

Klausurbedingungen

Die Prüfung wird unter Einhaltung der Allgemeine Prüfungsordnung (APO) der TU Clausthal in ihrer jeweils gültigen Fassung und den aktuell geltenden universitätsinternen infektionspräventiven Schutzmaßnahmen zur Eindämmung des Coronavirus SARS-Cov-2 und dessen Varianten durchgeführt.

Prüfungsfähigkeit

- Mit Ihrer Unterschrift auf dem Deckblatt erklären Sie sich einverstanden und gesundheitlich in der Lage, an der Prüfung teilzunehmen.

Punktevergabe - Allgemein

- Die Bewertung der einzelnen Aufgaben und Teilschritte erfolgt anhand des in der Musterlösung vorgeschlagenen und definierten Punkteschlüssels. Dabei sind neben dem einfachsten und schnellsten Lösungsweg auch Alternativlösungswege aufgeführt, die wiederum einen Punkteschlüssel mit gleicher Punktzahl beinhalten.
- Musterlösung und Punkteschlüssel können während der Klausureinsicht eingesehen werden.
- Die Bewertung Ihres Lösungsweges erfolgt ohne Berücksichtigung der formalen Richtigkeit des Lösungsweges, sodass auch ein formal falscher aber nachvollziehbarer Lösungsweg, mit den in der Musterlösung angegebenen Punkten bewertet wird.
- Nicht nachvollziehbare Ergebnisse werden mit 0 P. bewertet.

Punktevergabe der formalen Bewertung

- Die Anzahl an erreichbaren Punkten zur Bewertung der formalen Richtigkeit einer Aufgabe richtet sich nach den erreichbaren Punkten der bearbeiteten Teilaufgaben. Eine Teilaufgabe gilt als bearbeitet, wenn ein zu der Aufgabenstellung passender Ansatz notiert wurde. Die Punkte zur Bewertung der formalen Richtigkeit sind wie folgt gestaffelt:

\leq	4 P.	\Rightarrow	max. 1 P.
\leq	8 P.	\Rightarrow	max. 2 P.
\leq	12 P.	\Rightarrow	max. 3 P.
\leq	18 P.	\Rightarrow	max. 4 P.

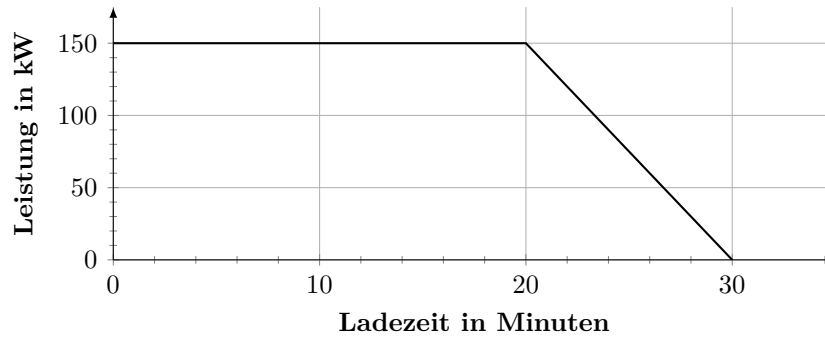
Beispiel:

Wurden zwei Teilaufgaben eines Aufgabenblocks mit einer Gesamtpunktzahl von 6 P. angefangen zu bearbeiten, können für diesen Aufgabenblock nach obigem Schlüssel max. 2 P. für die Bewertung der formale Richtigkeit erreicht werden.

- Jeder formale Fehler führt zu einer Nichtvergabe von 1 P. bei der Bewertung. Die minimale Punktzahl ist 0 P. (für die formale Bewertung).
- Für jeden Aufgabenblock gibt es einen Toleranzfehler, sodass erst ab dem zweiten Fehler Punkte bei der Bewertung der formalen Richtigkeit nicht gegeben werden können.

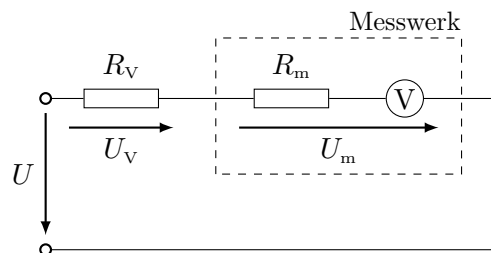
1. Kurzfragen zu Elektrotechnik 1 (18 Punkte)

KF1) Der Ladevorgang eines Elektrofahrzeuges an einer Schnellladesäule dauert 30 Minuten. Die Ladeleistung ist über den Ladevorgang nicht konstant, sondern entspricht dem Verlauf folgender Abbildung: 2 P.

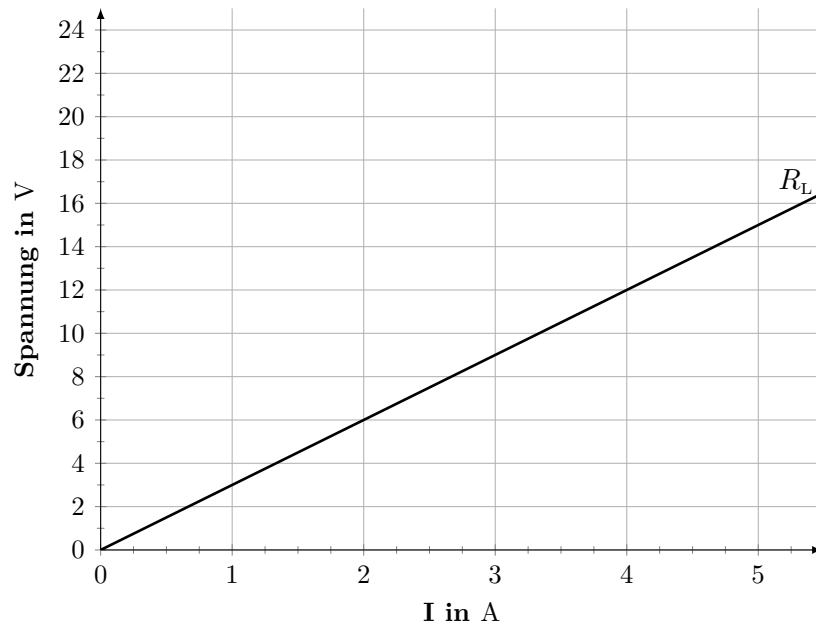


Bestimmen Sie die Kosten des Ladevorgangs bei einem Preis von 32 ct/kWh.

