

Messungen elektrischer Eigenschaften von Elektronenröhren

Messung von Elektroden-Fehlströmen

DIN
44 402
Blatt 16

Measurements of the electrical properties of electronic tubes and valves;
Methods of measurement of spurious and unwanted electrode currents

Diese Norm stimmt sachlich überein mit der Empfehlung 151-15, Ausgabe 1967, Measurement of the electrical properties of electronic tubes and valves, Part 15: Methods of measurement of spurious and unwanted electrode currents.

(Messungen elektrischer Eigenschaften von Elektronenröhren, Teil 15: Meßverfahren für Elektroden-Fehlströme) der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC).

Dieser Norm liegen die allgemein üblichen Verfahren zur Messung von Elektroden-Fehlströmen zugrunde. Er legt nur Meßverfahren und Schaltungen fest, ohne jedoch die Meßeinrichtungen im einzelnen so genau zu beschreiben, daß die mit diesen erzielten Meßergebnisse innerhalb einer festgelegten Toleranz liegen.

Diese Norm gilt nicht für gasgefüllte Röhren.

1. Allgemeines

Bei dem Betrieb einer Elektronenröhre können unerwartete bzw. unerwünschte Elektrodenströme fließen. Diese sind gewöhnlich ~~und~~ kleiner als die Betriebsströme. Sie sind die Folge von Effekten, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der normalen Kathodenemission stehen. Diese unerwünschten Ströme werden Fehlströme genannt.

Ihre Ursachen sind:

- Thermische Emission der Röhrenelemente, mit Ausnahme der Kathoden
- Sekundäremission einer Elektrode.
- Isolationsfehler zwischen Elementen, die auf verschiedenem Potential liegen
- Ionisation von Restgasen
- Emission, die durch verschiedene Arten äußerer Strahlung hervorgerufen wird (z. B. photoelektrische Emission).

Da die Temperatur der Röhrenelemente erheblichen Einfluß auf die genannten Effekte hat, muß dafür Sorge getragen werden, daß die geforderten Arbeitsbedingungen während der Messung eingehalten werden.

2. Begriffe

2.1. Positiver Gitterstrom

Der Gitterstrom ist positiv, wenn die Elektroden vom Gitteranschluß in den äußeren Stromkreis fließen.

2.2. Negativer Gitterstrom

Der Gitterstrom ist negativ, wenn Elektronen vom äußeren Stromkreis zum Gitteranschluß fließen.

2.3. Primäremissionsstrom

Ein Strom, der durch die Temperatur einer Oberfläche, das Bestrahlen einer Oberfläche oder das Einwirken eines elektrischen Feldes auf eine Oberfläche direkt hervorgerufen wird.

2.4. Thermischer Emissionsstrom

Ein Strom, der allein durch die Temperatur einer emittierenden Oberfläche hervorgerufen wird.

2.5. Sekundäremissionsstrom

Ein Strom, der durch den Beschuß einer Oberfläche mit Elektronen oder Ionen hervorgerufen wird. Dieser Sekundäremissionsstrom enthält sowohl Elektronen, die von der Oberfläche reflektiert werden, als auch Sekundärelektronen, die aus ihr befreit werden.

2.6. Leckstrom (Isolationsstrom)

Ein Strom, der zwischen zwei oder mehreren Elektroden fließt, jedoch nicht über den zwischen ihnen befindlichen Vakuumraum.

2.7. Ionenstrom

Ein Strom als Folge positiver Ionen, die von Restgasmolekülen gebildet und von einer Elektrode aufgefangen werden.

2.8. Strom zwischen Heizer und Kathode

Der Strom, der zwischen Heizer und Kathode fließt, wenn diese einen Potentialunterschied aufweisen. Dieser Strom besteht sowohl aus einem Isolationsstrom als auch aus Strömen, die als Folge von Elektronenemission von Heizer und Kathode auftreten.

2.9. Rückstrom

Thermische Emission der Anode.

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Deutsche Elektrotechnische Kommission · Fachnormenausschuß Elektrotechnik im DNA gemeinsam mit Vorschriftenausschuß des VDE

3. Messung des negativen Gitterstromes

3.1. Allgemeines

Die in Bild 1 dargestellte typische Steuergitterkurve für verschiedene Gitterpotentiale zeigt den Einfluß des Fehlstromes.

