Aufgabe 1

Um zuerst ein allgemeines Verständnis der Stromverläufe bei verschiedenen Betriebsmodi zu erlangen, sollen diese erarbeitet werden. Zur Vereinfachung werden die Ströme idealisiert, so wird das Taktsignal deutlich größer als die Zeitkonstante T_S angenommen. In Abbildung 1.1 werden diese im Rechtslauf unter folgenden Bedingungen angezeigt:

a) Halbschrittbetrieb mit Umschaltung bei steigender sowie fallender Flanke

b) Vollschrittbetrieb mit Umschaltung bei nur steigender Flanke

c) Vollschrittbetrieb mit Umschaltung bei steigender sowie fallender Flanke

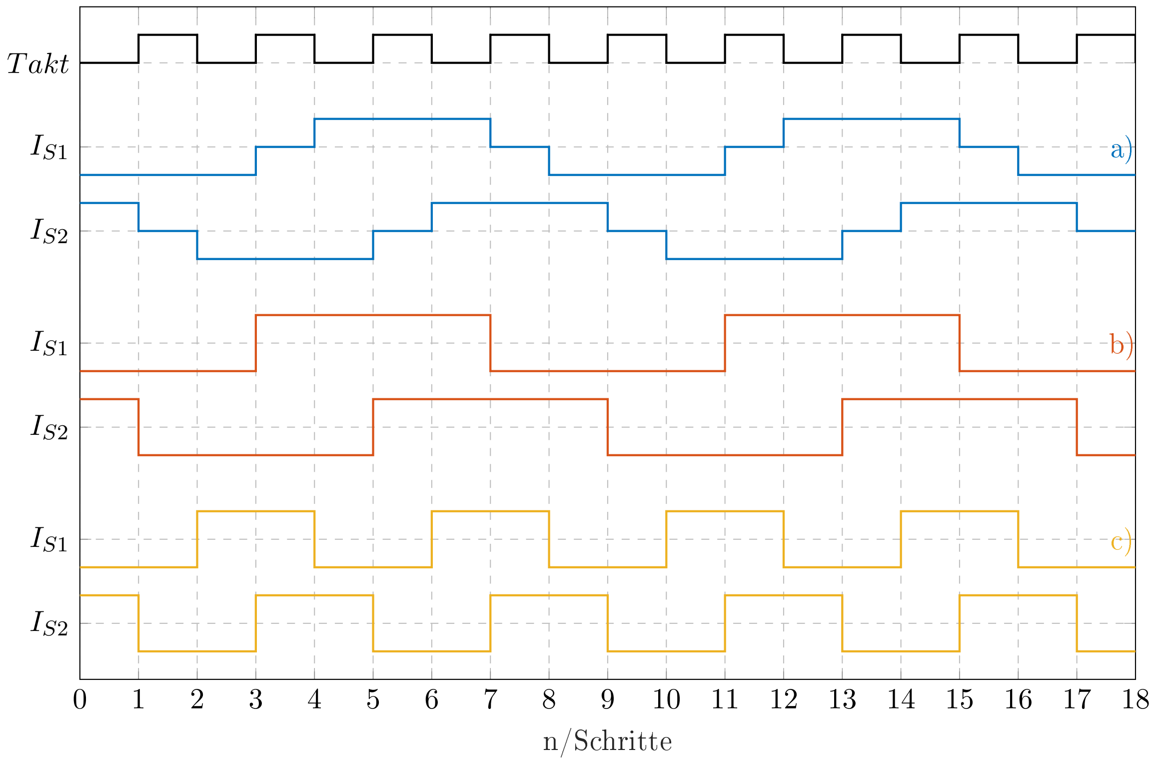


Abbildung 1.1: idealisierte Stromverläufe im Rechtslauf

d) Wird der Motor mit den Strömen der Abbildung 1.1 a) oder b) angeregt, stellt sich die gleiche Drehzahl ein. Einzig werden durch die Halbschritte in a) ein runderer Lauf ermöglicht. Im Gegensatz dazu dreht sich der Motor in c) doppelt so schnell wie in a) oder b), da die Periodendauer nur halb so groß ist.

