

GEL Laborbericht
Versuch: Überprüfung des Überlagerungssatz
und Ersatzspannungsquelle

Andreas Hofmeier Axel Schmidt

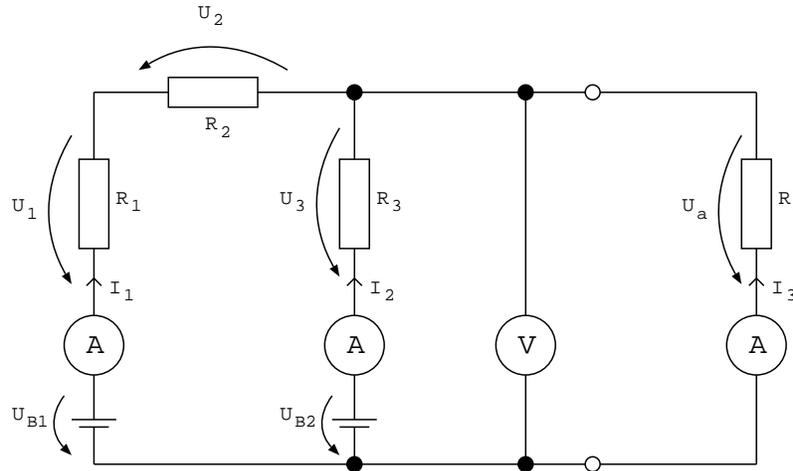
12. Januar 2004

Inhaltsverzeichnis

1	Berechnung der Strom- und Spannungsverhältnisse	3
2	Berechnung der Ersatzspannungs- und Stromquelle	4
3	Widerstandsdekade	4
4	Ströme und Spannungen in einem nichtlinearem Netz	5
5	Leistung im linearem Netz	5
6	Versuchsergebnisse	6
6.1	Ersatzquelle, Schaltung a	7
6.2	Schaltung b – Diode	7

1 Berechnung der Strom- und Spannungsverhältnisse

Die folgenden Berechnungen gehen davon aus, dass die Spannungsquellen und die Amperemeter keinen Innenwiderstand haben. Von den Spannungsmessgeräten wird ein unendlicher Innenwiderstand angenommen.



Es gilt: $R_{12} = R_1 + R_2$

Mit $U_{B1} = 2V$, $U_{B2} = 0V$ und $R_a = 50\Omega$.

$$I_1^1 = \frac{U_{B1}}{R_{12} + R_3 \parallel R_a} = \frac{2V}{100\Omega + 100/3\Omega} = 15mA \quad U_{R_1}^1 = I_1^1 * R_1 = 15mA * 40\Omega = 0.6V$$

$$U_{R_{12}}^1 = R_{12} * I_1^1 = 100\Omega * 15mA = 1,5V \quad U_{R_2}^1 = I_1^1 * R_2 = 15mA * 60\Omega = 0.9V$$

$$U_a^1 = U_{B1} - U_{R_{12}}^1 = 2V - 1,5V = 0,5V$$

$$I_2^1 = -\frac{U_a^1}{R_3} = -\frac{0,5V}{100\Omega} = -5mA \quad U_{R_3}^1 = I_2^1 * R_3 = -5mA * 100\Omega = -0.5V$$

$$I_3^1 = -\frac{U_a^1}{R_a} = -\frac{0,5V}{50\Omega} = -10mA$$

Mit $U_{B1} = 0V$, $U_{B2} = 4V$ und $R_a = 50\Omega$.

$$I_2^2 = \frac{U_{B2}}{R_3 + R_{12} \parallel R_a} = \frac{4V}{100\Omega + 100/3\Omega} = 30mA$$

$$U_{R_3}^2 = I_2^2 * R_3 = 30mA * 100\Omega = 3V$$

$$U_a^2 = U_{B2} - U_{R_3}^2 = 1V$$

$$I_1^2 = -\frac{U_a^2}{R_{12}} = -\frac{1V}{100\Omega} = -10mA \quad U_{R_1}^2 = I_1^2 * R_1 = -10mA * 40\Omega = -0.4V$$

$$I_3^2 = -\frac{U_a^2}{R_a} = -\frac{1V}{50\Omega} = -20mA \quad U_{R_2}^2 = I_1^2 * R_2 = -10mA * 60\Omega = -0.6V$$

Mit $U_{B1} = 2V$, $U_{B2} = 4V$ und $R_a = 50\Omega$.

