

Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsteil ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner

Note : _____

KURZFRAGEN :

1. Nennen Sie 2 Beispiele für einen systematischen Messfehler, der durch Rückwirkung des Sensors auf die zu messende Größe entsteht! (2P)

(Kalter) Temperatursensor kühlt beim Eintauchen in heiße Flüssigkeit diese etwas ab,
Messung Oberflächentemperatur mit Berührungsthermometer

2. Wie ist der absolute Messfehler definiert? (2P)

Messwert - wahrer Wert (IST-SOLL)

3. Mit welcher maximalen Abweichung müssen Sie bei einem Druckmanometer mit 20 bar Messbereich und der Fehlerklasse 1.0 rechnen? (1P)

$\pm 0,2 \text{ bar}$

4. Wie unterscheiden sich Mittelwert und Standardabweichung hinsichtlich der Dimension bzw. der Einheit? (1P)

überhaupt nicht

5. Ergänzen Sie, wie aus dem abgebildeten Temperaturverlauf die Zeitkonstante ermittelt werden kann! (2P)



6. Wie groß ist bei einem sinusförmigen Signalverlauf die Phasenverschiebung, wenn die Kreisfrequenz gerade dem Kehrwert der Zeitkonstanten entspricht? (3P)

$\varphi = -45^\circ$

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen

7. Der Betrag des Frequenzganges sei 10. Wie groß ist dann das Amplitudenverhältnis in [dB]? (2P)

+20dB

8. Worin besteht der Fehler bei der abgebildeten Abschirmung? (3P)

darf nur einmal auf Masse liegen
→ eine Verbindung auftrennen z.B.

9. Was passiert, wenn mit einem Amperemeter eine Spannung gemessen wird? (2P)

Kurzschluss für Spannungsausgang, i.o. zu viel Strom für Strommessgerät (Sicherung, Defekt)

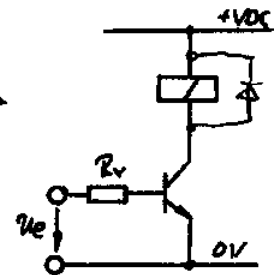
10. Was passiert, wenn mit einem Voltmeter ein Strom gemessen wird? (2P)

Voltmeter ist hochohmig, es fließt praktisch kein Strom, wirkt wie
Kabelbruch, Voltmeter zeigt die Spg. an die Stromquelle max. aufbringt, kein Defekt

11. Ergänzen Sie die Freilauf-/Schutzdiode! (2P)

12. Welche Folge stellt sich ein, wenn die Schutzdiode nicht eingesetzt wird? (3P)

Transistor wird beim ersten Ausdichtvorgang
durch Selbstinduktionsspannung des Relais zerstört



13. Ein Pt100 hat bei 100°C einen Widerstand von 138,5 Ω. Wie groß ist der Widerstand bei 50°C ? (2P)

$$\frac{100 + 138,5}{2} R = 119,25 \Omega$$

14. Ein Zweidrahtmessumformer wird an 15 VDC angeschlossen. Es fließt ein Strom von 10 mA durch eine Bürde von 150 Ω. Dann ändert sich die physikalische Messgröße. Wie äußert sich dies (in welchem Signal)? (2P)

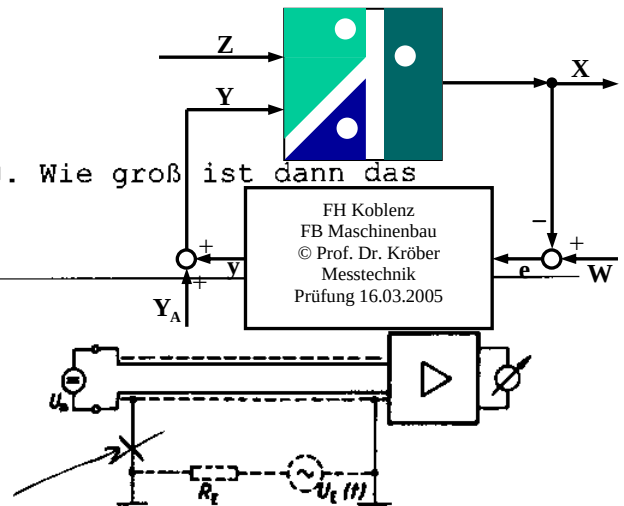
Strom steigt z.B. an auf 12mA, Spg.-abfall an Bürde steigt (12mA · 150Ω = ... V)

15. Weshalb kann bei einem DMS-Druckaufnehmer durch eine dünnere Membran die Empfindlichkeit nicht immer mehr gesteigert werden? (2P)

