

Fragen zur Wiederholung und Prüfungsvorbereitung für das Fach "Elektrische Maschinen"

**1. Einphasentransformator**

- 1.1. Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau eines Einphasentransformators und erläutern Sie die Zweckbestimmung der Bauteile!
- 1.2. Nennen Sie die Kennzeichen für den idealen Transformator!
- 1.3. Leiten Sie für den idealen Transformator die Beziehungen für das Verhältnis der Ströme und der Spannungen der Primär- und Sekundärseite ab! Wie lauten die Phasenbeziehungen?
- 1.4. Erläutern Sie die prinzipielle Wirkungsweise eines Einphasentransformators! Begründen Sie den Einfluß des Sekundärstromes auf den Primärstrom!
- 1.5. Erläutern Sie den Begriff des Durchflutungsgleichgewichtes an einen idealen Transformator!
- 1.6. Zeichnen und erläutern Sie das Ersatzschaltbild des realen Transformators!
- 1.7. Geben Sie das Zeigerdiagramm der Spannungen und Ströme des realen Transformators an!
- 1.8. Ermitteln und erklären Sie die Ursachen für das Auftreten eines Blind- und Wirkstromes im Leerlauf des Transformators!
- 1.9. Welche Betriebsgrößen des Transformators beeinflussen die Ummagnetisierungsverluste?
- 1.10. Welche Betriebsgröße des Transformators beeinflußt die Wicklungsverluste?
- 1.11. Begründen Sie das Entstehen eines Streuflusses! Erläutern Sie dessen Auswirkungen auf das Betriebsverhalten!
- 1.12. Zeichnen Sie qualitativ das Zeigerdiagramm eines leerlaufenden realen Transformators! Erläutern Sie die Ursachen für das Auftreten eines Blind- und Wirkstromes im Leerlauf des Transformators!
- 1.13. Leiten Sie den Ersatzstromkreis eines kurzgeschlossenen Transformators aus dem vollständigen Ersatzschaltbild ab, begründen Sie die sich hierbei ergebenden Vereinfachungen und zeichnen Sie das Zeigerdiagramm der Spannungen und Ströme!
- 1.14. Erläutern Sie am Kappschen Dreieck die Änderung der Sekundärspannung als Funktion des Phasenwinkels der Last!
- 1.14a. Geben Sie qualitativ in einem Diagramm die Abhängigkeit der Sekundärspannung vom Belastungsstrom bei ohmscher, induktiver und kapazitiver Last an!
- 1.15. Zeigen Sie qualitativ anhand des Zeigerdiagramms, daß bei kapazitiver Belastung des Transformators die an der Last auftretende Spannung höher als die sekundäre Leerlaufspannung sein kann!
- 1.16. Beschreiben Sie den Zweck der Durchführung des Leerlauf- und Kurzschlußversuches!
- 1.17. Erläutern Sie die Durchführung des Kurzschlußversuches! (Meßschaltung, zu messende Größen)
- 1.18. Erläutern Sie die Durchführung des Leerlaufversuches! (Meßschaltung, zu messende Größen)
- 1.19. Zeichnen und erläutern Sie Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm für den Leerlaufversuch! Gehen Sie auf Vereinfachungen gegenüber dem vollständigen Ersatzschaltbild ein!
- 1.20. Zeichnen und erläutern Sie das Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm für den Kurzschlußversuch! Gehen Sie auf Vereinfachungen gegenüber dem vollständigen Ersatzschaltbild ein!
- 1.21. Definieren Sie den Begriff der Kurzschlußspannung  $U_K$  und der rel. Kurzschlußspannung  $u_K$ ! Welche Bedeutung hat die Größe der Kurzschlußspannung im Hinblick auf das Betriebsverhalten des Transformators?
- 1.22. Nennen und begründen Sie die Bedingungen für den Parallellauf von Einphasentransformatoren!
- 1.23. Wodurch kann es beim Einschalten eines leerlaufenden Transformators zum Ansprechen der Sicherung kommen?
- 1.24. Unter welcher Bedingung kommt es beim Kurzschließen eines Trafos zum Auftreten eines Stoßkurzschlußstromes?
- 1.25. Wovon hängt die relative Lastübernahme parallelgeschalteter Trafos ab?

## 2. Dreiphasentransformatoren

- 2.1. Geben Sie einen Überblick über mögliche Ausführungsformen von Dreiphasentransformatoren!
- 2.2. Erläutern Sie den Begriff "freier magnetischer Rückschluß"!
- 2.3. Was versteht man beim Dreiphasentransformator unter der Schaltgruppe?
- 2.4. Charakterisieren Sie die Schaltgruppenbezeichnungen Dd 0, Dy 5, Yy 0, Yyn 0!
- 2.5. Welche Bedingung für die Schenkelflüsse gelten im symmetrischen Betrieb beim Dreiphasen-Kerntransformator?
- 2.6. Erläutern Sie Aufbau und Zweck des Fünfschenkeltransformators!
- 2.7. Was verstehen Sie unter dem Begriff des "komplexen Übersetzungsverhältnisses"?
- 2.8. Erläutern Sie beim Drehstromtransformator in primärseitiger Sternschaltung a) mit und b) ohne Nulleiter die auftretenden Magnetisierungserscheinungen!
- 2.9. Wozu dient eine Tertiärwicklung?
- 2.10. Begründen Sie für eine Yy-Schaltung eines Drehstromtransformators den Einfluß einer einphasigen Belastung zwischen zwei Außenleitern auf das Durchflutungsgleichgewicht auf den Schenkeln!
- 2.11. Begründen Sie den Einfluß einer einphasigen Last zwischen Außenleiter und Sternpunkt auf das Durchflutungsgleichgewicht auf den Schenkeln!
  - a) bei einer Yy-Schaltung
  - b) bei einer Dy-Schaltung
- 2.12. Welche Auswirkungen auf die Sekundärspannungen eines Dreiphasentransformators in Yy-Schaltung hat eine einphasige Belastung? Wie unterscheiden sich Mantel- und Kerntransformator dabei?
- 2.13. Nennen Sie die Bedingungen für den Parallelbetrieb von Dreiphasentransformatoren und die bei Nichteinhaltung dieser Bedingungen entstehenden Folgen! Begründen Sie die Bedingungen und Folgen!
- 2.14. Erläutern Sie, wie es bei einer einphasigen Belastung eines Drehstromtrafos in Yy-Schaltung zu einer Verschiebung zwischen Netzsternpunkt- und Trafosternpunkt kommt!
- 2.15. Welche Schaltgruppen von Dreiphasentrafos werden in der Regel für welchen Zweck eingesetzt?
- 2.16. Welche Möglichkeiten der Kühlung von Leistungstransformatoren kennen Sie?

