

Schweizerische Armee

65.90/I d

Technische Grundlagen
für
Übermittlungsgerätemechaniker

Band I

Gültig ab 1. Oktober 1974

(Antworten zu den Fragen im Text)

1. Was wissen Sie schon über die Materie?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 11)

- a) Die Ladung eines Elektrons ist negativ.
- b) Protonen kommen hauptsächlich in Atomkernen vor.
- c) Ja, im Atomkern sind auch Neutronen anzutreffen.
- d) Das Atom ist die kleinste Einheit eines chemischen Elementes.
- e) Ja, die Ionen ermöglichen erst den Stromfluss durch die Gasentladungsröhren.
- f) Ja, Sauerstoff ist ein chemisches Element (O = Oxygenium). Sauerstoff ist das am meisten verbreitete Element, ist gasförmig und bildet einen wesentlichen Bestandteil der Luft, die unseren Erdball umgibt.

Bewertung:

5 oder 6

richtige Antworten:

Sie wissen schon gut Bescheid über den Aufbau der Materie. Das Studium des gebotenen Stoffes wird Ihr Wissen festigen.

3 oder 4

richtige Antworten:

Der gebotene Stoff wird Ihnen sicher nicht fremd sein, dank Ihrem Wissen werden Sie diesen spielend verarbeiten.

1 oder 2

richtige Antworten:

Sie haben schon etwas über den Aufbau der Materie gehört, es wird Sie sicher interessieren, Ihr Wissen zu vervollständigen. Studieren Sie die folgenden Kapitel gründlich.

Keine

richtige Antwort:

Sie betreten Neuland. Lesen Sie den Stoff mehrmals durch, sicher wird in Ihnen das Interesse wach. Sie brauchen grundsätzlich keine Vorkenntnisse, um das gebotene Wissen zu verarbeiten. Arbeiten Sie sich langsam und gründlich in das neue Gebiet ein. Sie werden bald feststellen, dass Sie in der Lage sind, den Stoff zu verarbeiten. Der Gewinn an Wissen wird Ihnen Freude bereiten.

2. Repetitionsaufgaben zu «I. Das Wesen der Materie»

Antworten zu den Fragen a bis I (Seite 15)

- a) Das Molekül ist das kleinstmögliche selbständige Gebilde eines Stoffes

b)

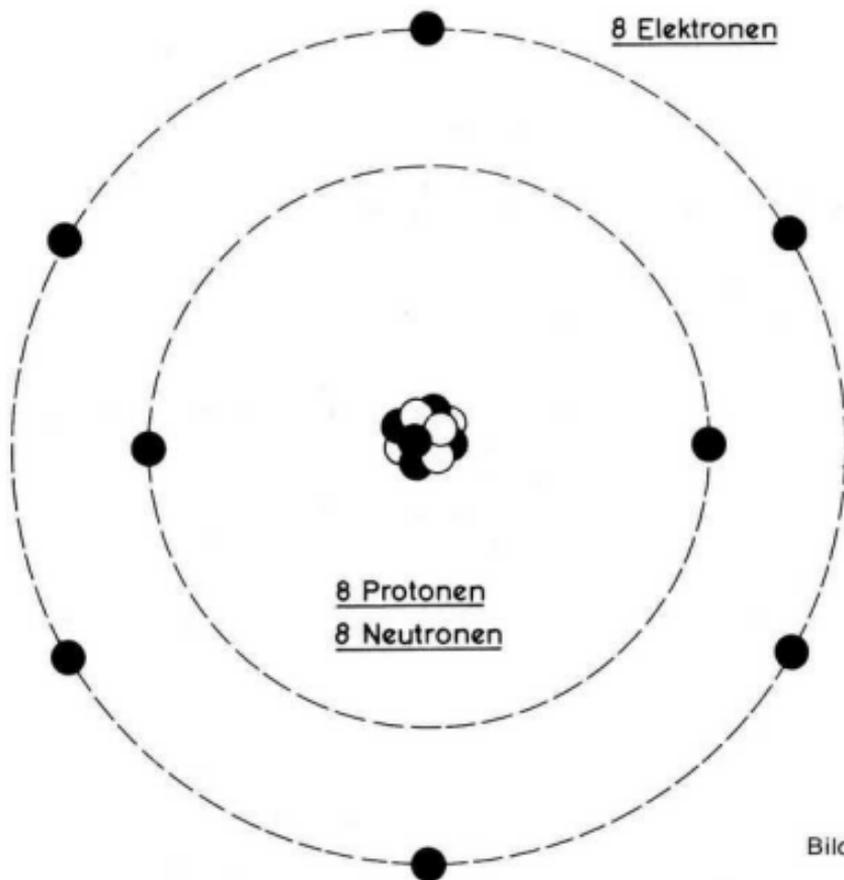


Bild zu 2 b

- c) Ein chemisches Element ist ein Grundstoff. Dieser Grundstoff setzt sich aus gleich aufgebauten Atomen zusammen.
- d) Es gibt etwas über hundert chemische Elemente.
- e) Die drei wichtigsten Elementarteilchen sind:
Elektron, negativ geladen, etwa zweitausendmal leichter als das Proton.
Proton, gleich grosse Ladung wie das Elektron, die Ladung ist positiv.
Neutron, ungefähr gleich schwer wie das Proton, keine Ladung.
- f) Wenn das Ladungsgleichgewicht zwischen der Kernladung und der Ladung der Elektronen, die diesen Kern umkreisen, gestört ist, entstehen Ionen.
- g) Anionen sind negativ geladene Ionen, das Atom weist einen Elektronenüberschuss auf.
Kationen sind positiv geladene Ionen, das Atom weist einen Mangel an Elektronen auf.

- h) Die Ionen spielen in der Elektrotechnik hauptsächlich bei der Elektrolyse und den gasgefüllten Röhren eine Rolle.
- i) Die positiv geladenen Protonen werden durch Kernkräfte zusammengehalten. Diese Kernkräfte sind weitaus wirksamer als die elektrischen Abstossungskräfte.
- k) Auf die kreisenden Elektronen wirken zwei Kräfte. Es sind dies die elektrischen Anziehungskräfte der Protonen des Kerns und die Fliehkraft. Beide Kräfte sind gleich gross, wirken entgegengesetzt und heben sich dadurch auf.
- l) Ja, es sind bis heute ca. zehn Elementarteilchen bekannt.