Aufgabe 2

Für den Schrittmotor am Prüfstand sind Strangwiderstand und Stranginduktivität gegeben:

$$R_S = 2.32\Omega \qquad\qquad L_S = 11.4mH$$

a) Es sollen die Stromverläufe im Strang 1 unter Anregung verschiedener Spannungspulse ermittelt werden. Dabei kann die innere Spannung $U_{i1} = 0$ angenommen werden. Zunächst wird hierfür die Zeitkonstante ermittelt:

$$\tau = \frac{L_S}{R_S} = \frac{11.4mH}{2.32\Omega} = 4.91ms \cong 5ms \tag{2.1}$$

Daraufhin wird der maximale Wert berechnet, dem sich der Strom asymptotisch nähert:

$$I_{max} = \frac{U_{1_{max}}}{R_S} = \frac{5V}{2.32\Omega} = 2.16A \tag{2.2}$$

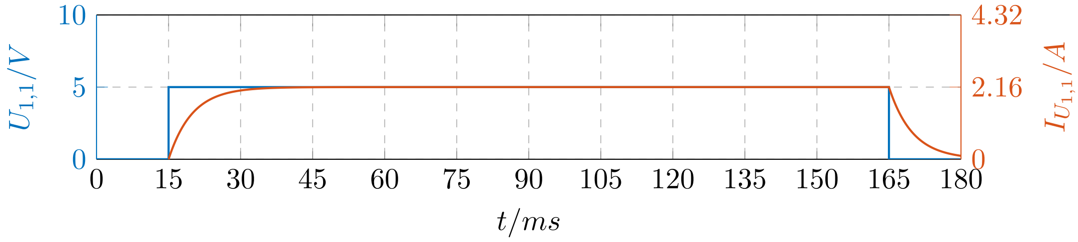


Abbildung 2.1: Stromverlauf bei Anregungspuls von 150ms

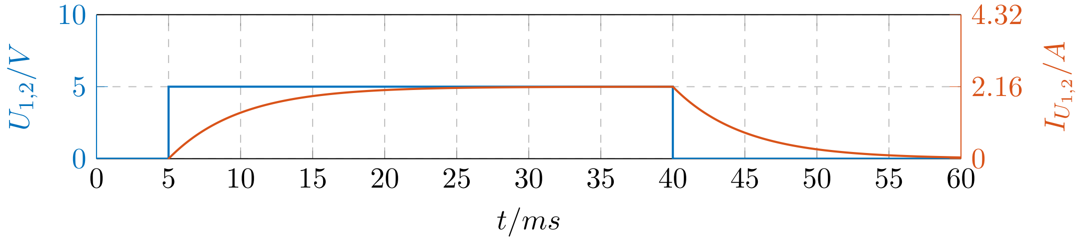


Abbildung 2.2: Stromverlauf bei Anregungspuls von 35ms

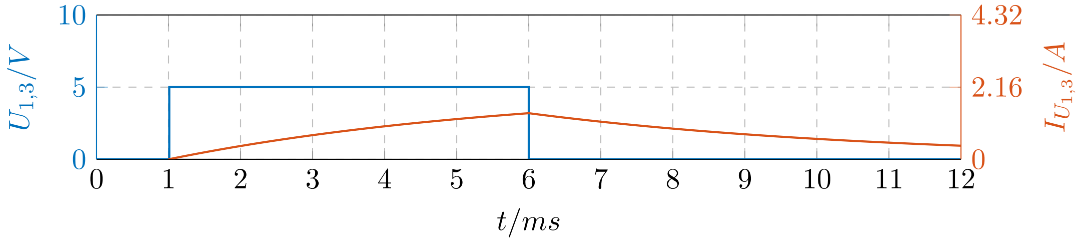


Abbildung 2.3: Stromverlauf bei Anregungspuls von 5ms

In den Abbildungen 2.1 bis 2.3 werden die Stromverläufe anhand der oben ausgerechneten Parameter dargestellt.

