

7 Thermoelement / Kompensationsdose

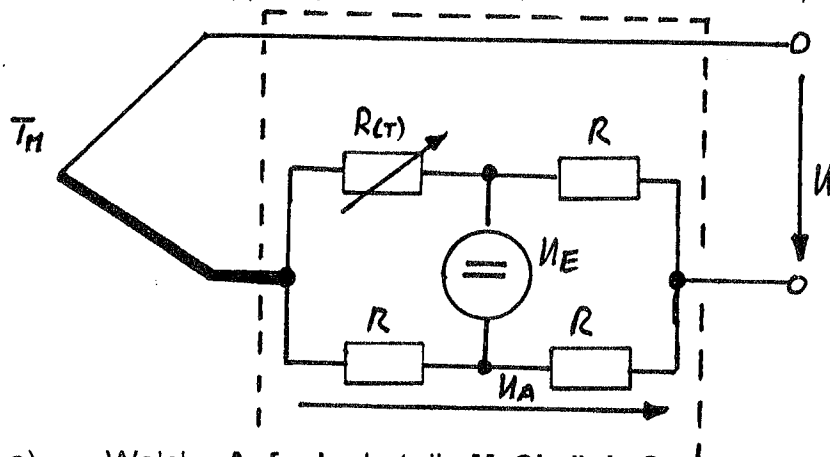
7.1 Aufgabe 1

In der abgebildeten Meßanordnung ist eine Wheatstone-Brücke enthalten mit den Elementen:

$U_E = 40\text{mV}$ (Konstantspannungsquelle)

$R = 100\text{ Ohm}$ (temperaturunabhängiger Präzisionswiderstand) und

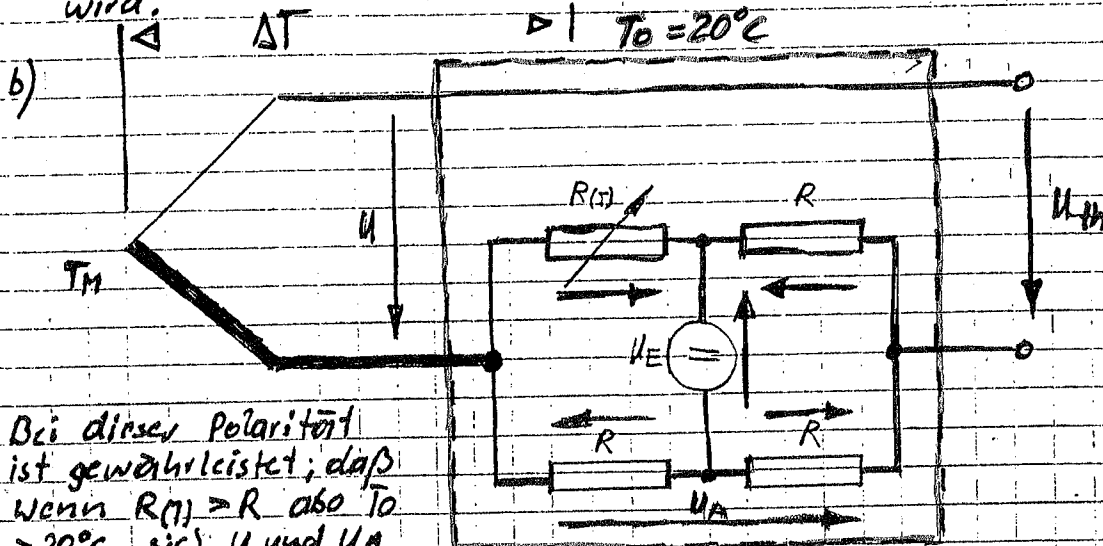
$R_{(T)}$ (Kuperviderstand, bei 20°C 100 Ohm ; Temperaturbeiwert $4 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$)



ΔT	U_A	E
-10K		
-5K		
0K		
1K		
5K		
10K		

- Welche **Aufgabe** hat die **Meßbrücke**?
- Bestimmen Sie die **Polarität der Konstantspannungsquelle** in der Meßbrücke und begründen Sie!
- Ermitteln Sie die Ausgangsspannung U_A bei 20°C ($\Delta T = 0\text{K}$)!
- Bestimmen Sie U_A bei den vorgegeben ΔT -Werten (Tabelle) und skizzieren Sie den **Verlauf** $U_A = f(\Delta T)$ für die unbelastete Brücke!
- Bestimmen Sie die mittlere Empfindlichkeit E aus den $U_A / \Delta T$ Werten!

- a) Man bezeichnet diese Meßbrücke auch als Kompensationszelle, oder Vergleichsstelle. Sie soll dafür sorgen, daß der Außentemperatur einfluß auf die Anschlussklemmen, und die dadurch neu entstehenden Thermoelemente ausgeglichen wird.



Bei dieser Polarität ist gewährleistet, daß wenn $R(T) > R$ also $T_0 > 20^\circ\text{C}$ sich U und U_A

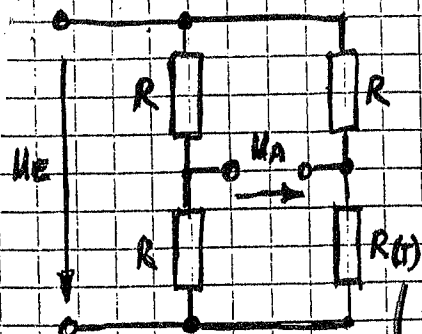
addieren also $U_{TH} = U + U_A$

Andererseits bei $R(T) < R$ also $T_0 < 20^\circ\text{C}$ sich subtrahieren: $U_{TH} = U - U_A$. Dieser Vorgang macht eine Kompensation erst möglich.

- c) U_A bei 20°C

$$U_A = U_E \cdot \left(\frac{R}{R+R} - \frac{R(T)}{R+R(T)} \right) = 40\text{mV} \left(\frac{100\Omega}{100\Omega+100\Omega} - \frac{100\Omega}{100\Omega+100\Omega} \right)$$

$$U_A = 0\text{V}$$



d) $R_W = R_K \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$

$$100\Omega = R \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1} \cdot (-10\text{K}))$$

($\Delta T = -10\text{K}$) $R_{(T)} = 96.154 \Omega$ ✓

($\Delta T = -5\text{K}$) $R_{(T)} = 98.039 \Omega$ ✓

ΔT Änderung der Bezugsstellentemp

$$\Delta T = 0K) \quad R_{(T)} = 100\Omega$$

$$R_N = R_{20} (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\Delta T = 1K) \quad R_{(T)} = 100,4\Omega$$

$$U_A = U_E \left(\frac{R}{R+R} - \frac{R(T)}{R+R(T)} \right)$$

$$\Delta T = 5K) \quad R_{(T)} = 102\Omega$$

$$\Delta T = 10K) \quad R_{(T)} = 104\Omega$$

$$\Delta T = -10K) \quad U_A = 40mV \left(0,5 - \frac{96,154\Omega}{100\Omega + 96,154\Omega} \right) = -0,392mV$$

$$\Delta T = -5K) \quad U_A = -0,198mV$$

$$\Delta T = 0K) \quad U_A = 0V$$

$$\Delta T = 1K) \quad U_A = +0,0399mV$$

$$\Delta T = 5K) \quad U_A = +0,198mV$$

$$\Delta T = 10K) \quad U_A = +0,392mV$$

e)

$$E = \left| \frac{U_A}{\Delta R} \right|$$

$$\Delta T = 10K) \quad E = \frac{0,392mV}{3,846\Omega} = 0,102 \frac{mV}{\Omega}$$

