Das Fachgebiet hat am 18.03.2026 darauf hingewiesen, dass diese Klausuren *alt* sind. Somit sind sie vermutlich nicht sonderlich repräsentativ für die aktuellen Klausuren.

Messtechnik

Gedächnisprotokoll – Klausur 2012

24. März 2012

★ Dokument erstellt von: mailto:snooozer@gmx.de ★

Aufgaben

Es wurde die Kapazität von 10 Kondensatoren gleicher Bauart gemessen:

Index k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_k $[\mu F]$	101	95	105	105	96	103	94	108	98	90

1.1 Parameterschätzung (1 Punkt)

Berechnen Sie den empirischen Mittelwert und die empirische Standardabweichung der Kapazitätswerte.

1.2 Vertrauensintervall (1 Punkt)

Tabelle 1: Vertrauensbereiche für bekannte Standardabweichung σ

$t\sigma$	$0,5\sigma$	$0,67\sigma$	1σ	$1,65\sigma$	$1,96\sigma$	$2,58\sigma$	3σ	$3,3\sigma$
P [%]	38,3	50	68,3	90	95	99	99,73	99,9

1. Angenommen die wahre Standardabweichung der Verteilung sei $\sigma = 2\ \mu F$. Berechnen Sie das Vertrauensintervall des in Aufgabe 1.1 geschätzten Mittelwerts.
   Die statistische Sicherheit soll 68,3 % betragen. (0,5 Punkte)

2. Wie viele Messwerte müssten aufgenommen werden, damit der Vertrauensbereich höchstens $\pm 1\mu F$ beträgt? Die statistische Sicherheit soll weiterhin 68,3 % betragen. (0,5 Punkte)

1.3 Verteilungsfunktion (2 Punkte)

1. Geben Sie die allgemeine Definition an, wie die Verteilungsfunktion und Verteilungsdichte zusammenhängen.

2. Berechnen Sie die Verteilungsfunktion $F(x)$ für alle $x \in [-\infty, \infty]$ zu folgender Dichte:

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{3}{5}, & \text{wenn } 0 \leq x < 1 \\ \frac{1}{5}, & \text{wenn } 1 \leq x < 3 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Lösung kann mathematisch oder graphisch angegeben werden. In einer Grafik sind die Knickpunkte und die Achsen eindeutig zu beschriften!

2 Fragen (1 Punkt)

Kennzeichnen Sie die richtigen Aussagen (Für jede falsche Antwort werden 0,5 Punkten abgezogen. Die minimale Punktzahlen für die gesamte Aufgabe beträgt 0):

1. Der Vertrauensbereich des Mittelwerts gibt ein Intervall an, in dem mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit der wahre Mittelwert liegt.
2. Die Verteilungsdichtefunktion ist die Stammfunktion der Verteilungsdichte.
3. Systematische Fehler können durch Mittelwertbildung und andere Statistische Mittel minimiert werden.
4. Die Verteilungsdichtefunktion hat eine Fläche von 1.

3 Regression und Interpolation (5 Punkte)

Ein Thermometer wird in $T_a = 60°C$ heißes Wasser getaucht. Die Anfangstemperatur des Thermometers beträgt $T_e = 30°C$.

Bei der Messung der Kennlinie wurden die folgende Messwerte aufgenommen:

Index k	1	2	3	4	5
Zeit t	0	20	40	60	80
Temperatur $°C$	30	46	53	57	59

3.1 Parameterschätzung (3 Punkte)

Es soll der Parameter τ der Kennlinie $T(t) = (T_e - T_a) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$ mithilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechnet werden.

1. Geben Sie eine Transformation für $T(t)$ an, mit deren Hilfe sich die Methode der kleinsten Fehlerquadrate anwenden lässt, markieren Sie in ihrer Lösung y,a,x in der Form: $y = m \cdot x$ (0,5 Punkte)

2. Leiten Sie die Lösungsfomel zur Berechnung von τ nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate her (2 Punkte)

