

Arbeitsblätter und Aufgaben

Informationsband

Wechsel- und Drehstromsystem

Erzeugung beschreiben, Grundgrößen erläutern und damit rechnen, Zeiger- und Linienbilder zeichnen.

- Sinuslinien und Zeigerdiagramme
- Reihenschaltung RL
- Reihenschaltung RLC
- Parallelschaltung RC
- Parallelschaltung RLC
- Symmetrisch belastetes Drehstromsystem
- Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem
- Wechselspannung und Wechselstrom

- Sinuslinien und Zeigerdiagramme
- Phasenverschiebung
- Zeigerdiagramme der Reihenschaltung
- Zeigerdiagramme der Parallelschaltung
- Drehstromsystem – Sternschaltung
- Drehstromsystem – Dreieckschaltung

Vertieft in Lernfeld 6

Netzsysteme und Schutzmaßnahmen

Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag nach DIN VDE 0100 Teil 410 erläutern und Anwendungen zuordnen.

Überstrom- und Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) fachgerecht auswählen.

Bestimmungen für die Erstprüfung nach DIN VDE 0100 Teil 600 nennen. Mess- und Prüfgeräte für Messungen nach DIN VDE 0100 Teil 600 (Erstprüfungen), DIN VDE 0105 (Wiederholungsprüfungen, E-Check), DIN EN 50678 (VDE 0701) (Allgemeines Verfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen von Elektrogeräten nach der Reparatur) und DIN EN 50699 (VDE 0702) (Wiederholungsprüfung für elektrische Geräte) anwenden und interpretieren. Prüfprotokolle erstellen.

- Schutz durch Abschalten mit Überstrom-Schutzeinrichtungen
- Schutz durch Abschalten im TT-System
- Netzsysteme und RCDs
- Schutz durch Abschalten mit RCD
- Differenzstromgeräte
- Systemunabhängige Schutzmaßnahmen
- Schutzklassen und Schutzarten

- Netzsysteme und Schutzmaßnahmen
- Intelligente Stromnetze
- Doppelte oder verstärkte Isolierung und Schutztrennung
- Kleinspannungen
- Schutz durch Abschaltung mit Überstrom-Schutzeinrichtung
- Schutz durch Abschaltung mit RCD
- Schutzklassen und Schutzarten

Vertieft in Lernfeld 6

Schalt- und Verteilungsanlagen

Betriebsmittel in Hauptverteilungen und Unterverteilungen beschreiben und dimensionieren.

- Hausanschluss und Schutzpotenzialausgleich
- Hauptstromversorgung
- Stromkreisverteiler, Unterverteilung

- Hausanschluss und Potenzialausgleich
- Hauptstromversorgungssystem und Zählerplätze
- Stromkreisverteiler (Unterverteilung)

Transformator

Aufbau beschreiben, Transformatorprinzip erläutern.

- Transformator

- Transformator – Aufbau und Funktion
- Kleintransformatoren und Drehstromtransformatoren
- Messwandler

Vertieft in Lernfeld 11

Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren

(designing the electrical power supply and safety of electrical equipment and appliances)



Projektbeschreibung

In einem Elektrofachbetrieb für Energie-, Gebäude- und Automatisierungstechnik werden Sie in der Abteilung Elektroinstallation eingesetzt. Sie erhalten den Auftrag, die Elektroenergieversorgung für Betriebsmittel und Anlagen zu planen und durchzuführen.

Dazu müssen Sie Anlagen unter Berücksichtigung von Netzsystemen und fachlichen Vorschriften dimensionieren. Bei der Errichtung, Inbetriebnahme und Instandhaltung der Elektroenergieversorgung müssen die einschlägigen Regeln zum Schutz gegen elektrischen Schlag, zum Arbeitsschutz und zur Unfallverhütung eingehalten werden.

Für die zu errichtenden Anlagen sind folgende Rahmenbedingungen vorgegeben:

- Schutzpotenzialausgleich im Hausanschlussraum (► Bild 1),
- Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen (► Bild 2),
- Schutz durch Abschaltung mittels RCD (► Bild 3),
- biologische Elektroinstallation und der Einbau von Netzabkoppeln in bestimmten Räumen,
- Einbau von Stromkreisverteilern.