$$\Delta T = 5K) \quad E = 0,1009 \frac{mV}{\Omega}$$

$$\Delta T = 0K) \quad E = \frac{0}{0} \frac{mV}{\Omega}$$

$$\Delta T = 1K) \quad E = 0,09975 \frac{mV}{\Omega}$$

$$\Delta T = 5K) \quad E = 0,099 \frac{mV}{\Omega}$$

$$\Delta T = 10K) \quad E = 0,098 \frac{mV}{\Omega}$$

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \cdot \sum E_i$$

$$E = 0,09993 \frac{mV}{\Omega} = 0,1 \frac{mV}{\Omega}$$

$$E = \left[\frac{mV}{K} \right]$$

40,8

40,4

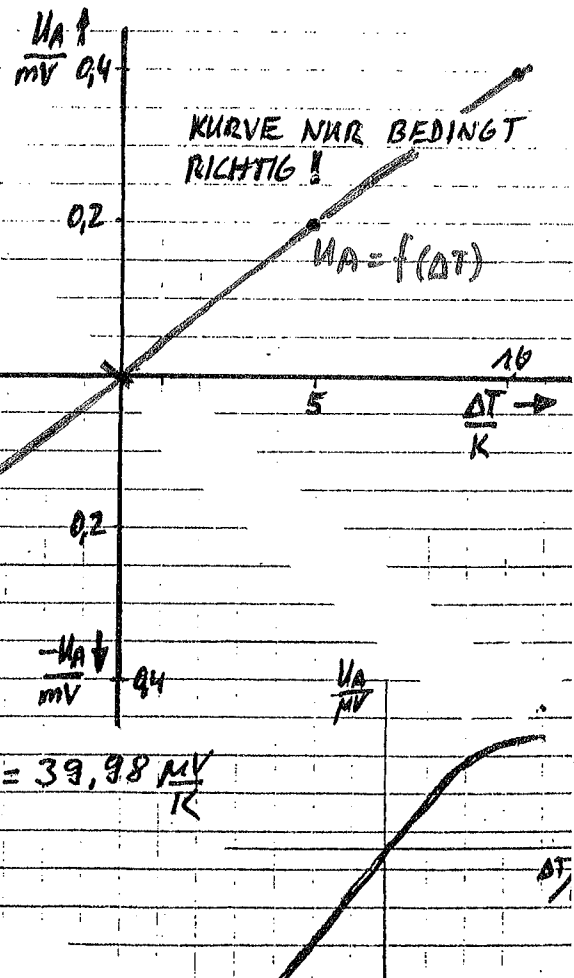
n.B.

39,9

39,6

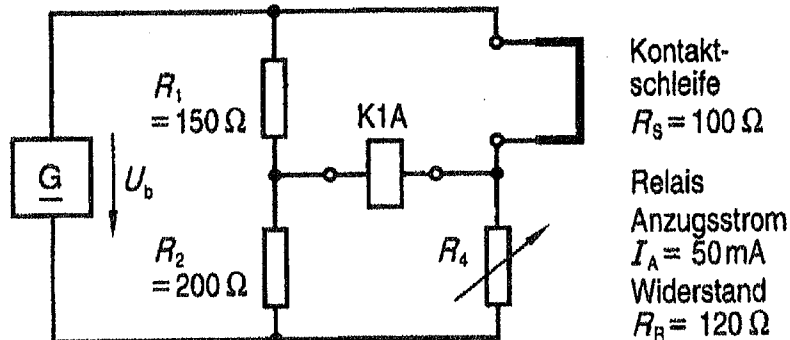
39,2

$$\Rightarrow E = 39,98 \frac{mV}{K}$$



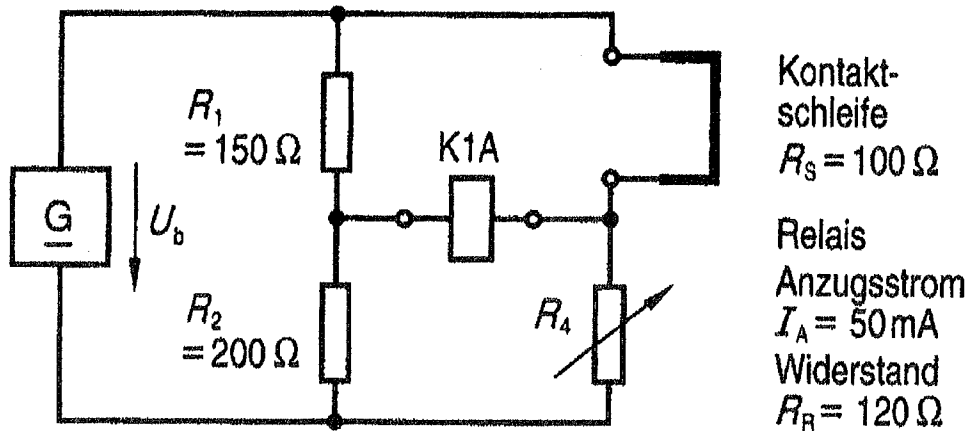
Aufgabe: Alarmanlage

Eine Alarmanlage arbeitet nach dem Ruhestromprinzip.



- Erklären Sie die Arbeitsweise der Schaltung.
- Berechnen Sie R_4 , sodaß das Relais K1A bei intakter Kontaktschleife stromlos ist.
- Berechnen Sie die notwendige Betriebsspannung U_b , damit das Relais bei Unterbrechung der Kontaktschleife sicher anzieht.

Lösung Aufgabe 2: Alarmanlage



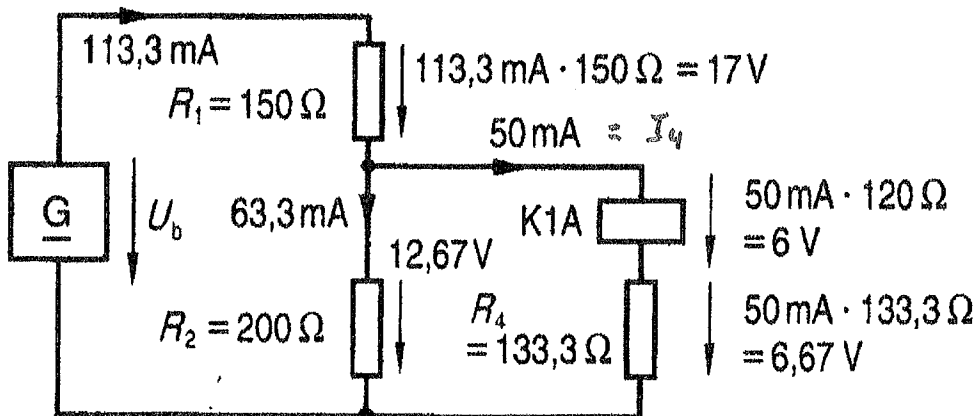
a) Funktion

Bei fehlerfreier Kontaktschleife stellt die Schaltung eine abgeglichene Brücke dar. An Relais K1A liegt keine Spannung. Wird die Kontaktschleife unterbrochen, so liegt an K1A Spannung, das Relais zieht an und löst Alarm aus.

b) Brückenabgleich

$$R_4 = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3 = \frac{200 \Omega}{150 \Omega} \cdot 100 \Omega = 133,3 \Omega$$

c) Betriebsspannung



7. $\rightarrow U_b = U_1 + U_2 = 17 \text{ V} + 12,67 \text{ V} = 29,67 \text{ V} \approx 30 \text{ V}$
Die Betriebsspannung muss mindestens 30 V betragen.

6. $U_1 = I_1 \cdot R_1 = 113,3 \text{ mA} \cdot 150 \Omega$
 $U_1 = 17 \text{ V}$

1. $U_2 =$

3. $6 \text{ V} + 6,67 \text{ V} = 12,67 \text{ V}$

4. $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{12,67 \text{ V}}{200 \Omega}$

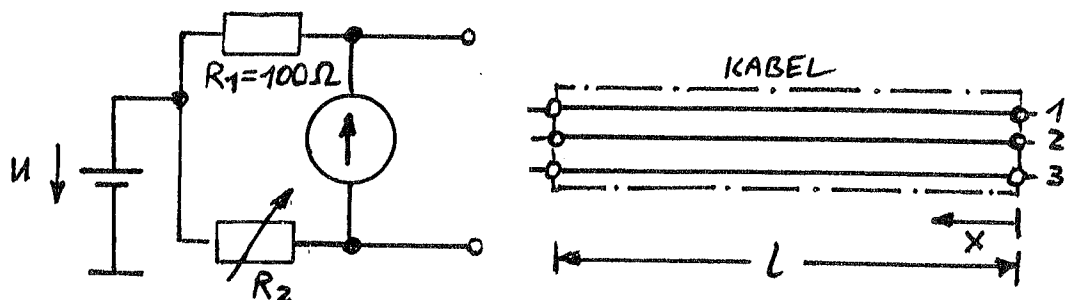
$I_2 = 63,3 \text{ mA}$

5. $I_1 = I_2 + I_4$
 $I_1 = 63,3 \text{ mA} + 50 \text{ mA}$
 $I_1 = 113,3 \text{ mA}$