3. Berechnen Sie τ mit Hilfe der für die Temperatur und Zeit gegebenen Werte (0,5 Punkte)

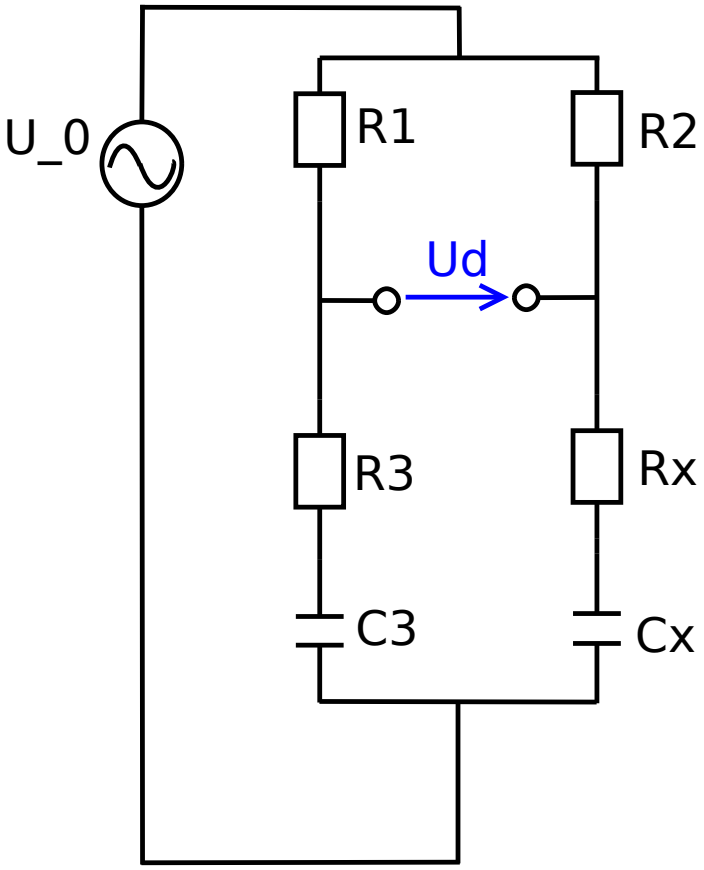
3.2 Regression vs. Interpolation (0,5 Punkte)

Erklären Sie den wesentlichen Unterschied zwischen Regression und Interpolation

4 Messbrücke (5 Punkte)

4.1 Abgleichbedingungen (1.5 Punkte)

Stellen Sie die Ableichbedingung für $U_d = 0$ der gegebenen Messbrücke auf. Das zu prüfende, reale Bauteil ist eine Spule bestehend aus L_x und R_x.



Geben Sie jeweils eine Gleichung für den Realteil und eine Gleichung für den Imaginärteil der abgeglichenen Messbrücke an ($U_d = 0$). Hinweis: Es ist nicht notwendig, konjugiert komplex zu erweitern!

4.2 (0,5 Punkte)

Geben Sie jeweils eine Gleichung für die gesuchten Bauteile R_x und C_x an für den Fall, dass die Abgleichbedingung erfüllt ist.

4.3 (1 Punkt)

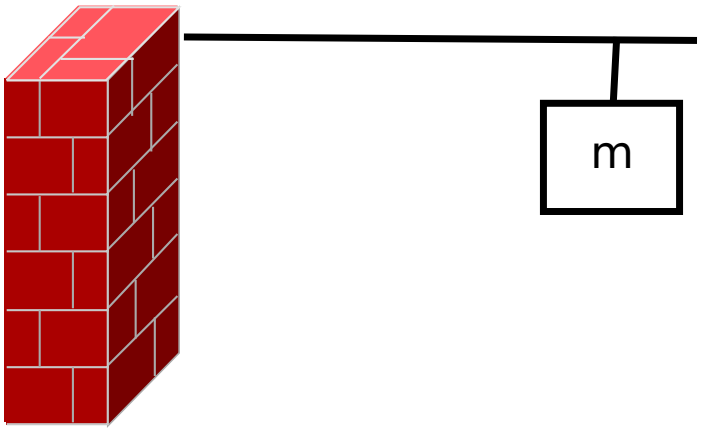
Wie lässt sich der Verlustfaktor des zu prüfenden Bauteils aus den gegebenen Bauteilen berechnen?

4.4 (1 Punkt)

Für den Abgleich der Brücke wurde im Labor ein Ozilloskop eingesetzt. Zeichnen Sie die entsprechenden Oszilloskopbilder die nach dem Betragsabgleich zu erkennen sind.

4.5 (1 Punkt)

Zeichnen Sie in die folgende Messbrücke die DMS ein. Kennzeichnen Sie hierbei deutlich welche DMS jeweils $+\Delta R$ ist bzw. $-\Delta R$. Geben Sie auch die entsprechende Messbrücke an jeweils mit $\pm\Delta R$.



