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 2010

24. März 2012

Basierend auf den Aufgabenstellungen von:
https://docs.freitagsrunde.org/Klausuren/Grundlagen_der_Messtechnik/gdm_2010.txt
★ Dokument erstellt von: mailto:snooozer@gmx.de ★

Aufgaben

Es wurde die Induktivität von 10 Spulen gleicher Bauart gemessen:

Index k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_k $[\mu H]$	122	125	123	121	119	119	117	124	120	116

1.1 Parameterschätzung (1 Punkt)

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

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 $\sigma = 2\ \mu H$. Berechnen Sie das Vertrauensintervall des in Aufgabe 1.1 geschätzten Mittelwerts.
   Die statistische Sicherheit soll 95 % betragen. (0,5 Punkte)

2. Wie viele Messwerte müssten aufgenommen werden, damit der Vertrauensbereich höchstens $\pm 1\mu H$ beträgt? Die statistische Sicherheit soll weiterhin 95 % betragen. (0,5 Punkte)

1.3 Verteilungsfunktion (2 Punkte)

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

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{6}, & \text{wenn } -2 \leq x < -1 \\ \frac{1}{2}, & \text{wenn } -1 \leq x < 0 \\ \frac{1}{3}, & \text{wenn } 1 \leq x < 2 \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

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 95% aller gemessenen Werte liegen.
2. Der wahre Mittelwert liegt immer im Vertrauensintervall des Mittelwertes.
3. Ein Histogramm ist die grafische Darstellung einer empirisch ermittelten Verteilungsdichtefunktion.
4. Die Verteilungsdichtefunktion hat an der Stelle des Erwartungswertes immer ein Maximum.
5. Zufällige Messfehler können durch mehrfache Messung und anschliessende Messung und anschliessende Mittelwertbildung minimiert werden.

3 Regression und Interpolation (5 Punkte)

Bei der Messung der Kennlinie eines Systems wurden die folgende Messwerte aufgenommen:

Index k	1	2	3	4	5
U_{Ein}	0	5	10	15	20
U_{Aus}	0,1	0,4	0,6	0,8	0,9

3.1 Parameterschätzung (3 Punkte)

Es soll der Parameter a der Kennlinie $U_{Aus} = 1 - e^{a \cdot U_{Ein}}$ mithilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechnet werden.

1. Geben Sie eine Transformation für U_{Aus} an, mit deren Hilfe sich die Methode der kleinsten Fehlerquadrate anwenden lässt (0,5 Punkte)

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

3. Berechnen Sie a mit Hilfe der für U_{Ein} und U_{Aus} gegebenen Werte (0,5 Punkte)

3.2 Regression vs. Interpolation (0,5 Punkte)

Erklären Sie den wesentlichen Unterschied zwischen Regression und Interpolation

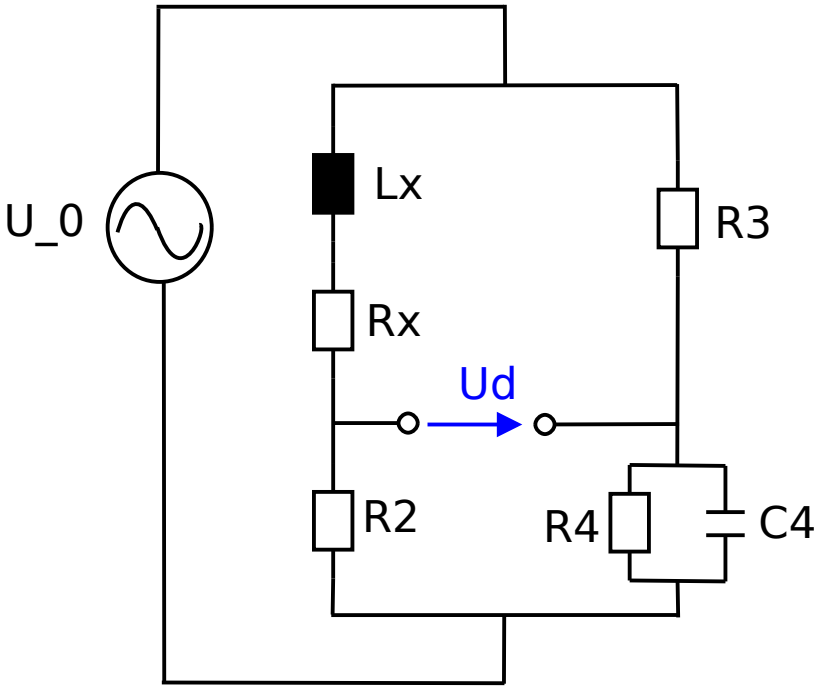
3.3 kubische Splines (1,5 Punkte)

