

# Praktikum Elektrische Antriebe

## Versuchsprotokoll zu Versuch 4: BLDC

Name: Benjamin Haid		Studiensemester: 6
Datum: 27.04.2016	Testat:	
Mitarbeiter: Johannes Kopp, Tobias Soldan		





## **Aufgabe 1**

Siehe Skript Elektrische Antriebe Anhang A.2 S.123.

## Aufgabe 2

a) In den folgenden Graphiken werden die Signale der Hallsensoren (siehe Abbildung 2.1) und die idealisierten Stromverläufe (siehe Abbildung 2.2) dargestellt.

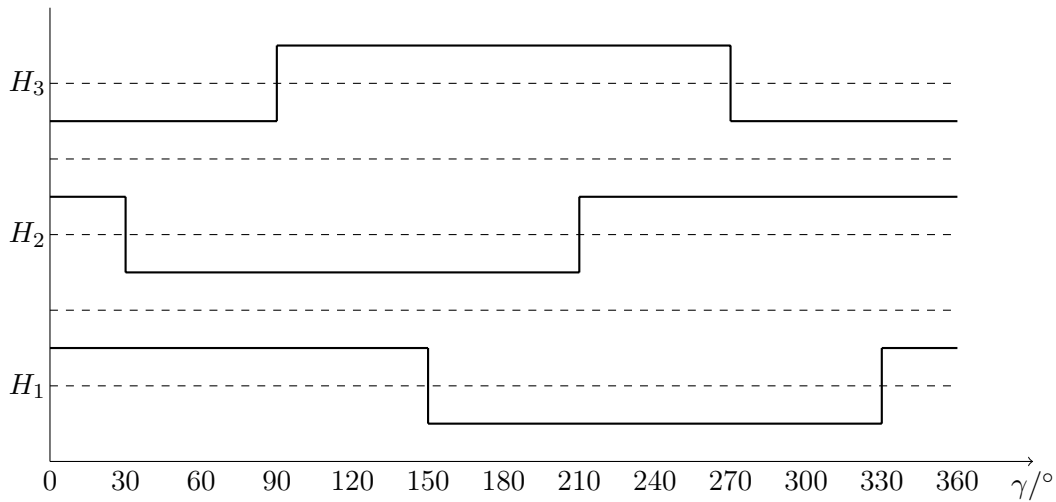


Abbildung 2.1: Signale der Hallsensoren

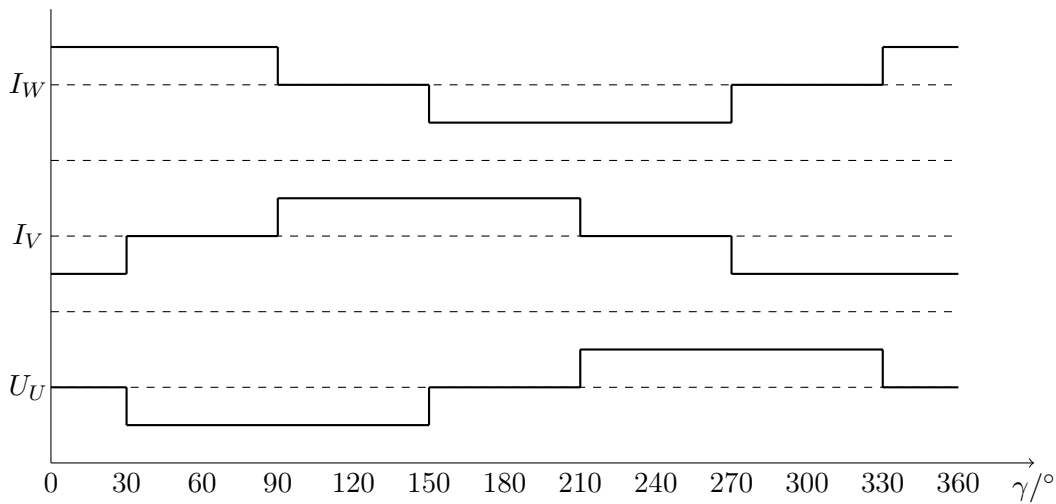


Abbildung 2.2: Idealisierte Stromverläufe