## 3. Sondertransformatoren

- 3.1. Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise des Spartrafos!
- 3.2. Begründen Sie Vor- und Nachteile der Spartransformatoren und nennen Sie daraus resultierend die Anwendungsmöglichkeiten!
- 3.3. Erläutern Sie die Begriffe Durchgangsleistung und Typenleistung beim Spartrafo!
- 3.4. Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau und die Einsatzmöglichkeiten des Stromwandlers!
- 3.5. Erläutern Sie das Betriebsverhalten des Stromwandlers anhand des für den Stromwandler gültigen Zeigerdiagramms!
- 3.6. Nennen Sie Ursachen für das Auftreten des Betragsfehlers und Fehlwinkels des Stromwandlers! Wodurch kann man die auftretenden Fehler klein halten?
- 3.7. Warum darf ein Stromwandler nicht im Leerlauf betrieben werden?
- 3.8. Nennen Sie Ursachen für das Auftreten eines Betragsfehlers und Fehlwinkels beim Spannungswandler! Wodurch kann man die auftretenden Fehler gering halten?

## 4. Gleichstrommaschinen

- 4.1. Nennen Sie die wesentlichen Bauteile der Gleichstrommaschine und erläutern Sie deren Funktion!
- 4.2. Erläutern Sie die Funktion des Kommutators im Motorbetrieb!
- 4.3. Erläutern Sie die Entstehung eines Drehmomentes in einer Gleichstrommaschine und die Rolle des Kommutators dabei!
- 4.4. Erläutern Sie die Begriffe "Ankerrückwirkung", "Neutrale Zone" und "Kommutierung"!
- 4.5. Welche Auswirkungen hat die Ankerrückwirkung und wie können sie beseitigt werden?
- 4.6. Wozu dienen Wendepole und Kompensationswicklung?
- 4.7. Erläutern Sie die Gleichrichterwirkung des Kommutators beim Generatorbetrieb!
- 4.8. Erläutern Sie den Begriff der Stegspannung! Welche Forderungen bestehen hinsichtlich ihrer Größe?
- 4.9. Nennen Sie Ursachen des Bürstenfeuers und geben Sie Möglichkeiten zu deren Beseitigung an!
- 4.10. Stellen Sie in einem Diagramm die Strom-Zeit-Verläufe für die geradlinige, beschleunigte und verzögerte Kommutierung dar! Begründen Sie anhand der Kurvenverläufe das Entstehen von Bürstenfeuer!
- 4.11. Charakterisieren Sie die Schleifen- und die Wellenwicklung anhand einer Skizze!
- 4.12. Erläutern Sie den Begriff der Polteilung!

- 4.13. Erklären Sie den Unterschied zwischen Durchmesser- und Sehnwicklung!
- 4.14. Wieviel parallele Ankerzweige treten  
a) bei der Schleifenwicklung      b) bei der Wellenwicklung auf?
- 4.15. Geben Sie den Verlauf der Flußdichte im Luftspalt längs der Ortskoordinate  $x$  bei Vorhandensein  
a) nur des Hauptfeldes ,  
b) nur des Ankerfeldes und  
c) des Haupt- und Ankerfeldes an!
- 4.16. Welche Möglichkeiten der Schaltung der Erregerwicklungen einer Gleichstrommaschine kennen Sie?
- 4.18. Nennen Sie die Grundbeziehungen für die induzierte Spannung  $U_q$ , für das Drehmoment und für das Drehzahl-Drehmoment-Verhalten einer Gleichstrommaschine!
- 4.19. Geben Sie die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie eines fremderregten Gs-Motors an! Wovon hängt der Drehzahlabfall ab?
- 4.20. Nennen und erläutern Sie die prinzipiellen Möglichkeiten der Drehzahlstellung bei Gs-Motoren! Geben Sie die zugehörigen Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien für den fremderregten Gs-Motor an!
- 4.21. Begründen Sie die Möglichkeiten einer Drehrichtungsumkehr von Gleichstrommotoren!
- 4.22. Skizzieren Sie das Schaltbild eines fremderregten Gleichstrommotors! Entwickeln Sie aus den Grundgleichungen der Gs-Maschine die Abhängigkeiten  $n = f(M)$  und  $I_A = f(M)$  und stellen Sie diese Abhängigkeiten grafisch dar!
- 4.23. Welchen Einfluß hat die Ankerrückwirkung auf die  $n$ - $M$ -Kennlinie des fremderregten Motors?
- 4.24. Wodurch ist das  $n$ - $M$ -Verhalten und  $I_A$ - $M$ -Verhalten eines Reihenschlußmotors charakterisiert? Vergleichen Sie es mit einem Nebenschlußmotor!
- 4.25. Wo wird der Reihenschlußmotor vorteilhaft eingesetzt?
- 4.26. Warum darf ein Reihenschlußmotor nie im Leerlauf betrieben werden?
- 4.27. Warum müssen größere Gs-Motore über Anlasser anlaufen? Nennen Sie mögliche Anlaßverfahren!
- 4.28. Erläutern Sie den Ablauf der inneren Wirkungsketten bei Belastung eines Gs-Motors aus dem Leerlauf heraus!
- 4.29. Erläutern Sie den Ablauf der inneren Wirkungsketten bei plötzlichem Zuschalten eines Ankervorwiderstandes!
- 4.30. Was versteht man unter "Durchgehen" eines Gs-Motors? Wann kann es auftreten?
- 4.31. Welche Möglichkeiten der Bremsung mit fremderregten Gs-Motoren gibt es? Erläutern Sie die einzelnen Verfahren und geben Sie die Bremskennlinien an!
- 4.32. Erläutern Sie das Gegenstrom-Senkbremsen bei einem Hebezeugantrieb!
- 4.33. Warum ist bei einer Gleichstrommaschine der Anker geblecht, die Hauptpole jedoch nicht immer? Unter welchen Bedingungen muß die Gleichstrommaschine voll geblecht sein?
- 4.34. Erläutern Sie die in einer Gleichstrommaschine auftretenden Verluste!
- 4.35. Erklären Sie den Begriff der statischen Stabilität eines Antriebes!
- 4.36. Erklären Sie anhand des Ersatzschaltbildes für den Ankerkreis eines fremderregten Motors den Übergang vom Motor- in den Generatorbetrieb!

