

Praktikumsbericht Elektrotechnik 2.Semester

Versuch 2, Spannungs- und Stromquellen

27. Februar 2001

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie mit der Spannungsfehlerschaltung	4
2.1	Versuchsaufbau	4
2.2	Meßwerte	4
2.3	Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie	4
2.4	Innenwiderstände im Bereich 1 und 2	5
2.5	Berechnung des Kurzschlußstromes für Bereich 1 und Leerlaufspannung für Bereich 2	5
2.6	Vergleich mit bekannten Strom-Spannungs-Kennlinien.	5
3	Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie mit der Stromfehlerschaltung	6
3.1	Versuchsaufbau	6
3.2	Meßwerte	6
3.3	Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie	6
3.4	Innenwiderstände im Bereich 1 und 2	7
3.5	Berechnung des Kurzschlußstromes für Bereich 1 und Leerlaufspannung für Bereich 2	7
3.6	Vergleich mit bekannten Strom-Spannungs-Kennlinien.	7
4	Vergleich von Spannungs- und Stromfehlerschaltung	7
5	Nichtregelbare Spannungsquelle	8
5.1	Versuchsaufbau	8
5.2	Meßwerte	8
5.3	Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie	8
5.4	Innenwiderstände im Bereich 1 und 2	8
5.5	Vergleich einer regelbaren Spannungsquelle mit einer nicht regelbaren	9
6	Strom-Spannungskennlinie eines Stelltransformators	10
6.1	Versuchsaufbau	10
6.2	Meßwerte	10
6.3	Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie	10
6.4	Innenwiderstand	10
7	Strom-Spannungskennlinie eines Akkumulators	12
7.1	Versuchsaufbau	12
7.2	Meßwerte	12
7.3	Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie	12
7.4	Innenwiderstand und maximal verfügbare Leistung	12
8	Zusammenfassung	14

1 Einleitung

In diesem Versuch soll das Verhalten von verschiedenen Spannungsquellen untersucht werden. Untersucht werden:

- Regelbare Spannungsquelle
- Nichtregelbare Spannungsquelle
- Stelltransformator
- Akkumulator

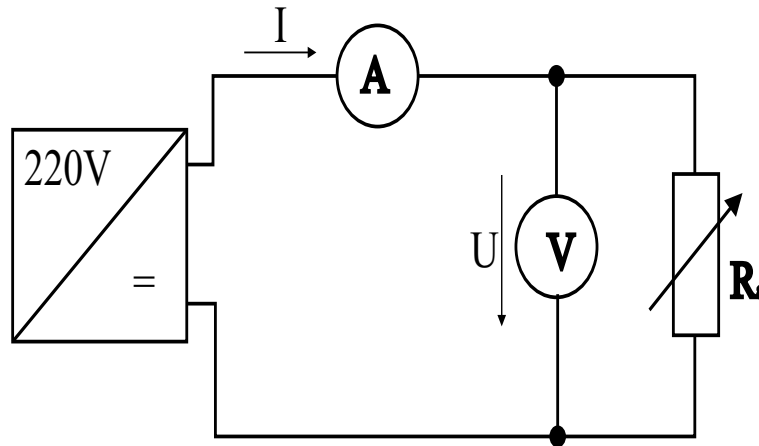
Zur Messung werden verschiedene Verfahren herangezogen, die Spannungsfehlerschaltung sowie die Stromfehlerschaltung. Die Auswertung enthält die Berechnung des Innenwiderstandes der Quelle, sowie die graphische Darstellung in Form eines Strom-Spannungsdiagrammes.

- Bei den ersten beiden Messungen wird zwischen den Meßverfahren zur Berechnung des Innenwiderstandes verglichen.
- In der darauffolgenden Messung wird der Unterschied zwischen einer regelbaren und einer nichtregelbaren Spannungsquelle betrachtet und die Vorteile der nichtregelbaren Spannungsquelle dargestellt.
- Die nächste Messung beschäftigt sich mit dem Verhalten eines Stelltransformators (regelbare Wechselspannungsquelle).
- Als letzte Messung werden die Eigenschaften eines Akkumulators näher untersucht.

