

Sensorboard für die Phasenanschnitt- und Wellenpaketsteuerung

Helmerich, Jonas^{1,2}, Liebold, Falk¹

¹*Duale-Hochschule Gera-Eisenach, Fachgebiet Elektrotechnik und Industrielle Elektronik, Weg der Freundschaft 4, 07546 Gera, Deutschland*

²*Preh GmbH, HW-Engineering, Schweinfurter Straße 5-9, 97616 Bad Neustadt a. d. Saale, Deutschland*

Zusammenfassung

Es wurde ein Demoboard entwickelt, welches die Phasenanschnittsteuerung und Wellenpaketsteuerung an Kondensatormotoren visuell durch Sensormesstechnik veranschaulicht. Dabei kommen optoelektronische Sensoren, Hall-Sensoren und Hysteresebremsen zum Einsatz. Das entwickelte Sensorboard steuert zwei Kondensatormotoren an, deren Last über Hysteresebremsen einstellbar ist. Die Ansteuerungsverfahren wurden in einem STM 32 Controller umgesetzt. Spannungs- und Stromverläufe werden digitalisiert und auf dem Touchdisplay visualisiert.

Keywords: Kraft- und Drehmomentsensoren, Optische und Infrarot-Sensoren, Zustandsüberwachung, Signalverarbeitung, Systemdesign, Motoransteuerung, Strommessung, Hall-Sensoren, elektrische Sicherheit

Einführung

Elektromotoren sind fundamentale Bauelemente in zahlreichen industriellen Anwendungen, Haushaltsgeräten und Verkehrsmitteln, die unseren modernen Alltag antreiben. Ihr Einsatzbereich erstreckt sich von kleinen elektronischen Geräten bis hin zu leistungsstarken industriellen Maschinen. Eine Schlüsselrolle bei der Optimierung der Leistungsfähigkeit von Elektromotoren spielen dabei die Drehmoment- und Drehzahlregelung. Diese beiden Aspekte sind entscheidend, um die Effizienz, Präzision und Flexibilität von Elektromotoren zu maximieren und den Anforderungen verschiedenster Anwendungen gerecht zu werden. Die Drehmomentregelung ermöglicht die präzise Steuerung der Kraft, die der Elektromotor auf eine Last ausübt. Dies ist von großer Bedeutung, da unterschiedliche Anwendungen unterschiedliche Drehmomente erfordern. Sei es bei der Bewegung eines Förderbands, der Rotation eines Roboter gelenks oder dem Antrieb eines Elektrofahrzeugs – eine gezielte Anpassung des Drehmoments ist unerlässlich, um die gewünschte Leistung zu erzielen. Gleichzeitig spielt die Drehzahlregelung eine ebenso wichtige Rolle, indem sie die Rotationsgeschwindigkeit des Motors präzise steuert. Dies ist besonders relevant in Anwendungen, bei denen eine genaue Geschwindigkeitskontrolle erforderlich ist, wie beispielsweise in der Automobilindustrie, in Pumpensystemen oder in der Robotik.

Verschiedene Motorarten haben verschiedene Arten Drehmoment und Drehzahl zu regeln. Drehstrommotoren können per Frequenzumrichter in der Drehzahl, oder per Feldorientierter Regelung im Drehmoment gestellt werden, wohingegen Gleichstrommotoren per Pulsweitenmodulation gesteuert werden können.

In üblichen Haushaltsgeräten wie Waschmaschinen oder Klimaanlage, sowie in der Haustechnik in Rollläden oder Rolltoren werden Kondensatormotoren eingesetzt. Auch diese Motoren müssen steuerbar sein. Insbesondere bei Rolltoren ist ein präzises Drehmoment von großer Bedeutung. Es sollte ausreichend hoch sein, um eine reibungslose Bewegung des Tores zu gewährleisten. Gleichzeitig ist es essenziell, dass das Drehmoment nicht übermäßig hoch ist, um potenzielle Verletzungen zu vermeiden, falls eine Person zwischen das Tor gerät. Es gibt zwei Verfahren um die Leistung, und somit das Drehmoment von Kondensatormotoren zu steuern, die Phasenanschnittsteuerung und die Wellenpaketsteuerung.