b) Im folgenden Diagramm (siehe Abbildung 2.3) werden die Ansteuersignale der sechs Transistoren für den Rechtslauf dargestellt. Der Einfachheit halber werden für  $W, V$  und  $U$  je Highside leitend als 1, Lowside leitend als  $-1$  und gesperrt als 0 bezeichnet. Somit gleichen die Ansteuersignale dem idealisierten Stromverlauf aus dem Skript elektrische Antriebe S.102, Abbildung 8.3.

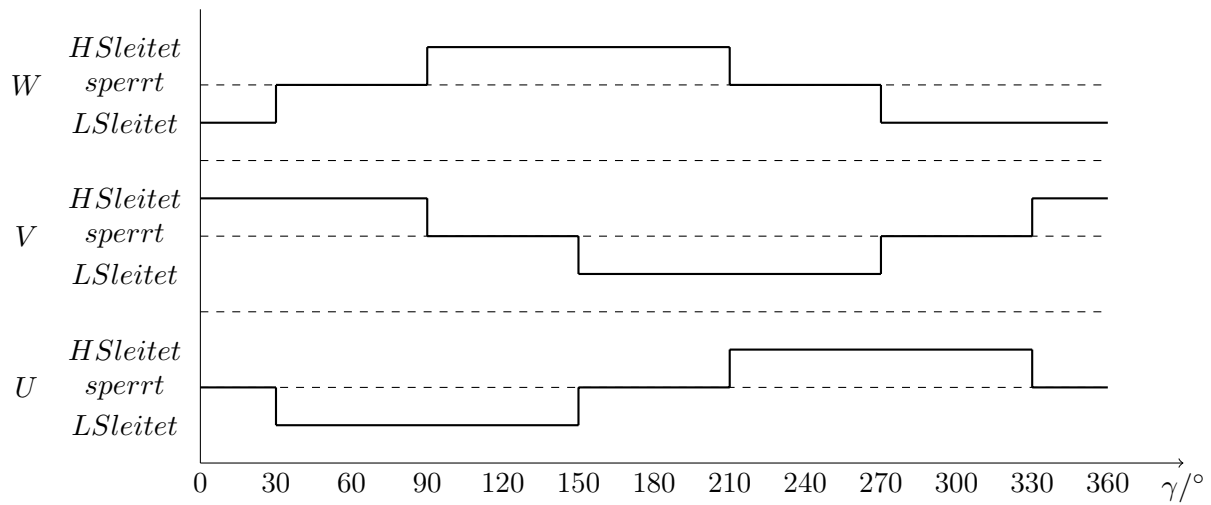


Abbildung 2.3: Ansteuersignale der 6 Transistoren - Rechtslauf

c) Die Ansteuerung der Transistoren entspricht wie in b) erwähnt dem idealisierten Stromverlauf.

