

ENTWICKLUNG EINER LEISTUNGSELEKTRONIK FÜR DEN BETRIEB VON MAGNETLAGERN

Dipl.-Ing. Ralf Rothe, Dipl.-Ing. Horst Töpfer

Innotas Elektronik GmbH,

Rathenaustraße 18a

02763 Zittau, Germany

Tel: +49/3583/540 98 50

Email: rothe@innotas-elektronik.de, toepfer@innotas-elektronik.de

Kurzfassung

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit der Hochschule Zittau Görlitz / IPM und Innotas Elektronik wurde eine Steuerelektronik speziell für den Betrieb von Magnetlagern entwickelt. Ausgehend von den bisherigen Erfahrungen entstand ein Konzept für eine Elektronik, bei der neue Schaltungstechniken zur Anwendung kamen. Dieses wurde schrittweise umgesetzt und es entstanden die Baugruppen Controllerboard, Leistungssteller in Form einer PWM Endstufe und Stromversorgung. Es wurde eine komplette Einheit, bestehend aus 2 Controllerboards und 7 Leistungsstellern, für einen Versuchsstand am IPM aufgebaut.

1 Ausgangssituation

Bisher wurde der Betrieb von Magnetlagern dahingehend realisiert, dass man die nötigen Komponenten, wie Regler, Pulsweitenmodulator u.a., als einzelnen Baugruppen bezog und miteinander verschaltete. Die Verbindung dieser einzelnen Komponenten erfolgte in der Regel über analoge Signale (z. B. 0 - 10 V Schnittstelle). Dies erfordert eine jeweilige Konditionierung im Ein- bzw. Ausgangsteil mit erhöhten Anforderungen hinsichtlich der Genauigkeit und Geschwindigkeit. Diese Lösung ist jedoch nur bedingt ausbaufähig. Ziel der Weiterentwicklung war die Vereinfachung im Aufbau durch den Einsatz moderner Controller- und Leistungselektronik für schnelle Schaltvorgänge. Ferner sollten die internen Schnittstellen schrittweise in Form von digitalen Signalen bzw. Bussystemen umgestellt werden.

2 Allgemeiner Aufbau

Das Gerätkonzept wurde so ausgelegt, dass es nur 2 Typen von Baugruppen gibt – eine Rechereinheit (Controllerboard) und ein Leis-

tungsteller. Alle Leistungssteller sind von Aufbau her gleich ausgeführt.

Die Reglerfunktionen und PWM Einheiten sind in Form eines Controllers bzw. digitalen Signalprozessors (DSP) umgesetzt. Diese softwareseitige Auslegung der Regler ermöglicht eine variable Adaption auf verschiedenen Anwendungen ohne Eingriffe in Hardware.

Die Leistungssteller dienen rein der Aktoransteuerung. Als Eingangsgröße werden je zwei digitale Kanäle für die PWM Ansteuerung verwendet. Als Rückführung dient ein analoges Stromsignal. Ferner ist eine Reihe von Steuersignalen implementiert.

Nachfolgendes Schema zeigt die Realisierung der einzelnen Funktionen innerhalb der beiden Baugruppen.