## 5. Wechselstrom-Kommutatormaschinen

### 6.

- 6.1. Erläutern Sie den Aufbau eines Universalmotors!
- 6.2. Warum kommt praktisch nur ein Reihenschlußmotor infrage?
- 6.3. Warum sind beim Universalmotor Läufer und Stator geblecht?
- 6.4. Warum werden Einphasen-Reihenschlußmaschinen für den Bahneinsatz (Traktion) mit  $16 \frac{2}{3}$  Hz betrieben?

## 7. Asynchronmaschinen

### 8.

- 6.1. Charakterisieren Sie eine Drehstromwicklung!
- 6.2. Erläutern Sie die Entstehung eines Drehfeldes in der Asynchronmaschine! Wann entsteht ein Kreisdrehfeld?
- 6.3. Wovon hängt die Drehzahl des Drehfeldes in der Asynchronmaschine ab? Wie wird sie berechnet?
- 6.4. Nennen und erläutern Sie die Hauptbauteile der Asynchronmaschine! Erläutern Sie dabei die Merkmale des Käfigläufers und des Schleifringläufers!
- 6.5. Begründen Sie, weshalb bei der Asynchronmaschine Ständer und Läufer als "Anker" bezeichnet werden! Vergleichen Sie dabei die Asynchronmaschine mit der Gleichstrommaschine!
- 6.6. Erläutern Sie die Wirkungsweise eines Asynchronmotors!

- 6.7. Begründen Sie, warum ein Synchronlauf des Rotors mit der Drehfelddrehzahl aus eigener Kraft bei der Asynchronmaschine nicht möglich ist!
- 6.8. Erläutern Sie die Beziehungen zwischen Drehfelddrehzahl, Läuferdrehzahl, Schlupf und Läuferfrequenz! Leiten Sie die Drehzahl des Läuferdrehfeldes bezüglich des Ständers ab!
- 6.9. Erläutern Sie die Begriffe "Läuferstillstandsspannung", "synchrone Drehzahl" und "Schlupf"!
- 6.10. Welche Störung liegt möglicherweise vor, wenn ein Drehstrommotor beim Einschalten nicht anläuft, sondern nur brummt?
- 6.11. Erläutern Sie die Tatsache, daß die Durchflutungen der Ständer- und Läuferströme zueinander stillstehen und deshalb zu einer resultierenden Durchflutung zusammengefaßt werden können!
- 6.12. Erläutern Sie das Zustandekommen der magnetischen Felder in der Asynchronmaschine, die Rückwirkung des Läuferfeldes auf das Ständerfeld und das Durchflutungsgleichgewicht!
- 6.13. Erklären Sie die Begriffe "Sehnungsfaktor", "Zonenfaktor" und "Wicklungsfaktor" bei Drehstromwicklungen! Welche Rolle spielen die Wicklungsfaktoren für das Zustandekommen einer sinusförmigen induzierten Spannung?
- 6.14. Geben Sie das vollständige Ersatzschaltbild einer AMSL an! Erläutern Sie die einzelnen Bauelemente und leiten Sie ein vereinfachtes Ersatzschaltbild her!
- 6.15. Geben Sie anhand des vollständigen Ersatzschaltbildes der Asynchronmaschine das zugehörige Zeigerbild an! Vergleichen Sie dieses mit dem des Transformators!
- 6.16. Skizzieren Sie die Stromortskurve (Heylandkreis) einer Asynchronmaschine! Tragen Sie ausgewählte Betriebspunkte sowie die Leistungs- und Drehmomentgerade ein! Erläutern Sie die Schlupfskalierung und die Leistungsaufteilung !
- 6.17. Begründen Sie den Einfluß des Schlupfes auf die Läufer Spannung und den Läuferstrom sowie die Phasenverschiebung zwischen beiden! Stellen Sie den Zusammenhang mit der Entstehung des Drehmomentes her!
- 6.18. Erläutern Sie anhand des Heylandkreises die einzelnen Betriebszustände der Asynchronmaschine!
- 6.19. Erläutern Sie das Blind- und Wirkleistungsverhalten der Asynchronmaschine anhand des Heylandkreises!
- 6.20. Erläutern Sie das Gesetz von der Aufteilung der Luftspaltleistung ! Skizzieren Sie das Leistungsflußbild eines Asynchronmotors mit kurzgeschlossenem Läuferkreis! Geben Sie quantitativ die einzelnen Leistungsgrößen unter Verwendung der Größen des Ersatzschaltbildes an!
- 6.21. Erläutern Sie den Einfluß des Schlupfes auf die Läuferverlustleistung und den Wirkungsgrad!
- 6.22. Der Nennschlupf bietet die Möglichkeit für Wirkungsgradvergleiche zwischen Motoren! Begründen Sie das!
- 6.23. Begründen Sie anhand des Leistungsumsatzes, in welchen Betriebszustand (mot., generat., Gegenstrombremsen) die Asynchronmaschine thermisch am höchsten belastet wird!
- 6.24. Geben Sie die Kloss' sche Beziehung an und stellen Sie die Abhängigkeit  $\frac{M}{M_k} = f\left(\frac{s}{s_k}\right)$  dar!
- 6.25. Entwickeln Sie unter Verwendung ausgewählter Betriebspunkte ( $s = 0$ ,  $s = s_n$ ,  $s = s_k$ ,  $s = 1$ ) aus der n-M-Kennlinie und der Stromortskurve die Kennlinien  $I_1 = f(M)$  und  $\cos \varphi_1 = f(M)$  !
- 6.26. Geben Sie die genäherten Beziehungen zur Berechnung des Kippschlupfes und des Kippmomentes an!
- 6.27. Begründen Sie ausgehend vom vereinfachten Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine anhand von Gleichungen den Einfluß einer Veränderung von  $R_2$  auf die Schlupf-Drehmomenten-Kennlinie und die Schlupf-Stromkennlinie!
- 6.28. Welchen Einfluß hat die Ständerspannung auf die n-M-Kennlinie der Asynchronmaschine?
- 6.29. Nennen und erläutern Sie ausgehend von der Drehzahl-Schlupf-Beziehung die prinzipiellen Möglichkeiten der Drehzahlstellung der Asynchronmaschine!
- 6.30. Welchen Einfluß haben Läuferzusatzwiderstände auf das n-M-Verhalten der Asynchronmaschine?
- 6.31. Erläutern Sie die Drehzahlstellung von Asynchronmaschinen durch Spannungs-Frequenzsteuerung anhand des n-M-Kennlinienfeldes! Welche Forderung gilt hinsichtlich  $\frac{u_1}{f_1}$  ? Was wird damit erreicht?
- 6.32. Begründen Sie die Notwendigkeit von Anlaßhilfen beim Starten von Asynchronmotoren! Erläutern Sie Vorteile und Grenzen des Stern-Dreieck-Anlaßverfahrens!
- 6.33. Zeigen Sie anhand der Stromortskurve, daß es unzuweckmäßig ist, Asynchronmotoren unterhalb ihrer Nennleistung zu betreiben!
- 6.34. Wann geht eine Asynchronmaschine aus dem motorischen in den generatorischen Betrieb über? Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel für den Asynchrongenerator!