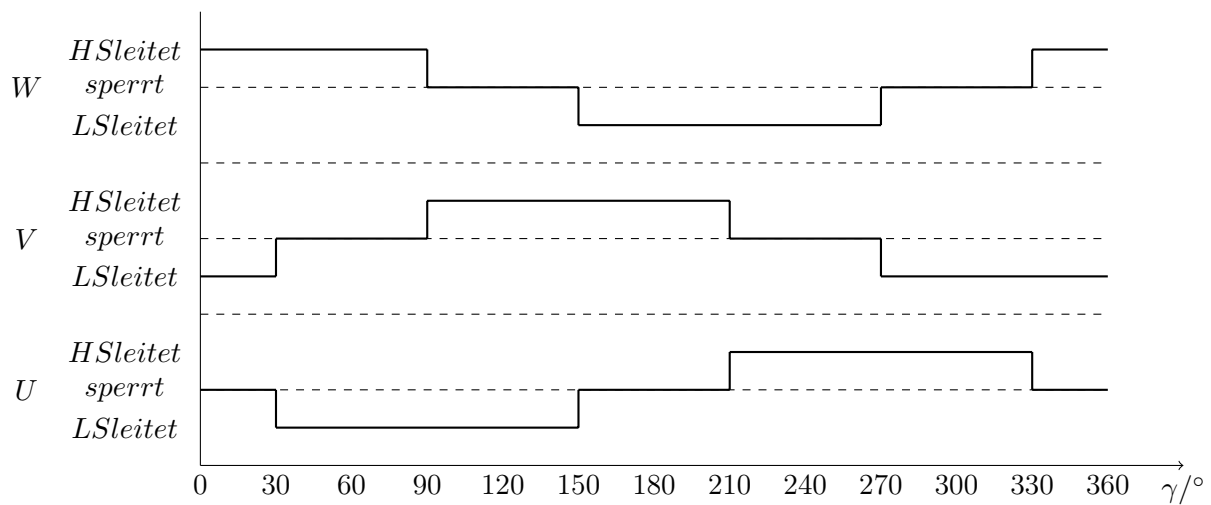


Abbildung 2.4: Ansteuersignale der 6 Transistoren - Linkslauf

d) Wir nutzen die Formel 5.9 aus dem Vorlesungsskript S.41.

$$U_a = R_a I_a(t) + L_a \frac{dI_a(t)}{dt} + U_I \quad (2.1)$$

Mit  $U_I = 0$  gilt:

$$L_a \frac{dI_a(t)}{dt} + R_a I_a(t) = U_a \quad (2.2)$$

Umgeformt ergibt sich:

$$\tau \frac{dI_a(t)}{dt} + I_a(t) = \frac{U_a}{R_a} \quad (2.3)$$

Wobei für die Zeitkonstante  $\tau = \frac{L_a}{R_a}$  gilt.

Die Lösung dieser Differentialgleichung lautet:

$$I_a(t) = \frac{U_a}{R_a} (1 - e^{-\frac{t - 1\text{ms}}{\tau}}) \quad (2.4)$$

Für  $R_a = 0.8\Omega$  und  $L_a = 1.1\text{mH}$  und einem Spannungsverlauf, wie im Skript (siehe S.105 Abbildung 8.7) dargestellt, ergibt es im Strang U einen Ankerstrom der folgendermaßen verläuft (siehe Abbildung 2.5):

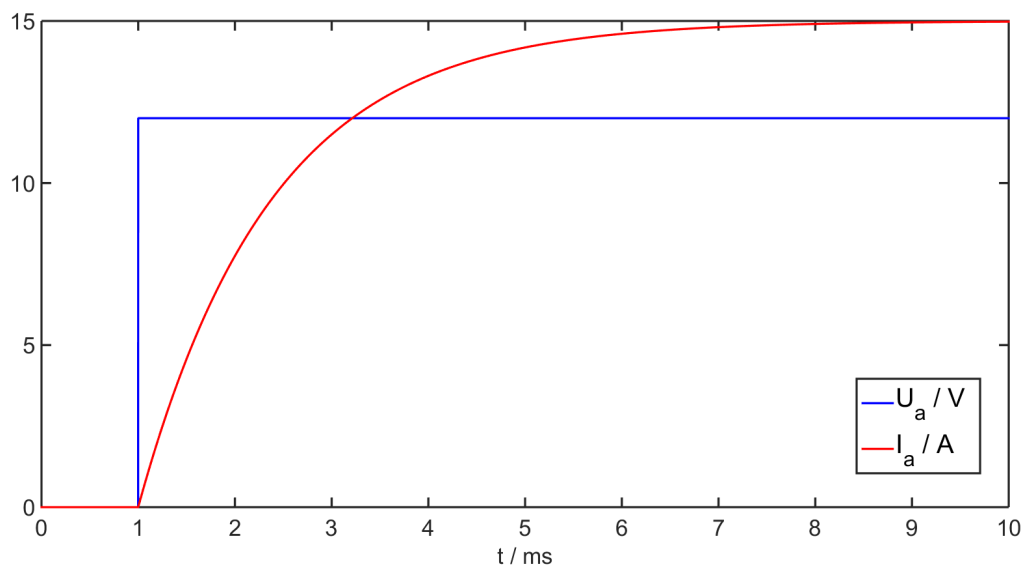


Abbildung 2.5: Verlauf des Ankerstroms

### Aufgabe 3

a) Im Signaldiagramm 3.1 wird der Verlauf der Signale der Hallsensoren bei einer Poolpaarzahl 2 dargestellt.

