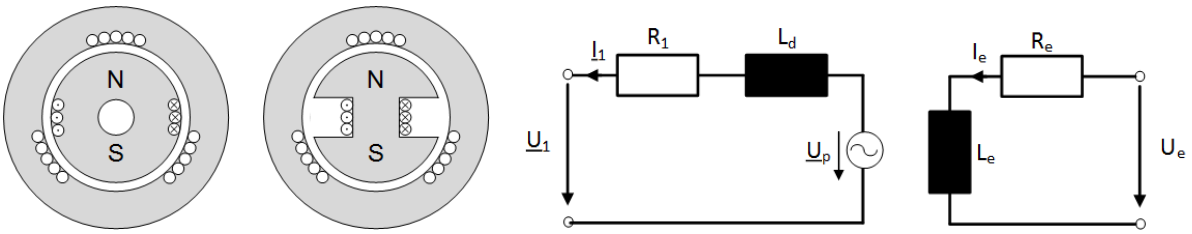
Institut für Elektroenergiesysteme
und Hochspannungstechnik (IEH)
Leiter: Prof. Dr.-Ing. T. Leibfried

Zusammenfassung zur Übung 5

ELEKTROENERGIESYSTEME

Aufgaben 12 bis 13

1) Synchrongenerator Querschnitt



(a) Vollpolläufer (b) Schenkelpolmaschine (c) 1-phasigen Ersatzschaltbild (Vollpolläufer)

Das vom Läufer erzeugte Magnetfeld induziert in den räumlich um 120° gegeneinander versetzten Statorspulen ein symmetrisches Drehspannungssystem. Die im Leerlauf erzeugte Ständerspannung ist die Polradspannung $\underline{U}_\mathrm{P}$. Die Polradspannung ist direkt proportional zum Erregerstom I_e im Erregerkreis.

Das bei Belastung fließende symmetrische Drehstromsystem erzeugt in den Statorwicklungen ein magnetisches Drehfeld, das durch die Induktivität $L_\mathrm{d} = L_\mathrm{H} + L_{\sigma 1}$ beschrieben wird.

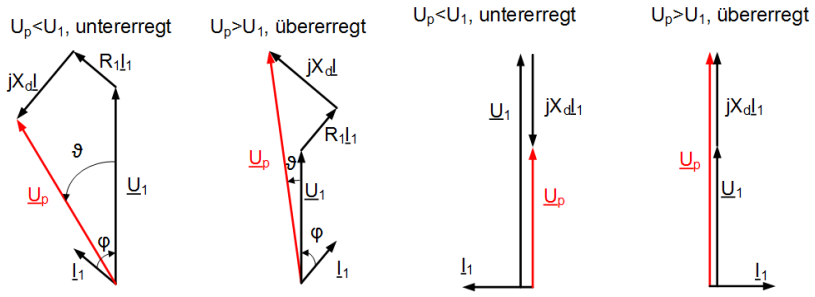
Das erzeugte Drehspannungssystem rotiert synchron mit der mechanische Winkelgeschwindigkeit des Läufers Ω. Im Fall einer mehrpolige Maschine mit der Polpaarzahl p, dann wird die **elektrische Winkelgeschwindigkeit** $\omega_s = p \cdot \Omega$.

2) Konstruktions des Zeigerdiagramms (vereinfacht)

Aus dem Ersatzschaltbild gilt:

$$\underline{U}_\mathrm{p} = R_1 \underline{I}_1 + j\omega L_\mathrm{d} \underline{I}_1 + \underline{U}_1$$

Die Spannung $\underline{U}_1$ wird in die positiv reelle Achse gelegt. $\underline{I}_1$ ist gegeüber $\underline{U}_1$ um den Winkel φ verschoben. Spannungsänderung an der Spitze von $\underline{U}_1$ einzeichnen. Die Polradspannung $\underline{U}_\mathrm{P}$ geht vom Ursprung bis der Spitze aller Spannungsänderung (siehe Abbildung).



(d) Generatorbetrieb (e) Phasenschieberbetrieb

3) Drehmoment und Leistung

Für einen Vollpolläufer ($X_\mathrm{q} \approx X_\mathrm{d}$) gilt:

$$\underline{S} = 3 \cdot \underline{U}_1 \cdot \underline{I}^* = P + jQ$$

$$P = 3\frac{U_1 U_P}{X_d} sin(\vartheta) \qquad Q = 3[\frac{U_1 U_\mathrm{P}}{X_\mathrm{d}} cos(\vartheta) - \frac{U_1^2}{X_\mathrm{d}}] \qquad M = 3\frac{p}{\omega_s}\frac{U_\mathrm{P} U_1}{X_\mathrm{d}} sin(\vartheta)$$

4) Steuerung

Die Ausgangsgrößen des Synchrongenerators können durch Veränderung der Erregung im Erregerkreis oder durch Veränderung der Leistungsbereitstellung an der Turbine gesteuert werden. Ist der Synchrongenerator an einem **starren Netz** verbunden, dann sind die **Netzspannung U_1 und die Netzkreisfrequenz ω konstant**.

- Blindleistungssteuerung

  Um die abgegebene Blindleistung zu steuern müssen der Betrag der Polradspannung $|U_\mathrm{P}|$ und der Polradwinkel ϑ beeinflusst werden. Dies wird erreicht in dem der Erregerkreis verändert wird, da die Polradspannung direkt proportional zum Erregerstrom ist. Bleibt die Leistungsbereitstellung der Turbine unverändert, dann bleibt die abgegebene Generatorleistung P konstant.

- Wirkleistungsteuerung

  Um die vom Generator abgegebene Wirkleistung zu steuern muss die Dampfzufuhr an der Turbine erhöht oder erniedrigt werden. Da die Kreisfrequenz konstant bleiben soll, um die Frequenz des Netz nicht zu stören, wird das Drehmoment M angepasst. Der Sinus des Polradwinkels $sin(\vartheta)$ ist direkt proportional zum Drehmoment. Dabei wird allerdings auch die Blindleistung verändert.

gesteuert	unverändert	verändert	wichtige Beziehung
I_e	ω_s, X_d, U_1, P	U_p, ϑ, Q	$I_e \propto U_\mathrm{P}$
P	ω_s, X_d, U_1, U_P	M, ϑ, Q	$M \propto sin(\vartheta)$