

### 1.) Gleichstrommaschine

Von einem Gleichstromnebenschlußmotor sind bekannt:

$U_{AN} = 440 \text{ V}$ ,  $I_{AN} = 215 \text{ A}$ ,  $R_A = 0,09 \Omega$ ,  $U_{Bk} = 2 \text{ V}$ ,  $n_N = 2750 \text{ min}^{-1}$  und  $R_E = 150 \Omega$ .  
Die Reibungs- und Eisenverluste,  $P_{\text{Rog}} = 1200 \text{ W}$  und  $P_{Fe} = 800 \text{ W}$ , seien im betrachteten Arbeitsbereich konstant, d.h. drehzahlunabhängig.

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild!
- Welchen Wert hat die bei Nennbetrieb induzierte Quellspannung im Anker?
- Wie groß ist das elektromagnetische (innere) Drehmoment?
- Wie groß ist der Wirkungsgrad des Motors?
- Wie groß ist das an der Welle nutzbare Moment  $M$ ?
- Wie hoch ist die Leerlaufdrehzahl?

### 2.) Gleichstrommaschine

Eine fremderregte Gleichstrommaschine hat folgende Daten:

$U_{AN} = 470 \text{ V}$ ,  $I_{AN} = 2440 \text{ A}$ ,  $R_A = 10 \text{ m}\Omega$ ,  $U_{Bk} = 0,8 \text{ V}$ ,  $n_N = 540 \text{ U/min}$ ,  
Erregerleistung  $P_{Er} = 8 \text{ kW}$ .

- Bestimmen Sie die Summe der Kupferverluste im Anker bei Nennbetrieb!
- Bestimmen Sie die Rotationsspannung  $U_{\text{rotN}}$  bei Nennbetrieb!

Bei einem **Leerlaufversuch** wird ein Ankerstrom von  $I_{A0} = 18 \text{ A}$  gemessen. Die Reibungs- und Eisenverluste seien im betrachteten Arbeitsbereich konstant, d.h. drehzahlunabhängig.

- Bestimmen Sie die Summe der Reibungs- und Eisenverluste  $P_{\text{RogFe}}$ !
- Wie groß ist der Wirkungsgrad des Motors bei Nennbetrieb?
- Die Maschine brems jetzt mit Nennstrom. Wie groß ist die induzierte Spannung  $U_{\text{rot}}$ ?
- Wie groß ist das Bremsmoment an der Welle  $M_{\text{Abbrems}}$ ?

### 3.) Transformator

Ein dreiphasiger Transformator in Schaltung Dy5 wird symmetrisch belastet. Er hat folgende Daten:  $U_{1N} = 10,5 \text{ kV}$ ,  $U_{2N} = 400 \text{ V}$ ,  $S_N = 1600 \text{ kVA}$ ,  $u_{\text{KX}} = 5,9\%$ ,  $u_{\text{Kt}} = 0,7\%$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .  
Magnetisierungsstrom und Eisenverluste sind zunächst zu vernachlässigen.

- Zeichnen Sie ein möglichst einfaches Ersatzschaltbild für Transformator mit  $R_k$  und  $X_k$  auf der Sekundärseite!
- Berechnen Sie den Nennstrom auf der Sekundärseite!
- Berechnen Sie die realen Werte für  $R_k$  und  $X_k$ !

Auf der Sekundärseite wird eine Induktivität angeschlossen, die den Transformator mit Nennstrom belastet.

- Berechnen Sie die Reaktanz der Last  $X_L$ !
- Berechnen Sie die komplexen Spannungsabfälle  $\underline{U}_{Rk}$  und  $\underline{U}_{Xk}$ !
- Wie groß ist die Ausgangsspannung des Transformators?
- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für den Belastungsfall aus b), Spannungen  $20 \text{ V/cm}$ , Strom  $200 \text{ A/cm}$ !
- Tragen Sie in das Diagramm von Teil g) zusätzlich die Ortskurve der Ausgangsspannung für Belastung mit Nennstrom bei beliebigem Lastwinkel ein!

Bei einem Leerlaufversuch mit  $U_2 = 400 \text{ V}$  auf der Sekundärseite wird ein Strom von  $I_{20} = 176 \text{ A}$  und eine Leistung von  $P_0 = 2,9 \text{ kW}$  gemessen.