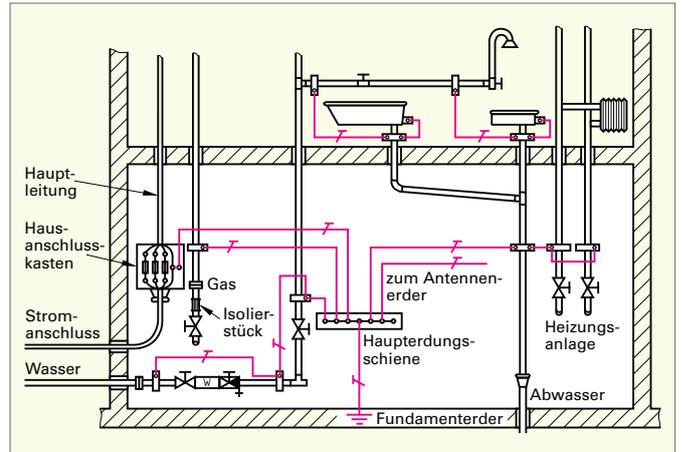


Bild 1: Schutzpotenzialausgleich

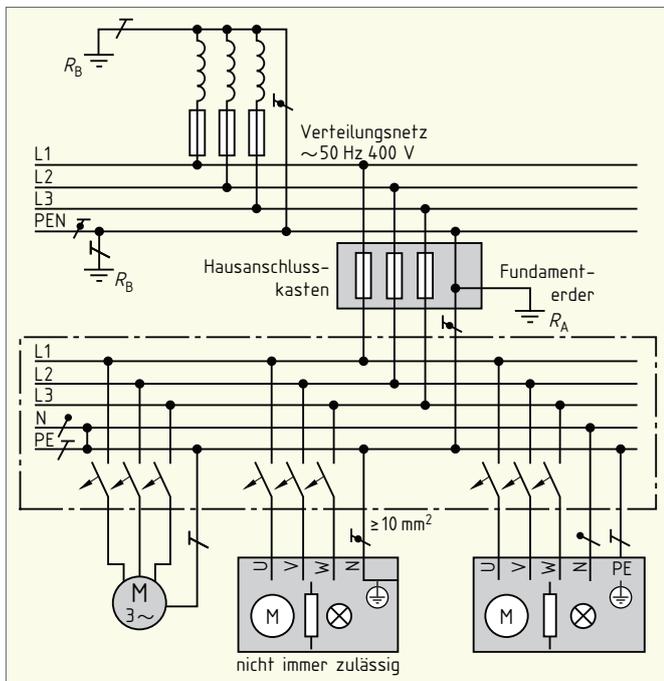


Bild 2: Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen im TN-System

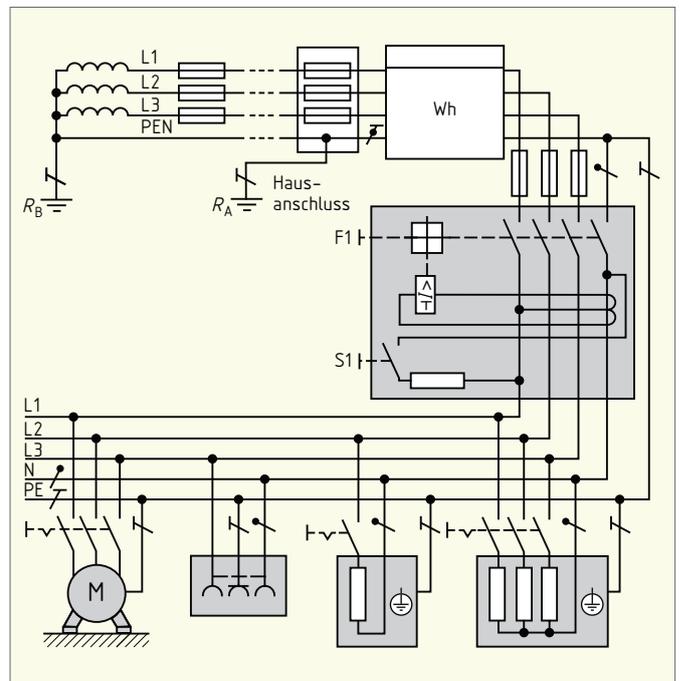


Bild 3: Schutz durch Abschaltung mittels RCD im TN-System

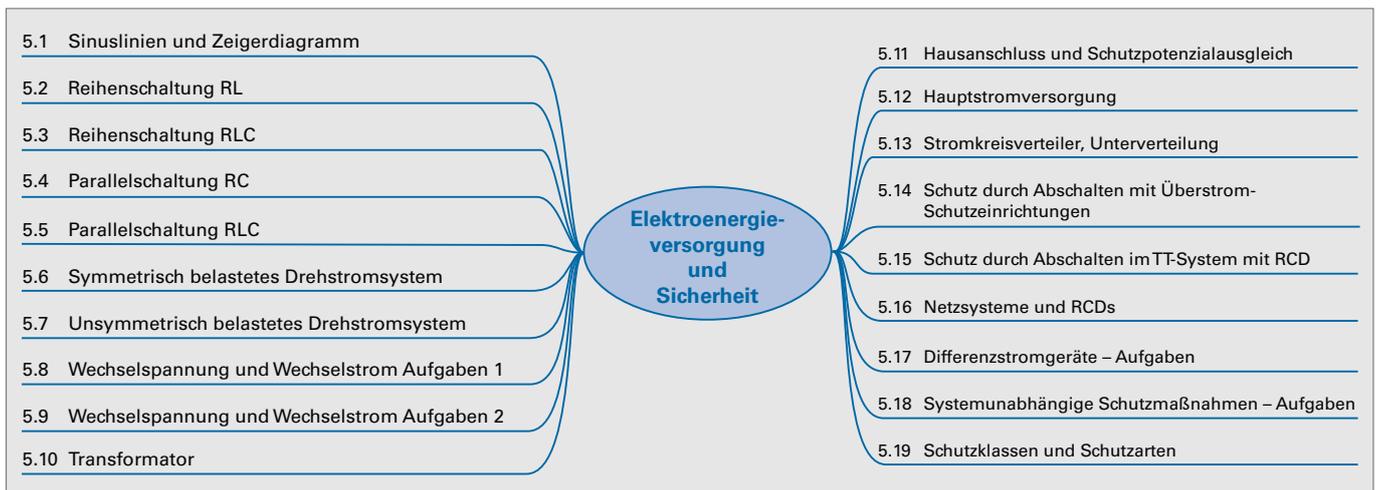
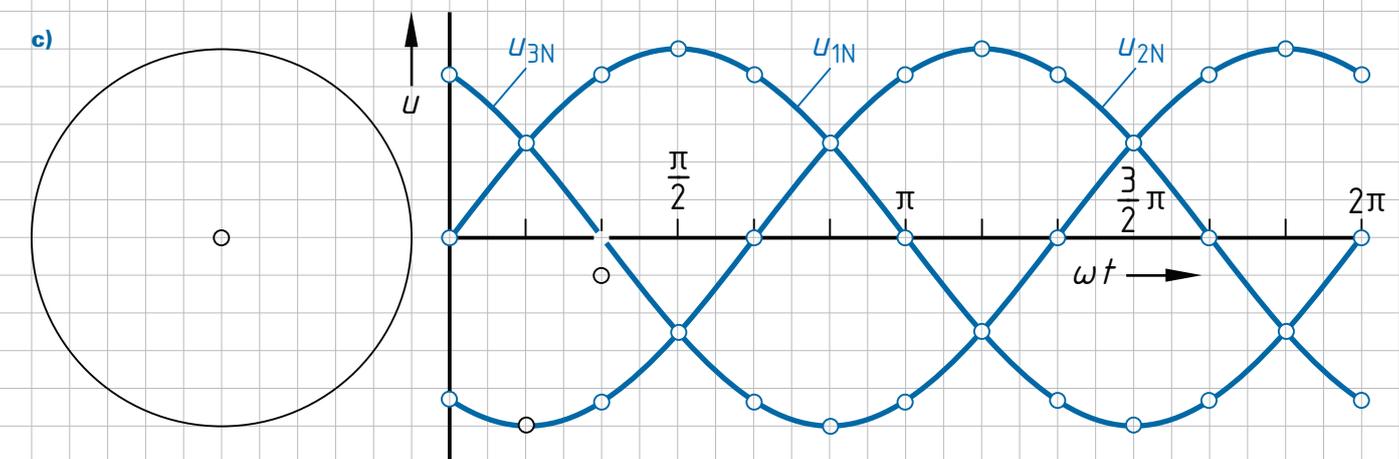
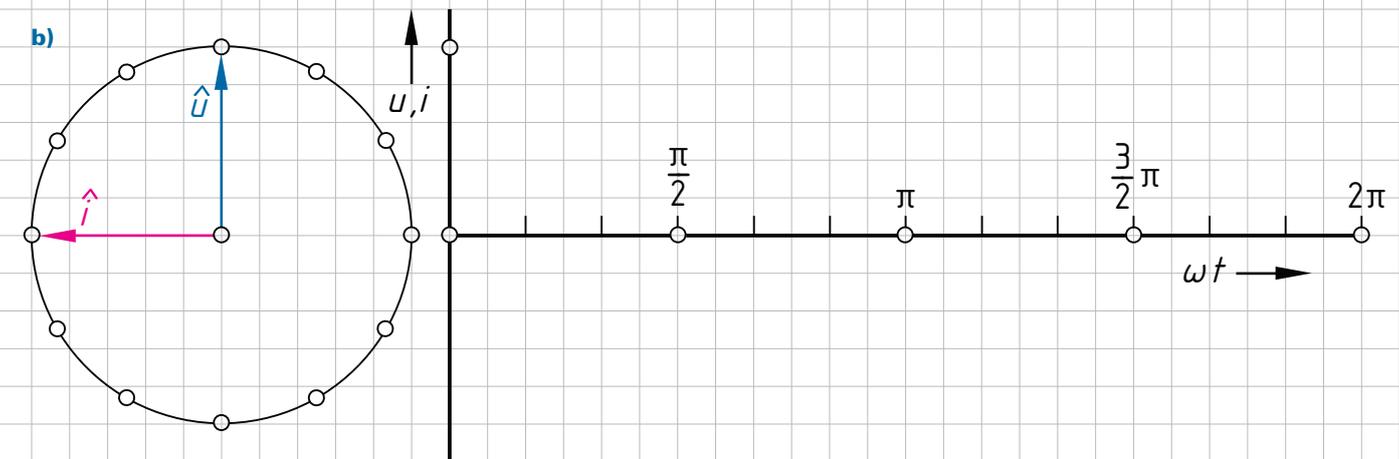
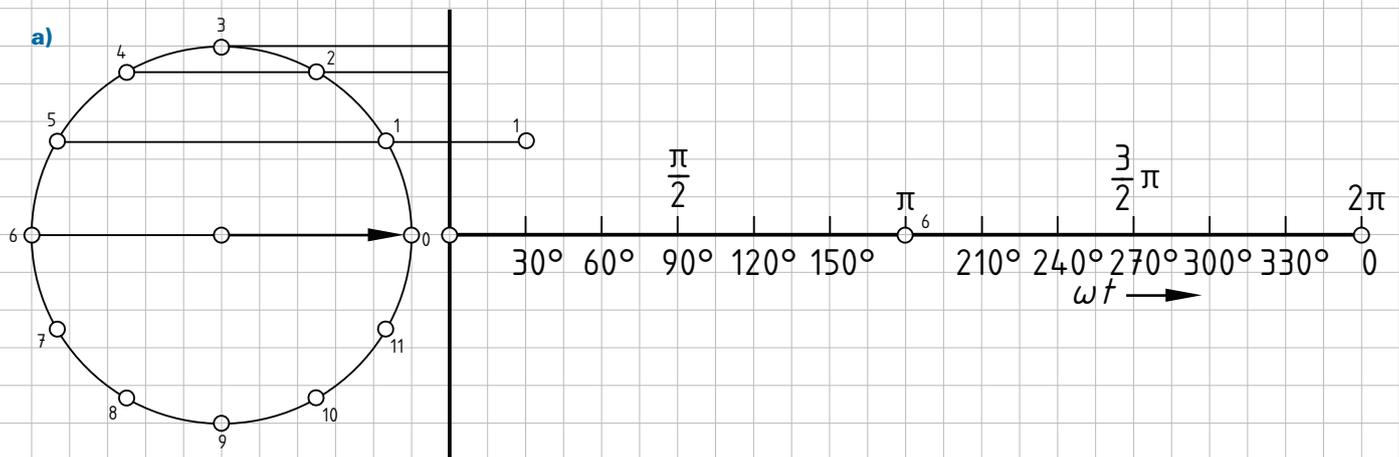


