

Name:
 Vorname:
 Matrikelnr.:
 Unterschrift:



Ostfalia
 Hochschule für angewandte
 Wissenschaften
 Fakultät für Fahrzeugtechnik
 Konz

Übungsklausur
Elektronische Fahrzeugsysteme
 Bachelor SS 2022

Zugelassene Hilfsmittel:

- Handschriftlich eigens angefertigte Formelsammlung 2 Blatt (also 4 Seiten) DIN A4.
 INHALT: Nur Formeln aus dem Skript. Keine Skizzen, Musterlösungen, Erklärungen etc.
- Die Formelsammlung ist namentlich zu kennzeichnen und mit abzugeben, sie verbleibt dauerhaft bei der Klausur.
- Taschenrechner (nicht programmierbar), ohne Grafikanzeige.

Zeit: 60 min im Rahmen einer Modulklausur von 90 min.

Wichtig:

- Schreiben Sie nur auf den Klausurblättern/Rückseiten. Extrazettel werden nicht bewertet.
- Ergebnisse sind doppelt zu unterstreichen. Vergessen Sie nicht die Einheiten! Angabe der Ergebnisse mit max. drei Vorkomma-/Nachkommastellen.
- Rechnungen sind mit anzugeben. Die alleinige Angabe eines Ergebnisses wird mit 0 Punkten bewertet.

Einige Zahlenwerte:

$$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$$

$$L_{\text{ST, Otto}} = 14,7$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$$

$$L_{\text{ST, Diesel}} = 14,5$$

$$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

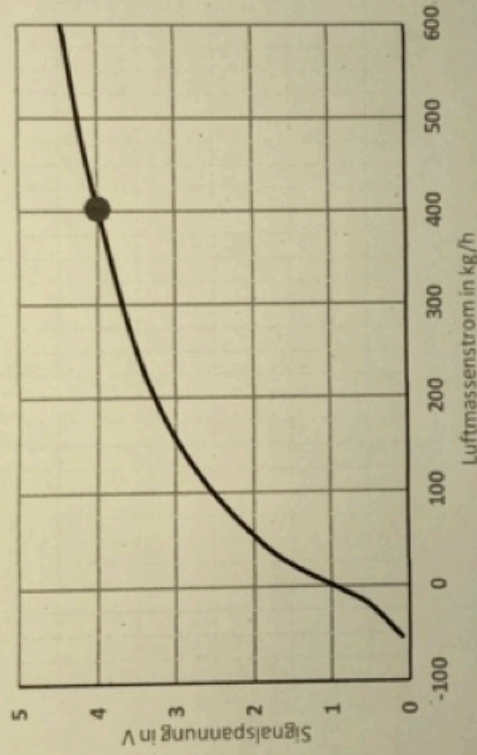
$$\rho_{0, \text{Luft}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

AUFGABE	1	2	3	4	SUMME
max. Punktzahl	14	12	7	5	
erreichte Punkte					

Note:

Aufgabe 1

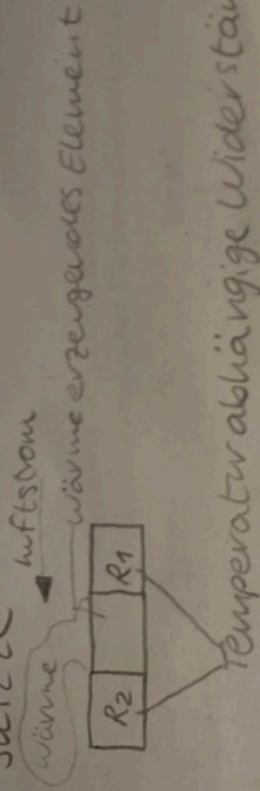
Der Luftmassenstrom für ein Steuergerät wird mit einem Heißfilm-Luftmassensensor ermittelt (siehe Kennlinie). Die dazu verwendete Gleichspannungs-Messbrücke wird mit 5V versorgt. Die von der Messbrücke gelieferte Spannung wird 25-fach verstärkt als PWM-Signal an das Steuergerät übertragen.



