



Name: Vorname:

Matr.-Nr.: Studiengang:

Falls zutreffend, bitte ankreuzen!

- Ich bin damit einverstanden, dass mein Prüfungsergebnis in Kombination mit meiner Matrikelnummer per Aushang veröffentlicht wird.

.....
Unterschrift

Bearbeitungszeit: 80 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel: Stifte, Lineal/Geodreieck, Taschenrechner (nicht programmierbar)

Weitere Hinweise:

- Schalten Sie bitte Ihre Mobiltelefone aus!
Der Einsatz von Handys, Smartphones o.ä. gilt als Täuschungsversuch.
- Legen Sie bitte Ihren Studierendenausweis und Ihren Personalausweis auf den Tisch.
- Schreiben Sie bitte Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer auf jedes verwendete Blatt.
- Schreiben Sie bitte *nicht* mit Bleistift oder Rotstift!
- Verwenden Sie bitte ausschließlich das ausgehändigte Papier.
- Machen Sie bitte Ihre Aufgaben auf dem Rechenpapier mit Aufgabennummern kenntlich.

Aufgabe:	1	2	3	4	gesamt
Punkte:	17	16	16	17	66
Erreicht:					
Endnote:					

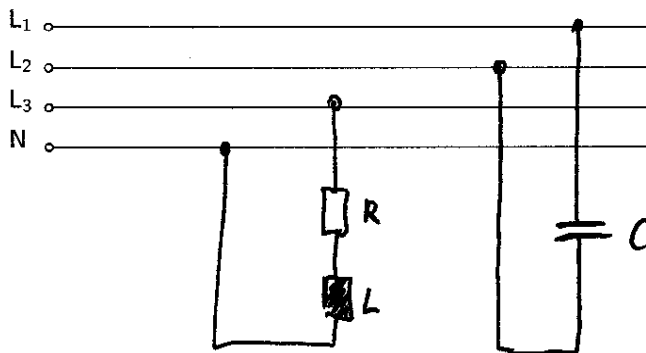
1. Kurzfragen zu Elektrotechnik 2 (17 Punkte)

1. Ein symmetrischer Verbraucher wird an ein Drehstromnetz angeschlossen. Bei Sternschaltung beträgt seine gesamte Leistungsaufnahme $P_\lambda = 1 \text{ kW}$. 2 P

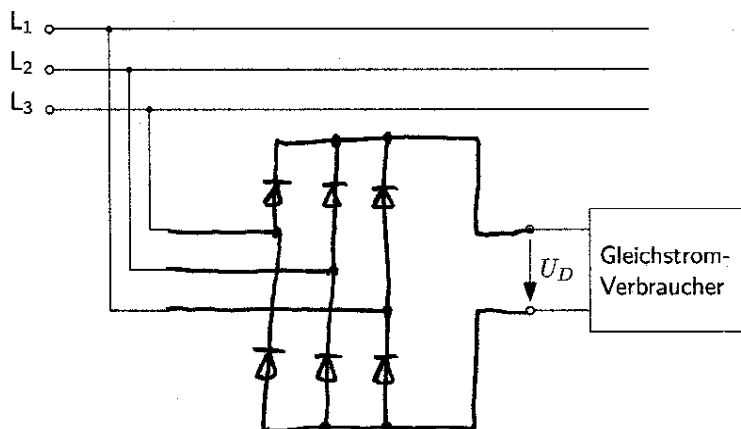
Wie hoch ist seine Leistungsaufnahme P_Δ bei Dreieckschaltung?

$$P_\Delta = 3 \cdot P_\lambda = 3 \text{ kW}$$

2. Schalten Sie in dem gegebenen 400 V Vierleitersystem eine ohmsch-induktive Last an 230 V und eine kapazitive Last an 400 V! 2 P