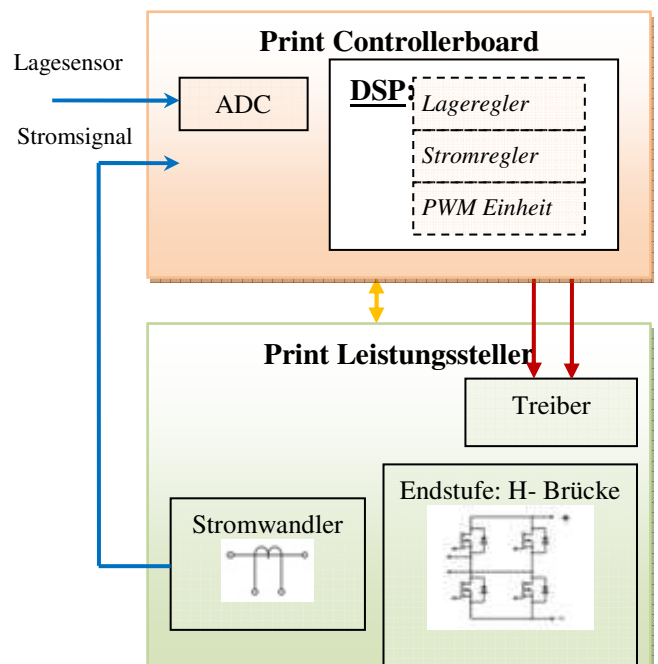


Abb. 1: Baugruppenübersicht

Vergleicht man die Struktur eines klassischen Antriebes (z. B. Frequenzumrichter) mit der Elektronik für die Speisung eines Magnetlagers, stellt man eine Reihe von Analogien fest. Beide Gruppen werden von einem Gleichstrom-Zwischenkreis betrieben. Aus dieser Ebene heraus erfolgt über Leistungshalbleiter in Form von IGBTs oder MOSFETs die Speisung der Lastinduktivitäten. Bei Antrieben sind dies die Motorwicklungen und im Falle der Magnetlager die jeweiligen Spulensätze für die Grunderregung und die Feldspulen. Die erforderlichen Spannungs- bzw. Stromverläufe werden über eine Pulsweitenmodulation (PWM) generiert. Das ermöglicht einen verlustarmen Energiefluss. Die PWM-Signale werden in einer Controllerschaltung berechnet. Diese Berechnung erfolgt i. d. R. im Zusammenhang mit der jeweiligen Regelschaltung – z. B. Drehzahl- oder Lageregelung.

Aus den Anforderungen für ein Magnetlager heraus ergeben sich jedoch signifikante Unterschiede. Während ein klassischer Frequenzumrichter für 3 Phasen, also 3 Lastspulen ausgelegt ist, erfordert ein Magnetlager mehrere Spulen, die separat angesteuert werden müssen. In Abhängigkeit von der Konstruktion und Auslegung der Magnetkreise werden 5 – 7 Spulen für Axial- und Radiallager und eine Grunderregung benötigt. Dies erfordert einen höheren Aufwand bezüglich Steuerungs- und Leistungselektronik. Ein weiterer Unterschied liegt in der speziellen Zwischenkreisspannung von zwischen 120 V und 200 V.

3 Hardwarekonzept

In Auswertungen der einzelnen Anforderungen wurde ein modulares Konzept für die Anwendung Magnetlager erarbeitet. Nachfolgendes Schema zeigt dazu den prinzipiellen Aufbau.

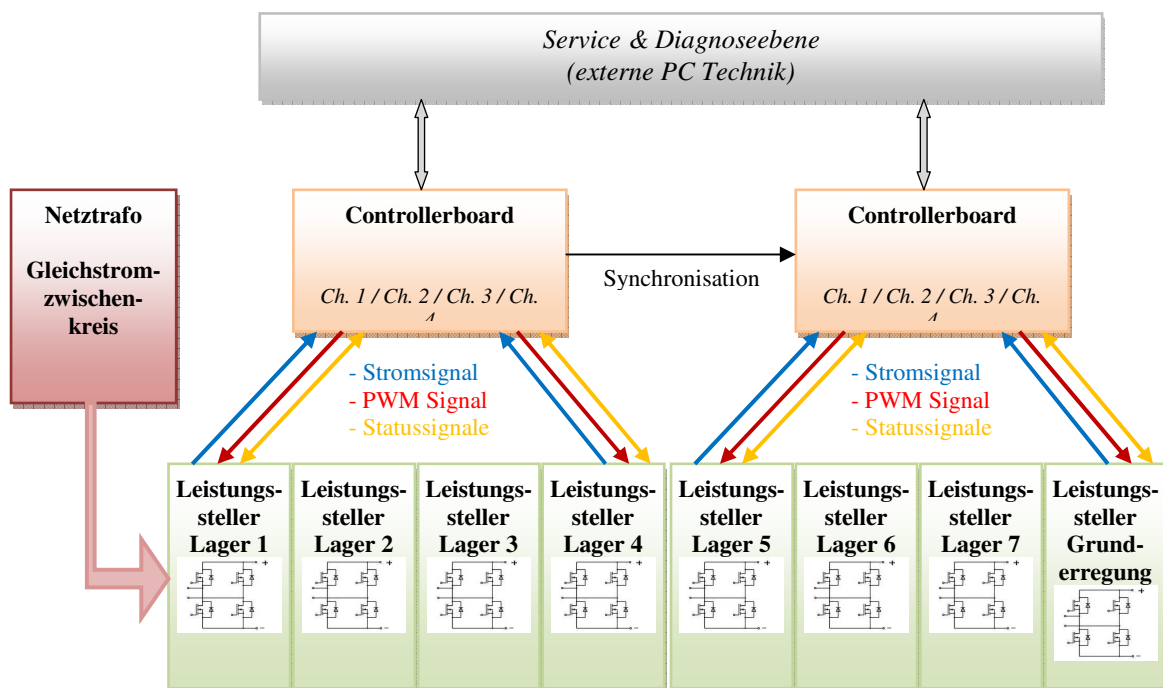


Abb. 2: Zusammenwirken von Controllerboard und Leistungsstellern

3.1 Controllerschaltung

Die Controllerboards sind auf Basis von digitalen Signalprozessoren (DSP) von Texas Instruments (TI) aufgebaut. Diese sind aufgrund ihrer Struktur und hohen Taktfrequenz sehr leistungsfähig. Ferner besitzen sie eine Vielzahl von Schnittstellen, wie z.B. ADU-Kanäle

oder PWM-Einheiten. Dies ermöglicht die oben gezeigte Struktur umzusetzen, bei der ein Controllerboard 4 Leistungssteller bedienen kann. Für das Zusammenwirken mit den Leistungsstellern wurden die Schnittstellen entsprechend definiert und umgesetzt. Softwareseitig bietet die gewählte DSP Reihe die Möglichkeit, umfangreiche Reglerstrukturen (PID,