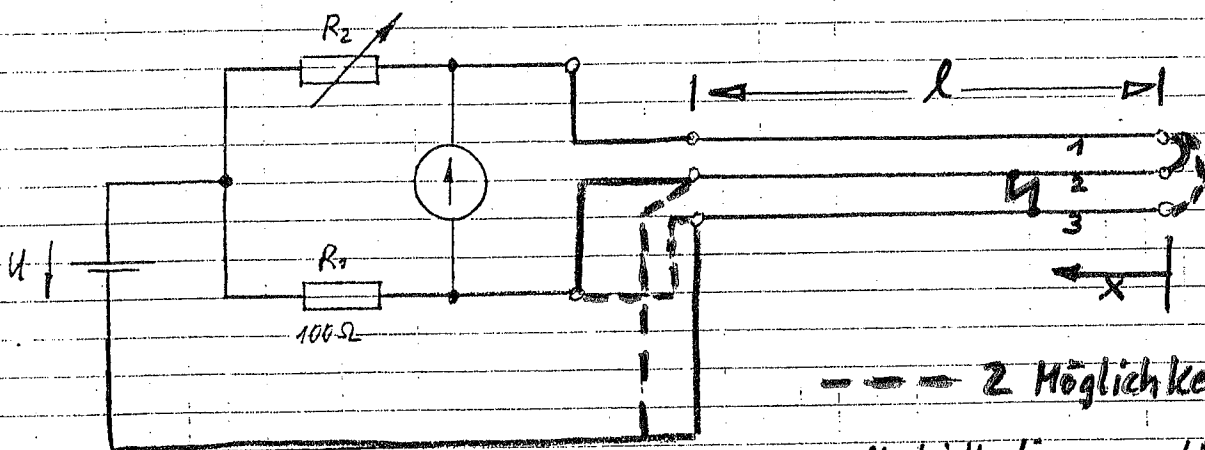
8 Fehlerortbestimmung an Kabeln

8.1 Aufgabe 1

Mit der abgebildeten Schaltung soll der Kurzschluß zwischen den Adern 2 und 3 des 8km langen Kabels gefunden werden.



- Geben Sie die **Verschaltung** mit dem Kabel an, sodaß der Übergangswiderstand im Kurzschlußpunkt nicht mitgemessen wird!
Wie müssen Spannungsquelle und Kurzschlußbügel eingeschaltet werden?
- Der **Fehlerort**, gemessen vom Kabelende, soll bestimmt werden. Wie lautet die allgemeine **Abgleichbedingung**?
- Bestimmen Sie x , wenn für $R_2 = 135 \text{ Ohm}$ das Instrument stromlos wird!



--- 2 Möglichkeit

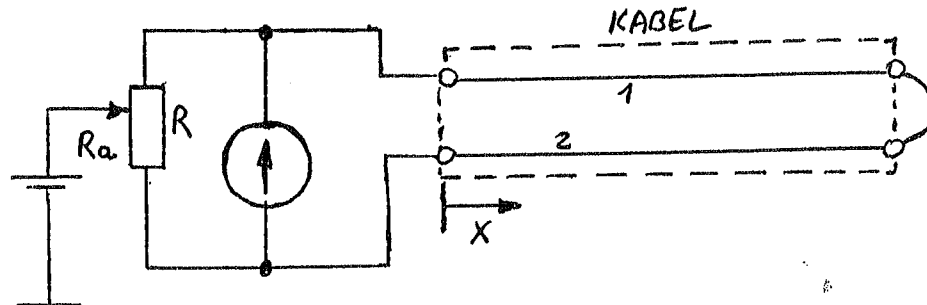
Abgleichbedingung bleibt gleich!

$$b) \quad \boxed{\frac{R_2}{R_1} = \frac{l+x}{l-x}} = 1,35 = \frac{135 \Omega}{100 \Omega}$$

$$c) \quad x = \frac{1,35 - 1}{1,35 + 1} \cdot l = \underline{\underline{1,19 \text{ km}}}$$

8.2 Aufgabe 2

An einem 23km langen Kabel mit zwei elektrisch gleichartigen Adern tritt zwischen Ader 2 und der Umgebung (Erde) ein Kurzschluß auf. Mit einer Meßbrücke soll die Entfernung des Fehlerortes vom Anfang der Leitung (Länge x) bestimmt werden.



- Geben Sie die allgemeine **Abgleichbedingung** an!
- Bei $R_a = 0,39 \cdot R$ wird ein Abgleich erreicht. Bestimmen Sie x !
- Läßt sich mit diesem Meßaufbau auch der Ort eines Kurzschlusses zwischen zwei Adern ermitteln? Begründung!

geg: Kabel $l = 23 \text{ km}$

$$a) \frac{R_a}{R_a} = \frac{R(2l-x)}{R-R_a} \Rightarrow \frac{x}{R_a} = \frac{2l-x}{R-R_a} \Rightarrow \frac{x}{2l-x} = \frac{R_a}{R-R_a}$$

$$x = 2l \frac{R_a}{R}$$

$$b) x = 2l \frac{R_a}{R}$$

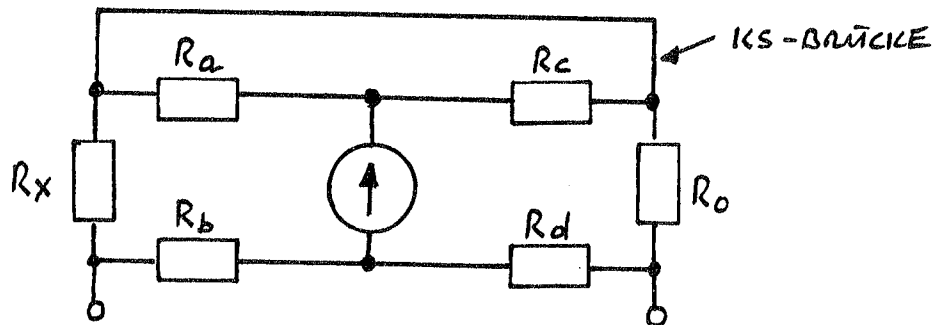
$$x = 2 \cdot 23 \text{ km} \frac{0,39 \cdot R}{R} = \underline{\underline{17,94 \text{ km}}} \quad \checkmark$$

- Würde ein Kurzschluß zwischen beiden Adern auftreten, so hätte die Brücke keine Rückleitung über Masse (Erde) und würde nicht funktionieren. Ferner wären $R(x)$ und $R(2l-x)$ gleich groß. $\checkmark$

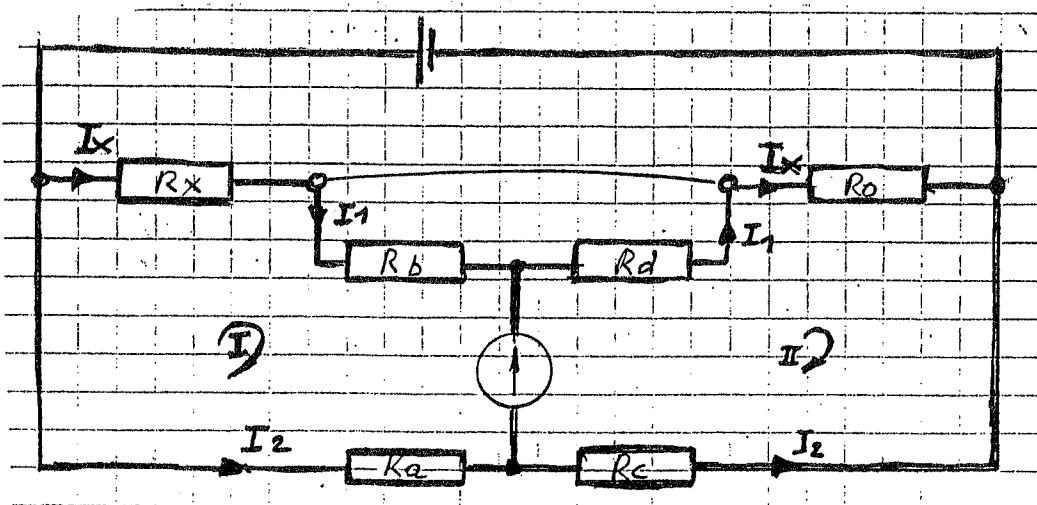
9 Thomson-Meßbrücke

9.1 Aufgabe 1

Mit der abgebildeten Meßbrücke soll der Widerstand R_x ermittelt werden.



- Sollen große oder kleine R_x -Werte bestimmt werden? Begründung!
- Wie müssen R_a , R_b , R_c , R_d und R_o ausgelegt werden?
- Wie lautet die **Abgleichbedingung**?



zu a) Es sollen kleine R_x -Werte bestimmt werden, in der Größenordnung von $m\Omega$ bis $\mu\Omega$.

Die Thomson-Meßbrücke schaltet den Einfluß von Übergangswiderständen und Leitungswiderständen aus. Die Widerstände R_x und R_0 haben je zwei Potentialklemmen und zwei Klemmen für die Stromzuführung. Der Spannungsabfall an den Potentialklemmen ist vernachlässigbar. Die Widerstände

zu b) $\rightarrow R_a, R_b, R_c, R_d$ sind sehr groß gegenüber R_x, R_0 und den Übergangswiderständen der Potentialklemmen, außerdem fließt hier nur ein kleiner Strom.

