

## 1. Teilklausur zur Vorlesung

### **Elektrische Maschinen und Antriebselektronik**

4. Mai 2024, 12:30, HS 8

Name: ..... Vorname: ..... Matr.-Nr.: .....

Studienkennzahl: .....

#### **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit bestätige ich, die Klausur aus „VO Elektrische Maschinen und Antriebselektronik“ am 04.05.2024 eigenständig und ohne Verwendung unerlaubter Hilfsmittel absolviert zu haben.

.....  
Datum, Ihre Unterschrift

#### *Hinweise:*

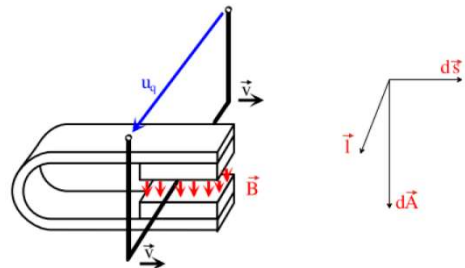
- *Es werden ausschließlich Fragen zum Angabezettel beantwortet.*
- *Es müssen nicht alle Angaben für die Berechnungen nötig sein!*
- *Geben Sie alle verwendeten Einheiten, Maßstäbe, Formeln und Schaltungen (z.B. Maschen- und Knotengleichungen ohne Schaltung mit Zählpfeilen werden nicht gewertet!) an. Komplexe Größen sind als solche erkennbar zu machen.*
- *Geben Sie alle Rechenschritte zu Ihrer Lösung an. Ergebnisse ohne erkennbaren Rechengang werden nicht gewertet!*
- *Falls Sie Vernachlässigungen oder Vereinfachungen treffen, müssen Sie diese begründen und den Fehler abschätzen!*

## Themenkreis Grundlagen

### Aufgaben:

- 1) **Arbeitsgerade:**  
Zeichnen Sie beispielhaft für einen von Ihnen vorgeschlagenen Permanentmagnetwerkstoff die vollständige  $B(H)$  Kurve in ein geeignetes Diagramm mit vollständiger Achsenbeschriftung! In welchem Quadranten des  $B(H)$ -Diagramms werden Permanentmagnete in einem magnetischen Kreis mit Luftspalt betrieben? Geben Sie die Gleichung für eine (linearisierte) Entmagnetisierungskennlinie  $B = f(H)$  an!
- 2) **Magnetkreis:**  
Wofür benötigt man die Arbeitsgerade eines permanentmagnetischen Kreises? Gehen hier magnetische Parameter, die sich aus der Werkstoffwahl des Permanentmagneten ergeben, ein? Leiten Sie die Gleichung der Arbeitsgerade am Beispiel einer Gleichstrommaschine für den rein permanentmagnetischen Kreis (ohne Bestromung) her und tragen Sie die Arbeitsgeraden in das  $B(H)$ -Diagramm der 1. Aufgabe ein. Berechnen Sie auch den Arbeitspunkt  $B_m$  des Magneten.

- 3) **Induzierte Spannung:**  
Wie lautet die allgemeine Formel zur Berechnung der induzierten Spannung? Wie kann man diese Vorschrift in Ruhe- und Bewegungsinduktion aufspalten?  
Leiten Sie davon ausgehend die Formel  $u_q = -(\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \vec{l}$  für die Bewegungsinduktion eines bewegten Leiters im konstanten Magnetfeld (nach nebenstehender Skizze) her.



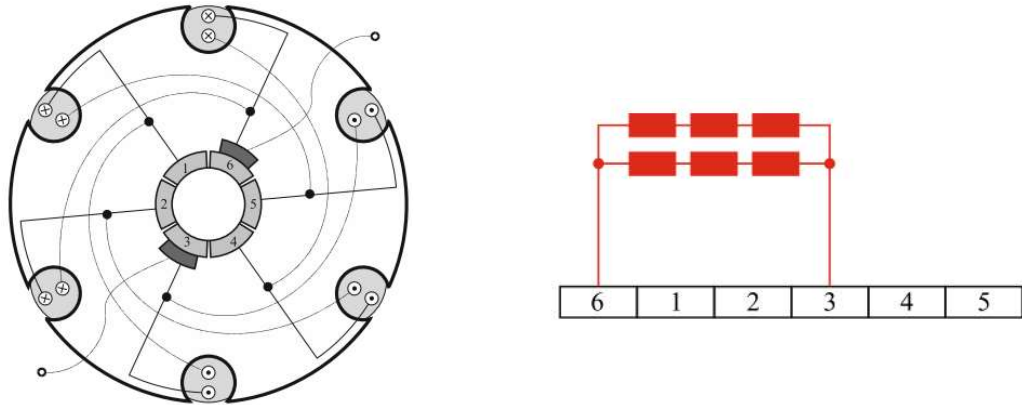
- 4) **Generatoren:**  
Skizzieren Sie den Aufbau eines Synchron- und eines Reluktanzgenerators. Wie kommt es in beiden Fällen zu einer induzierten Quellenspannung? Zeichnen Sie dazu jeweils die Verläufe des verketteten Flusses und deren Ableitung nach der Rotordrehung.

