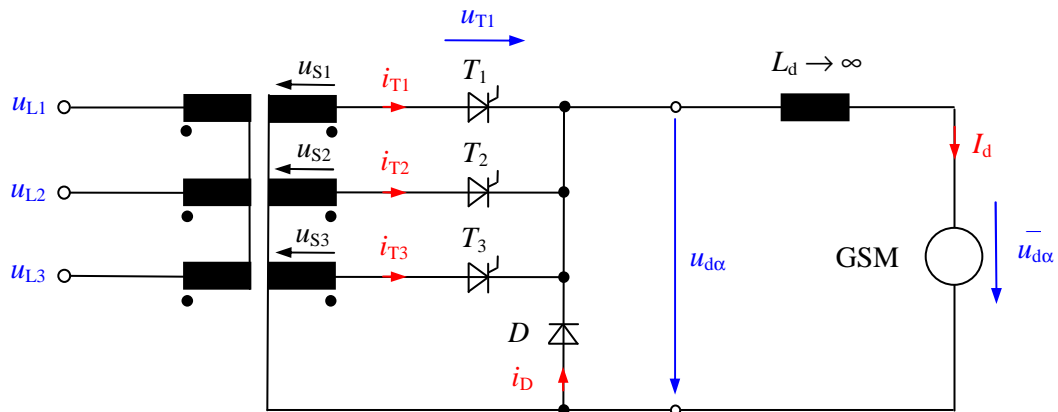


Klausur: Leistungselektronik
SS 2010

Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung (max. 3 DIN A4 Blätter)
 Dauer/Punkte: 90min/75Punkte

Aufgabe 1

Eine dreiphasige Mittelpunktschaltung mit Freilaufzweig versorgt eine Gleichstrommaschine mit einem ideal geglätteten Strom. Überlappungen bei den Kommutierungen sind zu vernachlässigen.



Gegeben:

Ausgangsgleichstrom	$I_d = 40\text{A}$	
Umgebungstemperatur	$T_u = 50^\circ\text{C}$	
Thermische Widerstände	$R_{th\text{JK}} = 1.5\text{ K/W}$	- Sperrschicht Kühlkörper -
	$R_{th\text{KU}} = 0.8\text{ K/W}$	- Kühlkörper Umgebung -

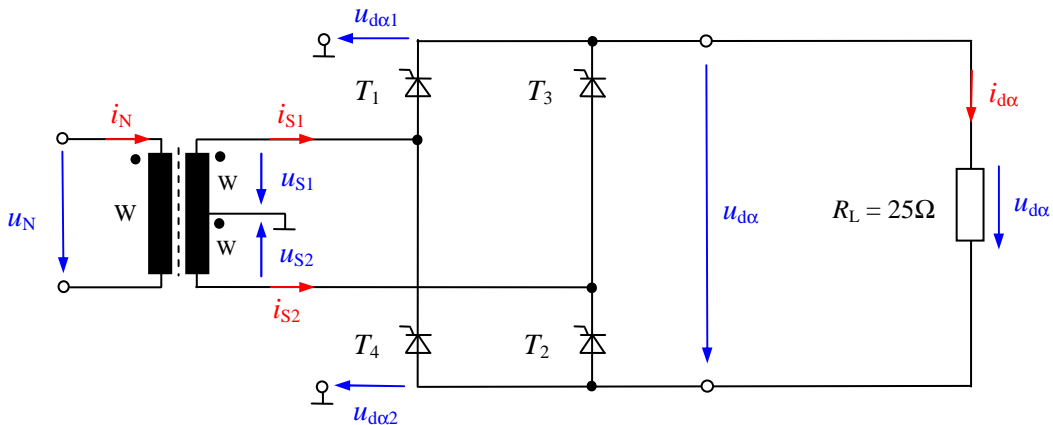
- 1.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 60^\circ$
 - a) die Ausgangsspannung $u_{d\alpha}$ und die Spannung $\bar{u}_{d\alpha}$ an der Maschine,
 - b) den Ausgangsstrom I_d ,
 - c) die Ventilströme i_{T1} , i_{T2} , i_{T3} und i_D sowie
 - d) die Thyristorspannung u_{T1} .
- 1.2. Berechnen Sie den Mittel- und Effektivwert der Thyristorströme und des Diodenstromes.
- 1.3. Laut Datenblatt haben alle Leistungshalbleiter die Schleusenspannung $u_{T0} = u_{D0} = 0.8\text{V}$ 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 in den Halbleitern.