(undefinierte) Rückwirkung DMS auf Messstelle

16. Nennen Sie die 2 wesentlichen Vorteile für die piezoelektrische Kraftmessung im Vergleich zur DMS-Messtechnik! (3P)

höhere Steifigkeit, größerer Temp.-bereich



17. Wobei spielt die phasenabhängige Gleichrichtung eine Rolle? (2P)

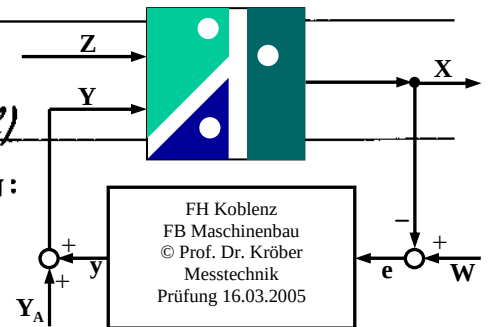
Trägerfrequenzmessverstärker

18. Wobei wird der Gray-Code eingesetzt? (2P)

absolut codierte Wegmessung (digital)

19. Als Drehzahlmessgeräte stehen zur Verfügung:

- a. Vibrationsdrehzahlmesser
- b. Stroboskop
- c. Wechselspannungstachogenerator
- d. Gleichstromtachogenerator
- e. Näherungsschalter



Die gestellten Fragen bitte mit den Buchstaben beantworten. Bei manchen Fragen sind mehrere Nennungen möglich. (jede Frage 2P)

Welches Verfahren funktioniert ohne zusätzliche Hilfsenergie (z.B. externe elektrische Spannungs-/Stromversorgung)?

a, c, d

Welches Verfahren benötigt in jedem Fall manuelle Hilfe?

b

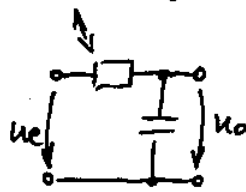
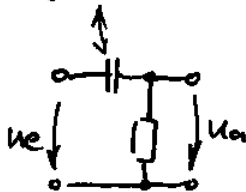
Welches Messgerät verfügt über einen Analogausgang?

c, d

Welches der Ausgangssignale wird typisch digital weiterverarbeitet?

e

20. Skizzieren Sie die elektrische Schaltung eines passiven Hochpassfilters und eines passiven Tiefpassfilters (4P)



RECHENTEIL

Aufgabe 1 (7P)

Bei einer DMS-Viertelbrückenschaltung entsteht bei einer Bauteilbelastung eine Änderung des Messsignals von 3 Volt. Bei einer Shuntkalibrierung beträgt die Signaländerung am Verstärkerausgang 5 Volt. Wie groß ist die Dehnung bei der Bauteilbelastung?

Geg.: DMS-Widerstand $R_{DMS} = 120 \Omega$, Shunt-Widerstand $R_p = 60 k\Omega$
k-Faktor $k = 2$

Hilfestellungen:

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

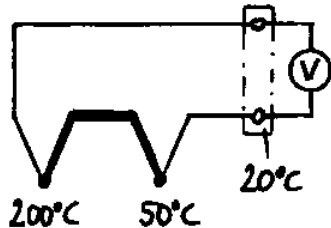
$$\frac{u_D}{u_B} \approx \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{DMS}}{R_p}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon$$

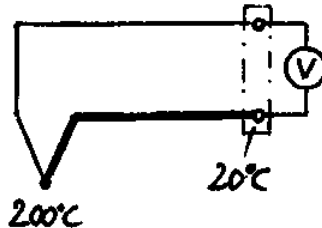
Aufgabe 2 (8P)

Bei der Messung einer Temperatur werden drei alternative Schaltungen benutzt. Als Thermopaar wird stets NiCr-Ni ($k=37,3\mu V/^{\circ}C$) verwendet.

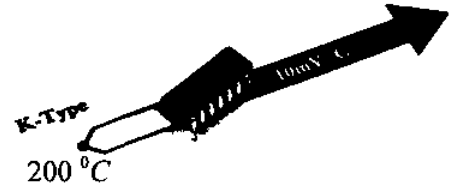
Fall 1:
Schaltung mit
Vergleichstemperatur



Fall 2:
Schaltung ohne
Vergleichstemperatur



Fall 3:
IC mit integrierter
Eispunktkompensation



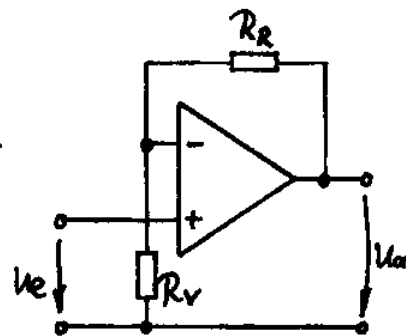
- Bestimmen Sie für alle drei Fälle die Ausgangsspannungen!
- Im Fall 1 wird die Spannung direkt (unmittelbarer Anschluss) mit einem Rechner erfasst (Konfiguration: Wandlerbereich $\pm 10V$, Auflösung 12 bit). Wie groß ist dann die Auflösung in $^{\circ}C$?