Kennfeld) einschließlich der dazu notwendigen Filter umzusetzen. Es können ferner bis zu 4 Regler parallel in einem DSP arbeiten. Ein weiterer Aspekt war die Tatsache, dass vorhergehende Entwicklungen am IPM ebenfalls auf Basis von TI-DSPs gelaufen sind und damit Know-how auf dem Gebiet vorhanden ist.



Abb. 3: Print Controllerboard

Für weitergehende Anwendungen wurde das Controllerboard mit weiteren Optionen ausgestattet. Zum einen ist ein zusätzlicher Flash-Speicher von 128 Megabit vorgesehen. Dies kann z.B. für die Implementierung eines Kennfeldes genutzt werden. Ferner sind für die Ausgabe 4 analoge Kanäle implementiert. Das ermöglicht die Kopplung zu bereits vorhandenen Komponenten.

3.2 Endstufen

Alle Leistungssteller sind in ihrem Aufbau gleich. Sie sind für eine Gleichstromspeisung bei 150 V – 200 V DC und einem Dauernennstrom von 20 A ausgelegt. Von der Schaltungstechnik basieren sie auf einer sogenannten H Schaltung. Dabei sind 4 Leistungsschalter in Form einer Brückenschaltung angeordnet. Als Besonderheit ist hier die Spannungsebene für diese Halbleiter zu nennen. Die meisten IGBT-Halbleiter sind für Spannungen von 600 V bzw. 1200 V konzipiert. MOSFETs mit hoher Stromtragfähigkeit sind eher im Bereich kleiner/gleich 100 V platziert. Die Anwendung von MOSFETs für schnelle Schaltvorgänge war ein entscheidender Aspekt bei dieser Entwicklung. Das betrifft sowohl die konkrete Bauelementeauswahl als auch die Schaltungsauslegung.

Neben der Brückenschaltung als Kernelement sind auf dieser Baugruppe die folgenden Komponenten realisiert:

- PWM-Interface
- Treiberschaltung

- Strommessung
- Schutzschaltung

Unter Beibehaltung der modularen Struktur können weitere Leistungsklassen durch Variation von Strom oder/und Spannung erschlossen werden.



Abb. 4: Print Leistungssteller

Die Schnittstellen zum Controllerboard sind auf die I/O Konfiguration des DSP abgestimmt. Die digitale PWM wurde aus Gründen der Störsicherheit auf Basis von RS422 Treibern realisiert.

Die Leistungssteller sind auf einem Print im doppelten Europaformat aufgebaut. Die Wärmeabfuhr erfolgt per Strangkühlkörper mit Lüftereinheit. Dies ermöglicht die Realisierung einer kompakten Baugruppe.

3.3 Spannungsversorgung

Der Gleichstrom-Zwischenkreis wurde in Form eines Trafos, einer 6 Puls Gleichrichterbrücke und folgender Elko-Batterie aufgebaut. Dabei übernimmt der Trafo die Wandlung der 400 V Netzspannung auf das benötigte Niveau von ca. 150 V. Diese Einheit ist die zentrale Versorgung für alle Leistungssteller.

Alle Leiterplatten werden zentral von einem 24 V Netzteil versorgt. Auf den jeweiligen Prints erfolgt die Wandlung auf die einzelnen Spannungsebenen.

4 Umsetzung

Der Aufbau von den in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Baugruppen erfolgte ebenfalls bei der Innotas GmbH. Sie besitzt langjährige Erfahrungen im Bereich der Elektronikfertigung. Es sind dazu die entsprechenden Maschinen und Anlagen vorhanden. Ferner kann die nötige Fertigungsprüftechnik ebenfalls aufgebaut werden.



Abb. 5: Fertigungsstrecke

5 Perspektiven

In weiteren Projektabschnitten liegen die Schwerpunkte einerseits auf dem Sensorinterface. Von der jetzigen analogen Anbindung der Luftspaltsensoren an die Controllerboards wird auf eine digitale Kommunikation zwischen den Baugruppen orientiert. Dabei erfolgt die AD Wandlung direkt im Sensor. Ein zusätzlicher Mikrocontroller steuert die Datenkommunikation und übernimmt eine digitale Signalvorverarbeitung. Als Schnittstelle kommt dabei ein serieller Datenbus zum Einsatz.

Ein zweiter Schwerpunkt ist die Stromversorgung des Zwischenkreises. Hier steht die Ablösung der Trafovariante durch ein elektronisches Netzteil im Vordergrund.