Falls Sie auf alle elf Fragen die richtige Antwort gegeben haben, können Sie mit dem Studium des nächsten Abschnittes beginnen.

Sollten Sie jedoch in der Beantwortung Fehler gemacht haben, so lesen Sie den betreffenden Stoff noch einmal langsam durch. Sie dürfen sich erst dann den nächsten Seiten zuwenden, wenn Sie alle Fragen beantworten können. Denken Sie jedoch daran, dass auswendig gelernte Antworten keinen grossen Wert aufweisen und wieder vergessen werden. Sie müssen den Stoff wirklich begriffen haben. Wer weiterliest, ohne das gebotene Wissen verarbeitet zu haben, der baut auf Sand. Sie erarbeiten sich in den ersten Abschnitten die Grundlagen!

3. Was wissen Sie schon über die Elektrizität?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 16)

- a) Ja, Kupfer ist ein guter elektrischer Leiter.
- b) Ein Isolator leitet den elektrischen Strom nicht.
- c) Im metallischen Leiter sind die Elektronen die Träger des elektrischen Stromes.
- d) Im elektrischen Stromkreis sind die Spannungsquellen die Ursache des Stromflusses. Die häufigsten Spannungsquellen sind die Trockenbatterie, der Akkumulator und der Generator.
- e) Ein elektrischer Stromfluss in Gasen ist möglich. Am Stromfluss können sowohl Elektronen wie Ionen beteiligt sein. Als praktisches Beispiel sei die Neonröhre erwähnt.
- f) Die bekanntesten Beispiele für den Stromfluss in Flüssigkeiten finden wir beim Akkumulator und in der Galvanotechnik beim Galvanisieren.

Bewertung:

5 oder 6

richtige Antworten:

3 oder 4

richtige Antworten:

Sehr gut, lesen Sie trotzdem den Stoff gründlich durch, man hat nie ausgelernt.

Sie verfügen über die notwendigen Vorkenntnisse, um den neuen Stoff zu verstehen und zu verarbeiten.

Weniger als 3
richtige Antworten:

Lesen Sie den Stoff über das Wesen der Materie noch einmal gründlich durch, er gibt Ihnen die Antwort auf 3 der gestellten Fragen. Denken Sie daran, wer kein Fundament hat, der wird sich nie ein solides Wissen erwerben.

4. Repetitionsfragen zu «II. Elektrizität»

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 18)

- a) Unter Elektronengas versteht man die Gesamtheit der in einem Leiter vorhandenen, sich frei bewegenden Elektronen.
- b) Ein Leiter weist eine Vielzahl freier Elektronen auf, er leitet den elektrischen Strom gut, ein Nichtleiter dagegen verfügt über keine freien Elektronen, er leitet deshalb den elektrischen Strom nicht.
- c) Aus Halbleitermaterialien werden Transistoren und Halbleiterdioden hergestellt. Diese Bauteile haben der Elektronik ungeahnte Entwicklungsmöglichkeiten gegeben.
- d) Damit ein elektrischer Strom fließen kann, muss eine Potentialdifferenz vorhanden sein, die beiden verschiedenen Potentiale müssen über einen Leiter miteinander verbunden werden.
- e) Die Träger des elektrischen Stromes sind Elektronen und Ionen.
- f) In festen Körpern wird der elektrische Strom durch einen Elektronenfluss dargestellt, in Flüssigkeiten dagegen durch wandernde Ionen.
- g) In einem guten Leiter pflanzt sich die Wirkung des elektrischen Stromes annähernd mit Lichtgeschwindigkeit fort.
- h) Elektrische Potentialdifferenzen werden vorwiegend in Trockenbatterien, Akkumulatoren und Generatoren erzeugt.

Acht richtige Antworten geben Ihnen «grünes Licht» für das Studium des nächsten Abschnittes.

Wer nicht alle Fragen sinngemäss richtig beantwortet hat, der sollte den Stoff noch einmal durcharbeiten. Was zu Beginn des Studiums verloren geht, das lässt sich später nur schwer nachholen.

5. Was wissen Sie schon über den elektrischen Stromkreis?

Antworten zu den Fragen a bis g (Seite 19)

- a) Wenn sich in einem Leiter Elektronen oder Ionen in einer gemeinsamen Richtung bewegen, so sprechen wir von einem elektrischen Strom.
- b) Damit ein elektrischer Strom fließen kann, muss eine Potentialdifferenz vorhanden sein und der Stromkreis muss geschlossen sein.
- c) Die Potentialdifferenz ist die eigentliche Ursache für das Fließen eines elektrischen Stromes.

- d) Die elektrische Spannung wird mit der Einheit «Volt» gemessen.
 e) Das ohmsche Gesetz gibt Auskunft über den Zusammenhang von Spannung, Strom und Widerstand im geschlossenen Stromkreis. Die Grundformel lautet $U = I \cdot R$
 f) Die Einheit für den elektrischen Widerstand ist das «Ohm».
 g) Sie brennt dann durch, wenn ein Strom fliesst, der grösser ist als der Nennstrom der Sicherung. Sie schützt damit Leitungen und Bauelemente vor Überstrom.

Bewertung:

- 6 oder 7
 richtige Antworten:
 4 oder 5
 richtige Antworten:

Sehr gut, Sie wissen gut Bescheid. Die Rechenbeispiele werden Ihr Wissen noch festigen.

Sie haben gute Vorkenntnisse, der neue Stoff wird Sie sicher interessieren: Arbeiten Sie vor allem die Rechnungsbeispiele gründlich durch. Einiges dürfte für Sie ganz neu sein, gehen Sie mit Schwung an die Verarbeitung des neuen Abschnittes.

- Weniger als 3
 richtige Antworten:

Halt, Sie dürfen nicht weiterlesen. Sie haben den Stoff über «II. Die Elektrizität» noch nicht verarbeitet. Lesen Sie den vorhergehenden Abschnitt nochmals gründlich durch, dann werden Sie in der Lage sein, die ersten drei Fragen richtig zu beantworten.