5 Digitale Messkette (5 Punkte)

5.1 Kennlinie eines Analog-Digital-Umsetzers (ADU)(1 Punkt)

Gegeben ist ein Analog-Digital-Umsetzer mit einer numerischen Auflösung von $n = 12$ Bit. Der Eingangsspannungsbereich beträgt 0 bis 12 Volt. Zeichnen Sie die Quantisierungsfehler Kennlinie des Umsetzers. Tragen Sie in die Zeichnung die korrekten Achsenbeschriftungen ein. Berechnen Sie den Maximalen Quantisierungsfehler.

5.2 Nichtlinearität eines Analog-Digital-Wandlers (ADU) (1 Punkt)

Geben sie eine Definition an oder zeigen Sie an Hand einer Skizze:

1. die differentielle Nichtlinearität (DNL).
2. die integrale Nichtlinearität (INL) eines ADUs.

5.3 Aliasing (2 Punkte)

Es sollen Signale mit einer Frequenz von bis zu 1 kHz aufgenommen werden. Hierfür steht ein 12 Bit-Analog-Digital-Umsetzer (ADU) mit einem Eingangsspannungsbereich von 0 bis 12 Volt zur Verfügung.

1. Erlütern Sie das Theorem von Shannon. (0,5 Punkte)

2. Berechnen Sie die Auflösung U_{LSB} des Analog-Digital-Umsetzers. (0,5 Punkte)

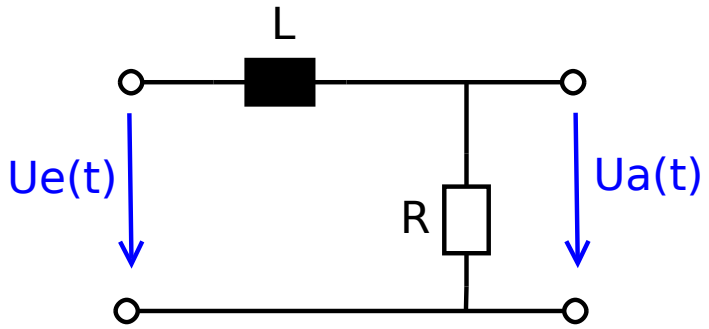
3. Es soll mit einer Frequenz von 40kHz abgetastet werden. Entwerfen Sie den Filter so, dass er eine Grenzfrequenz von $1,2kHz$ aufweißt. Bestimmen Sie die Ordnung des benätigten Aliasing-Filters. (1 Punkt)

4. Leiten sie die Formel des Signal Rausch Abstandes in Dezibel her bei einer Effektiven Rauschleistung von $U_{eff,Rausch} = \frac{U_{LSB}}{\sqrt{12}}$.

6 Eigenschaften von Messsystemen (5 Punkte)

6.1 Tiefpass erster Ordnung (3 Punkte)

In dem folgenden Bild ist ein Tiefpass-Filter erster Ordnung dargestellt.



1. Skizzieren Sie den Betrag- und Phasenfrequenzgang des Filters. Beschriften Sie die Achsen.

2. Es sind folgende Werte gegeben: $R = 96\Omega$ und $L = 10mH$. Berechnen Sie daruas die Übertragungsfunktion $G(s)$ und den Betragsfrequenzgang des Filters.

3. Bestimmen Sie die 3-dB-Grenzfrequenz des Filters. Skalieren Sie nun die Achsen und markieren Sie die Grenzfrequenz in Ihrer Zeichnung.

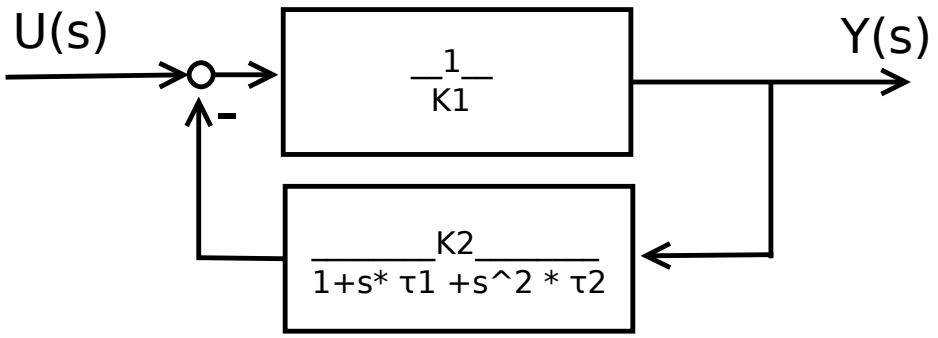
4. Sie haben die Aufgabe, den Betragsfrequenzgang des Tiefpass-Filters zu bestimmen. Geben Sie eine Messschaltung zur Aufnahme des Betragsfrequenzgangs an. Welche Grössen müssen Sie messen und welche Geräte benötigen Sie?

