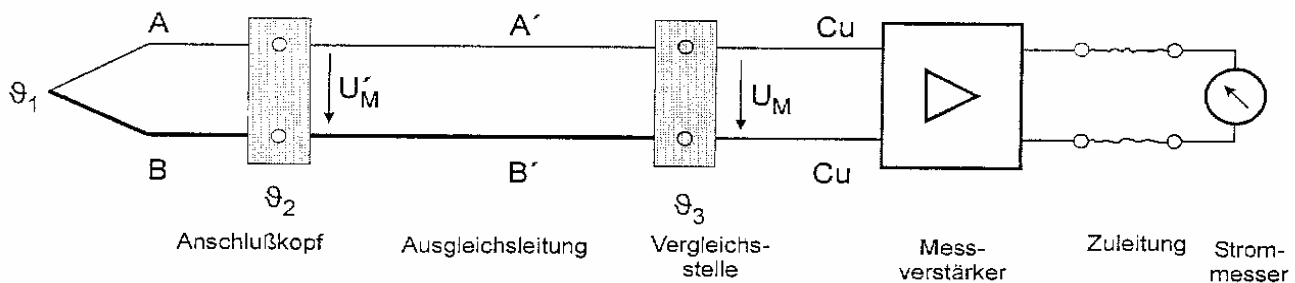


Elektrische Messtechnik für Informatiker SS2003

6. Übung: Spannungs- und ladungsliefernde Aufnehmer

6.1 Thermoelement



Mit der dargestellten Messanordnung soll die Temperatur ϑ_1 , bestimmt werden. Thermoefekte im Messverstärker werden vernachlässigt.

- Was sind Ausgleichsleitungen und welchen Zweck erfüllen sie? Welcher Zusammenhang besteht zwischen U_M' und U_M ?
- Stellen Sie die Thermoempfindlichkeiten k_{APt} , k_{BPt} sowie k_{AB} graphisch als Vektoren dar.
- Weisen Sie das Ergebnis $U_M = k_{AB} (\vartheta_1 - \vartheta_3)$ nach, wenn die thermoelektrische Spannungsreihe k_{xPt} und die Celsius temperaturen $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3$ gegeben sind. Unterscheiden Sie hierbei absoluten Temperaturen in K und Celsius-Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$.
- Irrtümlicherweise wurden am Anschlusskopf die Ausgleichsleitungen A' und B' vertauscht. Wie gross ist dann U_M ? (Annahme nur für diesen Unterpunkt!)

Temperaturen $\vartheta_1 = 20^{\circ}\text{C} \dots 100^{\circ}\text{C}$ sollen nun mit einem Eisen/Konstantan-Thermoelement erfasst werden bei konstanter Vergleichsstellentemperatur von $\vartheta_3 = 20^{\circ}\text{C}$.

($k_{FePt} = 1,9 \text{ mV}/100^{\circ}\text{C}$; $k_{KonstPt} = -3,1 \text{ mV}/100^{\circ}\text{C}$)

- Wie gross ist k_{AB} in $\text{mV}/100\text{K}$.
- Welche Werte in mV kann U_M zahlenmäßig annehmen?

Wie im Bild gezeichnet soll nun ϑ_1 mit Hilfe eines Messverstärkers auf einem Strommesser (Vollausschlag bei $I_0 = 1 \text{ mA}$; lineare Skala mit 100 Skalenteilen) zahlenrichtig in $^{\circ}\text{C}$ angezeigt werden. Die Zuleitungswiderstände können variieren.

