

# Betriebsarchiv

VEB

Werk für Fernmeldewesen

Beschreibung  
für  
Rauschdiode LG 16  
Type HF 2088

68

26

Fertigungsvorschriften  
-----

für die

Rauschdiode LG 16.  
-----

5. Juli 1946

OBERSPRENGLER  
Berlin-Oberschönweide  
Ostendstr. 1-5

Inhaltsverzeichnis.

- I. Empfänger-Grenzeempfindlichkeit.
- II. Rauschdielen-Messungen.
- III. Bauweise.
- IV. Anwendungsweise.
- V. Technische Daten.
- VI. Der Fertigungsvorgang.
- VII. Arbeitsvorschriften.
- VIII. Spezialwerkstoffe
- IX. Von auswärts zu beziehende Bauteile.
- X. Das Prüfen.
- XI. Stücklisten und Zeichnungen.
- XII. Der Fertigungsplan.

## Rauschdiode LG 16

\*\*\*\*\*

I. Empfänger - Grenzwempfindlichkeit.

Rauschdioden sind entwickelt worden, um auf dem Ultrakurzwellen- und Höchstfrequenzgebiet einen einfachen Messender zur Prüfung der Empfindlichkeit von Empfangsgeräten zur Verfügung zu haben.

Bei im Gebiet der Rundfunkwellen arbeitenden Hochfrequenzempfängern definiert man die Empfindlichkeit als diejenige in Mikrovolt gemessene Eingangsspannung, die man dem Empfänger an den Antennen-Anschlussbrüchen zuführen muss, um im Ausgang eine Ausgangsleistung von 50 mW zu erzeugen.

Im Ultrakurzwellen- und Höchstfrequenzgebiet benutzt man eine andere Definition der Empfängerempfindlichkeit. Man geht davon aus, dass der Verstärkungsmöglichkeit im Empfänger dadurch Grenzen gesetzt sind, dass besonders im Eingangskreis des Empfängers und der ersten Röhrenstufe störende Schwankungsströme auftreten, die in demselben Masse Verstärkung im Gerät erfahren wie die das gewünschte Signal erfährt. Es ist daher der Empfang von Signalen nur möglich, wenn sie der Eingangsstufe des Empfängers in solcher Stärke zugeführt werden, dass sie im Ausgangskreis eine Leistung erzeugen, die grösser ist als die störende Leistung, die durch die im Verstärker auftretenden Schwankungsströme bedingt ist.

Das Auftreten der Schwankungsströme, die man auch Rauschströme nennt, geht zurück auf das durch die Elektronen bedingte diskontinuierliche Verhalten der Elektrizitätsströmung. In Elektronenröhren ist die von der Kathodenoberfläche in einer Zeitspanne gegebener Dauer emittierte Anzahl Elektronen nicht immer

die gleiche, sondern zufälligen Schwankungen um einen Mittelwert herum unterworfen, was statistisches Schwanken des Anodenstromes nach sich zieht. In elektrischen Leitern führt das Elektronengas, welches für die Elektrizitätsleistung verantwortlich zu machen ist, statistische Eigenbewegungen ähnlich den Brownschen Bewegungen der Moleküle aus. Diese regellosen Bewegungen bedingen ebenfalls einen elektrischen Schwankungsstrom. Da die Unregelmäßigkeiten, auf die diese Schwankungsströme zurückgehen, zeitlich <sup>von</sup> ~~über~~ kurze Dauer sind, sind die Schwankungsströme als unregelmäßige Überlagerung kurzzeitiger impulsförmiger Vorgänge anzusehen. Dem Schwankungsstromen ist daher ein kontinuierliches Spektrum von Komponenten zuzuschreiben, in welchem bis zu den höchsten interessierenden Frequenzen hinan sämtliche Frequenzen in praktisch gleicher Stärke auftreten. Daraus folgt, dass die im Ausgang eines Geräts auftretende Rauschleistung, die den gewünschten Empfang beeinträchtigt, der Bandbreite des Empfängers proportional und durch jede in das Band fallende Frequenz zu gleichen Anteil getragen wird. Man spricht nun von umso empfindlicheren Empfängern, je kleiner an und für sich im Ausgangskreis des Geräts die Leistung ist, die auf die im Gerät auftretenden Rauschströme zurückgeht.