Erklären Sie den Vorteil der Interpolation mit kubischen Splines gegenüber der linearen Interpolation. Nennen Sie vier Bedingungen, die an einen kubischen Spline gestellt werden. Geben Sie zu jeder Anforderung eine Formel an, die diese beschreibt.

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. **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 L_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 1.) nach dem Phasenabgleich und 2.) nach dem Betragsabgleich zu erkennen sind.

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 $n = 2$ Bit. Der Eingangsspannungsbereich beträgt 0 bis 12 Volt. Zeichnen Sie die Kennlinie des Umsetzers. Tragen Sie in die Zeichnung die korrekten Achsenbeschriftungen ein. Skalieren Sie die Achsen und bestimmen Sie exakt die Stellen, an denen die Kennlinie sich sprungförmig ändert.

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 10 kHz aufgenommen werden. Hierfür steht ein 8 Bit-Analog-Digital-Umsetzer (ADU) mit einem Eingangsspannungsbereich von -10 bis 10 Volt zur Verfügung.

1. Wie gross ist die mindestens benötigte Abtastrate? (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. Bestimmen Sie die Ordnung des benötigten Aliasing-Filters. (1 Punkt)

5.4 Fragen (1 Punkt)

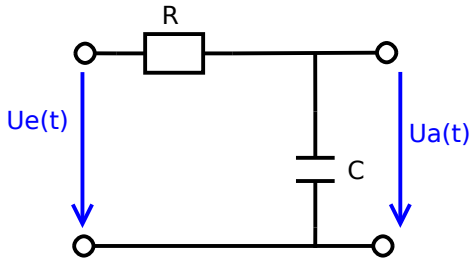
Kennzeichnen Sie die richtigen Aussagen (Für jede falsche Antwort werden 0,5 Punkten abgezogen. Die minimale Punktzahl für die gesamte Aufgabe beträgt 0)

1. Das Quantisierungsrauschen ist umso stärker je geringer die Auflösung des ADUs ist.
2. Das Aliasing Filter kann auch als digitaler Filter in dem an den ADU angeschlossenen Mikroprozessor realisiert werden.
3. Nur ADUs, die mit sukzessiver Approximation arbeiten, müssen mit einem Sample- and-Hold-Glied betrieben werden.
4. Bei einem ADU mit parallelem Umsetzverfahren wird allen Komparatoren die gleiche Eingangsspannung zugeführt.
5. Ein Dual-Slope-Integrierer ist immer gegen Störspannungen mit einer Frequenz von 50Hz unempfindlich.

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: $R = 1k\Omega$ und $C = 100nF$. 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 2 und erklären Sie 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 $G(s)$.

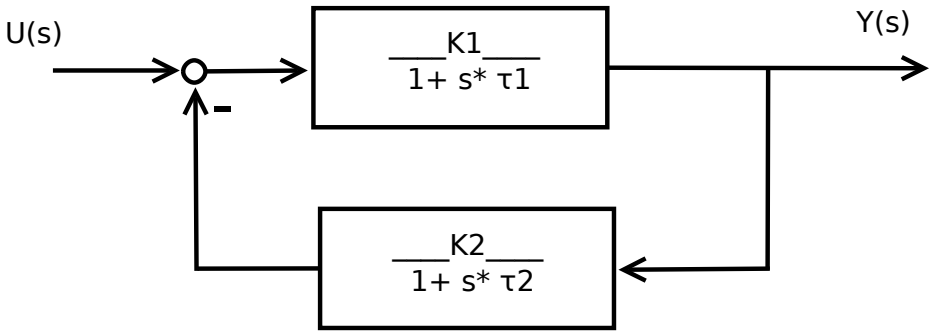


Abbildung 2: Rückgekoppeltes Messsystem

7 Leistungsmessung (5 Punkte)

7.1 Leistungsdefinitionen (1,5 Punkte)

Geben sie die allgemeinen Formeln zur Berechnung der:

1. Augenblicksleistung= $f(u(t), i(t))$
2. Wirkleistung = $f(u(t), i(t))$
3. Grundschwingungsblindleistung= $f(S, P, D)$

an. Beachten sie die geforderten Abhängigkeiten. Hinweis: Beide Grössen sind periodisch und nicht sinusörmig!