## Themenkreis Gleichstrommaschine

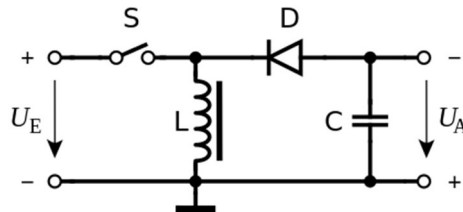
### Aufgaben:

- 5) Zeichnen Sie aufgeschnitten und in die Ebene abgerollt den Stator einer Gleichstrommaschine mit einem zweipoligen Permanentmagneten, darunter den Luftspalt der Maschine und angrenzend zum Luftspalt den Ankerstrombelag in Form einer Verteilung von heraus- und hineintretenden Strömen, sowie die richtige Lage der Kommutatorbürsten!  
Hinweis: Der Ankerstrombelag soll in Bezug zum Feld der Permanentmagneten jene Lage haben, in der maximales Moment erzielt wird, wie bei der Gleichstrommaschine grundsätzlich üblich.

- 6) Ordnen Sie dem unten links dargestellten Querschnitt (erkennbar) die einzelnen sechs Spulen zu, welche unten rechts abgebildet sind. Die Bürsten sind dort im Eingriff mit Lamelle 3 und 6. Wie ändert sich das Schaltbild mit den Einzelspulen, wenn sich der Motor weiterdreht und die Bürsten dann auf Lamelle 1 und 4 zu liegen kommen?



- 7) Ermitteln Sie ausgehend von den Grundgleichungen der Gleichstrommaschine für die Ankerspannung  $U_A$ , die Quellenspannung  $U_q$  und für das Drehmoment  $M$  die Gleichung für die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie für die fremderregte Maschine! Zeichnen Sie die Kennlinienschar für eine Variation (a) der Ankerspannung, (b) des Ankerwiderstandes und (c) des Erregerfeldes getrennt in drei Diagramme. Nehmen Sie dabei stets auch ein konstantes Lastmoment an und zeigen Sie, wo sich damit jeweils die neuen stationären Betriebspunkte einstellen.
- 8) Welche Funktion hat folgende Schaltung? Leiten Sie für die Begründung das Verhältnis von Ausgangs- zu Eingangsspannung  $U_A/U_E$  als Funktion des Tastgrades  $D$  der PWM-Ansteuerung des Schalters  $S$  her. In wie vielen Quadranten (die Ausgangsspannung und den Ausgangsstrom betreffend) kann diese Schaltung zum Betrieb einer Gleichstrommaschine eingesetzt werden?



## Themenkreis Verständnisfragen

### Aufgaben:

- 9) Erläutern Sie an drei unterschiedlichen Fallbeispielen (mit Skizzen) auf welche verschiedenen Arten Entmagnetisierung von Permanentmagneten stattfinden kann!
- 10) Was bedeutet Ankerrückwirkung bei der Gleichstrommaschine? Nennen Sie zumindest drei negative Effekte, welche die Ankerrückwirkung hervorruft (mit genauer Erklärung und Skizzen) und entsprechende Gegenmaßnahmen.

- 11) Unter welchen (konstruktiven) Voraussetzungen kann man die Gleichstrommaschine sinnvoll auch direkt (ohne Gleichrichter) mit Wechselstrom betreiben? Begründen Sie Ihre Überlegungen! Welchen Verlauf (über eine Periode der Speisung) hat das entstehende Drehmoment?
- 12) Die Vorschrift zur Berechnung der Kraftwirkung in einem elektromagnetischen System lautet

$$F = - \frac{\partial W_{mag}}{\partial s} = \frac{\partial W_{mag}^{Co}}{\partial s}.$$

Im linearen Fall, ist die im System gespeicherte magnetische Energie  $W_{mag}$  und Koenergie  $W_{mag}^{Co}$  gleich groß und kann über die Induktivitäten  $L_{\mu\nu}$  angegeben werden. Wie lautet die dazugehörige Formel eines  $m$ -strängigen Systems (ohne Permanentmagnete) für  $W_{mag}$  bzw.  $W_{mag}^{Co}$ ? Wenn die magnetische Energie und Koenergie stets gleichen Wert besitzen, wie kann es dann sein, dass die Ableitung bei  $W_{mag}$  nach  $s$  negatives Vorzeichen haben müssen um die Kräfte zu ermitteln und bei  $W_{mag}^{Co}$  nicht? Erklären Sie dies möglichst anschaulich (mit einer Skizze).