## 7. Synchronmaschinen

- 7.1. Erläutern Sie die Bauformen von Synchronmaschinen! Gehen Sie dabei besonders auf den Aufbau und Einsatz von Vollpol- und Schenkelpollläufern ein!
- 7.2. Erläutern Sie den wesentlichen konstruktiven Unterschied zwischen Vollpol- und Schenkelpolmaschinen!
- 7.3. Erläutern Sie den prinzipiellen Aufbau eines Synchrongenerators!  
Zeichnen und erläutern Sie die Leerlaufkennlinie  $U_p = f(I_E)$ !
- 7.4. Erklären Sie anhand eines Zeigerdiagramms die Rückwirkung des Ständerstromes auf die induzierte Spannung bei einer im Inselbetrieb ohmsch-induktiv belasteten Synchronmaschine!
- 7.5. Erläutern Sie die Spannungsinduktion in einer Synchronmaschine und begründen Sie die Phasenlage von Polfluß und Polradspannung zueinander! Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm der Spannungen und Flüsse im Leerlauf!
- 7.6. Geben Sie das vollständige Ersatzschaltbild der Synchronmaschine an, erläutern Sie die Funktion der Bauelemente und zeichnen Sie das Zeigerdiagramm bei ohmsch-ind. Last an der Synchronmaschine!
- 7.7. Geben Sie das vereinfachte Ersatzschaltbild der Synchronmaschine an!
- 7.8. Ein Synchrongenerator soll von Hand auf ein starres Netz geschaltet werden. Begründen Sie die Notwendigkeit der Synchronisation und nennen Sie die Synchronisierungsbedingungen in der zweckmäßigen Reihenfolge! Wodurch können sie realisiert und wie meßtechnisch überwacht werden?
- 7.9. Erläutern Sie die Wirkung der Veränderung des Erregerstromes bei einer am starren Netz leerlaufenden Synchronmaschine mit Hilfe des Zeigerdiagramms!
- 7.10. Wodurch kommt es bei einer am Netz laufenden Synchronmaschine zur Wirklastabgabe? Erklären Sie die Vorgänge anhand eines Zeigerdiagramms!
- 7.11. Erläutern Sie anhand von Zeigerdiagrammen die Möglichkeit des Vierquadrantenbetriebes von Synchronmaschinen!
- 7.12. Was versteht man unter Phasenschieberbetrieb?
- 7.13. Erklären Sie die Begriffe "Polradwinkel", "Polradspannung", "Erregergrad  $\varepsilon$ "!
- 7.14. Leiten Sie ausgehend vom vereinfachten Ersatzschaltbild der Synchronmaschine die Stromortskurve des Ständerstromes ab! Erläutern Sie die Auswirkungen einer Veränderung des Erregergrades und des Polradwinkels!
- 7.15. Erläutern Sie die Reaktion einer Synchronmaschine auf ein an der Welle wirkendes mechanisches Moment anhand von Zeigerdiagrammen für  $\varepsilon = \frac{I_E}{I_{E0}} = 1$  bei  
a) Inselbetrieb und b) Parallelbetrieb am starren Netz
- 7.16. Erläutern Sie anhand von Zeigerdiagrammen den Einfluß einer Änderung des Polradwinkels  $\vartheta$  auf Größe und Phasenlage des Ankerstromes einer übererregten Synchronmaschine am starren Netz bei  $\varepsilon = \text{konstant!}$
- 7.17. Wie kann bei einer am starren Netz arbeitenden Synchronmaschine die Blindleistungsabgabe beeinflusst werden? Illustrieren Sie Ihre Ausführungen durch Zeigerdiagramme!
- 7.18. Welchen Zusammenhang stellen die sog. V-Kurven bei einer Synchronmaschine dar?
- 7.19. Wodurch wird das Kippmoment einer Synchronmaschine bestimmt? Vergleichen Sie mit einer Asynchronmaschine!
- 7.20. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen Polradwinkel und Drehmoment in einem Diagramm dar!
- 7.21. Was passiert, wenn ein Polradwinkel von  $\vartheta = 90^\circ$  überschritten wird? Warum ist der Betrieb der Synchronmaschine in der Nähe des max. zulässigen Polradwinkels unzulässig?
- 7.22. Erläutern Sie, wie bei einer am starren Netz mit  $\varepsilon = 1$  arbeitenden Synchronmaschine das Durchflutungsgleichgewicht bei Lastübernahme gewahrt wird.
- 7.23. Begründen Sie, warum bei einer Schenkelpolmaschine die Ständerdurchflutung in Längs- und Querdurchflutung aufgeteilt wird.
- 7.24. Entwerfen Sie ein Zeigerdiagramm für die Durchflutungen und Ströme bei der Schenkelpolmaschine!
- 7.25. Was versteht man unter Längs- und Querreaktanzen?
- 7.26. Geben Sie das vollständige Zeigerbild einer Synchronmaschine mit Schenkelpolläufer an!
- 7.27. Skizzieren Sie die M- $\vartheta$ -Kennlinie einer Schenkelpolmaschine!
- 7.28. Was versteht man unter dem Reluktanzmoment?
- 7.29. Warum kann eine Synchronmaschine nicht selbst anlaufen?
- 7.30. Wodurch kann die Drehzahl eines Synchronmotors gestellt werden?
- 7.31. Wodurch kann ein Synchronmotor angelassen werden?
- 7.32. Welche Aufgabe hat eine Dämpferwicklung?