Die Definition eines universellen Begriffs für die Empfängerempfindlichkeit, den man Grenzempfindlichkeit nennt, ergibt sich in folgender Weise: Zur Messung wird ein Messender an den Eingang des zu messenden Empfängers angeschlossen. Sodann wird die Ankopplung des Empfängers so eingestellt, dass sich ein möglichst günstiges Signal-Rauschverhältnis ergibt. Man wird die Stärke des Messenders auf einen solchen Wert eingestellt, dass die im Ausgang des zu messenden Empfängers gemessene Leistung den doppelten Wert, d.h. für den Effektivstrom den 1,4-fachen Wert, erfüllt wie sie bei Kurzschlüssen des Senders auf Leistungsabgabe Fall besitzt. Die Grenzempfindlichkeit des Empfängers ist dann diejenige durch die Bandbreite des zu messenden Empfängers dividierte Leistung, die bei der getroffenen Einstellung des Messenders durch einen angepassten Verbraucher derselben entnommen werden kann.

Die Größe der im Eingangskreis des Empfängers sich am Gitter der Eingangsröhre ausbildenden Schwankungsspannungen ist ab sich sowohl durch den Generator-Innenwiderstand als auch den Widerstand mitbestimmt, mit dem sich der Generator-Innenwiderstand an die

Eingangselektrode der ersten Röhre transformiert, ist also von dem Innenwiderstand des Generators und seiner Ankopplung abhängig. Dadurch, dass man die Kopplung auf einen Optimalwert einstellt, wird die Messung von dem transformierten Generator-Innenwiderstand unabhängig. Es ist indessen die Größe der Messleistung, die der Empfänger bei der Messung zugeführt erhielt, bei der die Einstellung auf Verdoppelung der Rauschleistung vorgenommen wurde, noch durch den Innenwiderstand des verwendeten Messenders selber mitbestimmt gewesen. Bei der gegebenen Definition der Empfindlichkeit jedoch, die sich auf die Leistung bezieht, die der Messender an einen angepassten Verbraucher abgeben könnte, wird man von diesen Größen unabhängig. Da von der Bandbreite des Empfängers unabhängig zu werden, ist durch die Bandbreite dividiert, d.h. man bezieht sich auf Leistungen pro Hertz Bandbreite.

Als ein Mass für den auf jedes Hertz Bandbreite entfallenden Leistungswert, der somit von der Dimension Watt x Sekunde, d.h. ein Energiebetrag ist, benutzt man als Einheit den Energiebetrag  $kT_0$ , wobei  $T_0$  die absolute Temperatur bezeichnet, die dem Empfänger zuzuschreiben ist, und  $k$  die Boltzmannsche Konstante ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  W/c/°) ist. Ein Empfänger ist umso besser, je kleiner die Zahl der in  $kT_0$  gemessenen Grenzem-pfindlichkeit ist. Die theoretische Grenze, die man in der Grenzem-pfindlichkeit erreichen kann, liegt bei 1 ( $kT_0$ ). Die Einstellung der Antennenkopplung derart, dass sich ein möglichst günstiges <sup>Verhältnis</sup> : Rauschverhältnis ergab, ist übrigens nicht diejenige Kopplung, bei der maximale Leistung der Antenne entzogen wird; es arbeitet somit der auf günstigsten Wert eingestellte Empfänger nicht mit angepasster Antenne.

## II. Rauschdioden-Messungen.

Die infolge des Schrot/effekts in einer gesättigten Diode auftretenden Anodenstromschwankungen können man als Messmittel ausgenutzt werden. Die Stärke des Rauschstromes, den eine solche "Rauschdiode" abzugeben imstande ist, ist durch die Größe ihres Anodenstromes eindeutig bestimmt. Nach den von Schottky aufgestellten Beziehungen ist der Effektivwert des innerhalb eines Frequenzbereichs  $\Delta f$  liegenden Rauschstromanteils, der in einer Diode den

Sättigungsstrom  $I$  begleitet, bestimmt durch die Gleichung

$$i^2 = 2e \cdot I \cdot \Delta f,$$

wo  $e = 1,59 \cdot 10^{-19}$  Coul die Elementarladung ist.

