

Abbildung 7.13: Grenzkennlinien für das Drehmoment.

- (a) Grenze des Betriebsbereichs
- (b) Grenzkennlinie für die Start-/Stopp-Frequenz bei $J_L = 0$
- (c) Grenzkennlinie für die Start-/Stopp-Frequenz bei $J_L > 0$

Eine weitere Grenzkennlinie beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Trägheitsmoment J_G von Schrittmotor und Last und der zulässigen Start-/Stopp-Frequenz f_0 , also der Steuerfrequenz f_s bei der der Motor aus dem Stillstand ohne Schrittfehler starten bzw. ausgehend von der der Motor ohne Schrittfehler gestoppt werden kann. Der prinzipielle Verlauf einer solchen Kennlinie ist in der Abbildung 7.14 angegeben.

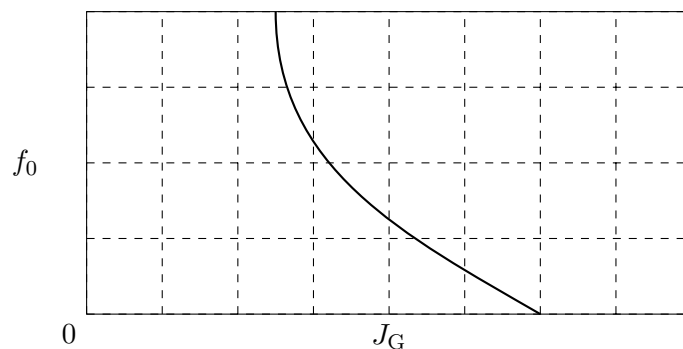


Abbildung 7.14: Grenzkennlinie für die Start-/Stopp-Frequenz.

Der Verlauf dieser Kennlinie wird vom Anwender vermessen.

7.4 Aufgaben

Die Lösung der Aufgaben 1–3 ist zur Versuchsvorbereitung erforderlich. Die Aufgaben 4–6 werden am Versuchstag im Labor bearbeitet. Verwenden und beachten Sie bei der Durchführung der Arbeiten am Prüfstand die dort verfügbare Dokumentation.

Aufgabe 1

Für die vorliegende Aufgabe gilt die Annahme, dass die Periodendauer des Taktsignals deutlich größer als die Zeitkonstante T_S des elektrischen Teilsystems ist. Die Stromverläufe können somit wie in der Abbildung 7.4 idealisiert als Rechtecksignale dargestellt werden.

In der Abbildung 7.4 sind die Skizzen der idealisierten Stromverläufe für den Voll- und Halbschrittbetrieb bei Linkslauf angegeben.

- Skizzieren Sie den prinzipiellen idealisierten Verlauf der Ströme für den Halbschrittbetrieb bei Rechtslauf.
- Skizzieren Sie den prinzipiellen idealisierten Verlauf der Ströme für den Vollschrittbetrieb bei Rechtslauf für den Fall, dass eine Umschaltung nur zu einer steigenden Flanke des Taktsignals erfolgen darf.
- Skizzieren Sie den prinzipiellen idealisierten Verlauf der Ströme für den Vollschrittbetrieb bei Rechtslauf für den Fall, dass eine Umschaltung sowohl bei einer steigenden als auch bei einer fallenden Flanke des Taktsignals erfolgen darf.
- Sind die Drehzahlen in den drei vorhergehenden Aufgabenteilen gleich oder unterschiedlich?