## **8. Literaturhinweise**

- 8.1 Fischer Elektrische Maschinen
- 8.2 Spring Elektrische Maschinen
- 8.3 Müller, G. Elektrische Maschinen - Grundlagen, Aufbau und Wirkungsweise
- 8.4 Kremser Grundzüge elektrischer Maschinen und Antriebe
- 8.5 Farschtschi Elektromaschinen in Theorie und Praxis
- 8.6 Wildi Electrical Machines, Drives, and Power Systems (engl.)

## Zusatzfragen

- 1.1. Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau eines Einphasentransformators und erläutern Sie die Zweckbestimmung der Bauteile!
- 1.2. Nennen Sie die Kennzeichen für den idealen Transformator!
- 1.3. Leiten Sie für den idealen Transformator die Beziehungen für das Verhältnis der Ströme und der Spannungen der Primär- und Sekundärseite ab! Wie lauten die Phasenbeziehungen?
- 1.4. Erläutern Sie die prinzipielle Wirkungsweise eines Einphasentransformators! Begründen Sie den Einfluß des Sekundärstromes auf den Primärstrom!
- 1.5. Erläutern Sie den Begriff des Durchflutungsgleichgewichtes an einen idealen Transformator!
- 1.6. Zeichnen und erläutern Sie das Ersatzschaltbild des realen Transformators!
- 1.7. Geben Sie das Zeigerdiagramm der Spannungen und Ströme des realen Transformators an!
- 1.8. Ermitteln und erklären Sie die Ursachen für das Auftreten eines Blind- und Wirkstromes im Leerlauf des Transformators!
- 1.9. Welche Betriebsgrößen des Transformators beeinflussen die Ummagnetisierungsverluste?
- 1.10. Welche Betriebsgröße des Transformators beeinflusst die Wicklungsverluste?
- 1.11. Begründen Sie das Entstehen eines Streuflusses! Erläutern Sie dessen Auswirkungen auf das Betriebsverhalten!
- 1.12. Zeichnen Sie qualitativ das Zeigerdiagramm eines leerlaufenden realen Transformators! Erläutern Sie die Ursachen für das Auftreten eines Blind- und Wirkstromes im Leerlauf des Transformators!
- 1.13. Leiten Sie den Ersatzstromkreis eines kurzgeschlossenen Transformators aus dem vollständigen Ersatzschaltbild ab, begründen Sie die sich hierbei ergebenden Vereinfachungen und zeichnen Sie das Zeigerdiagramm der Spannungen und Ströme!
- 1.14. Erläutern Sie am Kappschen Dreieck die Änderung der Sekundärspannung als Funktion des Phasenwinkels der Last! Geben Sie qualitativ in einem Diagramm die Abhängigkeit der Sekundärspannung vom Belastungsstrom bei ohmscher, induktiver und kapazitiver Last an!
- 1.15. Zeigen Sie qualitativ anhand des Zeigerdiagramms, daß bei kapazitiver Belastung des Transformators die an der Last auftretende Spannung höher als die sekundäre Leerlaufspannung sein kann!
- 1.16. Beschreiben Sie den Zweck der Durchführung des Leerlauf- und Kurzschlußversuches!
- 1.17. Erläutern Sie die Durchführung des Kurzschlußversuches! (Meßschaltung, zu messende Größen)
- 1.18. Erläutern Sie die Durchführung des Leerlaufversuches! (Meßschaltung, zu messende Größen)
- 1.19. Zeichnen und erläutern Sie Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm für den Leerlaufversuch! Gehen Sie auf Vereinfachungen gegenüber dem vollständigen Ersatzschaltbild ein!
- 1.20. Zeichnen und erläutern Sie das Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm für den Kurzschlußversuch! Gehen Sie auf Vereinfachungen gegenüber dem vollständigen Ersatzschaltbild ein!
- 1.21. Definieren Sie den Begriff der Kurzschlußspannung  $U_K$  und der rel. Kurzschlußspannung  $u_k$ ! Welche Bedeutung hat die Größe der Kurzschlußspannung im Hinblick auf das Betriebsverhalten des Transformators?

- 1.22. Nennen und begründen Sie die Bedingungen für den Parallellauf von Einphasentransformatoren!
- 1.23. Wodurch kann es beim Einschalten eines leerlaufenden Transformators zum Ansprechen der Sicherung kommen?
- 1.24. Unter welcher Bedingung kommt es beim Kurzschließen eines Trafos zum Auftreten eines Stoßkurzschlußstromes?
- 1.25. Wovon hängt die relative Lastübernahme parallelgeschalteter Trafos ab?

## 2. Dreiphasentransformatoren

- 2.1. Geben Sie einen Überblick über mögliche Ausführungsformen von Dreiphasentransformatoren!
- 2.2. Erläutern Sie den Begriff "freier magnetischer Rückschluß"!
- 2.3. Was versteht man beim Dreiphasentransformator unter der Schaltgruppe?
- 2.4. Charakterisieren Sie die Schaltgruppenbezeichnungen Dd 0, Dy 5, Yy 0, Yyn 0!
- 2.5. Welche Bedingung für die Schenkelflüsse gelten beim Dreiphasen-Kerntransformator?
- 2.6. Erläutern Sie Aufbau und Zweck des Fünfschenkeltransformators!
- 2.7. Was verstehen Sie unter dem Begriff des "komplexen Übersetzungsverhältnisses"?
- 2.8. Erläutern Sie beim Drehstromtransformator in primärseitiger Sternschaltung a) mit und b) ohne Nulleiter die auftretenden Magnetisierungserscheinungen!
- 2.9. Wozu dient eine Tertiärwicklung?
- 2.10. Begründen Sie für eine Yy-Schaltung eines Drehstromtransformators den Einfluß einer zweiphasigen Belastung auf das Durchflutungsgleichgewicht auf den Schenkeln!
- 2.11. Begründen Sie den Einfluß einer einphasigen Last auf das Durchflutungsgleichgewicht auf den Schenkeln!  
a) bei einer Yy-Schaltung b) bei einer Dy-Schaltung
- 2.12. Welche Auswirkungen auf die Sekundärspannungen eines Dreiphasentransformators in Yy-Schaltung hat eine einphasige Belastung? Wie unterscheiden sich Mantel- und Kerntransformator dabei?
- 2.13. Nennen Sie die Bedingungen für den Parallelbetrieb von Dreiphasentransformatoren und die bei Nichteinhaltung dieser Bedingungen entstehenden Folgen! Begründen Sie die Bedingungen und Folgen!
- 2.14. Erläutern Sie, wie es bei einer einphasigen Belastung eines Drehstromtrafos in Yy-Schaltung zu einer Verschiebung zwischen Netzsternpunkt- und Trafosternpunkt kommt!
- 2.15. Welche Schaltgruppen von Dreiphasentrafos werden in der Regel für welchen Zweck eingesetzt?
- 2.16. Welche Möglichkeiten der Kühlung von Leistungstransformatoren kennen Sie?

