

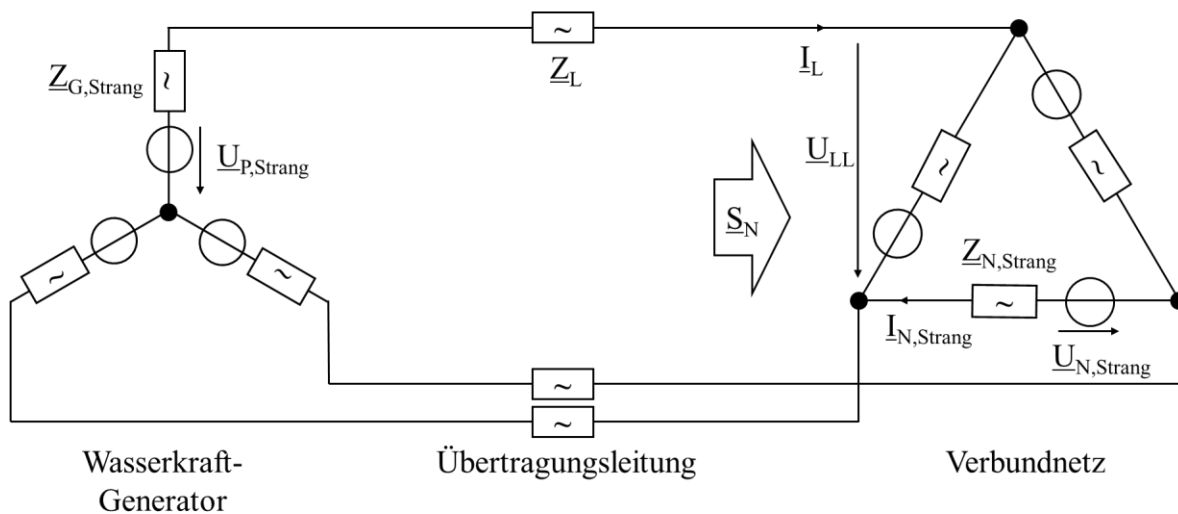
### Aufgabe 1

Ein Wasserkraftgenerator wird am dreiphasigen Verbundnetz betrieben. Die Schaltung sei symmetrisch.

Der Generator in Sternschaltung habe eine einstellbare Polradspannung  $U_{P,Strang}$  und eine rein induktive Innenimpedanz von  $Z_{G,Strang} = j11 \Omega$ .

Die Energie wird über eine Drehstromleitung mit  $Z_L = (4+j3) \Omega$  übertragen.

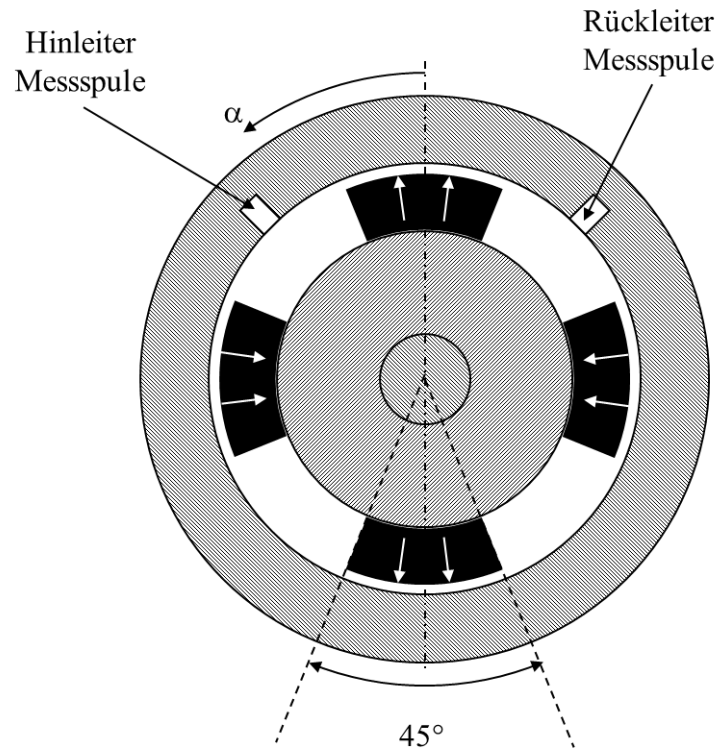
Das Verbundnetz kann durch ein Dreieck-Ersatzschaltbild mit je einer realen Spannungsquelle pro Strang beschrieben werden. Diese besteht aus der Spannungsquelle  $U_{N,Strang} = 690 \text{ V}$  und der rein reellen Impedanz  $Z_{N,Strang} = 1 \Omega$ .



