

3.6 Einphasenleistungsmessung

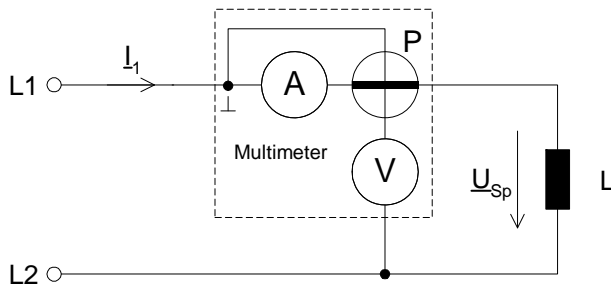


Bild 3.6-1: Schaltung zur Einphasen-Leistungsmessung

Geräte:

- LEYBOLD Kleinspannungs-Drehstromtransformator;
- Siemens Multimeter B 1106;
- Spule mit Lamellenkern (3600 Wdg.)
- Spule ohne Lamellenkern (3600 Wdg.)

(1 P)

Tabelle 3.6-1: Messwerte und Auswertungsergebnisse aus der Leistungsmessung im Einphasennetz

Spule/Wdg.	Kern	U / V	I / A	P / W	$\varphi / ^\circ$	U_R / V	U_L / V	R_{Sp} / Ω	X_{Sp} / Ω	L_{Sp} / mH
3600	nein	43,7	0,457	11	56,6	24	36,5	52,52	79,87	254
3600	ja	43,9	0,018	0,14	80	7,62	43,23	423,3	2401,	$7,74 \cdot 10^3$

(1 P)

3.6.3 Rechenweg:

Phasenverschiebung: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow \varphi = \arccos\left(\frac{P}{U \cdot I}\right)$ (1P)

Spannungen: $U_L; U_R :$ $U_R = U \cdot \cos \varphi,$ $U_L = U \cdot \sin \varphi$ (1P)+(1P)

Reaktanz: $X_{Sp} :$ $X_{Sp} = \frac{U_L}{I}$ (2P)

Ohm'scher Widerstand: $R_{Sp} :$ $R_{Sp} = \frac{U_R}{I}$ (2P)

Induktivität: $L_{Sp} :$ $X_{Sp} = \omega \cdot L_{Sp} \Rightarrow L_{Sp} = \frac{X_{Sp}}{\omega} = \frac{X_{Sp}}{2 \cdot \pi \cdot f}$ (2P)

(Σ 9 P)

3.6.4 Unterschied der Ohm'schen Widerstände:

Der Unterschied der ohm'schen Widerstände kommt dadurch zustande, daß einmal eine Induktivität **mit** und einmal eine Induktivität **ohne** Eisenkern vermessen wurde. Die Induktivität mit Eisenkern verfügt neben dem ohm'schen Widerstand auch über einen Eisenwiderstand, der in das Meßergebnis mit eingeht.

$$B_{Fe} = \frac{U_1 \cdot \sqrt{2}}{\omega \cdot N_1 \cdot A} = \frac{43,9V \cdot \sqrt{2}}{2\pi \cdot 50Hz \cdot 3600 \cdot 0,00036 \cdot m^2} = \underline{\underline{0,1525T}} \quad (1P)$$

$$P_{Fe} = \left(\frac{B_{Fe}}{1 \cdot T} \right)^2 \cdot v_{10} \cdot m = \left(\frac{0,1525 \cdot T}{1 \cdot T} \right)^2 \cdot 5,5 \cdot \frac{W}{kg} \cdot 0,975 \cdot kg = \underline{\underline{124,69 \cdot mW}} \quad (1P)$$

$$P_{ges} = P_{Fe} + P_{R_{Sp}} \Rightarrow P_{R_{Sp}} = P_{ges} - P_{Fe} = \underline{\underline{15,31 \cdot mW}} \quad (1P)$$

$$P_{R_{Sp}} = U_{R_{Sp}} \cdot I_{ges} \quad (\varphi = 0^\circ) \Rightarrow U_{R_{Sp}} = \frac{P_{R_{Sp}}}{I_{ges}} = \underline{\underline{0,85 \cdot V}}$$

$$P_{R_{Sp}} = \frac{(U_{R_{Sp}})^2}{R_{Sp}} \Rightarrow R_{Sp} = \frac{(U_{R_{Sp}})^2}{P_{R_{Sp}}} = \underline{\underline{47,28 \cdot \Omega}} \quad (1P)$$

$$U_L \approx \sqrt{U^2 - U_{R_{Sp}}^2} = \underline{\underline{43,89 \cdot V}} \quad \text{Winkel} \Rightarrow U_L; U_{R_{Sp}} \approx 90^\circ \quad (1P)$$

$$R_{Fe} = \frac{U_L^2}{P_{Fe}} = \underline{\underline{15,45 \cdot k\Omega}} \quad (1P)$$

$$I_{Fe} = \frac{U_L}{R_{Fe}} = \underline{\underline{2,84 \cdot mA}} \quad (1P)$$

$$I_\mu = \sqrt{I_{ges}^2 - I_{Fe}^2} \approx \underline{\underline{0,018 \cdot A}} \quad I_{ges} \approx I_M \quad \text{da } R_{Fe} \gg X_{Sp} \quad !!! \quad (1P)$$