- Skizzieren Sie den schematischen Aufbau eines Heißfilm-Luftmassensensors. (3 Punkte)
- Zeichnen Sie die Schaltung der zugehörigen Gleichspannungs-Messbrücke. (3 Punkte)
- Berechnen Sie das Widerstands-Verhältnis vom erhitzen zum gekühlten Widerstand bei einem Luftmassenstrom von 400 kg/h. (5 Punkte)
- Zeichnen Sie das an das Steuergerät gesendete PWM-Signal bei einem Luftmassenstrom von 400 kg/h ($U_B = 5\text{ V}$; $f = 1\text{ kHz}$) und berechnen Sie das Tastverhältnis. (3 Punkte)

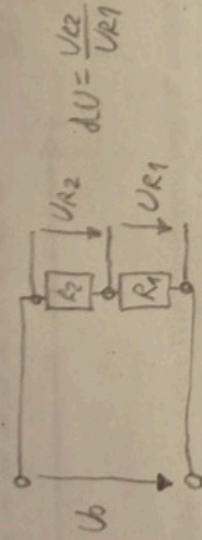
Aufgabe 1

a) HFM Skizze

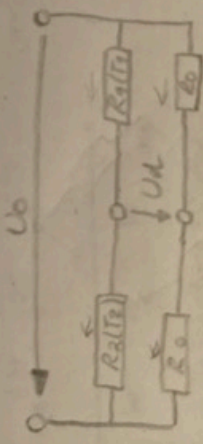


b) Gleichspannungsmessbrücke

als Spannungsteiler



als Messbrücke



$$U_d = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}$$

c) Berechnen Sie das Widerstandsverhältnis vom erhitzten zum gekühlten Widerstand bei einem WFT-Massenstrom von 400 kg/h

aus Grafik: $U_d (400 \text{ kg/h}) = 4 \text{ V}$ $4 \text{ V} = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1} = \frac{5 \text{ V}}{2} \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}$

$$U_d (R_2 + R_1) = \frac{5}{2} U_0 (R_2 - R_1)$$

$$U_d R_2 + U_d R_1 = \frac{5}{2} U_0 R_2 - \frac{5}{2} U_0 R_1$$

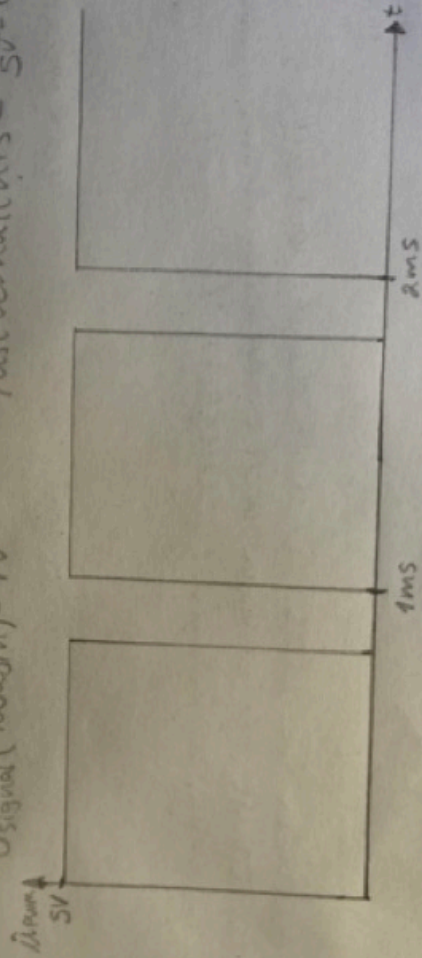
$$U_d R_1 + U_0 R_1 = \frac{5}{2} U_0 R_2 - U_d R_2$$

$$R_1 (U_d + \frac{U_0}{2}) = R_2 (\frac{5}{2} U_0 - U_d)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{5}{2} U_0 - U_d}{U_d + \frac{U_0}{2}} = \frac{2.5 \text{ V} - \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ V}}{4 \text{ V} + \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ V}} = \frac{2.5 \text{ V}}{6.5 \text{ V}} = \underline{\underline{0.385}}$$