6. Repetitionsaufgaben zu «III. Der elektrische Stromkreis»

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 30)

- a) Die vier Einheiten für die Bedürfnisse der Elektronik im Giorgi-System sind: Meter, Sekunde, Kilogramm und Ampère.
 b) $1 \mu\text{A} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ A}$ $1 \mu\text{V} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ V}$
 $1 \text{ mA} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ $1 \text{ mV} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ V}$
 $1 \text{ kA} = 1 \cdot 10^3 \text{ A}$ $1 \text{ kV} = 1 \cdot 10^3 \text{ V}$
 $1 \text{ MA} = 1 \cdot 10^6 \text{ A}$ $1 \text{ MV} = 1 \cdot 10^6 \text{ V}$
 c) Der Leitwert ist der Kehrwert des Widerstandswertes. Er wird in «Siemens» gemessen.
 d) Die elektrische Leistung wird in «Watt» gemessen. Ein Watt entspricht 1 Volt mal 1 Ampère.
 e) Die Spannung entspricht dem Druck des Wasserkreislaufes, sie wird in «Volt» gemessen. Der Strom entspricht der geflossenen Wassermenge pro Zeiteinheit, er wird in «Ampère» gemessen. Der Widerstand entspricht dem Reibungswiderstand der Wasserleitung, seine Masseinheit ist das «Ohm».

f) Vorgehen:

1. Schritt: Ermitteln der Spannung U

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = I \cdot R$$

$$U = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^3 \quad \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$U = 240 \text{ V}$$

2. Schritt: Ermittlung der Leistung P

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$P = U \cdot I$$

$$P = 240 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$$

$$P = 4,8 \text{ W}$$

3. Schritt: Berechnung der Arbeit

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$W = P \cdot t$$

$$W = 4,8 \cdot \frac{25}{60} \text{ Wh}$$

$$W = 2,0 \text{ Wh}$$

4. Schritt: Berechnung des Leitwertes

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$G = \frac{1}{R}$$

$$G = \frac{1}{12 \cdot 10^3} \text{ S}$$

$$G = 0,083 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

$$G = \mathbf{83,3 \mu S}$$

g) Vorgehen:

1. Schritt: Berechnung der Leistung in R_1

- Grundformel anschreiben
- Ohmsches Gesetz nach I aufgelöst anschreiben
- Ausdruck für I in Grundformel einsetzen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = \frac{20 \cdot 20}{10 \cdot 10^3} \frac{\text{V} \cdot \text{V} \cdot \text{A}}{\text{V}}$$

$$P = 40 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$P = \mathbf{40 \text{ mW}}$$

2. Schritt: Berechnung des Stromes I_2

- Grundformel anschreiben
- Grundformel nach I umstellen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = I \cdot R$$

$$I_2 = \frac{U}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{20}{10 \cdot 10^3} \frac{\text{VA}}{\text{V}}$$

$$I_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_2 = \mathbf{2 \text{ mA}}$$

3. Schritt: Berechnung des Stromes I_3
- Grundformel anschreiben
 - Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_3 = 6 - 2 \text{ mA}$$

$$I_3 = \mathbf{4 \text{ mA}}$$

4. Schritt: Berechnung von R_2
- Grundformel anschreiben
 - Grundformel nach R umstellen
 - Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = I \cdot R$$

$$R_2 = \frac{U}{I_3}$$

$$R_2 = \frac{20}{4 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$R_2 = 5 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_2 = \mathbf{5 \text{ k}\Omega}$$

5. Schritt: Berechnung der Leistung in R_2
- Grundformel anschreiben
 - Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$P = U \cdot I$$

$$P = 20 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$$

$$P = 80 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$P = \mathbf{80 \text{ mW}}$$

h) Vorgehen:

1. Schritt: Berechnung von R_1
- Grundformel anschreiben
 - Grundformel nach R umstellen
 - Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = I \cdot R$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}$$

$$R_1 = \frac{125}{25 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$R_1 = 5 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_1 = \mathbf{5 \text{ k}\Omega}$$

2. Schritt: Berechnung des Stromes I_3
- Grundformel anschreiben
 - Grundformel nach I_3 umstellen
 - Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_3 = 25 - 10 \text{ mA}$$

$$I_3 = \mathbf{15 \text{ mA}}$$

3. Schritt: Berechnung von R_2
- Grundformel anschreiben
 - Grundformel nach R umstellen
 - Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = I \cdot R$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_3}$$

$$R_2 = \frac{150}{15 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$R_2 = 10 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_2 = \mathbf{10 \text{ k}\Omega}$$

4. Schritt: Berechnung der Spannung an R_3

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = I \cdot R$$

$$U_{R_3} = I_2 \cdot R_3$$

$$U_{R_3} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 \text{ A}\Omega$$

$$U_{R_3} = \mathbf{100 \text{ V}}$$

5. Schritt: Berechnung der Spannung U_4

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U_4 = U_2 - U_{R_3}$$

$$U_4 = 150 - 100 \text{ V}$$

$$U_4 = \mathbf{50 \text{ V}}$$

6. Schritt: Berechnung von R_4

- Grundformel anschreiben
- Grundformel nach R umstellen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = I \cdot R$$

$$R_4 = \frac{U_4}{I_2}$$

$$R_4 = \frac{50}{10 \cdot 10^{-3}} \quad \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$R_4 = 5 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_4 = \mathbf{5 \text{ k}\Omega}$$

7. Schritt: Berechnung der Batteriespannung

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U_b = U_1 + U_2$$

$$U_b = 125 + 150 \text{ V}$$

$$U_b = \mathbf{275 \text{ V}}$$

8. Schritt: Berechnung der Leistungen in R_1 , R_2 , R_3 und R_4

- Anschreiben der Grundformel
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$P = U \cdot I$$

$$P_{R_1} = U_1 \cdot I_1$$

$$P_{R_1} = 125 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$$

$$P_{R_1} = \mathbf{3,125 \text{ W}}$$

$$P_{R_2} = U_2 \cdot I_3$$

$$P_{R_2} = 150 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$$

$$P_{R_2} = \mathbf{2,25 \text{ W}}$$

$$P_{R_3} = U_{R_3} \cdot I_2$$

$$P_{R_3} = 100 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$$

$$P_{R_3} = \mathbf{1 \text{ W}}$$

$$P_{R_4} = U_4 \cdot I_2$$

$$P_{R_4} = 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ VA}$$

$$P_{R_4} = 500 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

$$P_{R_4} = \mathbf{500 \text{ mW}}$$

Falls Sie alle 8 Aufgaben richtig gelöst haben, so verdienen Sie Anerkennung für sehr gute Arbeit.