- Berechnen Sie mit einer sinnvollen Näherungsrechnung  $R_k$  und  $X_k$ !

#### 4.) Gleichstromgenerator

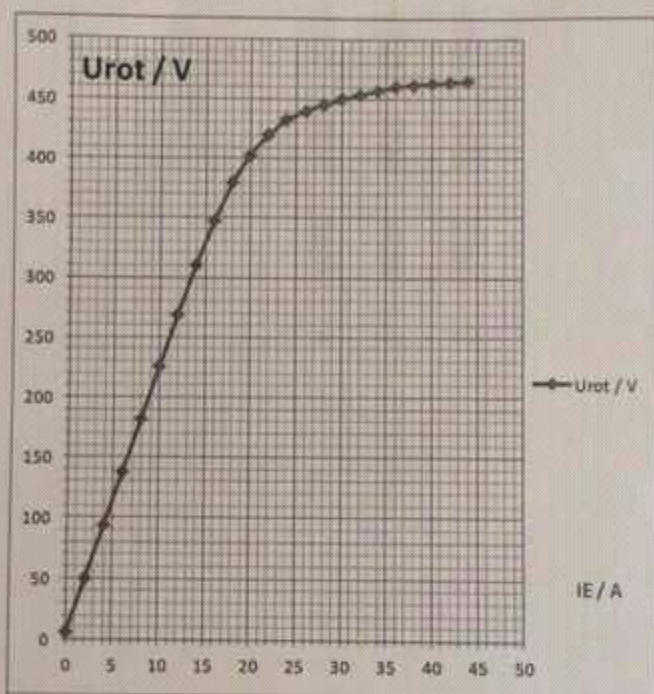
Der Erregerkreis eines Gleichstromgenerators wird von einem kleinen Stromrichter gespeist. Der Generator hat folgende Daten:

$U_{AN} = 420 \text{ V}$ ,  $I_{AN} = 500 \text{ A}$ ,  $R_A = 50 \text{ m}\Omega$ ,  $R_E = 9,2 \text{ }\Omega$ ,  $n_N = 1800 \text{ U/min}$ .

Bürstenverluste ( $U_{BE}$ ), Reibung und Eisenverluste sollen vernachlässigt werden.

In einem Leerlaufversuch bei  $n = 1800 \text{ U/min}$  wurde folgende Kennlinie ermittelt:

IE / A	Urot / V
0	5
2	49
4	93
6	137
8	181
10	225
12	268
14	310
16	346,5
18	379
20	403
22	420
24	432,5
26	440
28	445
30	449,5
32	453,5
34	457
36	460
38	462
40	463
42	464
44	465



Der Gleichstromgenerator soll eine konstante Ankerspannung  $U_A = U_{AN}$  liefern. Die Drehzahl sei zunächst konstant  $n = n_N$ .

- Wieviel Erregerstrom ist im Leerlauf erforderlich?
- Wieviel Erregerstrom ist bei halbem Nennstrom erforderlich?
- Wieviel Erregerstrom ist bei Nennstrom erforderlich?
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad für den Betriebspunkt von Aufgabenteil c)!

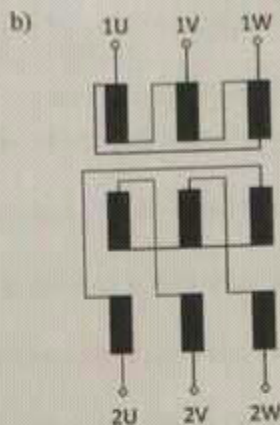
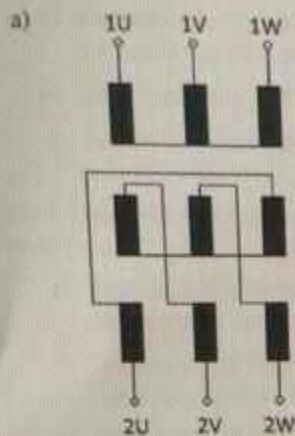
Die Drehzahl der Antriebsmaschine sinkt bei steigender Belastung ab. Bei Nennmoment kann sie den Generator nur mit  $1730 \text{ U/min}$  antreiben.

- Wieviel Erregerstrom ist erforderlich, damit der Generator die Ankernennspannung  $U_A = U_{AN}$  bei dieser Drehzahl (und Nennmoment) liefert?
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad für den Betriebspunkt von Aufgabenteil c)!