## 3. Sondertransformatoren

- 3.1. Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau und die Wirkungsweise des Spartrafos!
- 3.2. Begründen Sie Vor- und Nachteile der Spartransformatoren und nennen Sie daraus resultierend die Anwendungsmöglichkeiten!



- 3.3. Erläutern Sie die Begriffe Durchgangsleistung und Typenleistung beim Spartrafo!
- 3.4. Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau und die Einsatzmöglichkeiten des Stromwandlers!
- 3.5. Erläutern Sie das Betriebsverhalten des Stromwandlers anhand des für den Stromwandler gültigen Zeigerdiagramms!
- 3.6. Nennen Sie Ursachen für das Auftreten des Betragsfehlers und Fehlwinkels des Stromwandlers. Wodurch kann man die auftretenden Fehler klein halten?
- 3.7. Warum darf ein Stromwandler nicht im Leerlauf betrieben werden?
- 3.8. Erläutern Sie das Betriebsverhalten eines Spannungswandlers anhand des für den Spannungswandler gültigen Zeigerdiagramms!
- 3.9. Nennen Sie Ursachen für das Auftreten eines Betragsfehlers und Fehlwinkels beim Spannungswandler! Wodurch kann man die auftretenden Fehler gering halten?

#### 4. Gleichstrommaschinen

- 4.1. Nennen Sie die wesentlichen Bauteile der Gleichstrommaschine und erläutern Sie deren Funktion!
- 4.2. Erläutern Sie die Funktion des Kommutators im Motorbetrieb!
- 4.3. Erläutern Sie die Entstehung eines Drehmomentes in einer Gleichstrommaschine und die Rolle des Kommutators dabei!
- 4.4. Erläutern Sie die Begriffe "Ankerrückwirkung", "Neutrale Zone" und "Kommutierung"!
- 4.5. Welche Auswirkungen hat die Ankerrückwirkung und wie können sie beseitigt werden?
- 4.6. Wozu dienen Wendepole und Kompensationswicklung?
- 4.7. Erläutern Sie die Gleichrichterwirkung des Kommutators beim Generatorbetrieb!
- 4.8. Erläutern Sie den Begriff der Stegspannung! Welche Forderungen bestehen hinsichtlich ihrer Größe?
- 4.9. Nennen Sie Ursachen des Bürstenfeuers und geben Sie Möglichkeiten zu deren Beseitigung an!
- 4.10. Stellen Sie in einem Diagramm die Strom-Zeit-Verläufe für die geradlinige, beschleunigte und verzögerte Kommutierung dar! Begründen Sie anhand der Kurvenverläufe das Entstehen von Bürstenfeuer!
- 4.11. Charakterisieren Sie die Schleifen- und die Wellenwicklung anhand einer Skizze!
- 4.12. Erläutern Sie den Begriff der Polteilung!
- 4.13. Erklären Sie den Unterschied zwischen Durchmesser- und Sehnenwicklung!
- 4.14. Erläutern Sie die Begriffe "Spulenweite", "Schaltschritt", "Stromwenderschritt" und gehen Sie den Zusammenhang zwischen ihnen für die Schleifen- und Wellenwicklung an!
- 4.15. Wieviel parallele Ankerzweige treten a) bei der Schleifenwicklung b) bei der Wellenwicklung auf?
- 4.16. Geben Sie den Verlauf der Flußdichte im Luftspalt längs der Ortskoordinate  $x$  bei Vorhandensein a) nur des Hauptfeldes, b) nur des Ankerfeldes und c) des Haupt- und Ankerfeldes an!
- 4.17. Welche Möglichkeiten der Schaltung der Erregerwicklungen einer Gleichstrommaschine kennen Sie?

- 4.18. Nennen Sie die Grundbeziehungen für die induzierte Spannung  $U_q$ , für das Drehmoment und für das Drehzahl-Drehmoment-Verhalten einer Gleichstrommaschine!
- 4.19. Geben Sie die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie eines fremderregten Gs-Motors an! Wovon hängt der Drehzahlabfall ab?
- 4.20. Nennen und erläutern Sie die prinzipiellen Möglichkeiten der Drehzahlstellung bei Gs-Motoren! Geben Sie die zugehörigen Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien für den fremderregten Gs-Motor an!
- 4.21. Begründen Sie die Möglichkeiten einer Drehrichtungsumkehr von Gleichstrommotoren!
- 4.22. Skizzieren Sie das Schaltbild eines fremderregten Gleichstrommotors! Entwickeln Sie aus den Grundgleichungen der Gs-Maschine die Abhängigkeiten  $n = f(M)$  und  $I_A = f(M)$  und stellen Sie diese Abhängigkeiten grafisch dar!
- 4.23. Welchen Einfluß hat die Ankerrückwirkung auf die n-M-Kennlinie des fremderregten Motors?
- 4.24. Wodurch ist das n-M-Verhalten und  $I_A$ -M-Verhalten eines Reihenschlußmotors charakterisiert? Vergleichen Sie es mit einem Nebenschlußmotor!
- 4.25. Wo wird der Reihenschlußmotor vorteilhaft eingesetzt?
- 4.26. Warum darf ein Reihenschlußmotor nie im Leerlauf betrieben werden?
- 4.27. Warum müssen größere Gs-Motore über Anlasser anlaufen? Nennen Sie mögliche Anlaufverfahren!
- 4.28. Begründen Sie, warum bei gleichem Anlaufstrom der Reihenschlußmotor ein höheres Anlaufmoment entwickelt als der Nebenschlußmotor!
- 4.29. Erläutern Sie den Ablauf der inneren Wirkungsketten bei Belastung eines Gs-Motors aus dem Leerlauf heraus!
- 4.30. Was versteht man unter "Durchgehen" eines Gs-Motors? Wann kann es auftreten?
- 4.31. Welche Möglichkeiten der Bremsung mit fremderregten Gs-Motoren gibt es? Erläutern Sie die einzelnen Verfahren und geben Sie die Bremskennlinien an!
- 4.32. Erläutern Sie das Gegenstrom-Senkbremsen bei einem Hebezeugantrieb!
- 4.33. Warum ist bei einer Gleichstrommaschine der Anker geblecht, die Hauptpole jedoch nicht immer? Unter welchen Bedingungen muß die Gleichstrommaschine voll geblecht sein?
- 4.34. Erläutern Sie die in einer Gleichstrommaschine auftretenden Verluste!
- 4.35. Erläutern Sie anhand der Leerlaufkennlinie eines Gs-Nebenschlußgenerators die Begriffe "Remanenz", "Sättigung" und "kritischer Feldvorwiderstand"!
- 4.36. Erläutern Sie das dynamoelektrische Prinzip!
- 4.37. Welchen Einfluß hat die Ankerrückwirkung auf die Belastungskennlinie eines fremderregten Gs-Generators?
- 4.38. Erklären Sie den Begriff der statischen Stabilität eines Antriebes!
- 4.39. Erklären Sie anhand des Ersatzschaltbildes für den Ankerkreis den Übergang vom Motor- in den Generatorbetrieb!
- 4.40. Skizzieren und erläutern Sie die Belastungskennlinie eines Gleichstrom-Nebenschluß-Generators!