Bild 4: Elektroenergieversorgung und Sicherheit

5.1 Sinuslinien und Zeigerdiagramm

(sine curves and phasors)

- a) Vervollständigen Sie die Sinuslinie mithilfe des rotierenden Zeigers unter Verwendung des zwölfgeteilten Kreises. Nummerieren Sie im Linienbild die Punkte und tragen Sie alle waagerechten Projektionslinien ein.
- b) Konstruieren Sie zum Zeiger i die Sinuslinie wie bei a), jedoch ohne Nummerierung der Punkte und ohne Projektionslinien. Konstruieren Sie dann zum Zeiger u die zugehörige Sinuslinie.
- c) Die drei Sinuslinien stellen die Spannungen eines Drehstromsystems dar. Konstruieren Sie die zugehörigen Zeiger und schreiben Sie die Spannungsangabe zu jedem Zeiger.



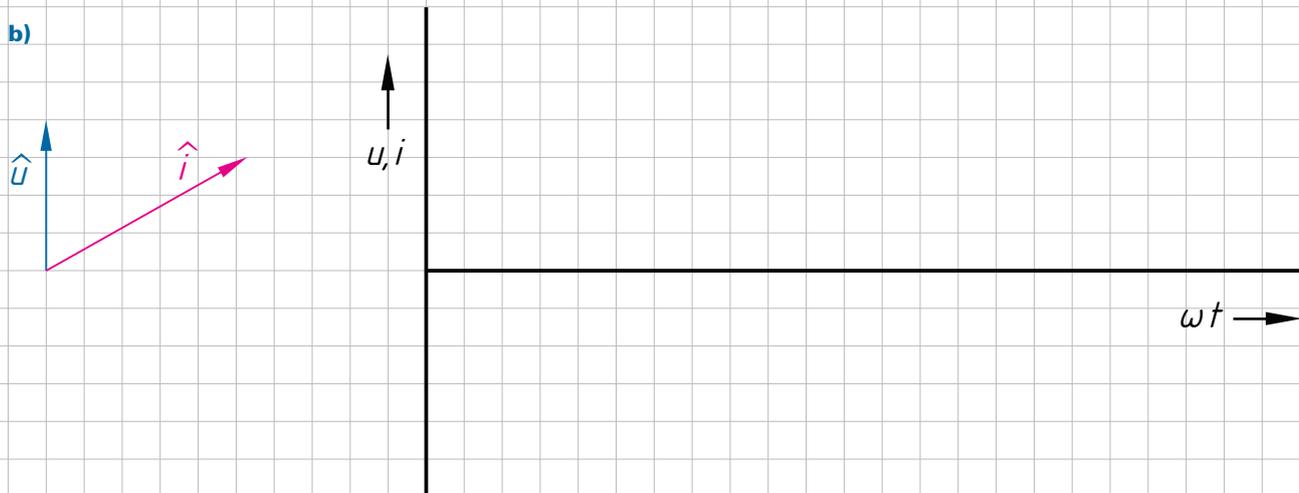
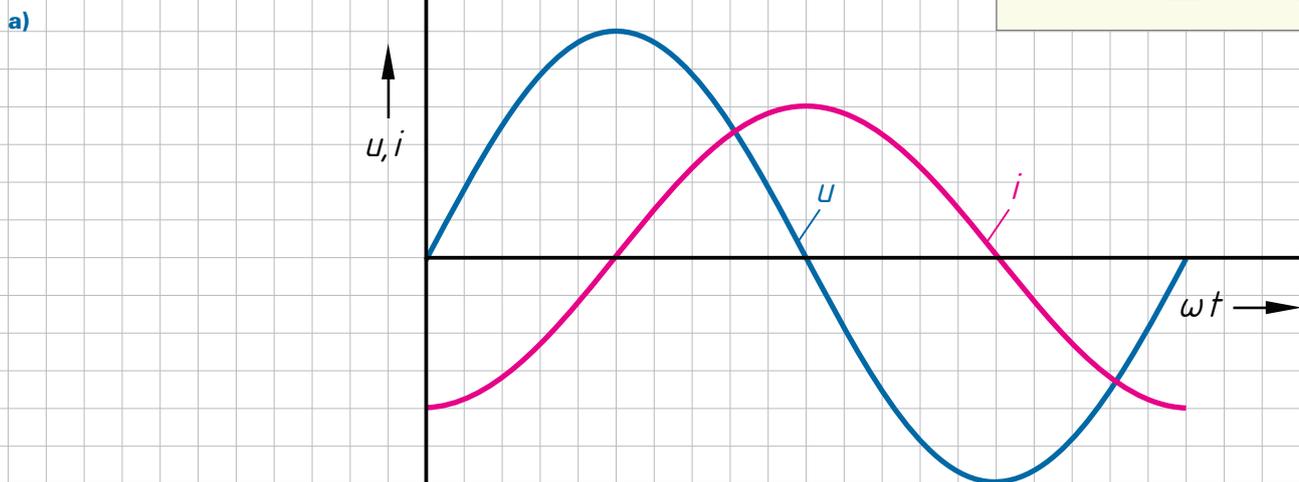
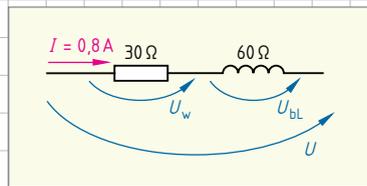
| | | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|
| | Schule: _____ | Klasse: _____ | Datum: _____ | Gezeichnet: _____ | Geprüft: _____ |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|

5.2 Reihenschaltung RL

(series connection of RL)



- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- b) Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- c) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.



