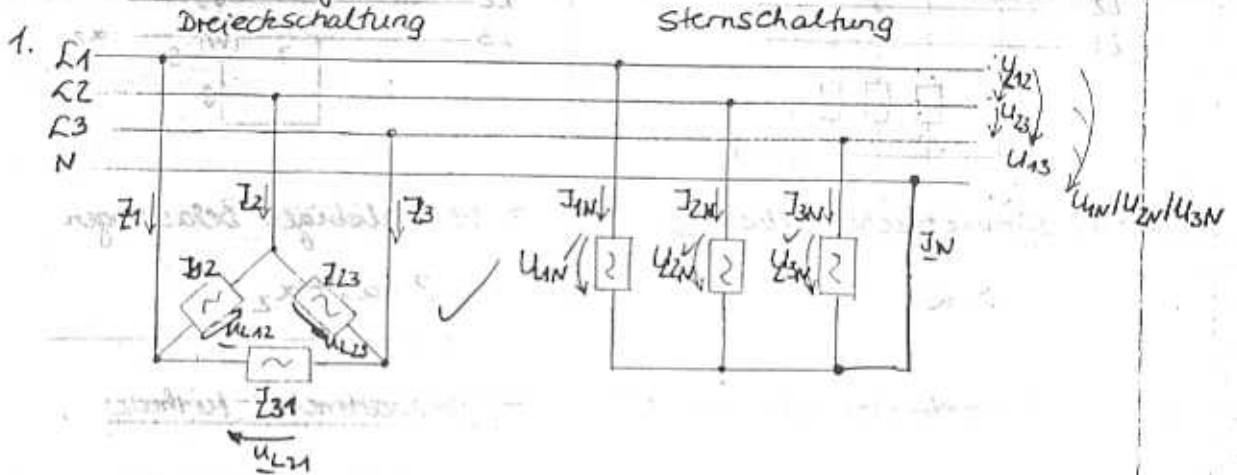


Verbraucher am Drehstrom

Versuchsvorbereitung:



2. Drehstromleistung

symmetrisch belastet

- alle 3 Stränge eines Verbrauchers sind gleich belastet

↪ Z in allen Strängen gleich

- Leistungen pro Verbraucher einzeln ausrechnen u. addieren (Vorzeichenbehaftet!)

$$P_N = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

$$Q_N = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

$$S_N = \sqrt{P_N^2 + Q_N^2}$$

unsymmetrisch belastet

- nicht alle 3 Stränge zu einem Verbraucher sind gleich belastet

↪ $Z_U \neq Z_V \neq Z_W$

- Leistungen pro Strang ausrechnen und addieren (Vorzeichenbehaftet!)