Aufgabe 3 (7P)

Die nebenstehende Schaltung soll verwendet werden, um die vergleichsweise kleinen Thermospannungen zur Messwerterfassung mit einem Rechner zu verstärken. Realisiert werden soll ein Verstärkungsfaktor von 100. Weisen Sie zunächst folgenden allgemeinen Zusammenhang nach und bestimmen Sie dann R_R (hierbei sei $R_V = 1\text{ k}\Omega$)!

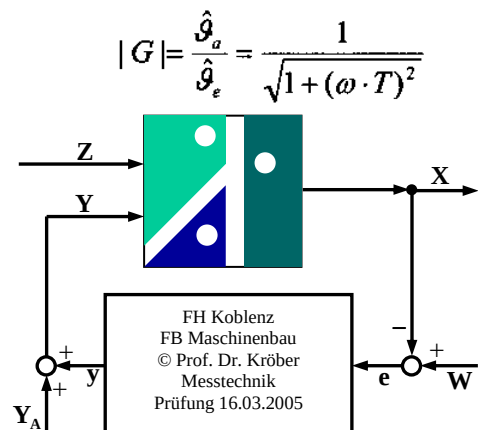
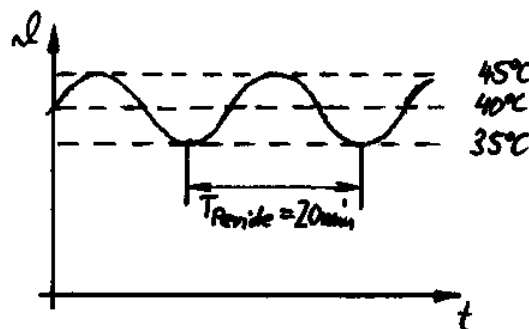
Nachzuweisen ist:

$$\frac{u_a}{u_e} = 1 + \frac{R_R}{R_V}$$



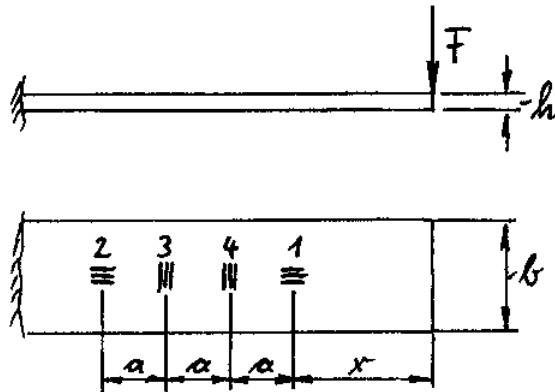
Aufgabe 4 (8P)

Ein Temperatursensor (Zeitkonstante sei $T = 2\text{ min}$) sei dem abgebildeten Temperaturverlauf ausgesetzt. Die Periodendauer der Schwingung beträgt $T_{\text{Periode}} = 20\text{ min}$. Wie groß ist der Maximalwert [in $^{\circ}C$] der angezeigten Temperatur?

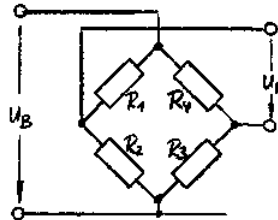


Aufgabe 5 (13P)

Auf einem Biegebalken sind folgende DMS angeordnet:



$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$



$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\epsilon_{\text{quer}} = -\nu \cdot \epsilon_{\text{längs}}$$

- a. Ermitteln Sie einen formelmäßigen Zusammenhang zur Bestimmung der Brückenverstimmung!

$$\frac{u_D}{u_B} = f(k, \nu, E, b, h, a, x, F)$$

- b. Um wie viel Prozent ändert sich die Brückenverstimmung, falls sich der Abstand x um 1% erhöht?

$$\Delta y = \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n$$

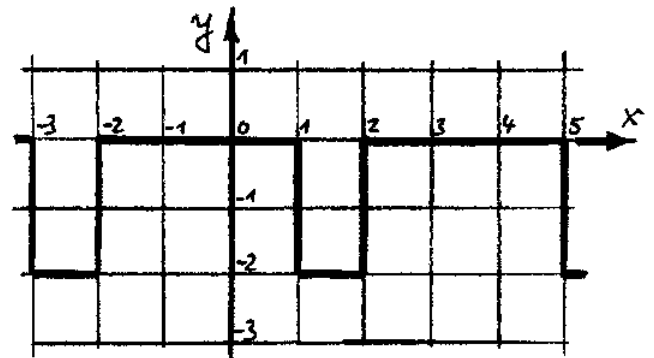
- c. Um wie viel Prozent ändert sich die Brückenverstimmung, falls sich die Querkontraktionszahl ν um 1% erhöht (hierbei sei $\nu = 0,3$)?

