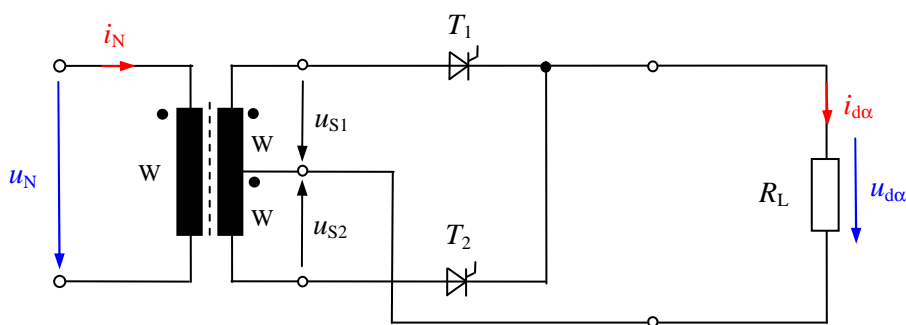


Klausur: Leistungselektronik
SS 2009

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

Aufgabe 1

Eine Zweipuls-Mittelpunktschaltung (M2) versorgt eine ohmsche Last. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators ist $\ddot{u} = 1$. Der Steuerwinkel beträgt $\alpha = 30^\circ$.



Gegeben:

Netzspannung	$U_N = 230V$	Thermische Widerstände:	
Lastwiderstand	$R_L = 6.4\Omega$	- Sperrschicht Kühlkörper	$R_{th_{JK}} = 1.5 K/W$
Umgebungstemperatur	$t_u = 40^\circ C$	- Kühlkörper Umgebung	$R_{th_{KA}} = 0.9 K/W$

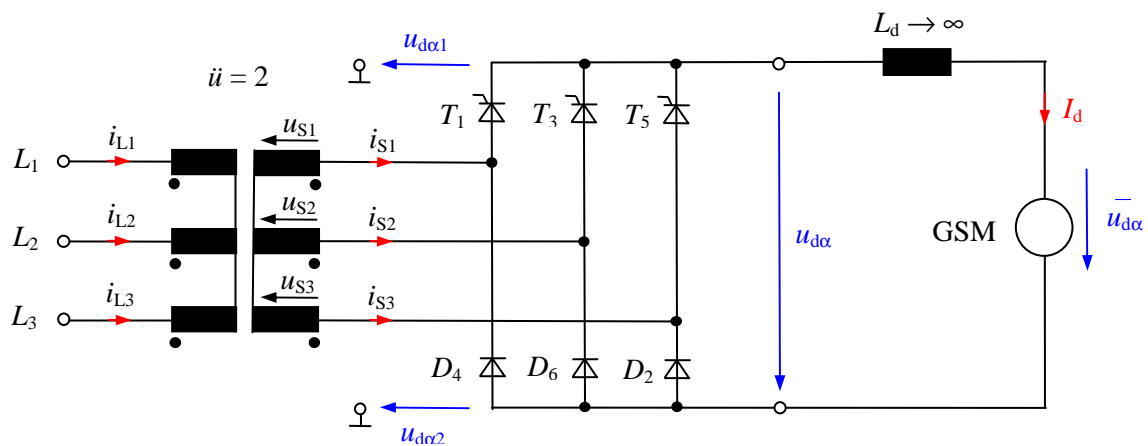
- 1.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 30^\circ$
 - a) die Spannung $u_{d\alpha}$ und den Strom $i_{d\alpha}$ am Widerstand,
 - b) die Thyristorströme i_{T1} und i_{T2} ,
 - c) den Netzstrom i_N sowie
 - d) die Ventilspannung u_{T1} .
- 1.2. Berechnen Sie den Spitzenwert der Spannung $\hat{u}_{d\alpha}$ und des Stromes $\hat{i}_{d\alpha}$ am Widerstand.
 Hinweis: Die Bauelemente der Schaltung sind dabei als ideal anzusehen!
- 1.3. Berechnen Sie den Mittel- und Effektivwert des Thyristorstroms für $\alpha = 30^\circ$.
- 1.4. Die Thyristoren haben eine Schleusenspannung von $u_{T0} = 0.9V$ und einen differentiellen Widerstand von $r_T = 7m\Omega$. Bestimmen Sie die Verlustleistung in den Thyristoren.
- 1.5. Die beiden Thyristoren sind auf einem gemeinsamen Kühlkörper montiert. Berechnen Sie die Kühlkörpertemperatur t_c und die Sperrschichttemperatur t_j der Thyristoren.