Die an einen Widerstand  $R$  von einer gesättigten Diode innerhalb des Frequenzbereichs  $\Delta f$  abgegebene Rauschleistung ist somit

$$R \cdot i^2 = 2e \cdot R \cdot I \cdot \Delta f.$$

Die Rauschdiode selber besitzt infolge ihres Betriebes im Sättigungszustand einen hohen Innenwiderstand; man schaltet ihr jedoch einen Widerstand  $R_p$  parallel, so dass sie auf einen Innenwiderstand gebracht wird, der gleich dem Wellenwiderstand ihres Anschlusskabels kommt ( $70 \Omega$ ). Somit stellt der Rauschdiode-Messender einen Generator vom Innenwiderstand  $R_p$  dar, so dass die bei dem eingestellten Anodenstromwert an einen angepassten äußeren Verbraucher  $R_p$  im Frequenzbereich  $\Delta f$  abgegebene Leistung den Wert

$$N = \frac{i^2 \cdot R_p}{4} = \frac{e \cdot I \cdot \Delta f \cdot R_p}{2}$$

hat. Man schaltet nun einen Rauschdiode-Messender an die Eingangsklemmen des zu untersuchenden Empfängers an und regelt den Sättigungsstrom der Rauschdiode derart, dass im Ausgang des Empfängers der Effektivstrom auf das 1,4fache erhöht wird. Unter Berücksichtigung der eingangs gegebenen Definition für die Empfängerempfindlichkeit sieht man, dass dieselbe, in  $kT_0$ -Einheiten gemessen, sich ergibt zu:

$$n = \frac{N}{\Delta f \cdot kT_0} = \frac{e \cdot I \cdot R_p}{2 kT_0}$$

$$n = 0,02 \cdot I \cdot R_p$$

(kT<sub>0</sub>)                      (mA) (Ω)

Sie ist also in einfacher Weise aus dem Messender-Innenwiderstand  $R_p$  und dem Sättigungsdiodenstrom  $I$  zu errechnen.

### III. Bauweise.

Die Rauschdiode selber - es wird auf das Messbild H 27 (Ma) und die Zeichnung H 27 verwiesen - ist eine Pressglasröhre, die an ihrem Kopf mit einer den Pumpstutzen verdeckenden, aufgekitteten Haltekappe ausgestattet ist. Die drei Elektrodenzuführungen sind durch den Pressglasboden auf einem Durchmesser liegend durchgeführt. Die Röhre ist für sockellosen Betrieb gedacht, derart, dass die Elektrodenzuführungen direkt in die Kontaktfedern der Fassung eingeführt werden. Die Katode ist ein mit Thoriumpaste besprühter Wolfram-BSD-Draht von 0,1 mm  $\varnothing$ . Der Katodendurchmesser ist nach der zweiten Thoriumbesprühung 0,2 mm. Die aktive Katodenlänge ist 4 mm. Um die Katode gespannt zu halten, ist an der einen Durchführung eine Feder vorgesehen. Es ist bekannt, dass in Vioden bei Höchstfrequenzen, bedingt durch die endliche Laufzeit der Elektronen, der Innenwiderstand der Diode eine frequenzabhängige komplexe Widerstandskomponente erhält. Um den Innenwiderstand des Messegenerators im Hinblick darauf möglichst frequenzunabhängig zu machen, ist auf extrem kleinen Katodenabstand und auch aus dem gleichen Grunde auf Kapazitäts- und Induktivitätsverlust der Elektrodenzuführung bei der getroffenen Röhrenkonstruktion besonderer Wert gelegt. Die Anode der Röhre ist ein zusammengebogenes Wolframblech und bildet eine Zylinderanode von nur 0,8 mm Innendurchmesser und 6 mm Länge. Sie umschließt also in sehr engem Abstand die Katode und überragt an den Seiten die Katode so weit, dass sämtliche von der Katode ausgehenden Elektronen - nur der thoriierte Teil des Wolframfadens emittiert - zur Anode gelangen. Die Anode besitzt einen 4 mm breiten und 7 mm langen Kühlflügel. Zur Erhöhung der Wärmeabstrahlung ist der Kühlflügel sowohl als die ganze Anode durch Besprühen mit Thorium geschwärzt. Am oberen Teil des Röhrenkolbens ist auf einer Glimmerscheibe ein Nickelbecher angebracht, in welchem ein Barium-Thorium-Getter vorgesehen ist. Die Daten der Röhre gehen aus dem beigefügten Datenblatt hervor.



