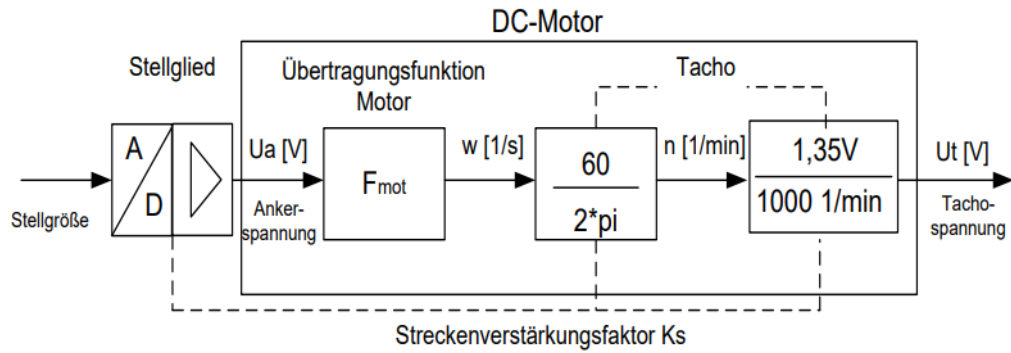


Autor:

Markus Goeritzer, Patrick Freidhof, Wolfgang Bischoff

???, ???, 2228538



Erstprüfer:

???



TH Aschaffenburg
university of applied sciences

TECHNISCHE HOCHSCHULE ASCHAFFENBURG

FAKULTÄT INGENIEURSWISSENSCHAFTEN

WÜRZBURGER STRASSE 45

D-63743 ASCHAFFENBURG

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen	2
3	Aufgaben zur Vorbereitung des Praktikum	2
4	Zusammenfassung und Ausblick	6

Erklärung zum Praktikumsbericht

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe. Die Stellen, die anderen Werken (gilt ebenso für Werke aus elektronischen Datenbanken oder aus dem Internet) wörtlich oder sinngemäß entnommen sind, habe ich unter Angabe der Quelle und Einhaltung der Regeln wissenschaftlichen Zitierens kenntlich gemacht. Diese Versicherung umfasst auch in der Arbeit verwendete bildliche Darstellungen, Tabellen, Kartenskizzen und gelieferte Zeichnungen.

Mir ist bewusst, dass Täuschungen nach der für mich gültigen Studien- und Prüfungsordnung / nach § 6 RaPO / § 48 BayVwVfG geahndet werden.

Die Zustimmung zur elektronischen Plagiatsprüfung wird erteilt.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers / der Verfasserin

1 Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Durchführung des interdisziplinären Praktikums im Fach Regelungstechnik an der TH Aschaffenburg im Rahmen des Studiums der Elektro- und Informationstechnik (Berufsbegleitend) EIBB.

Aus der gegebenen Themenauswahl wurde das Thema “Reglereinstellung im Bodediagramm” eines Elektronischen Antriebs gewählt. Hierbei wird das Verhalten von Übertragungsgliedern (Regler, Steuerung in Kombination mit der Strecke) im Frequenzbereich untersucht. Dazu wird das System zunächst methodisch untersucht und dann das Eingangssignal mit dem resultierenden Ausgangssignal auch messtechnisch verglichen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen werden Parameter für eine Regelung der Strecke abgeleitet, die ein gewünschtes Verhalten haben soll.

2 Theoretische Grundlagen

Brauchen wir dieses Kapitel?

3 Aufgaben zur Vorbereitung des Praktikum

Aufgabe 1 - Übertragungsfunktion

Gesucht ist die Übertragungsfunktion der Strecke.

Gegeben ist die Differentialgleichung der Strecke und vorläufige Parameter, die während der Vorbereitung des Praktikum zu verwenden sind und später während der Versuchsdurchführung zu bestimmen sind.

Es werden noch zusätzliche Annahmen getroffen.

Annahme 1: Frequenzgangfunktion und Übertragungsfunktion sind Synonyme. Grund: [2] Seite 10. Hinweise: "tf (...) definiert eine Übertragungs- bzw. Frequenzgangfunktion"

Annahme 2: Wir gehen davon aus, dass bei der Überführung der Differentialgleichung zur Laplace-Übertragungsfunktion, die Terme mit den Anfangswerten entfallen. Grund: [1] Seite 41. "Da man in der Regelungstechnik meist davon ausgeht, dass sich die betrachteten Systeme für $t < 0$ in Nullage befinden [...] verschwinden die Terme mit den Anfangswerten".