(25 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
SS 2009

Aufgabe 2

Eine halbgesteuerte Drehstrombrückenschaltung mit einer Gleichstrommaschine als Last wird über einen Transformator aus dem 400V/50Hz Drehstromnetz versorgt. 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 $I_d = 20\text{A}$.



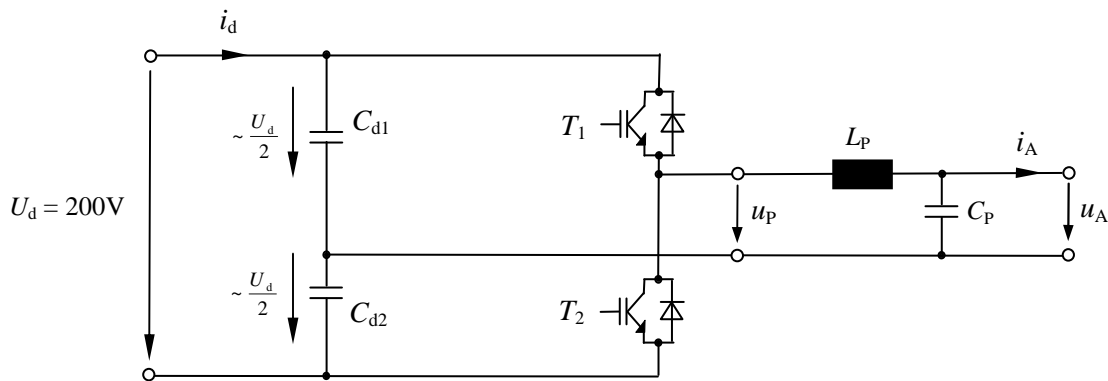
- 2.1. Zeichnen Sie für den Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$
- die Ausgangsspannung $u_{d\alpha}$ und die Spannung $\bar{u}_{d\alpha}$ an der Maschine,
 - die Thyristorströme i_{T1} , i_{T3} und i_{T5} ,
 - die Diodenströme i_{D2} , i_{D4} , und i_{D6} ,
 - die Sekundärströme i_{S1} , i_{S2} und i_{S3} sowie
 - den Netzstrom i_{L1} mit dem Grundschwingungs-Phasenverschiebungswinkel φ_{L1} .
- 2.2. Bestimmen Sie die Spannung U_S ($U_S = U_{S1} = U_{S2} = U_{S3}$) und die ideale Gleichspannung \bar{u}_{di} .
- 2.1. Berechnen Sie die Gleichspannung $\bar{u}_{di\alpha}$ für die Steuerwinkel $\alpha = 60^\circ$; $\alpha = 90^\circ$ und $\alpha = 120^\circ$ und zeichnen Sie die Steuerkennlinie des Stromrichters.
- 2.3. Bestimmen Sie die Grundschwingungs-Wirkleistung P_1 , die Grundschwingungs-Blindleistung Q_1 und die Grundschwingungs-Scheinleistung S_1 für den Steuerwinkel $\alpha = 90^\circ$.
 Hinweis: Benutzen Sie für die Berechnung die Größen auf der Gleichspannungsseite!