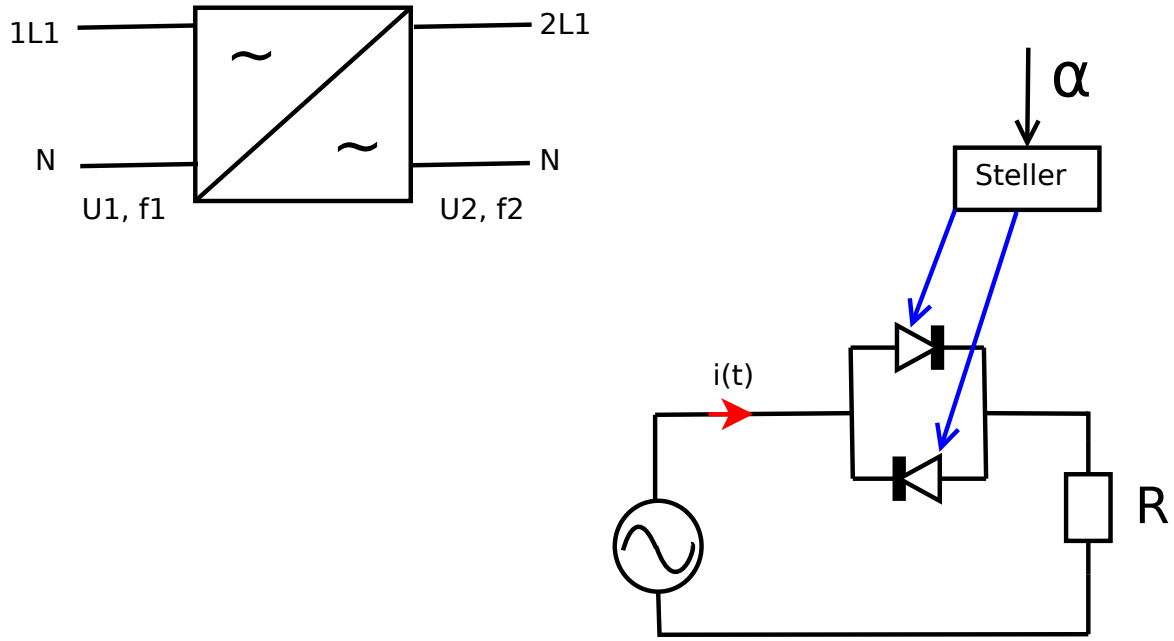
7.2 Leistungsmessung an einer Spule (1,5 Punkte)

Eine Schaltung enthält einen reale Spule. Sie haben die Aufgabe, die Blindleistung an der Spule zu messen. Die Spule besitzt also einen ohmschen und einen induktiven Anteil. An der Spule liegt eine rein sinusförmige Spannung an ($50Hz$, keine Oberwellen).
Hinweis: Die Blindleistung ist damit zur Grundschwingungsblindleistung identisch.

1. Skizzieren sie eine Schaltung zur Bestimmung der Blindleistung.
2. Wie lautet die Berechnungsformel der Blindleistung für diese Anwendung?
3. Erläutern sie kurz wozu die verwendeten Messgeräte notwendig sind.

7.3 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. Leistungsfaktor λ
2. die Verzerrungsleistung D.

7.4 Lastwiderstand und Strom am Wechselstromsteller (1 Punkt)

Berechnen Sie anhand der in der Tabelle der vorherigen Aufgabe gegebenen Werte den ohmschen Lastwiderstand R und den Effektivwert der Stroms für einen Anschnittswinkel von $0° \rightarrow I(\alpha = 0°)$.