b) Sollte der Spannungspuls von zu kurzer Dauer sein, kommt es vor, dass sich der Strangstrom nicht komplett aufbauen kann. Dies ist in Abbildung 2.3 der Fall: bevor I_{max} erreicht wird, ist der Puls von $U_{1,3}$ bereits vorüber. Unter diesen Bedingungen kann der Motor nicht das vollständige Drehmoment aufbringen, was im Gegensatz dazu bei den Abbildungen 2.1 und 2.2 der Fall ist, da hier genug Zeit zum Aufbau des Stromes vorhanden ist.

Aufgabe 3

Im folgenden sollen wir nun den Schrittmotor unter den Gegebenheiten betrachten:

$$M_H = 1.17Nm \qquad Z_P = 50 \qquad m = 2$$

a) Es soll der mechanische Winkel γ_{mL} bestimmt werden, um den der Schrittmotor in der Ruhelage ausgerenkt wird. Als Grundlage für die Berechnung ziehen wir folgende Formel heran:

$$M_L = M_H sin(\gamma_S - \gamma_L) \qquad mit\ \gamma_S = 0 \tag{3.1}$$

Diese Formel stellen wir nach γ_L um und setzen die gegebenen Werte ein. Wir erhalten den zu bestimmenden Lastwinkel.

$$\gamma_L = \gamma_S - sin^{-1}\frac{M_L}{M_H} = 0° - sin^{-1}\frac{0.585\text{Nm}}{1.17\text{Nm}} = -30° \tag{3.2}$$

$$\gamma_{mL} = \frac{\gamma_L}{Z_P} = -\frac{30°}{50} = -0.6° \tag{3.3}$$

Unter der Berücksichtigung der gegebenen Polpaarzahl können nun den mechanischen Winkel γ_{mL} bestimmen.

b) Es soll anhand des Diagramms nun grafisch der Winkel γ_{mL} ermittelt werden, um den der Schrittmotor in der Ruhelage $\gamma_m = 0°$ ausgelenkt wird. Des weiteren soll die Abszisse noch mit dem passenden Winkel beschriftet werden. Mit dem Verhältnis $\frac{M_L}{M_H}$ können wir den Lastwinkel γ_L bestimmen. Diesen können wir dann anschließend grafisch auswerten.