Aufgabe 2

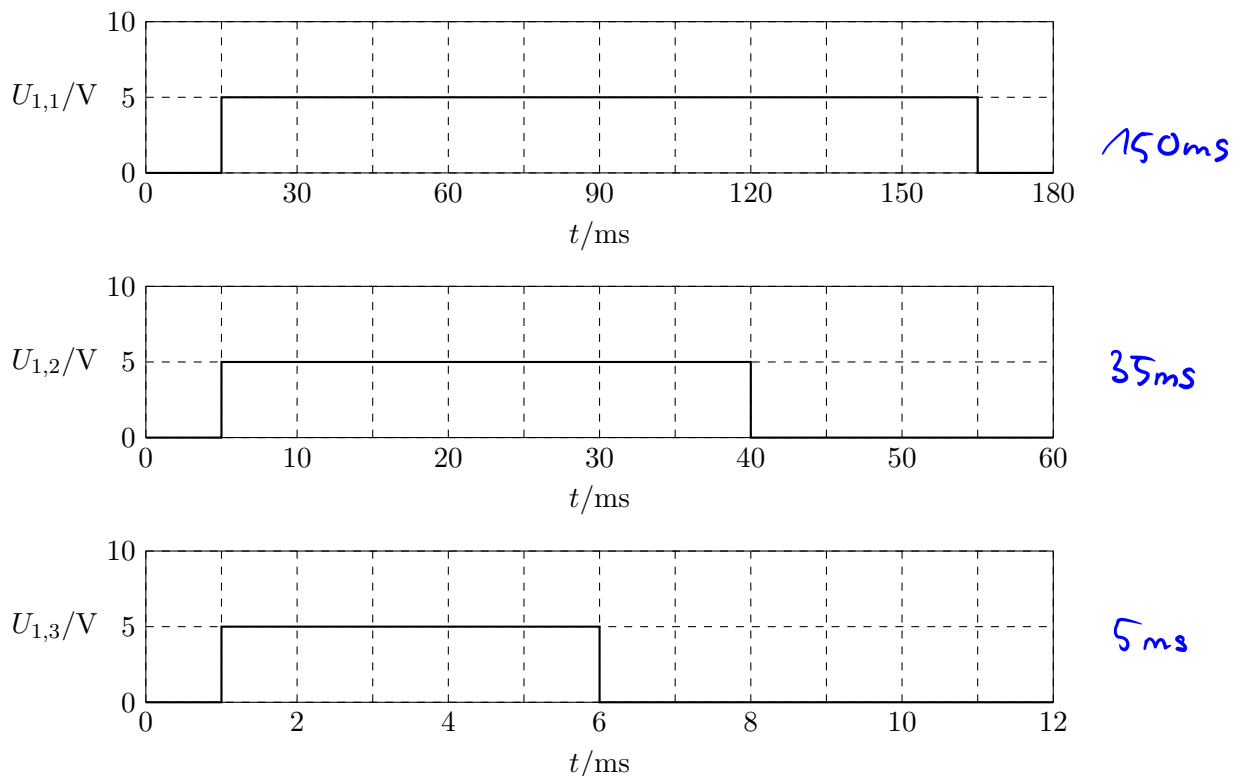


Abbildung 7.15: Verläufe $U_{1,n}$, $n = 1, \dots, 3$, für den Strang 1.

Der Schrittmotor aus dem Labor für elektrische Antriebstechnik hat einen Strangwiderstand $R_S = 2.32 \Omega$ und eine Stranginduktivität von $L_S = 11.4 \text{ mH}$.

- Bestimmen und zeichnen Sie die Stromverläufe $I_{1,n}(t)$, $n = 1, \dots, 3$, für die Verläufe der Strangspannung $U_{1,n}$, $n = 1, \dots, 3$, im Strang 1 aus der Abbildung 7.15. Die innere Spannung U_{i1} wird dabei als Null angenommen.
- Diskutieren Sie die Frage, ob der Schrittmotor in allen drei Fällen $n = 1, \dots, 3$, das gleiche Drehmoment erreicht.