Zielstellung

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, ein Demoboard für die Steuerung von Phasenanschnitt und Wellenpaketsteuerung mit Kondensatormotoren zu entwickeln, um eine vergleichende Darstellung dieser Verfahren zu ermöglichen. Das Demoboard soll mit zwei Kondensatormotoren ausgestattet

Abb. 1). Um die Motorströme verlustfrei zu messen, wird ein Hall-Effekt-Sensor vom Typ ACS724KMA von Allegro eingesetzt. Dieser integrierte Schaltreis (engl. Integrated Circuit, IC) misst den Strom über den Hall-Effekt und gibt eine zum Strom proportionelle Spannung aus (siehe Abb. 2).

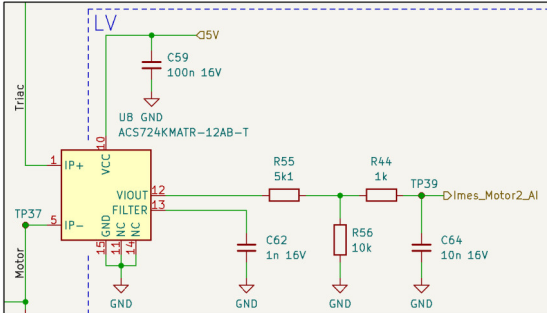


Abb. 2: Messung des Stromes mit Hall-Sensor

Zum Messen der Netzspannung wie auch der Motorspannungen wird der AMC1100DWV, ein Isolationsdifferenzverstärker von Texas Instruments, verwendet (Siehe Abb. 3).

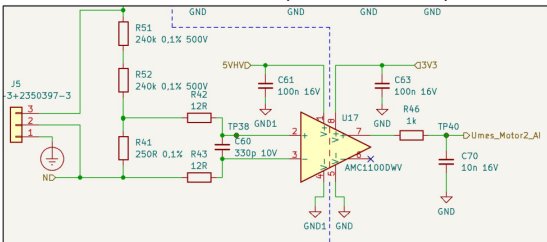


Abb. 3: Messschaltung Netzspannung

Damit die Drehzahl der Motoren gemessen werden kann, werden zwei externe Drehzahlsensoren benötigt. Der Drehzahlsensor wird direkt über der Motorwelle platziert. Die Motorwelle wird auf der Höhe des Sensors im Umfang zur Hälfte schwarz lackiert. Die Infrarot-LED des Photounterbrechers sendet kontinuierlich Licht aus. Dieses wird von der unlackierten Seite der Motorwelle reflektiert und erreicht den Phototransistor des Unterbrechers (siehe Abb. 4). Aus der Signalfrequenz kann schnell auf die Drehzahl geschlossen werden.

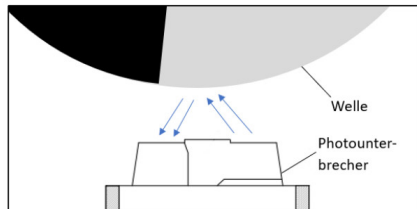


Abb. 4: optische Drehzahlmessung

Die Bremssteuerung erfolgt über Hysteresebremsen und eine einstellbare Konstantstromquelle [5]. Durch die hohen Datenraten bei der Signalverarbeitung beim verwendeten Display

Serial Interface (DSI) gelten für die Leiterbahnen besonders hohe Anforderungen und müssen impedanzkontrolliert ausgelegt werden.