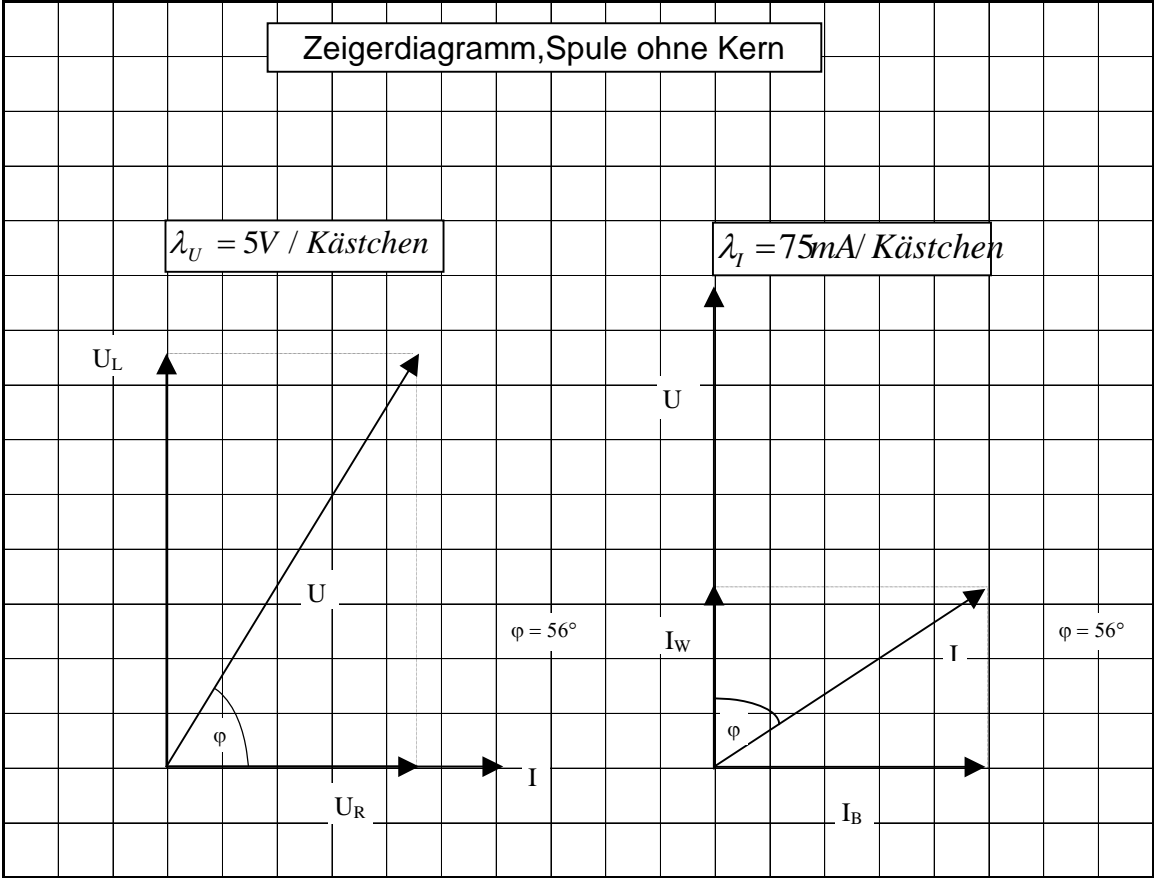
$$X_{Sp} = \frac{U_L}{I_M} = \frac{43,9 \cdot V}{0,018 \cdot A} = \underline{\underline{2439 \cdot \Omega}} \Rightarrow L = \frac{X_{Sp}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \underline{\underline{7,76 \cdot H}} \quad (1P)$$

$$\begin{aligned} Z_{ges} &= R_{Sp} + (j \cdot X_{Sp} \cdot R_{Fe}) / (j \cdot X_{Sp} + R_{Fe}) \\ &= R_{Sp} - (X_{Sp}^2 \cdot R_{Fe}) / (X_{Sp}^2 + R_{Fe}^2) - j \cdot (X_{Sp} \cdot R_{Fe}^2) / (X_{Sp}^2 + R_{Fe}^2) \\ &= 422,95 - j \cdot 2379,7 \Omega \end{aligned} \quad (1P)$$

(Σ Aufgabe: 10 P)

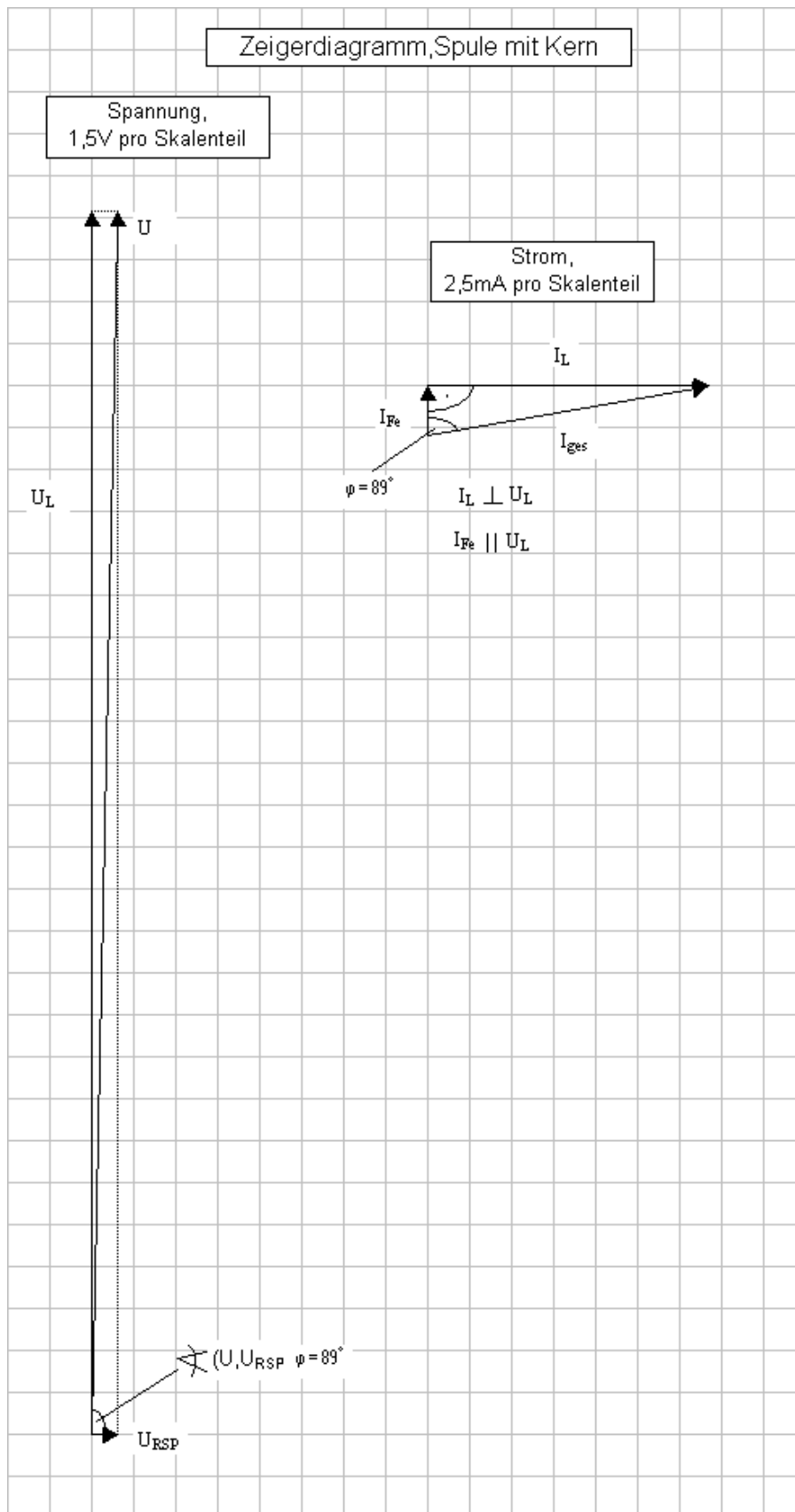
3.6.5 Zeichnen Sie maßstabgetreu (auf Millimeterpapier mit sinnvollem Maßstab) die beiden Zeigerdiagramme für Spannung und Strom (Spule mit und ohne Kern).