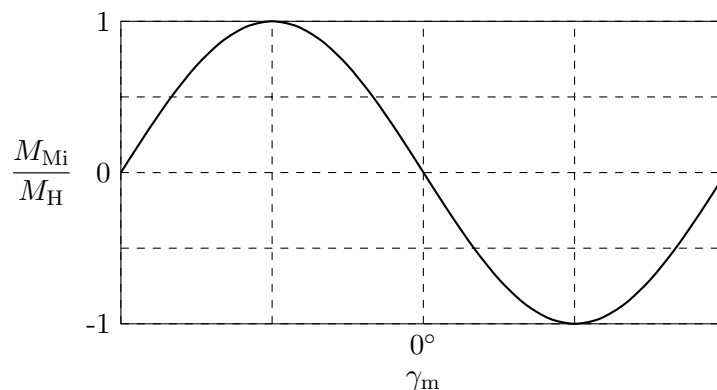
Aufgabe 3

Es wird ein Schrittmotor mit den Parametern

$$M_H = 1.17 \text{ Nm}, \quad Z_p = 50, \quad m = 2$$

betrachtet. Auf den Schrittmotor wirkt ein Lastmoment $M_L = 0.585 \text{ Nm}$.

- Berechnen Sie den mechanischen Winkel γ_{mL} , um den der Schrittmotor aus der Ruhelage im unbelasteten Zustand ausgelenkt wird.
- Ermitteln sie graphisch anhand des unten angegebenen Diagramms den Winkel γ_{mL} , um den der Schrittmotor aus der Ruhelage $\gamma_m = 0$ im unbelasteten Zustand ausgelenkt wird. Beschriften Sie die Abszisse dieses Diagramms mit den passenden Winkeln.



Aufgabe 4

- Wie groß ist der Schrittwinkel α im Voll- bzw. Halbschrittbetrieb für den in der Abbildung 7.1 dargestellten Schrittmotor?
- Der Schrittmotor aus dem Versuchsaufbau im Labor Antriebstechnik besitzt die Polpaarzahl $Z_p = 50$ und die Strangzahl $m = 2$. Berechnen Sie für den Voll- und Halbschrittbetrieb jeweils den Schrittwinkel α und die Schrittzahl pro Umdrehung z .
- Die Spindelsteigung der Kugelgewindespindel im Versuchsaufbau beträgt 20 mm/Umdrehung . Wie viele Schritte muss der Schrittmotor im Voll- bzw. Halbschrittbetrieb ausführen, um den Schlitten um 24 mm zu verfahren.