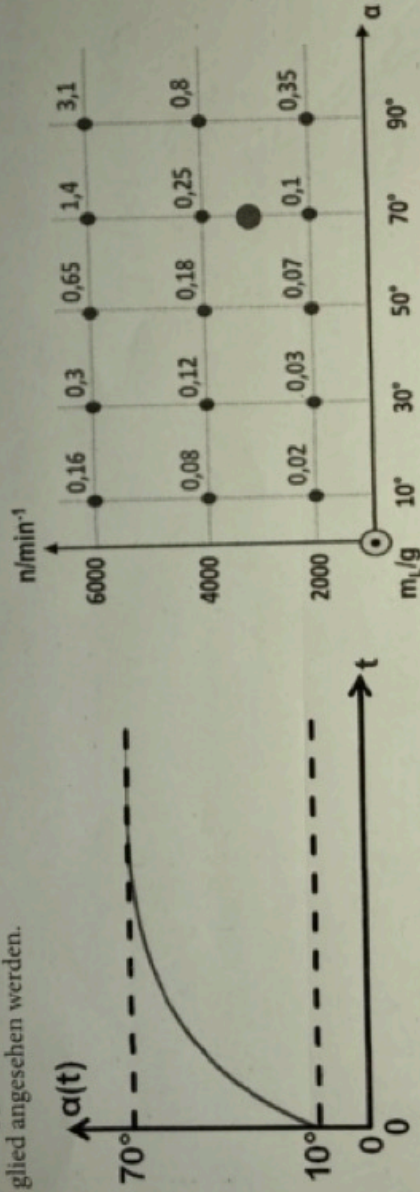
1) Zeichnen Sie das an das Steuergerät gesendete PWM-Signal bei einem Luftstrom von 400 kg/h ($U_B = 5V$, $f = 1 \text{ kHz}$) berechnen Sie das Tastverhältnis

$$U_{\text{signal}}(400 \text{ kg/h}) = 4V \quad \text{Tastverhältnis} = \frac{4V}{5V} = 0.8$$



Aufgabe 2

Zu untersuchen ist der Regelkreis vom EGAS eines Fahrzeugs mit Otto-Motor. Dieser besteht aus einer Drosselklappe, einem P-Regler und einem Vergleichler. Die Drosselklappe kann als rein integrierendes Regelkreisglied angesehen werden.



- Der P-Regler kann eine Winkeldifferenz von 40° zwischen Soll- und Istwert in die Spannung 8V umsetzen. Durch welche Konstante wird er beschrieben? Berechnen Sie den Wert. (2 Punkte)
- Zum Zeitpunkt $t=0$ erfolge ein Sprung der Führungsgröße. Es ergibt sich das oben gezeigte zeitliche Verhalten des Drosselklappenwinkels. Der Wert von 55° ist nach 60ms erreicht. Wann sind 63% des Differenzwinkels vom Anfangswert (bei $t=0$) zum Sollwert erreicht? (4 Punkte)
- Nach einer Zeit ($> 10 \tau$) läuft der Motor mit der konstanten Drehzahl 3000 min^{-1} . Die Motorelektronik nutzt das rechts gezeigte Kennfeld (gemessen bei 1000 hPa) und einen Drucksensor (dieser misst 950 hPa) zur Auswertung. Welche Kraftstoffmasse muss hinzugefügt werden, um ein Luft-Kraftstoffverhältnis von 1,05 einzustellen? (3 Punkte)
- Wir bauen die Drosselklappe aus dem Fahrzeug aus und schließen Sie versuchsweise an eine Autobatterie an, welche die Spannung 12 V liefert. Mit welcher Winkelgeschwindigkeit und Drehzahl dreht sich die Achse der Drosselklappe? (3 Punkte)

a) P-Regler Bereich: $40^\circ = 8V$

P-Regler wird von K_P (Verstärkung) beschrieben:

$$8V = K_P \cdot 40^\circ \Rightarrow K_P \cdot 40^\circ \cdot \frac{250}{1000} = K_P \cdot 0.698 \Rightarrow K_P = \frac{8V}{0.698} = 11.46 V/K^\circ$$

b) Sprung bei $t=0$ $\alpha(60ms) = 55^\circ$ wann sind 63% des Differenzwinkels erreicht

$$\alpha_D(t) = \alpha_{\text{stat}} (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$L_D = 60^\circ$$

$$\alpha_D(t) = 60^\circ (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$\alpha_D(t) = 60^\circ - 60^\circ e^{-\frac{t}{T}}$$