c)

| | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Spannungs- dreieck 1cm ≙ 10V | Widerstands- dreieck 1cm ≙ 10Ω | Leistungs- dreieck 1cm ≙ 10W |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|

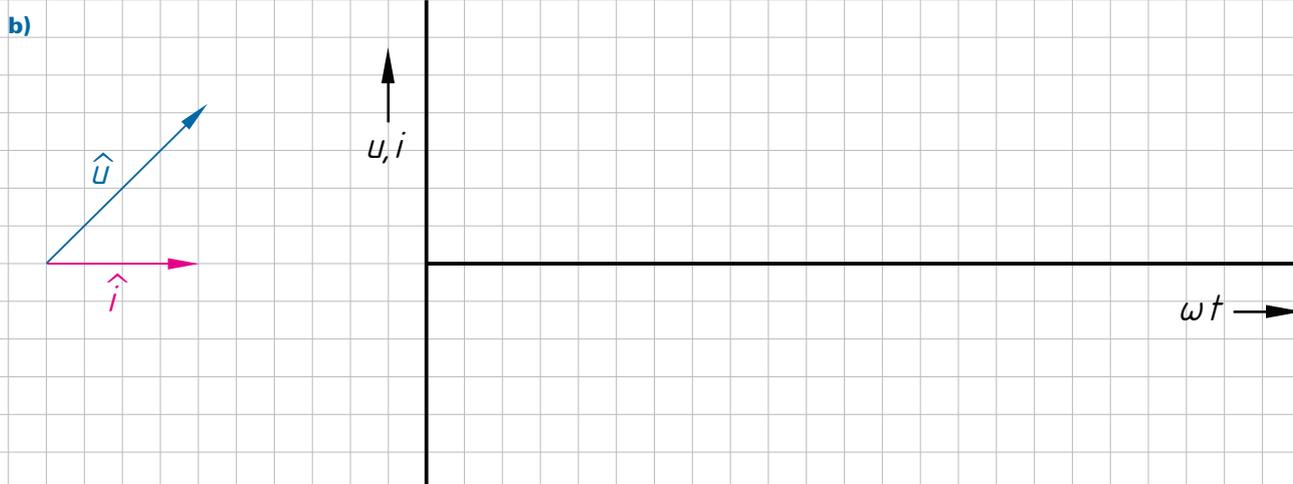
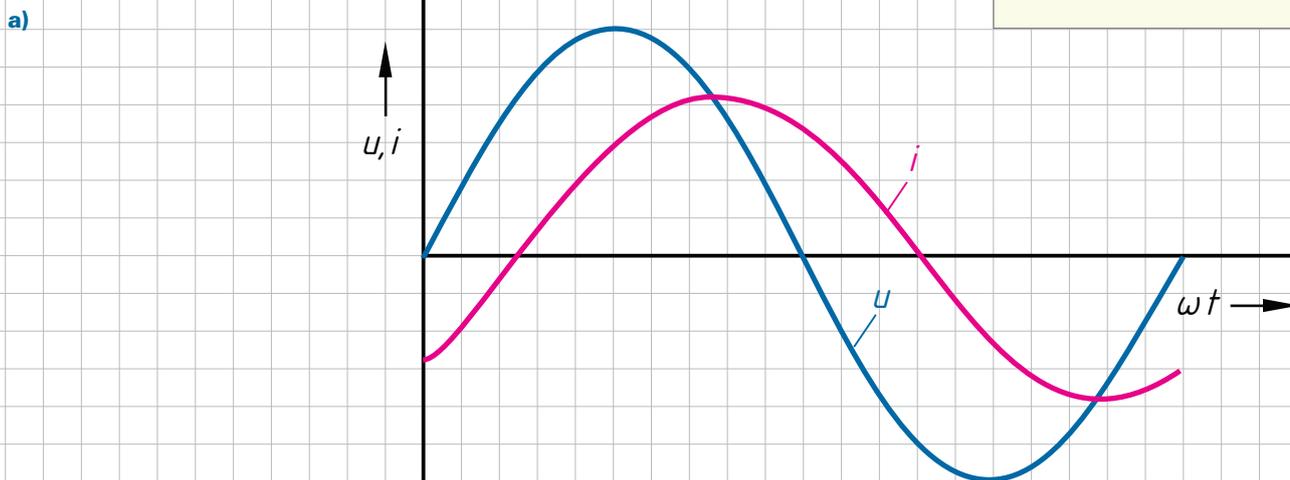
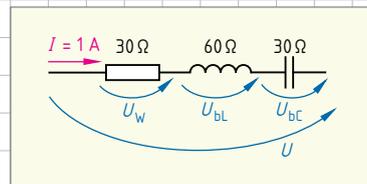


| | | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|
| | Schule: _____ | Klasse: _____ | Datum: _____ | Gezeichnet: _____ | Geprüft: _____ |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|

5.3 Reihenschaltung RLC

(series connection of RLC)

- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- b) Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- c) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.



- c)
- | | | |
|--|--|--|
| Spannungs- dreieck 1cm $\hat{=}$ 10V | Widerstands- dreieck 1cm $\hat{=}$ 10Ω | Leistungs- dreieck 1cm $\hat{=}$ 10W |
|--|--|--|

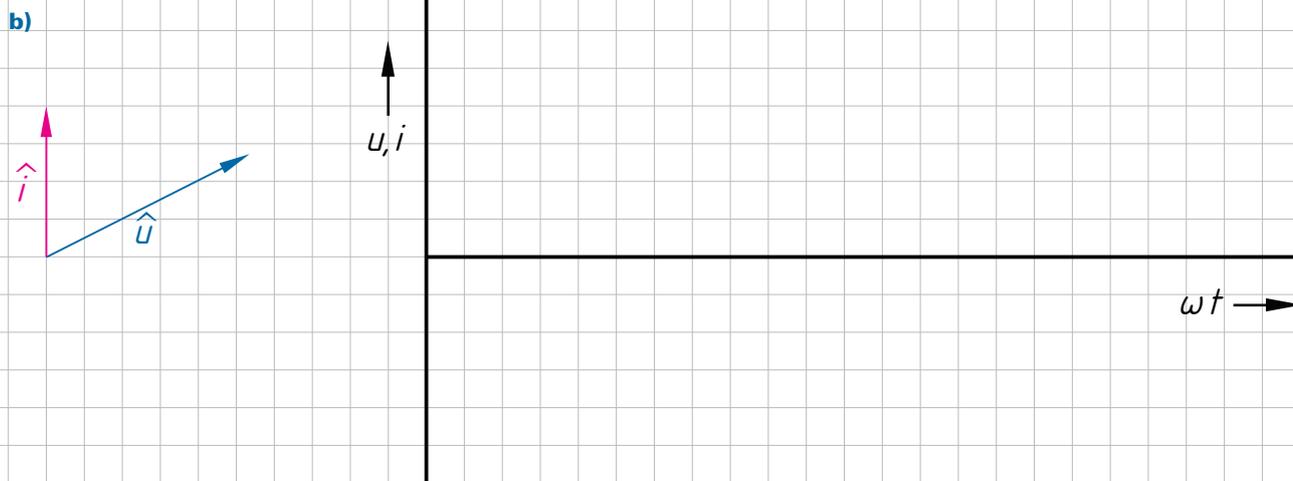
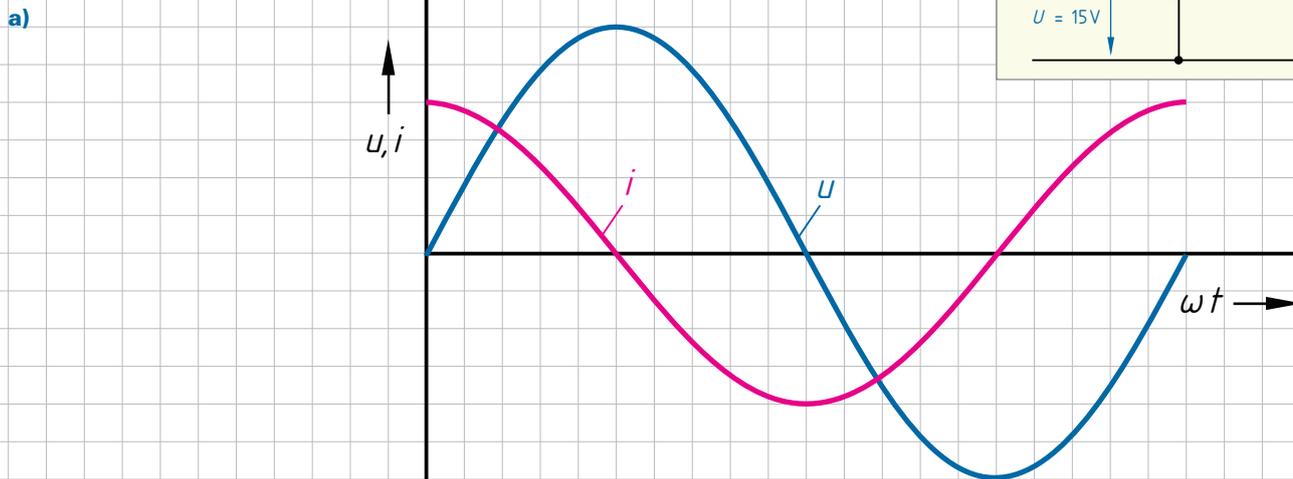
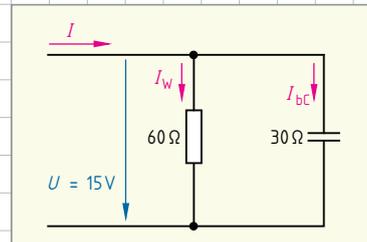


| | | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|
| | Schule: _____ | Klasse: _____ | Datum: _____ | Gezeichnet: _____ | Geprüft: _____ |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|

5.4 Parallelschaltung RC

(parallel connection of RC)

- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- b) Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- c) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.



- c)
- | | | |
|---|--|--|
| Strom- dreieck 1cm $\hat{=}$ 100 mA | Leitwert- dreieck 1cm $\hat{=}$ 6,6 mS | Leistungs- dreieck 1cm $\hat{=}$ 1,5 W |
|---|--|--|



Schule: _____

Klasse: _____

Datum: _____

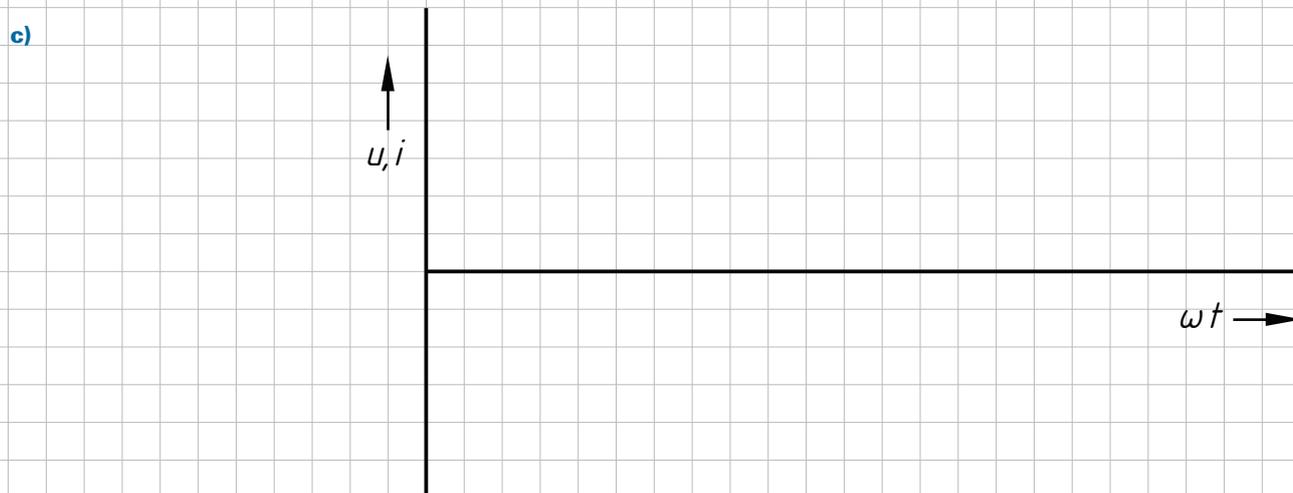
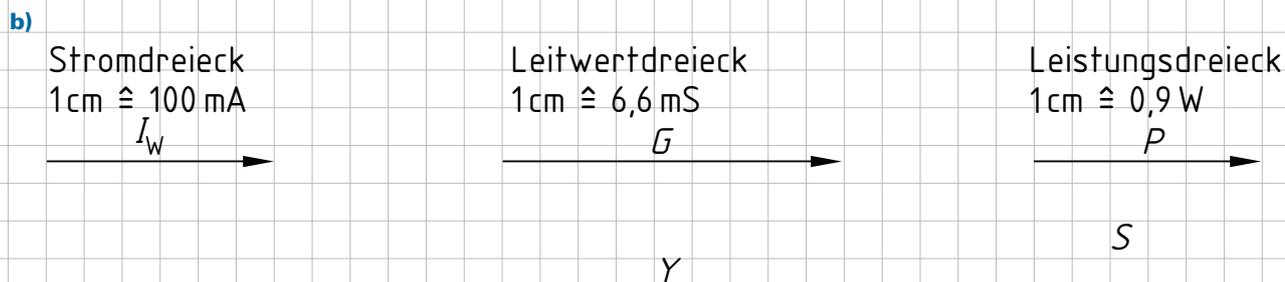
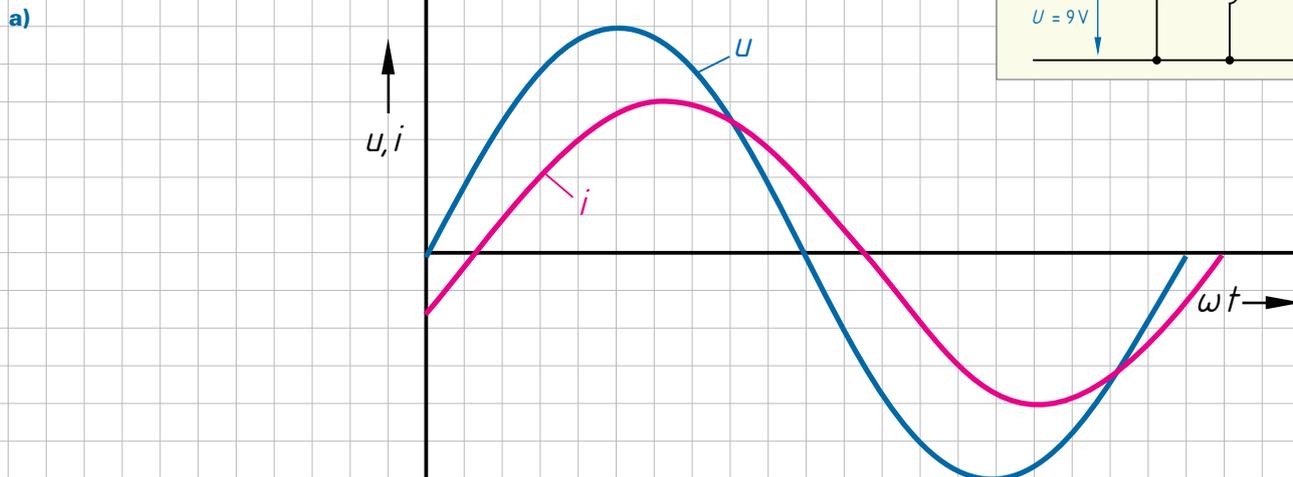
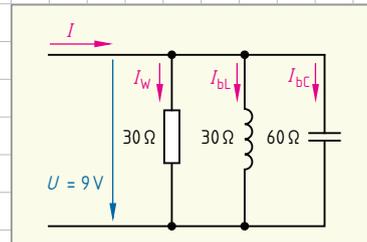
Gezeichnet: _____

