

Punkteschlüssel:

0...9 – 5; 10...12 – 4; 13...15 – 3; 16...18 – 2; 19...20 – 1

Jene 1 bzw. 2 Zusatzpunkte durch Mitarbeit während des Semesters werden addiert.

Bsp. 1

Bsp. 2

Mitarbeit

Summe

Beispiel 1: PM SYNCHRONMASCHINE (10 PUNKTE)

Eine dreisträngige symmetrisch aufgebaute permanentmagneterregte Synchronmaschine in Y-Schaltung mit $I_N=12\text{A}$ (Effektivwert) habe zu dem betrachteten Zeitpunkt τ_0 einen normierten Rotorverkettungsfluß von $\underline{\psi}_M = 1 \cdot e^{j \cdot 40^\circ}$. Zu diesem Zeitpunkt τ_0 sind die Strangströme:

$$I_1 = -3,088\text{A}$$

$$I_2 = 8,891\text{A}$$

$$I_3 = -5,803\text{A}$$

1. Berechnen Sie für diesen Zeitpunkt τ_0 den normierten Stromraumzeiger im statorfesten KOS und das bezogene Drehmoment der Maschine. Geben Sie ebenfalls die bezogenen Ströme i_1 , i_2 und i_3 an. (3 Punkte)
2. Skizzieren Sie die Raumzeiger $\underline{\psi}_M$ und \underline{i}_S sowie die dem Moment entsprechende Fläche in der komplexen Raumzeigerebene (Strangachse „U“ liegt in der reellen Achse) des obigen Betriebspunktes. (1 Punkt)
3. Berechnen Sie für einen BLDC-Betrieb zu diesem Zeitpunkt jenen normierten Stromraumzeiger im statorfesten KOS, welcher das halbe motorische Bezugsmoment bei positiver Drehrichtung ergibt. (Die Berechnung soll unter optimaler Drehmomentenausbeute erfolgen). Geben Sie ebenfalls die bezogenen Ströme i_1 , i_2 und i_3 sowie die nicht bezogenen Ströme I_1 , I_2 und I_3 in den Motorzuleitungen an. (3 Punkte)
4. Skizzieren Sie die Raumzeiger $\underline{\psi}_M$ und \underline{i}_S sowie dem Moment entsprechende Fläche in der komplexen Raumzeigerebene (Strangachse „U“ liegt in der reellen Achse) des obigen Betriebspunktes. (1 Punkt)
5. Berechnen Sie den bezogenen rotorfesten Spannungsraumzeiger für den Sinus-Betrieb (entsprechend dem Punkt 1.) zum Zeitpunkt τ_0 , wenn die Maschine gerade mit 20% der Bezugsdrehzahl rotiert. Verwenden Sie dazu die Maschinenparameter $r_s=0,05$ und $l_s=0,3$. (2 Punkte)

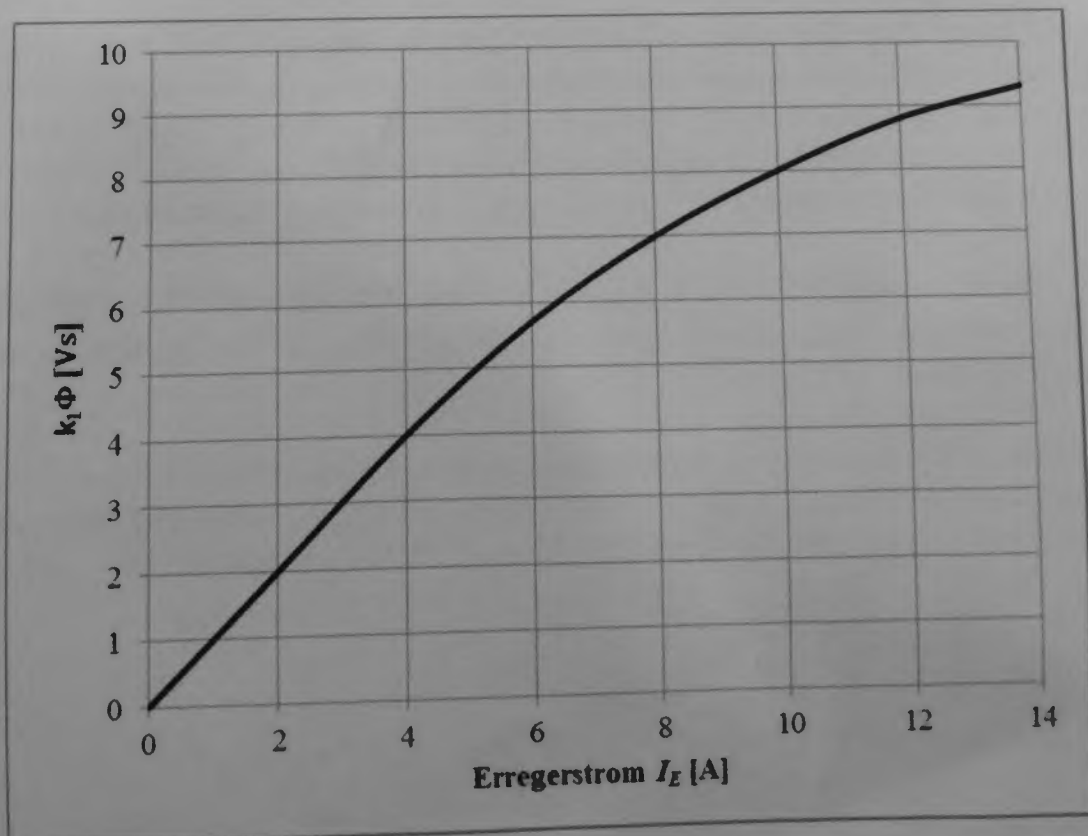
--- 2. Beispiel auf der Rückseite ---
Bitte umdrehen