- Skizzieren Sie ein einphasiges Stern-Ersatzschaltbild für die gesamte Schaltung mit einer Netzspannung  $\underline{U}_{NY}$  und einer Netz-Innenimpedanz  $Z_{NY}$ ! (1 Punkt)  
Geben Sie die Größen von  $U_{NY}$  und  $Z_{NY}$  an! (2 Punkte)
- Berechnen Sie die ins das Netz eingespeiste Scheinleistung als Funktion der Polradspannung und der Netzspannung  $\underline{S}_N = f(\underline{U}_P, \underline{U}_N)$  allgemein in Formeldarstellung! (2 Punkte)
- Welche Phasenlage sollte der Strom  $I_L$  bezüglich der Netzspannung  $\underline{U}_{LY}$  (Ersatzspannung für  $\underline{U}_{LL}$  im einphasigen Ersatzschaltbild) haben, damit dort reine Wirkleistung  $\underline{S}_N = P_N = 1 \text{ MW}$  eingespeist wird? (Hinweis: Beachten Sie, dass  $Z_N$  reell ist!) (1 Punkt)  
Wie groß muss der Strom  $I_L$  sein, um eine reine Wirkleistung von 1 MW in das Netz einzuspeisen? (1 Punkt)
- Berechnen Sie die dafür einzustellende Polradspannung  $U_P$ ! (Hinweis: Wenn Sie  $I_L$  nicht berechnen konnten, nehmen Sie  $I_L = 555 \text{ A}$  an!) (2 Punkte)
- Wie verändert sich der Phasenwinkel des Netzstroms  $I_L$  qualitativ, wenn die Spannung  $U_P$  bei gleichbleibender Wirkleistung erhöht wird? (1 Punkt)
- Der Generator sei als elektrisch erregte Synchronmaschine ausgeführt. Mit welcher Maßnahme können Sie die Polradspannung verstellen? (Hinweis: Das Verbundnetz gibt bestimmte Größen vor, die Sie nicht verändern dürfen.) (1 Punkt)
- Nennen Sie die Bezeichnungen der Teilsysteme beim Verfahren der symmetrischen Komponenten! (1 Punkt)