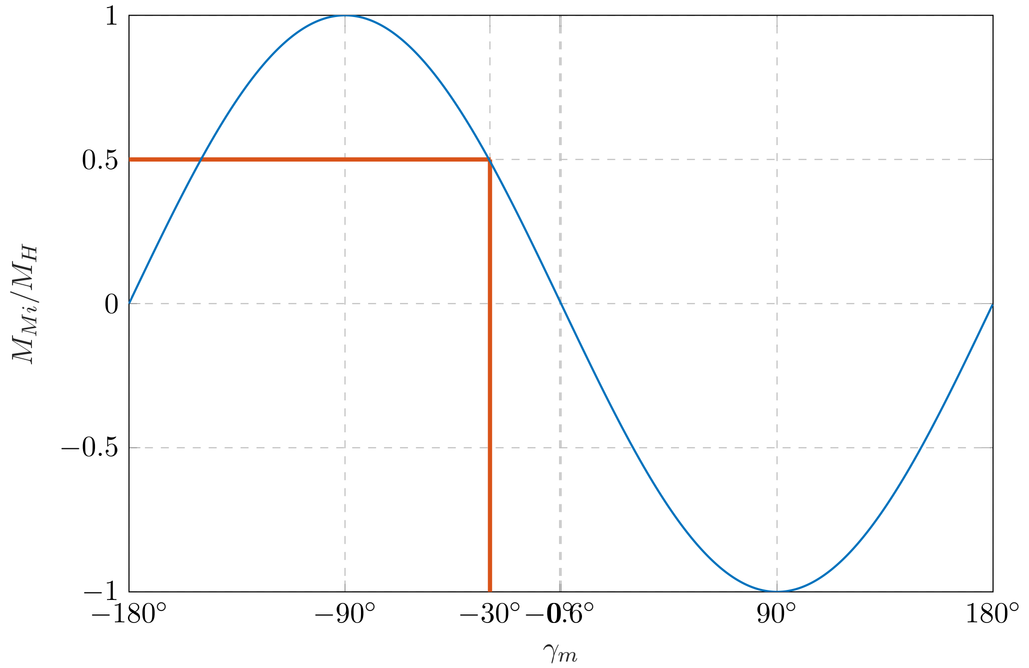


Abbildung 3.1: Grafische Bestimmung des Lastwinkels γ_L

Aufgabe 4

a) Es soll nun der Schrittwinkel α im Voll- und Halbschrittbetrieb des Schrittmotors bestimmt werden. Dafür werden die folgenden Formeln 4.1 und 4.2 herangezogen. Gegeben sind die Daten Polpaarzahl und Strangzahl:

$$Z_P = 1 \qquad\qquad m = 2$$

$$\alpha_{VS}[Z_P = 2] = \frac{360°}{kZ_pm} = \frac{360°}{2*1*2} = 90° \tag{4.1}$$

$$\alpha_{HS}[Z_P = 2] = \frac{360°}{kZ_pm} = \frac{360°}{4*1*2} = 45° \tag{4.2}$$

b) Berechnet werden soll nun jeweils der Schrittwinkel α, sowie die Schrittzahl pro Umdrehung z. Dies soll sowohl für den Halbschrittbetrieb, als auch den Vollschrittbetrieb durchgeführt werden. Gegeben ist die Polpaarzahl $Z_P = 50$, sowie die Strangzahl $m = 2$. Nach den obig in a) gegebenen Formeln 4.1 und 4.2 berechnen wir nun die Schrittwinkel im Voll- und Halbschrittbetrieb. Hierbei berücksichtigen wir natürlich die im Aufgabenteil b) gegebenen Werte.

$$\alpha_{VS}[Z_P = 50] = \frac{360°}{kZ_pm} = \frac{360°}{2*50*2} = 1.8° \tag{4.3}$$

$$\alpha_{HS}[Z_P = 50] = \frac{360°}{kZ_pm} = \frac{360°}{4*50*2} = 0.9° \tag{4.4}$$

Um nun an die Schrittzahl des Motors zu gelangen, müssen wir 360° (eine volle Umdrehung), durch den jeweilig ermittelten Schrittwinkel teilen. So erhalten wir:

$$\text{Schrittzahl } VS = 200\ Schritte$$
$$\text{Schrittzahl } HS = 400\ Schritte$$

c) Es soll ermittelt werden, wie viele Schritte der Schrittmotor im Vollschritt-, bzw. Halbschrittbetrieb ausführen muss, damit der Schlitten 24mm verfahren werden kann. Die Spindelsteigung der Kugelgewindespindel beträgt 20mm pro Umdrehung.
Zuerst wird ermittelt, wie viele Umdrehungen bzw. um wie viel Grad der Motor drehen muss, damit die 24mm erreicht werden:

$$\alpha[l = 24mm] = \frac{24mm}{20mm}360° = 432° \tag{4.5}$$

Der hier erhaltene Winkel wird in die Formeln nun durch α_{VS} bzw. α_{HS} geteilt, wodurch sich die benötigten Schrittzahlen für den Verfahrweg ergeben:

$$\text{Schrittzahl } VS = \tfrac{432°}{1.8°} = 240\ Schritte$$
$$\text{Schrittzahl } HS = \tfrac{432°}{0.9°} = 480\ Schritte$$

Aufgabe 5

Nun sollen mit dem Schrittmotor Einzelschritte ausgeführt werden. Währenddessen soll der Stromverlauf gemessen werden in einer Wicklung. Dieser soll anschließend erklärt werden. Der Unterschied zum in 2a) berechneten Verlauf soll ebenfalls dargelegt werden.