Der Strom in der Batterieleitung ist groß; je nach Meßbereich schwärzt er zwischen 0,5 A und 200 A. Damit wird auch bei sehr kleinen Werten von R_x noch ein meßbarer Spannungsabfall erzeugt.

zu c)

$$I: I_x \cdot R_x + I_1 \cdot R_b - I_2 \cdot R_a$$

$$II: I_x \cdot R_0 - I_2 \cdot R_c + I_1 \cdot R_d$$

$$R_a = R_b \quad \wedge \quad R_d = R_c$$

$$I_x \cdot R_x = I_2 \cdot R_a - I_1 \cdot R_b$$

$$I_x \cdot R_0 = I_2 \cdot R_c - I_1 \cdot R_d$$

$$I_x \cdot R_x = R_a (I_2 - I_1) = R_b (I_2 - I_1)$$

$$I_x \cdot R_0 = R_c (I_2 - I_1) = R_d (I_2 - I_1)$$

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_a}{R_c} \quad \vee \quad \frac{R_x}{R_0} = \frac{R_b}{R_d} \quad \vee$$

Verhältnis
des niedrigen
Widerstände

Verhältnis
des hohen
Widerstände

12 Elektronenstrahloszilloskop

12.1 Aufgabe 1

Ein Elektronenstrahloszilloskop soll im Triggerbetrieb die Spannung

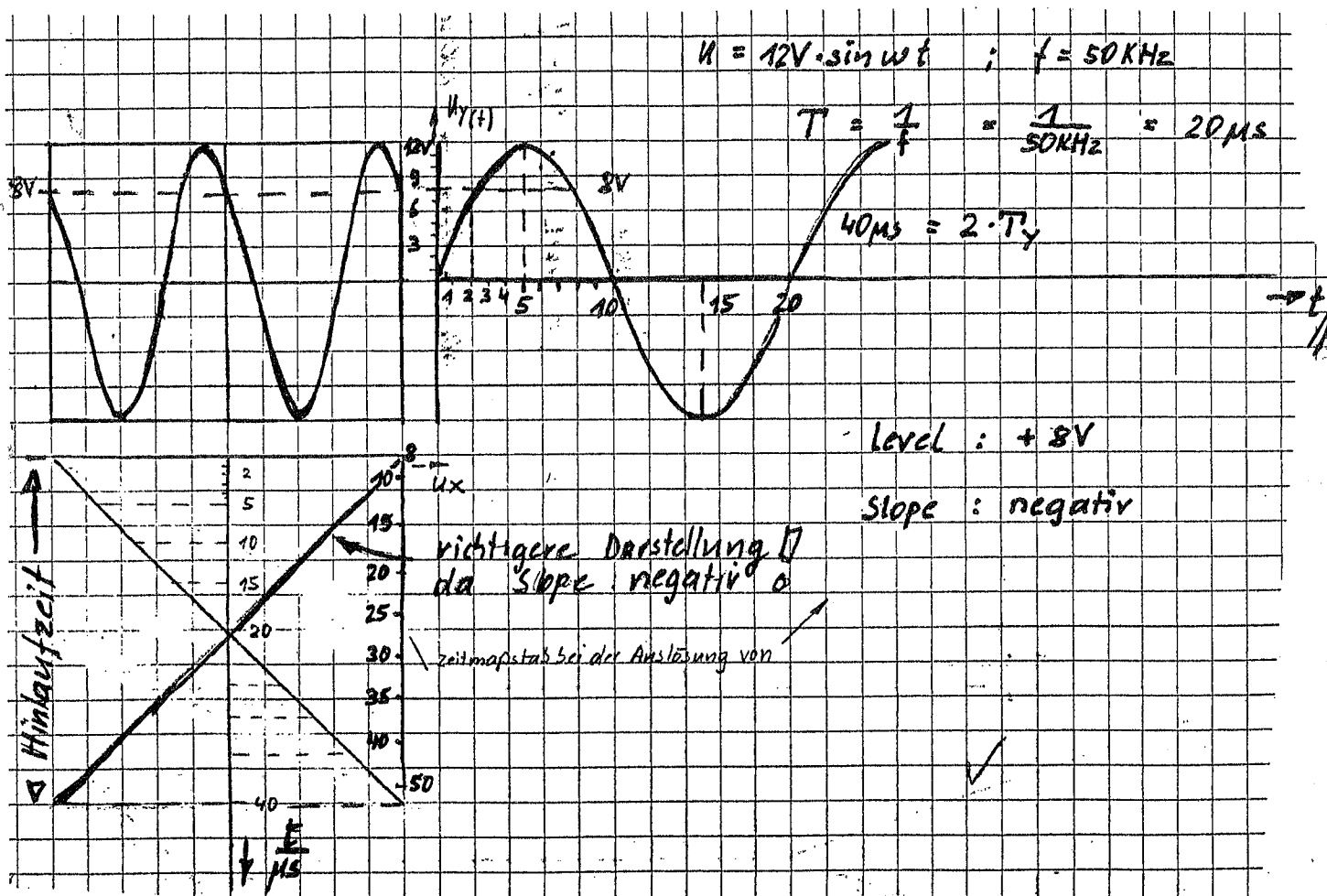
$$u = 12V \cdot \sin \omega t \quad ; f = 50kHz$$

darstellen. Die Zeigerablenkung hat eine **Schwingungslänge von 40µs**.

a) Skizzieren Sie das **Schirmbild** für folgende Einstellwerte:

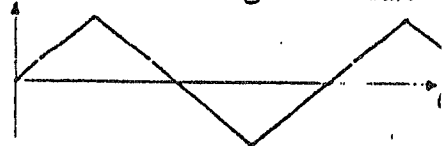
Level: +8V

Flanke: negativ



12.2 Aufgabe 2

Eine symmetrische Sägezahnspannung ($\hat{u} = 18 \text{ V}$; $f = 20 \text{ kHz}$) - siehe Skizze - soll auf dem Schirm eines Elektronenstrahloszilloskops dargestellt werden (Triggerbetrieb). Die Bildschirmbreite beträgt 10 cm.
 Einstellwerte: Ablenkkoeffizient 5 V/cm
 Zeitablenkkoeffizient $10 \mu\text{s/cm}$
 Level $+15 \text{ V}$
 Flanke negativ



Skizzieren Sie den Verlauf der Zeitablenkung und das Schirmbild maßstäblich !

Symmetrische Sägezahnspannung

$$\hat{u} = 18 \text{ V} ; f = 20 \text{ kHz}$$

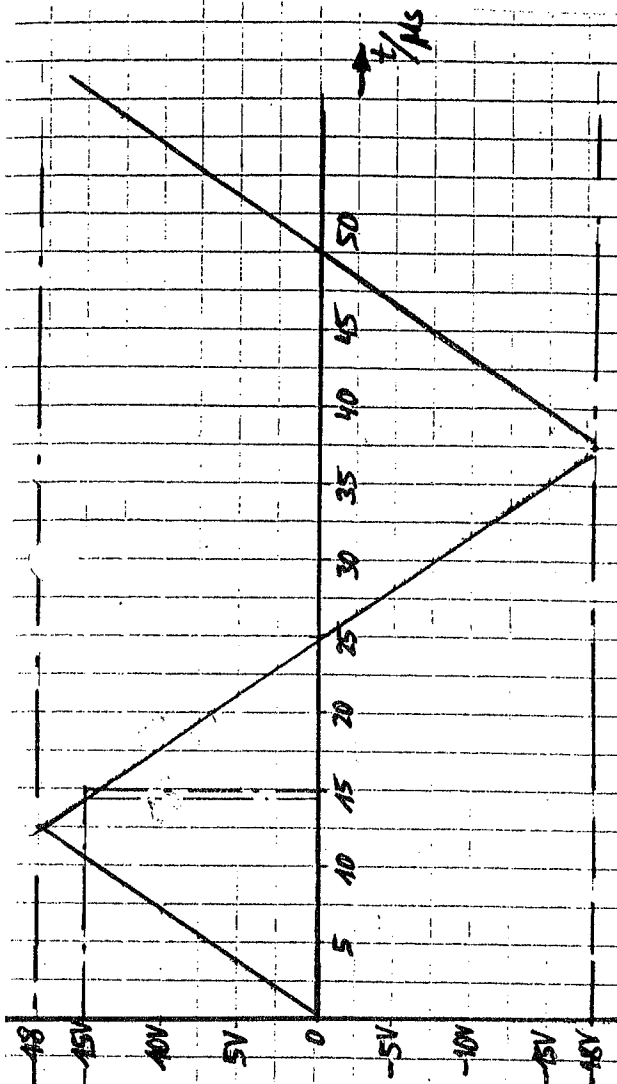
Bildschirmbreite 10 cm

Triggerselekt: Ablenkkoeffizient: 5 V/cm
 Zeitablenkkoeffizient: $10 \mu\text{s/cm}$