Aufgabe 6 (7P)

Wie groß ist bei dem abgebildeten Signal der Koeffizient b_1 ?

Hilfestellung:

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C$$



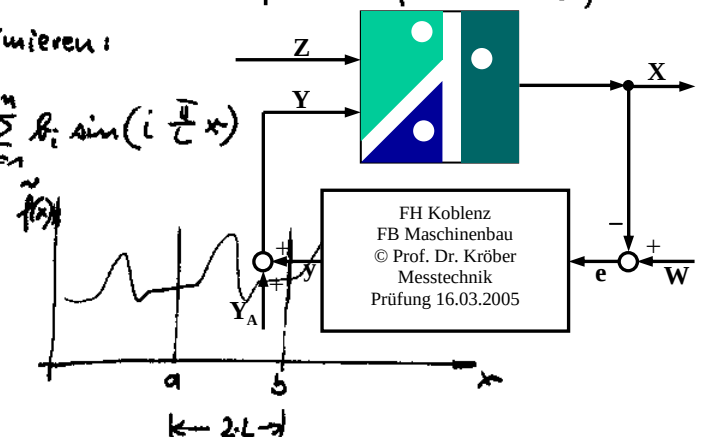
Sei $\tilde{f}(x)$ eine periodische Funktion der Periode $2L$, dann läßt sich $\tilde{f}(x)$ durch eine Reihenentwicklung approximieren:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n a_i \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) + \sum_{i=1}^n b_i \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right)$$

wobei

$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^{b} \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^{b} \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 16.03.05 Blatt 1

$$u1) \frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \frac{R_{MS}}{R_P} = \frac{1}{4} \frac{120}{60 \cdot 10^3} = 0,5 \frac{mV}{V}$$

$$\text{Dreisatz: } \left. \begin{array}{l} 0,5 \frac{mV}{V} \hat{=} 5V \\ x \hat{=} 3V \end{array} \right\} x = 0,5 \frac{mV}{V} \cdot \frac{3V}{5V} = 0,3 \frac{mV}{V}$$

$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \cdot K \cdot \varepsilon \Rightarrow \underline{\underline{\varepsilon = \frac{4 \frac{u_D}{u_B}}{K} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{2} = 600 \frac{mV}{m}}}}$$

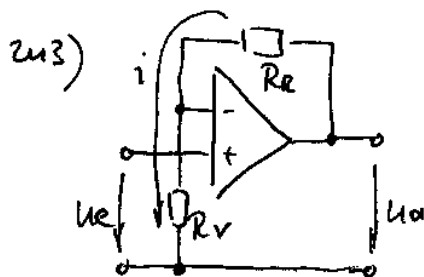
$$u2) a) \text{ Fall 1: } \underline{u_a} = 37,3 \cdot 10^{-6} (200 - 50) V = \underline{5,595 mV}$$

$$\text{Fall 2: } \underline{u_a} = 37,3 \cdot 10^{-6} (200 - 20) V = \underline{6,714 mV}$$

$$\text{Fall 3: } \underline{u_a} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 200 V = \underline{2,0 V}$$

$$b) \pm 10V \Rightarrow 20V \text{ Spanne } \hat{=} 2^{12} = 4096 \left. \begin{array}{l} \\ x \end{array} \right\} x = 4,883 mV$$

$$\text{Dreisatz: } \left. \begin{array}{l} 37,3 \mu V \hat{=} 1^\circ C \\ 4,883 \mu V \hat{=} x \end{array} \right\} \underline{x = 130,9^\circ C} \text{ (Bem.: praktisch unbrauchbar)}$$



