

UHF-Leistungstetrode RS 1034

Sonderdruck
aus »Siemens-Zeitschrift«
52. Jahrgang · Heft 4
April 1978
Seite 278 bis 280
Verfasser:
Klaus-Dietrich Heinze

Dem zunehmenden Interesse, Tetroden wieder in UHF-Fernsehsendern einzusetzen, liegen nicht nur energiewirtschaftliche Betrachtungen zugrunde, sondern auch die in den letzten Jahren bei diesen Röhren erzielten konstruktiven und technologischen Fortschritte. So gelang es, bei der UHF-Leistungstetrode RS 1034 die Stufenverstärkung gegenüber früheren Ausführungen zu verdoppeln. Zwei weitere wichtige Probleme konnten ebenfalls gelöst werden: Unterdrückt wurden die vor allem bei Röhren mit großer Steilheit ($S \approx 100 \text{ mA/V}$) sehr leicht anregbaren Störmoden, und die Ausgangsleistung konnte auf 10 kW bei Luftkühlung (RS 1034 L) und auf 20 kW bei Siedekondensationskühlung (RS 1034 SK) erhöht werden, ein Wert, wie er für die heutigen Fernsehsender gefordert wird.

Konstruktionsmerkmale

Die 10-kW-UHF-Tetrode RS 1034 L (Bild 1) ist konzentrisch in Metall-Keramik-Technik aufgebaut. Auf zwei Molybdänröhren, die den inneren und äußeren Kathodenträger bilden, ist ein zylinderförmiges Maschengeflecht aus thoriertem Wolframdraht, die sogenannte Maschenkathode, lichtbogengeschweißt.

Eine Besonderheit bei den UHF-Tetroden, die – aus Gründen der Steilheit und damit der Verstärkung – einen lichten Abstand der Kathode zum Gitter von wenigen zehntel Millimetern aufweisen, ist die einseitig gefederte Kathodenkappe. Sie wird aus im Vakuum weichgeglühten Tantalspinnen gefertigt und hat die Aufgabe, den relativ hohen Heizstrom von einigen 100 A zu führen und gleichzeitig dem Maschenwickel in axialer Richtung einen Freiheitsgrad zu geben. Die Ausführung dieser Tantalspinnen beruht auf langwierigen Untersuchungen und ist heute so ausgereift, daß die Röhren ohne Vorheizzeit sofort einschaltbar sind.

Bei dem Gitter-Kathoden-Aufbau (Bild 2) ist auf einen wesentlichen technologischen Vorzug hinzuweisen. An den Gittern, die aus nahtlos gezogenen Molybdänrohren bestehen, ist die Verbindungsstelle zwischen Gitter und Elektrodenflansch schraubenlos durch Plasmaschweißung ausgeführt. Dies hat speziell beim Ableiten der sich durch die hohe Frequenz ergebenden Oberflächenströme eine große Bedeutung. Die schraubenlose Verbindung gewähr-

leistet durch ihre symmetrische Ausführung, daß kein unterschiedlicher Übergangswiderstand und somit kein HF-Lichtbogen entsteht, der zur Zerstörung der Röhre führen könnte.

Damit ein Innendruck der Röhren von weniger als 10^{-6} mbar sichergestellt ist, fertigt man die Anode aus einem im Vakuum gegossenen Kupfertopf, dessen Gesamtgasrestgehalt unter 5 ppm liegt.



Bild 1
10-kW-UHF-Tetrode
RS 1034 L



Bild 2
Gitter-Kathoden-
Aufbau der
10-kW-UHF-
Tetrode RS 1034 L

Umfangsstörmodenbedämpfung

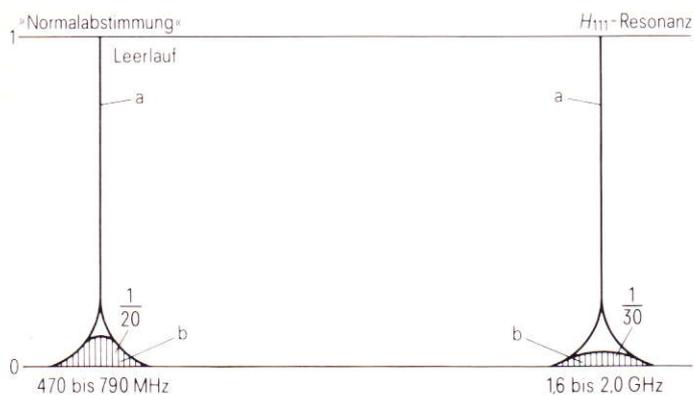


Bild 3 Resonanzstellen des Anodenresonators (in normierter Darstellung), gemessen mit Netzwerkanalysator; Resonanzkurven im Leerlauf (Kurven a) sowie Resonanzkurven des betrieblich belasteten Resonators und der bedämpften H_{111} -Resonanz (Kurven b)