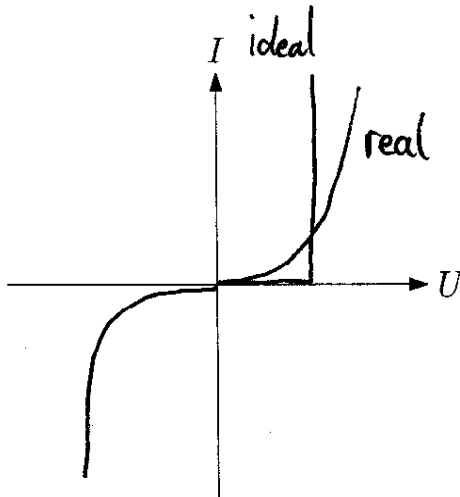
3. Ein Gleichstromverbraucher soll an das 400 V Drehstromnetz angeschlossen werden. Ergänzen Sie das Schaltbild! 1 P



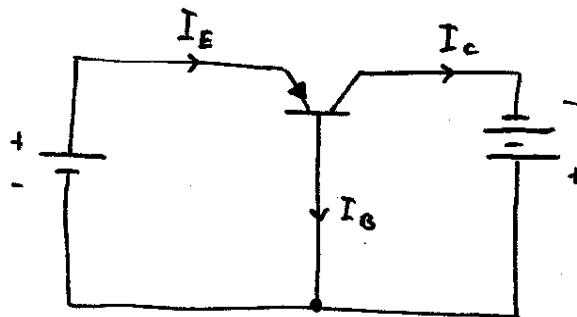
4. Welche Aufgabe hat der Kern eines Transformators und warum besteht er aus geblechtem Eisen? 2P

Aufgabe: Führen des magnetischen Flusses
 geblecht: Zur Reduzierung von Wirbelstromverlusten

5. Skizzieren Sie die Kennlinien einer idealen und einer realen Diode! 2P



6. Geben Sie das Schaltbild eines PNP-Transistors in Basisschaltung an! Wie lautet der Zusammenhang zwischen I_B , I_C und I_E ? Wie groß ist ungefähr die Stromverstärkung A in dieser Schaltung? 4P

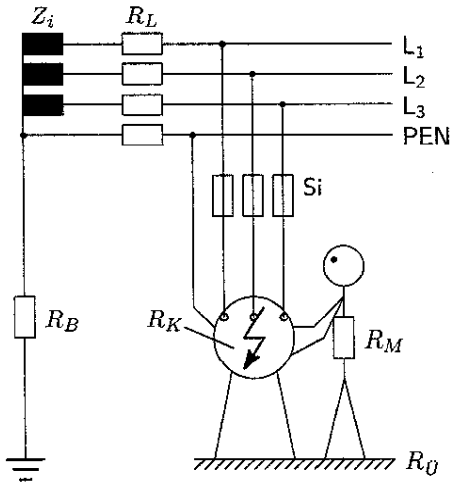


$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = A \cdot I_E$$

$$A \approx 0,95 \dots 0,99$$

7. Die Skizze stellt eine Schutzmaßnahme im TN-Netz dar. Wie heißt diese Schutzmaßnahme? 4 P
 Erläutern Sie kurz die Schutzwirkung der Schaltung! Zeichnen Sie auch das einphasige elektrische Ersatzschaltbild für den dargestellten Fehlerfall!

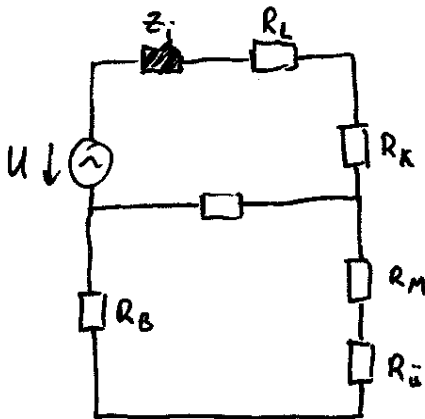


Schutzmaßnahme:

Mullung / Schutzleiter

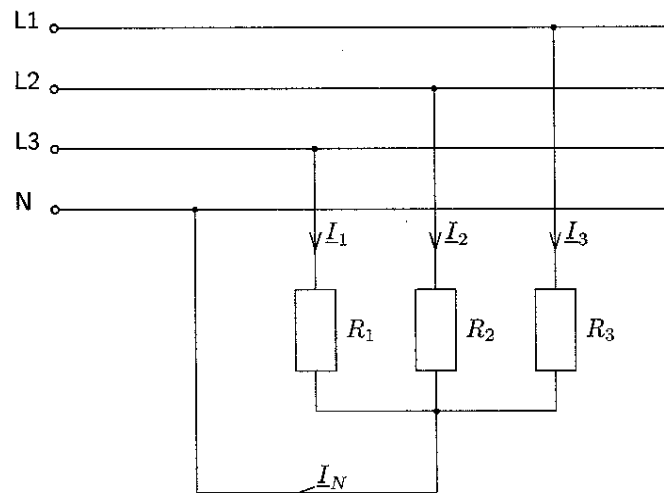
Schutzwirkung:

- Gehäuse mit PEN verbunden
- Fehlerstrom wird über PEN abgeleitet
- Fehlerstrom (Kurzschlussstrom) führt zu Auslösen der Schutzorgane (Leitungssicherung)



2. Drehstrom (16 Punkte)

Gegeben sei folgende Schaltung, die am üblichen Drehstromnetz (230/400 V, 50 Hz) betrieben wird.



Es sollen zwei Belastungsfälle untersucht werden:

Fall A: $R_{1A} = R_{2A} = R_{3A} = 100 \Omega$

Fall B: $R_{1B} = R_{2B} = 100 \Omega$ und $R_{3B} = 200 \Omega$

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie die komplexen Ströme \underline{I}_1 , \underline{I}_2 und \underline{I}_3 für beide Fälle nach Betrag und Phase! 3 P
2. Bestimmen Sie den Strom \underline{I}_N , der im Neutralleiter fließt, für beide Fälle und begründen Sie Ihr Ergebnis! 5 P
3. Berechnen Sie die Wirkleistung P_A , die Blindleistung Q_A und die Scheinleistung S_A für den Fall A! 3 P
4. Wie groß ist $\cos \varphi$ für den Fall A? Begründen Sie Ihre Antwort! 2 P
5. Zeichnen Sie das Zeigerbild mit sämtlichen Spannungen und Strömen für den Fall A! 3 P

Drehstrom

1. Fall A:

$$\underline{I}_{1A} = \frac{U_{1N}}{R_{1A}} = \frac{230V \cdot e^{j0^\circ}}{100\Omega} = 2,3A \cdot e^{j0^\circ}$$

$$\underline{I}_{2A} = \frac{U_{2N}}{R_{2A}} = \frac{230V \cdot e^{-j120^\circ}}{100\Omega} = 2,3A \cdot e^{-j120^\circ}$$

$$\underline{I}_{3A} = \frac{U_{3N}}{R_{3A}} = \frac{230V \cdot e^{j120^\circ}}{100\Omega} = 2,3A \cdot e^{j120^\circ}$$

Fall B:

$$\underline{I}_{1B} = \frac{U_{1N}}{R_{1B}} = \dots = 2,3A \cdot e^{j0^\circ}$$

$$\underline{I}_{2B} = \dots = 2,3A \cdot e^{-j120^\circ}$$

$$\underline{I}_{3B} = \dots = \frac{230V \cdot e^{j120^\circ}}{200\Omega} = 1,15A \cdot e^{j120^\circ}$$

2. Fall A:

$\underline{I}_{NA} = 0$, da die Schaltung eine symmetrische Belastung darstellt.