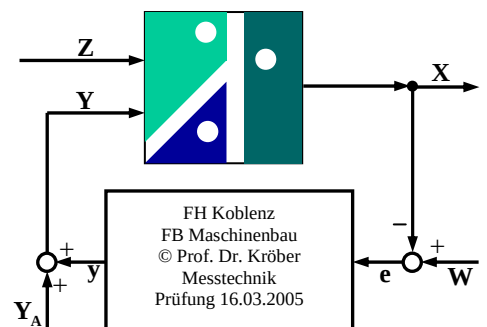
$$u_+ = u_- \Rightarrow u_- = u_e$$

$$\text{dann: } i = \frac{u_e}{R_v} = \frac{u_a}{R_v + R_f} = \frac{u_a - u_e}{R_f}$$

$$\underline{\underline{\frac{u_a}{u_e} = \frac{R_v + R_f}{R_v} = 1 + \frac{R_f}{R_v}}}}$$

$$\frac{R_f}{R_v} = \frac{u_a}{u_e} - 1$$

$$\underline{\underline{R_f = R_v \left(\frac{u_a}{u_e} - 1 \right) = 1 k\Omega (100 - 1) = 99 k\Omega}}$$



Lösungen Prüfung Messtechnik vom 16.03.05 Blatt 2

$$\begin{aligned} \text{w4) } \hat{\alpha}_e &= \hat{\alpha}_e \frac{1}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} = \hat{\alpha}_e \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{2\pi}{T_{\text{Periode}}} \cdot T\right)^2}} \\ &= 5^\circ \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{2\pi}{20 \text{ min}} \cdot 2 \text{ min}\right)^2}} = 4,23^\circ \end{aligned}$$

Somit: $\hat{\alpha}_{\text{max Aufz.ij}} = 40^\circ + 4,23^\circ = 44,23^\circ$

$$\text{w5) a) } G_b = \frac{M_b}{W_b} \quad \sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{M_b}{E \cdot W_b} = \frac{F \cdot l}{E \cdot W_b}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{F(3a+x)}{E \cdot W_b} ; \varepsilon_1 = \frac{F \cdot x}{E \cdot W_b} ; \varepsilon_3 = -\nu \frac{F(2a+x)}{E \cdot W_b} ; \varepsilon_4 = -\nu \frac{F(a+x)}{E \cdot W_b}$$

$$\begin{aligned} \frac{u_b}{u_B} &= \frac{k}{4} (\varepsilon_2 + \varepsilon_4 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3) = \frac{k}{4} \left(\frac{F(3a+x)}{E \cdot W_b} - \nu \frac{F(a+x)}{E \cdot W_b} - \frac{F \cdot x}{E \cdot W_b} - \left(-\nu \frac{F(2a+x)}{E \cdot W_b} \right) \right) \\ &= \dots = \frac{k \cdot F a}{4 E W_b} (3+\nu) = \dots = \underline{\underline{\frac{3(3+\nu) k a}{2 E \cdot b \cdot l^2} \cdot F}} \end{aligned}$$

b) geht nicht ein $\rightarrow 0\%$

$$\text{c) } \frac{u_b}{u_B} = \frac{3 \cdot k a \cdot F}{2 E \cdot b \cdot l^2} (3+\nu)$$

$\frac{1}{y} \quad m \quad \leftarrow \text{so abgeleitet}$

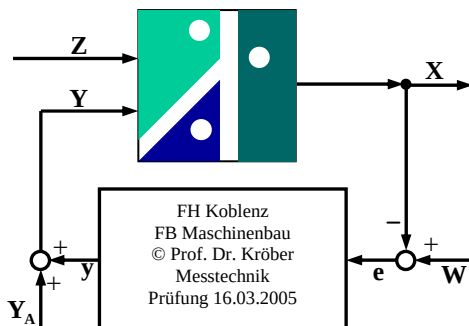
also: $y = m(3+\nu) = 3m + m \cdot \nu$

$$\frac{\partial y}{\partial \nu} = m$$

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial \nu} \Delta \nu = m \cdot \Delta \nu / \frac{1}{3}$$

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{m \cdot \Delta \nu}{m(3+\nu)} = \frac{\Delta \nu}{3+\nu} = \frac{0,01 \cdot 0,3}{3+0,3} = 9,09 \cdot 10^{-6} \approx \underline{\underline{0,0909\%}}$$

($\rightarrow$ steigt an um ca 0,1%)



w6) $a=0; b=4 \Rightarrow L=\dots=2$

$$b_1 = \frac{1}{L} \int_a^b f(x) \sin\left(1 \frac{\pi}{L} x\right) dx = \frac{1}{2} \int_1^2 (-2) \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx = - \int_1^2 \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx$$

$$= - \left[-\frac{1}{\pi/2} \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_1^2 = \frac{2}{\pi} \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_1^2 = \frac{2}{\pi} \left[\underbrace{\cos(\pi)}_{-1} - \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)}_0 \right] = \underline{\underline{-\frac{2}{\pi}}}$$