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

b) Es soll eine mögliche Steuersignalfolge gefunden werden, mit der man eben diese Unterschiede zwischen gemessenem und berechneten Strom verhindern kann. Der Schrittmotor ist mit dieser Signalfolge zu betreiben, sowie der Stromverlauf zu messen.
Es wäre eine Möglichkeit beide Brücken zu deaktivieren, eine Brücke dann einzuschalten. In dem Moment stellt sich der Rotor auf eine bestimmte Position ein. Nun schaltet man die Brücke wieder ab, sowie auf gleiche Weise wieder ein. Der Rotor dreht sich nicht, da er sich schon in Position befindet. Des Weiteren steigt der Strom nun wie in Abbildung 5.1 zu sehen an.

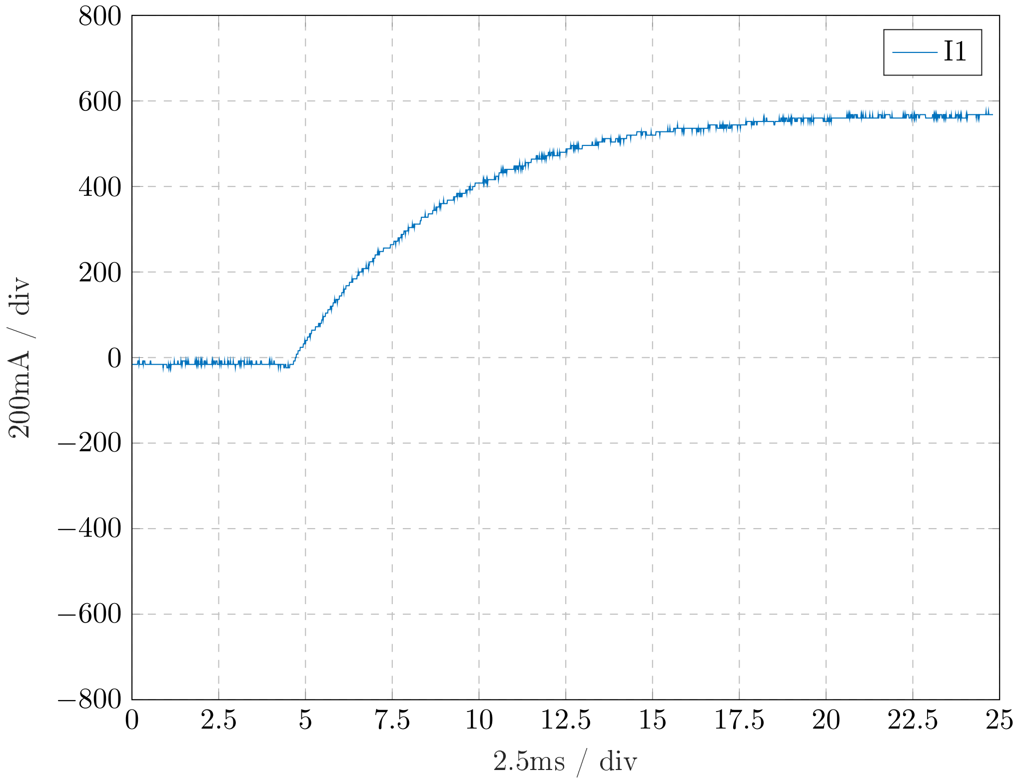
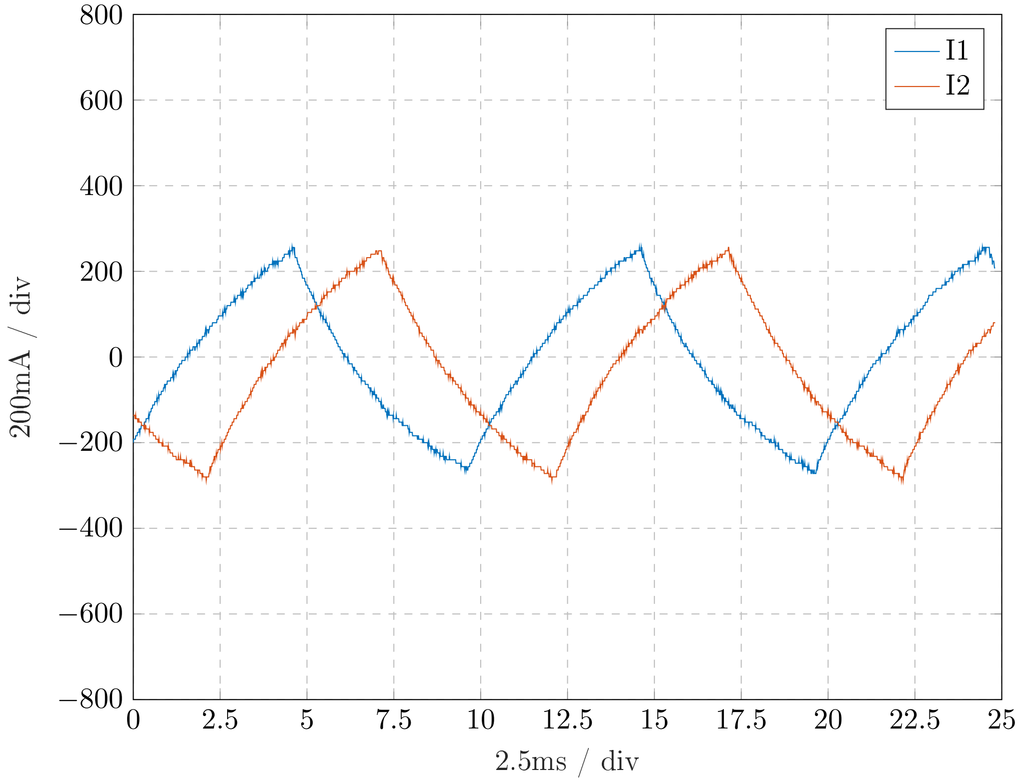
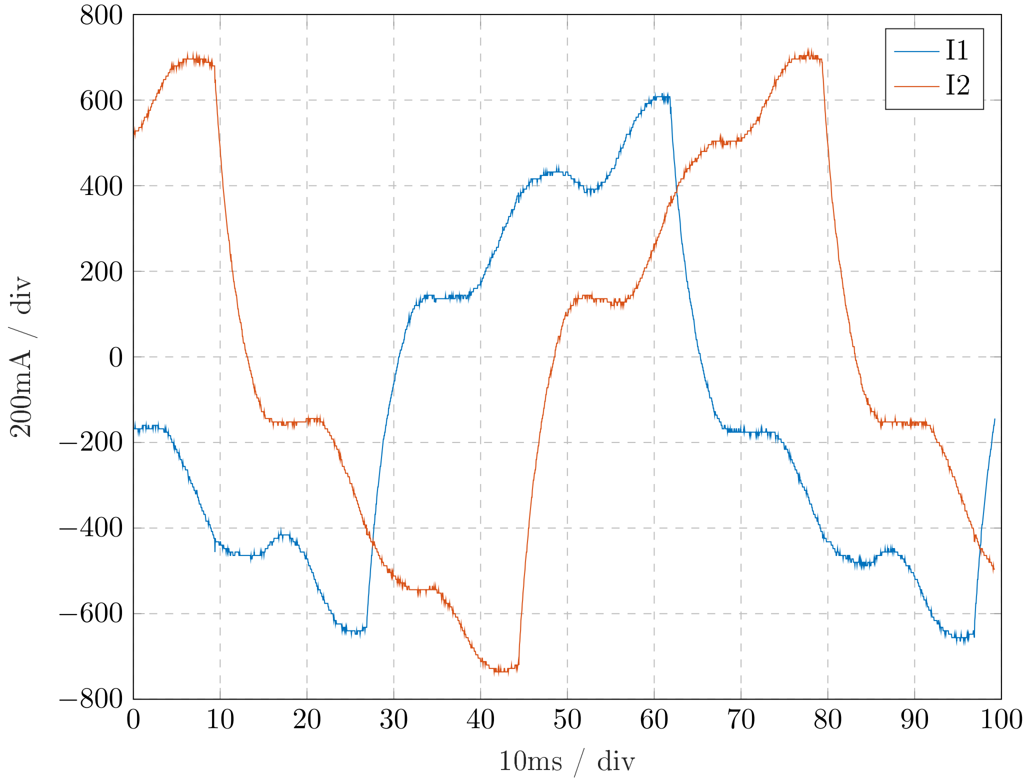