Fall B:

$$\underline{I}_{NB} = \underline{I}_{1B} + \underline{I}_{2B} + \underline{I}_{3B} = 2,3A \cdot e^{j0^\circ} + 2,3A \cdot e^{-j120^\circ} + 1,15A \cdot e^{j120^\circ}$$

$$= 2,3A + 2,3A \left(-\frac{1}{2} - j\frac{1}{2}\sqrt{3}\right) + 1,15A \left(-\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}\sqrt{3}\right)$$

$$= 2,3A - 1,15A - 0,575A - 1,15A \cdot j\frac{1}{2}\sqrt{3}$$

$$= 0,575A - j0,575 \cdot \sqrt{3}A$$

$$= 1,15 \cdot e^{j120^\circ}$$

Es muss lediglich der fehlende Strom (\underline{I}_3) gegenüber Fall A ausgeglichen werden.

Drehstrom

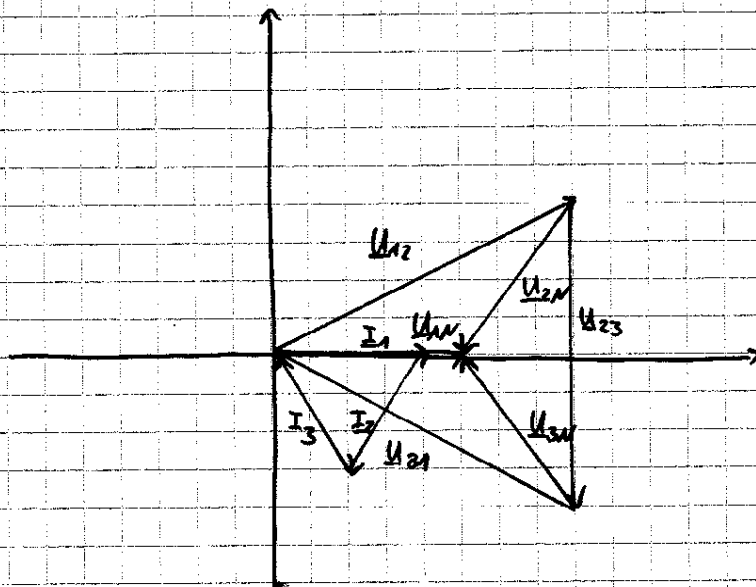
3. $P_A = 3 \cdot U_{AN} \cdot I_A = 3 \cdot 230V \cdot 2,3A = 1587W$ (da symmetrisch)

$Q_A = 0$ (da rein ohmscher Verbraucher)

$S_A = P_A = 1587W$

4. $\cos \varphi = 1$, da rein ohmscher Verbraucher

5.



3. Transformator (16 Punkte)

Aufgaben:

1. Geben Sie das Leerlaufersatzschaltbild des realen Transformators an und bezeichnen Sie die Schaltelemente und elektrischen Größen! 5 P
2. Geben Sie das vollständige Zeigerdiagramm für den Leerlauf eines realen Transformators unter Vernachlässigung der Spannungsabfälle an R_1 und $X_{1\sigma}$ an! Bezugsachse soll ϕ sein. 4 P
3. Wie ist beim Transformator das Übersetzungsverhältnis \bar{u} definiert? 1 P
4. Im Leerlaufbetrieb wurden an einem Transformator folgende Größen gemessen: 4 P