Die Software für die Steuerung wurde in der STM32CubeIDE geschrieben. Im ersten Schritt wurde die Pinbelegung mittels STM32CubeMX festgelegt, sowie die Timer und externen Schnittstellen eingestellt. Aufgabe der Software ist es, die Messdaten zu erfassen und im Display wiederzugeben. Um einen genauen Verlauf zu erhalten, werden 50 im gleitenden Mittelwert vorgefilterte Werte pro Halbwelle bei einer Netzfrequenz von 50 Hz dargestellt. Die Analog-Digital-Wandler (ADCs) sind auf eine Auflösung von 12 Bit und Wandlungszeit von 0,8 µs eingestellt. Die Werte werden alle 200 µs per Timer-Interrupt eingelesen und in eine globale Variable abgelegt. Sobald diese Variable voll ist, wird ein Flag gesetzt, um dies zu signalisieren. Anschließend werden die Werte ausgelesen und an die Oberfläche weitergegeben. Der Programmablaufplan der Interrupt-Service-routine (ISR) ist in folgender Abb. 5 zu sehen.

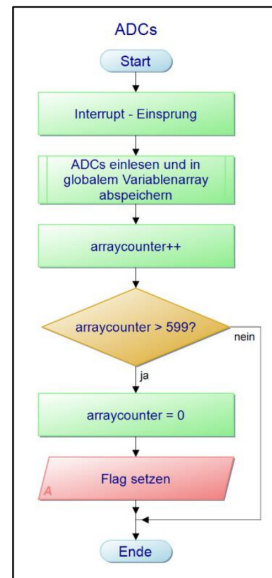


Abb. 5: Programmablauf der Interrupt Serviceroutine

Ergebnisse

Der aufgebaute Prüfstand ist in Abb. 6 zu sehen und besteht aus 1. Hysteresebremse, 2. Planetengetriebe um die Drehzahl anzuheben und 3. Kondensatormotor.

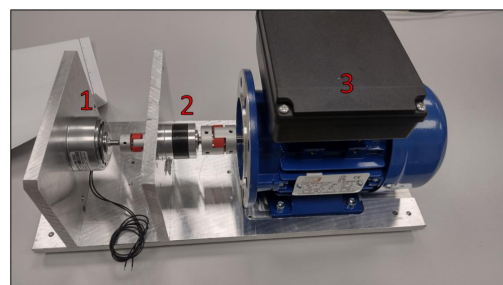


Abb. 6: Prüfstand mit Hysteresebremse (1), Planetengetriebe (2) und Kondensatormotor (3)

Das erprobte und entwickelte Sensorboard ist in Abb. 7 dargestellt.

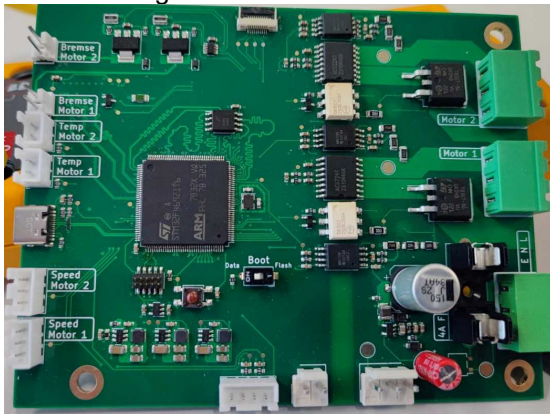


Abb. 7 Sensorboard zur Ansteuerung der Motoren (li. I/O zu Motor und Sensorik, re. 230 V Seite mit galvanischer Trennung über opto-Triacs)

Die Wellenpaketsteuerung funktioniert mit ohmschen und induktiven Lasten.