Am Ende dieses Berichts findet sich noch eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse. Dieser

2 Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie mit der Spannungsfehlerschaltung

2.1 Versuchsaufbau

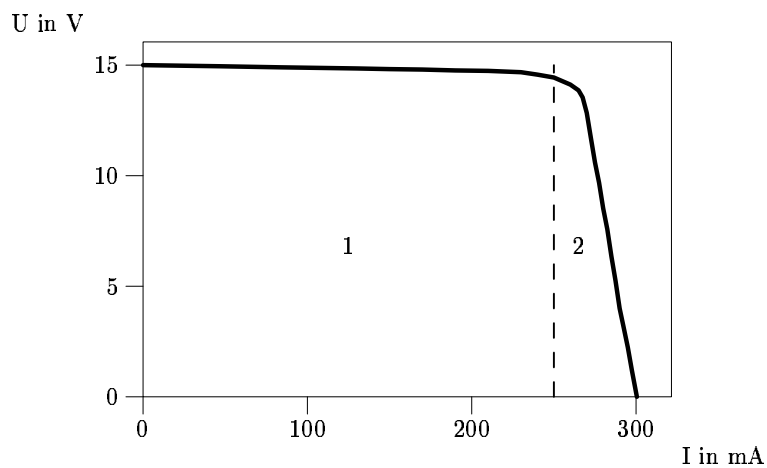


2.2 Meßwerte

- $U_0 = 15 \text{ V}$
- $I_{\text{max}} = 1 \text{ Ampere}$
- bei $R_a = 0 \dots 320 \Omega$
- $R_{iA} = 1,3 \Omega$
- $R_{iV} \rightarrow \infty \Omega$ (nicht meßbar.)

I in mA	0,0	84,1	190,0	210,0	230,0	240,0	250,0	260,0	265,0	267,5	270,0	272,5
U in V	15,00	14,90	14,76	14,74	14,68	14,57	14,44	14,12	13,86	13,54	12,84	11,71
I in mA	275,0	277,5	280,0	282,5	285,0	287,5	290,0	292,5	295,0	297,5	300,5	
U in V	10,60	9,68	8,52	7,58	6,35	5,25	4,00	3,12	2,23	1,18	0,00	

2.3 Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie



2.4 Innenwiderstände im Bereich 1 und 2

Bereich 1: von 0 mA bis 250 mA

Bereich 2: von 250 bis 300,5 mA (Kurzschluß)

Als Berechnungsgrundlage dient das Ohm'sche Gesetz:

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Für Bereich 1 gilt:

$$\begin{aligned}\Delta I_1 &= 250\text{mA} - 0\text{mA} \\ \Delta U_1 &= 15.00\text{V} - 14.44\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{0.56\text{V}}{250\text{mA}} = 2.24\ \Omega\end{aligned}$$

Für Bereich 2 gilt:

$$\begin{aligned}\Delta I_2 &= 300.5\text{mA} - 250\text{mA} \\ \Delta U_2 &= 14.44\text{V} - 0\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{14.44\text{V}}{50.5\text{mA}} = 285.9\ \Omega\end{aligned}$$

2.5 Berechnung des Kurzschlußstromes für Bereich 1 und Leerlaufspannung für Bereich 2

Bereich 1: von 0 mA bis 250 mA

Bereich 2: von 250 bis 300,5 mA (Kurzschluß)

Als Berechnungsgrundlage dient das Ohm'sche Gesetz:

$$\begin{aligned}I_k &= \frac{U_0}{R_i} \\ &= \frac{15\text{V}}{2.24\ \Omega} \\ &= 6.69\text{A}\end{aligned}$$