Level: $+15 \text{ V}$

Flanke: negativ

=>

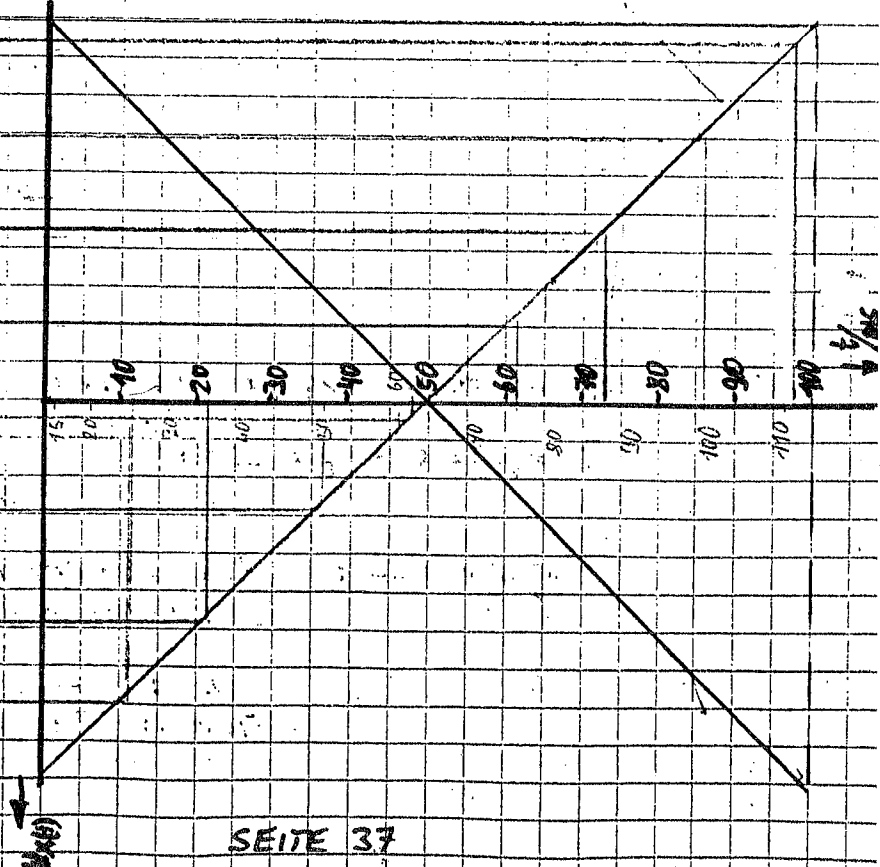
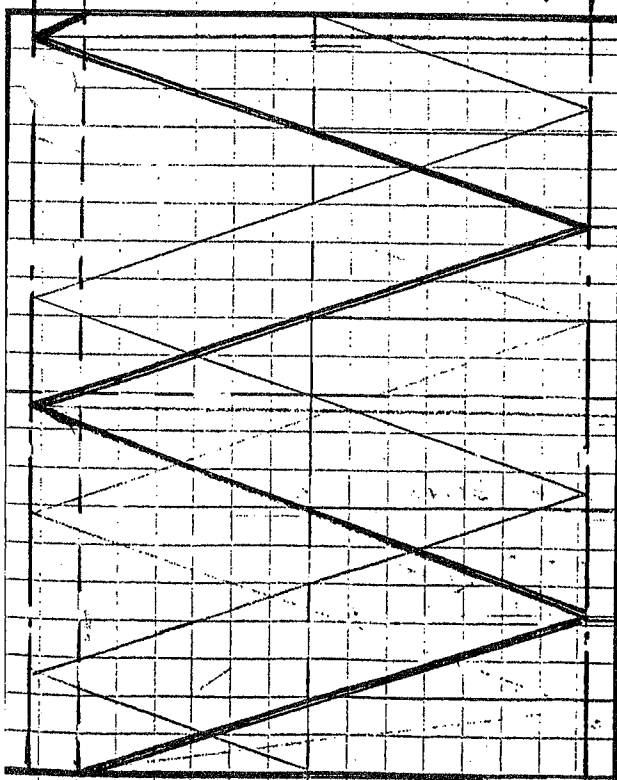


$$\hat{u} = 18V$$

$$f = 20kHz \Rightarrow T_T = \frac{1}{f} = 50\mu s$$

$$10cm \cdot 10 \frac{\mu s}{cm} = 100\mu s = 2 T_T$$

10cm · 10 μs/cm = 100 μs



12.3 AUFGABE 3

Eine sinusförmige Spannung mit $U_{\max}=30\text{ V}$ und $f=10\text{ kHz}$ soll auf dem Schirm ($l=12\text{ cm}$; $h=8\text{ cm}$) eines Oszilloskops sichtbar gemacht werden. Es soll mindestens eine vollständige Schwingung erscheinen.

Einstellwerte:

10 ms/cm

2 ms/cm

10 $\mu\text{s}/\text{cm}$

2 $\mu\text{s}/\text{cm}$

2 V/cm

5 V/cm

10 V/cm

Level: 0 V

Flanke: negativ

a) Wählen Sie die Einstellwerte aus !

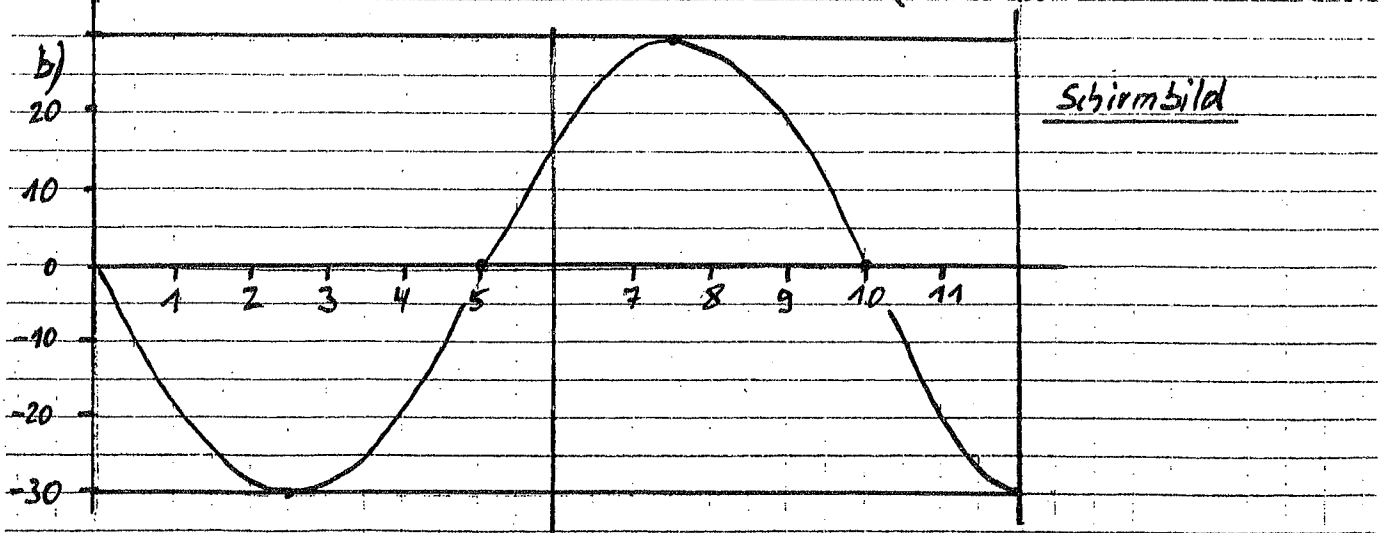
b) Skizzieren Sie das Schirmbild !