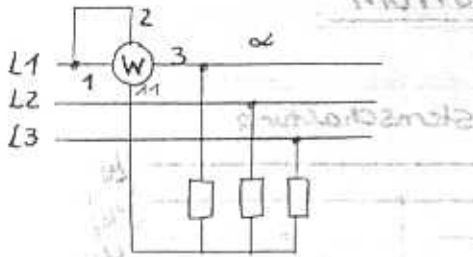
$$P_N = P_U + P_V + P_W$$

$$Q_N = Q_U + Q_V + Q_W$$

$$S_N = \sqrt{Q_N^2 + P_N^2}$$

3. Schaltungen zur Leistungsmessung

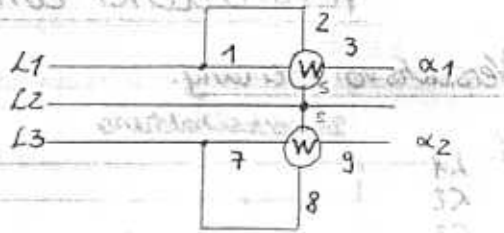
1) Dreileiter - Drei-Strom



→ bei symmetrischer Belastung

$$P = 3 \cdot \alpha$$

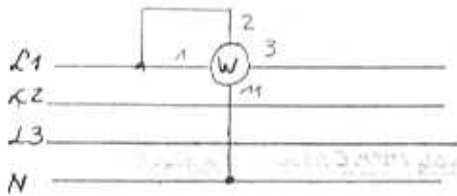
2) Aronschaltung



→ bei beliebigen Belastungen

$$P = \alpha_1 + \alpha_2$$

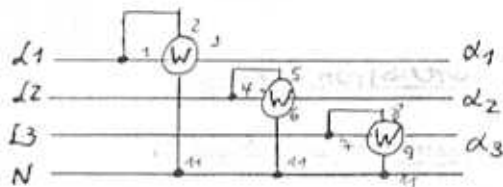
3) Einwattmeter - Methode



→ bei symmetrischer Belastung

$$P = 3 \cdot \alpha$$

4) Dreiwattmeter - Methode



→ bei beliebiger Belastung

$$P = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$$

Wattmeter: $\alpha = U_x \cdot I \cdot \cos \varphi$

4. geg.: $U = 230 \text{ V}$, $L = 1 \text{ mH}$, $C = 500 \text{ mF}$, $R = 10 \Omega$, $f = 50 \text{ Hz}$

1) Reihenschaltung von R und L:

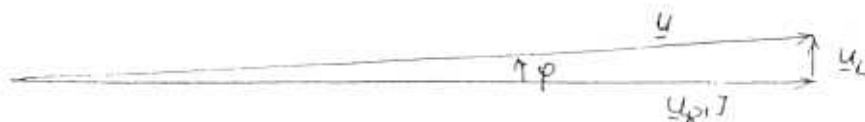
$$|Z| = R = 10 \Omega \quad \text{und} \quad R = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \text{ s}^{-1} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$$

$$R = 0,314 \Omega$$

$$\varphi = \arctan \frac{I_m}{R_e} = \arctan \frac{0,314}{10} \Rightarrow \underline{\underline{\varphi = 1,8^\circ}}$$

$$I = \frac{U}{|Z_{\text{ges}}|} = \frac{230 \text{ V}}{\sqrt{10^2 + 0,314^2}} = \underline{\underline{22,99 \text{ A}}}$$

→ Zeigerbild:



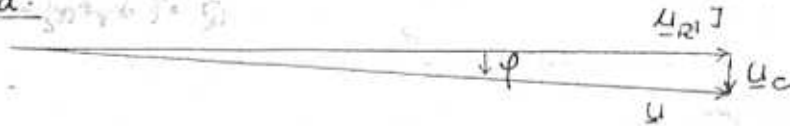
2) Reihenschaltung von R und C:

$$|Z| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1 \cdot 10^3 \text{ Vs}}{2\pi f \cdot 500 \text{ As}} = 6,37 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$\varphi = -\arctan \frac{X_C}{R} = -\arctan \frac{6,37 \cdot 10^{-3}}{10} \rightarrow \underline{\varphi = -0,036^\circ}$$

$$I = \frac{U}{|Z_{\text{ges}}|} = \frac{230 \text{ V}}{\sqrt{10^2 + 0,00637^2}} = \underline{23 \text{ A}}$$

Zeigerbild:



3) Parallelschaltung von R und C:

$$X_C = 6,37 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$I = U \cdot \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}} = 230 \text{ V} \cdot \sqrt{\frac{1}{100} + \frac{1}{(6,37 \cdot 10^{-3})^2}} = \underline{36,106,76 \text{ A}}$$

$$\varphi = \arctan \frac{1/X_C}{1/R} = \arctan \frac{10}{0,00637} \rightarrow \underline{\varphi = -89,96^\circ}$$

