

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_{elN} !
- 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 Erregerung in den Motorbetrieb und gibt an der Welle eine Wirkleistung von $P_{me1} = 4,5\text{ MW}$ ab.

- Berechnen Sie für den neuen Betriebspunkt den **komplexen** Strom \underline{I}_1 sowie alle für ein Zeigerdiagramm relevanten **komplexen Spannungen** (\underline{U}_P , $\underline{I}_1 \cdot jX_d$) und **komplexen Ströme** (\underline{U}_1/jX_d , \underline{U}_P/jX_d)!
- Berechnen Sie die Blindleistung Q_1 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

3. Transformator

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

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

(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 \hat{u}_N !
- Berechnen Sie die Nennströme I_{AN} (Primärseite, später I_{IN}) 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 mΩ								
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 $U_2 = 400V$ misst er auf der Primärseite im Leerlauf $U_{10} = 695V$ bei einem Strom von $I_{20} = 1,7A$. Die Leerlaufverluste betragen $P_0 = 155W$.

- Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis \hat{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 $I_{2k} = 28,7A$ eingestellt. Die verkettete Spannung beträgt nun $U_{2k} = 16,4V$, die Verlustleistung $P_k = 310W$.

- 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 \hat{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} ?