$$60^\circ e^{-\frac{t}{T}} = 60^\circ - \alpha_D(t)$$

$$e^{-\frac{t}{T}} = 1 - \frac{\alpha_D(t)}{60^\circ}$$

$$-\frac{t}{T} = \ln(1 - \frac{\alpha_D(t)}{60^\circ})$$

$$\frac{t}{T} = \frac{\ln(1 - \frac{\alpha_D(t)}{60^\circ})}{-1}$$

$$\frac{T}{T} = \frac{\ln(1 - \frac{60^\circ - 55^\circ}{60^\circ})}{-1} = \frac{\ln(1 - \frac{5^\circ}{60^\circ})}{-1} = 13.28 ms$$

c) Nach 710J ist $n_{\text{motor}} = 3000 rpm$

→ Welches m für $\lambda = 1.05$

$$v_{\text{rot}} = R$$

$$m_L(\text{Kernfeld}) = 0.25 g$$

$$m_L(\text{Kernfeld}) = 0.25 g \quad m_L(\text{Kernfeld}) = 0.25 g \cdot \frac{9500000}{1000000} = 0.2375 g$$

$$m_L = \frac{m_L}{\lambda} \cdot \frac{1}{\lambda} = \frac{0.2375 g}{1.05} \cdot \frac{1}{1.05} = 15.39 mg$$

d) Was ist $\dot{\alpha}$ wenn $U = 12V$

$$\dot{\alpha}_D(t) = \frac{d}{dt} (\alpha_{\text{stat}} - \alpha_{\text{stat}} \cdot e^{-\frac{t}{T}}) = -\alpha_{\text{stat}} \cdot \frac{1}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow \dot{\alpha}_D(t=0) = 1387.93 \frac{^\circ}{s}$$

$$1387.93 \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{60}{1000} = 239.92 \frac{^\circ}{min}$$

Motorleistung mit Kernfeld (Kernfeld), Durchmesser = 75cm

$$\lambda = \frac{m_L}{m_K} \cdot \frac{1}{\lambda} \quad \text{Kernfeld Luftmasse} = m = m_0 \cdot \frac{1}{\lambda}$$

Aufgabe 3

Ein Fahrzeug mit Ottomotor ist mit einer Klopfregelung ausgestattet, die mit folgenden Parametern arbeitet:

- maximaler Zündwinkel (aus Kennfeld): 43°
- Inkrement: $1^\circ \rightarrow$ wenn kein Klopfen!
- Rückstellkonstante: $1^\circ/V_s$
- Klopfgrenzwert: $12 V_s$

- a) Ergänzen Sie die folgende Tabelle um den jeweils eingestellten Zündwinkel und tragen Sie ein, ob im jeweiligen Zyklus Klopfen vorliegt. (4 Punkte)
- b) Durch welche technische Maßnahme könnte die Anzahl der Klopfereignisse verringert werden? (1 Punkt)

Zyklus Nr.	eingestellter Zündwinkel	Klopfsignal in V_s	Klopfen?
1	42°	11	Nein
2	43°	14	Ja
3	41°	13	Ja
4	40°	12	Nein
5	41°	16	Ja
6	37°	8	Nein
7	38°	6	Nein
8	39°	6	Nein
9	40°	10	Nein
10	41°	8	Nein
11	42°	7	Nein
12	43°	-	-

