

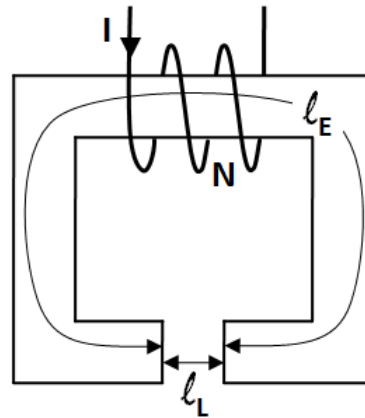
Zugelassene Hilfsmittel: beliebige eigene
 Aufgabensteller: Buch, Geng, Göhl, Hessel,
 Küpper, Stadler, Tinkl
 Arbeitszeit 90 Minuten

A	1	2	3	4	Σ	N

Aufgabe 1 (ca. 16 Punkte)

Hinweis: Falls Sie die ersten beiden Unterpunkte nicht lösen können, beginnen Sie direkt mit dem dritten Unterpunkt!

Ein Weicheisenkern (konstanter Querschnitt A , mittlere Länge ℓ_E) besitzt an seiner Unterseite einen Luftspalt (Länge ℓ_L). Im Luftspalt kann von einem homogenen Magnetfeld ausgegangen werden. Magnetische Streuung sowie eine mögliche Sättigung des Kerns seien vernachlässigbar.



$$N = 500$$

$$\mu_r = 3000$$

$$\ell_E = 220 \text{ mm}$$

$$\ell_L = 0,5 \text{ mm}$$

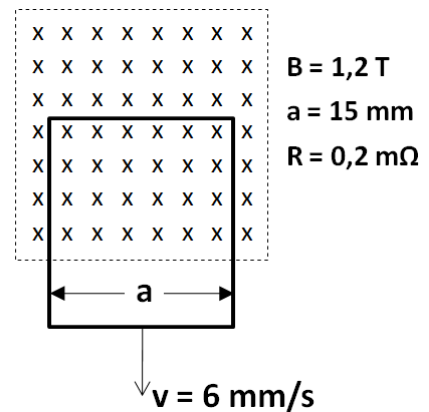
$$A = 4 \text{ cm}^2$$

- 1.1 Berechnen Sie die magnetischen Widerstände R_{mE} und R_{mL} des Eisenkerns und des Luftspalts und zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises.

- 1.2 Berechnen Sie die magnetische Flussdichte B im Luftspalt als Funktion der Stromstärke I . Welche Flussdichte stellt sich bei einem Spulenstrom von 912 mA ein?

In den folgenden Unterpunkten beträgt die Flussdichte im Luftspalt $B = 1,2 \text{ T}$. Eine Drahtschleife (eine Windung, $N = 1$) fällt senkrecht nach unten aus dem Luftspalt heraus. Der untere Rand der Schleife hat das Magnetfeld bereits verlassen. Die Fallgeschwindigkeit (konstante Endgeschwindigkeit der Schleife bei Kräftegleichgewicht: $F_{\text{magn}} = F_g$) beträgt $v = 6 \text{ mm/s}$.

- 1.3 Berechnen Sie die in der Drahtschleife induzierte Spannung.
(Ersatzwert: $U = 0,2 \text{ mV}$)



- 1.4 Welcher Strom fließt in der Drahtschleife? Tragen Sie die Richtung des Stromflusses (technische Stromrichtung) in die Abbildung ein.
(Ersatzwert: $I = 1 \text{ A}$)

- 1.5 Der in Unterpunkt 1.4 berechnete Stromfluss im Magnetfeld bewirkt eine Kraft F_{magn} auf den oberen Rand der Drahtschleife. Wie groß ist diese Kraft? In welche Richtung wirkt sie?

(Ersatzwert: $F_{\text{magn}} = 10 \text{ mN}$)

- 1.6 Berechnen Sie die Masse m der Drahtschleife. (Erdbeschleunigung: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

Aufgabe 2 (ca. 18 Punkte)

In einer Werkshalle sind die folgenden drei Drehstromgeräte an einem symmetrischen Drehstromsystem mit 230 V Phasenspannung (Sternspannung) und einer Frequenz von 50 Hz angeschlossen:

1. Ein Heizradiator mit drei ohmschen Heizwiderständen $R = 100 \Omega$ in Sternschaltung
2. Ein Motor mit einer Wirkleistung $P_2 = 4 \text{ kW}$ und einer Blindleistung $Q_2 = 3 \text{ kvar}$ in Sternschaltung
3. Ein Motor mit einer Scheinleistung $S_3 = 20 \text{ kVA}$ und einem $\cos \varphi_3 = 0,6$ in Dreieckschaltung

2.1 Zeichnen Sie die Gesamtschaltung ohne Drehstromquelle. (Es sollen alle Verbraucher an die eingezeichneten Leiter (Phasenleiter und Neutraleiter) korrekt eingezeichnet werden)

L₁ _____
L₂ _____
L₃ _____
N _____

2.2 Bestimmen Sie die Heizleistung P_1 des Radiators, die Scheinleistung S_2 von Motor 2 sowie die Wirkleistung P_3 und die Blindleistung Q_3 von Motor 3.