$$I_1 = I_1^1 + I_1^2 = 10mA - 10mA = 5mA \quad U_{R_1} = I_1 * R_1 = 5mA * 40\Omega = 0.2V$$

$$U_{R_2} = I_1 * R_2 = 5mA * 60\Omega = 0.3V$$

$$I_2 = I_2^1 + I_2^2 = -5mA + 30mA = 25mA \quad U_{R_3} = I_2 * R_3 = 25mA * 100\Omega = 2,5V$$

$$I_3 = I_3^1 + I_3^2 = -10mA - 20mA = -30mA$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

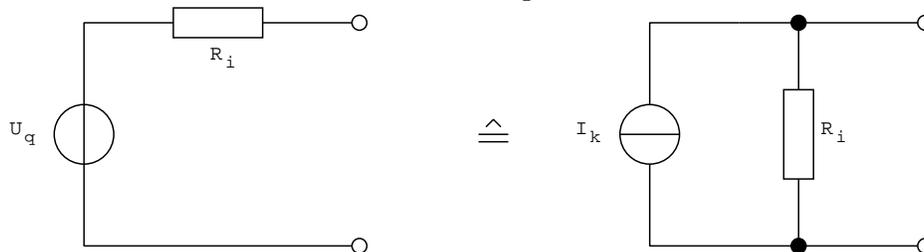
$$U_a = -I_3 * R_a = 30mA * 50\Omega = 1,5V$$

$$= -I_2 * R_3 + 4V = -2,5V + 4V = 1,5V$$

$$= U_a^1 + U_a^2 = 0,5V + 1V = 1,5V$$

2 Berechnung der Ersatzspannungs- und Stromquelle

Die folgenden Berechnungen gehen davon aus, dass die Spannungsquellen und die Amperemeter keinen Innenwiderstand haben. Von den Spannungsmessgeräten wird ein unendlicher Innenwiderstand angenommen.



$$R_i = (R_1 + R_2) \parallel R_3 = \frac{100\Omega * 100\Omega}{200\Omega} = 50\Omega$$

$$U_q^1 = U_{B1} * \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 2V * \frac{100\Omega}{(40 + 60 + 100)\Omega} = 1V$$

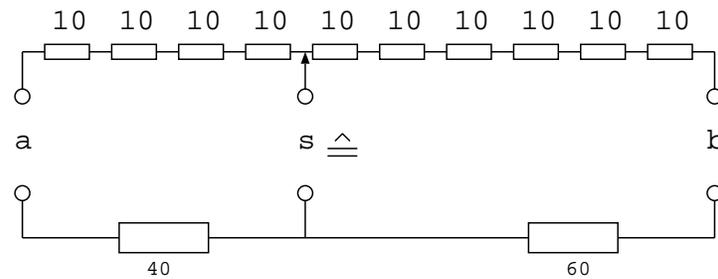
$$U_q^2 = U_{B2} * \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 4V * \frac{(40 + 60)\Omega}{(40 + 60 + 100)\Omega} = 2V$$

$$U_q = U_q^1 + U_q^2 = 1V + 2V = 3V$$

$$I_k = \frac{U_q}{R_i} = \frac{3V}{50\Omega} = 60mA$$

3 Widerstandsdekade

Eine Widerstandsdekade ist eine Reihenschaltung von Widerständen, deren beide Enden herausgeführt sind (a, b). Über einen Schalter kann zusätzlich noch zwischen den Widerständen abgegriffen werden (s). Durch Verwendung aller drei Anschlüsse kann das Verhältnis entsprechend eingestellt werden:



4 Ströme und Spannungen in einem nichtlinearem Netz

Als erstes muss der Strom-Spannungszusammenhang des nichtlinearen Bauteils gegeben sein. Zum Beispiel als $I = f(U)$ oder als U/I-Kennlinie.

Durch geschicktes wählen des aktiven und passiven Zweipols ist es möglich das nichtlineare Bauteil als passives Bauteil an die Ersatzquelle anzuschließen. (Also die Schaltung entsprechend umformen, um diese so betrachten zu können) Wenn der Graph des nichtlinearen Bauteils gegeben ist, kann der Arbeitspunkt durch Einzeichnen der Geraden der Ersatzquelle gefunden werden.

Ansonsten muss man sich der Mathematik bedienen und die Schaltung mit Hilfe von Differentialgleichungen lösen.

Es ist auch möglich den Arbeitspunkt in einen Bereich zu legen, in dem das nichtlineare Bauteil annähernd linear ist um mit einer Näherung zu Arbeiten.