6.2 Kennlinie (1 Punkt)

Welche Einstellmöglichkeiten einer Kennlinie kennen Sie? Nennen Sie mindestens eine und erklären Sie von Ihrnen genannten Einstellmöglichkeiten mindestens eine davon.

6.3 Zusammengesetzte Systeme (1 Punkt)

Ein Messsystem besitzt die im Bild dargestellte Struktur. Beachten Sie das Minuszeichen am Summationspunkt. Bestimmen Sie die gesamte Übertragungsfunktion $G(s)$.



7 Leistungsmessung (5 Punkte)

7.1 Leistungsmessung an einem Kondensator (1,5 Punkte)

Eine Schaltung enthält einen realen Kondensator. Sie haben die Aufgabe, die Blindleistung an dem Kondensator zu messen. Der Kondensator besitzt also einen ohmschen und einen induktiven Anteil. An der Spule liegt eine rein sinusförmige Spannung an ($50Hz$, keine Oberwellen).

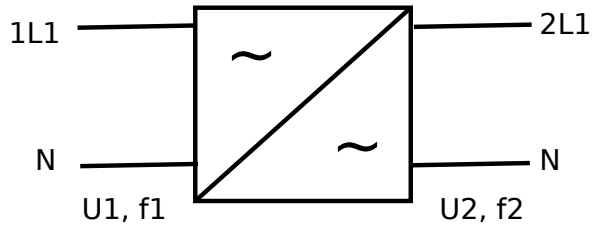
1. Skizzieren sie eine Schaltung zur Bestimmung der Blindleistung. Kennzeichnen Sie hierbei wie die Messgeräte mit dem Kondensator verschaltet werden müssen um die Blindleistung zu messen. Markieren Sie deutlich die Verbindungspunkte.

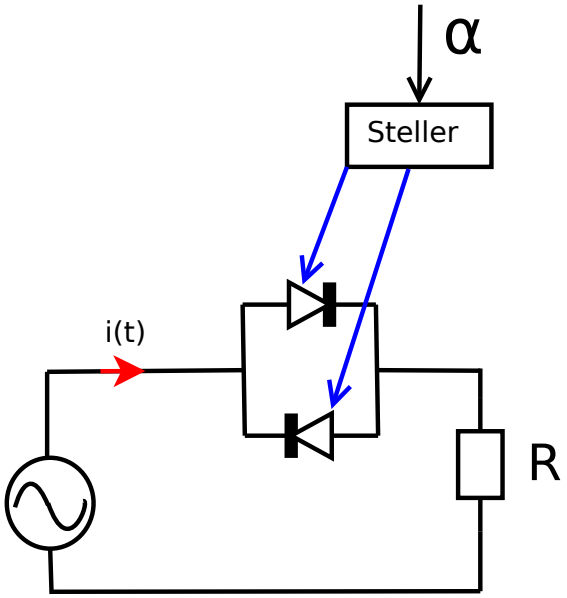
2. Wie lautet die Berechnungsformel der Blindleistung für diese Anwendung?

3. Erläutern sie kurz wozu die verwendeten Messgeräte notwendig sind.

7.2 Leistungen am Wechselstromsteller (1 Punkt)

Die Leistungsverläufe an einem Wechselstromsteller werden untersucht. Dabei wird an einer ohmschen Last R der Anschnittswinkel α der Thyristoren verändert (siehe Abbildung).





Mit Hilfe von Messgeräten wurden folgende Messwerte aufgenommen:

Instrument	Messbereich	Klasse	Anzeige
Strommesser ('echter' Effektivwert)	10A	0,5	4A
Spannungsmesser('echter' Effektivwert)	500V	0,5	230V
Wirkleistungsmesser	1500W	1,0	874 W
Grundschwingungsblindleistungsmesser (Q1)	750 Var	1,0	210 Var

Berechnen Sie:

1. die Scheinleistung S.
2. Geben Sie den Fehler an, der nach der Fehlerfortpflanzung entsteht.

7.3 Lastwiderstand und Strom am Wechselstromsteller (2 Punkt)

Leiten Sie die Formel für die Effektivspannung I_{eff} für den Wechselstromsteller her (Abhängigkeit α)!

falscher Hinweis aus der Klausur: $\cos^2(x) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2x))$

richtiger Hinweis: $\sin^2(x) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2x))$