

Reglerentwicklung und Hardwareupdate für einen Magnetic Levitation Prozess

Analyse, Modellierung und Neudesign zur Stabilisierung eines Schwebeprozesses

Diplomand



Ismael Ferracin

Einleitung: In dieser Arbeit wurde die Analyse des Magnetlevitationssystems aus der vorherigen Semesterarbeit von Luca Loop und Luca Schäfer weitergeführt und erweitert. Da die Levitation eines Permanentmagneten mittels eines Ringmagneten gemäss dem Earnshaw-Theorem inhärent instabil ist, verfolgte das Projekt zwei Hauptziele: die Implementierung und Validierung einer aktiven Regelung zur Stabilisierung des Systems sowie die Überarbeitung und Verbesserung der bestehenden Hardware, um deren Zuverlässigkeit und Eignung für die Regelung sicherzustellen.

Vorgehen: Zu Beginn wurde die ursprüngliche Hardware, bestehend aus Spulen, Hall-Sensoren und Leiterplatten, detailliert untersucht. Dabei konnten mehrere Einschränkungen identifiziert werden, die die frühere Regelung wesentlich beeinträchtigt hatten. Durch eine umfassende Analyse der Regelstrecke – basierend auf Messdaten, Simulationen und den klassischen Werkzeugen der Regelungstechnik (Bode-, Nyquist- und Wurzelortskurvenanalyse) – wurde ein Vorzeichenfehler im Verstärkungsfaktor des verwendeten Lead-Reglers festgestellt, der massgeblich zur Instabilität des Systems beigetragen hatte. Der Regler wurde daraufhin neu dimensioniert und mittels Simulationen in Simulink und mit der Speedgoat-Plattform überprüft.

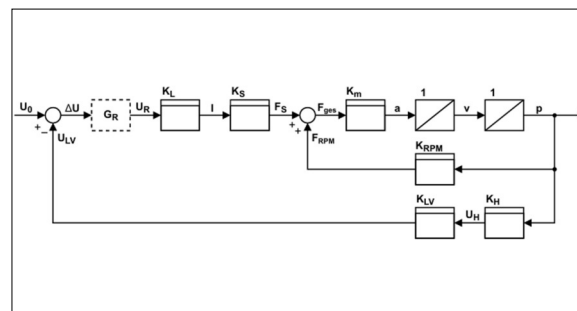
Da selbst mit dem korrigierten Regler keine stabile Regelung erreicht werden konnte, wurde die elektromechanische Komponente des Systems erneut analysiert. Die ursprünglichen Spulen waren sowohl durch den maximal zulässigen Strom als auch durch die magnetische Sättigung des Eisenpulverkerns limitiert, was die Linearität der Strom-Kraft-Beziehung erheblich beeinträchtigte. Aus diesem Grund wurde eine neue Generation von Luftspulen entwickelt, mittels kontrolliertem Wickelverfahren hergestellt und auf 3D-gedruckten ABS-Kernen aufgebaut. Elektromagnetische Simulationen in Simcenter MagNet ermöglichten anschliessend die Bestimmung der zentralen Parameter, insbesondere des Strom-Kraft-Koeffizienten K_s .

Parallel dazu wurden zwei neue PCBs entworfen – eine Spulenplatine und eine Platine für die Hall-Sensoren – mit optimiertem Layout, verbesserten elektrischen Eigenschaften und erleichterten Messmöglichkeiten.

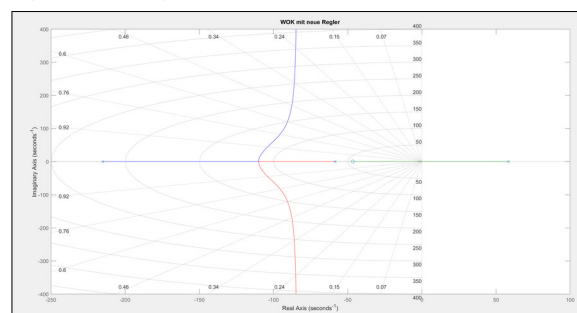
Fazit: Dank der neuen Leiterplatten und der Optimierung der Hardware kann der Regler nun deutlich einfacher, präziser und zuverlässiger implementiert werden. Die vorläufigen Tests – darunter die Kompensation des von den Spulen erzeugten Magnetfeldes sowie die Überprüfung der Krafrichtungen in Abhängigkeit vom Positionsfehler – wurden in Simulink unter Verwendung der

Speedgoat-Plattform durchgeführt und zeigten vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Stabilisierung des schwebenden Magneten. Diese Resultate bestätigen die Wirksamkeit der vorgenommenen Anpassungen sowohl am Modell als auch an der elektronischen Systemarchitektur. Auf dieser Grundlage kann nun die Validierung zukünftiger Regler, einschliesslich des in dieser Arbeit neuen entwickelten Lead-Reglers, fortgesetzt werden.

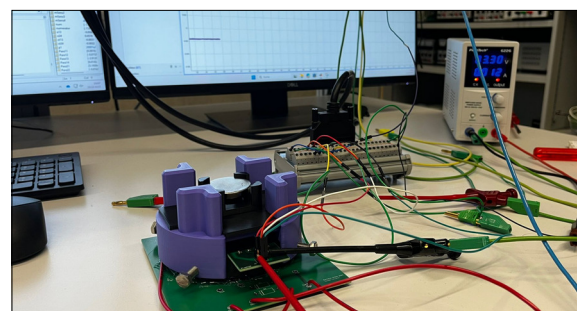
Reglerstrecke des Magnetic Levitation Prozess
Eigene Darstellung



Wurzelortskurven-Diagramm des aktualisierten Systems und des neuen Reglers
Eigene Darstellung



Neue Leiterplatten und Speedgoat zum Testen angeschlossen
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Lukas Ortmann

Korreferent

Dr. Marc Hohmann,
Swissgrid AG

Themengebiet

Regelungstechnik /
Control Theory

Projektpartner

ICOM Institute for
Communication
Systems, OST -
Ostschweizer
Fachhochschule,
Rapperswil, SG