Die Rechnungsaufgaben bieten erfahrungsgemäss die grössten Schwierigkeiten. Das Durcharbeiten dieser Aufgaben ist jedoch für das Verständnis der Materie sehr wichtig. Nur wer in der Lage ist, einen Stromkreis zu berechnen, hat die Vorgänge richtig begriffen. Für das Lösen von Aufgaben sollte man immer nach dem gleichen Grundschema vorgehen:

1. Teilen Sie grössere Aufgaben in Teilprobleme auf.
2. Lösen Sie die einfachsten Teilprobleme zuerst.
3. Suchen Sie für die Lösung eines Teilproblems die Grundformel und stellen Sie diese nach dem gesuchten Wert um.
4. Setzen Sie die Zahlen in die umgestellte Formel ein, rechnen Sie den gesuchten Wert aus.
5. Machen Sie zu jeder Rechnung die Einheitenprobe, indem Sie rechts von der Zahlenrechnung die Einheiten anschreiben.

Um die Zahlenrechnungen zu vereinfachen, ist es zweckmässig, mit Zehnerpotenzen zu rechnen. Anstelle einer Anzahl Nullen schreibt man die Zahl ZEHN mit dem Exponenten, der der Anzahl Nullen entspricht.

Beispiel: $1000 = 1 \cdot 10^3$, $3700 = 37 \cdot 10^2$, $5670000 = 567 \cdot 10^4$

Für Zahlen, die kleiner sind als EINS, gilt eine ähnliche Regel, an Stelle einer Anzahl Nullen hinter dem Komma schreibt man die betreffende Zahl multipliziert mit der Zahl ZEHN, die mit einem negativen Exponenten versehen ist. Der Wert des negativen Exponenten entspricht der Stelle des Zahlenwertes hinter dem Komma.

Beispiele: $0,0001 = 1 \cdot 10^{-4}$, $0,0023 = 2,3 \cdot 10^{-3}$ oder $23 \cdot 10^{-4}$

Das Rechnen mit diesen Zehnerpotenzen ist zeitsparend, da sich diese in Brüchen kürzen lassen. Wir merken uns für das Rechnen mit Brüchen folgende Regel:

Zehnerpotenzen mit positivem Exponent im Zähler erscheinen im Nenner mit negativem Exponent. Zehnerpotenzen mit positivem Exponent im Nenner, erscheinen im Zähler mit negativem Exponent.

Beispiele: $\frac{5 \cdot 10^3}{7} = \frac{5}{7 \cdot 10^{-3}}$; $\frac{47 \cdot 10^{-2}}{36} = \frac{47}{36 \cdot 10^2}$

$$\frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 7 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^{-5}} = \frac{5 \cdot 7 \cdot 10^{-1}}{3 \cdot 10^{-5}} = \frac{5 \cdot 7}{3 \cdot 10^{-4}} = \frac{5 \cdot 7 \cdot 10^4}{3}$$

Mit diesen einfachen Regeln können Sie die meisten Rechnungen lösen. Gewöhnen Sie sich diese Rechnungsart an, Sie sparen sehr viel Zeit damit.

7. Was wissen Sie schon über galvanische Elemente?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 33)

- a) Ein galvanisches Element besteht aus zwei Elektroden und einem Elektrolyten. Bei den gebräuchlichsten Elementen bestehen die Elektroden

aus Kohle und Zink, wobei um die Kohlenelektrode ein Beutel mit Braunstein angebracht ist.

Der Braunstein hat die Aufgabe, durch chemische Bindung die Ausscheidung von gasförmigem Wasserstoff zu verhindern. Der Wasserstoff als Isolator würde den Stromfluss hindern, d. h. der Innenwiderstand des Elementes würde damit zu gross.

- b) Die Betriebsspannung von handelsüblichen galvanischen Elementen beträgt pro Zelle 1,5 V.
- c) Unter «Elektromotorischer Kraft» verstehen wir bei Spannungsquellen deren Leerlaufspannung, das heisst die Spannung, die an den Klemmen auftritt, wenn die Spannungsquelle nicht belastet ist.
- d) Ein Ion ist ein Atomteil oder ein Molekülteil, welcher nach aussen eine elektrische Ladung aufweist.
- e) Das Kation fliesst zur Katode, das heisst zu derjenigen Elektrode, die mit dem negativen Pol der Spannungsquelle verbunden ist.

Bewertung:

5 richtige

Antworten:

Sehr gut, Sie haben gute Vorkenntnisse, diese werden es Ihnen erlauben, den Stoff mühelos aufzunehmen.

4 oder 3

richtige Antworten:

Ihre Vorkenntnisse sind gut, denken Sie jedoch daran, dass die Vorgänge in Elektrolyten im allgemeinen zu wenig bekannt sind. Es lohnt sich, diesen Abschnitt gründlich zu studieren, das erworbene Wissen werden Sie später brauchen.

Weniger als 3

richtige Antworten:

Sie haben den Stoff aus dem Abschnitt über das Wesen der Elektrizität noch nicht verarbeitet. Die Antworten auf die Fragen d und e sollten Ihnen keine Mühe bereiten. Lesen Sie den entsprechenden Abschnitt noch einmal durch.

8. Repetitionsaufgaben zu «I. Galvanische Elemente»

Antworten zu den Fragen a bis i (Seite 38)

- a) Ein Elektrolyt ist eine Flüssigkeit, die den elektrischen Strom leitet. Diese Flüssigkeit kann auch mit Hilfe von Pulver eingedickt werden.
- b) Im metallischen Leiter werden nur Elektronen, im Elektrolyten zusätzlich noch Materie-Teilchen transportiert.
- c) Die Elektroden des gebräuchlichsten Primärelementes bestehen aus Kohle und aus Zink.
- d) Die Elektrode aus Kohle stellt den positiven Pol des Elementes dar.
- e) Die «Elektromotorische Kraft» einer Spannungsquelle ist deren Leerlaufspannung, das heisst die Spannung, die an den Klemmen auftritt, wenn die Spannungsquelle nicht belastet ist.

