

### **3.3 Permanentmagneterregter Gleichstrommotor**

In diesem Beispiel wird sich erstmals die Leistungsfähigkeit der Blockschaltbildmethode zeigen, da hier elektrotechnische und mechanische Komponenten zusammenwirken und eine Gesamt-Differenzialgleichung nicht so einfach wie bisher aufgestellt werden kann.

### 3.3.1 Erarbeitung des Blockschaltbildes

#### Der 1. Schritt:

Das Schema des zu beschreibenden permanentmagneterregten Gleichstrommotors zeigt Abb. 3.9. Dieser Motor soll nach dem Zuschalten der Spannung  $u_e$  gegen ein äußeres Lastmoment  $M_L$  arbeiten. Die anliegende Spannung  $u_e$  erzeugt im Rotor (anderer Name: Anker) den Ankerstrom  $i_A$  durch die Induktivität  $L_A$  und den ohmschen Widerstand  $R_A$  des Ankers.

Der Motor besteht aus einem elektrischen und einem mechanischen Teil. Zwischen beiden bestehen die folgenden Wirkungen:

- Durch den Ankerstrom  $i_A$  wird ein inneres Moment, das Motormoment  $M_M$ , auf den Rotor mit seinem Massenträgheitsmoment  $J$  erzeugt (Basis ist das elektromagnetische Kraftwirkungsgesetz).
- Durch die Rotorbewegung wird eine Spannung  $e$  induziert, die der Eingangsspannung  $u_e$  immer entgegengerichtet ist.

Auf den Rotor wirken neben den genannten Momenten  $M_M$  und  $M_L$  das Beschleunigungsmoment  $M_B$  und das Reibmoment  $M_R$  ein. Die Bewegungsgrößen sind der Rotorwinkel  $\varphi$  und die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ .

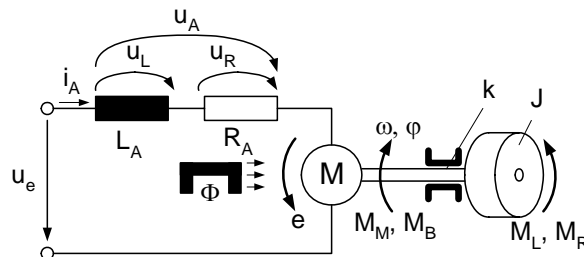


Abb. 3.9 Schema eines permanentmagneterregten Gleichstrommotors

#### Der 2. Schritt:

Dieser Antrieb besitzt zwei Energiespeicher, die rotatorisch bewegte Masse mit dem Massenträgheitsmoment  $J$  und die Ankerinduktivität  $L_A$ . Aus der Tabelle 2.4 können die erforderlichen Funktionen für die Zustandsgrößen, teilweise mit entsprechender Anpassung der Signalnamen, übernommen werden:

$$\omega = \frac{1}{J} \cdot \int M_B dt \quad \text{und} \quad i_A = \frac{1}{L_A} \cdot \int u_L dt .$$

Sie lauten nach der Transformation in den Bildbereich

$$\omega = \frac{1}{J} \cdot \frac{1}{s} \cdot M_B = \frac{1}{J \cdot s} \cdot M_B , \quad (3.10 a)$$

$$i_A = \frac{1}{L_A} \cdot \frac{1}{s} \cdot u_L = \frac{1}{L_A \cdot s} \cdot u_L. \quad (3.10 \text{ b})$$

**Der 3. Schritt:**

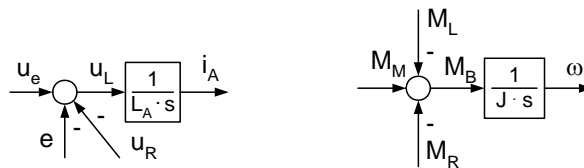
Eine der Eingangsgrößen der beiden Funktionen in Gl. (3.10), das Beschleunigungsmoment  $M_B$ , ermittelt sich aus der *Momentenbilanz*. Sie lautet analog zur Kräftebilanz in Abschn. 3.2

$$M_B = M_M - M_R - M_L. \quad (3.11 \text{ a})$$

Die Spannungsbilanz der Masche des elektrischen Teils ist nach  $u_L$  aufzulösen (s. Abb. 3.9 und **Anhang A, Tabelle A.1**) und lautet

$$u_L = u_e - u_R - e. \quad (3.11 \text{ b})$$

Aus den im 2. und 3. Schritt entstandenen Beziehungen entstehen die beiden Teil-Blockschaltbilder in Abb. 3.10.