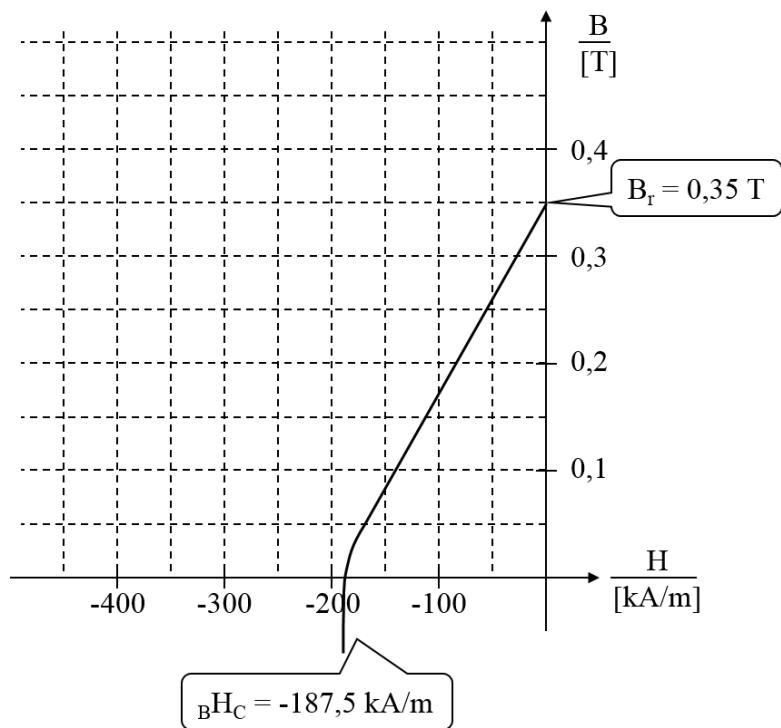
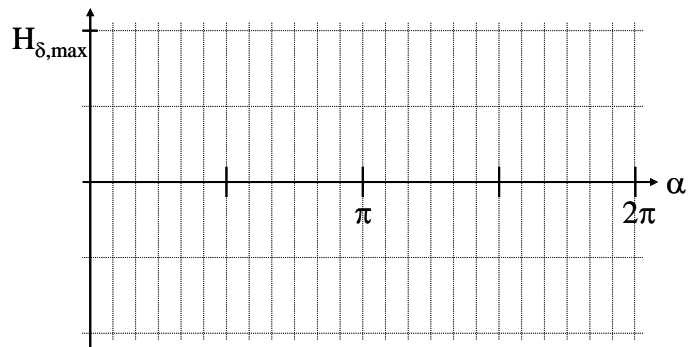
## Aufgabe 2

Gegeben seien der untenstehende Querschnitt eines magnetischen Kreises aus einer vereinfacht dargestellten permanentenerregten Synchronmaschine. Die Permeabilität des Weicheisens (schraffierter Bereich) darf als unendlich groß angenommen werden. Die Permanentmagnete (schwarz) sind in der eingezeichneten Art radial magnetisiert (Richtung von  $B_r$  im Magneten).



- a) Wieviele Pole hat die Maschine? (1 Punkt)  
 Tragen Sie den qualitativen Verlauf der magnetischen Feldstärke im Luftspalt vorzeichenrichtig über dem Drehwinkel in die Skizze auf dem Lösungsblatt ein! Die Streuung darf vernachlässigt werden. (1 Punkt)
- b) Die radiale Magnethöhe  $l_m$  beträgt 4 mm und der Luftspalt hat eine radiale Länge  $l_\delta$  von 1 mm. Nehmen Sie eine näherungsweise gleichbleibende Fläche von Magnet und Luftspalt an!  
 Zeichnen Sie die Scherungsgerade in das Lösungsblatt auf der nächsten Seite! (2 Punkte)  
 Geben Sie die magnetische Flussdichte im Magneten  $B_m$  an! (1 Punkt)  
 Um welches Permanentmagnetmaterial könnte es sich handeln? (1 Punkt)
- c) Wie groß wird der Spitzenwert der magnetischen Flussverkettung  $\Psi_P$  in der Messspule mit  $w_1 = 100$  Windungen, wenn das Feld an der Magnetoberfläche  $A_P = 200 \text{ mm}^2$  als radial mit konstantem Flussdichte-Betrag nach b) angenommen wird? (Hinweis: falls Sie b) nicht beantwortet haben, nehmen Sie  $B_m = 0,3 \text{ T}$  an. (2 Punkte)  
 Wie groß ist die Frequenz der induzierten Spannung bei  $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ ? (1 Punkt)
- d) Welche Drehzahl hat eine 60-polige Synchronmaschine am 50 Hz-Drehstromnetz im Bemessungspunkt? (1 Punkt)  
 Von welchen beiden Betriebsgrößen hängt die Polradspannung einer elektrisch erregten Synchronmaschine ab? (2 Punkte)

Lösung zu Aufgabe 2:



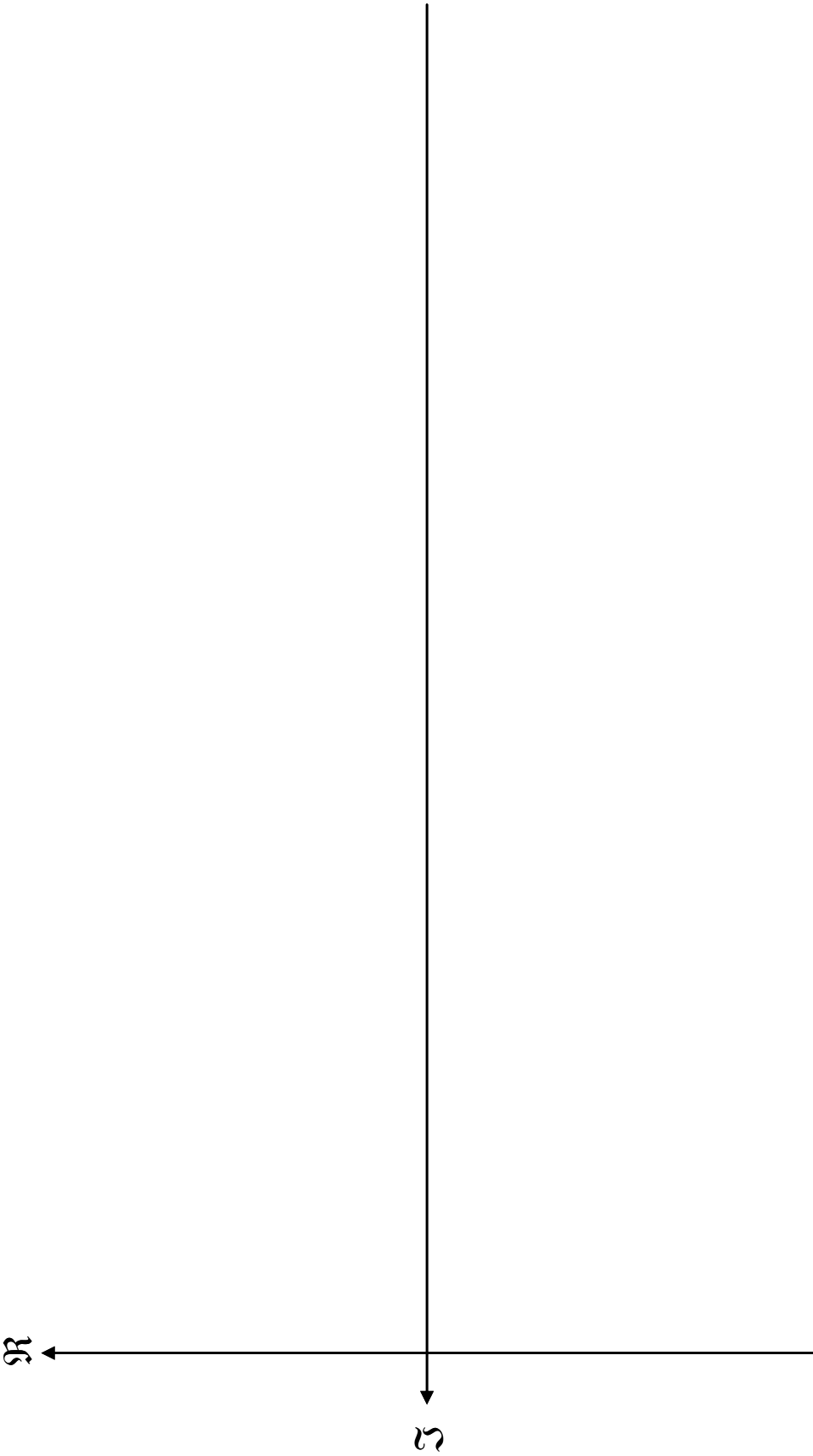
### Aufgabe 3

Von einem dreisträngigen Kurzschlussläufer-Asynchronmotor sind die Größen Leerlaufstrom  $\underline{I}_0 = 50 \text{ A} \cdot e^{-j90^\circ}$  (Leiterstrom), Bemessungsspannung  $U_N = 3 \text{ kV}$  (Leiterspannung) und Bemessungsfrequenz  $f_N = 50 \text{ Hz}$  bekannt. Das Kipp-Drehmoment beträgt  $8,5 \text{ kNm}$ . Die Drehzahl im Kippunkt beträgt  $n_{\text{Kipp}} = 1250 \text{ min}^{-1}$ .