Dem Anwender von Tetroden im UHF-Bereich ist bekannt, daß neben der Verstärkung der Nutzfrequenz auch störende Umfangsresonanzen auftreten können, deren Frequenzen vom Aufbau der Röhre abhängig sind. Diese im Bereich von einigen Gigahertz auftretenden Störwellen haben ihren Ursprung in ungedämpften Hohlraumresonanzen im Innern der Tetrode. Im allgemeinen versucht man, diese Umfangsstörmoden durch schaltungstechnische Maßnahmen im Topfkreis zu unterdrücken. Mit dem Erhöhen der Steilheit wird aber die Anregung für Störresonanzen verstärkt. Deshalb war eines der Ziele beim Entwickeln der Tetrode, eine unmittelbar zur Röhre gehörende Einrichtung zu schaffen, die die Umfangsresonanzen wirksam unterdrückt.

Messungen solcher Resonanzen mit einem Netzwerkanalysator haben gezeigt, daß die Güte der H_{111} -Resonanz etwa 20mal größer ist als die Betriebsgüte des belasteten Kreises (Bild 3). Diese störende H_{111} -Resonanz des allseitig abgeschlossenen Hohlraums ist also praktisch ungedämpft und kann bei der großen Steilheit der Röhre schon bei kleinsten, aber passenden Rückkopplungsbedingungen zur Selbsterregung führen.

Bild 4 zeigt die Tetrode RS 1034 mit der Dämpfungseinrichtung für die Hohlraumresonanz. Das Dämpfungsmaterial besteht aus einer Ferritmasse, die über ein in der Anode angebrachtes Keramikfenster hochfrequenzmäßig mit dem Anodenraum der Röhre verkoppelt ist. Man erreicht mit dieser Einrichtung eine Bedämpfung der Störfrequenzen von 30 dB. Die Dämpfung der Nutzfrequenz bis 860 MHz ist dagegen mit nur 0,05 dB praktisch vernachlässigbar.

Siedekondensationskühlung der Anode

Bei der Konstruktion der neuen 10-kW-Tetrode wurden die leistungsbegrenzenden Faktoren des Systems, wie

- Ergiebigkeit der Kathode,
- Belastbarkeit der Gitter und
- Belastbarkeit der Anode,

so ausgelegt, daß ein 20-kW-Betrieb möglich ist. Bei der Ausführung mit luftgekühlter Anode ist dabei der leistungsbegrenzende Faktor die Kühlwirkung der Luft auf die Anode.

Die beim 10-kW-Betrieb maximal auftretende Anodenverlustleistung von 12 kW kann unter Berücksichtigung der geforderten Geräuschdämpfung im Sender mit Luftkühlung bei vertretbarem Aufwand abgeführt werden.

Sollen jedoch die Leistungsreserven der Röhre voll genutzt werden, so kann die Ausgangsleistung mit Hilfe der Siedekondensationskühlung auf 20 kW erhöht werden.

Wärmeaustauschvorgang bei Siedekondensationskühlung

Die Wärme wirkt an der Innenfläche der Anode ein (Bild 5). Ein geringer Teil dieser Wärmeenergie wird durch direkte Leitung an die äußere Anodenfläche und somit an die mit großer Geschwindigkeit daran vorbeistreichende Kühlflüssigkeit abgegeben. Der eigentliche Wärmeaustausch erfolgt in den ring- bzw. wendelförmig angeordneten Kühlkanälen der Anode. Dieser Wärmeaustausch vollzieht sich durch Verdampfen der Flüssigkeit im Zustand des komplexen Siedens. Dabei ist dieser Zustand durch den Temperaturgradienten stabilisiert, der sich an den Flächen des Kühlkanals ergibt.