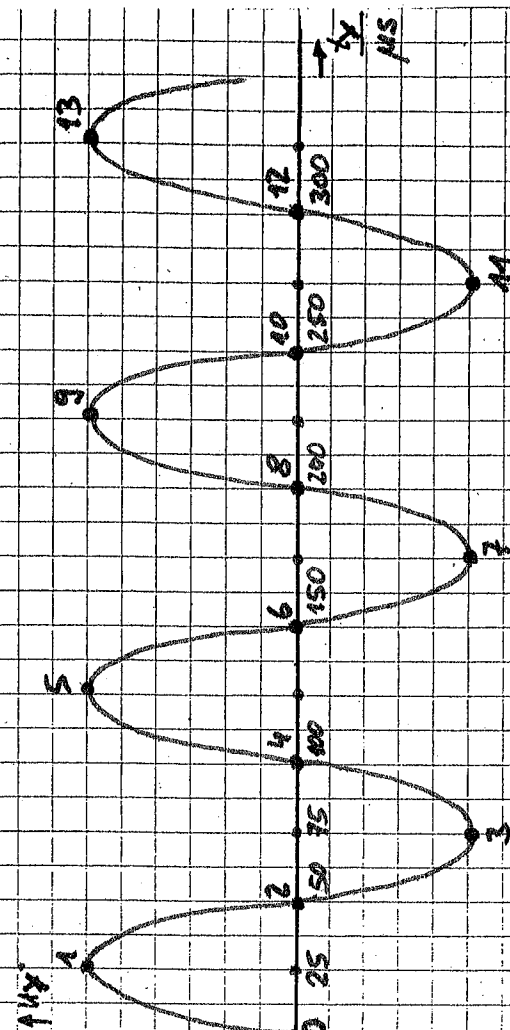
c) Jetzt soll an den X-Eingang ein sinusförmiges Signal mit $f=15\text{ kHz}$ gelegt werden. Skizzieren Sie das Schirmbild !

$$a) \quad U_{\max} = 30\text{ V} \quad \Rightarrow \quad \beta = \frac{10\text{ V}}{\text{cm}}$$

$$f = 10\text{ kHz} \quad \Rightarrow \quad T_y = 100\text{ }\mu\text{s} \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{10\text{ }\mu\text{s}}{\text{cm}}$$

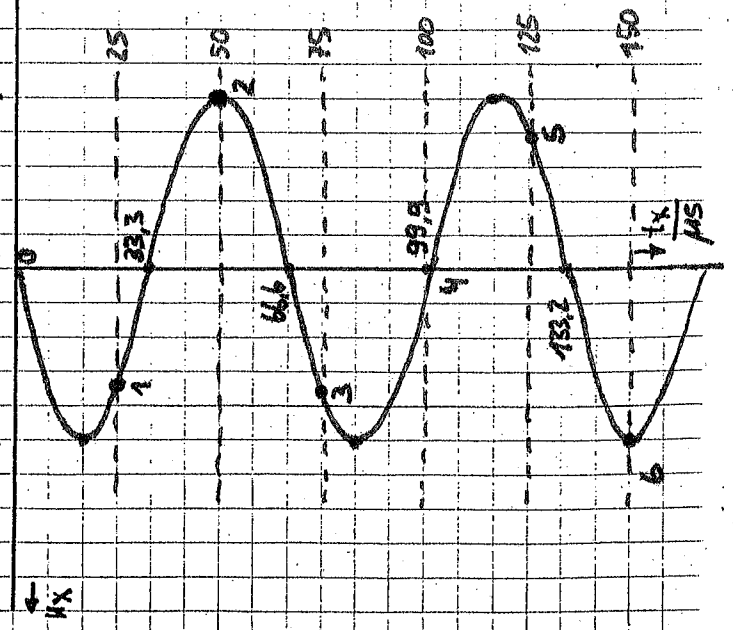
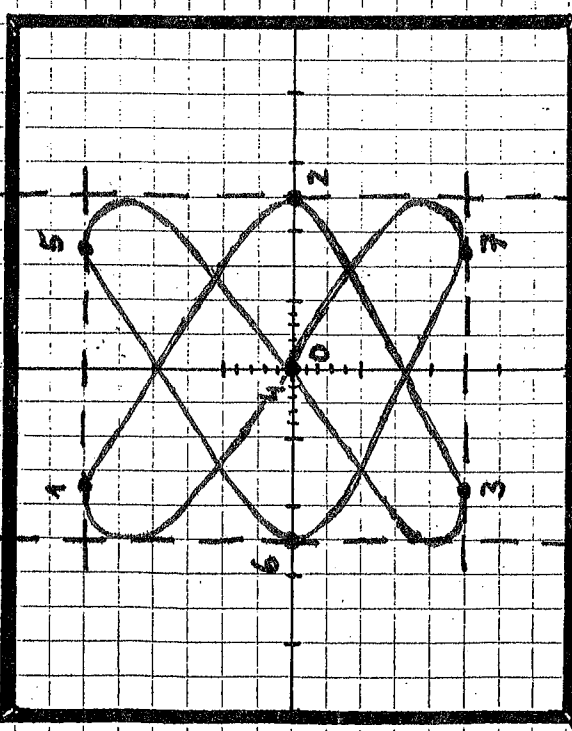
(Breite des Schirms 12 cm)





$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{10 \text{ kHz}}{15 \text{ kHz}} = \frac{2}{3} \Rightarrow T_y = 100 \mu\text{s}$$

$$T_x = 66.6 \mu\text{s}$$



13. MESSEN VON WECHSELGRÖSSEN

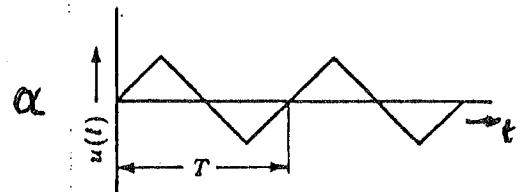
13.1 AUFGABE 1

Bestimmen Sie für die in den Aufgaben 1 und 2 skizzierten Spannungsverläufe

- die Gleichrichtwerte
- die Effektivwerte
- die Formfaktoren
- die Scheitelfaktoren
- die jeweilige Anzeige in Wechselspannungsbereichen eines Universalinstrumentes !

Die Gleichrichterdioden des Zweiweggleichrichters seien als ideal und die Eigenfrequenz des Meßwerkes als klein gegenüber den Frequenzen der Meßgrößen angenommen.

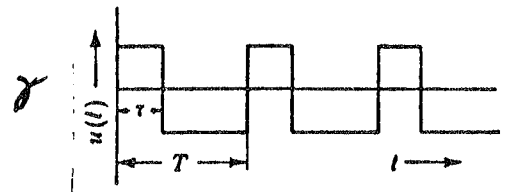
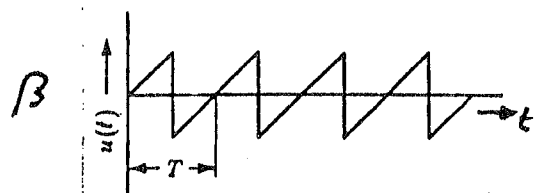
$\alpha \quad u(t) = \bar{u} = \hat{u} = \text{const}$



1.

$\beta \quad u(t) = \bar{u} + \hat{u} \sin \omega t, \bar{u} \geq \hat{u}$

2.



zu A1) a) $U_{eff} = \bar{u}$

α) b) $U_{eff} = \bar{u}$

(W)

$f\% = 11\%$

(SEITE 56)

c) $f = 1 = \frac{U_{eff}}{U_{ol}}$

d) $s = 1 = \frac{\hat{u}}{U_{eff}}$

$f = \text{FORMFAKTOR} = \frac{\text{EFFEKTIVWERT}}{\text{GLEICHRICHTW.}}$

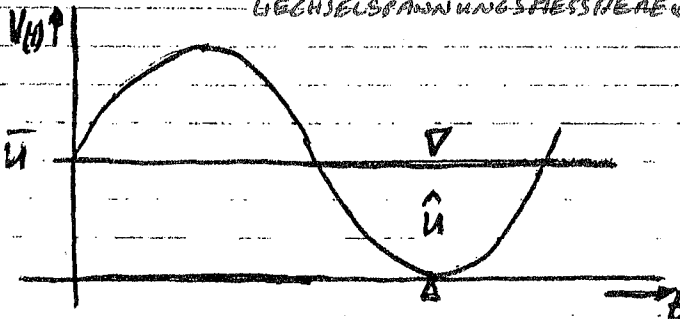
e) $U_{ANZ.} = 1,11 \cdot \bar{u}$

(A)

$s = \text{SPEZIFIKFAKTOR} = \frac{\text{SPEZIFIKWERT}}{\text{EFFEKTIVWERT}}$

DURCH DEN
WECHSELSPANNUNGSMESSBEREICH!