Zeigerdiagramm der Spule ohne Kern



(3P)

Zeigerdiagramm der Spule mit Kern



3.7 Leistungsmessung im Dreiphasennetz

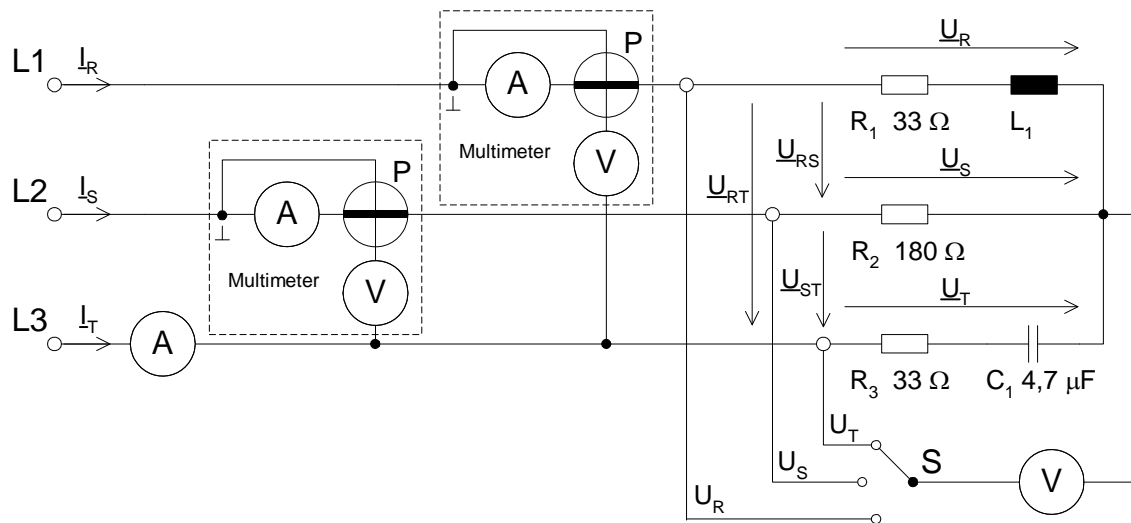


Bild 3.7-1: Schaltung zur Leistungsmessung im Dreiphasennetz

Geräte:

- LEYBOLD Kleinspannungs-Drehstromtransformator;
- 2 x Siemens Multimeter B 1106;
- Spule ohne Lamellenkern (3600 Wdg.);
- Widerstand $R_1 = 33 \Omega$;
- Widerstand $R_2 = 180 \Omega$;
- Widerstand $R_3 = 33 \Omega$
- Kondensator $C_1 = 4,7 \mu\text{F}$

(1 P)

Tabelle 3.7-1: Messwerte aus Dreiphasenleistungsmessung

U_R	V	22,8
U_S	V	24,9
U_T	V	47,9
U_{ST}	V	43,3
U_{RT}	V	43,3
I_R	mA	203
I_S	mA	137
I_T	mA	70
P_{RT}	W	6,36
P_{ST}	W	0,58

(2 P)

3.7.3 Kontrollrechnung:

$$Z_R = \sqrt{(R_1 + R_{Sp})^2 + X_{Sp}^2} = \sqrt{(33 + 52,5)^2 \cdot \Omega^2 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \text{Hz} \cdot 254 \cdot \text{mH})^2} = \underline{\underline{117 \cdot \Omega}} \quad (1\text{P})$$

$$Z_S = R_s = \underline{\underline{180 \cdot \Omega}} \quad (1\text{P})$$

$$Z_T = \sqrt{(R_3)^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{33^2 \cdot \Omega^2 + \left(\frac{\text{sec}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 4,7 \cdot 10^{-6} \cdot F}\right)^2} = \underline{\underline{678 \cdot \Omega}} \quad (1\text{P})$$

$$U_R = I_R \cdot Z_R = 203 \cdot \text{mA} \cdot 117 \cdot \Omega = \underline{\underline{23,8 \cdot V}} \quad (\text{gemessen} \Rightarrow 22,8 \cdot V) \quad (1\text{P})$$

$$U_S = I_S \cdot Z_S = 137 \cdot \text{mA} \cdot 180 \cdot \Omega = \underline{\underline{24,7 \cdot V}} \quad (\text{gemessen} \Rightarrow 24,9 \cdot V) \quad (1\text{P})$$

$$U_T = I_T \cdot Z_T = 70 \cdot \text{mA} \cdot 678 \cdot \Omega = \underline{\underline{47,5 \cdot V}} \quad (\text{gemessen} \Rightarrow 47,9 \cdot V) \quad (1\text{P})$$