(25 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
SS 2010

Aufgabe 2

Eine B2-Schaltung mit einer ohmschen Last wird über einen Transformator an das 230V/50Hz Netz angeschlossen. Die Übersetzung des Transformators beträgt $\hat{u} = 1$. Verluste im Stromrichter und Überlappungen bei den Kommutierungen sind zu vernachlässigen.



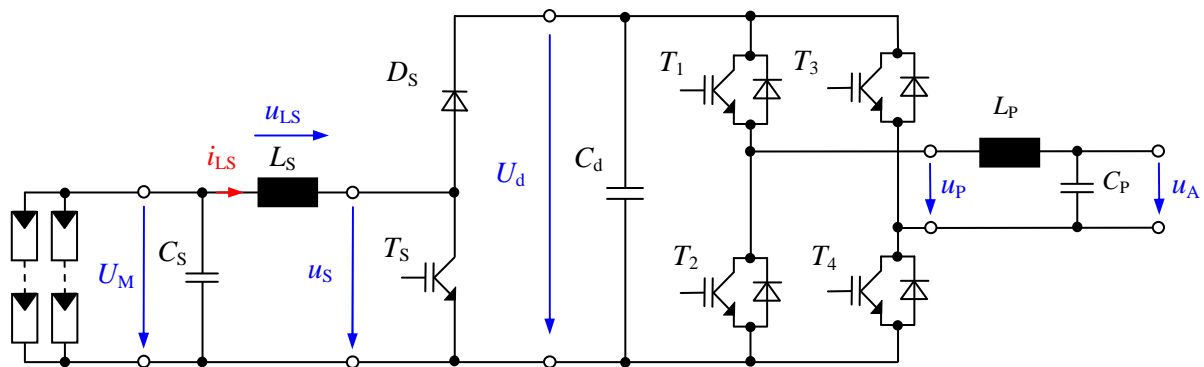
- 2.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$
 - a) die Ausgangsspannungen $u_{d\alpha 1}$, $u_{d\alpha 2}$, und $u_{d\alpha}$.
 - b) den Ausgangsstrom $i_{d\alpha}$,
 - c) die Thyristorströme i_{T1} , i_{T2} , i_{T3} und i_{T4} ,
 - d) die Sekundärströme des Transformators i_{S1} und i_{S2} sowie
 - e) die Netzspannung u_N und den Netzstrom i_N .
- 2.2. Bestimmen Sie den Spitzenwert der Spannung $\hat{u}_{d\alpha}$ und des Stromes $\hat{i}_{d\alpha}$ im Lastwiderstand.
- 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 . Wie groß ist dieser Effektivwert beim Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$ und $\alpha = 150^\circ$?
- 2.4. Bestimmen Sie die Wirkleistung P_L an der Last in Abhängigkeit vom Spitzenwert der Spannung $\hat{u}_{d\alpha}$, dem Widerstand R_L und dem Steuerwinkel α . Welchen Wert hat diese Wirkleistung beim Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$ und $\alpha = 150^\circ$?
- 2.5. Wie groß ist die aus dem Netz entnommene Wirkleistung beim Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$ und $\alpha = 150^\circ$? Wird das Netz jeweils mit Blindleistung belastet (Begründung!)?