- f) Am Innenwiderstand der Spannungsquelle tritt ein Spannungsabfall auf. Dieser Spannungsabfall wird durch den Belastungsstrom hervorgerufen. Die Betriebsspannung der Spannungsquelle ist um diesen Spannungsabfall kleiner als die E.M.K.
- g) Ja, da die Klemmenspannung um den Spannungsabfall am Innenwiderstand der Spannungsquelle kleiner ist als die E.M.K., und der Spannungsabfall am R_i seinerseits vom Belastungsstrom abhängt, ist die Klemmenspannung belastungsabhängig.

h) *Vorgehen:*

1. Schritt: Berechnung der Klemmenspannung

– Grundformel anschreiben

$$U_K = I \cdot R_L \quad \frac{AV}{A}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U_K = 0,1 \cdot 10$$

$$U_K = 1V$$

2. Schritt: Berechnung von R_i

– Grundformel anschreiben

$$U_K = E - I \cdot R_i$$

– Grundformel nach R_i umstellen

$$R_i = \frac{E - U_K}{I}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$R_i = \frac{1,5 - 1}{0,1} \quad \frac{V}{A}$$

$$R_i = 5 \Omega$$

i) *Vorgehen:*

1. Schritt: Grundformeln für beide Messungen anschreiben und gleichsetzen.

– Grundformel für 1. Messung anschreiben

$$E = I_1 \cdot (R_1 + R_i)$$

– Grundformel für 2. Messung anschreiben

$$E = I_2 \cdot (R_2 + R_i)$$

– Beide Formeln einander gleichsetzen

$$I_2 \cdot (R_2 + R_i) = I_1 \cdot (R_1 + R_i)$$

– Klammerausdrücke ausrechnen

$$I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot R_i = I_1 \cdot R_1 + I_1 \cdot R_i$$

– Glieder mit R_i auf die linke Seite schaffen

$$I_2 \cdot R_2 - I_1 \cdot R_1 = I_1 \cdot R_i - I_2 \cdot R_2$$

– R_i ausklammern

$$R_i \cdot (I_2 - I_1) = I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2$$

– R_i isolieren

$$R_i = \frac{I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2}{I_2 - I_1}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$R_i = \frac{2 \cdot 6 - 1 \cdot 14}{1 - 2}$$

$$R_i = 2 \Omega$$

Haben Sie für alle neun Aufgaben die richtige Antwort gefunden? Wenn ja, dürfen Sie sich mit dem nächsten Abschnitt befassen.

Wenn Ihnen die letzte Aufgabe Schwierigkeiten bereitet hat, so dürfen Sie sich deshalb nicht entmutigen lassen. Die Aufgabenstellung war absichtlich etwas schwierig gewählt. Die Aufgabe sollte Ihnen zeigen, wie man durch logisches Überlegen und durch richtiges Einsetzen bekannter Werte den unbekanntem Wert, in unserem Fall den Innenwiderstand, findet. Die Fähigkeit logisch zu überlegen und mit Hilfe von Bekanntem das Unbekannte zu finden

und ein Problem zu lösen, muss systematisch geschult werden. Sie werden diese Fähigkeit auf dem Gebiet der angewandten Elektronik gut gebrauchen können.

Wenn Sie ausser der letzten Aufgabe alle Fragen richtig beantwortet haben, dann dürfen Sie weiterfahren. Sollten Sie in der Beantwortung jedoch noch Fehler gemacht haben, dann müssen Sie den Stoff noch einmal ansehen.

9. Was wissen Sie schon über Akkumulatoren?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 40)

- Der ungeladene Bleiakкумуляtor besteht aus zwei Bleisulfatelektroden, welche in verdünnte Schwefelsäure getaucht sind. Während des Ladevorganges wird die positive Platte zu Bleisuperoxyd und die negative Platte zu Blei, die Säuredichte des Elektrolyten steigt dabei an.
- Ja, die Säuredichte im Bleiakкумуляtor ist ein Mass für den Ladezustand, da diese während des Ladevorganges ansteigt.
- Die mittlere E.M.K. einer Zelle eines Bleiakкумуляtors beträgt 2 V.
- Die «Ampère-Stunde» ist das Mass für die Kapazität von Akkumulatoren. Die Entladezeit wird mit dem mittleren Entladestrom multipliziert und ergibt die Kapazität des Sammlers.
- Ja, einzelne Zellen eines Akkumulators können in Serie geschaltet werden; dabei summieren sich die E.M.K. und die Innenwiderstände der einzelnen Zellen.

Bewertung:

5 oder 4

richtige Antworten:

Sehr gut, Sie wissen schon einiges über Akkumulatoren, der folgende Abschnitt wird Ihre diesbezüglichen Kenntnisse bereichern.

3 bis 1

richtige Antwort:

Sie haben schon etwas über Sammler gehört, Ihre Kenntnisse sind jedoch noch bescheiden, erweitern Sie diese beim Studium des folgenden Abschnittes.

Keine

richtige Antwort:

Akkumulatoren sind für Sie etwas Unbekanntes. Diese Tatsache darf Sie aber nicht enttäuschen, der folgende Abschnitt wurde geschrieben, um Ihnen die Sammler näher zu bringen.

10. Repetitionsaufgaben zu «II. Akkumulatoren»

Antworten zu den Fragen a bis n (Seite 49)

- Der Elektrolyt des Bleiakкумуляtors besteht aus verdünnter Schwefelsäure.
- Verdunsteter Elektrolyt wird im Bleiakкумуляtor durch Nachfüllen von destilliertem Wasser ersetzt.

- c) Während des Ladevorganges darf man sich einem Bleisammler nicht mit einer offenen Flamme nähern; es besteht Explosionsgefahr, da in der letzten Phase der Ladung Gasentwicklung einsetzt.
- d) Die Speicherkapazität von Akkumulatoren wird in Ampère-Stunden (Ah) gemessen.
- e) Der Wirkungsgrad eines Sammlers wird in Prozenten gemessen, man bedient sich dabei des Ampère-Stunden-Wirkungsgrades und des Watt-Stunden-Wirkungsgrades.
- f) Der Watt-Stunden-Wirkungsgrad ergibt bessere Vergleichswerte, da hierbei Arbeitseinheiten verglichen werden.
- g) Die Wartungsfreiheit oder bei einzelnen Typen der geringe Wartungsaufwand stellen den Hauptvorteil des Stahlakkus gegenüber dem Bleiakku dar.
- h) Der Bleisammler weist einen besseren Wirkungsgrad auf als der Stahl-sammler.
- i) Der Bleiakku erlaubt kleinere Innenwiderstände als der Stahlakku.
- k) Ja, die Säuredichte ist ein Mass für den Ladezustand der Zelle des Bleiakkus, da die Säuredichte mit zunehmender Ladung ansteigt.
- l) Nein, die Dichte der Lauge ist kein Mass für den Ladezustand des Stahlakkus, da sich die Lauge während dem Lade- und Entladevorgang nicht verändert.
- m) Die Innenwiderstände addieren sich bei der Serieschaltung von Zellen, ebenso die Werte der E.M.K. Der Akku wird demzufolge eine E.M.K. von 12 V und einen Innenwiderstand von 0,06 Ohm aufweisen. Wird ein Belastungswiderstand vom Wert des Innenwiderstandes gewählt, so wird der Batterie die grösste Leistung entnommen. In unserem Fall tritt dies bei einem R_L von 0,06 Ohm ein. Die Klemmenspannung sinkt dabei auf die Hälfte der E.M.K., in unserem Fall auf 6 V.
- n) Der Kurzschlussstrom ist nur durch den Innenwiderstand bestimmt. Bei der Parallelschaltung von 4 Zellen sinkt der Innenwiderstand auf einen Viertel, die E.M.K. bleibt erhalten. Der Kurzschlussstrom errechnet sich nach dem ohmschen Gesetz zu 6 A.

