

Thermisches Verhalten von Elektromotoren

Anwendungen – Modellierung – Folgerungen

Übersicht:

Die Erwärmung von Elektromotoren unter Last kann für viele Anwendungen zum Problem werden. Zur sicheren Abschätzung des Verhaltens bei Überlast (z.B. in Notfällen), zu denen oft keine Herstellerangaben vorliegen, haben wir ein Verfahren zur Bestimmung des thermischen Verhaltens entwickelt, das ohne zusätzliche Temperatursensoren auskommt. Es liefert ein physikalisch plausibles Modell, das direkt mit Simulationen kombiniert werden kann. Der vorliegende Bericht zeigt die Anwendungsmöglichkeiten auf eine breite Klasse von Elektromotoren (Permanentmagnet-Motore mit Massen zwischen 15 und 500 g).

Anwendungen

Für den Einsatz in kompakten hochdynamischen Stellantrieben ist es wichtig, nicht nur die Leistungsdaten des Motors richtig zu wählen, sondern auch die aus den Lei-

stungsdaten resultierenden thermischen Belastungen ausreichend genau vorherzusehen. Dazu ist es wichtig, den Wärmehaushalt genau zu analysieren.

Wärmehaushalt

Die Ursachen für die Erwärmung von Elektromotoren sind vielfältig. Die wichtigsten Ursachen sind der Ohmsche Widerstand der Wicklung, Ummagnetisierung der Blechpakete oder Wirbelstromverluste. In den meisten Anwendungen (besonders in Stellantrie-

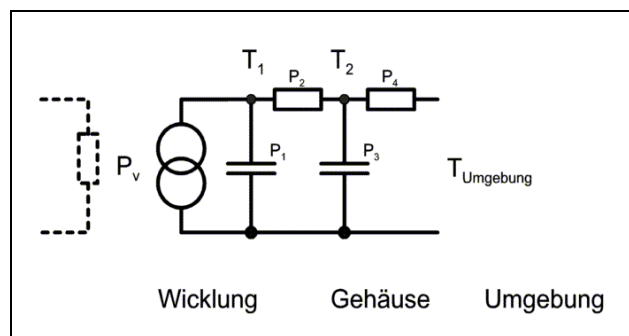
ben) überwiegt die erste Ursache deutlich. Die erzeugte Wärme kann wiederum auf verschiedenen Wegen abgeführt werden: durch Wärmeleitung, durch Wärmeübergang (Konvektion) oder durch Strahlung. Hierbei dominieren die ersten beiden Mechanismen.

Modellierung

Die Modellierung ist physikalisch plausibel:

- In der Wicklung fällt am Ohmschen Widerstand eine Verlustleistung an.
- Die Wicklung steht durch Wärmeleitung in Verbindung mit einer zweiten, äußeren Masse, die die erste innere Masse vollständig umschließt und als das Blechpaket mit dem Gehäuse des Motors interpretiert werden kann.
- Von dieser zweiten Masse gelangt die Wärme durch Wärmeübergang in die Umgebung.

Die analytische Modellierung basiert auf Bilanzgleichungen, die für die innere Masse (Wicklung) und die äußere Masse (Blechpaket, Gehäuse) aufgestellt werden.



Ersatzschaltbild zur Modellierung des thermischen Verhaltens: Die Verlustleistung P_v in der Wicklung fließt durch das Gehäuse in die Umgebung. Die Temperaturen T_1 und T_2 entsprechen den Temperaturen von Wicklung und Gehäuse. Die Parameter P_1 bis P_4 ergeben sich aus den physikalischen Gegebenheiten.

Parameteridentifikation

Die Anschätzung der vier Parameter aus geometrischen Größen, Massen und Materialkonstanten führt zu unzureichend genauen Aussagen. Dagegen können wir im Labor einfache Versuche durchführen, die dann durch eine Parameteridentifikation die vier Parameter liefern. Das Verfahren hat sich an einer Vielzahl von Motoren und Einbaubedingungen bewährt; getestet wurden bürstenlose und bürstenbehaftete Servomotore mit Massen zwischen 15 und 500 g.

Der Grundgedanke der Parameteridentifikation ist, die vier Parameter des Modells so zu wählen, dass das berechnete Verhalten möglichst gut mit Messwerten übereinstimmt. Hier bietet sich an, die Temperatur der Wicklung zu messen und der Identifikation zugrunde zu legen. Am einfachsten ist es, die Wicklung selbst als Temperatursensor zu nutzen. Hierzu wird der Wicklungswiderstand in Vierleiter-Meßmethode erfasst

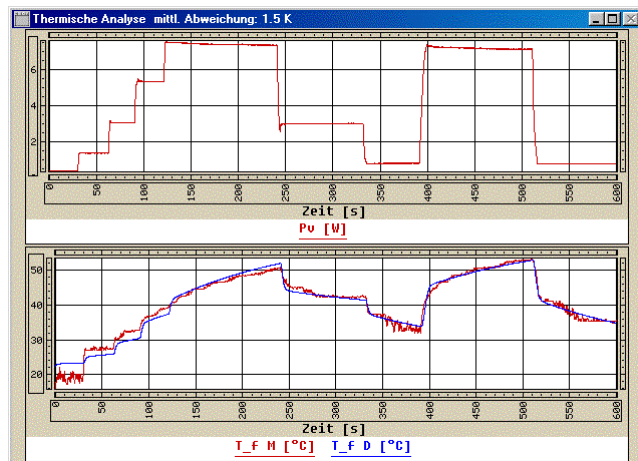
Folgerungen

Das Modell mit den vier identifizierten Parametern erlaubt es, das thermische Verhalten eines Motors unter praktisch relevanten Randbedingungen vorherzusagen. So lassen sich schon in einem frühen Projektstadium mögliche Schwachstellen erkennen, ggf. Gegenmaßnahmen einleiten oder Alternativen

Angebot

Aufgrund unserer Erfahrungen sind wir in der Lage, auch Kundenmotore zügig zu untersuchen und ein aussagekräftiges validiertes Modell zu liefern. Bitte teilen Sie uns Ihre Aufgabenstellung mit.

und in die mittlere Wicklungstemperatur umgerechnet. Diese Messwerte werden dann bei der Identifikation mit der (inneren) Temperatur T_1 des Modells verglichen.



Zeitverläufe: Das obere Diagramm zeigt die Verlustleistung, die auf den Motor wirkt. Das untere Diagramm zeigt die gemessene Temperatur (rot) sowie die geschätzte Temperatur (blau), die sich aus den identifizierten Parametern ergibt.

untersuchen, noch bevor aufwendige Konstruktions- oder Fertigungskosten angefallen sind. So lassen sich aber auch mögliche Erweiterungen im Aufgabenspektrum des Antriebes detailliert simulieren und untersuchen.

Norbert Rosner
Stellantriebe

Telefon: +49 (0) 58 27 / 97 09 81
Telefax: +49 (0) 58 27 / 97 09 82

Neue Straße 3
D-29 345 Unterlüß

E-Mail: rosner@rosner-tdl.de
Internet: www.ROSNER-TDL.de