(25 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
SS 2010

Aufgabe 3

Eine Umrichterschaltung für eine Photovoltaikanlage besteht aus einem Steller und einem pulsgesteuerten Wechselrichter. Die Spannung an den Modulen ist $U_M = 95V$, die Gleichspannung im Zwischenkreis beträgt $U_d = 380V$ und am Ausgang soll eine sinusförmige Spannung $u_A(t) = \hat{u}_A \cdot \sin(\omega t)$ mit einem Effektivwert von $U_A = 230V \pm 15\%$ eingestellt werden. Verluste im Umrichter sind zu vernachlässigen. Wechselrichter und Steller befinden sich im ausgeregeltem Zustand.



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

- 3.1. Zeichnen Sie den prinzipiellen Spannungsverlauf u_P mit dem Grundschwingsanteil 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 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 2010

- 3.4. Der Steller im Umrichtereingang wird mit Pulsweitenmodulation gesteuert und befindet sich im nicht lückendem Betriebspunkt. Bestimmen Sie das Tastverhältnis t_e/T_P bei den gegebenen Spannungen.
- 3.5. Zeichnen Sie für mindestens eine Taktperiode den Spannungsverlauf an der Drossel u_{LS} bei einem Tastverhältnis $t_e/T_P = 3/4$.
- 3.6. Der Mittelwert des Drosselstromes ist $\overline{i_{LS}} = 40A$. Zeichnen Sie den Stromverlauf in der Eingangsdrossel bei einer Stromänderung $\Delta i_{LS} = 15A$ (Tastverhältnis $t_e/T_P = 3/4$). Berechnen Sie die erforderliche Induktivität L_S für eine Taktfrequenz von $f_T = 25kHz$.
- 3.7. Geben Sie die gleichstromseitigen Betriebsquadranten der einzelnen Stromrichter an. Könnte ein Generator am Wechselrichterausgang den Zwischenkreiskondensator C_d laden oder sogar Energie zu den Photovoltaik-Modulen übertragen (z.B. Modulheizung)? Begründen Sie Ihre Aussagen!

(25 Punkte)

Formel zu Aufgabe 2

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

Klausur: Leistungselektronik**SS 2010**

Ergebnisse

Aufgabe 1

1.2. $I_{TAV} = I_{DAV} = 10A$

$I_{TRMS} = I_{DRMS} = 20A$

1.3. $P_T = P_D = 10W$

1.4. $T_K = 82^\circ C$

$T_{J1} = T_{J2} = T_{J3} = T_{JD} = 97^\circ C$

Aufgabe 2

2.2. $\hat{u}_{di\alpha} = 650.5V$

$\hat{i}_{di\alpha} = 26.02A$

2.3. $U_{di\alpha} = \hat{u}_{di\alpha} \cdot \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin(2\alpha) \right]}$

$U_{di\alpha=90^\circ} = 325.3V$

$U_{di\alpha=150^\circ} = 78.12V$

2.4. $P_L = \frac{U_{di\alpha}^2}{R} = \frac{\hat{u}_{di\alpha}^2}{2 \cdot \pi \cdot R} \left[\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin(2\alpha) \right]$

$P_{L\alpha=90^\circ} = 4231.5W$

$P_{L\alpha=150^\circ} = 243.4W$

2.5. $P_{Netz} = P_L$ (Verlustloses System)

$P_{Netz\alpha=90^\circ} = 4231.5W$

$P_{Netz\alpha=150^\circ} = 243.4W$

Das Netz wird jeweils mit Blindleistung belastet. Im Kurvenverlauf von Aufgabenpunkt 2.1 ist die Phasenverschiebung zwischen Netzstrom und Netzspannung deutlich erkennbar.

Aufgabe 3

3.2. $U_{A1} = \frac{\hat{u}_{A1}}{\sqrt{2}} = \frac{U_d \cdot m}{\sqrt{2}}$

3.3. $m = 0.728 \dots 0.984$

3.4. $\frac{t_e}{T_p} = \frac{3}{4}$

$U_{A1,MM} = 268.7V$

3.7. Wechselrichter \rightarrow I. und II. Quadrant

3.6. $L_S = 190\mu H$

Steller \rightarrow I. Quadrant

Zwischenkreis kann geladen werden!

Energieübertragung zu den Modulen ist nicht möglich!