## 5.) Transformator

Geben Sie zu folgenden Transformatorschaltungen geeignete Maschengleichungen an und bestimmen Sie zeichnerisch die Schaltgruppen:



c)

Die Strangspannung auf der Primärseite beträgt  $U_{1N} = 400 \text{ V}$ .

Die Strangspannung beider Sekundärwicklungen beträgt  $U_{2N} = U_{3N} = 230 \text{ V}$ .

Welche Übersetzungsverhältnisse ergeben sich für die Spannungen bei den Transformatoren unter a) und b)?

### 6.) Drehstromleitung

Eine Drehstromfreileitung hat folgende Daten:

$L' = 0,828 \text{ mH/km}$ ,  $C' = 13,8 \text{ nF/km}$ , Leitungslänge  $l = 350 \text{ km}$ . Die Leitung sei verlustfrei und wird mit einer Frequenz von  $f = 50 \text{ Hz}$  betrieben.

- Zeichnen Sie ein  $\pi$ -Ersatzschaltbild und benennen Sie die Elemente!
- Ermitteln Sie die Längsreaktanz  $X_S$  und die Quersuszeptanz (Leitfähigkeit)  $B_T$  des  $\pi$ -Ersatzschaltbilds mit einer vereinfachenden Näherung!
- Berechnen Sie den Wellenwiderstand  $Z_W$  und die Winkelkonstante  $\beta$ !
- Ermitteln Sie die genauen Werte für Längsreaktanz  $X_S$  und Quersuszeptanz  $B_T$  des  $\pi$ -Ersatzschaltbilds!

Die Leitung wird im Leerlauf bei einer Anfangsspannung von  $U_1 = 380 \text{ kV}$  (verkettet) betrieben.

- Berechnen Sie für den Spannungsteiler mit den unter b) ermittelten Werten die Spannung  $U_2$  am Leitungsende!
- Berechnen Sie für den Spannungsteiler mit den unter d) ermittelten Werten die Spannung  $U_2$  am Leitungsende!
- Berechnen Sie die Spannung  $U_2$  am Leitungsende mit Hilfe der Winkelkonstanten  $\beta$ !

### 7.) Synchrongenerator

Gegeben ist ein Synchron-Turbogenerator in Sternschaltung mit folgenden Daten:

$U_N = 21 \text{ kV}$ ,  $S_N = 400 \text{ MVA}$ ,  $2p' = 2$ ,  $x_d = 1,4 \text{ p.u.}$ ,  $f_N = 50 \text{ Hz}$ ,  $\cos \varphi_N = 0,85$

Die Maschine wird im Nennpunkt betrieben.

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des Generators!
- Berechnen Sie den Nennstrom  $I_{IN}$ !
- Berechnen Sie den realen Wert der Synchronreaktanz  $X_d$ !
- Berechnen Sie die Polradspannung  $U_p$  für Nennbetrieb!
- Berechnen Sie mit  $I_{IN}$ ,  $U_1$ ,  $U_p$  und  $X_d$  die Zeiger für PQ-Leistungsdigramm!
- Zeichnen Sie das PQ-Leistungsdigramm mit  $\lambda = 50 \text{ MVA/cm}$ !
- Wie groß ist der Polradwinkel  $\beta_N$ ?
- Berechnen Sie die Drehzahl des Generators!
- Wie groß ist das Drehmoment  $M_N$ ?
- Wie groß ist das maximale Drehmoment (Kippmoment) bei dieser Polradspannung?

### 8.) Stromrichter

Ein B6-Stromrichter am starren  $400 \text{ V}$ -Netz versorgt eine Gleichstrommaschine mit den Daten:  $U_{AN} = 440 \text{ V}$ ,  $I_{AN} = 200 \text{ A}$ ,  $R_A = 100 \text{ m}\Omega$ . Der Spannungsabfall am Netztransformator ist im folgenden zu vernachlässigen.

- Zeichnen Sie das dreisträngige Ersatzschaltbild des Stromrichters!
- Berechnen Sie die ideelle Leerlaufspannung  $U_{d0}$  (Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ$ )!

Der Generator soll mit 1,2-fachem Nennstrom anfahren.

- Berechnen Sie die erforderliche Spannung  $U_A$  für  $\alpha = 0$ !
- Berechnen Sie den dafür erforderlichen Zündwinkel  $\alpha$ !