Aufgabe 5

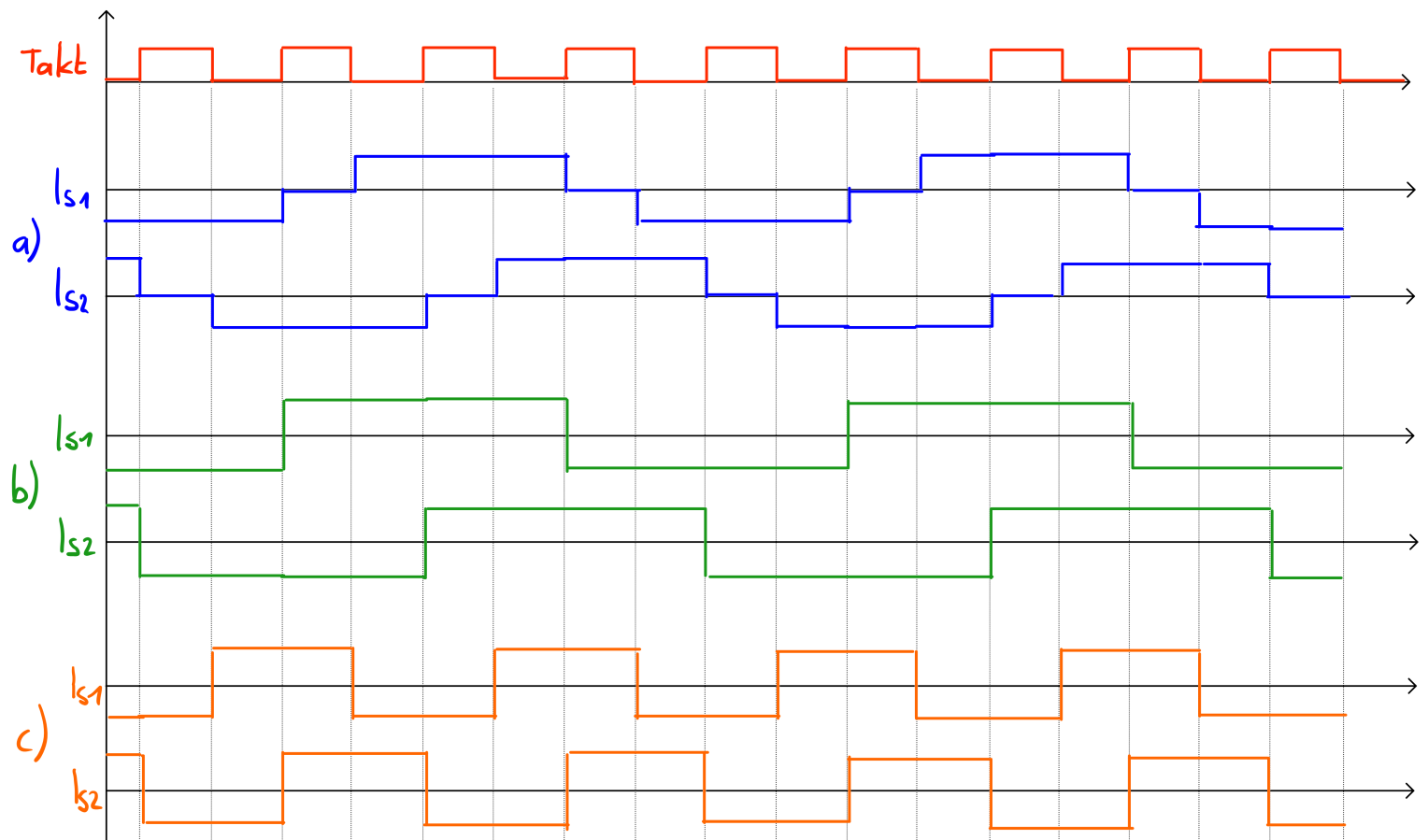
- Führen Sie mit dem Versuchsaufbau Einzelschritte des Schrittmotors aus und messen Sie den Stromverlauf in einer Wicklung. Erklären Sie den Stromverlauf beim Einschalten der Wicklung und diskutieren Sie den Unterschied zu dem von Ihnen berechneten Verlauf in der Aufgabe 2a) für $n = 1$.
- Überlegen Sie eine Folge von Steuersignalen für die beiden Stränge des Schrittmotors, mit der Sie die Ursache für den Unterschied zwischen dem gemessenen und berechneten Verlauf vermeiden können. Betreiben Sie den Schrittmotor mit dieser Schaltfolge und messen Sie den Stromverlauf.
- Berechnen Sie für den Vollschrittbetrieb drei Schrittfrequenzen so, dass die Breite des Spannungspulses jeweils der Breite der Spannungspulse aus der Abbildung 7.15 für $n = 1, 2, 3$

entspricht. Führen Sie mit jeder dieser Frequenzen eine Messung durch und vergleichen Sie die gemessenen mit den in der Aufgabe 2a) berechneten Verläufen.

Aufgabe 6

Implementieren Sie die Schrittmotorsteuerung im entsprechenden Statechart des Simulink–Modells am Laborrechner des Versuchsaufbaus.

Aufgabe 1



d) Die ersten zwei drehen sich gleich schnell, der dritte doppelt so schnell

Aufgabe 2

$$R_s = 2,32 \, \Omega \quad L_s = 11,4 \, \text{mH}$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{11,4 \, \text{mH}}{2,32 \, \Omega} = 4,91 \, \text{ms} \approx 5 \, \text{ms}; \quad I_{\max} = \frac{5 \, \text{V}}{2,32 \, \Omega} = 2,16 \, \text{A}$$