β)



a) $U_{eff} = \bar{u}$

Da wir über eine vollständige
Sinusschwingung integrieren, wird das
Integral Null!

b) $U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (\bar{u}^2 + 2\bar{u}\hat{u}\sin\omega t + \hat{u}^2 \sin^2\omega t) dt}$

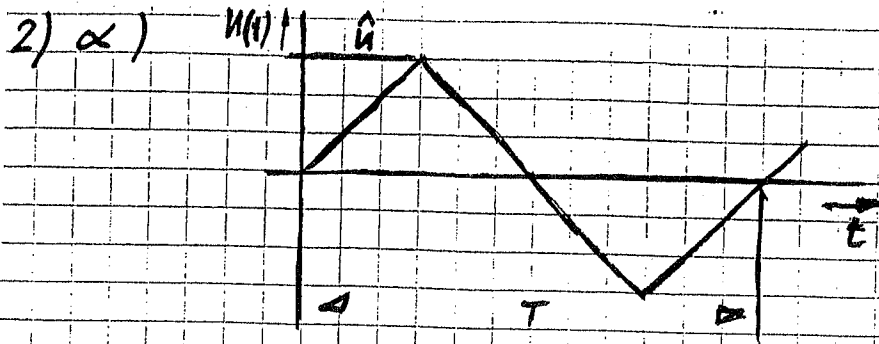
$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} (\bar{u}^2 \cdot T + \frac{\hat{u}^2 \cdot T}{2})} = \sqrt{\bar{u}^2 + \frac{\hat{u}^2}{2}} \quad (W)$$

c) $f = \frac{\sqrt{\bar{u}^2 + \frac{\hat{u}^2}{2}}}{\bar{u}}$ (siehe eine Seite
vorher bei I.e.H.)

d) $s = \frac{\bar{u} + \hat{u}}{\sqrt{\bar{u}^2 + \frac{\hat{u}^2}{2}}}$

$$f = \sqrt{1 + \left(\frac{\hat{u}}{\bar{u}}\right)^2 \frac{1}{2}}$$

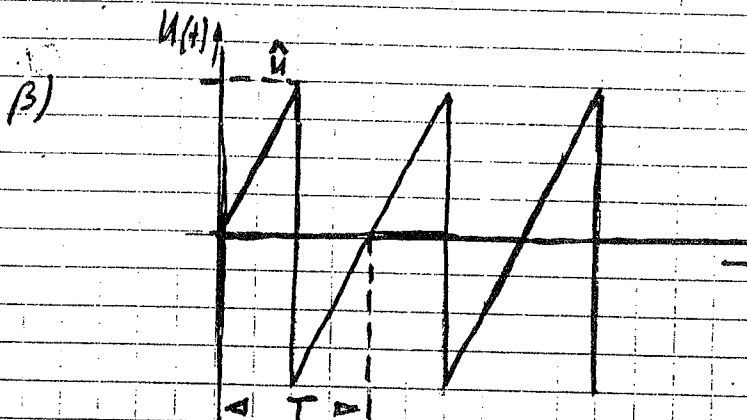
e) $U_{ANZ.} = 1,11 \cdot \bar{u} \quad (A)$



a) $U_d = \frac{\hat{U}}{2}$ b) $U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$ c) $f = \frac{2}{T\sqrt{3}}$ d) $s = \sqrt{3}$

e) $U_{ANZ} = \frac{\hat{U}}{2} \cdot 1,11$ f% = $\frac{\frac{\hat{U}}{2} \cdot 1,11 - \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}}{\frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}} \cdot 100\%$

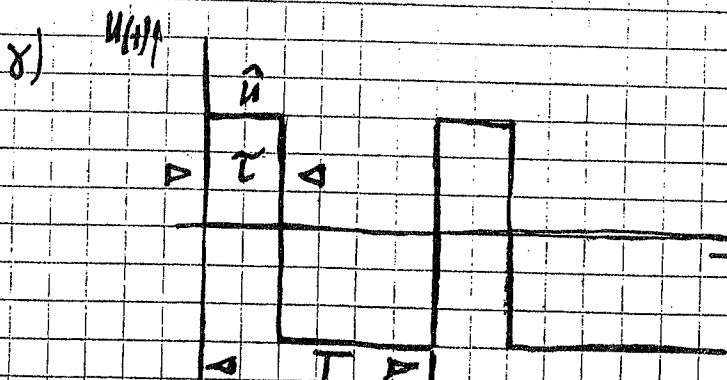
f% = -3,9%



a) $U_d = \frac{\hat{U}}{2}$ (Siehe Beispiel eine Seite vorher !!)

b) $U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$

c) d) e) siehe oben!



a) $U_d = \hat{U}$

b) $U_{eff} = \hat{U}$

c) $f = 1$

d) $s = 1$

e) $U_{ANZ} = 1,11 \hat{U} \Rightarrow f\% = 11\%$

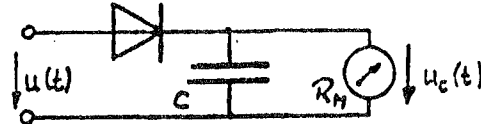
$\frac{\tau}{T} = \nu_T$ Tastverhältnis

14 SPITZE - SPITZE MESSUNG

14.1 AUFGABE 1

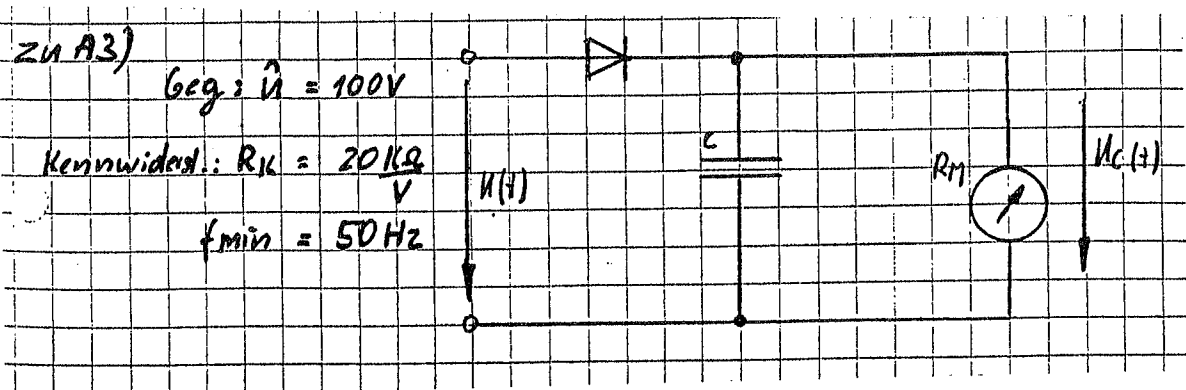
An die abgebildete Meßschaltung mit idealer Diode können sinusförmige Spannungen mit Spitzenwerten bis 100 V gelegt werden. Das Instrument besitzt einen Kennwiderstand von $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$.