Diese Repetitionsaufgaben waren einfach, sie enthielten das, was Sie über Akkumulatoren und deren Schaltungen wissen müssen. Sollten Sie bei der Beantwortung Fehler gemacht haben, so ist dies ein Hinweis, dass Sie die Materie noch nicht verarbeitet haben. In diesem Falle dürfen Sie sich noch nicht dem nächsten Abschnitt zuwenden; Sie müssen vorerst den Akkumulator Ihrer Kenntnisse über Akkumulatoren aufladen!

11. Was wissen Sie schon über Permanentmagnete?

Antworten zu den Fragen a bis d (Seite 51)

- a) Der Kompass nutzt den Erdmagnetismus aus. Die Kompassnadel orientiert sich nach dem Erdmagnetfeld. Der Nordpol der Kompassnadel zeigt angenähert nach dem geographischen Nordpol.

- b) Magnetische Feldlinien treten überall zwischen magnetischen Polen auf.
- c) Magnetische Feldlinien können mit Hilfe von Eisenfeilspänen sichtbar gemacht werden, indem man diese auf ein Blatt Papier streut und darunter einen Dauer- oder Elektromagneten anbringt.
- d) Das gebräuchlichste Material für die Herstellung von Dauermagneten war früher gehärteter Stahl, in neuerer Zeit jedoch sind es vorwiegend Legierungen.

Bewertung:

- | | |
|--------------------------------|--|
| 4 richtige Antworten: | Sehr gut, Sie haben sicher schon einiges über den Magnetismus gehört. |
| 3 oder 2 richtige Antworten: | Sie wissen so viel über den Magnetismus, wie man normalerweise vom technisch interessierten Menschen erwarten darf. Der folgende Abschnitt wird Sie tiefer in die Materie einführen. |
| 1 oder keine richtige Antwort: | Magnetismus bedeutet für Sie ein neues Wissensgebiet. Der Mechanismus der magnetischen Kraftwirkung ist jedoch nicht besonders schwer zu verstehen. |

12. Repetitionsaufgaben zu «I. Permanentmagnete»

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 55)

- a) Ein magnetisches Feld ist der Wirkungsbereich eines Magneten, in welchem seine Kräfte wirksam sind.
- b) Die Molekularmagnete sind die Ursache der magnetischen Wirkung des Dauermagneten. Wenn alle Molekularmagnete gleichsinnig ausgerichtet sind, wirkt der betreffende Körper als Permanentmagnet.
- c) Die magnetischen Feldlinien verlassen am Nordpol den Magneten, um am Südpol in diesen zurückzukehren. So ist der Verlauf der Feldlinien geschlossen.
- d) Magnetische Feldlinien können mit Hilfe von Eisenfeilspänen sichtbar gemacht werden.
- e) In magnetisch weichen Eisen ist die Beweglichkeit der Molekularmagnete grösser als in magnetisch hartem Stahl, deshalb richten sich diese müheloser aus; ausgerichtete Molekularmagnete sind die Ursache für die magnetischen Eigenschaften von Dauermagneten.
- f) Der magnetische Fluss ist die Summe aller Feldlinien, die an einem Magnetpol ein- oder austreten.
- g) Die magnetische Feldstärke ist die Anzahl Kraftlinien, die senkrecht durch einen Quadratzentimeter durchtreten.
- h) Wird ein Stabmagnet in der Mitte entzweigebrochen, so entstehen zwei unabhängige Stabmagnete.

Mit Hilfe der Repetitionsaufgaben sind Sie in der Lage, zu prüfen, ob Sie bereit sind, den folgenden Abschnitt zu bearbeiten. Im Kapitel über den Elektromagnetismus werden die Grundlagen über Permanentmagnete vorausgesetzt.

13. Was wissen Sie schon über den Elektromagnetismus?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 56)

- Der Elektromagnetismus wird unter anderem beispielsweise in Relais, bei Elektromotoren, in Transformatoren und in Lautsprechern praktisch angewandt.
- Ja, ein mit Gleichstrom gespeister Elektromagnet hat die gleichen Eigenschaften wie ein Dauermagnet.
- Ja, beim Elektromagnet treten die gleichen Feldlinien auf wie beim Dauermagnet.
- Ein Elektromagnet besteht aus einer stromdurchflossenen Spule, die in den meisten Fällen einen Eisenkern aufweist, da das Eisen die magnetischen Kraftlinien konzentriert.
- Die Feldstärke eines Elektromagneten hängt von der Windungszahl, der Stromstärke, von der Länge der Kraftlinien und vom Kern-Werkstoff ab.

Bewertung:

5 richtige

Antworten:

Sehr gut, Sie haben die elementarsten Grundbegriffe über den Elektromagnetismus bereits zu ihrem geistigen Eigentum gemacht.

Diese guten Grundlagen werden es Ihnen ermöglichen, den umfangreichen Stoff zu verstehen.

3 bis 4

richtige Antworten:

Gut, die Grundprinzipien des Elektromagnetismus sind Ihnen bekannt. Sicher sind Sie bestrebt, mehr darüber zu erfahren.

Der folgende Abschnitt wird Sie tiefer in diese Materie einführen.

2 bis keine

richtige Antwort:

Die Erscheinungen des Elektromagnetismus sind neu für Sie. Lesen Sie den Stoff über die Permanentmagnete nochmals durch. Die dort gebotenen Grundlagen werden Sie für Ihr weiteres Studium nötig haben. Lassen Sie sich vom komplexen und umfangreichen Stoff nicht entmutigen. Der Elektromagnetismus ist eines der schwierigsten Kapitel.