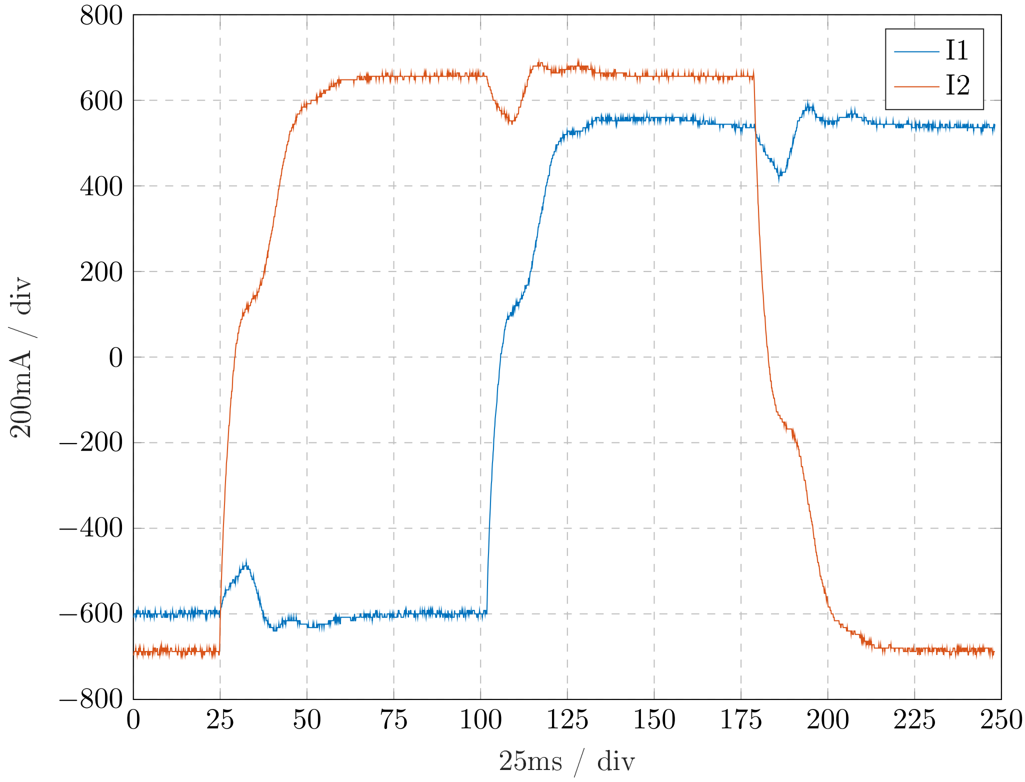
Abbildung 5.1: Stromverlauf eines Stranges beim Einschaltvorgang ohne Drehbewegung

c) *Berechnen Sie für den Vollschrittbetrieb drei Schrittfrequenzen so, dass die Breite des Spannungspulses jeweils der Breite der Spannungspulse aus Abbildung 7.4 (im Skript) für* $n = 1, 2, 3$ *entspricht. Führen Sie mit jeder dieser Frequenzen eine Messung und vergleichen Sie die gemesse-*



nen Verläufe mit denen in der Aufgabe 2a) berechneten Verläufe. Wir müssen nun 2 durch die Breite in s teilen. Nun rechnen wir für $n = 1, 2, 3$ jeweils die Frequenzen aus.


