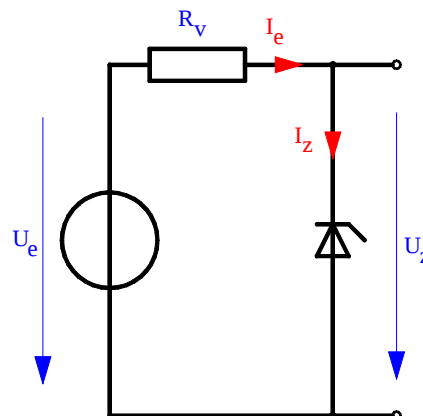


Stabilisierungsschaltung mit Z-Diode

Gegeben sei die nebenstehende Stabilisierungsschaltung. Die Eingangsspannung U_e kann von 22.0 V bis 26.0 V schwanken. An der z-Diode fällt die Spannung $U_z = 6.8\text{V}$ ab, wenn ein Strom von $I_z = 5.0\text{ mA}$ durch die Diode fließt. Der maximal zulässige Strom durch die z-Diode beträgt $I_z = 58\text{ mA}$. Der differentielle Widerstand im Durchbruchbereich beträgt $r_z = 8.0\Omega$



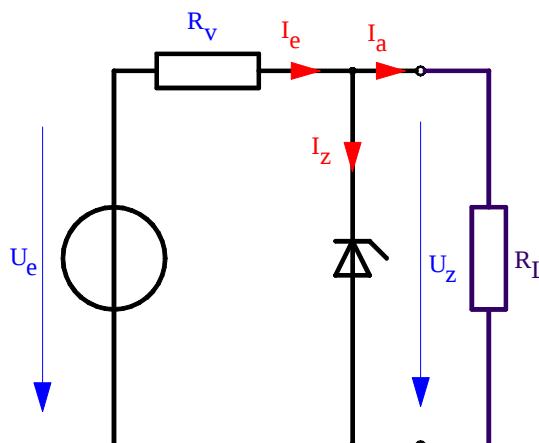
1. Zeichnen Sie das lineare Ersatzschaltbild der gesamten Stabilisierungsschaltung.
2. Zeichnen Sie die Kennlinie des linearen Ersatzschaltbildes im Spannungsbereich $6.7\text{V} \leq U_z \leq 7.2\text{V}$ und ermitteln Sie die Spannung U_{z0} . ($0.1\text{V} \hat{=} 1\text{cm}$, $10\text{mA} \hat{=} 1\text{cm}$)

3. Nun wird die Stabilisierungsschaltung mit einem Verbraucher $R_L = 680\Omega$ belastet.

- 3.1 Zeichnen Sie auch hier für die gesamte Stabilisierungsschaltung das lineare Ersatzschaltbild.

- 3.2 Ermitteln Sie den minimal zulässigen Vorwiderstand $R_V = R_{V_{\min}}$.

- 3.3 Ermitteln Sie den maximal zulässigen Vorwiderstand $R_V = R_{V_{\max}}$.



4. Berechnung des Glättungsfaktor mit Hilfe der Zweipoltheorie
 - 4.1 Stellen Sie die unbelastete Stabilisierungsschaltung dar durch eine ideale Spannungsquelle U_0 und den Widerstand R_i . (Schaltbild mit allen Spannungen, Ausgangsstrom I_a und Widerstand R_i .)
 - 4.2 Berechnen Sie allgemein den Innenwiderstand R_i und die Spannung U_0 .
 - 4.3 Berechnen Sie für den Vorwiderstand $R_V = R_{V_{\max}}$ den Zahlenwerte von R_i sowie U_0 für die beiden Eingangsspannungen $U_e = U_{e_{\max}}$ und $U_e = U_{e_{\min}}$
 - 4.4 Belasten Sie nun diesen aktiven Zweipol mit dem Lastwiderstand $R_L = 680\Omega$ und ermitteln Sie den Glättungsfaktor

Lösung

- 1 Lineares Ersatzschaltbild der unbelasteten Stabilisierungsschaltung
- 2 Diagramm der Ersatzkennlinie

Lösungsweg:

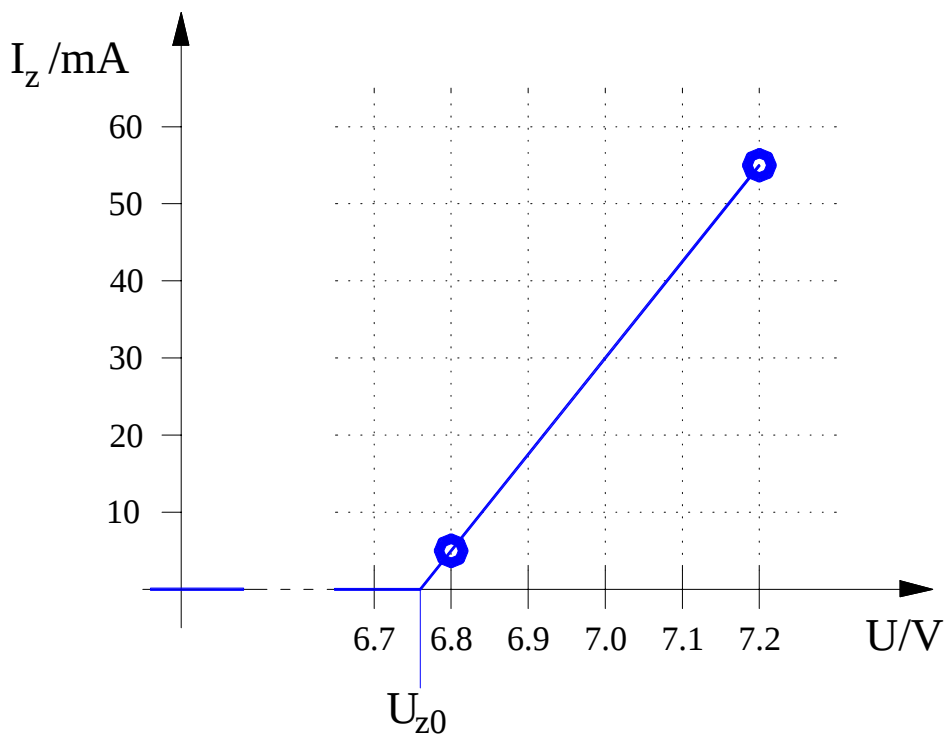
2 Punkte der Geraden ermitteln und die Gerade durch diese Punkte zeichnen.

Erster Punkt aus der Angabe " $U_z = 6.8\text{V}$ bei $I_z = 5.0\text{mA}$ ".

Zweiter Punkt mit Hilfe des ohmschen Gesetzes: Bei Vergrößerung des Stromes um $\Delta I_z = 50\text{mA}$ vergrößert sich der Spannungsabfall an r_z und damit die Spannung U_z an der Z-Diode um $\Delta U_z = r_z \cdot \Delta I_z$

$$\Delta U_z = 8.0\Omega \cdot 50\text{mA} = 400\text{mV} = 0.40\text{V} \Rightarrow U_z = 6.80\text{V} + 0.40\text{V} = 7.20\text{V}$$

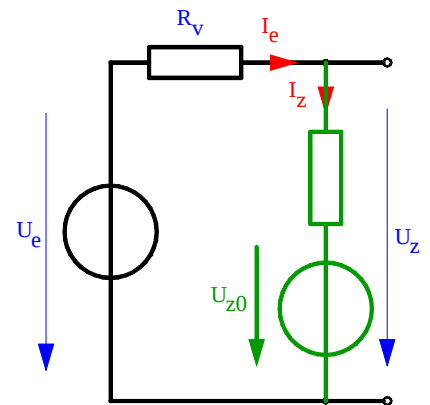
$$I_z = 5.0\text{mA} + 50.0\text{mA} = 55.0\text{mA}$$



Berechnung von U_{z0} :

Lösungsweg:

Die Spannung an der Z-Diode setzt sich zusammen aus dem Spannungsabfall an r_z und der Spannungsquelle U_{z0} . Für $I_z = 5.0\text{mA}$ ist $U_z = I_z \cdot r_z + U_{z0} = 6.8\text{V} \Rightarrow U_{z0} = 6.76\text{V}$.



3 Belastung der Stabilisierungsschaltung mit $R_L = 680\Omega$

3.1 Lineares Ersatzschaltbild

U_e schwankt zwischen $U_e = U_{e_{\min}} = 22\text{ V}$ und

$U_e = U_{e_{\max}} = 26\text{ V}$

3.2 Maximaler Vorwiderstand

Lösungsweg:

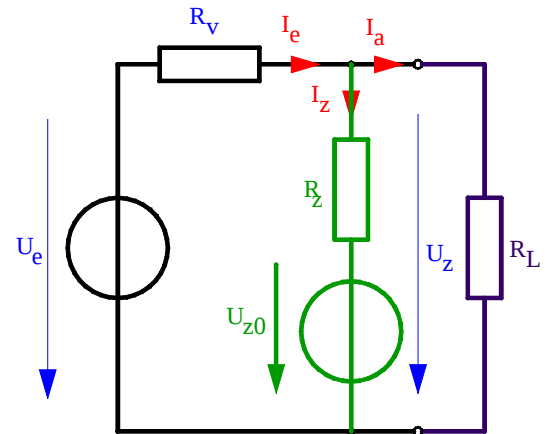
Der Strom I_z durch die Z-Diode darf den minimalen

Wert $I_{z_{\min}} = 0.1 \cdot I_{z_{\max}} = 5.8\text{ mA}$ nicht unterschreiten.

Bei Schwankungen von U_e wird zudem der minimale Strom durch die Z-Diode offensichtlich bei der minimalen Eingangsspannung $U_{e_{\min}}$ erreicht. Für die Berechnung von $R_{v_{\max}}$ muß also die minimale Eingangsspannung zugrunde gelegt werden.

