

2. Teilklausur zu den Übungen

## **Elektrische Maschinen**

sowie

## **Elektrische Maschinen und Antriebselektronik**

22. Juni 2024 um 09:15 Uhr, JKU HS1, Linz

Nachname: ..... Vorname: .....

Matr.-Nr.: ..... SKZ: .....

---

Hiermit bestätige ich, diese Klausur aus „UE Elektrische Maschinen“ bzw. „UE Elektrische Maschinen und Antriebselektronik“ eigenständig und ohne Verwendung unerlaubter Hilfsmittel absolviert zu haben.

Unterschrift: .....

*Hinweis: Der Prüfungsantritt darf nur unter Angabe obiger Daten und mit obiger Bestätigung erfolgen.*

**(Aufgabenstellung zusammen mit Ihren Lösungsblättern abgeben)**

*Hinweise:*

- *Es werden ausschließlich Fragen zur Angabe beantwortet.*
- *Geben Sie alle für Ihre Lösungen benötigten Teilschritte an.*
- *Falls Sie Vernachlässigungen oder Vereinfachungen treffen, müssen Sie diese erwähnen und begründen.*
- *Nicht mit roter Farbe schreiben.*
- *Es darf kein programmierbarer Taschenrechner verwendet werden.*
- *Es dürfen keine weiteren Unterlagen verwendet werden.*
- *Lösungen ohne Einheiten führen zu Punkteabzug.*

## Aufgabe 1 – Asynchronmaschine

JKU Industrial EAL Motors Ltd.			
Typ	EAL 0815-37047734		
3 ~ ASM $\Delta$	Nr.	379009	
400	V	█	A
█ kW	$\cos \varphi$	█	
1275	$\text{min}^{-1}$	50	Hz
	V		A
Isol. Kl. F	IP 55	0.015	t
IE2 █ (100%)			

Sie haben eine vierpolige Schleifringläufer-Asynchronmaschine mit obigem Typenschild erhalten. Leider sind einige Angaben des Typenschildes so stark zerkratzt, dass sie unlesbar sind. Um die fehlenden Werte des Typenschildes zu ermitteln, haben Sie die Asynchronmaschine auf Ihrem Prüfstand vermessen.

Dabei haben Sie die folgenden **Messwerte** erhalten:

Betriebspunkt 1			
Statorstrom	$I_{S, BP1}$	28	A
Drehmoment der ASM	$M_{m, BP1}$	80	N·m
Schlupf	$s$	0,24	

Leerlaufpunkt			
Elektrische Blindleistungsaufnahme	$Q_{V,0}$	4,16	kvar
Elektrische Wirkleistungsaufnahme	$P_{V,0}$	250	W

Kurzschlusspunkt			
Blindstromanteil des Stator Kurzschlussstroms	$I_{S,K, Blind}$	39,75	A

Mithilfe eines Multimeters konnten Sie am Klemmkasten den Strangwiderstand der ASM zu  $R_{S, Str} = 1,4 \Omega$ , sowie an den Schleifringen den Läuferwiderstand eines Stranges zu  $R_{L, Str} = 0,2 \Omega$  (Stern) bestimmen.

- Hinweise:*
- **Reibverluste** sind vernachlässigbar!
  - Achten Sie auf eine **saubere und exakte Konstruktion**. Mitunter sind Punkte in **polaren Koordinaten** einfacher und exakter zu konstruieren als in **kartesischen Koordinaten**!
  - Achten Sie auf die **Einheiten** und führen Sie diese bei Berechnungen immer an!