Vergleich von Messung und Berechnung

Summe 6 P

Verlustleistung pro Strang:

$$P_R = I_R^2 \cdot (R_1 + R_{Sp}) = (203 \cdot \text{mA})^2 \cdot (33 + 52,5) \cdot \Omega = \underline{\underline{3,5 \cdot W}} \quad (1\text{P})$$

$$P_S = I_S^2 \cdot R_2 = (137 \cdot \text{mA})^2 \cdot 180 \cdot \Omega = \underline{\underline{3,37 \cdot W}} \quad (1\text{P})$$

$$P_T = I_T^2 \cdot R_3 = (70 \cdot \text{mA})^2 \cdot 33 \cdot \Omega = \underline{\underline{0,2 \cdot W}} \quad (1\text{P})$$

$$P_{ges} = P_R + P_S + P_T = \underline{\underline{7 \cdot W}}$$

Vgl:

$$P_{ges} = P_{RT} + P_{ST} = \underline{\underline{7 \cdot W}} \quad (1\text{P})$$

Summe 4 P

Abweichung Messung & Rechnung:

- 1.) Genauigkeitsklasse 2,5 entspricht bei einem Endausschlag des Messgeräts von 40V einen max. Fehler von $\pm 0,025 \cdot 40 \cdot V = \pm 1 V$
- 2.) Ablesefehler am Zeigergerät
- 3.) Leitungswiderstände wurden nicht berücksichtigt
- 4.) Kontaktspannungen

(2 P)

(Σ Aufgabe: 12 P)

3.7.4 Scheinleistung und Blindleistung:

	Scheinleistung	Blindleistung
R	$S_R = U_R \cdot I_R = \underline{\underline{4,6 \cdot W}}$	$Q_R = \sqrt{S_R^2 - P_R^2} = \underline{\underline{3 \cdot W}}$
S	$S_S = \underline{\underline{3,4 \cdot W}}$	$Q_S = \underline{\underline{0 \cdot W}} \rightarrow$ da nur Wirkwiderstand
T	$S_T = \underline{\underline{3,3 \cdot W}}$	$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} = \underline{\underline{3,29 \cdot W}}$

(Σ Aufgabe: 6 P)**3.7.5 Phasenverschiebung:**

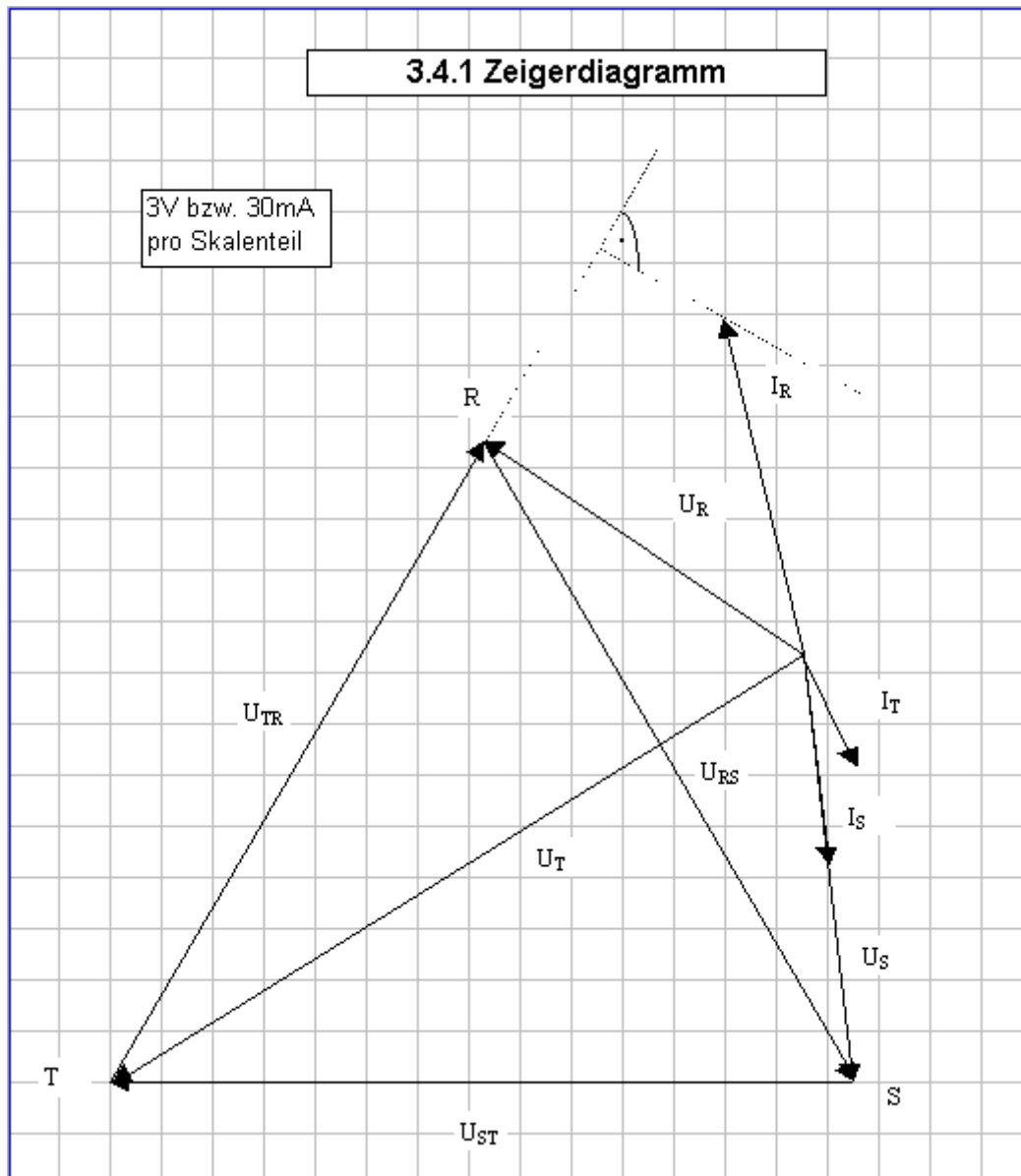
$$I_R \leftrightarrow U_{RT} : P_{RT} = U_{RT} \cdot I_R \cdot \cos \varphi \Rightarrow \varphi = \arccos \left(\frac{P_{RT}}{U_{RT} I_R} \right) =$$

$$= \arccos \left(\frac{6,36W}{43,3V \cdot 203mA} \right) = \underline{\underline{43,65^\circ}}$$

analog:

$$I_S \leftrightarrow U_{ST} : \quad \varphi = \underline{\underline{84,4^\circ}}$$