- Skizzieren und dimensionieren Sie einen entsprechenden Messverstärker

6.2 Piezoelektrischer Kraftaufnehmer

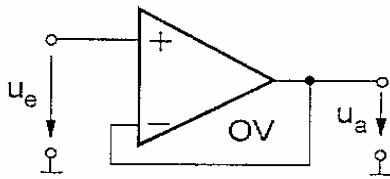


Bild 1 Elektrometerverstärker

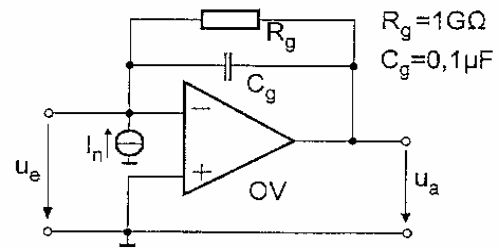


Bild 2 Ladungsverstärker

Eine dynamisch wirkende Kraft F soll mit einem piezoelektrischen Kraftaufnehmer, der aus einem Einzelement (Kapazität C_q , Innenwiderstand R_q , Piezomodul k) aufgebaut ist, erfasst werden. Der Sensor wird jeweils über ein Koaxialkabel an den Verstärker nach Bild 1 bzw. Bild 2 angeschlossen.

Die Kraft ändere sich zur Zeit $t = 0$ s sprunghaft von $F=0$ N auf $F= F_0=10^3$ N.

Operationsverstärker OV und Koaxialkabel seien zunächst ideal ($I_n=0$).

($k=2,3 \cdot 10^{-12}$ As/N; $C_q=10$ pF; $R_q=10^{12}$ Ω)

- Berechnen und skizzieren Sie die Ausgangsspannung u_q des Sensors ohne nachgeschalteten Verstärker.
- Diskutieren Sie die Eigenschaften von Elektrometerverstärkern und Ladungsverstärkern im Zusammenhang mit Piezoaufnehmern. Welche Funktion hat R_g in Bild 2?
- Berechnen und skizzieren Sie jeweils den Verlauf $u_a(t)$ für den Messverstärker von Bild 1 und von Bild 2.
- Wie wirkt sich jeweils ein reales Koaxialkabel auf die Spannung u_a aus? Tragen Sie jeweils einen möglichen Verlauf in das Diagramm von b) ein.
- Wie wirkt sich ein OV-Nullpunktfehler I_n auf die Ausgangsspannung u_a des Ladungsverstärkers aus?

Industriell ausgeführte Piezosensoren enthalten üblicherweise zwei Einzelemente.

f) Skizzieren und erläutern (Vorteil, Nachteil) Sie einen solchen Aufbau.

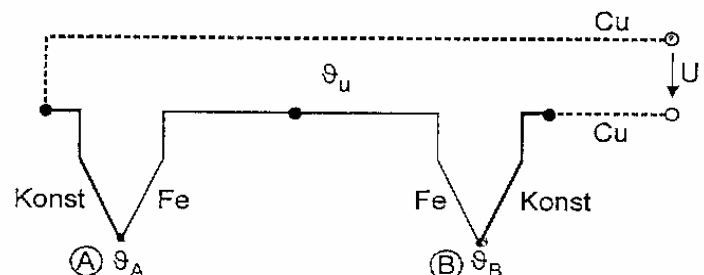
g) Ermitteln Sie die Parameter R_{qD} , C_{qD} und k_D eines solchen Doppелеlementes abhängig von den Parametern R_q , C_q und k eines Einzelementes.

Zusatzaufgabe: Temperaturmessung (DVP 13.3.2001)

Zur Messung der Temperaturdifferenz $\vartheta_A - \vartheta_B$ zwischen den beiden Messstellen A und B werden zwei baugleiche Eisen-Konstantan-Thermoelemente eingesetzt. ϑ_A und ϑ_B sind die Celsius-Temperaturen der Messstellen A und B, ϑ_u ist die Umgebungstemperatur.

$$k_{\text{KonstPt}} = -3,3 \text{ mV/100K}$$

$$k_{\text{FePt}} = +1,9 \text{ mV/100K}$$



h) Wie groß ist die *Empfindlichkeit* E eines Fe-Konst-Thermoelements *allgemein* (abhängig von k_{KonstPt} und k_{FePt}) und *zahlenmäßig*?

i) Bestimmen Sie $U = f(E, \vartheta_A - \vartheta_B, \dots)$. (Herleitung!)

j) Welcher *Differenztemperatur* $\vartheta_A - \vartheta_B$ in °C entspricht eine Spannung von $|U| = 210 \mu\text{V}$?

