

Praktische Anwendung einer elektrischen und thermischen Simulation einer Platine zur Ansteuerung eines BLDC-Motors

Christian Schmid

Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik, Augsburg, Deutschland, Christian.Schmid1@Hs-Augsburg.de

Zusammenfassung

Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand.

Abstract

Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand. Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand.

1 Grundlagen

1.1 Thermische Auslegung

Elektrische Komponenten haben einen Temperaturbereich. Bauteile werden von dem Hersteller getestet und haben in diesem Temperaturbereich einen von Hersteller angegebenen Lebenszyklus. Bei Überschreiten der Temperatur kann die Lebenszeit der Bauteile rapide abnehmen. Besonders gefährdet sind Elektrolyt-Kondensatoren. Die maximale Temperatur beträgt meist 105°C.

Bei Unterschreiten der maximalen Temperatur um 10K verdoppelt sich die Lebenszeit. Alle 10K weniger verdoppelt sich der Lebenszyklus [1].

Um die Verluste und daraus entstehende Abwärme durch Selbstinduktion und elektrische Widerstände auf der Leiterbahn gering zu halten, wird die Leiterbahn abhängig von der Anwendung unterschiedlich ausgelegt.

Eine Versorgungsleitung benötigt eine größere Leiterbahnfläche als eine Messleitung, da die Versorgungsleitung einen höheren Strom führt.

1.2 BLDC-Motor Aussteuerung

Der Brushless DC Motor ist eine Synchronmaschine. Eine Synchronmaschine braucht 3 zueinander versetzte Phasen mit Spannungen, die einen Sinus darstellen. Um die Funktionsweise zu erhalten wird das Stellglied getaktet an und abgeschaltet. Die Schaltfrequenz ist 100 - 10.000 so groß wie die gewünschte Winkelgeschwindigkeit. Die Schaltfrequenz ist zu groß für das System. (vgl. Abbildung 1)

Es stellt sich eine mittlere Spannung ein, die sich über der Zeit nur langsam verändert. Das System folgt dem Sollsignal.

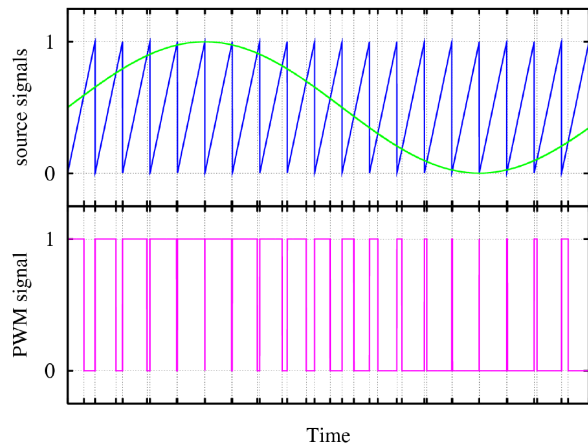


Abbildung 1: Aussteuerung einer Phase

Die schematische Funktionsweise eines Brushless DC Motors sieht wie folgt aus. Mittels 3 Halbbrücken werden die drei Phasen des Motors getrennt angesteuert und der Motor gesteuert, beziehungsweise geregelt (vgl. Abbildung 2). Die Geschwindigkeit wird vorgegeben, indem die Winkelgeschwindigkeit ω eingestellt wird. $\omega = 2\pi \cdot n = \frac{d\varphi}{dt}$. Die Spulenspannung wird durch $u(t) = U \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_U)$ eingestellt.

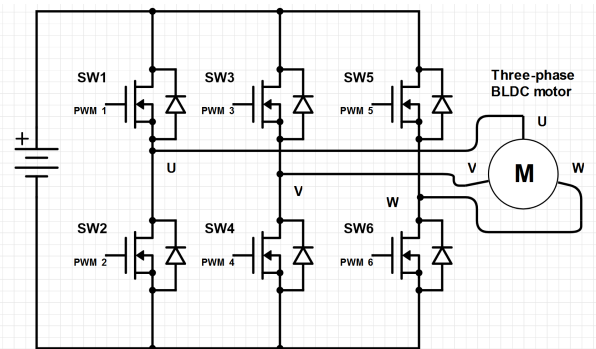


Abbildung 2: Schematische Funktionsweise eines BLDC Motors [2]

1.2.1 Folgerung

Da sich der eingestellte Strom sehr schnell verändert und das Thermische System langsamer ist als die Motoransteuerung, kann davon ausgegangen werden, dass in den Leitungen ein konstanter Strom fließt. Es wird angenommen dass bei maximalem Drehmoment ein Strangstrom von bis zu $I_{Strang} = 5A$ fließt.

