/Literatur

- [1] Steve Powlisen, K1FO, "A 3CX800A7 Amplifier for 432", The ARRL UHF/Microwave Projects Manual
- [2] Steve Powlisen, K1FO, "A 1500W Output amplifier for 432", The ARRL UHF/Microwave Projects Manual
- [3] Russel L. Miller, N7ART, "Tetrode Power on 432", Dubus 1/1994
- [4] The ARRL handbook - (several triode amplifiers for HF to UHF)



432 PA: View to Cathode Line