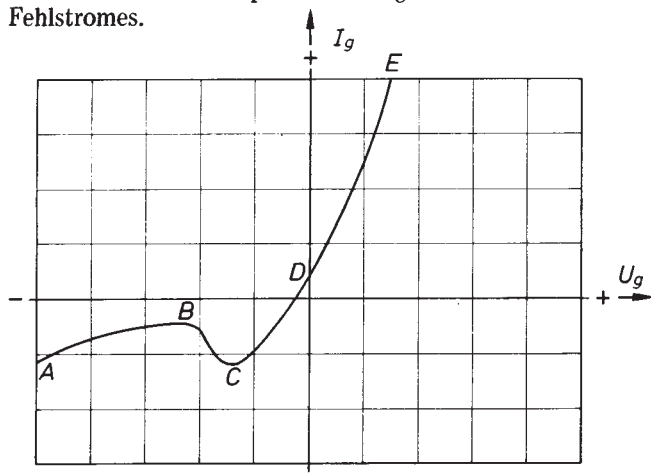


Bild 1. Typischer Steuergitter-Strom/Spannungs-Verlauf

Aus Bild 1 ist zu erkennen:

Im Bereich A-B ändert sich der negative Strom im gleichen Sinne wie das angelegte Potential. Der Verlauf ist bedingt durch die Körper- oder Oberflächenleitfähigkeit der Isolatoren aber auch die Folge von thermischer oder/und photoelektronischer Emission des Gitters.

Im Bereich B-C wird der Gitterstrom im wesentlichen durch Ionisation von Restgasen hervorgerufen. Sein Betrag ändert sich direkt mit der Größe des Kathodenstromes. Mit gegen Null laufender Gitterspannung verringert sich der Steuergitterstrom, weil ein zusätzlicher Strom in entgegengesetzter Richtung zu fließen beginnt. Das negative Potential am Steuergitter ist zu klein um das Auffangen von Elektronen aus der Raumladungszone zu verhindern. Wird das Gitterpotential schließlich positiv, nimmt I_g stark zu, wie es der Bereich C-E zeigt.

Anmerkung: Bild 1 zeigt, daß der Steuergitterstrom bei einem schwach negativen Potential D positiv wird. Dieses Potential wird gewöhnlich Gitterstromeinsatzspannung oder Gitterstromsperrspannung genannt. Für bestimmte Elektronenröhrentypen ist die Bestimmung dieses Potentials erforderlich. Für praktische Zwecke wird die Gitterstromsperrspannung als Potential bestimmt, bei dem ein schwacher positiver Steuergitterstrom fließt (üblich zwischen 0,1 und 0,3 μA für Empfangsröhren). Es ist zu beachten, daß die Gitterstromsperrspannung sich etwas ändern kann, wenn an die anderen Elektroden Potentiale angelegt werden; deshalb sind die Meßbedingungen anzugeben.

3.2. Meßverfahren

3.2.1. Direkt anzeigendes Verfahren

Die Röhre wird nach Bild 2 angeschlossen (als Beispiel ist eine Pentode gewählt).

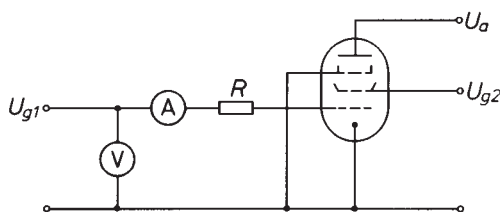


Bild 2. Schaltung zur Messung des negativen Gitterstromes (Direkt-Anzeige)

Der Wert des Schutzwiderstandes R darf zusammen mit dem Widerstand des Meßgerätes nicht so groß sein, daß er die angelegte Gitterspannung merklich ändert.

Gegebenenfalls ist eine Korrektur vorzunehmen.

Anstelle eines μA -Meters kann ein Röhrenvoltmeter benutzt werden, mit dem der Spannungsabfall am Schutzwiderstand R gemessen wird.

3.2.2. Kompensations-Meßverfahren

Der negative Gitterstrom wird durch die Spannung an einem vorgegebenen Widerstand bestimmt. Die Röhre wird nach Bild 3 angeschlossen.