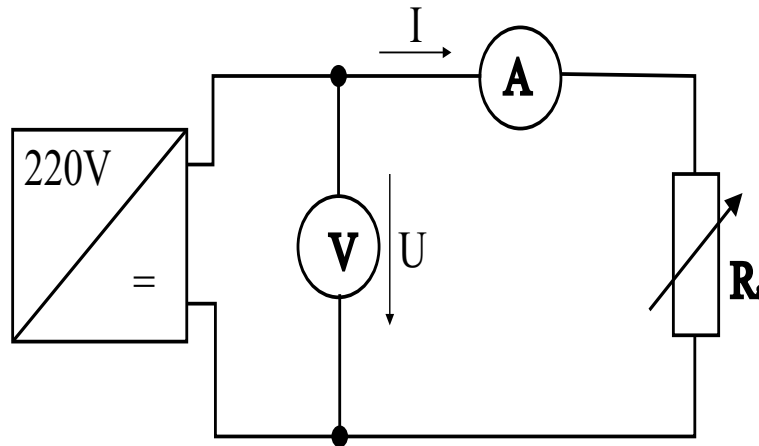
$$\begin{aligned}U_l &= R_i * I_k \\ &= 285.9\ \Omega * 300.5\text{mA} \\ &= 85.91\text{V}\end{aligned}$$

2.6 Vergleich mit bekannten Strom-Spannungs-Kennlinien.

Läßt sich mit dem Graph 1 aus Abbildung 4 der Aufgabenstellung vergleichen.

3 Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie mit der Stromfehlerschaltung

3.1 Versuchsaufbau

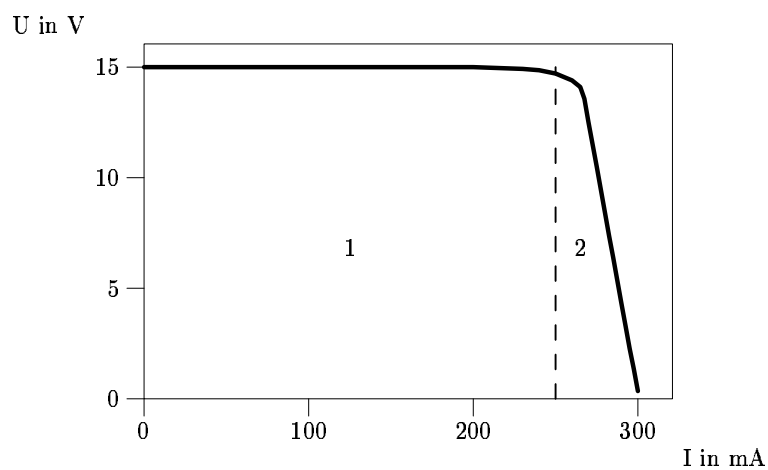


3.2 Meßwerte

- $U_0 = 15 \text{ V}$
- $I_{\text{max}} = 1 \text{ Ampere}$
- bei $R_a = 0 \dots 320 \Omega$
- $R_{iA} = 1,3 \Omega$
- $R_{iV} \rightarrow \infty \Omega$ (nicht meßbar.)

I in mA	0,0	230,0	240,0	250,0	260,0	265,0	267,5	270,0	272,5	275,0	277,5	280,0
U in V	15,00	14,92	14,86	14,71	14,40	14,10	13,57	12,50	11,50	10,50	9,46	8,42
I in mA	282,5	285,0	287,5	290,0	292,5	295,0	297,5	300,0				
U in V	7,37	6,39	5,35	4,31	3,30	2,27	1,35	0,35				

3.3 Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie



3.4 Innenwiderstände im Bereich 1 und 2

Bereich 1: von 0 mA bis 250 mA

Bereich 2: von 250 bis 300,0 mA (Kurzschluß)

Als Berechnungsgrundlage dient das Ohm'sche Gesetz:

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Für Bereich 1 gilt:

$$\begin{aligned}\Delta I_1 &= 250\text{mA} - 0\text{mA} \\ \Delta U_1 &= 15.00\text{V} - 14.71\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{0.29\text{V}}{250\text{mA}} = 1.1\ \Omega\end{aligned}$$

Für Bereich 2 gilt:

$$\begin{aligned}\Delta I_2 &= 300.0\text{mA} - 250\text{mA} \\ \Delta U_2 &= 14.71\text{V} - 0.35\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{14.36\text{V}}{50.0\text{mA}} = 287.2\ \Omega\end{aligned}$$

3.5 Berechnung des Kurzschlußstromes für Bereich 1 und Leerlaufspannung für Bereich 2

Bereich 1: von 0 mA bis 250 mA

Bereich 2: von 250 bis 300,0 mA (Kurzschluß)

Als Berechnungsgrundlage dient das Ohm'sche Gesetz:

$$\begin{aligned}I_k &= \frac{U_0}{R_i} \\ &= \frac{15\text{V}}{1.1\ \Omega} \\ &= 13.6\text{A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_l &= R_i * I_k \\ &= 287.2\ \Omega * 300.0\text{mA} \\ &= 86.16\text{V}\end{aligned}$$

3.6 Vergleich mit bekannten Strom-Spannungs-Kennlinien.

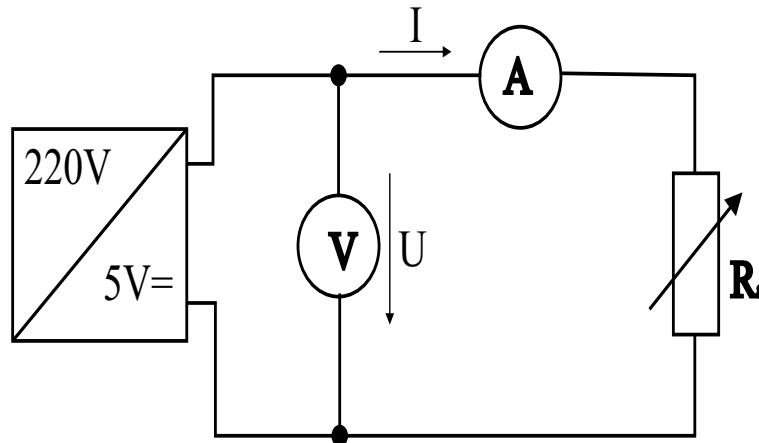
Läßt sich mit dem Graph 1 aus Abbildung 4 der Aufgabenstellung vergleichen.

4 Vergleich von Spannungs- und Stromfehlerschaltung

Abweichende Meßwerte lassen sich auf die Innenwiderstände der Meßgeräte und Kabel- Übergangswiderstände zurückzuführen. Für die Messung von Innenwiderständen von Spannungsquellen eignet sich die Stromfehlerschaltung eher als die Spannungsfehlerschaltung. Dies ist darauf zurückzuführen, daß Spannungsquellen in der Regel einen kleinen Innenwiderstand besitzen. Bei Stromquellen ist dagegen die Spannungsfehlerschaltung vorzuziehen, da Stromquellen i.d.R. einen hohen Innenwiderstand besitzen.