Zur Lösung dieser Aufgabe verwenden wir die gegebene Differentialgleichung.

$$T_1 * T_2 * \ddot{x}_a(t) + (T_1 + T_2) * \dot{x}_a(t) + x_a(t) = K_s * x_e(t) \quad (3.1)$$

mit den gegebenen Werten

$$T_1 = 600ms; T_2 = 10ms; K_s = 0,5$$

Da es am einfachsten erscheint dem Vorgehen aus den Übungsaufgaben zur Untersuchung des Pohl'schen Rads zu folgen, wird die Differentialgleichung zunächst in den Frequenzbereich überführt um die Übertragungsfunktion bilden zu können. Diese Übertragungsfunktion lässt sich dann außerdem auch mittels der tf() Funktion in Matlab weiterverwenden.

Der Differentiationssatz der Laplace-Transformation ([1] Seite 40) wird verwendet um die Differentialgleichung in eine Übertragungsfunktion im Frequenzbereich zu überführen.

$$T_1 * T_2 * \ddot{x}_a(t) + (T_1 + T_2) * \dot{x}_a(t) + x_a(t) = K_s * x_e(t) \quad (3.2)$$

$$T_1 * T_2 * (s^2 * x_a(s) - s * x(t = 0+) - x'(t = 0+)) + (T_1 + T_2) * s * (x_a(s) - x(t = 0+)) + x_a(s) = K_s * x_e(s) \quad (3.3)$$

Aufgrund der Annahme 2 entfallen die Anfangsbedingungen

$$T_1 * T_2 * s^2 * x_a(s) + (T_1 + T_2) * s * x_a(s) + x_a(s) = K_s * x_e(s) \quad (3.4)$$

$x_a(s)$ wird ausgeklammert

$$x_a(s) * (T_1 * T_2 * s^2 + (T_1 + T_2) * s + 1) = K_s * x_e(s) \quad (3.5)$$

Die Übertragungsfunktion wird durch Umformung ermittelt:

$$G(s) = \frac{x_e(s)}{x_a(s)} = \frac{K_s}{T_1 * T_2 * s^2 + (T_1 + T_2) * s + 1} \quad (3.6)$$

Die Parameter werden durch die vorgegebenen Werte ersetzt.

$$G(s) = \frac{x_e(s)}{x_a(s)} = \frac{0,5}{600 * 10 * s^2 + (600 + 10) * s + 1} = 0,5 * \frac{1}{6000 * s^2 + 610 * s + 1} \quad (3.7)$$

Der Nenner ist ein Polynom mit Grad 2. Um die Nullstellen zu finden wird mit 0 gleichgesetzt und die quadratische Gleichung gelöst. Mit der symbolic toolbox im Matlab:

```
1 syms x;
2 eqn = 6000*x^2 + 610*x + 1 == 0;
3 solve(eqn)
```

Ergibt zwei reelle Nullstellen $x_1 = -\frac{1}{10}$ und $x_2 = -\frac{1}{600}$

$$G(s) = \frac{x_e(s)}{x_a(s)} = 0,5 * \frac{1}{(s + \frac{1}{10})(s + \frac{1}{600})} \quad (3.8)$$

Damit kann die Übertragungsfunktion per `zpk()` in Matlab eingegeben werden.

Aufgabe 2 - Reaktion auf Stellgrößensprung

In der zweiten Aufgabe soll ein Stellgrößensprung um 1V simuliert und die Reaktion der Strecke dokumentiert werden. Zur Simulation wird Matlab verwendet, welches die Funktion “`step()`” anbietet, mit der eine Sprungfunktion erzeugt wird.

Zunächst wird die Übertragungsfunktion in Matlab eingegeben.

```
1 zeros = [];
2 poles = [-1/10 -1/600];
3 gain = [0.5];
4 sys = zpk(zeros, poles, gain, 'TimeUnit', 'milliseconds');
5
6 step(sys)
```

```
7 title('Sprungantwort der Uebertragungsfunktion')
8 xlabel('Time')
9 ylabel('Umdrehungen / Minute')
```

Es ergibt sich die folgende Sprungantwort:

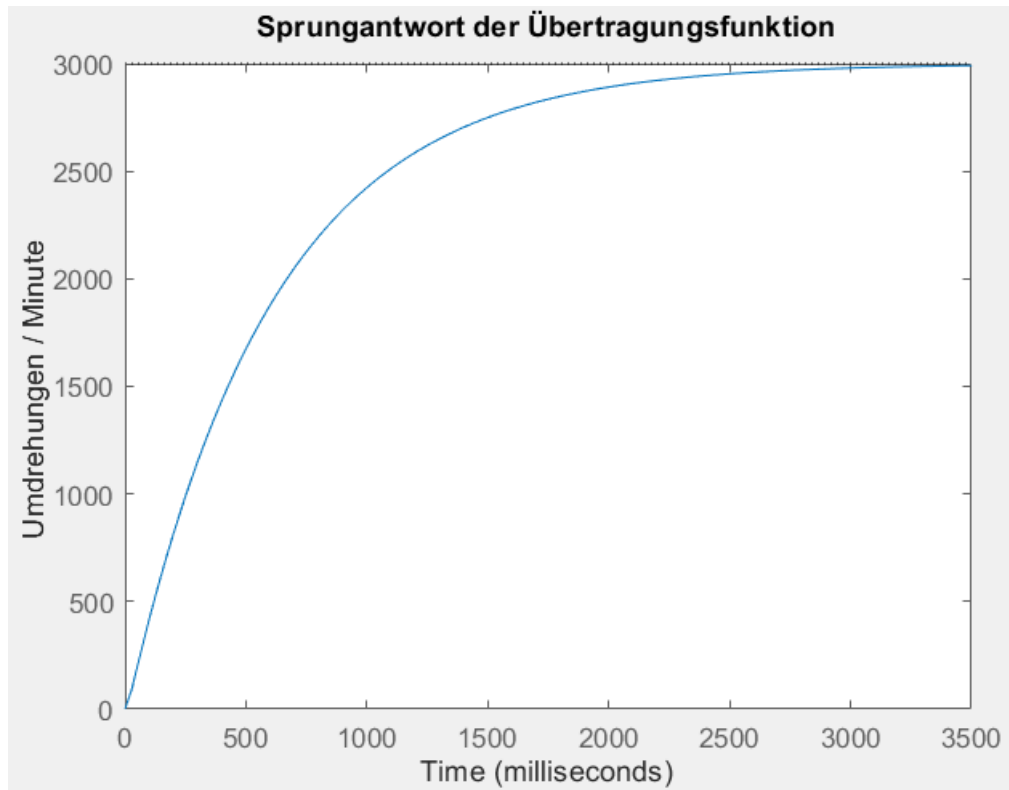


Abbildung 3.1: Sprungantwort 1V

Aufgabe 3 - Anstiegszeit

Ermitteln Sie die Anstiegszeit 10 % → 90 % des Endwerts.

Aus der Sprungantwort wird der Endwert 3000 Umdrehungen pro Minute entnommen. 10 % (300 Umdrehungen pro Minute) sind nach ca. 100 Millisekunden erreicht. 90 % (2700 Umdrehungen pro Minute) sind nach ca. 1500 Millisekunden erreicht.

Aufgabe 3 - Bode-Diagramm

Zeichnen Sie das Bode-Diagramm der Strecke.

```
1 bode(sys)
2 grid on
```

Matlab wählt die auszuwertenden Frequenzen automatisch aus. Eine manuelle Erweiterung der Grenzen (`bode(sys, 0.0001, 1000)`) hat ergeben, dass außerhalb der von Matlab automatisch gewählten Grenzen keine signifikanten Änderungen mehr stattgefunden haben und es wurden daher die von Matlab gewählten Grenzen beibehalten.

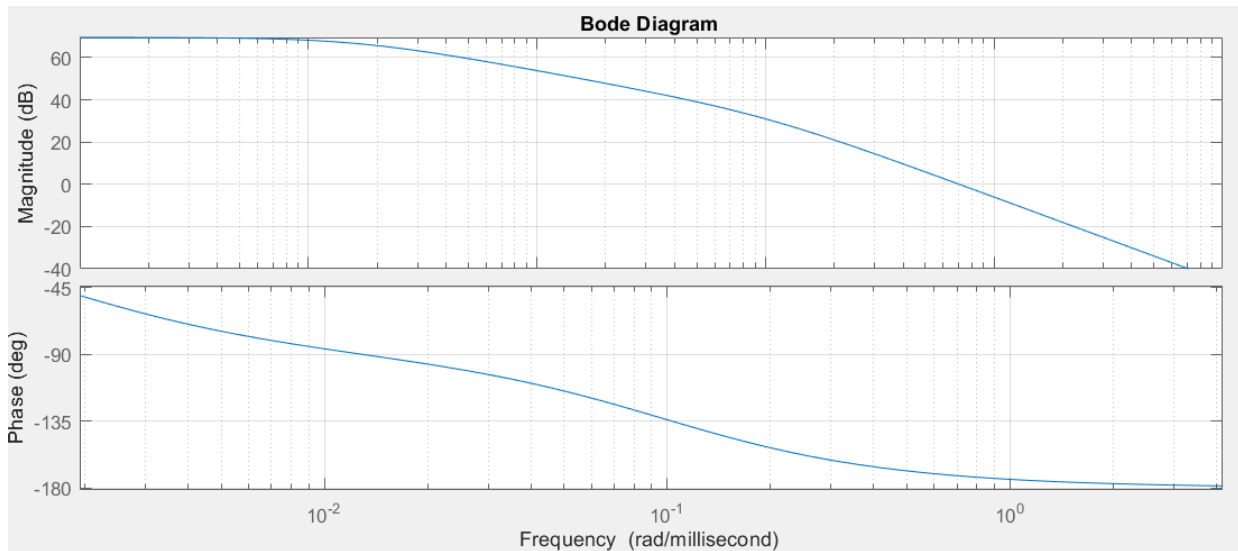


Abbildung 3.2: Bode-Diagramm

Interessant ist, dass es nicht möglich ist einen Amplitudenrand anzugeben, da die Phase nicht unter 180 Grad fällt.

