

Wie schaltet man den Heizstromkreis von D-Röhren-Geräten?

Die Heizspannungen der D-Röhren sind so, daß man sie direkt aus einem Trockenelement oder einer Blei- bzw. Edisonsammierzelle speisen kann. Die dabei auftretenden kleinen Spannungsunterschiede müssen durch Widerstände ausgeglichen werden. Da nun diese Röhren einen sehr geringen Heizstrombedarf haben und somit gegen Überspannungen sehr empfindlich sind, ergeben sich einige interessante Überlegungen bezüglich der Schaltung der Heizstromkreise.

Die Abb. 1 zeigt eine Lösung, bei der für jede Röhre ein getrennter Vorwiderstand benutzt wird.

Eine interessante andere Möglichkeit der Schaltung zeigt Abb. 2. Hier wird die Spannung von 1,2 Volt an einem Spannungsteiler abgegriffen. Die beiden Spannungsteilerwiderstände x und y müssen so berechnet werden, daß bei Ausfall einer Röhre die Spannung nur bis zu einem zulässigen Betrag ansteigen kann.

Die Berechnung der Widerstände x und y kann wie folgt durchgeführt werden: Der Gesamtwiderstand s besteht aus $x + y$. Weder x noch y ist bekannt. Gegeben ist lediglich die Spannung U_y bzw. U_1 , die bei allen Röhren 1,2 Volt beträgt. Durch die Parallelschaltung der vier Röhren ergibt sich ein Gesamtwiderstand des Spannungsteilers s .

- | | |
|----------------------------------|-----------|
| 1. Röhre, 25 mA, $R = 48 \Omega$ | } $R_g =$ |
| 2. „ 50 mA, $R = 24 \Omega$ | |
| 3. „ 50 mA, $R = 24 \Omega$ | |
| 4. „ 100 mA, $R = 12 \Omega$ | |

$$= \frac{1}{\frac{1}{48} + \frac{1}{24} + \frac{1}{24} + \frac{1}{12}} = 51 \Omega$$

R_g liegt dem Widerstand y parallel. An dieser Parallelschaltung fällt die Röhrenspannung $U_y = U_1$ ab. Hierzu liegt der Widerstand x in Reihe (hintereinander). Die Batteriespannung liegt dann an dem Gesamtwiderstand der Schaltung:

$$x + \frac{R_g \cdot y}{R_g + y}$$

An x fällt dann die Spannung $2 - 1,2 = 0,8$ Volt ab.

Nun ist:

$$\frac{U_x}{U_y} = \frac{x}{R_g + y}$$

Nach Einsetzen der Werte und Umstellung wird:

$$1,5 = \frac{61y \cdot 1}{61 + y}$$

[Gleichung I]

Fällt die 100-mA-Endröhre aus, so ergeben sich folgende Verhältnisse (Abb. 3): Der Gesamtbelastungswiderstand ist jetzt $9,6 \Omega$ groß. Die Spannung an den Röhren soll $1,3$ Volt nicht übersteigen. Es wird also

$$\frac{1,3}{0,7} = \frac{y \cdot 9,6}{y + 9,6}$$

oder: $1,8571 = \frac{9,6y \cdot y + 9,6}{x}$

[Gleichung II]

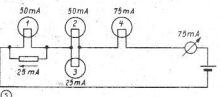
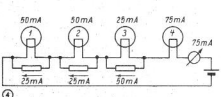
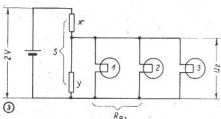
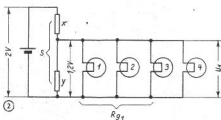
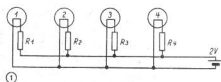
entstehen.

Gleichung I und Gleichung II werden nach x umgestellt und schließlich gleichgesetzt:

$$\frac{51y}{(y+51) \cdot 1,5} = \frac{9,6y}{(y+9,6) \cdot 1,8571}$$

Daraus:

$$y^2 - 4,3y = 0$$



Nach der bekannten Methode zur Lösung quadratischer Gleichungen ergibt sich daraus der Wert für $y = 4,3 \Omega$.

Wird dieser Wert in die Gleichung I eingesetzt, so ergibt sich für den Widerstand x :

$$x = \frac{4,3 \cdot 51 + 4,3 + 51}{1,5} \approx 1,6 \Omega$$

Damit wird der gesamte Spannungsteiler zu

$$s = x + y = 4,3 + 1,6 = 5,9 \Omega$$

Probe: Bei allen vier Röhren liegen $5\frac{1}{2} \Omega$ parallel zu y :

$$\frac{51 \cdot 4,3}{51 + 4,3} \approx 2,4 \Omega$$

Daraus der Gesamtwiderstand im Stromkreis:

$$2,4 + x = 2,4 + 1,6 = 4 \Omega$$

Die Spannungen verhalten sich wie die Widerstände:

$$\frac{\text{Batteriespannung}}{\text{Röhrenspannung}} = \frac{4}{2,4}$$

$$U_y = \frac{2 \cdot 2,4}{4} = 1,2 \text{ Volt}$$

Bei defekter Endröhre ergibt sich:

$$\frac{9,6 \cdot 4,3}{9,6 + 4,3} = 3 \Omega$$

$$x + 3 = 1,6 + 3 = 4,6 \Omega$$

Die nun an den Röhren herrschenden Spannungen:

$$\frac{\text{Röhrenspannung}}{\text{Batteriespannung}} = \frac{3}{4,6}$$

$$U_y = 1,3 \text{ Volt}$$

Durch den Spannungsteiler entsteht aber ein großer zusätzlicher Stromverbrauch. Bei einem Widerstand von rund 6Ω und einer Zellenspannung von 2 Volt beträgt der Mehrverbrauch

$$J = \frac{U}{R} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} = 0,333 \dots \text{ Amp.}$$

Die durch den Spannungsteiler aufgenommene Leistung:

$$N = U \cdot J = 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 0,666 \dots \text{ Watt}$$

Die Abb. 4 zeigt eine weitere Schaltungsmöglichkeit. Es ist die Reihenschaltung der Röhren. Da nicht alle Röhren die gleiche Heizstromstärke haben, müssen Nebenwiderstände eingebaut werden. Die Spannung der Heizbatterie muß dann $4 \cdot 1,2 = 4,8$ V betragen.

Durch Parallelschaltung zweier Röhren innerhalb der Reihenschaltung (Abb. 5) kann ein Nebenwiderstand (Shunt) eingespart werden. Die Batteriespannung braucht dann auch nur noch 3,6 Volt zu betragen. Bei der Reihenschaltung kann die Gitterspannung für die Röhren sehr zweckmäßig aus der Spannungsteilung der Batteriespannung gewonnen werden.

Hans von der Helde