5 Nichtregelbare Spannungsquelle

5.1 Versuchsaufbau

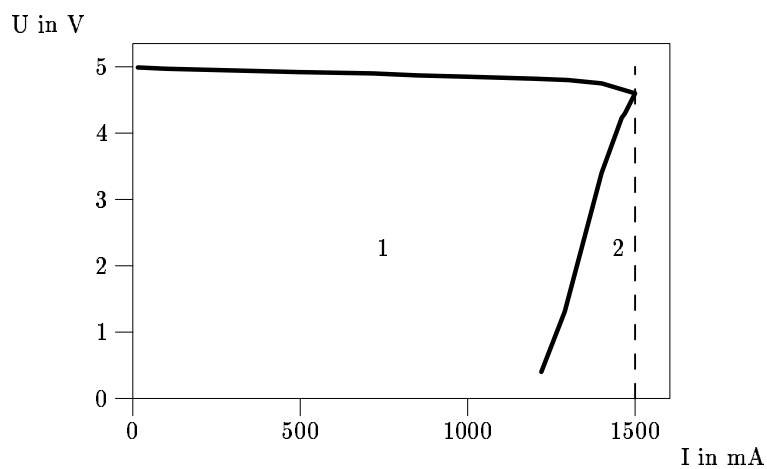


5.2 Meßwerte

- $U_0 = 5 \text{ V}$
- bei $R_a = 0 \dots 320 \Omega$
- $R_{iA} = 1,3 \Omega$
- $R_{iV} \rightarrow \infty \Omega$ (nicht meßbar.)

I in mA	15	100	495	717	850	1000	1200	1300	1400	1500	1460	1400
U in V	4,99	4,97	4,92	4,90	4,87	4,85	4,82	4,80	4,75	4,60	4,73	3,40
I in mA	1350	1290	1220									
U in V	1,44	1,31	0,40									

5.3 Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie



5.4 Innenwiderstände im Bereich 1 und 2

Bereich 1: von 0 mA bis 1500 mA

Bereich 2: von 1500 bis 1220 mA (Kurzschluß)

Als Berechnungsgrundlage dient das Ohm'sche Gesetz:

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Für Bereich 1 gilt:

$$\begin{aligned}\Delta I_1 &= 1500\text{mA} - 0\text{mA} \\ \Delta U_1 &= 4,99\text{V} - 4,60\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{0,39\text{V}}{1500\text{mA}} = 0,26\ \Omega\end{aligned}$$

Für Bereich 2 gilt:

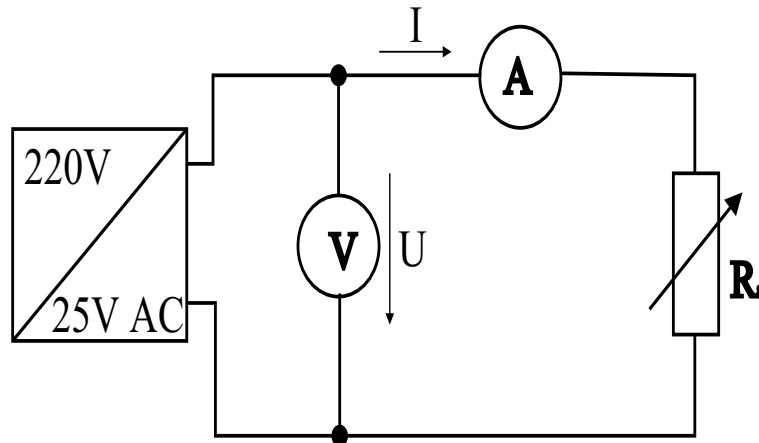
$$\begin{aligned}\Delta I_2 &= 1500\text{mA} - 1220\text{mA} \\ \Delta U_2 &= 4,6\text{V} - 0,4\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{4,2\text{V}}{280\text{mA}} = 15,0\ \Omega\end{aligned}$$

5.5 Vergleich einer regelbaren Spannungsquelle mit einer nicht regelbaren

Wird eine regelbare Spannungsquelle überlastet, so fließt der Kurzschlußstrom und die Spannung geht gegen 0 Volt. Bis zum Kurzschlußfall steigt der Strom beständig an, bis er den Kurzschlußstrom erreicht. Wird eine nichtregelbare Spannungsquelle überlastet, so fließt auch nur ein Kurzschlußstrom und die Spannung geht gegen 0 Volt, allerdings kann dieser Strom vor dem Kurzschlußfall höhere Werte erreichen als den Kurzschlußstrom. Der Vorteil der nichtregelbaren Spannungsquelle liegt darin, daß die Ausgangsleistung im Bereich 2 wesentlich stärker abnimmt, als bei der regelbaren Spannungsquelle. Dies stellt einen Schutz für nachfolgende Schaltungen dar.