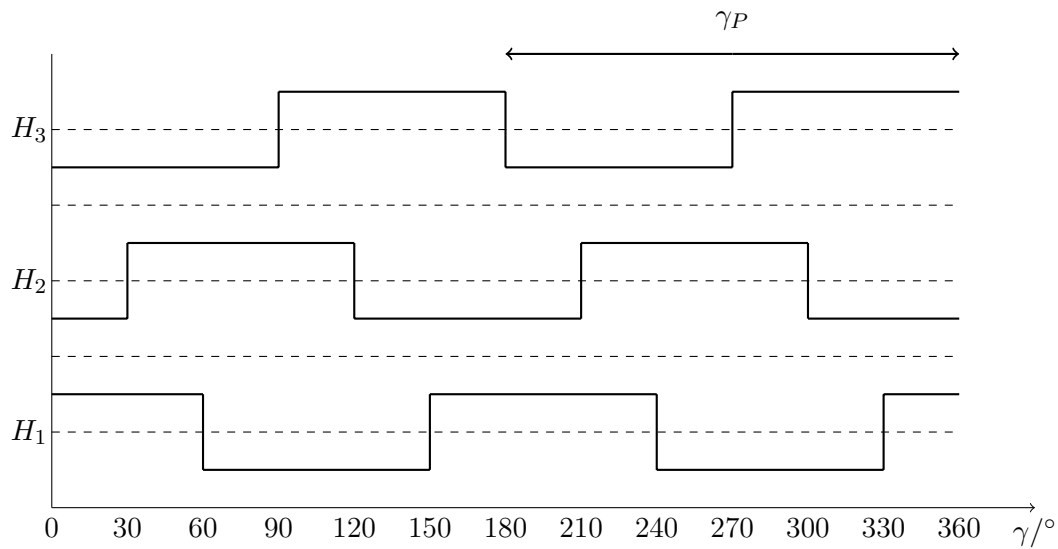


Abbildung 3.1: Signale der Hallsensoren bei  $Z_P = 2$

b) Im Signaldiagramm 3.1 steht  $\gamma_P$  steht für eine Periode des Hallsensorsignals. Daraus kann die Poolpaarzahl errechnet werden:

$$Z_P = \frac{360^\circ}{\gamma_P} \quad (3.1)$$

## Aufgabe 4

a) Im Bereich eines kompletten Phasendurchlaufes, wie die blaue obere Kurve in Abbildung 4.1 zeigt, finden zwei Perioden des Hallsensorsignals statt. Nach (3.1) ergibt sich eine Polpaarzahl  $Z_P = 2$ .