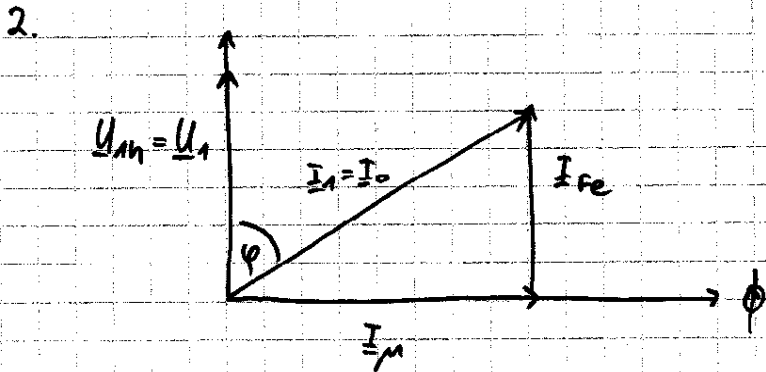
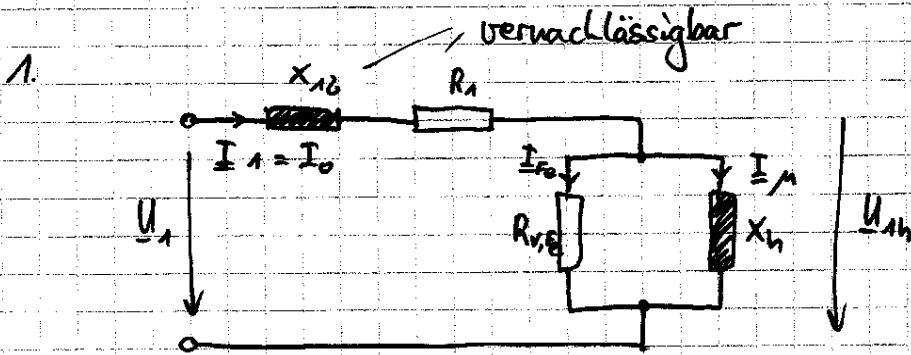
$$U_0 = U_N = 230 \text{ V} \quad (\text{bei } 50 \text{ Hz})$$

$$P_0 = 0,6 \text{ W}$$

Berechnen Sie daraus die Eisenverluste $P_{v,Fe}$ und den Widerstand R_{Fe} !

5. Nennen Sie mindestens zwei Unterschiede zwischen dem idealen und dem realen Transformator! 2 P

Transformator



3. $\bar{u} = \frac{w_1}{w_2}$

4. $P_{v,Fe} = P_0 = 0,6 \text{ W}$

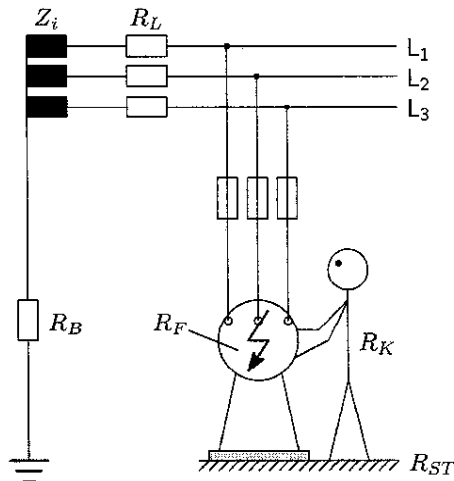
$$P_{v,Fe} = \frac{U_N^2}{R_{Fe}} \Rightarrow R_{Fe} = \frac{U_N^2}{P_{v,Fe}} = \frac{(230\text{V})^2}{0,6\text{W}} = 88,2 \text{ k}\Omega$$

5. Beim idealen Transformator werden keine Verluste berücksichtigt. Der reale Transformator hat Eisenverluste (Wirbelströme, Hysteresis) und Kupferverluste.

Beim idealen Transformator geht $\mu_{r,Fe} \rightarrow \infty$
 $\Rightarrow L_h \rightarrow \infty, I_M \rightarrow 0$

4. Schutzmaßnahmen (17 Punkte)

In dem dargestellten Drehstromnetz (230/400 V, 50 Hz) habe eine Drehstrommaschine einen Gehäuseschluss des Leiters L1. Die Grundplatte der Drehstrommaschine sei isoliert. Der Mensch stehe auf leitendem Untergrund mit dem Standortwiderstand R_{ST} .