4) Reihenschaltung von R, C und L:

$$R = 10 \Omega, \quad X_L = 0,314 \Omega, \quad X_C = 0,00637 \Omega$$

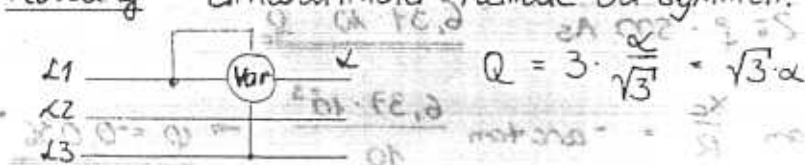
$$|Z_{\text{ges}}| = \sqrt{R^2 + X_m^2} = \sqrt{10^2 + (0,314^2 - 0,00637^2)} = \underline{10,0047 \Omega}$$

$$\varphi = \arccos \frac{R}{Z_{\text{ges}}} = \arccos \frac{10}{10,0047} \rightarrow \underline{\varphi = 1,76^\circ}$$

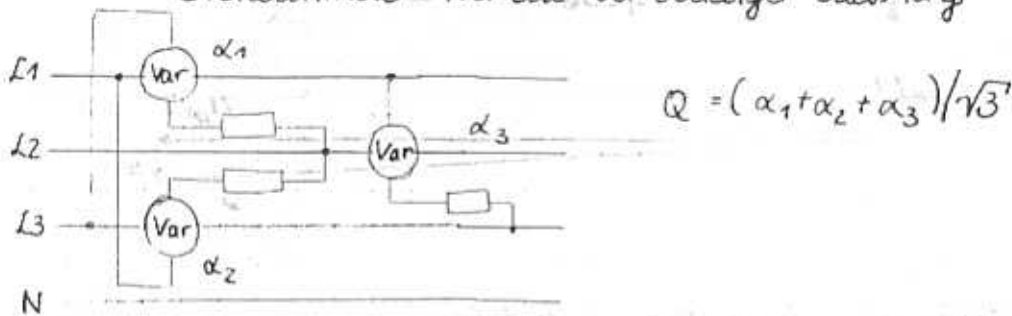
$$I = \frac{U}{|Z_{\text{ges}}|} = \frac{230 \text{ V}}{10,00473} = \underline{22,99 \text{ A}}$$

5. Messung und Berechnung von Blindleistung Q

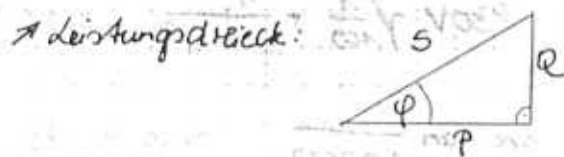
- Messung: Einwattmeter-Methode bei symmetr. Belastung



- Dreiwattmeter-Methode bei beliebiger Belastung



Berechnung: $S = U \cdot I \rightsquigarrow Q = \sin \varphi \cdot U_N \cdot I = \sqrt{S^2 - P^2}$



6. Leistungsfaktor: $\cos \varphi = \frac{P}{S}$

$\cos \varphi \downarrow \rightsquigarrow$ Blindleistung $Q \uparrow$ (Blindstrom)

bei gleicher Wirkleistung P (= Berechnung für Kunden)

→ E-Werk muß größere / höhere Scheinleistung zur Verfügung stellen, dazu ist eine größere Generatorleistung nötig u. somit höhere Anlagekosten

→ wenn Netzspannung gleich ist, wegen $S = U \cdot I \rightarrow$ Wahl einer anderen Leitungsanslegung für höhere Ströme (größere Leitungsquerschnitte) um Erwärmung infolge Überlastung zu vermeiden

⇒ Notwendigkeit einer Blindleistungskompensation!

