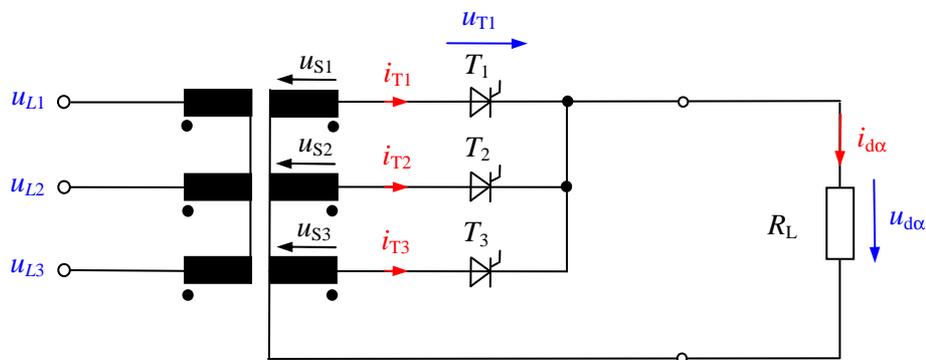


Klausur: Leistungselektronik
SS 2011

Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung (max. 3 DIN A4 Blätter)
 Dauer/Punkte: 90min/100Punkte

Aufgabe 1

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



Gegeben:

Lastwiderstand $R_L = 5\Omega$
 Umgebungstemperatur $t_u = 40^\circ\text{C}$

Thermische Widerstände:

- Sperrschicht Kühlkörper $R_{th\ JK} = 1.8\ \text{K/W}$
 - Kühlkörper Umgebung $R_{th\ KA} = 0.8\ \text{K/W}$

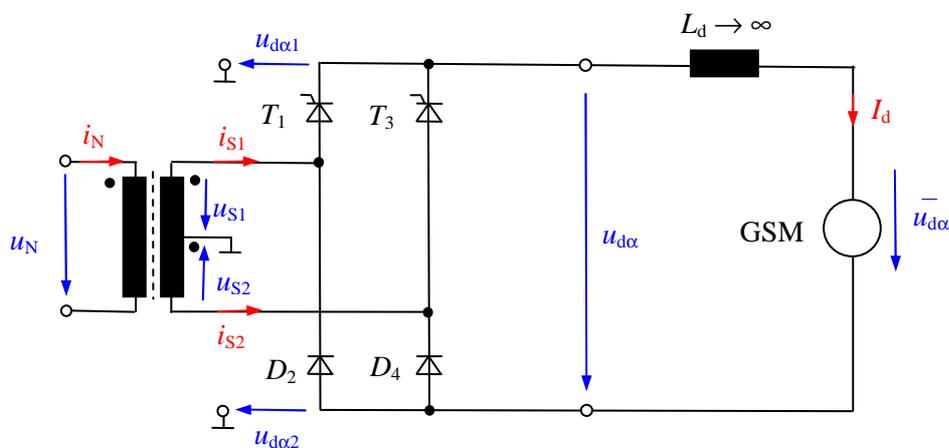
- 1.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 60^\circ$
 - a) die Spannung $u_{d\alpha}$ am Widerstand,
 - b) den Strom $i_{d\alpha}$ im Widerstand
 - c) die Thyristorströme i_{T1} , i_{T2} und i_{T3} sowie
 - d) die Ventilspannung u_{T1} .
- 1.2. Berechnen Sie den Spitzenwert der Spannung $\hat{u}_{d\alpha}$ und des Stromes $\hat{i}_{d\alpha}$ im Widerstand.
 Hinweis: Alle Bauelemente der Schaltung sind dabei als ideal anzusehen!
- 1.3. Berechnen Sie den Mittel- und Effektivwert des Thyristorstroms für $\alpha = 60^\circ$.
- 1.4. Die Thyristoren haben eine Schleusenspannung von $u_{T0} = 0.8\text{V}$ und einen differentiellen Widerstand von $r_T = 5\text{m}\Omega$. Bestimmen Sie die Verlustleistung in den Thyristoren.
- 1.5. Die Thyristoren sind auf einem gemeinsamen Kühlkörper montiert. Berechnen Sie die Kühlkörpertemperatur t_K und die Sperrschichttemperatur t_j der Thyristoren.

(30 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
SS 2011

Aufgabe 2

Eine halbgesteuerte Zweipulsbrückenschaltung mit einer Gleichstrommaschine als Last wird über einen Transformator an das 230V/50Hz Netz angeschlossen. Die Übersetzung des Transformators beträgt $\ddot{u} = 2$. Verluste im Stromrichter und Überlappungen bei der Kommutierung sind zu vernachlässigen. Der ideal geglättete Gleichstrom in der Maschine beträgt $I_d = 25\text{A}$.