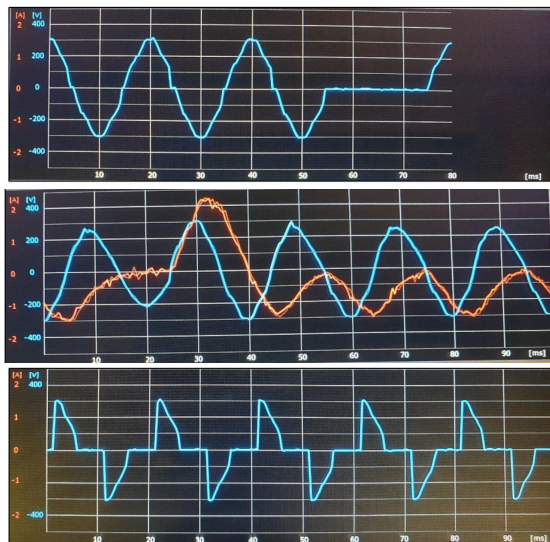


Abb. 8 Wellenpaketsteuerung und Phasenanschnitt an ohmscher und induktiver Last.

In Abb. 8 ist die Ansteuerung einer ohmschen Last (oben) und eines Kondensatormotors (Mitte), sowie Phasenanschnitt an einer ohmschen Last auf dem Touchdisplay mit Spannung (blau) und Strom (rot) als Funktion der Zeit dargestellt.

Die GUI ist intuitiv aufgebaut und stellt Spannungs- und Stromverläufe dar. Die Motoren können darüber ein- und ausgeschaltet, sowie die Bremskraft für Hysteresebremse eingestellt und die Drehzahl eingelesen werden (siehe Abb. 9).

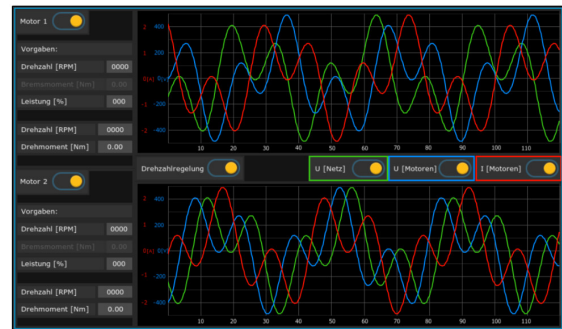


Abb. 9 Display Oberfläche der GUI

Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeit bestand darin, ein Demoboard für die Steuerung von Phasenanschnitt und Wellenpaketsteuerung bei Kondensatormotoren zu entwickeln, um die beiden Ansteuerverfahren vergleichend darzustellen. Ein zentraler Aspekt war die Entwicklung einer Steuereinheit, die die Ansteuerung der Motoren und Bremsen übernimmt, sowie die Erfassung und Visualisierung der Messdaten ermöglicht. Für die Steuereinheit wurde ein Schaltplan und ein Layout unter Beachtung der geltenden Schutzmaßnahmen erfolgreich erstellt. Beim Layout wurde außerdem auf eine Wahrung der Signalintegrität im Falle von hochfrequenten Datenleitungen geachtet. Die im Rahmen der Arbeit geschriebene Software ermöglicht Messdaten zu erfassen und über ein Display zu visualisieren. Der Nutzer kann über Elemente auf dem Display Betriebsparameter einstellen und so die beiden implementierten Ansteuerverfahren miteinander vergleichen. Das Demoboard stellt ein umfassendes Anschauungsobjekt dar, um die Ansteuerverfahren zu vergleichen.

Literaturnachweis

- [1] Kahlhorn, Peter, Drehstrommotor mit Kondensator; Kahlhorn Technischer Handel April 2024
- [2] Liebold, Falk; Vorlesungsskript, Drehstromtechnik und Grundlagen der Elektronik 2024, Duale Hochschule Gera-Eisenach
- [3] STMicroelectronics (Aug 2018): "Snubberless™, logic level and standard 8 A Triacs", Rev 15, Datenblatt
- [4] LiteOn (Jun 2016): "MOC3052 SERIES", Rev E, Datenblatt
- [5] Magtrol (Jan 2023): "HB Hysteresebremsen und MHB Abgegliche Bremsen", Datenblatt

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Falk Liebold
Duale Hochschule Thüringen
Fachgebiet Elektrotechnik &
Industrielle Elektronik
falk.liebold@dhge.de