## 5. Asynchronmaschinen

- 5.1. Erläutern Sie die Entstehung eines Drehfeldes in der Asynchronmaschine! Wann entsteht ein Kreisdrehfeld?
- 5.2. Wovon hängt die Drehzahl des Drehfeldes in der Asynchronmaschine ab? Wie wird sie berechnet?
- 5.3. Nennen und erläutern Sie die Hauptbauteile der Asynchronmaschine und beschreiben Sie deren Funktion! Erläutern Sie dabei die Merkmale des Käfigläufers und des Schleifringläufers!
- 5.4. Begründen Sie, weshalb bei der Asynchronmaschine Ständer und Läufer als "Anker" bezeichnet werden! Vergleichen Sie dabei die Asynchronmaschine mit der Gleichstrommaschine!
- 5.5. Erläutern Sie die Wirkungsweise eines Asynchronmotors!
- 5.6. Begründen Sie, warum ein Synchronlauf des Rotors mit der Drehfelddrehzahl aus eigener Kraft bei der Asynchronmaschine nicht möglich ist!
- 5.7. Erläutern Sie die Beziehungen zwischen Drehfelddrehzahl, Läuferdrehzahl, Schlupf und Läuferfrequenz! Leiten Sie die Drehzahl des Läuferdrehfeldes bezüglich des Ständers ab!
- 5.8. Erläutern Sie die Begriffe "Stillstandsspannung", "synchrone Drehzahl" und "Schlupf"!
- 5.9. Welche Störung liegt möglicherweise vor, wenn ein Drehstrommotor beim Einschalten nicht anläuft, sondern nur brummt?
- 5.10. Erläutern Sie die Tatsache, daß die Durchflutungen der Ständer- und Läuferströme zueinander stillstehen und deshalb zu einer resultierenden Durchflutung zusammengefaßt werden können!
- 5.11. Erläutern Sie das Zustandekommen der magnetischen Felder in der Asynchronmaschine, die Rückwirkung des Läuferfeldes auf das Ständerfeld und das Durchflutungsgleichgewicht!
- 5.12. Erklären Sie anhand der magnetischen Felder der Asynchronmaschine den Wirkungsmechanismus dieser Maschine!
- 5.13. Erklären Sie die Begriffe "Sehnungsfaktor", "Zonenfaktor" und "Wicklungsfaktor" bei Drehstromwicklungen! Welche Rolle spielen die Wicklungsfaktoren für das Zustandekommen einer sinusförmigen induzierten Spannung?
- 5.14. Geben Sie das vollständige Ersatzschaltbild einer AMSL an! Erläutern Sie die einzelnen Bauelemente und leiten Sie ein vereinfachtes Ersatzschaltbild her!
- 5.15. Geben Sie anhand des vollständigen Ersatzschaltbildes der Asynchronmaschine das zugehörige Zeigerbild an. Vergleichen Sie dieses mit dem des Transformators!
- 5.16. Skizzieren Sie die Stromortskurve (Heylandkreis) einer Asynchronmaschine! Tragen Sie ausgewählte Betriebspunkte sowie die Leistungs- und Drehmomentgerade ein! Erläutern Sie die Schlupfskalierung und die Leistungsaufteilung !
- 5.17. Begründen Sie den Einfluß des Schlupfes auf die Läuferspannung und den Läuferstrom sowie die Phasenverschiebung zwischen beiden! Stellen Sie den Zusammenhang mit der Entstehung des Drehmomentes her!
- 5.18. Erläutern Sie anhand des Heylandkreises die einzelnen Betriebszustände der Asynchronmaschine!
- 5.19. Erläutern Sie das Blind- und Wirkleistungsverhalten der Asynchronmaschine anhand des Heylandkreises!
- 5.20. Erläutern Sie das Gesetz von der Aufteilung der Luftspaltleistung ! Skizzieren Sie das Leistungsflußbild eines Asynchronmotors mit kurzgeschlossenem Läuferkreis! Geben Sie quantitativ die einzelnen Leistungsgrößen unter Verwendung der Größen des Ersatzschaltbildes an!
- 5.21. Begründen Sie den Einfluß des Schlupfes auf die Läuferverlustleistung und den Wirkungsgrad!