Beispiel 2: GLEICHSTROMMASCHINE (10 PUNKTE)

Eine fremderregte Gleichstrommaschine hat folgende Daten.

Nennstrom:	$I_{A,N} = 100\text{A}$	Anker-Nennspannung:	$U_{A,N} = 400\text{V}$
Leerlaufdrehzahl:	$n_0 = 3000\text{U/min}$	Nennzahl:	$n_N = 2940\text{U/min}$

1. Berechnen Sie den Ankerwiderstand der Gleichstrommaschine und die Spannungskonstante $k_1 \Phi_N$ im Nennpunkt der Maschine. (2 Punkte)
2. Wie groß ist das Nennmoment M_N der Gleichstrommaschine. (1 Punkt)
3. Die Gleichstrommaschine wird mit konstanter Ankerspannung $U_A = 400\text{V}$ versorgt, es liegt halbe Nennerregung an. Berechnen Sie die Drehzahl in Abhängigkeit des Moments $n = f(M_i)$ und skizzieren Sie diesen Verlauf im Bereich $\pm M_N/2$. (3 Punkte)
4. Die Maschine wird nun als Nebenschlussgenerator betrieben. Skizzieren Sie das Ersatzschaltbild des Generators. Der Gesamtwiderstand im Erregerkreis ist konstant und beträgt $R_E = 45\Omega$ (Summe aus Spulenwiderstand und Vorwiderstand). Aus dem Leerlaufversuch konnte folgende Kennlinie des Erregerflusses ermittelt werden. Ermitteln Sie bei konstanter Drehzahl $n = 3000\text{min}^{-1}$ die Ankerspannung U_A sowie den Erregerstrom I_E für den leelaufenden Generator. (4 Punkte)



Lsg PM-Sync (Prüf. 23.7.14) (1/2)

$$1) \bar{i}_1 = \frac{\bar{I}_1}{\bar{I}_N} = \frac{I_1}{I_N \sqrt{2}} \approx -0,182 \rightarrow \bar{i}_u$$

$$\bar{i}_2 \approx 0,524 \rightarrow \bar{i}_v$$

$$\bar{i}_3 \approx -0,342 \rightarrow \bar{i}_w$$

$$\bar{i}_s = \frac{2}{3}(\bar{i}_u + \bar{i}_v + \bar{i}_w) = \frac{2}{3}(\bar{i}_u + \bar{i}_v e^{j120^\circ} + \bar{i}_w e^{j240^\circ})$$