(2 P)

Zeigerdiagramm:3eck 1P, U_R 1P, U_S 1P, U_T 1P, I_R 1P, I_S 1P, I_T 1P, Skala 1P

8 P

(Σ Aufgabe: 10 P)

3.8 Transformator

3.8.1 Magnetisierungsstrom

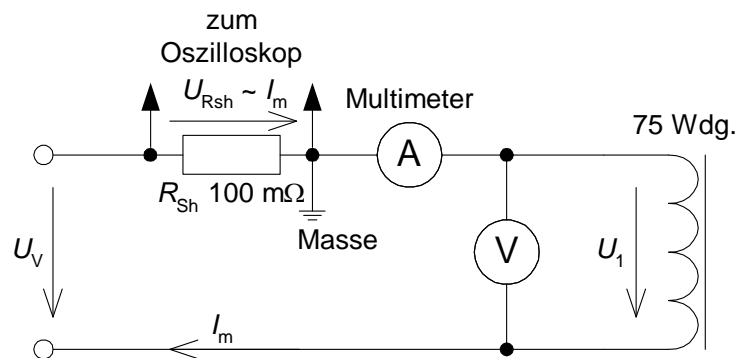


Bild 3.8-1: Schaltung zur Messung des Magnetisierungsstroms

Geräte:

STATRON Trennstelltransformator AC/DC;

Siemens Multimeter B 1106;

Messshunt (Widerstand R_{Sh}) mit $100 \text{ m}\Omega$;

Transformator mit Schnittbandkern (Farbe: Schwarz) und Primärspule mit 75 Windungen;

Oszilloskops Tektronix TDS 1002

(1.5 P)

3.8.1.1 Die nichtlineare Eisenkennlinie hat zur Folge, daß im Leerlauf des Transformators die Stromaufnahme nicht mehr sinusförmig ist!

$$\text{Mit } R = 0 \Rightarrow u_1(t) = \hat{U}_1 \cos(\omega t) = N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad \text{und} \quad \phi = BA$$

$$\rightarrow B_{Fe} = \frac{\hat{U}_1 \sqrt{2}}{N_1 \cdot A} \cdot \frac{\sin(\omega t)}{\omega}$$

Die sinusförmige Spannung, die vom Netz her angelegt wird, erzwingt gemäß Glg.1 einen zeitlich sinusförmigen Verlauf der Flussdichte B_{Fe} im Eisen!

Wegen der nichtlinearen $B_{Fe}(H_{Fe})$ -Kennlinie ergibt sich ein nicht sinusförmiger Verlauf von $H_{Fe}(t)$ (Vgl: Bild 3.4.3-1)!

Mit dem Ampère'schen Durchflutungsgesetz $\oint \vec{H}_{Fe} \cdot d\vec{s} = N \cdot I$ folgt, daß auch der Strom I einen nicht sinusförmigen Verlauf haben muss!

Bei dem Versuch galt:

$$\Delta U = 2,34 \cdot V \Rightarrow \hat{U} = 1,17 \cdot V$$

$$\Rightarrow \hat{I} = \frac{\hat{U}}{R_{Sp}} = \frac{1,17 \cdot V}{100 \cdot \text{m}\Omega} = 11,7 \cdot A$$

(0.5P)

Wenn man nun diese Stromamplitude \hat{I} durch $\sqrt{2}$ teilt, ergäbe sich ein Magnetisierungsstrom von $I_M = 1,7 \cdot A / (\sqrt{2}) = 8,3 A$. (0.5 P)

Das Multimeter zeigt aber einen Magnetisierungsstrom von

$$I_M^{Multi} = 5 \cdot A$$

$$I_M^{Rechnung} = 8,3 \cdot A \neq I_M^{Multi} = 5 \cdot A \text{ an.} \quad (0.5P)$$

Für sinusförmige Größen kann der Effektivwert aus der Amplitude berechnet werden, indem die Amplitude durch $\sqrt{2}$ dividiert wird! Hier handelt es sich aber nicht um eine sinusförmige Größe, weswegen eine Division durch $\sqrt{2}$ zu falschen Ergebnissen führt.

Das Multimeter zeigt den wahren Magnetisierungsstrom

$$I_M^{Multi} = 5 A \text{ an.}$$

Der Unterschied folgt somit aus einer falschen Berechnung, die nur für **sinusförmige Verläufe** gilt! (1P)

(Σ Aufgabe: 2.5 P)

3.8.2 Transformator im Leerlauf

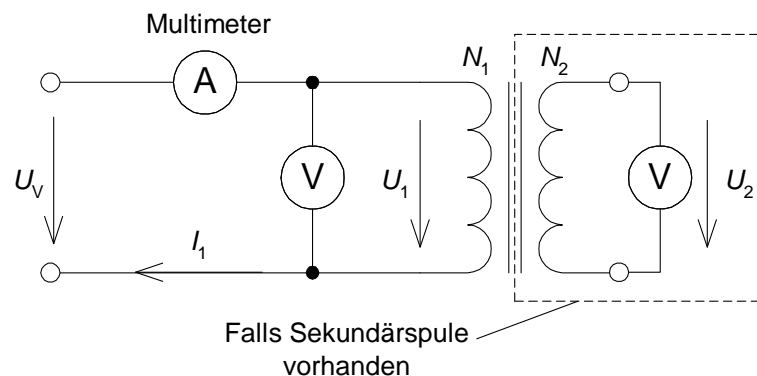


Bild 3.8-2: Schaltung zur Leerlaufmessung

Geräte:

- STATRON Trennstelltransformator AC/DC;
- Siemens Multimeter B 1106;
- Analogen Voltmeter (Endausschlag 40 V)
- Analogen Voltmeter (Endausschlag 25 V)
- 6 Transformatoren mit verschiedene Kerne und Windungszahl

(1 P)