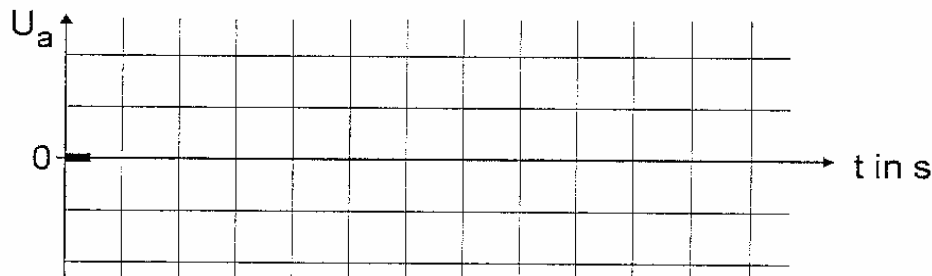
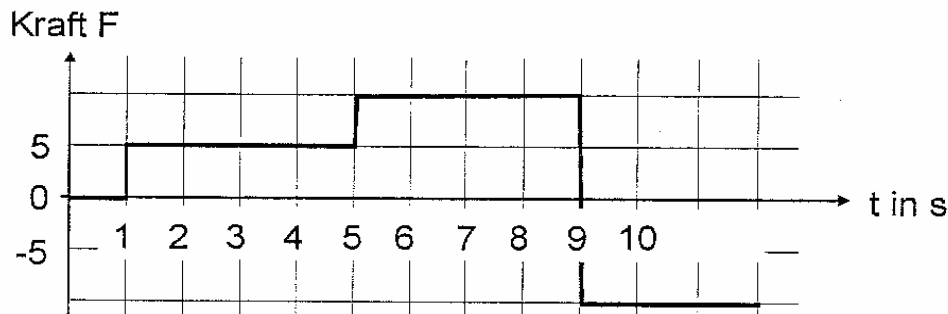
Zusatzaufgabe: Vorlesungsversuch „Lötzinnbad“

- Stellen Sie das Thermoelementersatzschaltbild der Versuchsanordnung auf.
- Berechnen Sie allgemein die Spannungen U_1 und U_2 der beiden Thermoelementanordnungen, abhängig von der Zinnbadtemperatur ϑ_B und der Umgebungstemperatur ϑ_U und den bekannten Thermoempfindlichkeiten der verwendeten Materialien. (ϑ_i : Celsiustemperaturen)
- Geben Sie U_1 und U_2 zahlenmässig für die Versuchbedingungen an.

Zusatzaufgabe: Piezo-Kraftaufnehmer (ehemalige DVP-Klausur)

Geben sind 2 baugleiche Piezokraftaufnehmer (Piezomodul k_E , Ersatzgrößen R_E und C_E).

- Skizzieren Sie den mechanischen Aufbau eines aus 2 Einzelementen bestehenden Doppelsensors zur Messung einer Kraft F .
- Berechnen Sie die Größen K_D , R_D und C_D des Doppelsensors? (Herleitung)
- Nennen Sie 2 Vorteile des Doppelsensors gegenüber dem Einzelsensor.
- Das Ausgangssignal eines Einzel-Piezosensors ($R_E \cdot C_E = 2s$) wird mit einem Ladungsverstärker erfasst. Skizzieren Sie für den gegebenen Kraftverlauf den prinzipiellen Verlauf der Verstärkerausgangsspannung U_a .



- Welchen Vorteil bringt ein Ladungsverstärker gegenüber einem u/u-Verstärker?