max. Winkel 43°
 $da = 1^\circ$
 $Rück = 1^\circ/V_s$
 $Klopfgrenze = 12 V_s$

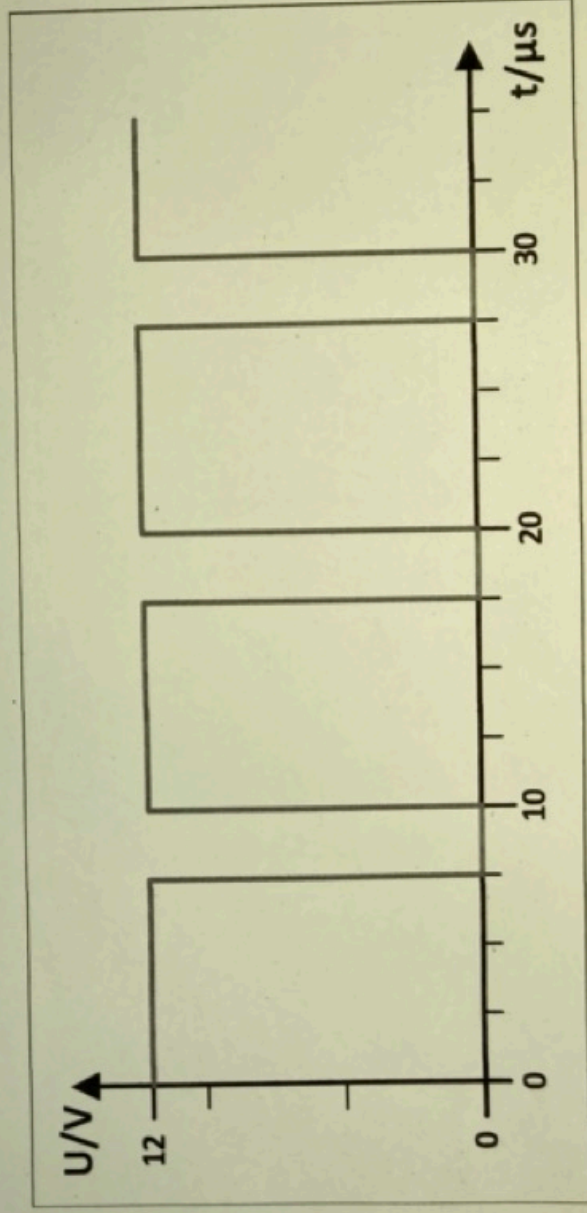
- b) Adaptive Klopfregelung
 - (Kennfeld an Kraftstoff anpassen)
 - oder: Höherwertiger Kraftstoff
 - Eig. ALLES!

Aufgabe 4

Zu untersuchen ist das dargestellte Signal (5 Punkte)

- Wie groß ist die Signalfrequenz? $-\frac{1}{10\mu s} = 100\text{kHz}$
- Wie groß ist das Tastverhältnis? $-\frac{2}{4} = 75\%$
- Wie groß ist der übertragende Wert? $-0.75 \cdot 12\text{V} = 9\text{V}$
- Kreuzen Sie an, wenn die Aussage richtig ist:

- ☐ Mittels PWM können digitale Werte einfach in analoge Werte überführt werden (Digital/Analog-Wandler)
- ☒ Mittels PWM können analoge Werte einfach in digitale Werte überführt werden (Analog/Digital-Wandler)
- ☐ Um aus dem PWM Signal den übertragenden Wert zu bekommen, muss ein Gleichrichter verwendet werden (Brückengleichrichter oder Einweggleichrichter).
- ☐ Um aus dem PWM Signal den übertragenden Wert zu bekommen, muss ein Hochpassfilter verwendet werden.

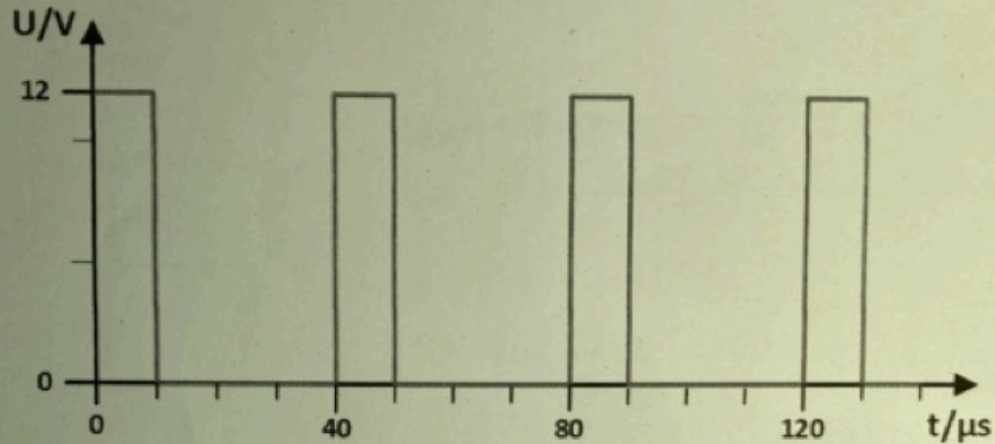




1. Aufgabe: PWM

Ein Wert wird über das gezeigte PWM-Signal übertragen.