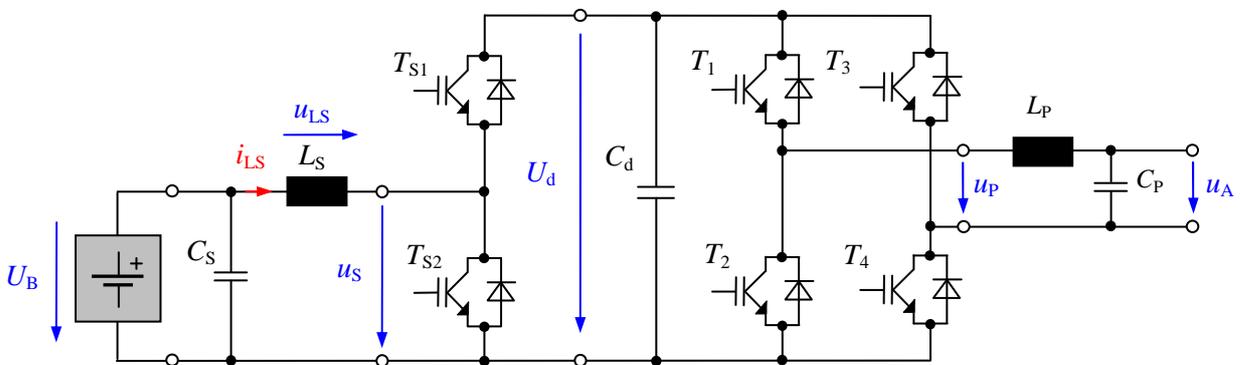
- 2.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$
 - a) die Ausgangsspannung $u_{d\alpha}$ und die Spannung $\bar{u}_{d\alpha}$ an der Maschine,
 - b) die Thyristorströme i_{T1} und i_{T3} ,
 - c) die Diodenströme i_{D2} und i_{D4} ,
 - d) die Sekundärströme i_{S1} und i_{S2} sowie
 - e) den Netzstrom i_N mit dem Grundswingungs-Phasenverschiebungswinkel φ_{1N}
- 2.2. Berechnen Sie die Spannung U_S ($U_S = U_{S1} = U_{S2}$) und die ideelle Gleichspannung \bar{u}_{di} .
- 2.3. Ermitteln Sie die Mittelwerte der ideellen Gleichspannung $\bar{u}_{di\alpha}$ für $\alpha = 30^\circ$; $\alpha = 60^\circ$; $\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 120^\circ$ und $\alpha = 150^\circ$ und zeichnen Sie die Steuerkennlinie des Stromrichters.
- 2.4. Bestimmen Sie die Grundswingungs-Scheinleistung S_1 , die Grundswingungs-Wirkleistung P_1 und die Grundswingungs-Blindleistung Q_1 für $\alpha = 90^\circ$.
 Hinweis: Benutzen Sie für die Berechnung die Größen auf der Gleichspannungsseite!
- 2.5. Welche Vor- und Nachteile hat die halbgesteuerte Brückenschaltung im Vergleich zur „normalen“ Brückenschaltung?

(30 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
SS 2011

Aufgabe 3

Eine Umrichterschaltung für eine Speicherbatterie besteht aus einem Steller und einem pulsgesteuerten Wechselrichter. Die Gleichspannung im Zwischenkreis beträgt $U_d = 400\text{V}$ und am Ausgang soll eine sinusförmige Spannung $u_A(t) = \hat{u}_A \cdot \sin(\omega t)$ mit einem Effektivwert von $U_A = 230\text{V} \pm 15\%$ eingestellt werden. Verluste im Umrichter sind zu vernachlässigen. Wechselrichter und Steller befinden sich im ausgeregeltem Zustand.



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

- 3.1. Zeichnen Sie den prinzipiellen Spannungsverlauf u_p mit dem Grundschwingungsanteil u_{p1} . Ein Brückenweig wird mit Grundschwingungsfrequenz getaktet. Geben Sie die Ansteuerzeiten der Transistoren für den Fall an. (Stellen Sie ca. 15 Pulse 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 Grundschwingungsamplitude ($\hat{u}_A \approx \hat{u}_{p1}$) kann der Modulationsgrad im Bereich zwischen $m = 0 \dots 1$ verändert werden.

- 3.2. Geben Sie eine Beziehung zwischen der Zwischenkreisspannung U_d , der Ausgangsspannung U_A (Effektivwert), und dem Modulationsgrad m an. Berechnen Sie die maximal mögliche Ausgangsspannung $U_{A\text{MM}}$ bei der gegebenen Gleichspannung U_d .
- 3.3. Bestimmen Sie den Modulationsgrad-Bereich m mit der der geforderte Spannungsbereich U_A am Ausgang eingestellt werden kann.