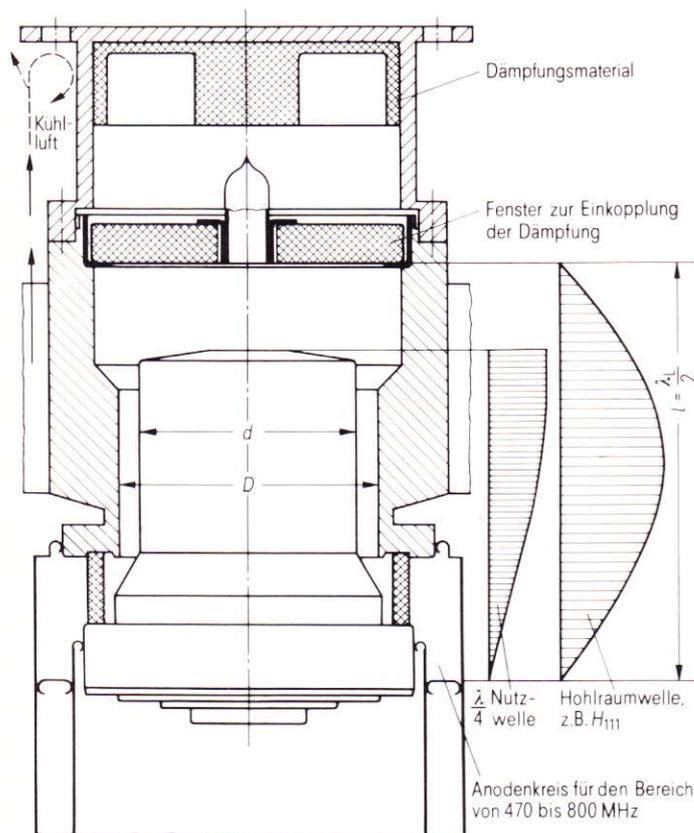


Bild 4 Tetrode RS 1034 mit Dämpfungseinrichtung für Umfangsstörmoden (λ_L Leitungswellenlänge der Hohlraumresonanz)

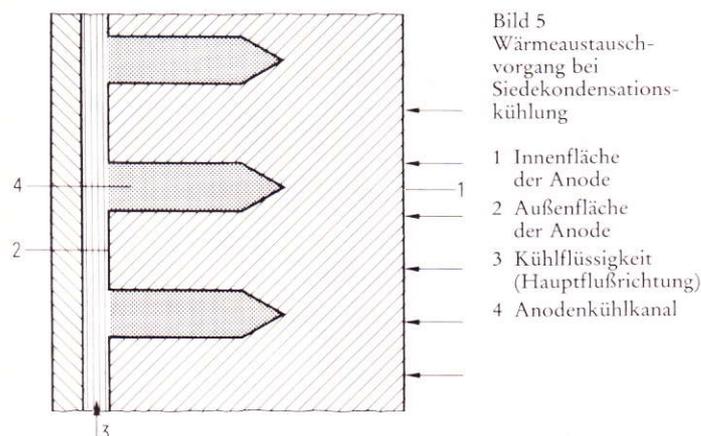


Bild 5 Wärmeaustauschvorgang bei Siedekondensationskühlung

- 1 Innenfläche der Anode
- 2 Außenfläche der Anode
- 3 Kühlflüssigkeit (Hauptflußrichtung)
- 4 Anodenkühlkanal

Verwendet man als Kühlflüssigkeit Wasser mit einem Druck von 2 bar (Siedetemperatur etwa 120°C) und beträgt die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit einige Meter je Sekunde in Hauptflußrichtung, so stellt sich an der Anodenaußenfläche eine Temperatur von etwa 100°C ein. Die Temperaturen an der Oberfläche des Kühlkanals liegen zwischen 135 und 250°C.

Im Kühlkanal selbst treten somit verschiedene Verdampfungsformen auf. Der entstehende Dampf hat eine Temperatur von 120°C. Er entweicht mit hoher Geschwindigkeit aus dem Kühlkanal und trifft senkrecht auf den Hauptfluß. Dort wird er von diesem mitgerissen und durch Mischung im Wirbelzustand sofort kondensiert. Dabei wird die latente Dampfwärme an die Kühlflüssigkeit übertragen. Die beiden aufeinanderfolgenden Wärmeaustauschvorgänge, Verdampfung und Kondensation, herrschen zwar bereits in den Wärmeaustauschkanälen selbst, der Siedevorgang findet jedoch hauptsächlich an den tiefsten Stellen der Kühlkanäle statt. Die vom Kühlkreislauf aufgenommene



Bild 6
20-kW-UHF-Tetrode
RS 1034SK mit
Siedekondensations-
kühlung

Wärme muß mit Hilfe eines Radiators oder auch über einen Sekundär-Kühlkreislauf an die Umgebung abgegeben werden. Bild 6 zeigt den Aufbau einer 20-kW-UHF-Tetrode mit Siedekondensationskühlung.

Reduced Power Requirements through High-performance Tetrodes

More than 500 television transmitters, for all wavebands and powers, designed, installed and serviced in any part of the world – this is a rundown of the engineering achievements which have given Siemens such a good name in television transmission technology.

An outstanding example is a new state-of-the-art UHF tetrode transmitter with an output power of up to 10/1 kW (video/audio). It is characterized by low power requirements, reduced installation and servicing costs and compact design.

Its features in short:
UHF band IV/V. Output powers of 10/1 kW, 5/0.5 kW or 2/0.2 kW, depending on design. Only three tubes required, two being driven via transistorized power amplifiers. Transistorized input stages with IF modulation. Fault memory with 49 positions. Interlock system as per IEC. Unattended operation, also with remote supervision. Active and passive standby transmitters.

From studio to antenna, from single transmitter to national network – Siemens has the right solution.

◀ 10/1-kW television transmitter for band IV/V
10-kW UHF tetrode RS 1034 L