(30 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik
SS 2009

Aufgabe 3

Ein pulsgesteuerter Wechselrichter soll eine sinusförmige Ausgangsspannung $u_A(t) = \hat{u}_A \cdot \sin(\omega t)$ erzeugen. Dazu werden die beiden Transistoren mit Hilfe der Pulsweitenmodulation (Sinus-Dreieck-Vergleich) abwechselnd angesteuert. Für die Einstellung der Spannungsamplitude kann der Modulationsgrad im Bereich zwischen $m = 0 \dots 1$ verändert werden. Für den Betrieb wird ein sinusförmiger Ausgangsstrom $i_A(t) = \hat{i}_A \cdot \sin(\omega t - \varphi_1)$ mit einer Amplitude $\hat{i}_A = 20\text{A}$ vorausgesetzt. Die Spannungen an den Kondensatoren C_{d1} und C_{d2} können während der Grundschiwingung als konstant angenommen werden. Die Eingangsspannung u_d ist ideal geglättet. Verluste im Stromrichter sind zu vernachlässigen.



- 3.1. Zeichnen Sie den modulierten pulsförmigen Spannungsverlauf u_p mit dem Grundschiwingungsanteil u_{p1} . Geben Sie jeweils die Ansteuerzeiten der Transistoren an.
 Anmerkung: Stellen Sie ca. 10 Pulsperioden während einer Grundschiwingung dar!

Nehmen Sie nun an, dass der Wechselrichter mit sehr großer Pulsfrequenz arbeitet und der Siebkreis am Ausgang alle Oberschwingungen herausfiltert.

- 3.2. Geben Sie eine Beziehung zwischen Spannungsamplitude \hat{u}_A und Modulationsgrad m an.
 Welcher Spannungsbereich (Effektivwert) ist im „normalen Modulationsbereich“ am Ausgang einstellbar?
- 3.3. Zeichnen Sie den prinzipiellen Verlauf des Eingangstromes $i_d(t)$ für $\varphi_1 = 0^\circ$ und $\varphi_1 = 90^\circ$. Berechnen Sie für die beiden Winkel jeweils den Mittelwert des Eingangstromes $\overline{i_d}$ (Modulationsgrad $m = 1$).
- 3.4. Nennen Sie einige Vor- und Nachteile der Wechselrichterschaltung.

(20 Punkte)

Klausur: Leistungselektronik

SS 2009

Formeln:

$$\hat{i} = \frac{u_{L1}}{u_{S1}}$$

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

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

Ergebnisse

Aufgabe 1

1.2. $\hat{i}_{da} = 50.8A$

1.3. $I_{TAV} = 15.1A$

$I_{TRMS} = 25.0A$

1.4. $P_{T1} = P_{T2} = 18W$

1.5. $T_K = 72.4^\circ C$

$T_{J1} = T_{J2} = 99.4^\circ C$

Aufgabe 2

2.2. $U_s = \frac{U_{LL}}{\hat{i} \cdot \sqrt{3}}$

$U_s = \frac{U_N}{2} = 115.5V$

$\overline{u_{di}} = 270.0V$

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

$\overline{u_{di\alpha=60^\circ}} = 202.6V$

$\overline{u_{di\alpha=90^\circ}} = 135.0V$

$\overline{u_{di\alpha=120^\circ}} = 67.5V$

2.4. $S_1 = 3820VA$

$P_1 = 2700W$

$Q_1 = 2700VAR$

Aufgabe 3

3.2. $U_A = 0 \dots 70.7V$

3.3. $P_d = U_d \cdot \overline{i_d}$

$P_A = \frac{U_d \cdot \hat{i}_A \cdot m}{4} \cdot \cos(\varphi_1)$

$\overline{i_d}_{\varphi=0^\circ} = 5A$

$\overline{i_d}_{\varphi=90^\circ} = 0A$

3.4. Vorteile: Nur zwei Schaltelemente notwendig.

Nachteile: Kleine Ausgangsspannung → Große Halbleiterstrombelastung!

Grundswingungsstrom fließt über die Kondensatoren

→ Große Kapazitäten erforderlich!

Niederfrequenter Oberswingungsanteil → Pulsfrequenz wird nicht verdoppelt!