

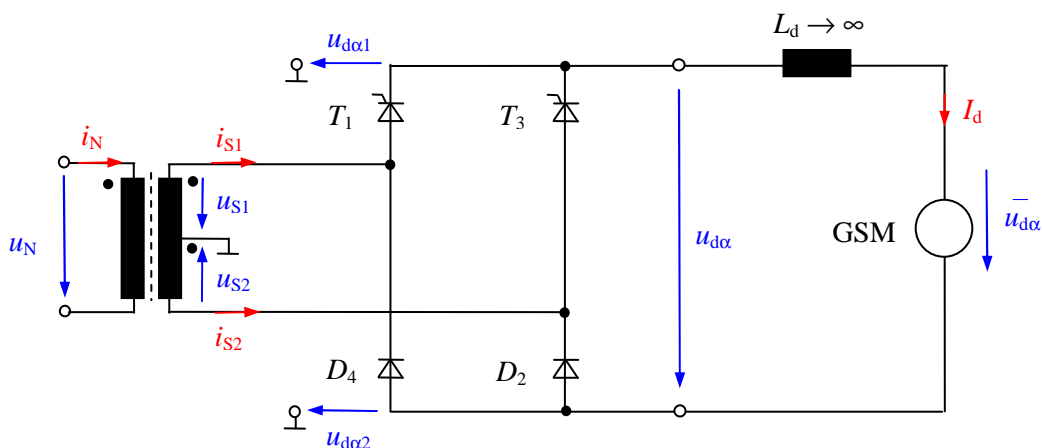
Klausur: Leistungselektronik**WS 2009/2010**

Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung (max. 3 DIN A4 Blätter)

Dauer/Punkte: 90min/75Punkte

Aufgabe 1

Eine halbgesteuerte Zweipulsbrückenschaltung versorgt eine Gleichstrommaschine mit einem ideal geglätteten Strom. Überlappungen bei den Kommutierungen sind zu vernachlässigen.



Gegeben:

Ausgangsstrom	$I_d = 40\text{A}$	
Umgebungstemperatur	$t_u = 25^\circ\text{C}$	
Thermische Widerstände	$R_{th\text{ JK}} = 1.2\text{ K/W}$	- Sperrschicht Kühlkörper -
	$R_{th\text{ KU}} = 0.7\text{ K/W}$	- Kühlkörper Umgebung -

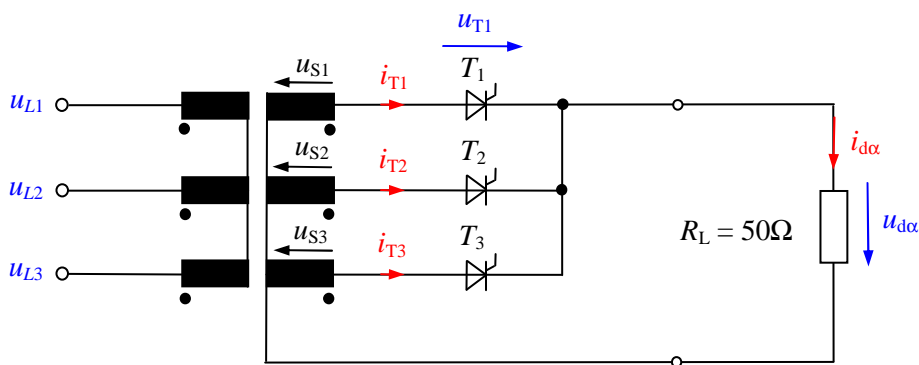
- 1.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$
 - a) die Ausgangsspannungen $u_{d\alpha 1}$, $u_{d\alpha 2}$ und $u_{d\alpha}$ sowie die Spannung $\bar{u}_{d\alpha}$ an der Maschine,
 - b) den Ausgangsstrom I_d ,
 - c) die Ventilströme i_{T1} , i_{D2} , i_{T3} und i_{D4} ,
 - d) die Sekundärströme des Transformators i_{S1} und i_{S2} .
- 1.2. Berechnen Sie die Mittel- und Effektivwerte der Thyristor- und Diodenströme.
- 1.3. Laut Datenblatt haben alle Leistungshalbleiter die Schleusenspannung $u_{T0} = u_{D0} = 0.75\text{V}$ und den differentiellen Widerstand $r_T = r_D = 5\text{m}\Omega$. Bestimmen Sie die Verlustleistung in den Halbleitern.
- 1.4. Alle Leistungshalbleiter sind auf einem gemeinsamen Kühlkörper montiert. Berechnen Sie die Kühlkörpertemperatur t_K und die Sperrschichttemperatur t_j der Thyristoren und Dioden.