6 Strom-Spannungskennlinie eines Stelltransformators

6.1 Versuchsaufbau

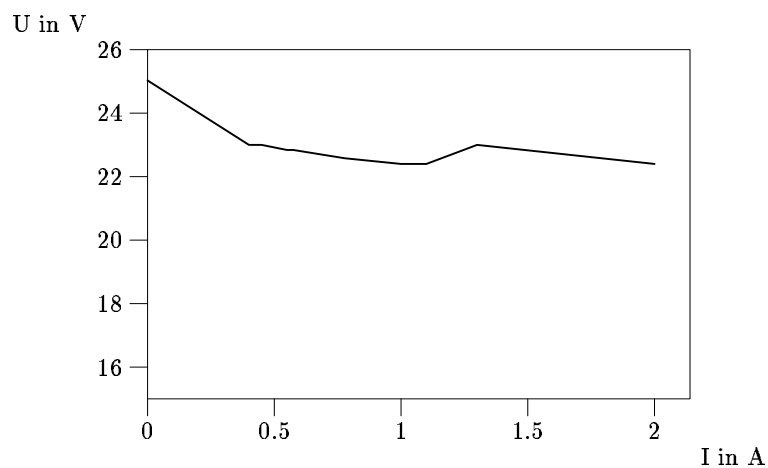


6.2 Meßwerte

- $U_{0\approx} = 25 \text{ V}$
- bei $R_a = 0 \dots 56 \Omega$
- $R_{iA} = 1,3 \Omega$
- $R_{iV} \rightarrow \infty \Omega$ (nicht meßbar.)

I in A	0,00	0,40	0,45	0,55	0,58	0,78	1,00	1,10	1,30	2,00
U in V	25,03	23,00	23,00	22,84	22,84	22,50	22,40	22,40	23,00	22,40

6.3 Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie



6.4 Innenwiderstand

Als Berechnungsgrundlage dient das Ohm'sche Gesetz:

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

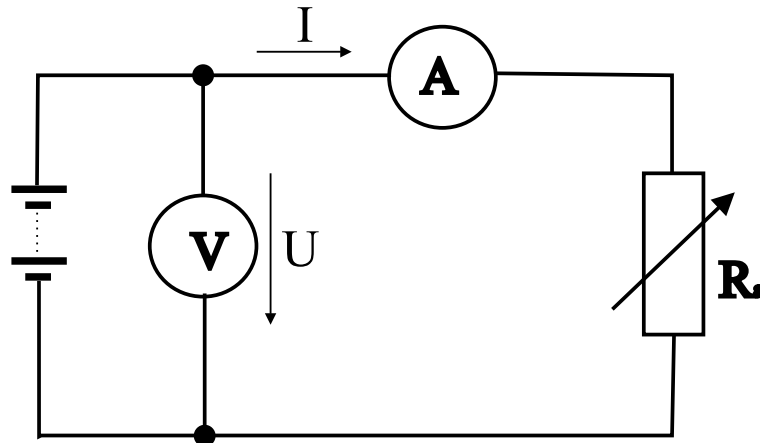
$$\begin{aligned}\Delta I &= 1000\text{mA} - 0\text{mA} \\ \Delta U &= 25.00\text{V} - 22.40\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{2.6\text{V}}{1000\text{mA}} = 2.6\ \Omega\end{aligned}$$

Die Ursache des Innenwiderstandes ist der Leitungswiderstand des Transformators, sowie der induktive Widerstand der Spule. Der komplexe Innenwiderstand (R_i) setzt sich aus einem reellen (R) und einem induktiven Widerstand (X_L) zusammen.