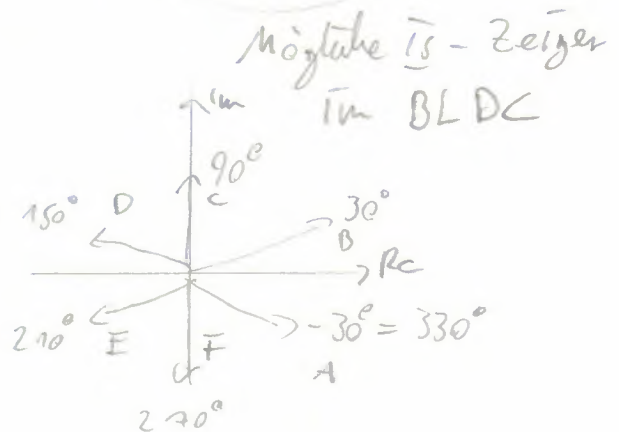
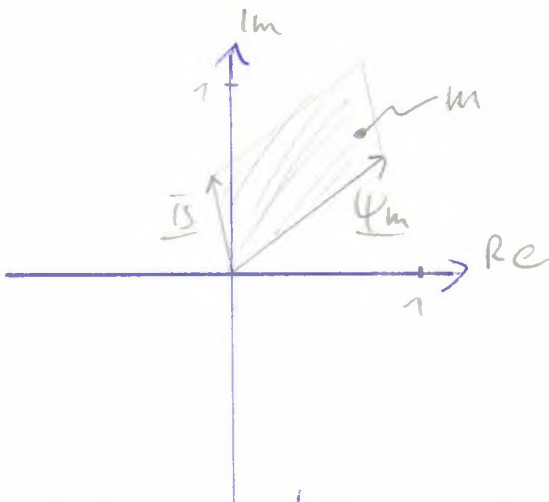
$$\approx 0,532 e^{j110^\circ}$$

$$\varphi_{is} - \varphi_{im} \approx 70^\circ (\rightarrow \text{n. idealer Sin-Betrieb})$$

$$\rightarrow m = \bar{i}_s \cdot \varphi_m \cdot \sin(\varphi_{is} - \varphi_{im})$$

$$\approx 0,532 \cdot 1 \cdot \sin(70^\circ) \approx 0,5$$

2)



3) BLDC, $m \stackrel{!}{=} 1/2$, opt. Drehmomentausbeute: $\bar{i}_s \perp \varphi_m$

$$\rightarrow 0,5 = m = \varphi_m \bar{i}_s \sin(90^\circ) \rightarrow \bar{i}_{s_{opt}} = 0,5$$

$$40^\circ + 90^\circ = 130^\circ$$

\uparrow pos. Drehrichtung, motorischer Betrieb

130° im BLDC nicht möglich, nächst möglicher: $\hat{D} = 150^\circ$

$$\rightarrow 0,5 = m = \varphi_m \bar{i}_s \sin(150^\circ - 40^\circ)$$

Lsg PM-Sync (P.fg. 23.7.14) (2/2)

ad 3) $m = 0,5 = \psi_m \bar{i}_s \sin(110^\circ)$
 $\Rightarrow \bar{i}_s \approx 0,532, \underline{\bar{i}}_s = \bar{i}_s \cdot e^{\bar{j}150^\circ}$

$$\underline{\bar{i}}_s = \frac{2}{3} (\underline{\bar{i}}_u + \underline{\bar{i}}_v + \underline{\bar{i}}_w) = \frac{2}{3} \bar{i}_{zk} (-1 + 1 e^{\bar{j}120^\circ} + \phi)$$

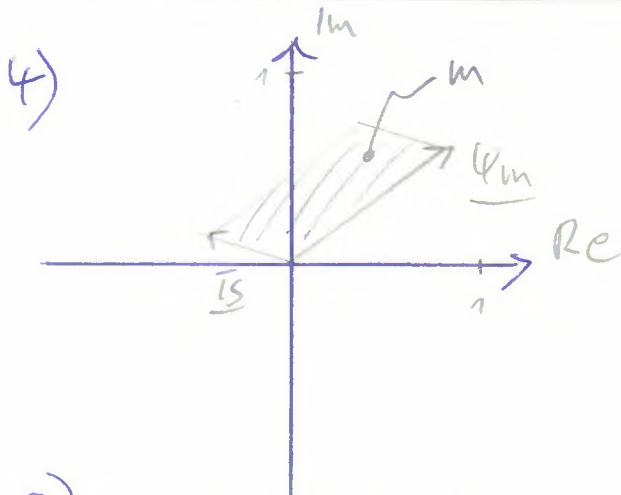
(Kürzhaff: $|\underline{\bar{i}}_v| = |\underline{\bar{i}}_u| = |\bar{i}_{zk}|$)

(geom. Addition: $\underline{\bar{i}}_s = \bar{i}_s e^{\bar{j}150^\circ}$; $\underline{\bar{i}}_u = -\bar{i}_{zk}, \underline{\bar{i}}_v = +\bar{i}_{zk}$)

$$\underline{\bar{i}}_s = e^{\bar{j}150^\circ} \bar{i}_s = \frac{2}{3} \bar{i}_{zk} \cdot \sqrt{3} e^{\bar{j}150^\circ}$$

$$\bar{i}_{zk} = \frac{\sqrt{3}}{2} \bar{i}_s \approx 0,461, I_{zk} = \bar{i}_{zk} \cdot \sqrt{2} \cdot 12 \approx 7,819 A$$