Wenn Sie jedoch langsam Schritt für Schritt jeden Unterabschnitt gründlich durchdenken, werden Sie mit diesem Thema bald gut vertraut sein.

14. Repetitionsaufgaben zu «II. Elektromagnetismus»

Antworten zu den Fragen a bis p (Seite 73)

- a) Das magnetische Feld um einen gestreckten stromdurchflossenen Leiter besteht aus konzentrischen, kreisförmigen Feldlinien.
- b) Das Magnetfeld ist durch die Stromstärke im Leiter bestimmt.
- c) Die Korkenzieherregel hilft uns, die Richtung dieses Feldes zu bestimmen. Sie lautet: Drehen wir einen Korkenzieher in Stromrichtung durch die Papierebene, so zeigt die Drehrichtung in die Richtung des Flusses.
- d) Im Giorgi-System wird die magnetische Feldstärke in A/m oder A/cm gemessen.
- e) Die magnetische Induktion gibt die Feldliniendichte in magnetischen Kreisen an; in der Luftspule entspricht sie der Feldstärke.
- f) Im Giorgi-System wird die magnetische Induktion in Vs/m² (Tesla) gemessen.
- g) Die Durchflutung oder magnetische Spannung des magnetischen Kreises lässt sich mit der elektrischen Spannung im elektrischen Kreis vergleichen.
- h) Die Masseinheit für die Durchflutung im Giorgi-System ist das Ampère, in Spulen die Ampère-Windung ($I \cdot N$).
- i) Nein, die relative Permeabilität eines Werkstoffes hängt von der Magnetisierungsfeldstärke ab.
- k) Die Induktionskonstante ist eine Naturkonstante und dient zur Umrechnung von magnetischen Grössen des absoluten Systems in das Giorgi-System.
- l) Die absolute Permeabilität ist im Giorgi-System anzutreffen. Sie wird gebildet aus dem Produkt aus relativer Permeabilität mal Induktionskonstante. ($\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$)
- m) Die Hysteresisschleife gibt Auskunft über die Grösse der Remanenz und der Koerzitivkraft.
- n) Grosse Remanenz und grosse Koerzitivkraft sind das Zeichen eines harten magnetischen Werkstoffes. Dieser Werkstoff eignet sich zur Herstellung von Dauermagneten.
- o) Bei magnetisch weichem Material, beispielsweise bei Weicheisen, sind Remanenz und Koerzitivkraft klein. Die Elementarmagnetchen sind relativ leicht beweglich. Dieses Material behält den Magnetismus schlecht; Restmagnetismus lässt sich mit geringem Aufwand beseitigen.

p) *Vorgehen:*

1. Schritt: Berechnung der magnetischen Induktion im Luftspalt.

– Grundformel anschreiben

$$U_m = \Phi \cdot R_m$$

– Umstellen nach Φ

$$\Phi = \frac{U_m}{R_m}$$

– Φ ersetzen durch $B \cdot A$ und auflösen nach B

$$B = \frac{U_m}{R_m \cdot A}$$

- Formel für R_m anschreiben

$$R_m = \frac{l_L}{\mu_o \cdot A} + \frac{l_E}{\mu_o \cdot \mu_r \cdot A}$$

l_L, l_E = magnetische Weglänge
in Luft bzw. Eisen

- Formel zusammenziehen

$$R_m = \frac{\mu_r \cdot l_L + l_E}{\mu_o \cdot \mu_r \cdot A}$$

- Formel für R_m
in Formel für B einsetzen

$$B = \frac{U_m}{A \cdot R_m} = \frac{U_m \cdot \mu_o \cdot \mu_r \cdot A}{(\mu_r \cdot l_L + l_E) A}$$

- Kürzen

$$B = \frac{U_m \cdot \mu_o}{l_L + \frac{l_E}{\mu_r}}$$

- Zahlenwerte einsetzen

$$B = \frac{1,5 \cdot 800 \cdot 1,256 \cdot 10^{-8}}{0,5 + 20} \frac{A \cdot Vs}{A \cdot cm \cdot cm}$$

$$B = 2,77 \cdot 10^{-5} \text{ Vs/cm}^2$$

2. Schritt: Berechnung der induzierten Spannung im Leiter

- Grundformel anschreiben

$$U_i = B \cdot l \cdot v$$

- Zahlenwerte einsetzen

$$U_i = 2,77 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 1 \cdot 10^3 \frac{\text{Vs} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$$

$$U_i = \mathbf{0,111 \text{ V}}$$

Bemerkungen zum Lösungsvorgang:

Der magnetische Widerstand zerfällt in zwei Teile; den Widerstand im Eisenkern und den Widerstand im Luftspalt, beide Widerstände sind analog den ohmschen Widerständen im elektrischen Stromkreis in Serie zu geschaltet und demzufolge zu addieren.

Die Leiterlänge des bewegten Leiters ist gegeben durch die Breite des Luftspaltes, da nur in dem Teilstück eine Spannung induziert wird, das sich im Magnetfeld bewegt.

Die Repetitionsaufgaben geben Ihnen Auskunft über den Stand Ihres Wissens über den Magnetismus. Erfahrungsgemäss treten bei vielen von Ihnen Schwierigkeiten auf. Schuld daran sind die vielen Einheiten des absoluten Masssystems und der Umfang des Stoffes. Zudem kommt der oberflächliche Praktiker ohne viel Wissen über den Magnetismus aus. Wer jedoch bestrebt ist, die Vorgänge in elektronischen Geräten wirklich zu verstehen, der darf nicht auf ein gründliches Studium der Grundgesetze des Magnetismus verzichten. Falls es Ihnen nicht gelungen ist, alle Aufgaben zu lösen, arbeiten

Sie den Stoff noch einmal durch; es wird sich im Verlaufe Ihrer Ausbildung bezahlt machen.