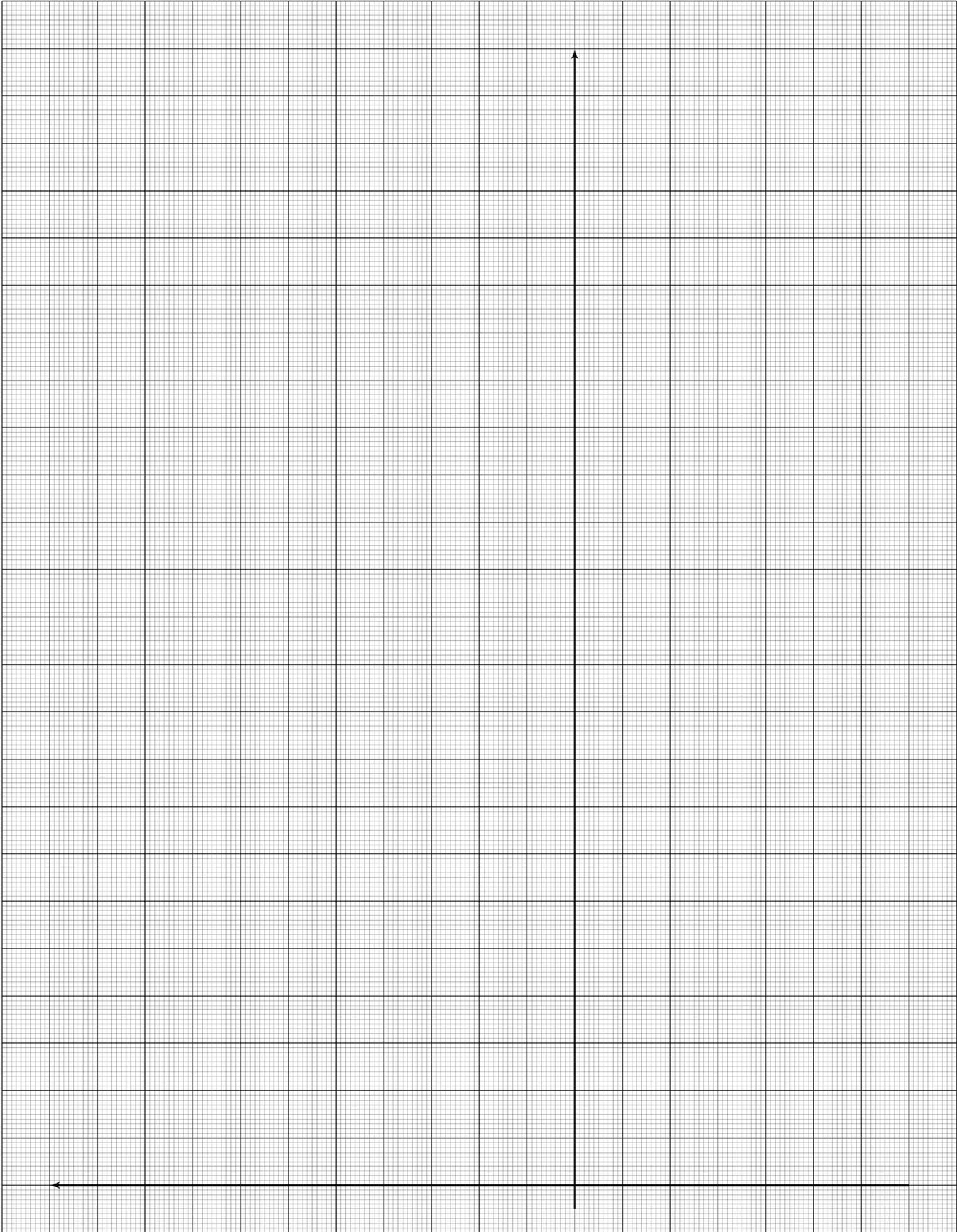
### Aufgaben zur Asynchronmaschine:

1. Der Strommaßstab der Konstruktion sei mit  $m_I = 0,4 \frac{\text{A}}{\text{mm}}$  gegeben. Bestimmen Sie nun den **Leistungsmaßstab** in  $\frac{\text{W}}{\text{mm}}$ , bzw. den **Momentmaßstab** in  $\frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{mm}}$ !
2. Konstruieren Sie die **Stromortskurve (Ossannakreis)**, **Leistungslinie** und **Momentenlinie** mithilfe der gegebenen Informationen. Beschriften Sie alle Punkte und die Konstruktionslinien der zu bestimmenden Größen vollständig. Weiters bestimmen Sie aus dem Ossannakreis das **Anlaufmoment**  $M_{An}$ , sowie die **elektrisch zugeführte Leistung**  $P_{el}$  bei  $s = \infty$ .
3. Ermitteln Sie **mithilfe des Ossannakreises die fehlenden Größen des Typenschildes**.



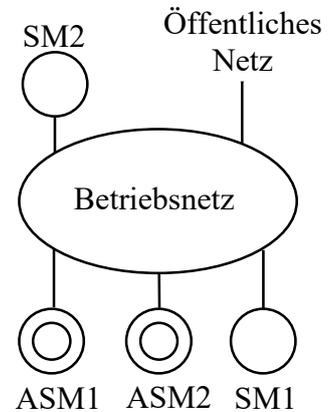
**Hinweise für die Aufgaben 4 & 5:** Falls die nötigen Werte für Kippmoment, Kipp schlupf, Nenn schlupf und Stator kurzschlussstrom bei  $R_{V, An}$  nicht aus Aufgabe 2 & 3 ermittelt werden können, so sind  $M_{Kipp} = 4,9 \text{ cm}$ ,  $s_{Kipp} = 0,54$ ,  $s_N = 0,08$  bzw.  $I_{S, V, K}^* = 7,7 \text{ cm} \angle 35^\circ$  anzunehmen!