- a) Wie groß ist die Signalfrequenz?
- b) Wie groß ist das Tastverhältnis?
- c) Wie groß ist der übertragene Wert?



a) $\frac{1}{40 \mu s} = \underline{25 kHz}$

b) $\frac{1}{4} = \underline{25\%}$

c) $\frac{1}{4} \cdot 12V = \underline{3V}$

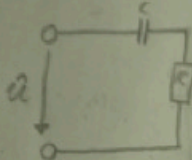


2. Aufgabe: Zündung Airbag

Eine Airbag-Zündpille mit einem Ohmschen Widerstand von $4\ \Omega$ werde per Wechselspannung gezündet (Amplitude: 14 V). Die zur Zündung notwendige Wärmeenergie betrage $0,01\text{ mJ}$. Die Zündung soll 4 ms nach Einschalten der Wechselspannung erfolgen. Die in den Zündkreis eingefügte Kapazität betrage 1 nF .

Berechnen Sie die notwendige Frequenz der Wechselspannung zur Zündung des Airbags.

$$\begin{aligned} R_{\text{Airbag}} &= 4\ \Omega \\ \hat{u} &= 14\text{ V}, f = ? \\ E &= 0,01\text{ mJ} \\ t_{\text{zünd}} &= 4\text{ ms} \\ C &= 1\text{ nF} \end{aligned}$$



$$U_{\text{eff}} = 9,899\text{ V} = \frac{14\text{ V}}{\sqrt{2}}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{0,01 \cdot 10^{-3}\text{ J}}{4 \cdot 10^{-3}\text{ s}} = 2,5\text{ mW}$$

$$E = P \cdot t = U_R \cdot I \cdot t$$

$$P = R \cdot I^2 = R \cdot \frac{U^2}{R^2 + Z_C^2} = R \cdot \frac{U^2}{R^2 + Z_C^2}$$

$$P^2 = \frac{R^2 U^2}{R^2 + Z_C^2}$$

$$P^2 (R^2 + Z_C^2) = R^2 U^2$$

$$P^2 \cdot Z_C^2 = R^2 U^2 - P^2 \cdot R^2$$

$$Z_C^2 = \frac{1}{P^2} (R^2 U^2 - P^2 \cdot R^2)$$

$$Z_C^2 = \frac{R^2 U^2}{P^2} - R^2$$

$$Z_C^2 = \frac{1}{(2\pi f C)^2} = \frac{R^2 U^2}{P^2} - R^2$$

$$(2\pi f C)^2 = \left(\frac{R^2 U^2}{P^2} - R^2 \right)^{-1}$$

$$f^2 = \sqrt{\frac{1}{(2\pi C)^2} \cdot \left(\frac{R^2 U^2}{P^2} - R^2 \right)^{-1}}$$

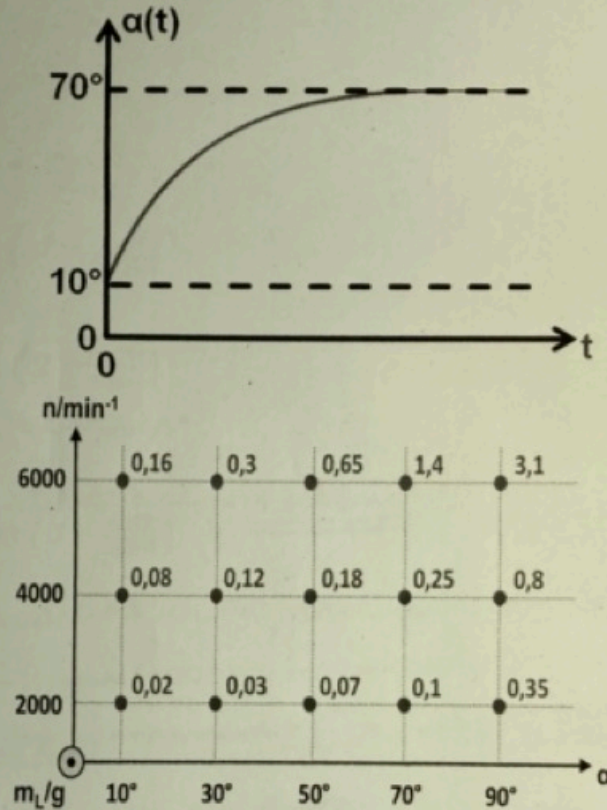
$$f = \sqrt{\frac{1}{(2\pi \cdot 1 \cdot 10^{-9}\text{ F})^2} \cdot \left(\frac{4^2 \cdot 9,899\text{ V}^2}{(2,5\text{ mW})^2} - 4^2 \right)^{-1}}$$