(25 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
WS 2009/2010

Aufgabe 2

Eine M3-Schaltung mit einer ohmschen Last wird über einen Transformator an das 400V/50Hz Drehstromnetz angeschlossen. Die Übersetzung des Transformators beträgt $\hat{u} = 1$. Verluste im Stromrichter und Überlappungen bei den Kommutierungen sind zu vernachlässigen.



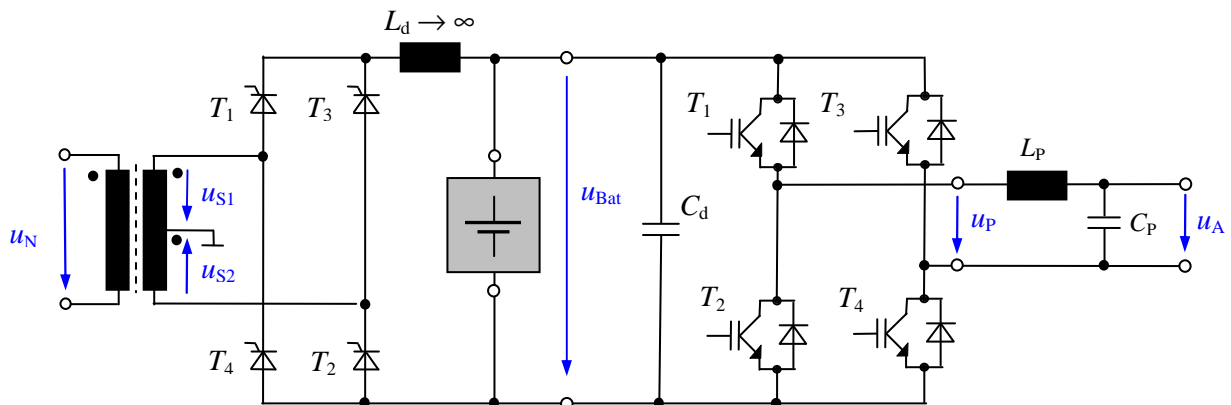
- 2.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 60^\circ$
 - a) die Ausgangsspannung $u_{d\alpha}$,
 - b) den Ausgangsstrom $i_{d\alpha}$,
 - c) die Thyristorströme i_{T1} , i_{T2} und i_{T3} sowie
 - d) die Thyristorspannung u_{T1} .
- 2.2. Bestimmen Sie den Spitzenwert der Spannung $\hat{u}_{d\alpha}$ und des Stromes $\hat{i}_{d\alpha}$ im Widerstand.
- 2.3. Berechnen Sie den Effektivwert der Ausgangsspannung $U_{d\alpha}$ in Abhängigkeit vom Spitzenwert der Spannung $\hat{u}_{d\alpha}$ und dem Steuerwinkel α für den Bereich: $\frac{\pi}{6} \leq \alpha \leq \pi$. Wie groß ist dieser Effektivwert beim Steuerwinkel $\alpha = 60^\circ$ und $\alpha = 150^\circ$?
- 2.4. Bestimmen Sie die Wirkleistung P_L am Lastwiderstand in Abhängigkeit vom Spitzenwert der Spannung $\hat{u}_{d\alpha}$, dem Widerstand R_L und dem Steuerwinkel α für den Bereich: $\frac{\pi}{6} \leq \alpha \leq \pi$. Welchen Wert hat diese Wirkleistung beim Steuerwinkel $\alpha = 60^\circ$ und $\alpha = 150^\circ$?
- 2.5. Wie groß ist die aus dem Netz entnommene Wirkleistung beim Steuerwinkel $\alpha = 60^\circ$ und $\alpha = 150^\circ$? Wird das Netz jeweils mit Blindleistung belastet (Begründung!)?

(25 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
WS 2009/2010

Aufgabe 3

Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung besteht aus einer netzgeführten Brückenschaltung, einem pulsgesteuerten Wechselrichter und einer Batterie im Zwischenkreis. Die Netzspannung beträgt $U_N = 230V \pm 15\%$, die Batterie-Nennspannung ist $U_{Bat N} = 400V$ und am Ausgang soll eine sinusförmige Spannung $u_A(t) = \hat{u}_A \cdot \sin(\omega t)$ mit einem Effektivwert von $U_{A N} = 230V \pm 2\%$ eingestellt werden. Verluste in der Schaltung sind zu vernachlässigen.