Der minimale Strom durch die Z-Diode liefert die Spannung $U_z = U_{z0} + I_{z_{\min}} \cdot r_z = 6.81\text{ V}$. Diese Spannung liegt auch am Lastwiderstand R_L . Mit dem ohmschen Gesetz ergibt sich der Strom I_a durch den Lastwiderstand. Damit ist mit der Knotenpunktregel auch I_e bekannt.

Die Maschenregel führt auf $R_{v_{\max}} = \frac{U_e - U_z}{I_e} = \frac{U_e - U_z}{I_{z_{\min}} + \frac{U_z}{R_L}} = 962\Omega$



3.3 Minimaler Vorwiderstand

Lösungsweg:

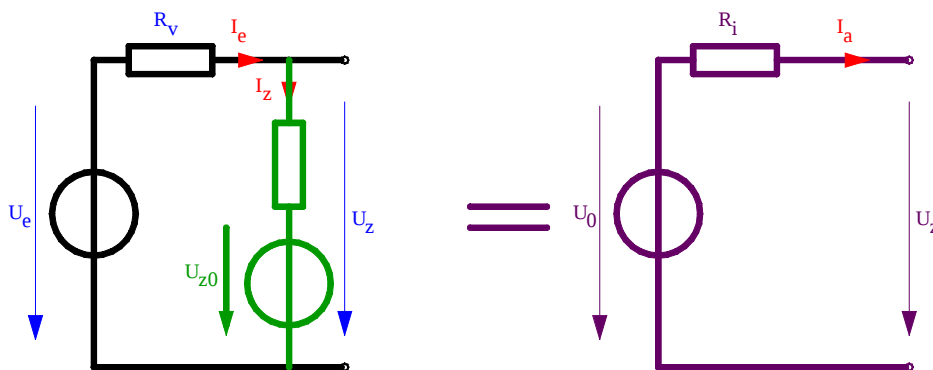
Um die Diode nicht zu überlasten, darf der Strom durch die Z-Diode $I_{z_{\max}} = 58\text{ mA}$ nicht überschreiten. Der höchste mögliche Strom fließt bei der maximalen Eingangsspannung $U_{e_{\max}} = 26\text{ V}$.

Mit diesen beiden Werten ist der Rechengang gleich dem unter 3.2 mit dem Ergebnis

$R_{v_{\min}} = 274\Omega$

4 Berechnung des Glättungsfaktors mit Hilfe der Zweipoltheorie

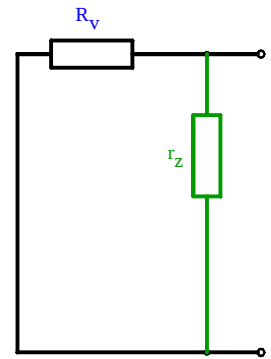
4.1 Umwandlung der unbelasteten Stabilisierungsschaltung in einen aktiven Zweipol



Lösungsweg:

Der Innenwiderstand R_i bezüglich der Anschlußklemmen wird durch Kurzschließen der Spannungsquellen ermittelt. Offensichtlich sind R_V und r_z parallel geschaltet. Für R_V wird der maximale Vorwiderstand $R_{V_{\max}}$ verwendet, da in diesem Fall die Glättung am besten ist, wie im Unterricht hergeleitet.

$$R_i = \frac{R_{V_{\max}} \cdot r_z}{R_{V_{\max}} + r_z}$$



Die Leerlaufspannung ergibt sich am schnellsten mit Hilfe des Kurzschlußstroms I_K der Schaltung: $I_K = \frac{U_e}{R_{V_{\max}}} + \frac{U_{z0}}{r_z}$. Da die Leerlaufspannung gleich dem Produkt aus Kurzschlußstrom und Innenwiderstand ist, wie mittlerweile geläufig sein muß, folgt mit wenig Rechenaufwand:

$$U_0 = I_K \cdot R_i = U_e \cdot \frac{r_z}{r_z + R_{V_{\max}}} + U_{z0} \cdot \frac{R_{V_{\max}}}{r_z + R_{V_{\max}}}$$

Wird dieses Ergebnis ausgewertet für die maximale und die minimale Eingangsspannung, so ergeben sich die beiden Leerlaufspannungen und der Innenwiderstand mit den Werten

$$U_{0_{\min}} = 6.888 \text{ V}, \quad U_{0_{\max}} = 6.921 \text{ V}, \quad R_i = 7.93 \Omega$$

An diesen Zweipol wird nun der Lastwiderstand $R_L = 680 \Omega$ angeschlossen. Mit der Spannungsteilerformel erhält man die Differenz zwischen maximaler und minimaler Spannung am Verbraucher $U_{z_{\max}} - U_{z_{\min}} = \Delta U_z = 0.0326 \text{ V}$, wenn

die Eingangsspannung U_e um $\Delta U_e = U_{e_{\max}} - U_{e_{\min}} = 26.0 \text{ V} - 22.0 \text{ V} = 4.0 \text{ V}$ schwankt.

Damit wird der Glättungsfaktor $G = \frac{\Delta U_e}{\Delta U_z} = 122.7$