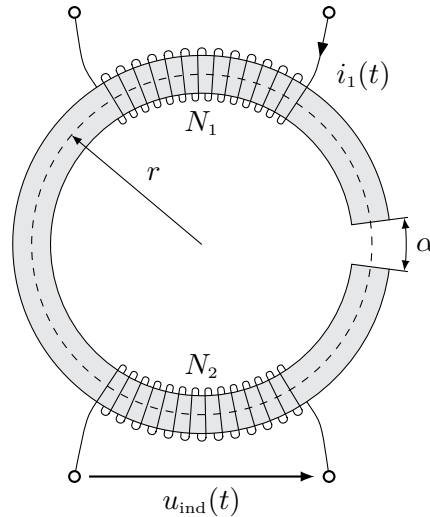
KF2) Gegeben ist ein Drehspulmesswerk mit einem Innenwiderstand $R_m = 100 \Omega$ und dem Messbereich $U_M = 1,5 \text{ V}$. Leiten Sie eine Formel für die Bestimmung eines Vorwiderstands her und legen Sie diesen so aus, sodass das Messwerk eine Spannung von $U = 150 \text{ V}$ messen kann. 3 P.



KF3) Gegeben ist eine Spannungsquelle mit dem Kurzschlussstrom $I_k = 4 \text{ A}$, die Leerlaufspannung U_0 und der Innenwiderstand R_i sind nicht bekannt. An der Spannungsquelle ist ein Lastwiderstand $R_L = 3 \Omega$ angeschlossen, an welchem die maximal mögliche Leistung umgesetzt wird. Bestimmen Sie die fehlenden charakteristischen Größen der Spannungsquelle (U_0 und R_i) und zeichnen Sie die zugehörige Kennlinie in das Diagramm ein.



- KF4) Gegeben ist ein ringförmiger Eisenkern mit Luftspalt, auf dem zwei Spulen montiert sind. Der Querschnitt A des Eisenkerns ist an allen Stellen gleich. Die Streuung des Magnetfeldes am Luftspalt sei vernachlässigbar. Durch Spule 1 mit N_1 fließt ein Strom $i_1(t)$, die Spule 2 mit N_2 ist stromlos. 7 P.



$$\begin{aligned}
 N_1 &= 500 \text{ Wdg.} \\
 N_2 &= 450 \text{ Wdg.} \\
 A_{\text{Fe}} &= 250 \text{ mm}^2 \\
 \mu_r &= 1000 \\
 \alpha &= 15^\circ = \frac{\pi}{12}
 \end{aligned}$$

- a) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und beschriften Sie die relevanten Elemente (Widerstände, Fluss und Durchflutung).

- b) Vergleichen Sie die magnetischen Widerstände $R_{m,\text{Fe}}$ und $R_{m,\text{L}}$ mit $=$, $<$ und $>$.

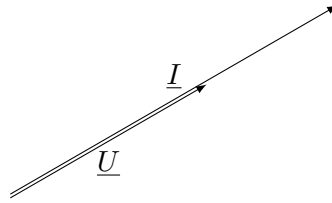
$$R_{m,\text{Fe}} \quad \square \quad R_{m,\text{L}}$$

- c) Der Gesamtwiderstand des magnetischen Kreises beträgt $R_{m,\text{ges}} = 105 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}$ und die Spule 1 wird von einem Strom $i_1(t) = 2,1 \text{ A} \cdot \sin(1000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot t)$ durchflossen. Die Spule 2 wird an ein Oszilloskop angeschlossen. Bestimmen Sie die induzierte Spannung $u_{\text{ind}}(t)$ in Spule 2.

KF5) Gegeben ist das folgende Zeigerdiagramm:

2 P.

Hinweis: Die Zeiger sind nur für die bessere Darstellung leicht versetzt gezeichnet. Diese sind eigentlich deckungsgleich!



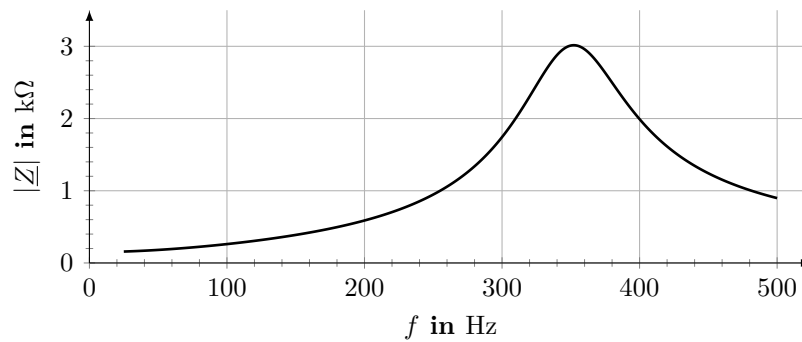
Geben Sie zunächst eine allgemeine Bestimmungsgleichung für das Verhältnis von Blind- zu Wirkleistung (Q/P) an und berechnen Sie dieses Verhältnis anschließend. Für die beiden Zeiger gilt:

$$\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi_u}$$

$$\underline{I} = I \cdot e^{j\varphi_i}$$

KF6) Gegeben ist der folgende Verlauf der Impedanz als Funktion der Frequenz.

2 P.

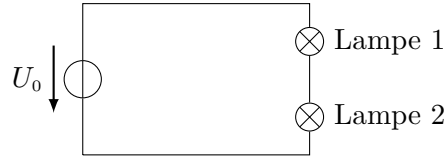


Handelt es sich bei der Schaltung um einen Saug- oder Sperrkreis? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.

2. Gleichstrom (22 Punkte)

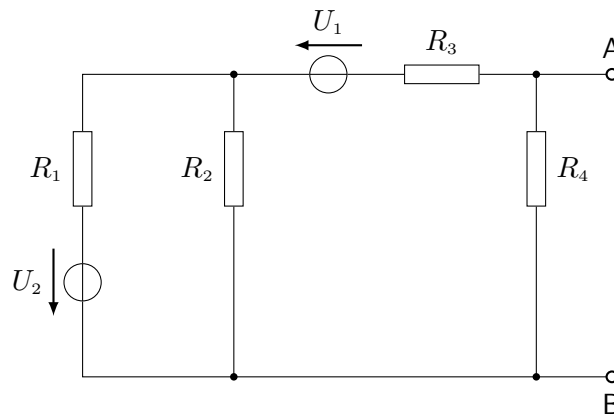
GS1) Geben Sie bei allen Teilaufgaben einen Ansatz mit entsprechenden Indizes an, setzen Sie auch in Zwischenschritten Zahlenwerte ein und verwenden Sie die richtigen Einheiten und gegebenenfalls Unterstriche. *Diese Teilaufgabe erfordert keine Bearbeitung.* 4 P.

GS2) Zwei Glühlampen haben die Leistungsangaben $P_{1,\text{nenn}} = 16 \text{ W}$ und $P_{2,\text{nenn}} = 9 \text{ W}$ für die Nennspannung von $U_{\text{nenn}} = 12 \text{ V}$. Sie liegen in Reihe an einer Spannung von $U_0 = 24 \text{ V}$. Welche Leistungen werden in beiden Lampen umgesetzt? 3 P.