Tabelle 3.8-1: Leerlaufstrom I_1

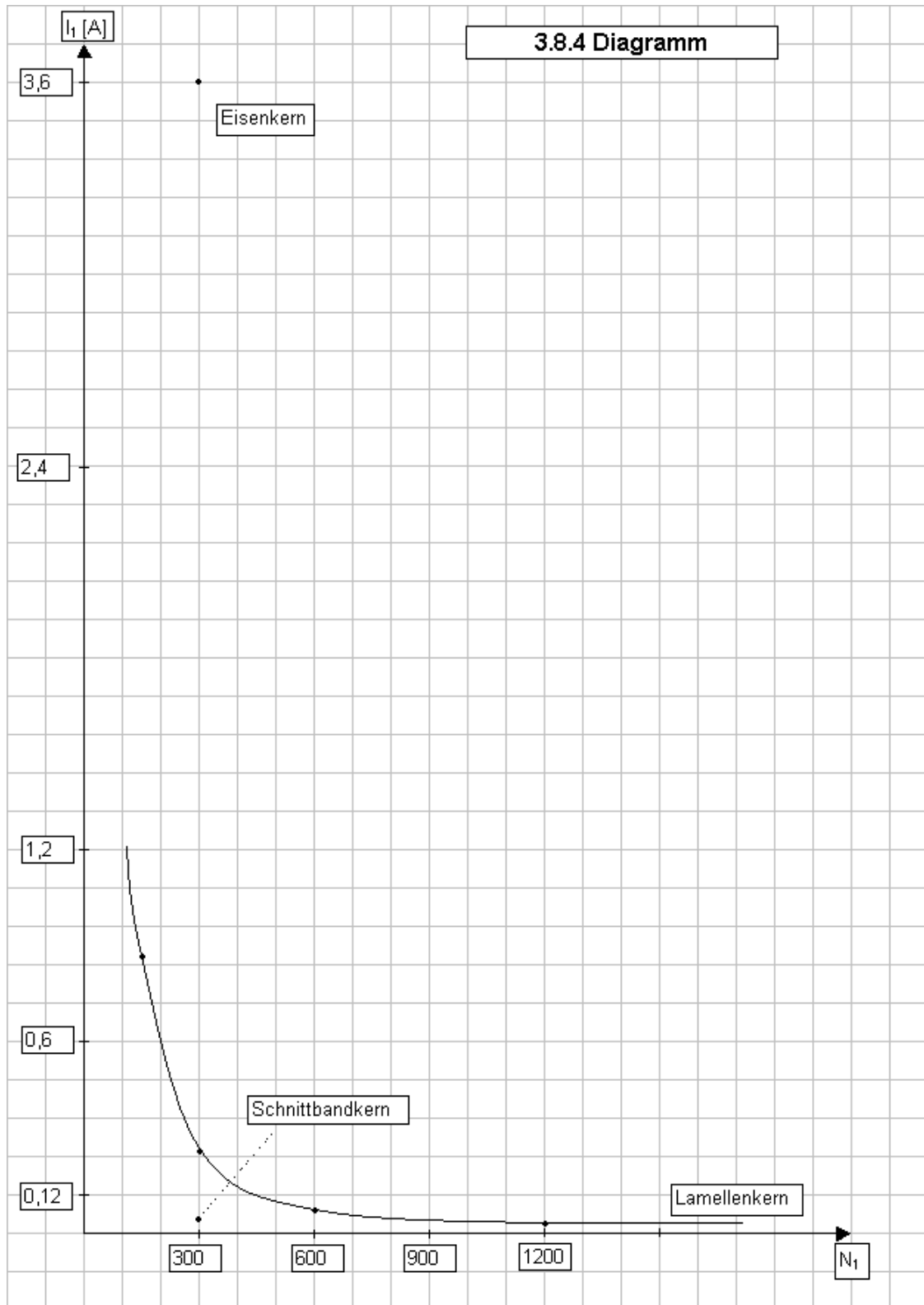
Spule N_1 / Windungen	I_1 / mA		
	Schnittbandkern (schwarz)	Lamellenkern (blau)	Eisenkern (silbergrau)
1200		20	
600		76	
300	29	146	3,62
150		697	

Tabelle 3.8-2: Sekundärspannung U_2 im Leerlauf

Spule N_1 / Windungen	U_2 / V mit Spule $N_2 = 75$ Wdg.
	Lamellenkern
300	7.4
150	14.5

(1 P)

3.8.2.1 Diagramm: $I = f(N_1)$:



Die richtige Darstellung des Diagrammes $I = f(N)$ ergibt 2 Punkte.

(Σ 2 P)

$$1.) I_1 \sim \frac{1}{N^2}$$

Mit steigender Primärwindungszahl N_1 sinkt der Leerlaufstrom I_1 bei konstant anliegender Primärspannung U_V umgekehrt proportional mit dem Quadrat der Windungszahl.

$$L \sim \frac{1}{N^2} \quad B \sim \frac{1}{N} \quad 1P$$

$$2.) I_1 \sim \frac{1}{N_1}$$

Aufgrund des Induktionsgesetzes bleibt bei konstant anliegender Spannung $B_{Te} = \text{const.}$ für $N_1 = \text{const.}$

Bei steigender Primärwindungszahl sinkt der primäre Leerlaufstrom und damit auch die magn. Feldstärke H ($I \sim H$).

Weiterhin gilt der Zusammenhang $B = \mu \cdot H$. Da die B - H -Kennlinie keine Gerade ist, sondern die Form einer Hysterese hat, gilt $B/H = \text{const.}$ nicht.

Dies hat zur Folge, daß bei sinkendem H , der Wert von μ ansteigt und dadurch I zusätzlich abnimmt. 1P

3.) Abhängigkeit des Kernmaterials

Der Leerlaufstrom ist auch vom Kernmaterial abhängig, da dieses von Material zu Material unterschiedliche Permeabilität μ ein besitzt. Im Diagramm erkennt man, daß der primäre Leerlaufstrom bei gleicher Windungszahl unterschiedlich groß ist, der beim Eisenkern am höchsten, der beim Schnittbandkern am kleinsten. Die Permeabilität verhält sich umgekehrt proportional zum primären Leerlaufstrom.