$$R_i = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

7 Strom-Spannungskennlinie eines Akkumulators

7.1 Versuchsaufbau

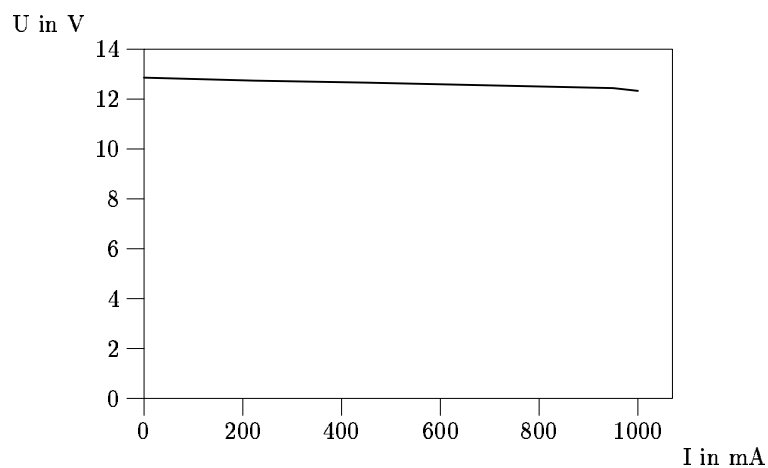


7.2 Meßwerte

- $U_0 = 12.86 \text{ V}$
- bei $R_a = 0 \dots 56 \Omega$
- $R_{iA} = 1,3 \Omega$
- $R_{iV} \rightarrow \infty \Omega$ (nicht meßbar.)

I in mA	0	223	450	950	1000
U in V	12.86	12.74	12.66	12.44	12.33

7.3 Graph der Strom-Spannungs-Kennlinie



7.4 Innenwiderstand und maximal verfügbare Leistung

Als Berechnungsgrundlage dient das Ohm'sche Gesetz:

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Die maximale Leistung berechnet sich nach der Formel:

$$P_a = \frac{U_0^2}{4R_i}$$

aus:

$$P_a = U * I = I^2 * R_a$$

$$I = \frac{U_0}{R_i + R_a}$$

nach Leistungsanpassung gilt:

$$R_i = R_a$$

$$\begin{aligned}\Delta I &= 1000\text{mA} - 0\text{mA} \\ \Delta U &= 12.86\text{V} - 12.33\text{V} \\ \Rightarrow R_i &= \frac{0.53\text{V}}{1000\text{mA}} = 0.53\ \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= \frac{U_0^2}{4R_i} \\ &= \frac{12.86^2\text{V}^2}{4 * 0.53\Omega} \\ &= 78\text{VA}\end{aligned}$$

Dies entspricht auch der Angabe auf dem Akkumulator (12V / 6,5 Ah).

Die Leerlaufspannung des Akkumulators betrug nach Ende der Messung nur noch 12.73 V. Dies ist auf die Entladung durch die Messungen zurückzuführen.

8 Zusammenfassung

Beim Vergleich der beiden Meßverfahren (Stromfehlerschaltung und Spannungsfehlerschaltung) ergab sich, daß die Stromfehlerschaltung bei der Messung des Innenwiderstandes der Spannungsquelle vorzuziehen ist (siehe Kapitel 4 auf Seite 7).

Der Vergleich der Kennlinien einer regelbaren und einer nichtregelbaren Spannungsquelle ergab, daß die nichtregelbare Spannungsquelle einen größeren Strom als den Kurzschlußstrom liefern kann. Der Vorteil liegt darin, daß die abgegebene Leistung im Kurzschlußfall deutlich geringer ist als bei der regelbaren Spannungsquelle. Dies stellt einen Schutz für nachfolgende Schaltungen dar.

Ein Stelltransformator liefert eine Wechselspannung. Da diese Spannungsquelle einen komplexen Innenwiderstand besitzt, hat der Scheinwiderstand auch einen Einfluß auf die Strom-Spannungskennlinie.

Die Ausgangsspannung eines Akkumulators ist nahezu konstant (sehr kleiner Innenwiderstand), allerdings wird sie durch den Ladezustand stark beeinflusst.