**Abb. 3.10** Permanentmagneterregter Gleichstrommotor, Blockschaltbilder des 2. und 3. Schrittes

Da auch die Momentenbilanz zur Modellierung vieler der noch zu behandelnden technischen Systeme Verwendung findet, ist auch sie mit allgemeinem Ansatz in den **Anhang A, Tabelle A.1**, übernommen worden. In Analogie zum Blockschaltbild der Kräftebilanz ist dort die (in diesem Beispiel zwar nicht benötigte) später oft erforderliche Integration

$$\varphi = \frac{1}{s} \cdot \omega \quad (3.12)$$

mit in das Blockschaltbild aufgenommen worden (s. z. B. Abschn. 4.1.4).

**Der 4. Schritt:**

Die noch „freien“ Enden der Pfeile in den Blockschaltbildern in Abb. 3.10 werden mit Hilfe von teilweise bereits verwendeten Grundbeziehungen und von bisher noch nicht aufgetauchten Grundbeziehungen belegt. Die folgende Grundbeziehung kann aus **Anhang A, Tabelle A.2**, übernommen werden (ohmsches Gesetz):

$$u_R = R_A \cdot i_A.$$

Das Reibmoment ist analog Gl. (3.8 b):

$$M_R = k \cdot \omega. \quad (3.13)$$

Die Wirkungen zwischen dem elektrischen und dem mechanischen Teil werden für diesen Motor wie folgt beschrieben, wobei der Faktor  $K_M$  ein Maß für Größe und die Leistungsfähigkeit des Motors ist und  $\Phi$  der magnetische Fluss:

- Induzierte Spannung (Induktionsgesetz):

$$e = K_M \cdot \Phi \cdot \omega. \quad (3.14)$$

- Motormoment (Kraftwirkungsgesetz):

$$M_M = K_M \cdot \Phi \cdot i_A. \quad (3.15)$$

(Im Rahmen dieses Buches erfolgt keine tiefer gehende Herleitung dieser Beziehungen. Der Parameter  $K_M \cdot \Phi$  wird jedoch in Motordatenblättern der meisten Hersteller angegeben.)

#### Der 5. Schritt:

Es entsteht das Blockschaltbild in Abb. 3.11.

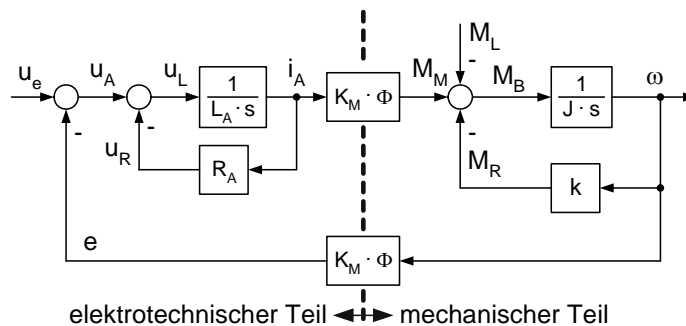


Abb. 3.11 Das Blockschaltbild des permanentmagneterregten Gleichstrommotors

Eine erste Sichtkontrolle zeigt:

- Das Blockschaltbild ist vollständig. Alle Eingangsgrößen in Blöcke oder in Bilanzgleichungen sind gleichzeitig Ausgangsgrößen, entstehen also innerhalb des Modells, mit Ausnahme der „echten“ Eingangsgrößen  $u_e$  und  $M_L$ .
- Alle Wirkungskreise besitzen eine Wirkungsumkehr.