7. Blindleistungskompensation:

Q_L und Q_C sind entgegengerichtet

→ bei induktiver Blindleistung \rightsquigarrow Kompensation durch Kondensatoren u. umgekehrt $Q_L = -Q_C$, $Q_C = -Q_L$

→ kapazitive Zweipole bei induktiver Blindleistung

→ induktive Zweipole bei kapazitiver Blindleistung

→ rotierende elektrische Maschinen (Synchronmaschinen) mit entsprechender Phasenverschiebung zwischen U und I

4.07.01 8. Kondensator batterie in Dreieckschaltung

geg.: $P_b = 1,1 \text{ kW}$, $U_b = 380 \text{ V}$, $I_b = 2,8 \text{ A}$, $\cos \varphi_b = 0,78$

$N_b = 1410 \text{ min}^{-1}$

geg.: $\cos \varphi_b = \frac{P}{S}$ $P = U_b \cdot I_b = 1,064 \text{ kW}$

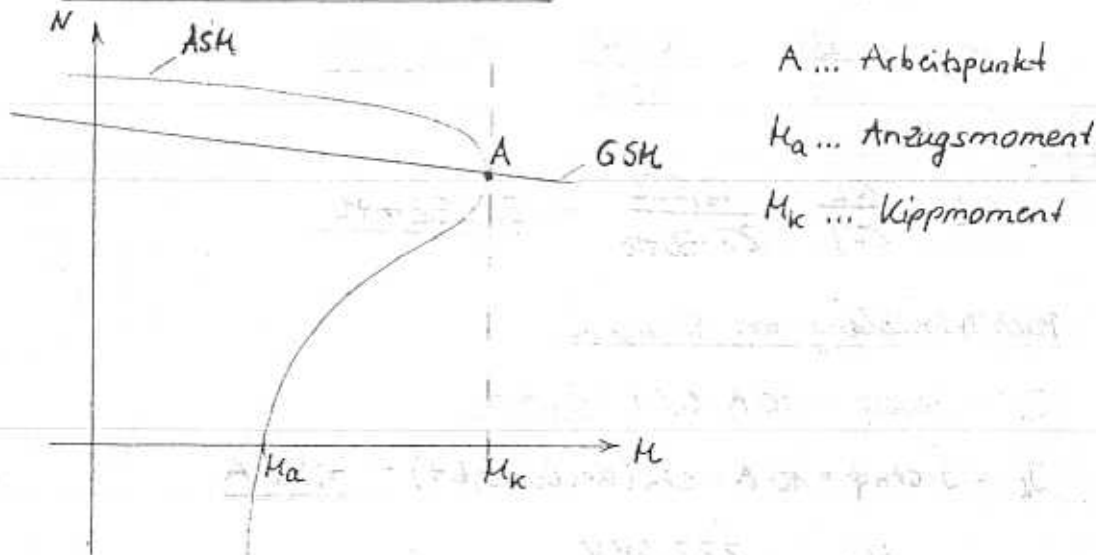
$Q_{ASH} = U_b \cdot I_b \cdot \sin \varphi_b \cdot \sqrt{3}$

$= 380 \text{ V} \cdot 2,8 \text{ A} \cdot \sin(\arccos 0,78) \cdot \sqrt{3}$

$= 1153,25 \text{ var} = |Q_c|$

$C = \frac{|Q_c|}{3U_b^2 \cdot 2\pi f} = \frac{1153,25 \text{ var}}{3 \cdot (380 \text{ V})^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 8,47 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

$C = 8,47 \mu\text{F}$

9. N-H-Kennlinie einer DAM

→ A als Arbeitspunkt bei Synchronbetrieb beider Antriebsmaschinen

$(N_{ASH} = N_{GSH}, H_{ASH} = H_{GSH})$

→ Belastungsänderung: → Drehzahlstellung $N = \frac{U_a}{2\pi \cdot K_n \cdot \Phi_n} - \frac{R_A \cdot K_i}{2\pi (K_n \Phi_n)^2}$

mittels: - Änderung der Ankerspannung U_a
 - Änderung des Ankerwiderstands R_A , Zusatzwin www.zeyz.de
 - Änderung des Erregerflusses Φ_n