Der Phasenrand lässt sich bei der Frequenz bestimmen, bei der die Verstärkung der Amplitude 0 ist. Bei dieser Frequenz beträgt der Phasenrand $-172^\circ - -180^\circ = 8^\circ$

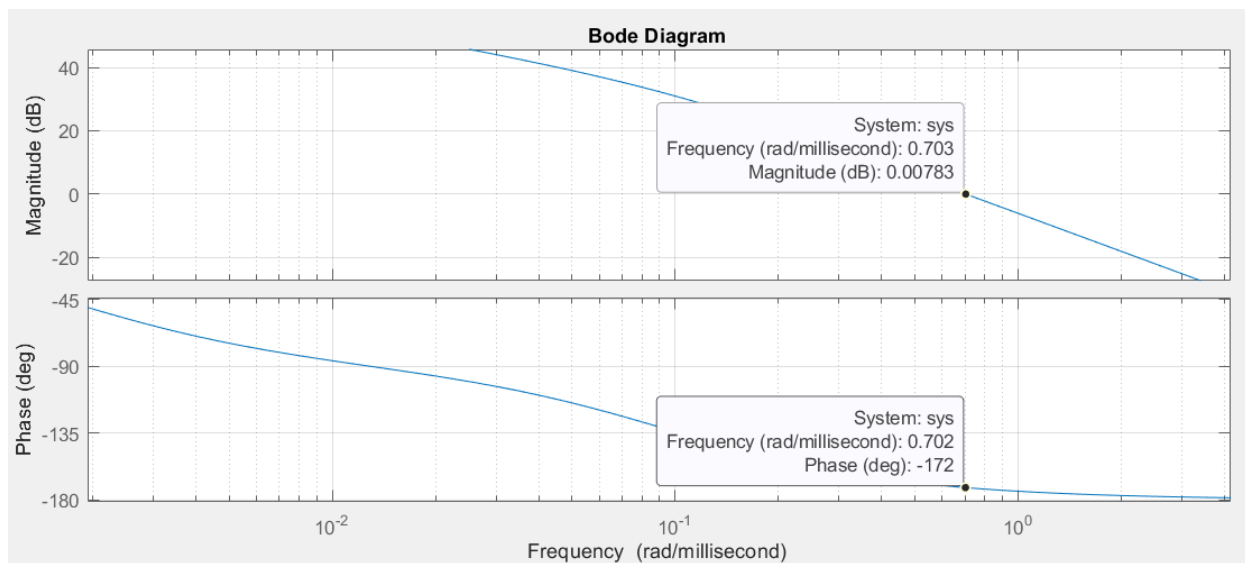


Abbildung 3.3: Phasenrand

Um das Bode-Diagramm manuell zu zeichnen beginnt man mit dem Amplitudengang. Es werden einige Frequenzen ausgewählt, da der Zeitaufwand bei der manuellen Berechnung schnell zu hoch wird. Gewählt werden die Frequenzen 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , 10^0 und 10^1

Diese Werte werden in die Übertragungsfunktion eingesetzt. Aus den Ergebnissen wird dann der Dezibel-Wert gebildet.

Frequenz	G(s)	$\log(G(s))$	$\text{dB} = 20 \cdot \log(G(s))$
10^{-3}	1856,44	3,269	65,37
10^{-2}	389,61	2,59	51,81
10^{-1}	24,59	1,39	27,82
10^0	0,45	-0,34	-6,86
10^1	$4,94 \cdot 10^{-3}$	-2,31	-46,11

4 Zusammenfassung und Ausblick

Brauchen wir dieses Kapitel?

Literaturverzeichnis

- [1] PROF. DR.-ING. BRUHM, H: *Regelungstechnik*. https://moodle.th-ab.de/pluginfile.php/305099/mod_resource/content/0/RT-Lehrbrief_2021_V1.pdf. Version: 2023
- [2] TH ASCHAFFENBURG, 2023: *Reglereinstellung im Bodediagramm - Versuchsanleitung Interdisziplinäres Praktikum*. <https://moodle.th-ab.de/mod/folder/view.php?id=239859>