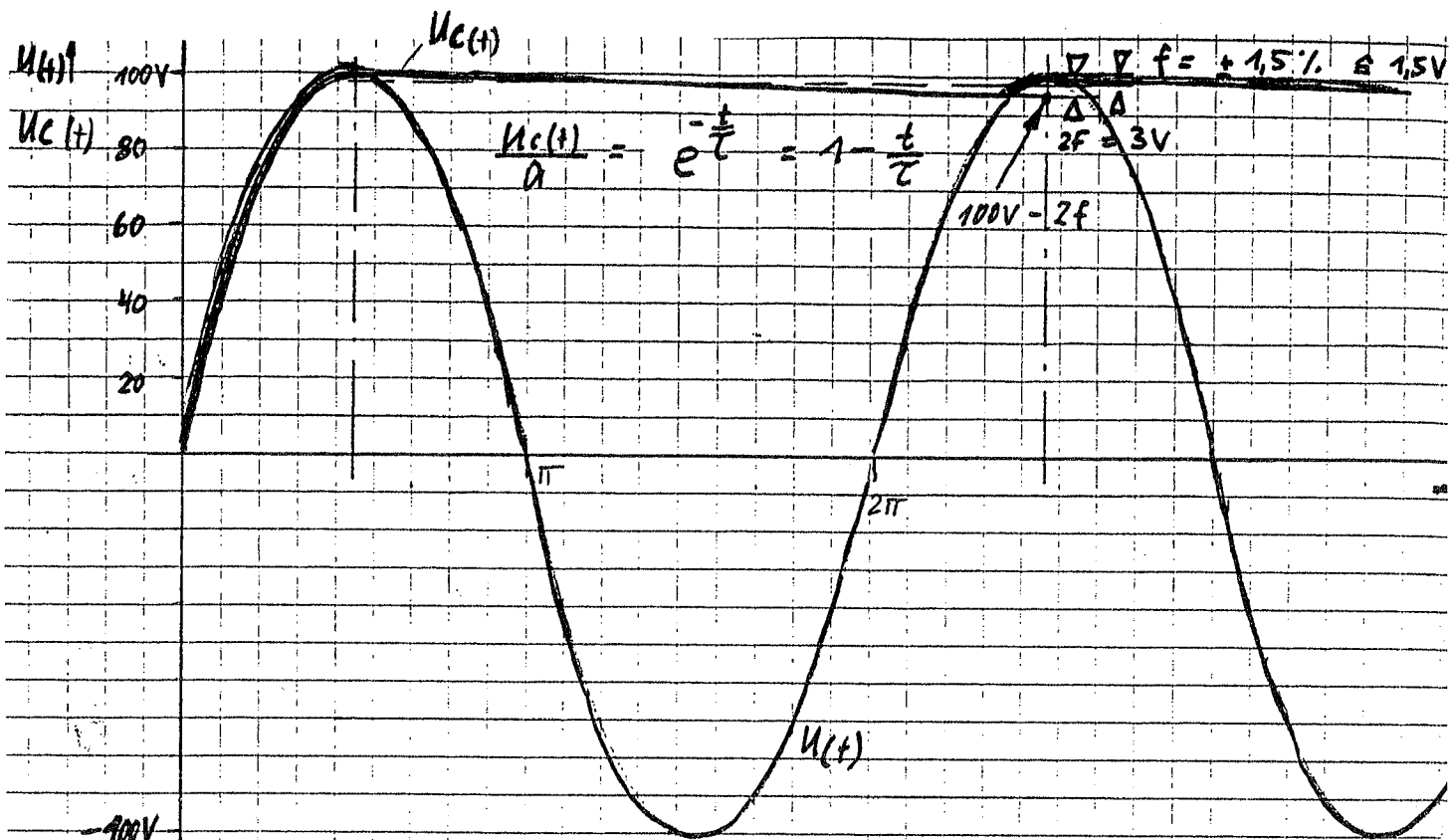
$$f_{\min} = 50 \text{ Hz}$$



- Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf von $u(t)$ und $u_C(t)$ mit zwei vollständigen Schwingungen in einem Diagramm!
- Wofür ist die größte Differenz zwischen den Spannungen ein Maß? Wozu dient die Meßschaltung?
- Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand des Meßwerks!
- Ermitteln Sie die Kapazität C , wenn der relative Fehler der Messung nicht größer als $\pm 1,5\%$ betragen soll!

Hinweis:
$$\frac{u_C(t)}{\hat{u}} = e^{-t/\tau} = 1 - \frac{t}{\tau}$$





zu b) Die Differenz zwischen den Spannungen nennt man "Brummspannung" (d.h. ein Maß für den Fehler zwischen normierter Anzeige und Tatsächlichem Spitzenwert ist) Ist ein Maß für den doppelten absoluten Fehler ✓

Diese Schaltung dient zur Spitzenwertmessung.

$$\hat{U} = U_E$$

zu c) $R_K = \frac{R_E}{U_E} \Rightarrow R_E = R_K \cdot U_E$

$$R_E = \frac{20 \text{ k}\Omega \cdot 100 \text{ V}}{\text{V}} = \underline{\underline{2 \text{ M}\Omega}}$$

zu d) 100V-2f am Einheitssignal mit $u=1$ Schaltet folgt!

NORMIERT $1 - 2f = 1 - \frac{t}{T}$ $T = \frac{1}{f_u}$

$t = T \Rightarrow 2f = \frac{T}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{1}{f_u \cdot 2f}$

$$\tau = (R_v + R_m) \cdot C$$

$$\tau = R_E \cdot C \Rightarrow R_E \cdot C = \frac{1}{f_u \cdot 2f}$$

$$f = 1,5\% \hat{=} 1,5V$$

$$C = \frac{1}{f_u \cdot 2f \cdot R_E}$$

$$C = 50s^{-1} \cdot 3V \cdot 2 \cdot 10^6 \Omega$$

$$C = 3,33 \text{ nF} \quad \checkmark$$

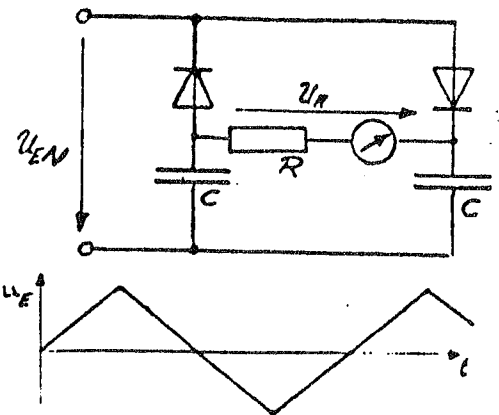
14.2. AUFGABE 2

Mit der abgebildeten Schaltung, in der ideale Dioden und Kapazitäten enthalten sind, soll Spitzengleichrichtung betrieben werden. Die Eingangsspannung besitzt eine Amplitude von 60 V und eine Frequenz von 50 Hz.

Instrument: 20 kΩ/V

Vollausschlag: 50 mV

- Wofür ist U_A ein Maß?
- Wie groß muß der Vorwiderstand R gewählt werden?
- Bestimmen Sie die Kapazität C , wenn der Meßfehler bei 50 Hz nicht größer als 2,5% betragen soll.



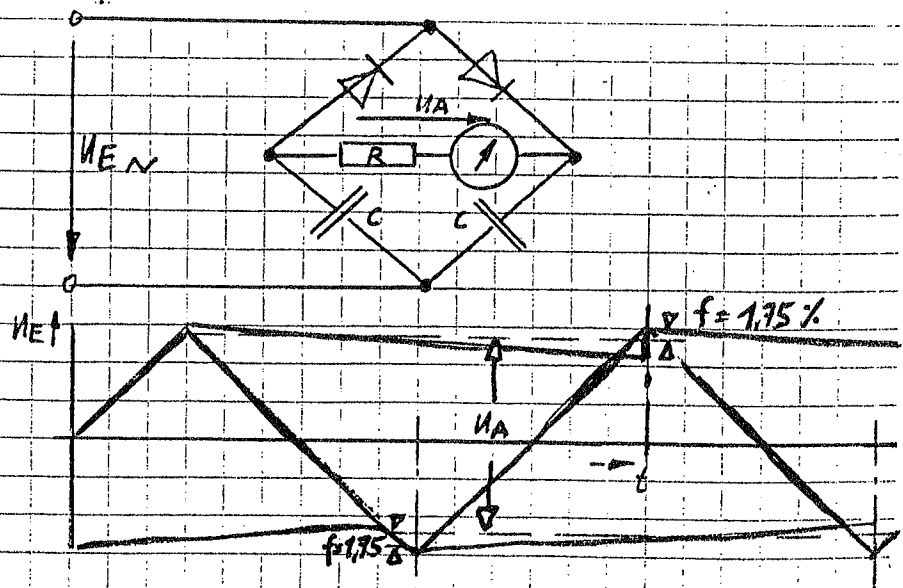
Geg: $U_E = \hat{U} = 60V$

$f_n = 50Hz$

$R_k = 20k\Omega/V$

$V_M = 50mV$

$f = 2,5\%$



- a) U_A ist ein Maß für den Spitze - Spitze - Wert des Signals.

b)

$$U_E = \hat{u} = (R + R_{V0}) \cdot I_M \quad R_E = R_K \cdot U_E$$

$$\frac{2 \cdot \hat{u}}{I_M} = R + R_{V0} \quad R_E = \frac{20 \text{ k}\Omega \cdot 2 \cdot 60 \text{ V}}{V} = 2,4 \text{ M}\Omega$$

$$\frac{2 \cdot \hat{u}}{I_M} - R_{V0} = R \quad I_M = \frac{U_E}{R_E} = \frac{60 \text{ V}}{1,2 \cdot 10^6 \Omega} = 50 \mu\text{A}$$

$$\frac{2 \cdot 60 \text{ V}}{5 \cdot 10^{-5} \text{ A}} - 1000 \Omega = 2 \cdot 1,199 \cdot 10^6 \Omega \quad R_{V0} = \frac{U_M}{I_M} = \frac{50 \text{ mV}}{50 \mu\text{A}} = 1000 \Omega$$

$$\underline{R = 2,199 \text{ M}\Omega} \quad \text{oder: } R_E = R + R_{V0}$$

$$\underline{R = 2,398 \text{ M}\Omega} \quad R = R_E - R_{V0} = 2,398 \text{ M}\Omega$$

c)

$$f = 2,5\% \quad 1 - 2 \frac{f}{2} = 1 - \frac{t}{T} \quad t = T \quad ; \quad T = \frac{1}{f_n}$$

$$\frac{f}{2} = 1,25\% \quad f = \frac{I}{T}$$

$$T = \frac{1}{f_n \cdot f}$$

für 1 Halbwelle!

$$T = R_E \cdot C$$

$$R_E \cdot C = \frac{1}{f_n \cdot f} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{f_n \cdot f \cdot R_E}$$

$$f = 2,5\% \quad \hat{=} \quad \frac{2,5\%}{100\%} = 0,025 \quad C = \frac{1}{50 \text{ s}^{-1} \cdot \frac{2,5}{100} \cdot 2,4 \cdot 10^6 \Omega}$$

für 1 Kondensator: $\underline{C = 0,33 \mu\text{F}}$