Gepflegt: _____

5.5 Parallelschaltung RLC

(parallel connection of RLC)

- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm für nebenstehende Schaltung.
- b) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.
- c) Konstruieren Sie für eine Parallelschaltung mit $R = 30 \Omega$, $X_L = 60 \Omega$, $X_C = 30 \Omega$ das Liniendiagramm für u und i sowie die Lage der Zeiger.



| | | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|
| | Schule: _____ | Klasse: _____ | Datum: _____ | Gezeichnet: _____ | Geprüft: _____ |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------------|----------------|

5.6 Symmetrisch belastetes Drehstromsystem

(symmetrically loaded three-phase system)

- In der Reparaturwerkstatt ist ein Drehstrommotor in Sternschaltung an das 400/230-V-Netz angeschlossen (► Bild 1). In jedem Außenleiter fließt ein Strom von 7,25 A bei einem Wirkfaktor von $\cos \varphi = 0,8$. Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme und das Stromdreieck.
- In dem Elektrofachbetrieb wird das warme Wasser im Waschraum mit einem Durchlauferhitzer erwärmt. Die Heizwiderstände des Durchlauferhitzers sind in Dreieckschaltung an das Drehstromnetz 400/230 V angeschlossen (► Bild 2). Jeder Heizwiderstand hat einen Wert von $26,7 \Omega$.
 - Berechnen Sie die Strangströme I_{12} , I_{23} und I_{31} .
 - Zeichnen Sie die Zeigerbilder der Strangströme und ermitteln Sie daraus die Außenleiterströme I_1 , I_2 und I_3 .

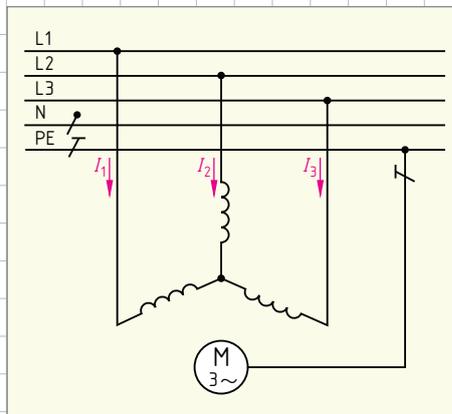


Bild 1: Drehstrommotor in Sternschaltung

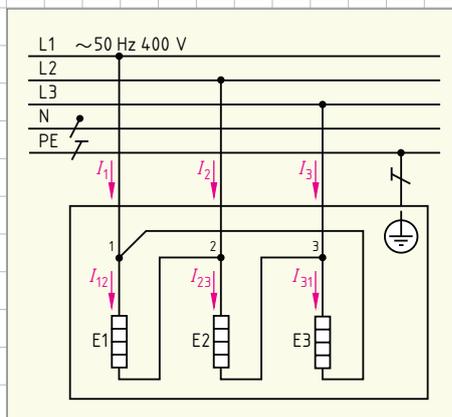


Bild 2: Schaltung der Heizwiderstände im Durchlauferhitzer

1. Drehstrommotor

$\cos \varphi = 0,8$
 $\varphi_1 =$

1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 2 A



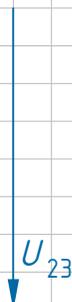
2. Durchlauferhitzer

a)

$I_{12} =$

b) Zeigerbild

1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 5 A



$I_1 =$



Schule: _____ Klasse: _____ Datum: _____ Gezeichnet: _____ Geprüft: _____

5.7 Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem

(asymmetrically loaded three-phase system)

- In der Küche eines Elektrofachbetriebes befindet sich ein Elektroherd mit vier Schnellkochplatten. Über Siebentaktschalter sind davon drei Kochplatten in unterschiedlichen Schaltstufen eingeschaltet (► Bild 1):
 Kochplatte E1 (Ø 145 mm) in Stufe 6.
 Kochplatte E2 (Ø 180 mm) in Stufe 4.
 Kochplatte E3 (Ø 180 mm) in Stufe 6.
 a) Ermitteln Sie mithilfe des Tabellenbuches Elektrotechnik bzw. des Internets die Leistungen der Kochplatten in den jeweiligen Schaltstufen.
 b) Berechnen Sie die Ströme in den Kochplatten.
 c) Ermitteln Sie mittels Zeigerbilder den Strom im Neutralleiter.
- In der Reparaturabteilung des Elektrofachbetriebes sind folgende Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz angeschlossen (► Bild 2):
 Ein Heizofen E1 mit einer Stromaufnahme von 9,1 A. Ein Wechselstrommotor M1, der bei einem $\cos \varphi = 0,86$ einen Strom von 8 A aufnimmt. Ein Wechselstrommotor M2, der bei einem $\cos \varphi = 0,75$ einen Strom von 6,5 A aufnimmt. Ermitteln Sie mittels Zeigerbilder den Strom im Neutralleiter.

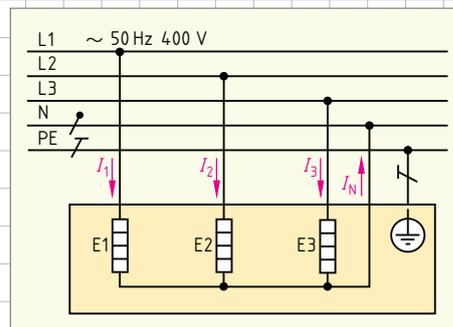


Bild 1: Eingeschaltete Kochplatten im Elektroherd

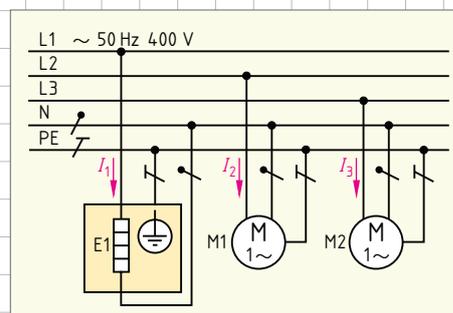


Bild 2: Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz

1. Elektroherd

a) Leistungen an den Kochplatten

$P_{E1} =$

b) Berechnung der Ströme

$I_1 =$

c) Zeigerbilder

1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 2 A



$I_N =$

2. Verbraucher in Sternschaltung

$\cos \varphi_{M1} =$
 $\cos \varphi_{M2} =$

1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 2 A



$I_N =$



Schule: _____ Klasse: _____ Datum: _____ Gezeichnet: _____ Geprüft: _____

5.8 Wechselspannung und Wechselstrom (alternating voltage and alternating current)

1. Liniendiagramme (line charts)

In einem Messlabor wurden von einfachen Wechselstromkreisen mit einem XY-Schreiber Ströme und Spannungen als Liniendiagramme aufgezeichnet (► Bild 1).