Hinweis: Nehmen Sie an, dass der Widerstand der Glühlampen nicht von der Temperatur abhängig ist und konstant bleibt.

GS3) Wandeln Sie das dargestellte Netzwerk mit zwei Gleichspannungsquellen in eine Ersatzspannungsquelle bezüglich der Klemmen A und B um. 9 P.

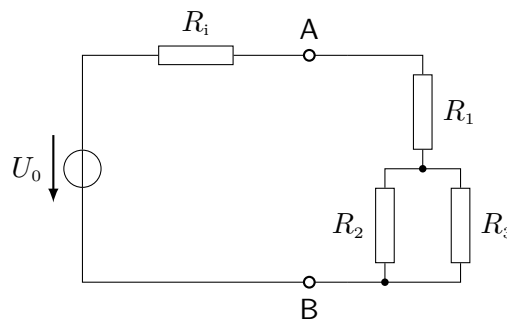


$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R = 10 \Omega$$

$$U_1 = 6 \text{ V}$$

$$U_2 = 18 \text{ V}$$

GS4) Gegeben ist eine Ersatzspannungsquelle, an die folgende Schaltung angeschlossen ist: 6 P.



$$U_0 = 32 \text{ V}$$

$$I_K = 4 \text{ A}$$

$$R_i = 8 \Omega$$

$$R_1 = 4 \Omega$$

$$R_2 = 6 \Omega$$

Legen Sie R_3 so aus, dass die maximal mögliche Leistung in der Gesamtlast aus R_1 , R_2 und R_3 umgesetzt wird. Wie ändert sich die in der Gesamtlast R_L umgesetzte Leistung, wenn R_3 größer und wenn R_3 kleiner wird? Begründen Sie Ihre Aussage und beschreiben Sie den Kennlinienverlauf $P_L(R)$.

3. Elektrisches und magnetisches Feld (22 Punkte)

EM1) Geben Sie bei allen Teilaufgaben einen Ansatz mit entsprechenden Indizes an, setzen Sie auch in Zwischenschritten Zahlenwerte ein und verwenden Sie die richtigen Einheiten und gegebenenfalls Unterstriche. *Diese Teilaufgabe erfordert keine Bearbeitung.* 4 P.

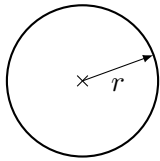


Abb. (a)

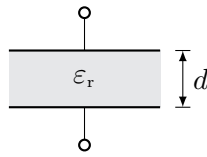


Abb. (b)

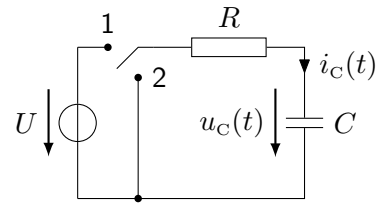


Abb. (c)

EM2) Gegeben ist ein Plattenkondensator mit kreisförmiger Elektrodenfläche mit Radius $r = 50 \text{ mm}$ und Plattenabstand $d = 1 \text{ mm}$ (s. Abb. a & b). Zwischen den Kondensatorplatten befindet sich ein Dielektrikum mit der Permittivität $\varepsilon_r = 3,33$. 4 P.

Leiten Sie zunächst eine allgemeine Formel zur Bestimmung der Kapazität mit den gegebenen Größen her (s. Abb. a & b). Vernachlässigen Sie alle Randeffekte und nehmen Sie das elektrische Feld zwischen den Elektroden als homogen an.

Bestimmen Sie anschließend mit der hergeleiteten Gleichung und den gegebenen Größen die Kapazität des Kondensators.

EM3) Nun wird ein anderer Plattenkondensator mit einer Kapazität von $C = 10 \text{ nF}$ und Luft als Dielektrikum ($\varepsilon_{r,\text{Luft}} = 1$) über einen Vorwiderstand mit $R = 200 \Omega$ an einer Spannungsquelle mit $U = 500 \text{ V}$ aufgeladen (s. Abb. c - Schalterstellung 1). Nachdem der Kondensator vollständig aufgeladen wurde, wird dieser von der Spannungsquelle getrennt und über den Widerstand R entladen (s. Abb. c - Schalterstellung 2). 3 P.

- Berechnen Sie den Startwert des Kondensatorstromes $i_C(t = 0 \text{ s})$ für den Entladevorgang. Beachten Sie die Zählpfeile im Ersatzschaltbild (s. Abb. c).
- Berechnen Sie die Zeitkonstante τ des Kondensatorstromes $i_C(t)$ des Entladevorgangs.
- Zeichnen Sie in ein geeignetes Diagramm unter Berücksichtigung des Startwertes und der Zeitkonstante den Verlauf des Kondensatorstromes $i_C(t)$ des Entladevorgangs.

Hinweis: Achten Sie auf die korrekte Achsenbeschriftung! Markieren Sie auch den Startwert sowie die Zeitkonstante!

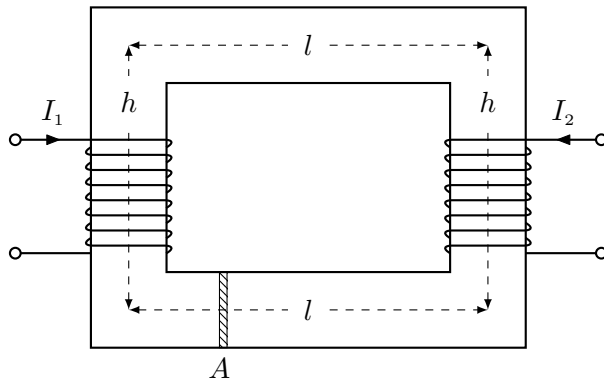
EM4) Der zeitliche Verlauf des Kondensatorstromes $i_C(t)$ des Entladevorgangs wird durch folgende charakteristischen Punkte definiert: 4 P.

- Startwert $i_C(t = 0 \text{ s})$
- Zeitkonstante τ
- Dauer des Entladevorgangs
- gespeicherte Energie W des Kondensators

Beschreiben Sie kurz in Worten **und** mit einer Gleichung, wie sich die oben genannten Punkte unterscheiden, wenn ein Luftkondensator ($\varepsilon_{r,\text{Luft}} = 1$) und ein Kondensator mit $\varepsilon_r = 2$ miteinander verglichen werden.

Fortsetzung auf der nächsten Seite!

Gegeben ist der abgebildete Eisenkern mit zwei Erregerwicklungen mit den Windungszahlen N_1 und N_2 , die von den Strömen I_1 und I_2 durchflossen werden. Der Eisenquerschnitt A ist an allen Stellen gleich.