5 Leistung im linearem Netz

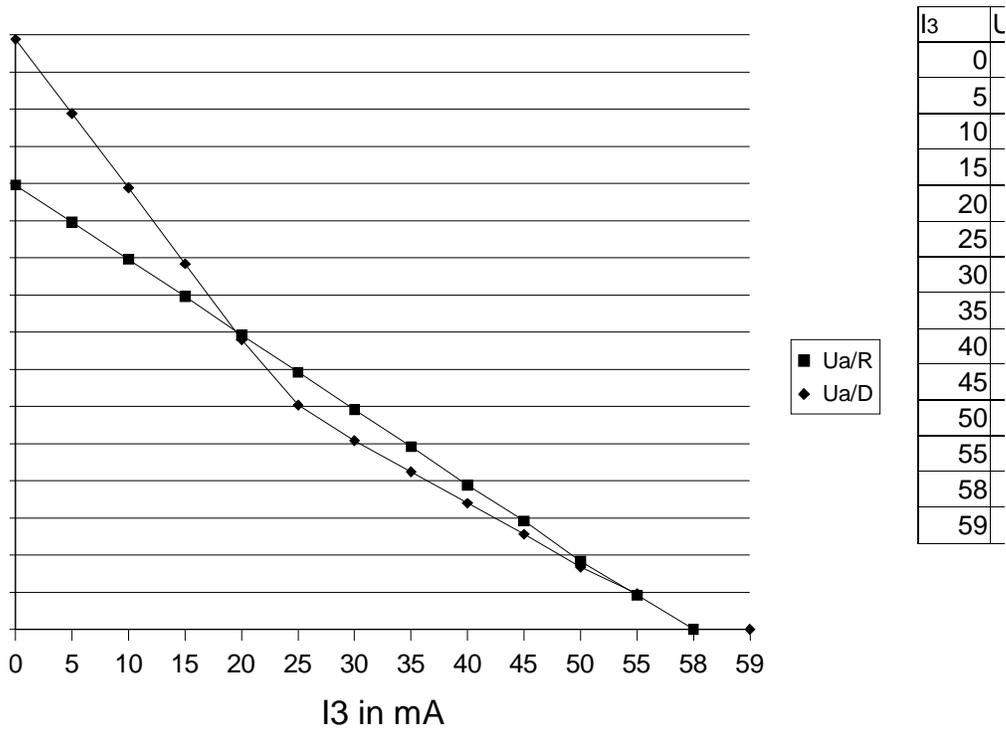
Die Leistung ist definiert als $P = U * I$. Da sich U und I linear verhalten, folgt daraus, dass sich das Produkt von beiden quadratisch verhält.

6 Versuchsergebnisse

an des Netzwerkes

	UB1	UB2	UR1/UD	UR2	UR3	Ua	I1	I2	I3
st	2.00	0.00	0.60	0.90	-0.50	-0.50	15.00	-5.00	-10.00
ng a)	2.00	0.00	0.59	0.89	-0.50	-0.50	14.90	-5.00	-9.80
ng b)	2.00	0.00	0.63	0.86	-0.48	-0.49	14.40	-4.80	-9.50
st	0.00	4.00	-0.40	-0.60	3.00	1.00	-10.00	30.00	-20.00
ng a)	0.00	3.98	-0.39	-0.59	2.94	1.00	-9.90	29.40	-19.50
ng b)	0.00	3.98	-1.34	0.00	2.60	1.34	0.00	26.10	-26.10
st	2.00	4.00	-0.20	-0.30	2.50	1.50	5.00	25.00	-30.00
ng a)	2.01	3.97	-0.20	-0.30	2.44	1.50	5.00	24.40	-29.40
ng b)	2.01	3.97	-0.51	-0.10	2.55	1.30	1.60	25.50	-27.20

skennlinie



6.1 Ersatzquelle, Schaltung a

$$\begin{aligned}U_q &= 2,99V \\I_k &= 58mA \\R_i &= \frac{\Delta U_a}{\Delta I_3} = \frac{2,99V}{58mA} = 51,55\Omega\end{aligned}$$

Was eine Abweichung von ca. 3 % vom errechneten Wert darstellt.

Die Abweichungen der Meßwerte (Schaltung a) von den berechneten Werten ist durch Meßungenauigkeiten und das Ignorieren der Innenwiderstände von Spannungsquellen und Meßgeräten zu erklären.

6.2 Schaltung b – Diode

Durch Ersetzen des Widerstandes R_1 durch eine Diode (Schaltung b) konnte die nichtgültigkeit des Überlagerungssatzes bei Verwendung nichtlinearer Bauteile verifiziert werden.

Das Belastungsverhalten also der Ersatzinnenwiderstand des linearen Netzwerkes entspricht der Steigung der Gerade und ist linear. Ist ein nichtlineares Bauteil im Netzwerk, ist die Ausgabekennlinie ebenfalls nicht linear. Die Diode teilt die Kennlinie in zwei lineare Bereiche (Diode leitend, nichtleitend) auf. Diese beiden Teilbereiche sind für sich betrachtet annähernd linear.