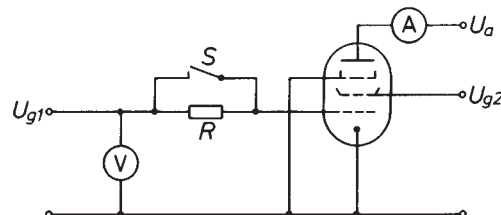


Bild 3. Schaltung zur Messung des negativen Gitterstromes (Kompensationsmethode)

Hierin bedeuten:

R hochohmiger Widerstand von bekannter Größe (typischer Wert 10 M Ω)

S Schalter zum Kurzschließen des Widerstandes R

Bei geschlossenem Schalter werden die vorgeschriebenen Strom- und Spannungswerte eingestellt. Der Gitterwiderstand wird dann durch Öffnen des Schalters S im Gitterkreis zugeschaltet und die daraus folgende Anodenstromzunahme dadurch kompensiert, daß die Gitterspannung auf einen negativeren Wert eingestellt wird. Daraus läßt sich der Gitterstrom bestimmen mit:

$$I_{G1} = \frac{\Delta U_{G1}}{R}$$

wobei ΔU_{G1} die Änderung der Gitterspannung bedeutet.

Für genauere Messungen kann der Anodenstrom mit Hilfe einer Gegenstrommethode bei Benutzung eines empfindlichen Anzeigergerätes eingestellt werden. Für diese Methode werden zwei Gitterspannungsquellen in Reihe geschaltet, wodurch ein genaueres Einstellen und Messen möglich ist.

3.3. Analyse des negativen Gitterstromes

Es gibt kein genaueres Verfahren zur Analyse aller Gitterstromkomponenten, die in Abschnitt 3.1 aufgeführt sind. Für den Versuch, eine solche Analyse durchzuführen, sind einige vereinfachende Annahmen zu machen. Ein praktisches Ausführungsbeispiel, das schnell Ergebnisse liefert, ist in Anhang I angegeben.

Anmerkung: Photoelektrische Emission kann die Messung kleiner Ströme unsicher machen. Eine derartige Emission kann man feststellen, wenn die Röhre beleuchtet wird. Treten keine Stromänderungen auf, kann angenommen werden, daß die Photoemission vernachlässigbar ist.

4. Messung der thermischen Gitteremission

4.1. Allgemeines

Während des Betriebes wird das Steuergitter durch Strahlung und durch Elektronenbeschuß (wenn das Gitter positives Potential hat) erhitzt. Als Folge davon kann die Gittertemperatur einen Wert erreichen, bei dem das Gitter thermisch Elektronen emittiert. Als Folge davon fließen Elektronen vom Gitter zu den anderen Elektroden, wenn das Gitter relativ zu diesen Elektroden negativ

ist. Im Betrieb wird das Schirmgitter einer Mehrgitterröhre ausreichend heiß, um Elektronen zu emittieren. Es kann notwendig sein, diese Emission als Funktion der vom Schirmgitter aufgenommenen Leistung zu messen.

4.2. Meßverfahren

4.2.1. Steuergitteremission

Die thermische Gitteremission als Funktion der Gitterleistungsaufnahme kann nach Bild 4 gemessen werden.

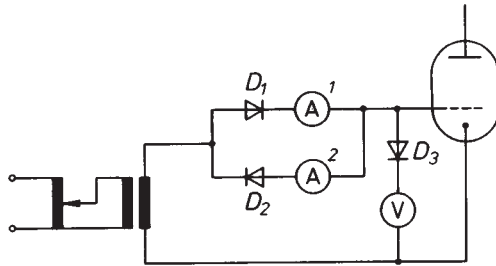


Bild 4. Schaltung zur Messung des thermischen Gitterstromes

Bei dieser Methode wird das Steuergitter der zu messenden Röhre über den Gleichrichter D_1 und den Strommesser 1 während der positiven Halbwellen erhitzt. In den entgegengesetzten Halbwellen zeigt der Strommesser 2 in Reihe mit dem Gleichrichter D_2 die thermische Gitteremission und gegebenenfalls den Isolationsstrom an. Der Spannungsmesser und der Strommesser 1 können durch ein Leistungsmesser ersetzt werden, das direkt die Gitterverlustleistung (siehe Bild 5) mißt.

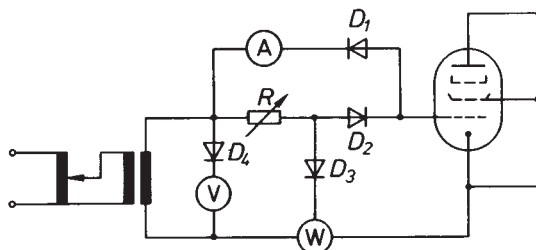


Bild 5. Schaltung zur Messung des thermischen Gitterstromes

Gegebenenfalls kann es notwendig sein, die Gitteremission zu messen, wenn die Anode auf normale Betriebstemperatur erwärmt ist. Eine geeignete Schaltung für diese Messung zeigt Bild 6.