2.3 Bestimmen Sie die Wirkleistung P , die Blindleistung Q und Scheinleistung S für die gesamte Werkshalle.
(Ersatzwerte: $P = 15 \text{ kW}$, $Q = 20 \text{ kvar}$, $S = 25 \text{ kVA}$)

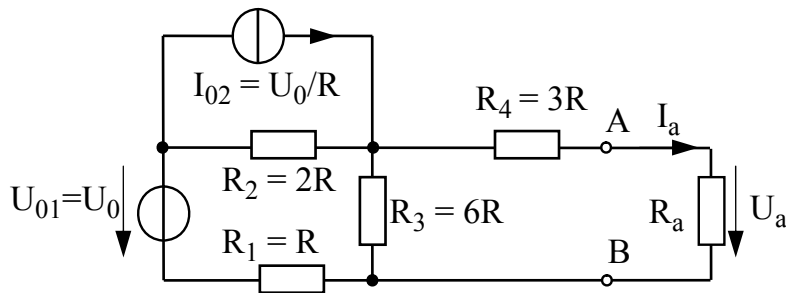
2.4 Mit drei Kompensationskondensatoren in Dreieckschaltung soll nun vollständige Blindleistungskompensation in der Werkshalle erreicht werden. Ergänzen Sie das Schaltbild von Teilaufgabe 2.1 und berechnen Sie die notwendigen Kapazitäten der Kondensatoren.

2.5 Ermitteln Sie den Effektivwert des Stromes in jedem der 3 Außenleiter der Drehstromleitung zur Werkshalle (Außenleiterstrom) nach der Kompensation.

2.6 Die Heizleistung des Radiators soll nun durch eine Dreieckschaltung der Heizwiderstände auf einen Wert P_1' vergrößert werden. Wie groß ist P_1' ? Müssen nach dieser Schaltungsmaßnahme die Werte der Kompensationskondensatoren für vollständige Kompensation geändert werden? (Begründung!)

Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)

Im nachstehenden Bild ist eine Schaltung gegeben, bei der alle auftretenden Zweipole in Abhängigkeit von R und U_0 angegeben werden können. Die dargestellte Schaltung soll links der Klemmen A-B in eine äquivalente Ersatzspannungsquelle mit den Kenngrößen U_{qe} (Leerlaufspannung) und R_{ie} (Innenwiderstand) umgeformt werden.



3.1 Berechnen Sie in Abhängigkeit von R den Ersatzinnenwiderstand R_{ie} links der Klemmen A-B.

(Ersatzwert: $10R$)

3.2 Berechnen Sie in Abhängigkeit von U_0 die Ersatzleerlaufspannung U_{qe} links der Klemmen A-B. (Hinweis: Die Schaltung kann vereinfacht werden, indem R_2 und I_{02} als reale Stromquelle aufgefasst und zunächst in eine reale Spannungsquelle umgeformt werden.) (Ersatzwert: $4U_0$)

3.3 An obiger Schaltung werden zwei Messungen durchgeführt:

1. Messung: Im Kurzschlussfall fließt ein Strom von $I_a = I_K = 750 \text{ mA}$ zwischen den Klemmen A und B.

2. Messung: Bei einem Lastwiderstand $R_a = 10 \Omega$ fließt ein Laststrom $I_a = 500 \text{ mA}$.

Bestimmen Sie aus diesen beiden Messungen die Zahlenwerte der Kenngrößen U_{qe} (Leerlaufspannung) und R_{ie} (Innenwiderstand) der Ersatzschaltung links der Klemmen A-B.

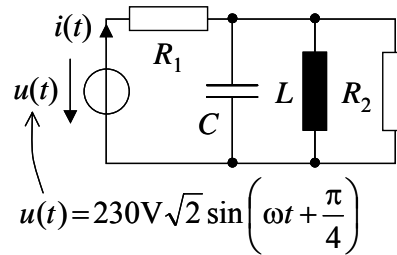
(Ersatzwerte: $U_{qe} = 30 \text{ V}$, $R_{ie} = 40 \Omega$)

3.4 Bestimmen Sie die Zahlenwerte R und U_0 der Originalschaltung.

3.5 Welche maximale Leistung könnte bei Veränderung des Widerstandes R_a an den Klemmen A-B entnommen werden? Wie groß wäre in diesem Fall die Spannung U_a ?

Aufgabe 4 (ca. 16 Punkte)

Gegeben sei ein lineares RLC-Netzwerk. Es werde wie dargestellt an einer Spannungsquelle betrieben, die eine sinusförmige Spannung $u(t)$ abgibt. Die Parameter der Spannung $u(t)$ (d.h. Amplitude bzw. Effektivwert, Nullphase und Frequenz) sowie alle Bauelementwerte finden sich im nebenstehenden Bild.



Werte:

$R_1 = 50\Omega$

$C = 10\mu\text{F}$

$L = 50\text{mH}$

$R_2 = 100\Omega$

$f = 159,155\text{Hz}$

4.1 Geben Sie den komplexen Effektivwert \underline{U} für die Spannung $u(t)$ an. (Ersatzwert: $\underline{U} = (170 + j170)\text{V}$)

4.2 Berechnen Sie den komplexen Effektivwert \underline{I} des Gesamtstroms $i(t)$. (Ersatzwert: $\underline{I} = (2,2 + j0,8)\text{A}$)

4.3 Geben Sie eine Gleichung für den zeitabhängigen Gesamtstrom in der Form $i(t) = \hat{i} \sin(\omega t + \varphi_i)$ an.

4.4 Berechnen Sie die von R_1 , L , C und R_2 insgesamt aufgenommene Scheinleistung S , Wirkleistung P und Blindleistung Q (Hilfestellung: Ermitteln Sie zunächst eine geeignete komplexe Leistung).

4.5 Welche veränderte Frequenz $f_{neu} \neq 159,155\text{Hz}$ müsste die sinusförmige Spannung $u(t)$ besitzen, damit der resultierende Gesamtstrom $i(t)$ und die Spannung $u(t)$ in Phase wären?

----- **Viel Erfolg!** -----