$$f = 10\text{ kHz}$$



3. Aufgabe: E-Gas

Zu untersuchen ist der Regelkreis vom EGAS eines Fahrzeugs mit Otto-Motor. Dieser besteht aus einer Drosselklappe, einem P-Regler und einem Vergleich. Die Drosselklappe kann als rein integrierendes Regelkreisglied angesehen werden.



- Der P-Regler kann eine Winkeldifferenz von 40° zwischen Soll- und Istwert in die Spannung 8V umsetzen. Durch welche Konstante wird er beschrieben? Berechnen Sie den Wert.
- Zum Zeitpunkt $t=0$ erfolge ein Sprung der Führungsgröße. Es ergibt sich das oben gezeigte zeitliche Verhalten des Drosselklappenwinkels. Der Wert von 55° ist nach 60ms erreicht. Wann sind 63% des Differenzwinkels vom Anfangswert (bei $t=0$) zum Sollwert erreicht?
- Nach einer Zeit (10τ) läuft der Motor mit der konstanten Drehzahl 3000 min^{-1} . Die Motorelektronik nutzt das gezeigte Kennfeld (gemessen bei 1000 hPa) und einen Drucksensor (dieser misst 950 hPa) zur Auswertung.
- Welcher Wert wird für die Luftfüllung vom Steuergerät ermittelt?

Welche Kraftstoffmasse muss hinzugefügt werden, um eine stöchiometrische Verbrennung einzustellen?

a) $\alpha_D = 40^\circ$, $\text{SPG} = 8V$

Konstante = $K_P \Rightarrow$ Verstärkungsfaktor

$$U = K_P \cdot \alpha_D \Rightarrow K_P = \frac{U}{\alpha_D} = \frac{8V}{40^\circ} = 0.2 \frac{V}{^\circ} \text{ oder } \frac{8V}{0.69 \text{ rad}} = 11.46 \frac{V}{\text{rad}}$$

b) Zum Zeitpunkt $t=0$: $\alpha_{\text{ist}} = 10^\circ$, $\alpha_{\text{soll}} = 70^\circ$

$\alpha(60\text{ms}) = 55^\circ$

wann sind $0.63 \cdot 50^\circ$ erreicht?

$$\alpha(t) = \alpha_{\text{soll}} (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$\frac{\alpha(t)}{\alpha_{\text{soll}}} = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$$

$$e^{-\frac{t}{T}} = 1 - \frac{\alpha(t)}{\alpha_{\text{soll}}}$$

$$-\frac{t}{T} = \ln\left(1 - \frac{\alpha(t)}{\alpha_{\text{soll}}}\right)$$

$$T = \frac{-t}{\ln\left(1 - \frac{\alpha(t)}{\alpha_{\text{soll}}}\right)}$$

$\alpha(t=60\text{ms}) = 55^\circ \Rightarrow 45^\circ$

$$\underline{\underline{T = \frac{-60\text{ms}}{\ln\left(1 - \frac{45^\circ}{60^\circ}\right)} = 43.28\text{ms}}}$$

c) bei $n = 3000 \frac{V}{\text{min}}$, $p_{\text{min}} = 950\text{hPa}$ druckverf. feld = 1000hPa

$$m_{n, 1000\text{hPa}}(3000 \frac{V}{\text{min}}, 70^\circ) = 0.25\text{g}$$

$$\underline{\underline{m_{n, 950\text{hPa}} = m_{n, 1000\text{hPa}} \cdot \frac{p}{p_0} = 0.25\text{g} \cdot \frac{950\text{hPa}}{1000\text{hPa}} = 0.2375\text{g}}}$$

d) Welche Kraftstoffmasse für $\lambda = 1$?