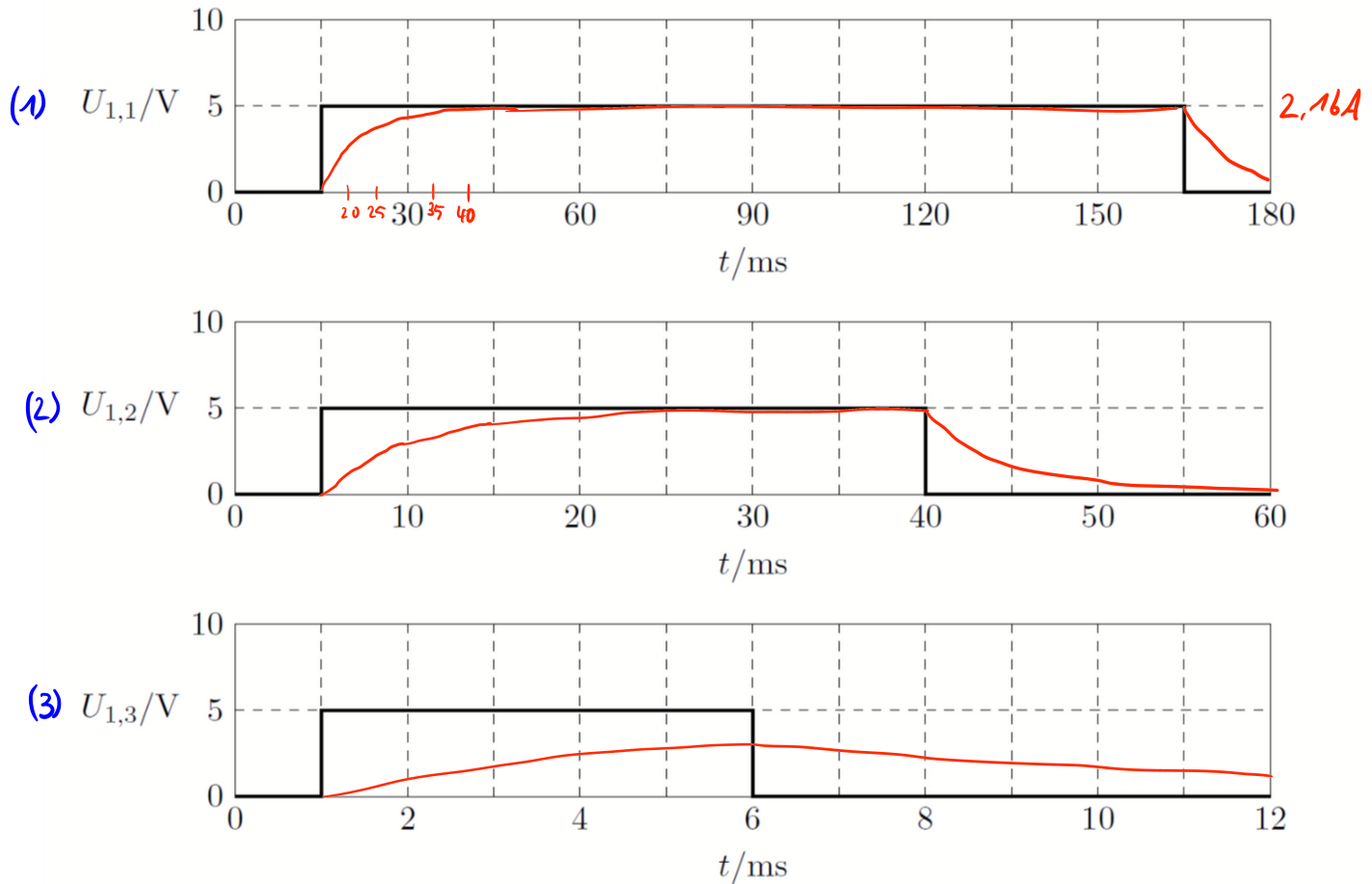


Abbildung 7.15: Verläufe $U_{1,n}$, $n = 1, \dots, 3$, für den Strang 1.

Bei (1) und (2) wird das komplette Drehmoment erreicht, wenn auch bei (2) etwas später. Bei (3) wird das maximale Drehmoment nicht erreicht.