- Zeichnen Sie zu den Liniendiagrammen ① bis ⑤ die Zeigerdiagramme mit $\hat{i} = 2 \text{ mA}$ und $\hat{u} = 42 \text{ V}$ (Maßstab: $1 \text{ mA} \triangleq 1 \text{ cm}$; $10 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$).
- Welche einfachen passiven Bauelemente befinden sich möglicherweise in den fünf Wechselstromkreisen mit den Liniendiagrammen ① bis ⑤?
- Zeichnen Sie die Schaltungen dieser möglichen Wechselstromkreise.

2. Leuchtstofflampenschaltungen (fluorescent lamp circuits)

Leuchtstofflampen benötigen zur Strombegrenzung und Zündspannungserzeugung eine Drossel als Vorschaltgerät.

In der Leuchtstofflampenschaltung (► Bild 2) beträgt die Spannung an der Lampe U_{Lampe} nach dem Zünden 64 V , an der Drossel fällt eine Spannung von 221 V ab. Dabei fließt ein Strom I von $0,4 \text{ A}$. Die Drossel wird in dieser Schaltung als verlustlose Spule betrachtet. Die Spannungs- und Stromangaben sind Effektivwerte.

(Maßstab: $60^\circ \triangleq 1 \text{ cm}$; $60 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$; $0,2 \text{ A} \triangleq 1 \text{ cm}$; $100 \Omega \triangleq 1 \text{ cm}$; $10 \text{ W} = 10 \text{ VA} \triangleq 10 \text{ var} \triangleq 1 \text{ cm}$)

- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für die Effektivwerte der Spannungen. Messen Sie aus dem Zeigerdiagramm den Phasenverschiebungswinkel φ und ermitteln Sie den Wirkfaktor $\cos \varphi$.
- Erstellen Sie das Liniendiagramm für den Strom, die beiden Teilspannungen sowie für die Gesamtspannung und zeichnen Sie den Phasenverschiebungswinkel φ ein.
- Berechnen Sie den Wirkwiderstand R und den Blindwiderstand X_L . Zeichnen Sie mit diesen Angaben das Widerstandsdreieck und ermitteln Sie zeichnerisch daraus die Größe des Scheinwiderstandes Z .
- Errechnen Sie die Blindleistung Q_L und die Wirkleistung P . Zeichnen Sie damit ein Leistungsdreieck und ermitteln Sie hieraus zeichnerisch die Scheinleistung S .
- Induktive Blindleistungen können durch kapazitive Blindleistungen kompensiert werden. Damit keine Resonanzerscheinungen auftreten, wird nicht bis zum Wert $\cos \varphi = 1$ kompensiert. In diesem Beispiel soll die Anlage auf $\cos \varphi_2 = 0,95$ kompensiert werden. Zeichnen Sie in das Leistungsdreieck den Phasenverschiebungswinkel φ_2 ein und ermitteln Sie daraus zeichnerisch die notwendige Blindleistung eines Kompensationskondensators.
- Errechnen Sie aus der kapazitiven Blindleistung die Kapazität des Kompensationskondensators bei Parallelkompensation. Der Kondensator wird als verlustlos betrachtet.
- Zur Verminderung des Stroboskopeffektes verwendet man häufig die Duoschaltung. Bei zwei Leuchtstofflampen mit gleicher Leistung wird in einen Lampenzweig ein Reihen-kondensator von $3,6 \mu\text{F}$ geschaltet. Zeichnen Sie das Widerstandsdreieck. Ermitteln Sie für den kapazitiven Zweig zeichnerisch die Größe des Gesamtwiderstandes Z_{kap} und des Phasenverschiebungswinkels φ_{kap} .
- Welche Änderungen muss man in der Leuchtstofflampenschaltung (► Bild 2) vornehmen, wenn man die Anlage auf LED-Röhren umrüstet?

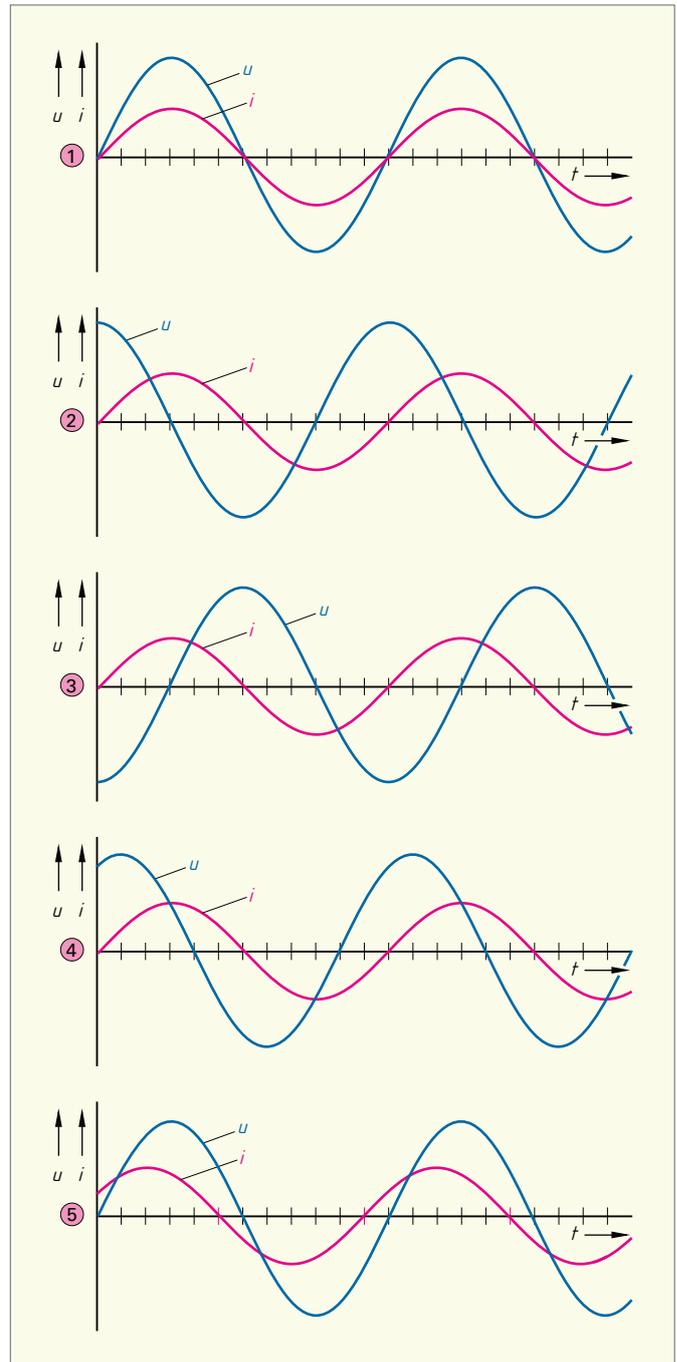


Bild 1: Liniendiagramme

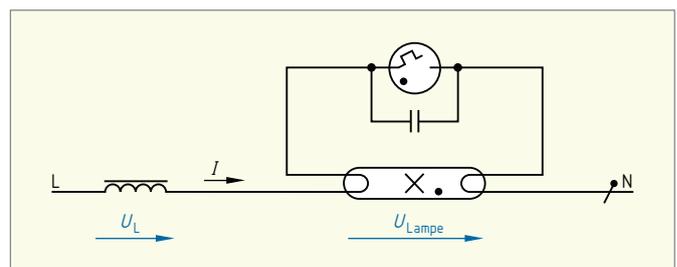


Bild 2: Leuchtstofflampenschaltung

5.9 Wechselfeldspannung und Wechselstrom

(alternating voltage and alternating current)

1. Versuchsschaltung

(experimental circuit)

Zur Ermittlung des Wirkwiderstandes R und der Induktivität L einer Spule wird diese mit einem Widerstand $R_1 = 60 \Omega$ in Reihe geschaltet und an eine Wechselfeldspannung $U = 50 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$ angeschlossen (► Bild 1). Folgende Spannungen werden in der Schaltung gemessen: $U_1 = 15 \text{ V}$; $U_2 = 40 \text{ V}$.