Alle Verluste außer den Rotor-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

- a) Berechnen Sie den Wirkanteil des Kippstroms  $I_{W,\text{Kipp}}$ ! (2 Punkte )  
Zeichnen Sie den Leerlaufstrom  $\underline{I}_0$  in ein Diagramm! (s. nächste Seite, geeigneter Strommaßstab: z. B. 50 A entsprechen 1 cm) (1 Punkt)  
Zeichnen Sie die Ortskurve des Statorstroms! (1 Punkt)
- b) Welche Polpaarzahl hat die Maschine? (1 Punkt)  
Zeichnen Sie eine Schlupfgerade in das Diagramm! (1 Punkt)  
Berechnen Sie den Schlupf  $s_{\text{Kipp}}$  im Kippunkt! (1 Punkt)
- c) Ermitteln Sie den Kurzschlusspunkt! (1 Punkt)  
Bestimmen Sie den Kurzschlussstrom! (1 Punkt)  
Wie groß ist das Kurzschlussdrehmoment? (1 Punkt)
- d) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, mit deren Hilfe Sie mehr Kurzschlussdrehmoment erzeugen können, ohne dabei den Statorstrom zu erhöhen! (2 Punkte)

Lösung zu Aufgabe 3:



#### Aufgabe 4

Eine fremderregte Gleichstrommaschine weist folgende Daten auf: Anker-Bemessungsspannung  $U_{aN} = 400 \text{ V}$ , Anker-Bemessungsstrom  $I_{aN} = 395 \text{ A}$ ,  $n_N = 1800 \text{ 1/min}$ ,  $P_N = 143 \text{ kW}$ ,  $n_{\max} = 2500 \text{ 1/min}$ , Erregerstrom- und Spannung im Bemessungspunkt  $I_{fN} = 4 \text{ A}$  und  $U_{fN} = 250 \text{ V}$ .

Es sollen nur die Stromwärmeverluste im Anker- und Erregerwiderstand berücksichtigt werden. Der magnetische Kreis darf als linear angesehen werden.

- a) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild der Maschine! (2 Punkte)  
Geben Sie die Drehmoment-Konstante der Maschine  $k\Phi/(2\pi)$  an! (1 Punkt)
- b) Berechnen Sie die Ankerverluste im Bemessungspunkt  $P_{VaN}$ ! (1 Punkt)  
Wie groß ist der Ankerwiderstand  $R_a$ ? (1 Punkt)  
Wie groß sind die Stromwärmeverluste der Erregerwicklung  $P_{fN}$  im Bemessungspunkt! (1 Punkt)
- c) Die Maschine soll bei der Drehzahl  $n_c = 2300 \text{ 1/min}$  mit der Leistung  $P_c = 95 \text{ kW}$  betrieben werden. Der Erregerstrom betrage  $I_{fc} = 3 \text{ A}$ . (Hinweis: Falls Sie b) nicht lösen konnten, nehmen Sie  $R_a = 100 \text{ m}\Omega$  an!)  
Wie groß wird die induzierte Spannung  $U_{ic}$ ? (1 Punkt)  
Wird der zulässige Ankerstrom  $I_{aN}$  überschritten? (1 Punkt)  
Wird die zulässige Ankerspannung  $U_{aN}$  überschritten? (1 Punkt)
- d) Wie sind die Leiter in einem Gleichstromnetz normgerecht zu bezeichnen? (1 Punkt)  
Welche Besonderheiten sind bezüglich der Isolation bei Geräten der Schutzklasse II (z. B. Ladegeräte für Mobilfunk) zu beachten? (1 Punkt)  
Darf ein Gerät der Schutzart IP00 dauerhaft im Freien betrieben werden? (1 Punkt)