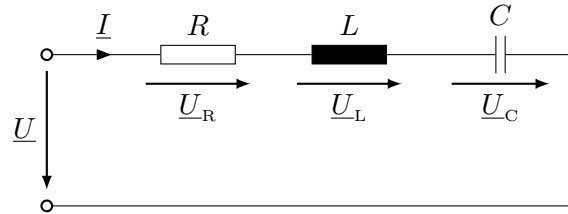
$A = 4 \text{ cm}^2$	$I_1 = 3,6 \text{ A}$
$h = 5 \text{ cm}$	$I_2 = 5 \text{ A}$
$l = 9 \text{ cm}$	$N_1 = 1000$
$\mu_r = 1500$	$N_2 = 2000$

- EM5) Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und berechnen Sie den gesamten magnetischen Widerstand der Anordnung. Verwenden Sie hierfür das Verbraucherzählpfeilsystem. 3 P.
- EM6) In das obere Joch des Eisenkerns wird nun ein Luftspalt gefräst, in den eine Hallsonde eingebracht wird. 4 P.
Für den gesamten magnetischen Widerstand gilt $R_{m,ges} = R_{m,Fe} + R_{m,L} = 13,6 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{Vs})$. Berechnen Sie den magnetischen Fluss Φ sowie die magnetische Feldstärke H im Luftspalt.

4. Wechselstrom (22 Punkte)

WS1) Geben Sie bei allen Teilaufgaben einen Ansatz mit entsprechenden Indizes an, setzen Sie auch in Zwischenschritten Zahlenwerte ein und verwenden Sie die richtigen Einheiten und gegebenenfalls Unterstriche. *Diese Teilaufgabe erfordert keine Bearbeitung.* 4 P.

Gegeben ist folgende Schaltung:



$$I = 1 \text{ A} \quad R = 50 \Omega \quad L = 318,3 \text{ mH} \quad C = 63,65 \mu\text{F} \quad f = 50 \text{ Hz}$$

Hinweis: Nehmen Sie eine ideale Induktivität an!

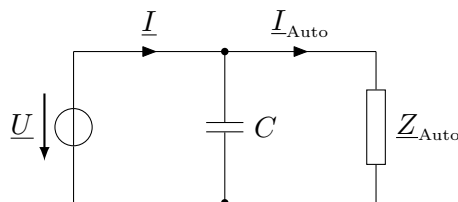
WS2) Berechnen Sie die Gesamtimpedanz Z_{ges} nach Betrag und Phase sowie die in der Gesamtimpedanz umgesetzte Wirk-, Blind- und Scheinleistung. 5 P.

WS3) Leiten Sie unter Nennung der Resonanzbedingung für die gegebene Schaltung die Bestimmungsgleichung der Resonanzfrequenz f_{res} her und berechnen Sie diese anschließend. 3 P.

WS4) Zeichnen Sie für die gegebene Schaltung das qualitative Zeigerbild der Spannungen für den Fall, dass die Frequenz größer als die Resonanzfrequenz ist. Zeichnen Sie auch den Strom als Bezugszeiger sowie den Phasenwinkel φ ein. 6 P.

Ein Elektroauto Z_{Auto} wird mit einer Leistung von $P_{\text{Lade}} = 3 \text{ kW}$ ($U = 400 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$) und bei einem Wirkfaktor von $\cos \varphi = 0,95$ geladen. Die dabei entstehende Blindleistung soll so kompensiert werden, dass sich ein Wirkfaktor von $\cos \varphi = 1$ einstellt.

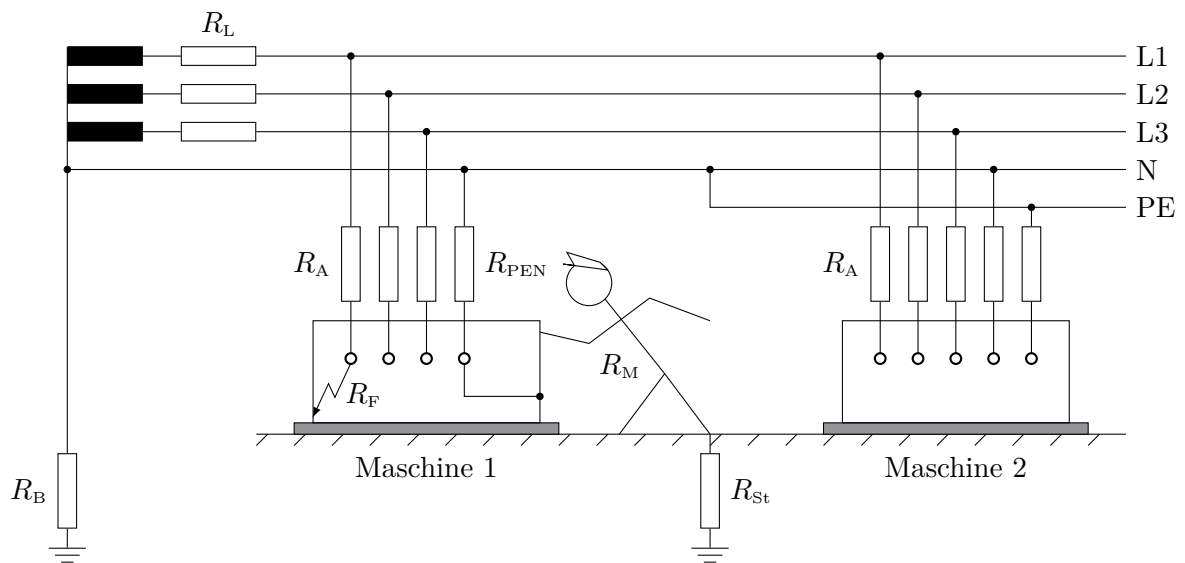
Es gilt folgendes Ersatzschaltbild:



WS5) Berechnen Sie die benötigte Kapazität C . 4 P.

5. Kurzfragen zu Elektrotechnik 2 (18 Punkte)

KF1) Gegeben ist folgende Abbildung mit zwei Maschinen, die beide auf isolierendem Material stehen. 3 P.
Ein Mensch (R_M) berührt das leitfähige Gehäuse der Maschine 1:



- a) Zeichnen Sie das vollständige einphasige Ersatzschaltbild (Fehlerstromkreis) für den vorliegenden Fehlerfall (Gehäuseschluss der Phase L1 mit dem Gehäuse der Maschine 1). Tragen Sie auch den Fehlerstrom I_F und die Berührungsspannung U_B ein.
Beachten Sie, dass das Gehäuse der Maschine durch den isolierenden Untergrund keine leitende Verbindung zur Erde hat!