Es werden folgende Widerstandswerte vorausgesetzt:

$$R_F = 60 \Omega, \quad R_K = 3000 \Omega, \quad R_{ST} = 4000 \Omega, \quad R_B = 0,5 \Omega, \quad R_L = 3 \Omega$$

Aufgaben:

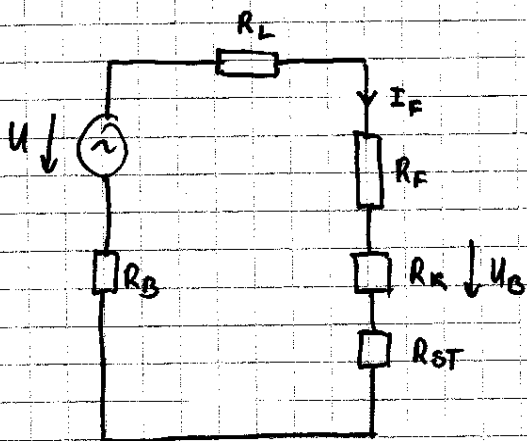
1. Zeichnen Sie das einphasige Ersatzschaltbild des Fehlerfalls und tragen Sie den Fehlerstrom I_F sowie die am Menschen abfallende Berührungsspannung U_B ein! 3 P
2. Berechnen Sie den Fehlerstrom I_F und die Berührungsspannung U_B ! Ist der Mensch gefährdet? 5 P

Nun soll derselbe Fehlerfall unter Anwendung der Schutzmaßnahme „Schutzerdung“ betrachtet werden. Dazu soll die Maschine am Standort geerdet werden, wobei der Erdungswiderstand $R_S = 3 \Omega$ betrage.

3. Zeichnen Sie das um den Erdungswiderstand R_S erweiterte einphasige Ersatzschaltbild des Fehlerfalls! 3 P
4. Wie groß sind nun der Fehlerstrom I_F und die Berührungsspannung U_B ? 6 P

Schutzmaßnahmen

1.



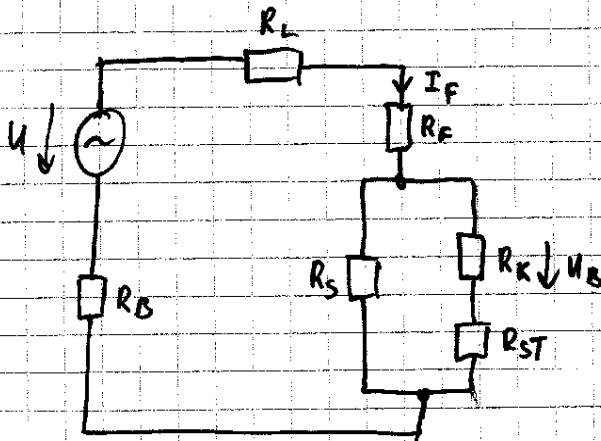
2.

$$I_F = \frac{U}{R_L + R_F + R_K + R_{ST} + R_B} = \frac{230V}{3\Omega + 60\Omega + 3k\Omega + 4k\Omega + 0,5\Omega} = 32,6mA$$

$$U_B = I_F \cdot R_K = 32,6mA \cdot 3k\Omega = 97,7V$$

Der Mensch ist gefährdet!

3.



4.

$$R = R_S \parallel (R_K + R_{ST}) = \frac{R_S (R_K + R_{ST})}{R_S + R_K + R_{ST}} = \frac{3\Omega (3k\Omega + 4k\Omega)}{3\Omega + 3k\Omega + 4k\Omega} \approx 3\Omega$$

$$I_F = \frac{U}{R_L + R_F + R + R_B} = \frac{230V}{3\Omega + 60\Omega + 3\Omega + 0,5\Omega} = 3,46A$$

$$U_B = I_F \cdot R \cdot \frac{R_K}{R_K + R_{ST}} = 3,46A \cdot 3\Omega \cdot \frac{3k\Omega}{3k\Omega + 4k\Omega} = 4,5V$$