Name :
Matr.-Nr. :

Klausur: Leistungselektronik
SS 2011

- 3.4. Der Steller im Umrichtereingang wird mit Pulsweitenmodulation gesteuert. Die Pulsfrequenz ist $f_s = 50\text{kHz}$ und die Induktivität beträgt $L_S = 140\mu\text{H}$. In dem eingestellten Betriebspunkt ist das Tastverhältnis $t_{\text{es1}}/T_S = 0.3$. Berechnen Sie die Spannung an der Batterie.
- 3.5. Berechnen Sie die Stromänderung Δi_{L_S} in der Drossel während der Einschaltzeit t_{es1} von Transistor T_{S1} .
- 3.6. Zeichnen Sie die Spannung u_{L_S} und den Strom i_{L_S} in der Eingangsdrossel über eine Pulsperiode. Der Mittelwert des Drosselstromes soll $\bar{i}_{L_S} = +30\text{A}$ betragen (Siehe bitte auch Unterpunkt 3.8).
- 3.7. Wie groß ist die übertragende Leistung und in welcher Richtung wird diese Leistung übertragen?
- 3.8. Die gleiche Leistung soll nun in umgekehrter Richtung übertragen werden. Zeichnen Sie den Stromverlauf in der Drossel (Verwenden Sie bitte das Diagramm von Aufgabenpunkt 3.6).
- 3.9. Wie kann die Übertragungsrichtung mit Hilfe der Regelung verändert werden? Zeichnen Sie den Stromverlauf in der Drossel über mehrere Pulsperioden.

(40 Punkte)

Formel zu Aufgabe 1

$$\ddot{i} = \frac{u_L}{u_S}$$

$$\int \sin(\omega t) \cdot d\omega t = -\cos(\omega t)$$

$$\int \sin^2(\omega t) \cdot d\omega t = \frac{1}{2} \cdot \omega \cdot t - \frac{1}{4} \cdot \sin(2\omega t)$$

Klausur: Leistungselektronik**SS 2011**

Ergebnisse

Aufgabe 1

1.2. $\hat{u}_{di\alpha} = 326.6 \text{ V}$

$\hat{i}_{di\alpha} = 65.3 \text{ A}$

1.5. $T_K = 66.4^\circ\text{C}$

$T_{J1} = T_{J2} = T_{J3} = 86.2^\circ\text{C}$

1.3. $I_{TAV} = 10.4 \text{ A}$

$I_{T\text{ RMS}} = 23.9 \text{ A}$

1.4. $P_T = 11.0 \text{ W}$

$P_T = P_{T1} = P_{T2} = P_{T3}$

Aufgabe 2

2.2. $\hat{u}_s = 115 \text{ V}$

$\hat{i}_{di} = 207.2 \text{ A}$

2.3. $\overline{u_{di\alpha}} = \overline{u_{di}} \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(\alpha) \right]$

$\overline{u_{di\alpha=0^\circ}} = 207.2 \text{ V}$

$\overline{u_{di\alpha=30^\circ}} = 193.3 \text{ V}$

$\overline{u_{di\alpha=60^\circ}} = 155.4 \text{ V}$

$\overline{u_{di\alpha=90^\circ}} = 103.6 \text{ V}$

$\overline{u_{di\alpha=120^\circ}} = 51.8 \text{ V}$

$\overline{u_{di\alpha=150^\circ}} = 13.9 \text{ V}$

$\overline{u_{di\alpha=180^\circ}} = 0 \text{ V}$

2.4. $P_{1\text{ Netz}} = \overline{u_{di\alpha}} \cdot I_d$

$Q_{1\text{ Netz}} = \frac{1}{2} \cdot \overline{u_{di}} \cdot I_d \cdot \cos(\alpha)$

$S_{1\text{ Netz}} = \sqrt{P_{1\text{ Netz}}^2 + Q_{1\text{ Netz}}^2}$

$P_{1\text{ Netz}} = 2590 \text{ W}$

$Q_{1\text{ Netz}} = 2590 \text{ VAR}$

$S_{1\text{ Netz}} = 3662.8 \text{ VA}$

2.5. Vorteil: Blindleistung geringer als eine Vollgesteuerte Brückenschaltung

Nachteil: Betrieb nur im I. Quadranten möglich (Nur Motorbetrieb!)

Aufgabe 3

3.2. $U_A = \frac{m \cdot U_d}{\sqrt{2}}$

3.3. $m_{\text{Max}} = 0.935$

$U_{A\text{ MM}} = 282.8 \text{ V}$

$m_{\text{Min}} = 0.691$

$0.691 \leq m \leq 0.935$

3.4. $U_B = 120 \text{ V}$

3.5. $t_{e\text{ S1}} = 6 \mu\text{s}$

$\Delta i_{LS} = 12 \text{ A}$

3.6. $\overline{i_{LS}} = +30 \text{ A}$

3.7. $P_S = 3600 \text{ W}$

Übertragung von U_B nach U_d

3.8. $\overline{i_{LS}} = -30 \text{ A}$

3.9. Durch verändern der Einschaltdauer t_e