- b) Können in den Zuleitungen der Maschinen 1 und 2 jeweils Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) verbaut werden? Begründen Sie Ihre Antwort für jede Maschine!

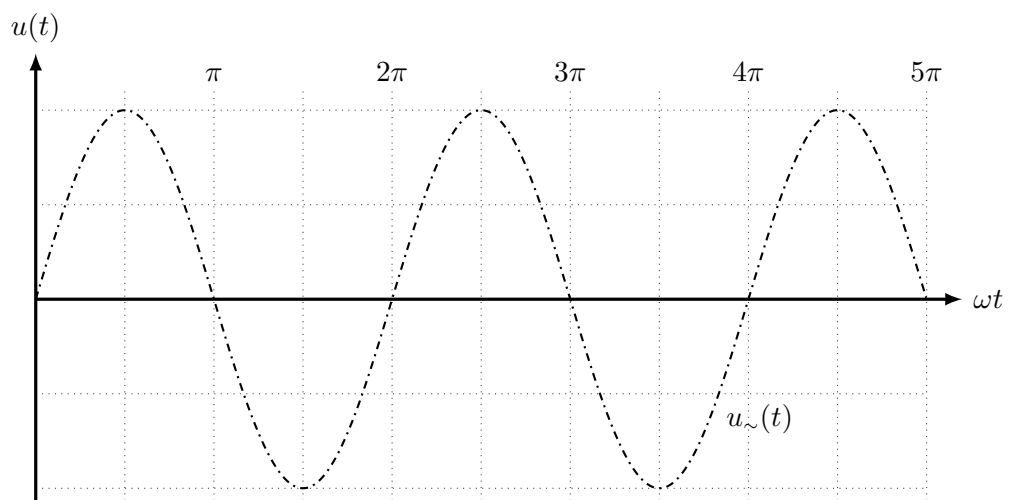
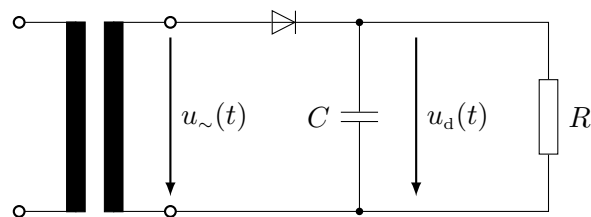
KF2) Ein Gleichspannungsverbraucher soll über einen Gleichrichter an einem einphasigen Wechselstromnetz betrieben werden. 4 P.

a) Zeichnen Sie eine B2-Schaltung mit einer Einrichtung zur Spannungsglättung in das Schaltbild ein!



b) Was ist der Vorteil einer B2-Schaltung gegenüber einer M2-Schaltung?

KF3) Zeichnen Sie qualitativ den Spannungsverlauf $u_d(t)$ der folgenden Schaltung in das gegebene Diagramm ein! 1 P.



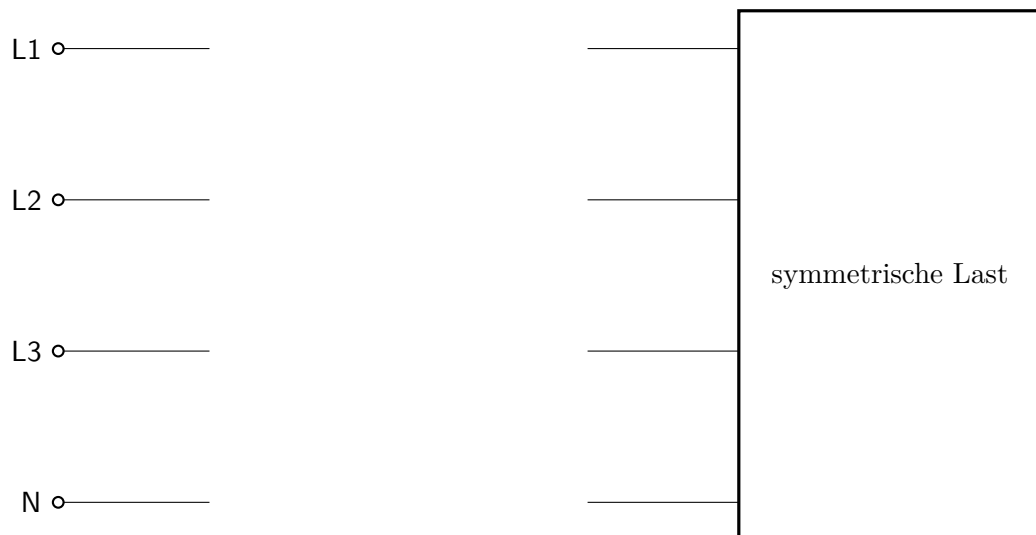
KF4) An einer symmetrischen Drehstromlast soll mittels der Aronschaltung die Blindleistung bestimmt werden. Die Last wird an einem Drehstromnetz mit einer Leiter-Neutralleiter-Spannung von $U_{LN} = 100 \text{ V}$ (50 Hz) betrieben.

Die Messgeräte zeigen folgende Werte an:

$$P_{A1} = 375 \text{ W}$$

$$P_{A2} = 1500 \text{ W}$$

- a) Zeichnen Sie die für die Messung erforderlichen Messgeräte in das gegebene Schaltbild ein. Achten Sie dabei auf eine vollständige Beschriftung, durch die die gegebenen Leistungen den Wattmetern eindeutig zugeordnet werden.