Der Wechselrichter am Ausgang wird mittels Pulsweitenmodulation mit zwei Spannungsebenen gesteuert (Sinus-Dreieck-Vergleich).

3.1. Zeichnen Sie den prinzipiellen Spannungsverlauf u_p mit dem Grundschwingungsanteil u_{p1} . Geben Sie jeweils die Ansteuerzeiten der Transistoren an. (Stellen Sie ca. 10 Pulsperioden während einer Grundschwingung dar!).

Nehmen Sie nun an, dass der Wechselrichter mit sehr großer Pulsfrequenz arbeitet und der Siebkreis am Ausgang alle Oberschwingungen herausfiltert. Für die Einstellung der Grundschwingungsspannungsamplitude \hat{u}_A kann der Modulationsgrad im Bereich zwischen $m = 0 \dots 1$ verändert werden.

3.2. Geben Sie eine Beziehung zwischen der Ausgangsspannung U_A , der Batteriespannung U_{Bat} und dem Modulationsgrad m an. Wie groß ist der Modulationsgrad bei den gegebenen Nennspannungen?

3.3. Die USV-Anlage wird nun für einige Zeit bei einem Netzausfall betrieben. Bis zu welcher minimalen Batteriespannung kann die minimale geforderte Ausgangsspannung grade noch eingestellt werden?

Name :

Matr.-Nr. :

Klausur: Leistungselektronik

WS 2009/2010

- 3.4. Mit dem Gleichrichter soll bei der minimalen Netzspannung mit dem Steuerwinkel $\alpha = 0^\circ$ die Batterie-Nennspannung gerade noch eingestellt werden können. Bestimmen Sie das erforderliche Übersetzungsverhältnis des Transformators ($\ddot{u} = \frac{U_N}{U_{S1}} = \frac{U_N}{U_{S2}}$).
- 3.5. Wie groß ist der Steuerwinkel bei der maximalen Netzspannung und der minimalen Batteriespannung aus Aufgabenpunkt 3.3?
- 3.6. Geben Sie die gleichstromseitigen Betriebsquadranten der einzelnen Stromrichter an. Könnte ein Generator am Ausgang die Batterie im Zwischenkreis laden oder sogar Energie ins Netz speisen? Begründen Sie Ihre Aussagen!

(25 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik**WS 2009/2010**

Ergebnisse

Aufgabe 1

$$1.2 \quad I_{TAV} = 20A$$

$$I_{TRMS} = 28.28A$$

$$1.3 \quad P_T = 19W$$

$$P_D = 19W$$

$$1.4 \quad T_K = 78.2^\circ C$$

$$T_J = 101.0^\circ C$$

$$T_J = T_{JT} = T_{JD}$$

Aufgabe 2

$$2.2 \quad \hat{u}_{di\alpha} = 325.3V$$

$$\hat{i}_{di\alpha} = 6.51A$$

$$2.3 \quad U_{diRMS \alpha=60^\circ} = 199.2V$$

$$U_{diRMS \alpha=150^\circ} = 0$$

$$2.4 \quad P_{L \alpha=60^\circ} = 793.5W$$

$$P_{L \alpha=150^\circ} = 0$$

$$2.5 \quad P_{Netz} = P_L$$

$$P_{Netz \alpha=60^\circ} = 793.5W$$

$$P_{Netz \alpha=150^\circ} = 0$$

Obwohl ohmsche Last auf der Gleichspannungsseite angeschlossen ist, wird das Netz mit Blindleistung belastet!

Bei $\alpha = 150^\circ$ wird auch die Blindleistung zu null!

Aufgabe 3

$$3.2 \quad U_{ARMS} = \frac{U_{Bat} \cdot m}{\sqrt{2}}$$

$$m = 0.813$$

$$3.4 \quad \ddot{u} = 0.88.$$

$$3.5 \quad \alpha = 54^\circ$$

$$3.3 \quad U_{Bat \min} = 318.8V$$

3.6 Netzstromrichter \rightarrow I und IV Quadrant
Pulsstromrichter \rightarrow I und II Quadrant

Ladung des Zwischenkreises ist möglich!

Netzeinspeisung ist nicht möglich!