1P

(Σ Aufgabe: 3 P)

3.8.2.2 Vergleich von berechnetem und gemessenem Übersetzungsverhältnis:

Übersetzungsverhältnis	Nach Berechnung	Nach Messung
\ddot{u}_1	$(N_1 / N_2) = (300/75) = 4$	$(N_1 / N_2) = (30 \text{ V} / 7,4 \text{ V}) = 4,05$
\ddot{u}_2	$(N_1 / N_2) = (150/75) = 2$	$(N_1 / N_2) = (30 \text{ V} / 14,5 \text{ V}) = 2,07$

Abweichungen: Verluste im Transformator

(Σ Aufgabe: 4 P)

3.8.2.3 Relative Permeabilität μ_r :

Induktionsgesetz:

$$|U_{ind}| = N_1 \cdot \frac{d\phi}{dt} \Rightarrow \hat{U}_1 = N_1 \cdot \omega \cdot \hat{B} \cdot A \Rightarrow \hat{B} = \frac{U_1 \cdot \sqrt{2}}{\omega \cdot N_1 \cdot A} \quad 1P$$

Durchflutungssatz:

$$\oint \vec{H}_{Fe} \cdot d\vec{s} = N_1 \cdot I \Rightarrow \hat{H} \cdot s_{Fe} = N_1 \cdot \hat{I} \Rightarrow \hat{H} = \frac{N_1 \cdot I \cdot \sqrt{2}}{s_{Fe}} \quad 1P$$

mit:

$$\hat{B} = \mu \cdot \hat{H} \quad \text{mit} \quad \mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

$$\Rightarrow \mu_r = \frac{\hat{B}}{\mu_0 \cdot \hat{H}} = \frac{U_1 \cdot s_{Fe}}{\mu_0 \cdot N_1^2 \cdot I \cdot \omega \cdot A} = \frac{30 \cdot 0.35}{\mu_0 \cdot (300)^2 \cdot I \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 870 \cdot 10^{-6}}$$

Kern	Spezifisches μ_r
Schnittbankkern	11713,04
Lamellenkern	2326.56
Eisenkern	93.83

3P

(Σ Aufgabe: 5 P)

3.8.2.4 Hauptinduktivität L_h :

$$U_1 = \omega \cdot L_h \cdot I \Rightarrow L_h = \frac{U_1}{\omega \cdot I} \quad (\text{bei } N_1=300)$$

Kern	Spezifisches L_h /mH
Schnittbandkern	3292.8
Lamellenkern	654
Eisenkern	26.37

(Σ Aufgabe: 3 P)

3.8.3 Kurzschlussversuch

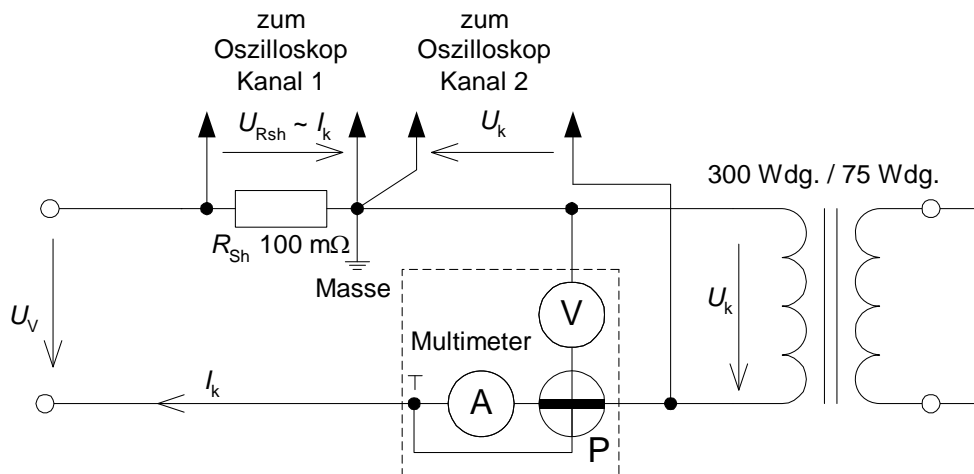


Bild 3.8-3: Kurzschlussversuch

Geräte:

STATRON Trennstelltransformator AC/DC;

Siemens Multimeter B 1106;

Messshunt (Widerstand R_{Sh}) mit $100\text{ m}\Omega$;

Oszilloskops Tektronix TDS 1002

Transformator Lamellenkern Wdg. 300/75

(2 P)

Tabelle 3.8-3: Messwerte aus Kurzschlussversuch

Primär	Sekundär	I_k / A	U_k / V	$\varphi_k / ^\circ$	P_k / W
300	75	1.6	15	79.2°	4.8

(1 P)

3.8.3.1 Vergleichen der Verluste gemessen mit Oszilloskop und Multimeter

gemessen:

$$\Delta t = 4,4 \cdot \text{msec}; \quad T = 20 \cdot \text{msec}$$

$$\varphi_k = 360^\circ \cdot \frac{\Delta t}{T} = 360^\circ \cdot \frac{4,4 \cdot \text{msec}}{20 \cdot \text{msec}} = \underline{\underline{79,2^\circ}} \quad 1\text{P}$$

$$P_k = U_k \cdot I_k \cdot \cos \varphi_k = 15\text{V} \cdot 1,6\text{A} \cdot \cos(79,2^\circ) = \underline{\underline{4,5 \cdot \text{W}}} \quad 1\text{P}$$

gemessen mit Multimeter:

$$P_k = \underline{\underline{4,8 \cdot \text{W}}}$$

Beide gemessenen Leistungen stimmen recht gut überein. Die unterschiede kommen durch Ablesefehler zustande. 1P

(\Sigma Aufgabe: 3 P)

3.8.3.2 Zeiger diagramm, Vergleich Leerlauf und Kurzschluss

Kurzschluss:

gemessen: $U_L = 14,7 \text{ cm} \cdot \frac{1 \cdot \text{V}}{1 \cdot \text{cm}} = \underline{\underline{14,7 \cdot \text{V}}}$ **1P**

$$U_R = 2,9 \cdot \text{cm} \cdot \frac{1 \cdot \text{V}}{1 \cdot \text{cm}} = \underline{\underline{2,9 \cdot \text{V}}} \quad \mathbf{1P}$$