$\rightarrow I_u \approx -7,819 A, I_v \approx +7,819 A$



ad 5) $(IR) \underline{\bar{i}}_s \approx 0,234 e^{\bar{j}95^\circ}$

5) $\bar{i}_u, \bar{i}_v, \bar{i}_w$ aus 1), $\omega = 0,2, r_s = 0,05, l_s = 0,3, \omega_k = \omega$

totafest: Winkel des $\psi_{m, \text{stator}}$ wegdrehen, sodass auf Re-Achse

$$\psi_{m,r} = \psi_{m,s} \cdot e^{\bar{j}40^\circ} = \psi_m \cdot e^{\bar{j}40^\circ} \cdot e^{\bar{j}40^\circ} = \psi_m$$

~~ist~~ auch f. Strom, aber mit Spannungszeiger gleiche Transf!

$$\underline{\bar{i}}_{s,r} = \bar{i}_s \cdot e^{\bar{j}40^\circ} \approx 0,532 \cdot e^{\bar{j}70^\circ}$$

$$\underline{\bar{u}}_{s,r} = r_s \underline{\bar{i}}_{s,r} + \frac{d\psi_{s,r}}{dt} + \bar{j}\omega_k \psi_{s,r}, \psi_{s,r} = l_s \bar{i}_{s,r} + \psi_{m,r}$$

stationär

LSG GSM (Prüf. 23. 7. 14) (1/2)

1) (Diagramm wird erst bei 4) benötigt, da der Erregestrom erst durch die Nebenschlussmaschine eingeführt wird)

$$\mathcal{R}_0 = \frac{n_0}{60s} \cdot 2\pi, [n_0] = \text{U/min}, k'\phi = \frac{k\phi}{2\pi}$$

$$U_N \hat{=} U_0 = k'\phi \mathcal{R}_0 = k\phi \cdot \frac{n_0}{60s}$$

$$\rightarrow k\phi = 8 \text{ Wb}$$

$$U_N = k'\phi \mathcal{R}_N + R I_N \rightarrow R = 908 \Omega$$

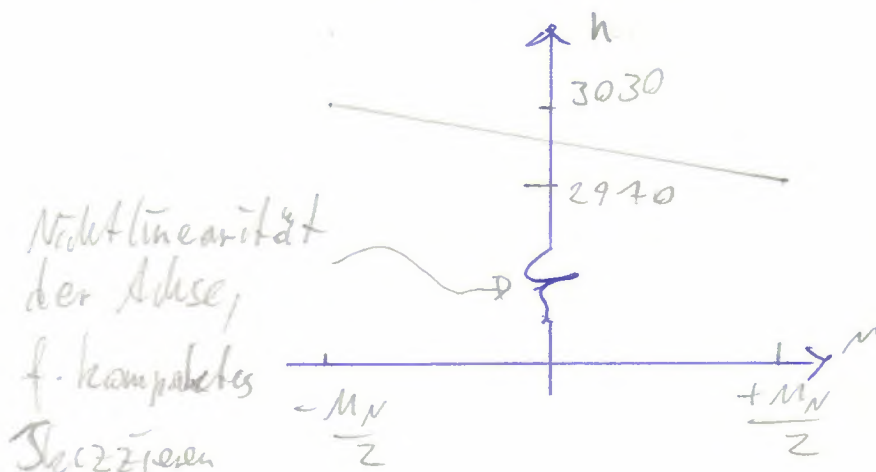
$$2) M_N = k'\phi I_N \approx 127,3 \text{ Nm}$$

$$3) k\phi_2 = \frac{k\phi}{2} \quad u = f(n) = ?, U_A = U_N$$

$$U_N = k'\phi_2 \frac{n}{60s} + R \cdot \frac{n}{k'\phi_2}$$

$$\rightarrow n = \left(U_N - R \cdot \frac{n}{k'\phi_2} \right) \cdot \frac{60s}{k\phi_2} \rightarrow u = f(n) \rightarrow \text{linear}$$