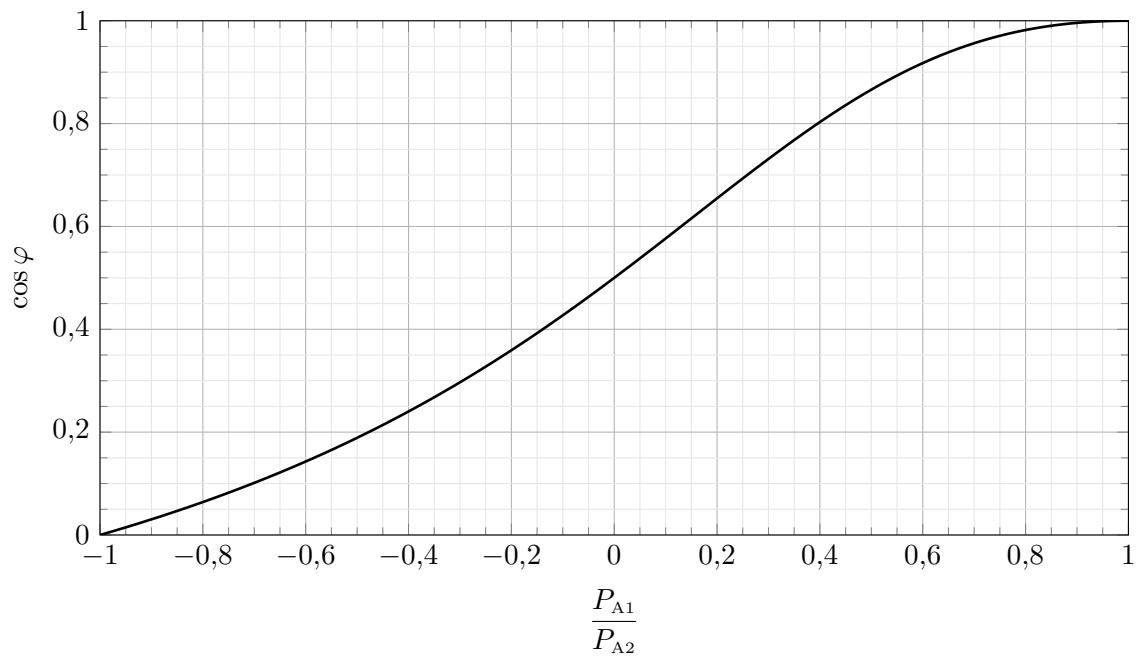


- b) Berechnen Sie aus den Messwerten der beiden Wattmeter die Blindleistungsaufnahme der symmetrischen Last.

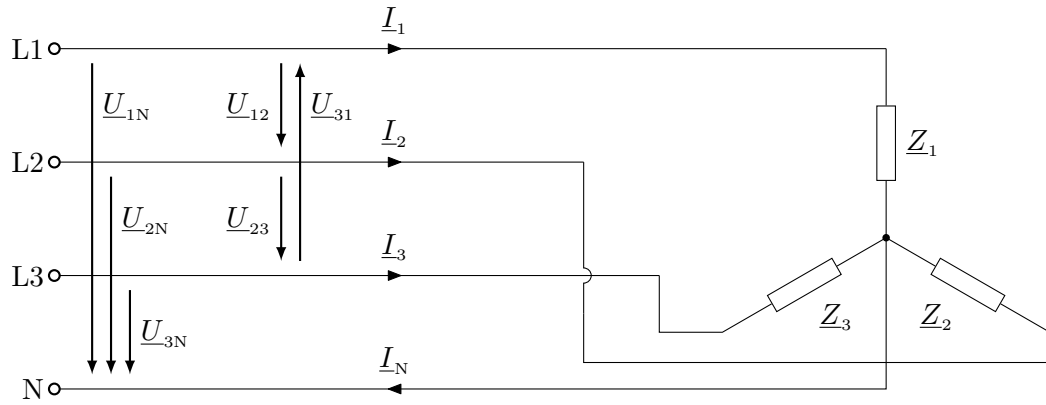
Fortsetzung auf der nächsten Seite!

c) Der Wirkfaktor einer symmetrischen Drehstromlast ist als Funktion der Leistungen der beiden Wattmeter definiert.

Bestimmen Sie mit Hilfe des dargestellten Diagramms den Wirkfaktor $\cos \varphi = f\left(\frac{P_{A1}}{P_{A2}}\right)$ der symmetrischen Last. Markieren Sie auch Ihre Bezugspunkte.



KF5) An einem Drehstromnetz (400 V/230 V, 50 Hz) ist eine unsymmetrische Last in Sternschaltung angeschlossen. 3 P.
angeschlossen.



Folgende Werte sind gegeben:

$$\underline{Z}_1 = 100 \Omega$$

$$\underline{Z}_2 = 125 \Omega \cdot e^{j18,31^\circ}$$

$$\underline{Z}_3 = 150 \Omega$$

Die Blindleistung in Phase 2 soll mit einem parallel geschalteten Bauteil vollständig kompensiert werden. Zeichnen Sie dieses Bauteil in das obige Ersatzschaltbild ein und legen Sie es aus.

KF6) Gegeben ist ein idealer Transformator mit folgenden Daten:

3 P.

$$U_{1N} = 400 \text{ V}$$

$$N_2 = 60 \text{ Wdg.}$$

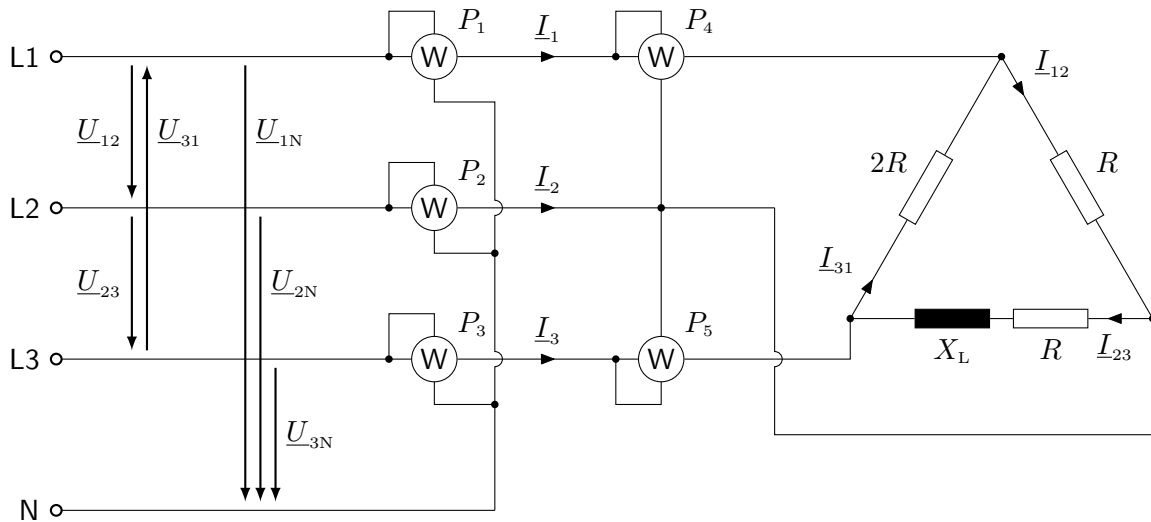
$$f_N = 50 \text{ Hz}$$

An einem ohmschen Lastwiderstand $R_L = 20 \Omega$ auf der Sekundärseite soll im Nennbetrieb eine Leistung von $P_L = 80 \text{ W}$ umgesetzt werden. Bestimmen Sie das Übersetzungsverhältnis \ddot{u} sowie die notwendige Windungszahl auf der Primärseite N_1 .

6. Drehstrom (22 Punkte)

DS1) Geben Sie bei allen Teilaufgaben einen Ansatz mit entsprechenden Indizes an, setzen Sie auch in Zwischenschritten Zahlenwerte ein und verwenden Sie die richtigen Einheiten und gegebenenfalls Unterstriche. *Diese Teilaufgabe erfordert keine Bearbeitung.* 4 P.