800
600
400
200
0
−200
−400
−600
−800
200mA / div
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
10ms / div
I1
I2


800
600
400
200
0
−200
−400
−600
−800
200mA / div
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
25ms / div
I1
I2

Aufgabe 6

Es soll eine Schrittmotorsteuerung implementiert werden im entsprechenden Statechart des Simulink-Modells.
Um die Ansteuerung variabel zu halten, wurde das entsprechende Statechart im Simulink-Modell am Laborrechner angepasst, dies ist in Abbildung 6.1 zu sehen. Der zeitliche Verlauf der internen Ansteuerung wird in Abbildung 6.2 dargelegt.

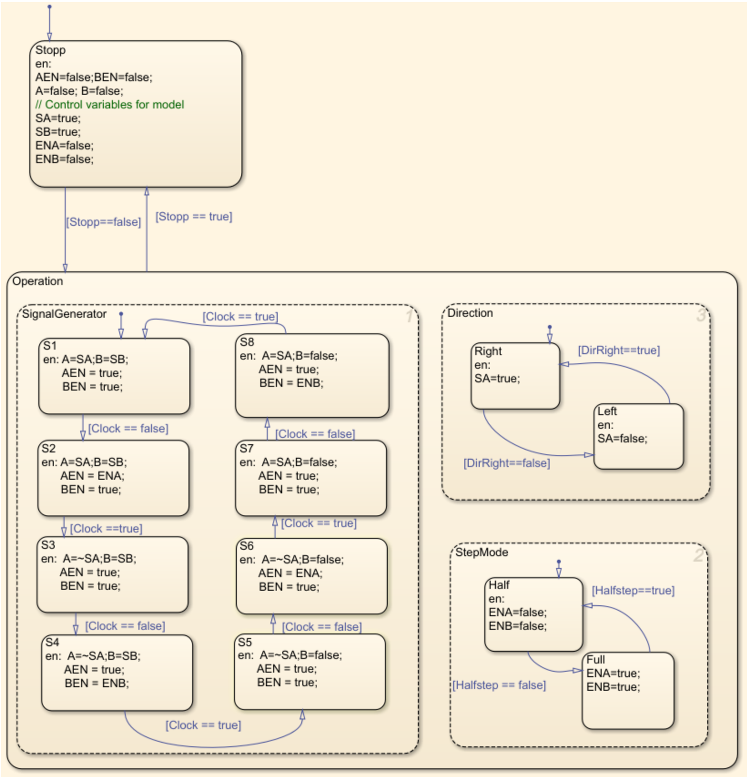


Abbildung 6.1: Matlab-Simulink Modell der Ansteuerung des Schrittmotors

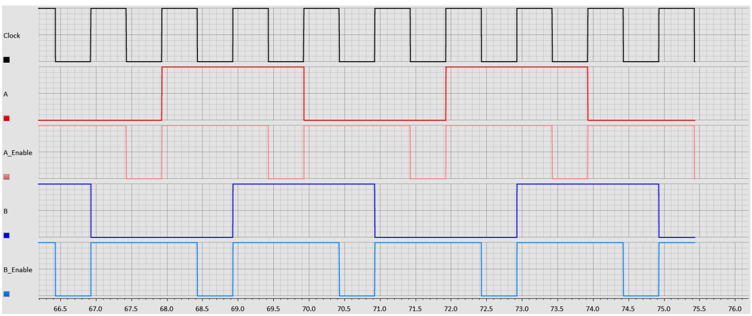


Abbildung 6.2: Verläufe der Ansteuerungssignale