

## 1. Gleichstrommotor

Ein permanenterregter Gleichstrommotor hat folgende Daten:  $U_{AN} = 7.2\text{V}$ ,  $I_{AN} = 12\text{A}$ ,  $n_N = 12.000\text{ U/min}$ ,  $R_A = 80\text{m}\Omega$ ,  $U_{Bk} = 0,6\text{V}$  (beide Bürsten zusammen)

Die Reibung und Eisenverluste sind zu vernachlässigen.

- Zeichnen Sie ein geeignetes Ersatzschaltbild für den Motor!
- Berechnen Sie die Leerlaufdrehzahl  $n_0$  bei  $U_A = U_{AN}$ !
- Berechnen Sie das Nenndrehmoment  $M_{eIN}$ !
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad im Nennpunkt!
- Welche Drehzahl stellt sich bei einer Belastung von  $M_{el} = 35\text{mNm}$  ein?

## 2. Synchronmotor

Ein Synchronmotor in Sternschaltung hat folgende Angaben auf dem Typenschild:

$$U_N = 4\text{ kV} \quad S_N = 8\text{ MVA} \quad 2p' = 8 \quad x_d = 2,3\text{ p.u.} \quad f_N = 50\text{Hz} \quad \cos \varphi_N = 0,8$$

Die Maschine wird in einem **3kV-Industrienetz** betrieben und arbeitet zunächst übererregt als reiner Phasenschieber zur Blindleistungskompensation. Der Betrag der Blindleistung ist dabei  $|Q_{IA}| = 3,5\text{ MVar}$  (Index A für diesen Betriebspunkt).

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des Motors im Verbraucherzählpfeilsystem!
- Berechnen Sie den realen Wert der Synchronreaktanz  $X_d$ !
- Berechnen Sie die komplexe Polradspannung  $\underline{U}_P$ ! (Hinweis: Der Zeiger ist relativ lang.)

Ausgehend von dem bisherigen Betriebspunkt geht die Maschine bei konstanter Erregung in den Motorbetrieb und gibt an der Welle eine Wirkleistung von  $P_{meI} = 4,5\text{ MW}$  ab.

- Berechnen Sie für den neuen Betriebspunkt den **komplexen** Strom  $\underline{I}_I$  sowie alle für ein Zeigerdiagramm relevanten **komplexen Spannungen** ( $\underline{U}_P$ ,  $\underline{I}_I \cdot jX_d$ ) und **komplexen Ströme** ( $\underline{U}_I/jX_d$ ,  $\underline{U}_P/jX_d$ )!
- Berechnen Sie die Blindleistung  $Q_I$  mit korrektem Vorzeichen!
- Arbeitet die Maschine in diesem Betriebspunkt über- oder untererregt?
- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für den angegebenen Betriebspunkt!  
Verwenden Sie dabei für die Stranggrößen die Maßstäbe  $\lambda_U = 500\text{V/cm}$  und  $\lambda_I = 100\text{A/cm}$   
(Sie können auch  $\lambda_U = 200\text{V/cm}$  sowie  $\lambda_I = 50\text{A/cm}$  verwenden, wenn Sie damit besser zurecht kommen.)

### 3. Transformator

Ingenieur Schmidt will einen dreiphasigen Transformator testen, der für unterschiedliche Schaltungsarten vorgesehen ist. Auf dem Typenschild stehen folgende Daten:

$$U_A = 3 \times 400\text{V}, U_B = 3 \times 115\text{V}, U_C = 3 \times 115\text{V}, S_N = 20\text{kVA}, u_k = 5\%, f_N = 50\text{Hz}$$

(Um keine Verwechslungen mit den Größen  $U_1$  und  $U_2$  für Primär- und Sekundärseite im Ersatzschaltbild zu bekommen, sind die drei Wicklungen hier mit den Buchstaben A, B und C unterschieden.)

- Bestimmen Sie das Nennübersetzungsverhältnis  $\bar{u}_N$ !
- Berechnen Sie die Nennströme  $I_{AN}$  (Primärseite, später  $I_{1N}$ ) sowie  $I_{BN}$  bzw.  $I_{CN}$  (Sekundärseite, später  $I_{2N}$ )!

Für die einzelnen Wicklungen misst er mit einem Multimeter folgende Werte:

Widerstandsmessung – alle Werte in $\text{m}\Omega$								
$R_{AU12}$	$R_{AV12}$	$R_{AW12}$	$R_{BU12}$	$R_{BV12}$	$R_{BW12}$	$R_{CU12}$	$R_{CV12}$	$R_{CW12}$
134	132	136	36	38	37	35	38	38

Herr Schmidt schließt den Transformator in Sternschaltung auf beiden Seiten an (Yy0), wobei er auf der Sekundärseite die Wicklungen B und C jeweils in Reihe schaltet. Da seine Spannungsversorgung bloß bis 500V geht, speist er den Transformator für einen Leerlaufversuch **von der Sekundärseite**.

- Zeichnen Sie ein einphasiges Ersatzschaltbild mit einem idealen Übertrager direkt auf der Primärseite, sodass die transformierte Größe  $R_1'$  im Ersatzschaltbild auftaucht!

Bei einer Spannung von  $U_2 = 400\text{V}$  misst er auf der Primärseite im Leerlauf  $U_{10} = 695\text{V}$  bei einem Strom von  $I_{20} = 1,7\text{A}$ . Die Leerlaufverluste betragen  $P_0 = 155\text{W}$ .

- Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis  $\bar{u}$ ?
- Bestimmen Sie mit den üblichen Vereinfachungen für das Ersatzschaltbild die Werte für  $X_h$  und  $R_{Fe}$ !
- Berechnen Sie aus den Mittelwerten die Elemente  $R_1'$  und  $R_2$  im Ersatzschaltbild!

Jetzt wird die **Primärseite kurzgeschlossen** und auf der Sekundärseite ein Strom  $I_{2k} = 28,7\text{A}$  eingestellt. Die verkettete Spannung beträgt nun  $U_{2k} = 16,4\text{V}$ , die Verlustleistung  $P_k = 310\text{W}$ .

- Bestimmen Sie mit den üblichen Vereinfachungen für das Ersatzschaltbild die Werte für  $R_k$  und  $X_k$ !
- Welcher Wert  $R_{k12}$  wäre mit den unter f) berechneten Werten von  $R_1'$  und  $R_2$  zu erwarten gewesen?
- Bestimmen Sie die prozentuale Abweichung von  $R_k$  zu  $R_{k12}$ !

Nun wird der Transformator sekundärseitig in Z-Schaltung betrieben (Yz5). Herr Schmidt fragt sich, was er dabei zu erwarten hat. Helfen Sie ihm.

- Welches Übersetzungsverhältnis  $\bar{u}_Z$  sollte der Transformator in Yz-Schaltung haben?
- Wie groß ist damit der Widerstand  $R_{1Z}$ ?
- Welcher Gesamtwiderstand  $R_{k1ZZ}$  ergibt sich mit  $R_{1Z}$ ?
- Wie groß wären damit die Verluste bei einem Kurzschlussversuch, wenn wieder sekundärseitig ein Strom von  $I_{2kZ} = 28,7\text{A}$  eingestellt wird?