Gegeben ist eine unsymmetrische Last in Dreieckschaltung an einem symmetrischen Drehspannungssystem (400 V/230 V, 50 Hz).



Gegeben sind folgende Größen:

$$\begin{array}{llll}
 \underline{U}_{12} = 400 \text{ V} \cdot e^{j30^\circ} & I_{12} = 10 \text{ A} & P_1 = 3000 \text{ W} & P_4 = 5000 \text{ W} \\
 \underline{U}_{23} = 400 \text{ V} \cdot e^{-j90^\circ} & I_{23} = 5 \text{ A} & P_2 = 3000 \text{ W} & P_5 = 2000 \text{ W} \\
 \underline{U}_{31} = 400 \text{ V} \cdot e^{j150^\circ} & I_{31} = 5 \text{ A} & P_3 = 1000 \text{ W} &
 \end{array}$$

Weiterhin gilt:

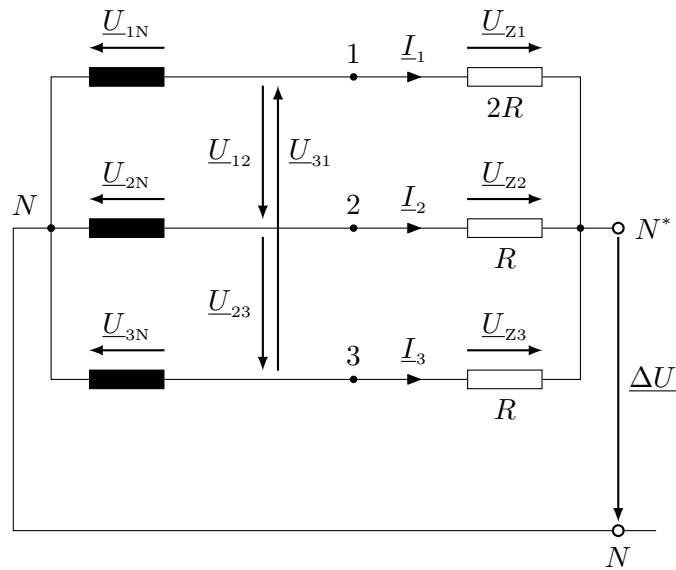
$$\frac{X_L}{R} = \sqrt{3}$$

DS2) Bestimmen Sie die von der Last aufgenommene Wirk-, Blind- und Scheinleistung. 4 P.

DS3) Bestimmen Sie den ohmschen Widerstand R und die Reaktanz X_L . 2 P.

Fortsetzung auf der nächsten Seite!

Gegeben ist die nachfolgend dargestellte unsymmetrische Last in Sternschaltung ($R = 230 \Omega$) ohne angeschlossenen Neutraleiter, die an einem symmetrischen Drehspannungssystem ($400 \text{ V}/230 \text{ V}$, 50 Hz) betrieben wird.



Gegeben sind folgende Spannungen:

$$\begin{array}{lll} \underline{U}_{1N} = 230 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ} & \underline{U}_{12} = 400 \text{ V} \cdot e^{j30^\circ} & \underline{I}_1 = 0,6 \text{ A} \cdot e^{j0^\circ} \\ \underline{U}_{2N} = 230 \text{ V} \cdot e^{-j120^\circ} & \underline{U}_{23} = 400 \text{ V} \cdot e^{-j90^\circ} & \underline{U}_{Z2} = 211,6 \text{ V} \cdot e^{-j109^\circ} \\ \underline{U}_{3N} = 230 \text{ V} \cdot e^{j120^\circ} & \underline{U}_{31} = 400 \text{ V} \cdot e^{j150^\circ} & \end{array}$$

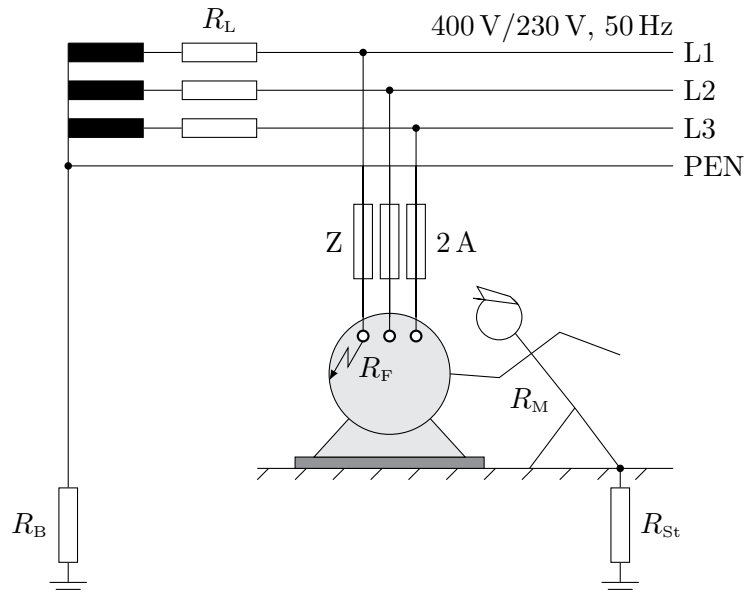
- DS4) Bestimmen Sie die fehlenden Leiterströme (\underline{I}_2 und \underline{I}_3) und Spannungen an den Verbrauchern (\underline{U}_{Z1} und \underline{U}_{Z3}). 4 P.
- DS5) Zeichnen Sie das Zeigerbild der Leiter-Neutraleiter-Spannungen des Erzeugers \underline{U}_{1N} bis \underline{U}_{3N} und der Spannungen \underline{U}_{Z1} bis \underline{U}_{Z3} der Last. Verwenden Sie als Maßstab $1 \text{ cm} \hat{=} 50 \text{ V}$. 6 P.
Hinweis: Das Zeigerbild lässt sich ohne die Lösung der Aufgabe DS4 konstruieren. Achten Sie auf die gegebenen Werte in der Aufgabenstellung.
- DS6) Bestimmen Sie den Sternpunktversatz $\underline{\Delta U}$ rechnerisch. 2 P.
Hinweis: Der Sternpunktversatz lässt sich ohne die Lösung der Aufgaben DS 4 und DS5 berechnen. Achten Sie auf die gegebenen Werte in der Aufgabenstellung.

7. Schutzmaßnahmen (22 Punkte)

SM1) Geben Sie bei allen Teilaufgaben einen Ansatz mit entsprechenden Indizes an, setzen Sie auch in Zwischenschritten Zahlenwerte ein und verwenden Sie die richtigen Einheiten und gegebenenfalls Unterstriche. *Diese Teilaufgabe erfordert keine Bearbeitung.* 4 P.