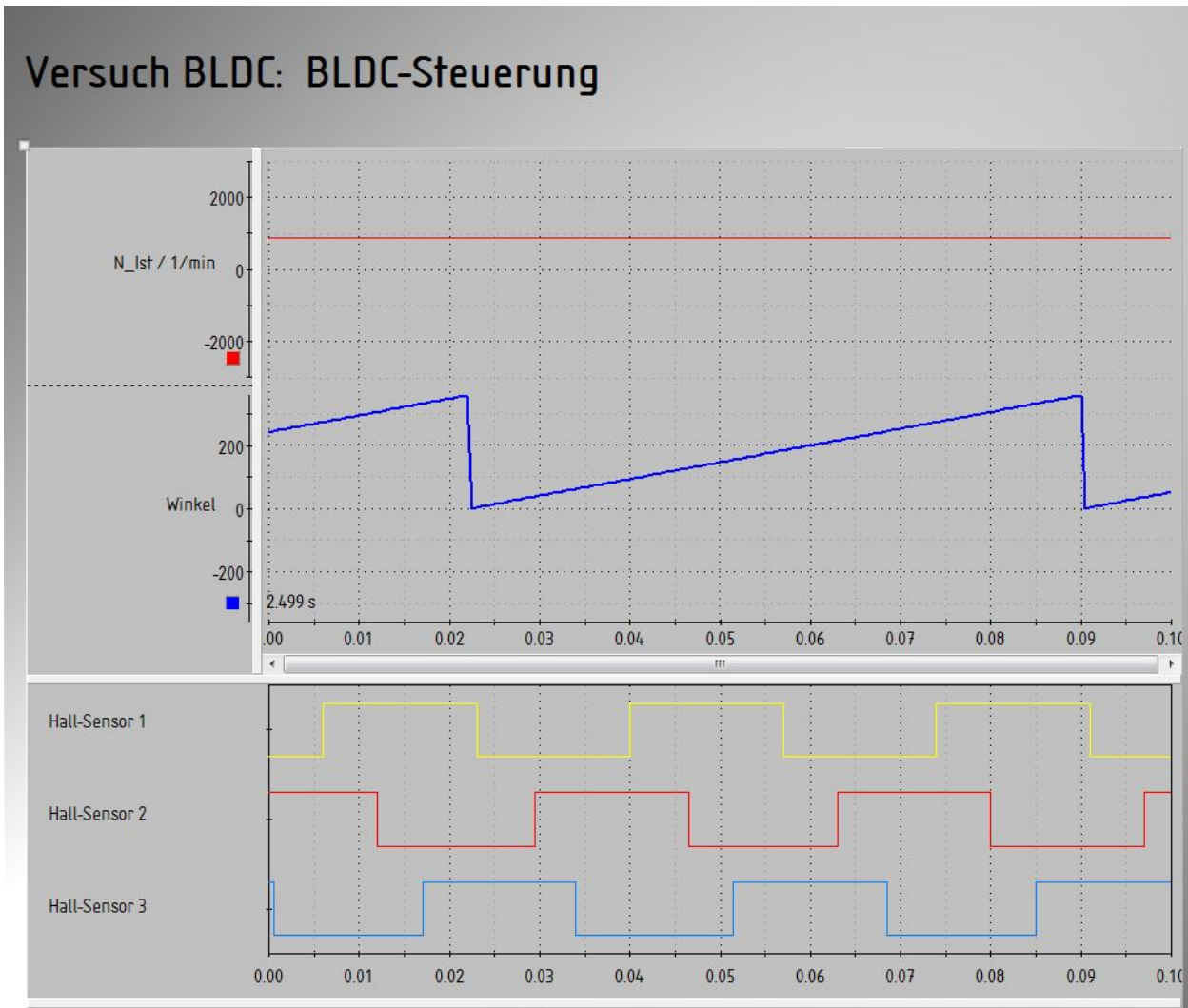


Abbildung 4.1: Aufgenommene Hallsensorsignale



b) In der folgenden Tabelle 4.1 wird der Ansteuerwert der einzelnen Transistoren in Abhängigkeit der vorliegenden Hallsensorsignale dargestellt.

$H_1$	$H_2$	$H_3$	$U_{HS}$	$U_{LS}$	$V_{HS}$	$V_{LS}$	$W_{HS}$	$W_{LS}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0

Tabelle 4.1: Wertetabelle zur Ansteuerung der Transistoren

c) Die Implementierung erfolgte in Matlab/Simulink.

## Aufgabe 5

a) In Abbildung 5.1 werden die Drehzahlen des BLDCs bei den Ankerspannungen  $U_A = 20\text{V}$ ,  $U_A = 15\text{V}$  und  $U_A = 10\text{V}$  in Abhängigkeit des Lastdrehmoments dargestellt.