10. Symmetrische Drehstromverbraucher

Geg.: $U_L = 385 \text{ V}$, $J_L = 10 \text{ A}$, $P = 4,5 \text{ kW}$

Ges.: Drehstrom-Scheinleistung S
 Drehstrom-Blindleistung Q
 Leistungsfaktor des Verbrauchers $\cos \varphi$

Los: $S = \sqrt{3} U_L J_L = \sqrt{3} \cdot 385 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = \underline{6,67 \text{ kVA}}$

$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{6670^2 - 4500^2} = \underline{4,92 \text{ kVar}}$

$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{4500}{6670} = \underline{0,67}$

$J = J_L = 10 \text{ A}$, $U = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \underline{222,28 \text{ V}}$

Reihenschaltung aus R und L

$U_R = U \cdot \cos \varphi = 222,28 \text{ V} \cdot 0,67 = \underline{148,93 \text{ V}}$

$U_L = U \cdot \sin \varphi = 222,28 \text{ V} \cdot \sin(\arccos 0,67) = \underline{165,01 \text{ V}}$

$R = \frac{U_R}{J} = \frac{148,93 \text{ V}}{10 \text{ A}} = \underline{14,89 \Omega}$

$X_L = \frac{U_L}{J} = \frac{165,01 \text{ V}}{10 \text{ A}} = \underline{16,5 \Omega}$

$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{16,5 \Omega}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = \underline{52,52 \text{ mH}}$

Parallelschaltung von R und L

$J_R = J \cdot \cos \varphi = 10 \text{ A} \cdot 0,67 = \underline{6,7 \text{ A}}$

$J_L = J \cdot \sin \varphi = 10 \text{ A} \cdot \sin(\arccos 0,67) = \underline{7,42 \text{ A}}$

$R = \frac{U}{J_R} = \frac{222,28 \text{ V}}{6,7 \text{ A}} = \underline{33,18 \Omega}$

$X_L = \frac{U}{J_L} = \frac{222,28 \text{ V}}{7,42 \text{ A}} = \underline{29,96 \Omega}$

$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{29,96 \Omega}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = \underline{95,36 \text{ mH}}$

11. Verlustleistung in Wärme umgesetzt $\hat{=}$ Wirkleistung
 $\hat{=}$ Leistung am Widerstand

Zu 4.:

- Reihenschaltung von R und L: $P_V = I^2 \cdot R = (22,99 \text{ A})^2 \cdot 10 \Omega = \underline{5,29 \text{ kW}}$
- Reihenschaltung von R und C: $P_V = I^2 \cdot R = (23,0 \text{ A})^2 \cdot 10 \Omega = \underline{5,29 \text{ kW}}$
- Parallelschaltung von R und C: $P_V = \frac{U^2}{R} = \frac{(230 \text{ V})^2}{10 \Omega} = \underline{5,29 \text{ kW}}$
- Reihenschaltung von R, L und C: $P_V = I^2 \cdot R = (22,99 \text{ A})^2 \cdot 10 \Omega = \underline{5,29 \text{ kW}}$

Zu 10.:

- Reihenschaltung von R und L: $P_V = I^2 \cdot R = (10 \text{ A})^2 \cdot 14,89 \Omega = \underline{1,49 \text{ kW}}$
- Parallelschaltung von R und L: $P_V = \frac{U^2}{R} = \frac{(222,28 \text{ V})^2}{33,18 \Omega} = \underline{1,49 \text{ kW}}$

1. Strosschaltung eines Widerstandes und Kondensators am Drehstromnetz

- Darin sollen sein
- Spannungmeßgerät
 - Strommeßgerät
 - Wirkleistungsmißgerät
 - Verbraucherstromstärke

2. Zeigerbild davon (ist Parallelschaltung)

3. Kennlinie einer Asynchronmaschine

- Gleichstrommotor
- und beide gemischt

(d.h. das eine treibt das andere an oder so ähnlich)

4. Möglichkeiten zur Drehzahlsteuerung