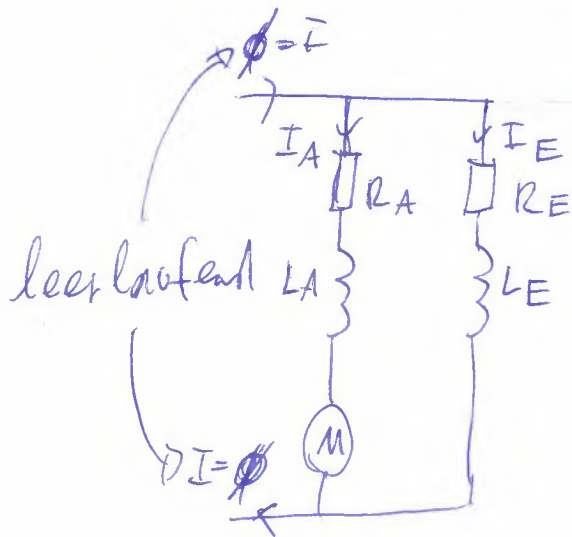
$$u(+M_N/2) \approx 2940 \text{ V/min}, u(-M_N/2) \approx 3030 \text{ V/min}$$



Lsg GSM (Prüf. 23.7.14) (2/2)

4) Nebenschlussgenerator: $R_E = 45 \Omega$, $n = 3000 \text{ U/min}$

ESB (stationär $\frac{dL}{dt} \rightarrow \phi$) (S. 67)



$$\phi = I \rightarrow I_A = -I_E$$

$$U_A = R_E I_A = R_A I_A + k' \phi \Omega$$

$$= R_E I_A = R_A I_A + k \phi (I_A) \cdot \frac{n}{60s}$$

$$U_A = R_E I_E = -R_A I_E + k \phi (I_E) \cdot \frac{n}{60s}$$

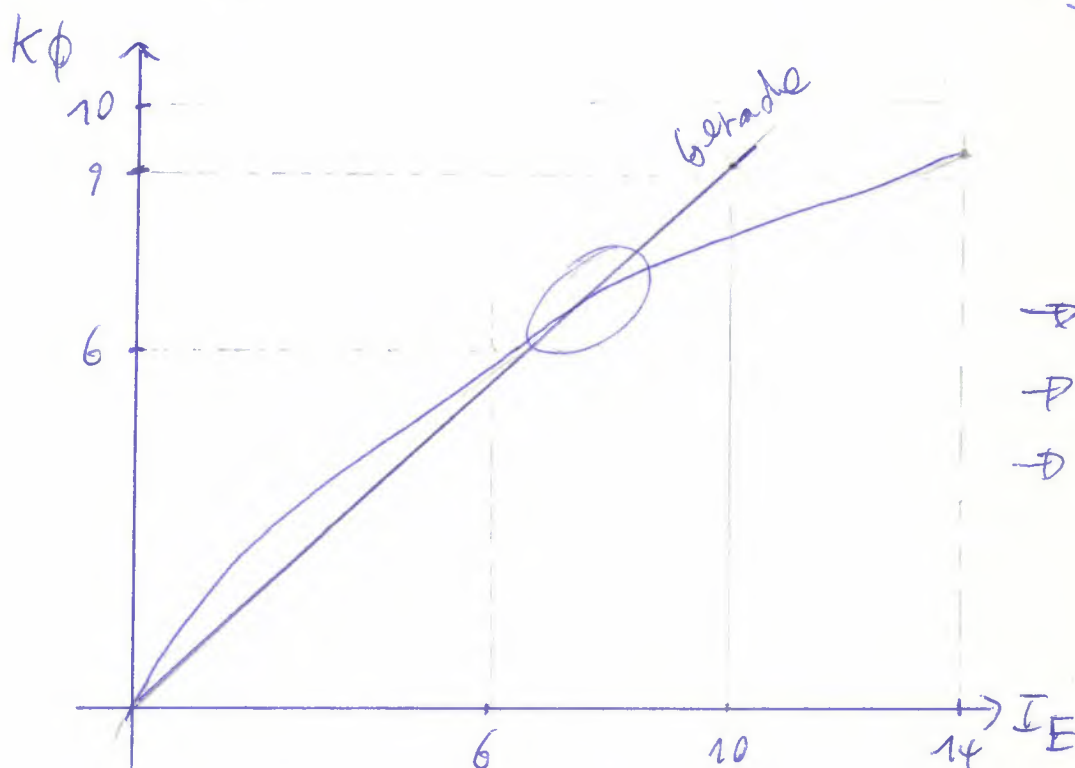
$$I_E (R_E + R_A) = k \phi (I_E) \cdot \frac{n}{60s}$$

$$\frac{k \phi (I_E)}{I_E} = \frac{R_E + R_A}{n} \cdot 60s = 9,016 \rightarrow \text{Steigung einer Gerade}$$

$$\rightarrow 9,016$$

$$= 9,016$$

$$= 9,016$$



$$\rightarrow I_E \approx 7,4 \text{ A}$$

$$\rightarrow k \phi \approx 6,4 \text{ Wb}$$

$$\rightarrow U_A \approx \dots$$