Leerlauf:

$$U_1 = 30 \cdot \text{V}; \quad I_1 = 0,25 \cdot \text{A}$$

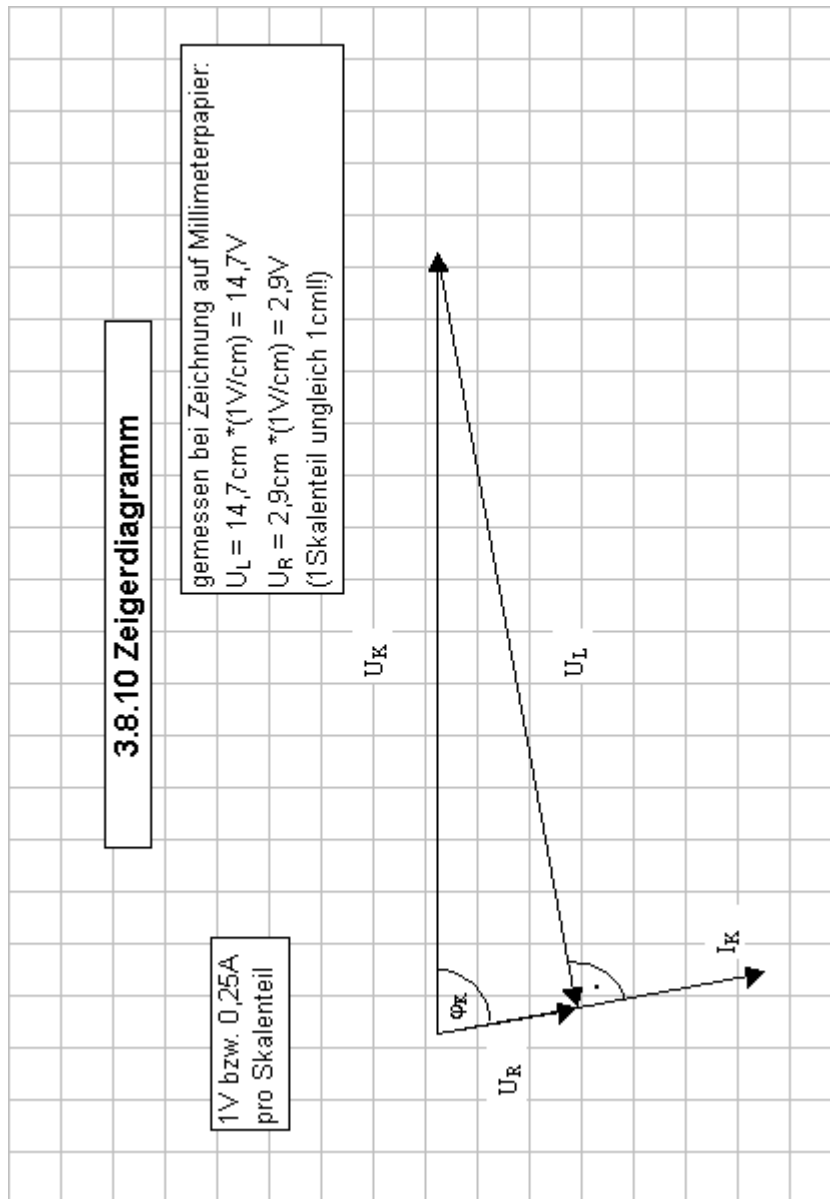
$$\frac{U_K}{U_1} = \frac{1}{2}; \quad \frac{I_K}{I_1} = 6,4 \quad \mathbf{1P}$$

→ **Bei 30V ist der Kurzschlussstrom 12,8 Fach größer als der Leerlaufstrom**

Ursache:

Der vom Sekundärstrom erzeugt magnetische Fluß schwächt den magnetischen Gesamtfluß. Diese Verringerung wird vom wachsenden Primärstrom wieder ausgeglichen. **1P**

(Σ 4 P)

Zeigerdiagramm:

(3 P)

3.8.3.3 Verluste in Kurzschluss bei Nennspannung

i)
$$\frac{I_{1K}}{I_{2K}} = \frac{1}{\dot{u}} = \frac{1}{4} \Rightarrow I_{2K} = 4 \cdot I_{1K} = 4 \cdot 1,6 \cdot A = \underline{\underline{6,4 \cdot A}}$$

0,5P

ii)
$$U_{1K} = \underline{Z} \cdot I_{1K} \Rightarrow \underline{Z} = \frac{U_{1K}}{I_{1K}} = \underline{\underline{9,375 \cdot \Omega}}$$

0,5P

$$I_{1N} = \frac{U_{1N}}{\underline{Z}} = \frac{100 \cdot V}{9,375 \cdot \Omega} = \underline{\underline{10,67 \cdot A}}$$

1P

$$I_{2N} = \ddot{u} \cdot I_{1N} = \underline{\underline{45,56 \cdot A}} \quad 1P$$

$$\text{iii) } \frac{P_{1N}}{P_{1K}} = \frac{R_{Sp} \cdot I_{1N}^2 \cdot \cos \varphi}{R_{Sp} \cdot I_{1K}^2 \cdot \cos \varphi} = \left(\frac{I_{1N}}{I_{1K}} \right)^2 = \left(\frac{10,7 \cdot A}{1,6 \cdot A} \right)^2 \approx \underline{\underline{44,7}} \quad 1P$$

$$\frac{P_{2N}}{P_{2K}} = \frac{R_{Sp} \cdot I_{2N}^2 \cdot \cos \varphi}{R_{Sp} \cdot I_{2K}^2 \cdot \cos \varphi} = \left(\frac{I_{2N}}{I_{2K}} \right)^2 = \left(\frac{42,7 \cdot A}{6,4 \cdot A} \right)^2 \approx \underline{\underline{44,5}} \quad 1P$$

Der Transformator erträgt die Kurzschlußströme bei $U_K = 100V$ dauerhaft **nicht**, da die Werte weit über den Nennströmen des Transformators liegen!

$$I_{1N} = 4A \quad \Leftrightarrow \quad \text{Kurzschluß:} \quad I_{1N} = 10,67A$$

$$I_{2N} = 15A \quad \Leftrightarrow \quad \text{Kurzschluß:} \quad I_{2N} = 45,56A$$

1P

(Σ Aufgabe: 6 P)