- 5.22. Der Nennschlupf bietet die Möglichkeit für Wirkungsgradvergleiche zwischen Motoren! Begründen Sie das!
- 5.23. Begründen Sie anhand des Leistungsumsatzes, in welchen Betriebszustand (mot., generat., Gegenstrombremsen) die Asynchronmaschine thermisch am höchsten belastet wird!
- 5.24. Geben Sie die Kloss' sche Beziehung an!
- 5.25. Entwickeln Sie unter Verwendung ausgewählter Betriebspunkte ( $s = 0$ ,  $s = s_n$ ,  $s = s_k$ ,  $s = 1$ ) aus der n-M-Kennlinie und der Stromorts-kurve die Kennlinien  $I_1 = f(M)$  und  $\cos \varphi_1 = f(M)$  !
- 5.26. Begründen Sie ausgehend vom vereinfachten Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine anhand von Gleichungen den Einfluß einer Veränderung von  $R_2$  auf die Schlupf-Drehmomenten-Kennlinie und die Schlupf-Stromkennlinie!
- 5.27. Geben Sie die genäherten Beziehungen zur Berechnung des Kippschlupfes und des Kippmomentes an!
- 5.28. Welchen Einfluß hat die Änderung der Ständerspannung auf die n-M-Kennlinie der Asynchronmaschine?
- 5.29. Nennen Sie prinzipielle Möglichkeiten der Drehzahlstellung der Asynchronmaschine!
- 5.30. Welchen Einfluß haben Läuferzusatzwiderstände auf das n-M-Verhalten der Asynchronmaschine?
- 5.31. Erläutern Sie das Drehzahlstellen durch Läuferzusatzwiderstände anhand des Heylandkreises unter energieökonomischem Aspekt!
- 5.32. Erläutern Sie die Drehzahlstellung von Asynchronmaschinen durch Spannungs-Frequenzsteuerung anhand des n-M-Kennlinienfeldes! Welche Forderung gilt hinsichtlich ? Was wird damit erreicht?
- 5.33. Begründen Sie die Notwendigkeit von Anlaßhilfen bei der Inbetriebnahme von Asynchronmotoren! Erläutern Sie Vorteile und Grenzen des Stern-Dreieck-Anlaßverfahrens!
- 5.34. Zeigen Sie anhand der Stromortskurve, daß es unzuweckmäßig ist, Asynchronmotoren unterhalb ihrer Nennleistung zu betreiben!
- 5.35. Wann geht eine Asynchronmaschine aus dem motorischen in den generatorischen Betrieb über? Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel für den Asynchrongenerator!

## 6. Synchronmaschinen

- 6.1. Erläutern Sie die Bauformen von Synchronmaschinen! Gehen Sie dabei besonders auf den Aufbau und Einsatz von Vollpol- und Schenkelpolläufern ein!
- 6.2. Erläutern Sie den wesentlichen konstruktiven Unterschied zwischen Vollpol- und Schenkelpolmaschinen!
- 6.3. Erläutern Sie den prinzipiellen Aufbau eines Synchrongenerators! Zeichnen und erläutern Sie die Leerlaufkennlinie  $U_g = f(I_i)$ !
- 6.4. Erklären Sie anhand eines Zeigerdiagramms die Rückwirkung des Ständerstromes auf die induzierte Spannung bei einer im Inselbetrieb ohmsch-induktiv belasteten Synchronmaschine!
- 6.5. Erläutern Sie die Spannungsinduktion in einer Synchronmaschine und begründen Sie die Phasenlage von Polfluß und Polradspannung zueinander! Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm der Spannungen und Flüsse im Leerlauf!
- 6.6. Geben Sie das vollständige Ersatzschaltbild der Synchronmaschine an, erläutern Sie die Funktion der Bauelemente und zeichnen Sie das Zeigerdiagramm bei ohmsch-ind. Last an der Synchronmaschine!
- 6.7. Geben Sie das vereinfachte Ersatzschaltbild der Synchronmaschine an!

- 6.8. Ein Synchrongenerator soll von Hand auf ein starres Netz geschaltet werden. Nennen Sie die Synchronisierungsbedingungen in der notwendigen Reihenfolge! Wodurch können sie hergestellt und wie meßtechnisch überwacht werden?
- 6.9. Erläutern Sie die Wirkung der Veränderung des Erregerstromes bei einer am starren Netz leerlaufenden Synchronmaschine mit Hilfe des Zeigerdiagramms!
- 6.10. Wodurch kommt es bei einer am Netz laufenden Synchronmaschine zur Wirklastabgabe? Erklären Sie die Vorgänge anhand eines Zeigerdiagramms!
- 6.11. Erläutern Sie anhand von Zeigerdiagrammen die Möglichkeit des Vierquadrantenbetriebes von Synchronmaschinen!
- 6.12. Was versteht man unter Phasenschieberbetrieb?
- 6.13. Erklären Sie die Begriffe "Polradwinkel", "Polradspannung", "Erregergrad  $\varepsilon$ "!
- 6.14. Leiten Sie ausgehend vom vereinfachten Ersatzschaltbild der Synchronmaschine die Stromortskurve des Ständerstromes ab! Erläutern Sie die Auswirkungen einer Veränderung des Erregergrades und des Polradwinkels!
- 6.15. Erläutern Sie die Reaktion einer Synchronmaschine auf ein an der Welle wirkendes mechanisches Moment anhand von Zeigerdiagrammen für  $\varepsilon = 1$  bei a) Inselbetrieb und b) Parallelbetrieb am starren Netz
- 6.16. Erläutern Sie anhand von Zeigerdiagrammen den Einfluß einer Änderung des Polradwinkels  $\vartheta$  auf Größe und Phasenlage des Ankerstromes einer übererregten Synchronmaschine am starren Netz bei  $\varepsilon = \text{konstant}$ !
- 6.17. Wie kann bei einer am starren Netz arbeitenden Synchronmaschine die Blindleistungsabgabe beeinflusst werden? Illustrieren Sie Ihre Ausführungen durch Zeigerdiagramme!
- 6.18. Welchen Zusammenhang stellen die sog. V-Kurven bei einer Synchronmaschine dar?
- 6.19. Wodurch wird das Kippmoment einer Synchronmaschine bestimmt? Vergleichen Sie mit einer Asynchronmaschine!
- 6.20. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen Polradwinkel und Drehmoment in einem Diagramm dar!
- 6.21. Was passiert, wenn ein Polradwinkel von  $\vartheta = 90^\circ$  überschritten wird? Warum ist der Betrieb der Synchronmaschine in der Nähe des max. zulässigen Polradwinkels unzuweckmäßig?
- 6.22. Erläutern Sie, wie bei einer am starren Netz mit  $\varepsilon = 1$  arbeitenden Synchronmaschine das Durchflutungsgleichgewicht bei Lastübernahme gewahrt wird.
- 6.23. Begründen Sie, warum bei einer Schenkelpolmaschine die Ständerdurchflutung in Längs- und Querdurchflutung aufgeteilt wird.
- 6.24. Entwerfen Sie ein Zeigerdiagramm für die Durchflutungen und Ströme bei der Schenkelpolmaschine!
- 6.25. Was versteht man unter Längs- und Querreaktanzen?
- 6.26. Geben Sie das vollständige Zeigerbild einer Synchronmaschine mit Schenkelpolläufer an!
- 6.27. Skizzieren Sie die M- $\vartheta$  -Kennlinie einer Schenkelpolmaschine!
- 6.28. Was versteht man unter dem Reluktanzmoment?
- 6.29. Warum kann eine Synchronmaschine nicht selbst anlaufen?
- 6.30. Wodurch kann die Drehzahl eines Synchronmotors gestellt werden?