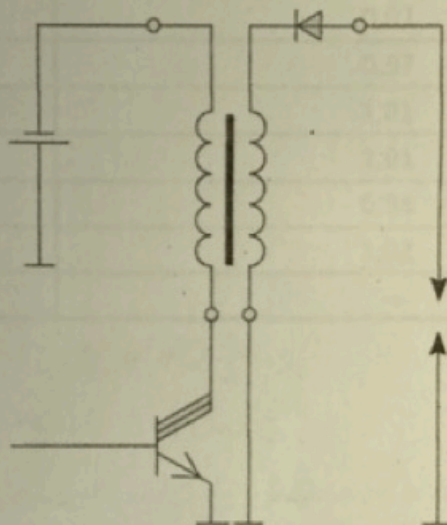
$$\lambda = \frac{1}{h_{\text{st}}} \cdot \frac{m_h}{m_k}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{m_k = \frac{1}{h_{\text{st}}} \cdot \frac{m_h}{\lambda} = \frac{1}{14.7} \cdot \frac{0.2375\text{g}}{1} = 16.16\text{mg}}}$$

4. Aufgabe: Zündanlage

Untersucht wird eine Hochspannungs-Zündanlage:

- Elektrischer Widerstand der Primärspule: $7\ \Omega$
- Wicklungszahl der Primärspule: 50
- Querschnittsfläche der Primärspule: 1 cm^2
- Magnetische Permeabilitätszahl der Primärspule: $\mu_r = 1000$
- Wicklungszahl der Sekundärspule: 3000
- Batteriespannung: 14 V.



- Wie groß ist der maximale elektrische Strom im Primärkreis?
- Berechnen Sie die benötigte Induktivität der Spule, damit nach einer Zeitspanne von 1 ms nach Schließen des Primärkreises ein Strom von 1,5 A fließt.
- Beschreiben Sie das Zustandekommen des Zündfunken stichpunktartig.

$$a) I_{\infty,1} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{14V}{7\Omega} = 2A$$

$$b) L_1 \text{ sodass nach } 1ms \quad 1,5A = I_1$$

$$i(t) = I_{\infty} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{i_1(t)}{I_{\infty}}$$

$$-\frac{t}{\tau} = \ln\left(\frac{i_1(t)}{I_{\infty}}\right)$$

$$\tau = \frac{-t}{\ln\left(\frac{i_1(t)}{I_{\infty}}\right)} = 3,48ms$$

$$\tau = \frac{L}{R} \Rightarrow L = \tau \cdot R = 3,48ms \cdot 7\Omega = 24,3mH$$

- c) Der Transistor, welcher vom Motorsg. angesteuert wird, öffnet den Primärspulen-Stromkreis, in dem die aufgeladene Primärspule sich befindet. Dies führt zu einem schlagartigen Zusammenbruch der Primärspule. Dieser Zusammenbruch induziert durch den Trafo mit Eisenkern eine sehr hohe Spg. im Sekundärspulenkreis, welches über der Bündelkerze, durch Ionisierung der Luft zwischen den Kontakten, einen Funken erzeugt. Die Luftmoleküle strahlen bei der Ent-Ionisierung Wärme & Licht ab, welches den Kraftstoff zündet (Ablauftransferenergie)



5. Aufgabe: 2-Punkt- λ -Regelung

Der Kraftstofffluss eines Magnetventils werde durch die Proportionalitätskonstante 10 g/s beschrieben. Die Kraftstoffmasse wird fortlaufend durch eine 2-Punkt-Lambda-Regelung korrigiert. Das für Regelung definierte Zeitinkrement hat den Wert $20 \mu\text{s}$.

Ergänzen Sie die nachfolgende Tabelle um die einzuspritzende Kraftstoffmenge:

Zyklus	m_k/mg	nach Einspritzung gemessenes λ
1	2	0,9
2	1,8	0,92
3	1,6	0,97
4	1,4	1,01
5	1,6	1,01
6	1,8	0,98
7	1,6	1,02
8	1,8	-

$$\text{Kraftstofffluss} = 10 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

$$\text{Zeitinkrement} = 20 \mu\text{s}$$

$$m_{k, \text{ Inkrement}} = 10 \frac{\text{g}}{\text{s}} \cdot 20 \mu\text{s} = 200 \mu\text{g} = 0,2 \text{ mg}$$

$$\lambda = \frac{1}{\lambda_{\text{st}}} \cdot \frac{m_{\text{m}}}{m_k} \Rightarrow \lambda > 1, \text{ mehr } m_k$$

$\lambda < 1, \text{ weniger } m_k$