4. Bestimmen Sie das **Kippmoment**  $M_{Kipp}$ , sowie den nötigen **Läufervorwiderstand**  $R_{V, An}$  damit das Anlaufmoment  $M_{An}$  der Maschine (im motorischen Betrieb) dem Kippmoment  $M_{Kipp}$  entspricht. Ist der gegebene Betriebspunkt 1 *stabil* oder *instabil* (**Begründung**)?
5. Die Asynchronmaschine soll aus dem Nennpunkt mittels Gegenstrombetrieb mit **maximal möglichem Moment** auf Stillstand abgebremst werden. Welcher **Bremswiderstand**  $R_{V, Br}$  ist dafür nötig und welche **mechanische Bremsleistung**  $P_{m, Br}$  und **Bremsmoment**  $M_{m, Br}$  tritt am **Start** bzw. **Ende des Bremsvorgangs** auf.



## Aufgabe 2 – Synchronmaschine

Ein Produktionsbetrieb besitzt ein betriebseigenes Netz in dem zwei Asynchronmaschinen (ASM1 und ASM2) sowie zwei Synchronmaschinen (SM1 und SM2) eingesetzt werden. Die Versorgung des Betriebsnetzes kann entweder über die SM2 oder über das öffentliche Netz erfolgen. Die beiden ASM betreiben Förderbänder und beziehen im aktuellen Betriebspunkt eine elektrische Leistung von je  $P_{A,el} = 10 \text{ kW}$  bei  $\cos(\varphi_{BP1}) = 0,7$ . Gleichzeitig wird SM1 zum Betreiben einer Umluftanlage eingesetzt. Dazu wird ein konstantes Moment von  $M_{SM1} = 100 \text{ Nm}$  benötigt. Die Maschine wird induktiv betrieben und bezieht eine konstante elektrische Leistung  $S_{SM1} = 30 \text{ kVA}$ .



Von dem betriebseigenen Netz sind folgende Daten bekannt:

- Die Leiterspannungen betragen  $U_N = 3 \times 500 \text{ V}$
- Das Netz kann als verlustlos angenommen werden.
- Netzfrequenz  $f = 50 \text{ Hz}$

Von den beiden Synchronmaschinen sind folgende Daten bekannt:

- Baugleiche im Dreieck verschaltete Maschinen mit vernachlässigbar kleinen Ständerwiderständen:  $R_s = 0 \Omega$
- Motorischer Wirkungsgrad im aktuellen Betriebspunkt  $\eta_{mech} = 95\%$
- Polpaarzahl  $p = 2$  und Strangzahl  $m_s = 3$

Formelsammlung:

$$P = -m_s \frac{U_{s,str} U_{P,str}}{X_d} \sin(\vartheta), \quad Q = m_s \frac{U_{s,str}^2}{X_d} - m_s \frac{U_{s,str} U_{P,str}}{X_d} \cos(\vartheta)$$

Aufgaben:

1. Berechnen Sie die Wirkleistung  $P$ , Blindleistung  $Q$  und Scheinleistung  $S$  für die Maschinen ASM1, ASM2 sowie SM1 im aktuellen Betriebspunkt.
2. Berechnen Sie mithilfe der gegebenen Formeln die Polradspannung  $U_p$  und die synchrone Längsreaktanz  $X_d$  von SM1 wenn diese einen Polradwinkel von  $\vartheta = -33,5^\circ$  aufweist. (Hinweis: Wenn sie Punkt 1 nicht lösen konnten, können Sie  $P_{SM} = 14 \text{ kW}$  und  $Q_{SM1} = 24 \text{ kVar}$  annehmen.)
3. Ermitteln Sie graphisch den dazu benötigten Erregerstrom  $I_{E,S1}'$ , wenn gilt  $X_{hs}/X_{\sigma s} = 5$ . Achten Sie dabei auf eine vollständige Beschriftung aller Zeiger. Verwenden Sie bei der Konstruktion die Maßstäbe  $m_U = 2 \text{ cm}/100 \text{ V}$  und  $m_I = 1 \text{ cm}/10 \text{ A}$ . (Hinweis: Dieser Punkt kann unabhängig von Punkt 2 gelöst werden.)
4. Die SM2 wird nun zur Blindleistungskompensation (reiner Phasenschieberbetrieb) eingesetzt. Welcher Erregerstrom  $I_{E,S2}'$  wird benötigt damit die gesamte Blindleistung in dem Produktionsbetrieb kompensiert wird?