Gegeben ist eine Maschine, welche auf einem isolierten Untergrund steht und an ein Drehstromnetz mit geerdetem Erzeuger angeschlossen ist. Ein Mensch (Widerstand R_M) steht auf leitendem Untergrund (Widerstand R_{St}) und berührt das Gehäuse im Fehlerfall. Der Nennstrom der Sicherungen (Z-Charakteristik) beträgt 2 A. Der Neutral- und Schutzleiter sind als PEN-Leiter ausgeführt.

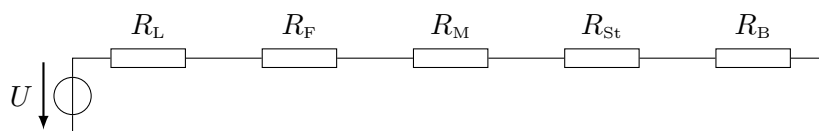
Hinweis: Es wird immer empfohlen ein Ersatzschaltbild zugrunde zu legen, auch wenn die Aufgabenstellung dies nicht explizit fordert.



$$R_L = 2 \Omega \quad R_F = 5 \Omega \quad R_M = 3000 \Omega \quad R_{St} = 2000 \Omega \quad R_B = 1 \Omega$$

Schutzmaßnahme: keine

SM2) Für den oben dargestellten Fehlerfall ergibt sich folgendes Ersatzschaltbild: 6 P.



Berechnen Sie den Gesamtwiderstand R_{ges} , den Fehlerstrom I_F sowie die Berührungsspannung U_B und bewerten Sie, ob der Mensch gefährdet ist und ob die Sicherung auslöst. Begründen Sie Ihre Aussagen.

Schutzmaßnahme: Körper ist über PEN-Leiter mit R_{PE} mit dem Betriebserder verbunden

SM3) Als Schutzmaßnahme soll das Gehäuse der Maschine an den Schutzleiter über einen Widerstand $R_{PE} = 3 \Omega$ angeschlossen werden. Berechnen Sie den Gesamtwiderstand R_{ges} , den Fehlerstrom I_F sowie die Berührungsspannung U_B und bewerten Sie, ob der Mensch gefährdet ist. Begründen Sie Ihre Aussage. 6 P.

Schutzmaßnahme: Körper ist direkt am Standort mit Erdungswiderstand R_E geerdet

SM4) Um die Gefährdung des Menschen zu verhindern, soll das Gehäuse der Maschine über einen Erdungswiderstand R_E direkt geerdet werden. Wie groß darf der Erdungswiderstand maximal sein, damit die Sicherung (Charakteristik Z) im Fehlerfall schnell auslöst (elektromagnetische Auslösung der Sicherung bei 3-fachem Nennstrom!)? Ist der Mensch gefährdet, wenn die Sicherung aufgrund eines Defekts doch nicht auslöst? Begründen Sie Ihre Antwort. 6 P.

8. Transformator (22 Punkte)

TR1) Geben Sie bei allen Teilaufgaben einen Ansatz mit entsprechenden Indizes an, setzen Sie auch in Zwischenschritten Zahlenwerte ein und verwenden Sie die richtigen Einheiten und gegebenenfalls Unterstriche. *Diese Teilaufgabe erfordert keine Bearbeitung.* 4 P.

Gegeben ist ein einphasiger Wechselstromtransformator mit folgenden Daten:

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{400 \text{ V}}{100 \text{ V}} \quad S_N = 5 \text{ kVA} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad A_{Fe} = 80 \text{ cm}^2$$

Folgende Annahmen sind zulässig: $X_h \gg X_{\sigma 1}$, $R_{Fe} \gg R_1$, $X_{\sigma 1} \approx X'_{\sigma 2}$ und $R_1 \approx R'_2$.

TR2) Wie groß müssen unter der Voraussetzung sinusförmiger Spannungen und des idealen Transformators die ober- und unterspannungsseitigen Windungszahlen N_1 und N_2 sein, wenn der Scheitelwert der Induktion $\hat{B} = 1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2$ betragen soll? 3 P.

TR3) Beim Kurzschlussversuch wird die Sekundärseite des Transformators kurzgeschlossen und die primärseitige Spannung so eingestellt, dass der Nennstrom fließt. Folgende Daten sind mit diesem Versuch ermittelt worden: 5 P.

$$u_{1K} = 6 \% \quad \cos \varphi_K = 0,45$$

Bestimmen Sie den Wicklungswiderstand $R_K = R_1 + R'_2$ und die Streureaktanz $X_K = X_{\sigma 1} + X'_{\sigma 2}$ des vereinfachten Ersatzschaltbildes für diesen Versuch.

TR4) Beim Leerlaufversuch wird die Primärwicklung - bei geöffnetem Sekundärkreis - an Nennspannung gelegt. Folgende Daten wurden bei diesem Versuch gemessen: 6 P.

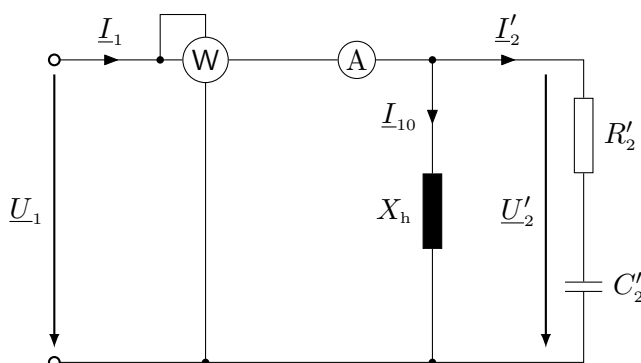
$$I_0 = 18 \text{ mA} \quad P_0 = 4 \text{ W}$$

Bestimmen Sie die Hauptfeldinduktivität L_h und den Eisenverlustwiderstand R_{Fe} , sowie den Wirkfaktor $\cos \varphi_0$.

Gegeben ist ein idealer, verlust- und streufreier Transformator mit der Übersetzung 400 V/80 V ($f = 50 \text{ Hz}$). Es werden nacheinander zwei Versuche mit Nennspannung an der Primärseite durchgeführt:

1. Leerlaufversuch mit offener Sekundärseite
2. Belastungsversuch mit einer unbekanntenen RC-Reihenschaltung an der Sekundärseite

Gemessen werden jeweils Strom, Wirkleistung und Wirkfaktor $\cos \varphi$.



Leerlaufversuch:

$$I_{10} = I_1 = 1 \text{ A} \\ P_0 = 0 \text{ W} \\ \cos \varphi_0 = 0$$

Belastungsversuch:

$$I_1 = 8 \text{ A} \\ P_0 = 3200 \text{ W} \\ \cos \varphi_0 = 1$$

TR5) Bestimmen Sie den Widerstand R_2 sowie die Reaktanz des Kondensators X_C . 4 P.