#### IV. Anwendungsweise.

Die Anwendung der Röhre erfolgt in der aus Abb. 1 und 2 ersichtlichen Form. Das dargestellte Gerät dient zur Empfindlichkeitsmessung von Dezimeter-Empfängern; es ist ein handlicher kleiner Messender, der statt des Antennenkabels über ein Oppanolkabel an den Eingang des Dezimetergeräts angeschaltet werden kann. Der Innenleiter des Kabels ist an seinem Ende über den oben mit  $R_p$  (1) bezeichneten Widerstand von etwa 70 Ohm abgeschlossen. Kurz vor dem Abschlusspunkt dieses Widerstandes sind die die Fassung für die Rauschdiode bildenden Kontaktfedern (2) und der Führungskopf (3) für die Rauschdiode angeordnet. Zum Ausgleich der hierdurch bedingten Streukapazität ist eine abstimmbare Stichleitung vorgesehen, die auf die verwendete Welle eingestellt wird. Die Stichleitung (4) kann mittels eines Klemmkonusses festgestellt werden; sie ist mit einer Schutzkappe (5) versehen. Die richtige Einstellung der Stichleitung erfolgt mit Hilfe einer Messleitung derart, dass von dem Hochfrequenzkabel aus der Innenwiderstand des Gerätes auf 70 Ohm eingestellt wird. Während die Anode der Rauschdiode an den Innenleiter geführt ist, sind die Heizstromzuleitungen (6) kapazitiv über Verklatschungen mit dem Aussenleiter verbunden. Über ein biegsames Kabel wird von einem Netzgerät, das mit einem empfindlichen Milliampere-meter von einem Messbereich von 10 bzw. 50 mA ausgerüstet ist, eine Anodenspannung von 125 V sowie die Heizspannung zugeführt. Die Anodenspannung von 125 V ist hoch genug, um Sättigung des emittierten Kathodenstromes sicherzustellen. Die Heizspannung wird mit Hilfe eingebauter Regelwiderstände geregelt, und der Sättigungsanodenstrom auf dem Instrument abgelesen. Die eigentliche Messung vollzieht sich unter Berücksichtigung dessen, was auf Seite 2 gesagt wurde, in folgender Weise: Es wird nach Anschalten der Rauschdiode an die Eingangsklemmen des Empfängers zunächst die Ankopplung des Empfängers so eingestellt, dass die durch die Rauschdiode bewirkte Vergrößerung des Eigenrauschens des Empfängers möglichst gross ist. Bei dieser Kopplungseinstellung regelt man nun den Anodenstrom der Rauschdiode auf einen solchen Wert, dass der Effektiv-

stromführende

stromwert des Eigenrauschens durch das zusätzliche Rauschen der Rauschdiode auf den 1,4fachen Wert gebracht wird; der entsprechende Sättigungsstromwert wird abgelesen. Unter Eigenrauschen ist dabei das Rauschen zu verstehen, das sich ergibt, wenn der Rauschdiodenstrom auf seinen kleinsten Wert heruntergeregelt ist, bzw. der Heizstrom ausgeschaltet ist.

Es berechnet sich dann die von dem Rauschdioden-Messender abgebbare Rauschleistung, mithin die optimale  $kT_0$  Grenzemfindlichkeit des Empfängers gemäss der folgenden Formel:

$$\frac{n}{(kT_0)} = 0,02 \cdot \frac{I}{(\text{mA})} \cdot \frac{R_D}{(\Omega)}$$

Zur Anzeige des Effektivstromes ist ein die Stromwerte quadratisch anzeigendes Instrument (Thermoelement oder quadratisch wirkende Gleichrichtstufe mit folgendem, lineare Stromwerte anzeigendem Instrument) zu benutzen.

Bei Ueberlagerungsempfängern, die ausser der Hauptwelle noch eine Spiegelwelle empfangen können, muss unbedingt auch die Zapfindlichkeit des Empfängers auf der Spiegelwelle gemessen werden, da das Rauschen der Rauschdiode auch auf der Spiegelwelle empfangen wird. Ist die Empfindlichkeit auf der Spiegelwelle um einen Faktor  $a$  schlechter als auf der Hauptwelle, so ergibt sich für die Empfindlichkeit auf der Hauptwelle die Formel:

$$\frac{n}{(kT_0)} = 0,02 \cdot \frac{I}{(\text{mA})} \cdot \frac{R_D}{(\Omega)} \left(1 + \frac{1}{a}\right)$$

Andere Verwendungsmöglichkeiten der Röhre ergeben sich laboratoriumsmässig als ein Mittel, um die Rauscheigenschaften beim Bau empfindlicher Verstärkerröhren zu messen. In diesem Fall besteht die Messung in dem Vergleich der von der zu messenden Röhre an einen Verstärker abgegebenen Rauschleistung mit der Rauschleistung, die beim bekannten Anodenstrom die Rauschdiode an den gleichen Verstärker abgibt.

Beim Arbeiten auf Wellen unterhalb 50 cm ist der Einfluss der Zuleitungsinduktivität zwischen Elektrodenystem und Anschlusspunkt der Röhre zu berücksichtigen. Die errechneten  $kT_0$  Werte sind hierzu durch den im Datenblatt angegebenen Transformationsfaktor  $t$  zu dividieren.