2 Thermisches Design

Abhängig von dem einstellten Strom gibt es in der Industrie Vorgaben, wie breit Leiterbahnen sein sollen. Für einen Strom von $I_{Strang} = 5A$ und einer maximalen Erwärmung von $10K$ ergibt sich eine Leiterbahnbreite von $b = 4mm$.

Aufbau einer Platine

Der Aufbau einer 2 lagigen Platine ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die mittlere Schicht der Platine besteht aus einem $1,5mm$ breiten Dielektrikum [4].

Die Breite der Leiterbahnen betragen $35\mu m$ auf Ober- und Unterseite [5].

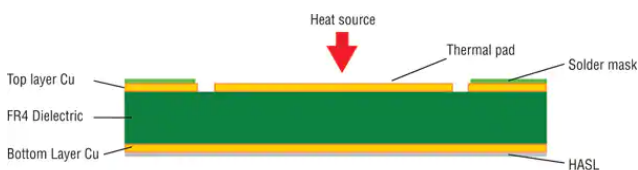


Abbildung 3: Schematische Funktionsweise eines BLDC Motors [4]

Überprüfung des Vorgabewerts

Diese Arbeit widmet sich dem Ausrechnen des Thermischen Widerstands und der Platinenerwärmung durch den eingestellten Strom.

Wärmestrom

Der Wärmestrom wird durch den elektrischen Strom durch die Leiterbahn bestimmt.

Die elektrische Leitfähigkeit beträgt: $\rho = \frac{58.1e6}{Sm^{-1}}$ Die Fläche der Leiterbahn beträgt:

$$R_{Leiter} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{l}{A} \quad (1)$$

Daumenregel

Eine einfache Näherung um die Erwärmung zu bestimmen



Abbildung 4: my caption of the figure [10]

3

test

Dies ist ein normaler Text in 10 pt Schriftgröße und 12 pt Zeilenabstand.

Literatur

- [1] TDK-Lambda Germany GmbH [online], [Zugriff am 22.12.2021] Verfügebar unter: <https://www.emea.lambda.tdk.com/de/KB/Was-Sie-über-die-Lebensdauer-von-Stromversorgungen-wissen-sollten.pdf> Aachen, TDK-Lambda Germany GmbH
- [2] Steven Keeping: An Introduction to Brushless DC Motor Control, Digi-Key Electronics, 27.03.2013, Zugriff am 22.12.2021] Verfügebar unter: <https://www.digikey.de/de/articles/an-introduction-to-brushless-dc-motor-control>
- [3] IPC [online], [Zugriff am 22.12.2021] Verfügebar unter <https://www.ipc.org/TOC/IPC-2221.pdf>, United States, IPC
- [4] Cree, Inc. Optimizing PCB Thermal Performance for Cree XLamp LEDs 22.12.2010, [Zugriff am 22.12.2021] Verfügebar unter <https://www.digikey.de/en/articles/optimizing-pcb-thermal-performance-for-cree-xlamp-leds>
- [5] Aisler B. V. [online], [Zugriff am 22.12.2021] Verfügebar unter <https://aisler.net/help/design-rules-and-specifications/specifications>
- [6] Analog Devices: Analog Design Seminar. München: Analog Devices GmbH, 1989
- [7] Lancaster, Don: Das Aktiv- Filter-Kochbuch. Vaters-tetten: IWT, 1986
- [8] Grütz, A.: Jahrbuch Elektrotechnik '98. Berlin Offen-bach: VDE-VERLAG, 1997

- [9] H.; Lex, A.: Magnetische Eigenschaft von nichtkornorientiertem Elektroblech. *etz Elektrotech. Z.* 112 (1991) H. 22, S. 1204 – 1208
- [10] Abramowitz, M.: Handbook of mathematical functions. 3. Aufl., New York: Dover, 1980
- [11] Guidelines for ETEP-Authors. ETEP European Transactions on Electrical Power. Vol. 7, No. 5, Sept./Oct. 1997, pp. 363 – 364