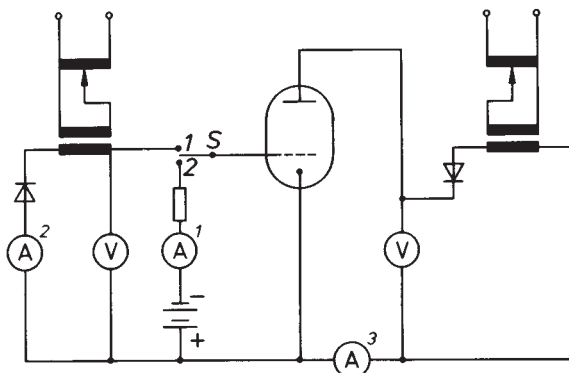


Bild 6. Schaltung zur Messung des thermischen Gitterstromes unter normalen Betriebsbedingungen für alle Elektroden.

In Stellung 1 des Schalters S wird das Gitter in der einen Halbwelle und die Anode in der anderen Halbwelle erhitzt. Wenn die Elektroden die Betriebstemperatur erreicht haben, wird der Schalter in die Stellung 2 gebracht, in der das Gitter durch den Strommesser 1 mit einer ausreichend negativen Spannung verbunden ist, die den Anodenstrom sperrt.

4.2.2. Schirmgitteremission

Die thermische Emission des Schirmgitters als Funktion der Verlustleistung kann in einer Schaltung nach Bild 7 gemessen werden.

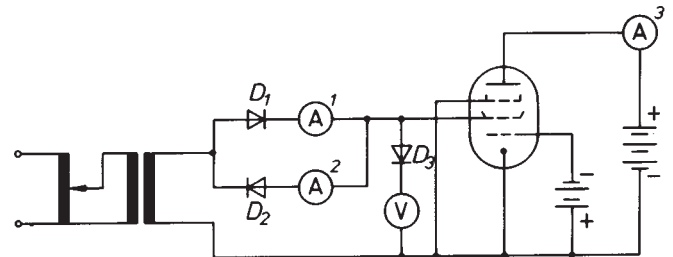


Bild 7. Schaltung zur Messung der thermischen Schirmgitteremission

Das Schirmgitter wird während der positiven Halbwellen mit Hilfe eines geeigneten Gleichrichters und einer Wechselspannungsquelle erhitzt und die Primäremission während der negativen Halbwellen gemessen. Der Anode und dem Steuergitter der zu messenden Röhre wird eine geeignete Gleichspannung zugeführt. Die Schirmgitterverlustleistung wird auf den gewünschten Wert eingestellt, indem die Spannung des Transformators geändert wird, wobei der Strom mit Hilfe des Strommessers 1 und die Spannung mit Hilfe des Spannungsmessers gemessen wird.

Der Innenwiderstand des Gleichrichters D_1 muß klein sein im Verhältnis zum Innenwiderstand des Schirmgitterkreises.

Am Strommesser 2 wird die primäre Schirmgitteremission (allgemein einige μA) gemessen. Spannungsmesser und Strommesser 1 können durch ein Leistungsmesser ersetzt werden.

Eine vereinfachte Schaltung ohne Gleichspannungsvorsorgung, bei der Anode und Steuergitter mit der Kathode verbunden sind, gibt in einigen Fällen bereits eine brauchbare Information.

5. Gitter-Sekundär-Emission

5.1. Allgemeines

Sekundäremission einer Gitteroberfläche tritt als Folge eines Elektronenbeschusses auf, wenn ein ausreichend hohes positives Potential an das Gitter gelegt wird. Im äußeren Gitterstromkreis fließen dann der primäre Strom und der entgegengesetzt gerichtete Sekundäremissionsstrom. Mit einem Strommesser kann nur ihre Differenz festgestellt werden.

In einigen Anwendungsfällen kann eine große Gittersekundäremission Ausgangsleistung und Wirkungsgrad erhöhen, indem sie die Gittereingangsleistung vermindert. Die Sekundäremission kann das Arbeiten der Röhre beeinflussen indem sie eine lineare Verstärkung verhindert oder unerwünschte Schwingungen hervorruft.

Gittersekundäremissionen haben oft dann eine schädliche Wirkung, wenn sie so groß sind, daß die Gittercharakteristik einen Bereich negativen-differentiellen Widerstandes aufweist, was sich als eine negative Steilheit der I_g/U_g -Kennlinie oder als Umkehr im Gitterstromverlauf zeigt.