- Ermitteln Sie mit einem Spannungsdreieck U_W und U_{bL} . (Maßstab: $10 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$)
- Berechnen Sie den Widerstand R und die Induktivität L .

2. Durchlauferhitzer

(instantaneous water heater)

Um die Leitungen und das Netz gleichmäßig zu belasten, werden die drei Heizwiderstände eines Durchlauferhitzers, wie in ► Bild 2 dargestellt, an das Drehstromnetz 230/400 V angeschlossen.

- Wie nennt man diese Art von Schaltung?
- Berechnen Sie die Strangströme I_{Str} .
- Zeichnen Sie das Zeigerbild für diese Ströme. (Maßstab: $5 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$)
- Ermitteln Sie zeichnerisch den Leiterstrom I_L .
- Wie groß ist der Verkettungsfaktor zwischen Strangstrom und Leiterstrom?

3. Lichterketten

(fairy lights)

Drei Lichterketten mit jeweils fünfzig Glühlampen zu je 40 W waren wegen der gleichmäßigen Netzbelastung an das Drehstromnetz 230/400 V angeschlossen (► Bild 3). Die Lichterketten sollen weiterverwendet werden. Allerdings werden sämtliche Glühlampen durch LED-Lampen mit jeweils $5,5 \text{ W}$ ersetzt.

- Wie nennt man diese Art von Schaltung?
- Errechnen Sie die Ströme in den Außenleitern und zeichnen Sie mit diesen Angaben das Liniendiagramm. (Maßstab: $60^\circ \hat{=} 1 \text{ cm}$; $0,5 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$)
- Ermitteln Sie aus dem Liniendiagramm die Augenblickswerte der Ströme bei $\alpha = 90^\circ$ und bei $\alpha = 180^\circ$.
- Welche Erkenntnis ergibt sich bei Addition dieser Stromwerte?
- Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme und das Stromdreieck.
- Wie nennt man diese Art der Belastung?

4. Elektroherd

(electric cooker)

Ein Elektroherd wird bei Neuanlagen an das Drehstromnetz 230/400 V angeschlossen (► Bild 4). (Maßstab: $2 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$)

- Ermitteln Sie die Ströme in den Außenleitern, wenn sämtliche Kochplatten und der Backofen eingeschaltet sind.
- Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme in den Außenleitern.
- Ermitteln Sie zeichnerisch den Strom im Neutralleiter.
- Wie nennt man diese Art von Belastung?

5. Zeigerdreiecke

(phasor triangles)

Nach Messungen an verschiedenen Schaltungen mit unterschiedlichen Spulen, Kondensatoren und Widerständen wurden die Zeigerdreiecke in ► Bild 5 erstellt.

- Zeichnen Sie die Schaltungen, die den Zeigerdreiecken ① bis ③ und ④ bis ⑥ zugrunde liegen.
- Beschreiben Sie das Verhalten von Spannung und Strom in den einzelnen Zeigerdreiecken.

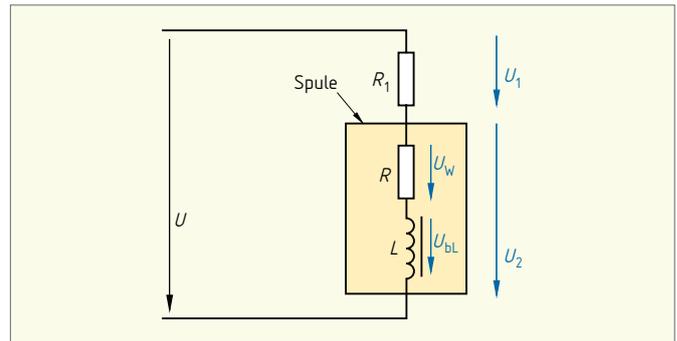


Bild 1: Versuchsschaltung

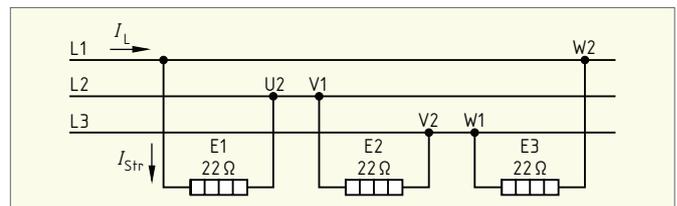


Bild 2: Durchlauferhitzer

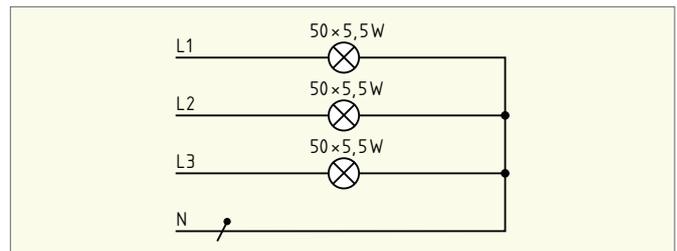


Bild 3: Lichterketten

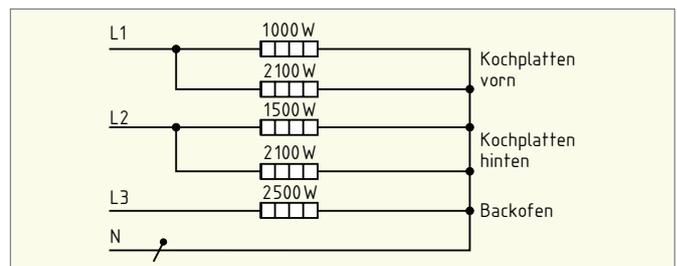


Bild 4: Elektroherd

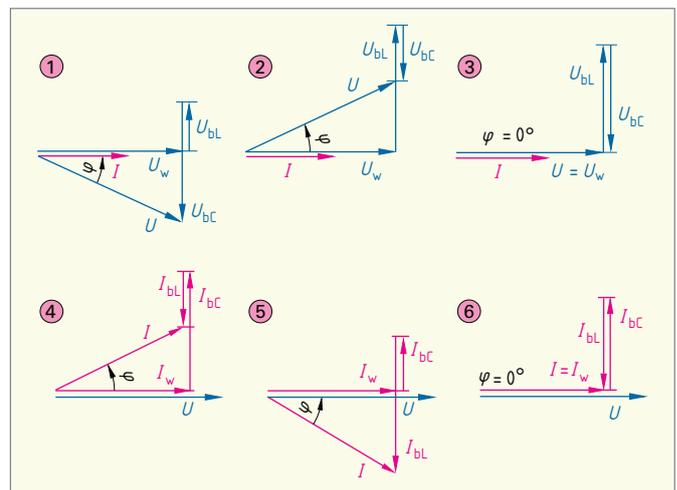


Bild 5: Zeigerdreiecke