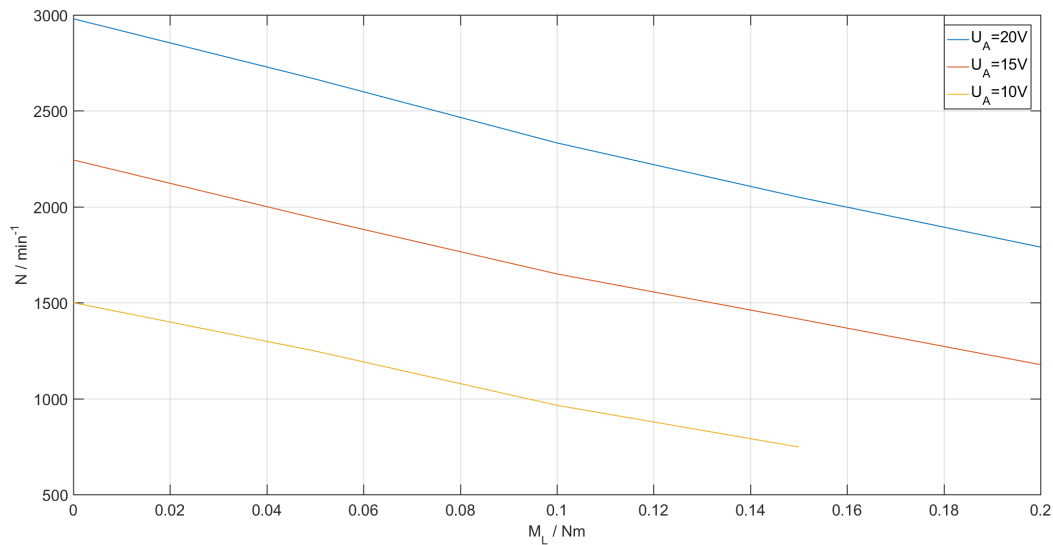


Abbildung 5.1: Drehzahl-Drehmomentkennlinie

b) In Abb. 5.1 erkennt man, dass es bei einer Ankerspannung von 10V nicht möglich ist, ein Drehmoment von 0.2Nm zu erreichen. Dies rührt daher, dass der BLDC einen DC-Motor antreibt, welcher generatorisch wirkt und somit eine Spannung erzeugt. Diese verursacht einen Stromfluss durch einen veränderlichen ohmschen Widerstand, dessen Größe durch den Laststrom-Regler angepasst werden kann. Bei 10V hat der BLDC eine bestimmte Drehzahl, somit kann nur eine bestimmte Spannung am Generator erzeugt werden. Der größtmögliche Strom am DC-Motor und damit auch das maximal erreichbare Lastmoment wird nach dem ohmschen Gesetz durch die Größe des Widerstands begrenzt. Selbst wenn dieser den kleinsten möglichen Wert annimmt, wird lediglich ein Strom von ca. 3A und das entsprechende Drehmoment von ungefähr 0,15Nm erzeugt.

## Aufgabe 6

- a) Der Unterschied zwischen dem idealen und dem realen Stromverlauf ist der, dass ideal eine Rechteckform entsteht, real kann der Strom an der Spule, aufgrund des ohmschen Widerstandes, nicht springen, er verläuft näherungsweise nach einer Exponentialfunktion beim Einschalten der Phase. Der Motor besteht aus einer Induktivität und einem Widerstand, diese legen die Zeitkonstante  $\tau$  fest, mit der die Exponentialfunktion ansteigt. Wenn nun der Strom kommutiert, das heißt der Strom fließt über die jeweils andere Phase, erfährt dieser einen Einbruch, weil in der anderen Wicklung derselbe Effekt auftritt.
- b) Aufgrund dessen, dass das Drehmoment durch den Strom erzeugt wird, bricht es im gleichen Maße ein, wie der Strom.
- c) Da es nicht klug ist, die Induktivität oder den ohmschen Widerstand des Motors zu verändern, um eine geringere Zeitkonstante zu erreichen, kann das Verhalten durch einen Stromregler verbessert werden.