Aufgabe 3

$$M_L = M_H \cdot \sin(\gamma_S - \gamma_L)$$

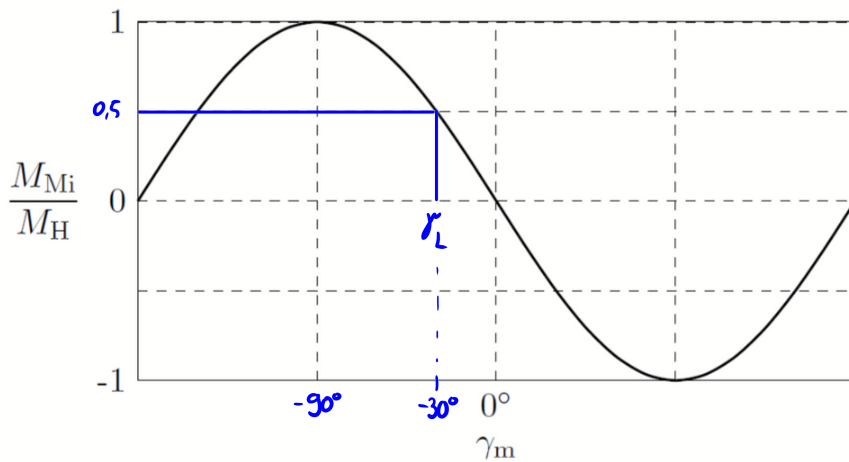
$$\left(\frac{M_L}{M_H}\right) = \sin(\gamma_S - \gamma_L)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{M_L}{M_H}\right) = \gamma_S - \gamma_L$$

$$\gamma_L = \gamma_S - \sin^{-1}\left(\frac{M_L}{M_H}\right) = 0^\circ - \sin^{-1}\left(\frac{0,585 \text{ Nm}}{1,17 \text{ Nm}}\right) = -30^\circ$$

$$\gamma_L = \gamma_{mL} \cdot Z_p \quad \rightarrow \quad \gamma_{mL} = \frac{\gamma_L}{Z_p} = \frac{-30^\circ}{50} = -0,6^\circ$$

$$\frac{M_L}{M_H} = \frac{0,585 \text{ Nm}}{1,17 \text{ Nm}} = 0,5$$



$$\rightarrow \gamma_L = -30^\circ$$

$$\gamma_{mL} = \frac{\gamma_L}{Z_p} = \frac{-30^\circ}{50} = -0,6^\circ$$

Aufgabe 4

a) Vollschrift: $\alpha = 90^\circ$
Halbschrift: $\alpha = 45^\circ$

$$\begin{aligned} b) \quad \alpha_{VS} &= \frac{360^\circ}{22_{\text{pm}}} = \frac{360^\circ}{2 \cdot 50 \cdot 2} = 1,8^\circ \\ \alpha_{HS} &= \frac{360^\circ}{42_{\text{pm}}} = \frac{360^\circ}{4 \cdot 50 \cdot 2} = 0,9^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c) \quad VS: \quad \frac{432^\circ}{1,8^\circ} &= 240 \text{ Schritte} \\ HS: \quad \frac{432^\circ}{0,9^\circ} &= 480 \text{ Schritte} \end{aligned}$$

Aufgabe 5

a) Durch die Drehbewegung wird die innere Spannung induziert, welche sich auf den Stromverlauf auswirkt

b) Beide Brücken deaktivieren \rightarrow eine Brücke einschalten, Rotor stellt sich auf Position ein \rightarrow Brücke ausschalten \rightarrow auf gleiche Weise einschalten, Rotor dreht sich nicht (da schon in Position) \rightarrow Strom steigt schön

$$\begin{aligned} c) \text{ Formel: } \frac{2}{\text{Breite in s}} \quad n=1 &\rightarrow f = \frac{2}{150\text{ms}} = 13,3 \text{ Hz} \\ n=2 &\rightarrow f = \frac{2}{35\text{ms}} = 57,1 \text{ Hz} \\ n=3 &\rightarrow f = \frac{2}{5\text{ms}} = 400 \text{ Hz} \end{aligned}$$