15. Was wissen Sie schon über die Winkelfunktionen?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 75)

- Die vier gebräuchlichsten Winkelfunktionen sind: Die Sinusfunktion, die Kosinusfunktion, die Tangensfunktion und die Kotangensfunktion.
- Die beiden gebräuchlichsten Winkelmasse sind: Das Bogenmass (der volle Winkel entspricht dem Wert 2π) und das Gradmass (der volle Winkel entspricht dem Wert 360°).
- Der Einheitskreis ist ein Kreis mit dem Radius «EINS». Man verwendet ihn zur graphischen Bestimmung der Winkelfunktionen und zur Veranschaulichung der Entstehung der Winkelfunktionen.
- Bei den meisten Wechselstromproblemen, bei denen eine Phasenverschiebung auftritt, spielen die Winkelfunktionen eine Rolle. Einige Beispiele: $\cos \varphi$ dient der Berechnung von Wirkleistungen, $\sin \varphi$ dient zur Bestimmung der Blindleistung, $\tan \delta$ ist ein Mass für die Güte von Schwingkreiselementen usw.
- Von einem rechtwinkligen Dreieck müssen zwei Seiten bekannt sein.
- Ja, die Winkelfunktionen können für alle Winkel bestimmt werden.

Bewertung:

5 oder 6

richtige Antworten:

Sehr gut, die Trigonometrie ist für Sie kein neues Fach. Sicher wird Ihnen der neue Stoff keine Schwierigkeiten bieten.

3 oder 4

richtige Antworten:

Gut, Sie haben gewisse Vorkenntnisse, die Ihnen das Studium erleichtern werden. Durch ein gründliches Verarbeiten des Stoffes werden Sie Ihr Wissen noch erheblich bereichern.

1 oder 2

richtige Antworten:

Die Trigonometrie ist Ihnen eher fremd. Sie haben schon etwas über Winkelfunktionen gehört, ohne dass Ihr Wissen sehr fundiert ist. Winkelfunktionen sind jedoch nicht schwer zu verstehen. Der Inhalt des nächsten Kapitels wird Ihnen diese näher bringen.

Keine

richtige Antwort:

Sie werden beim nächsten Kapitel länger verweilen müssen. Der Stoff ist so dosiert, dass auch Schüler ohne Vorkenntnisse folgen können. Lesen Sie diesen Abschnitt mehrmals durch und stellen Sie sich selbst zusätzliche Aufgaben, indem Sie möglichst viele Winkelfunktionen in allen vier Quadranten bestimmen und mit Hilfe des Einheitskreises überprüfen. Durch wiederholtes Üben werden Sie sich in die Materie einarbeiten und diese beherrschen lernen.

16. Repetitionsaufgaben zu «I. Die Winkelfunktionen»
 Antworten zu den Fragen a bis g (Seite 84)

a)

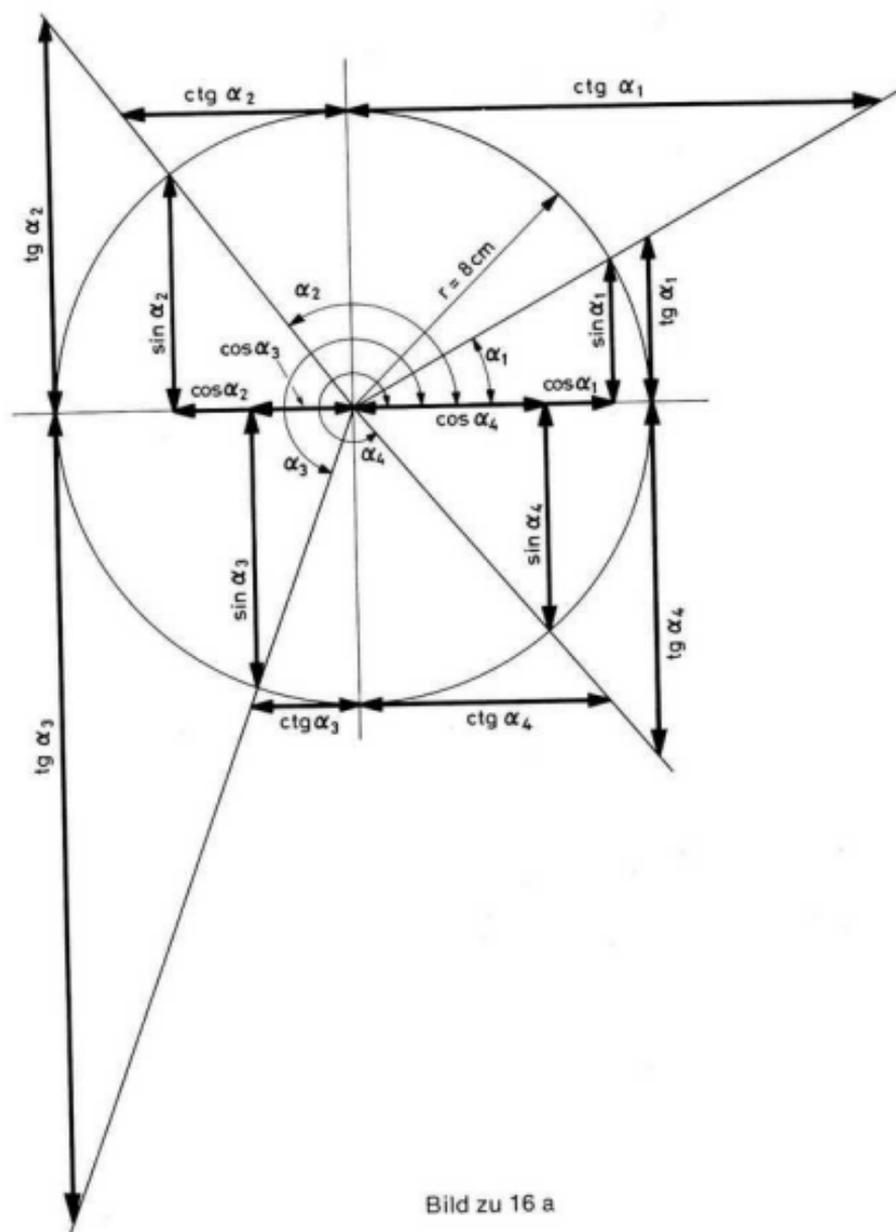


Bild zu 16 a

b)

α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
$\alpha_1 29^\circ$	0,4848	0,8746	0,5543	1,804
$\alpha_2 127^\circ$	0,7986	-0,6018	-1,327	-0,7536
$\alpha_3 250^\circ$	-0,9397	-0,3420	2,747	0,3640
$\alpha_4 310^\circ$	-0,7660	0,6428	-1,192	-0,8391

c) **Bogenmass** = $\frac{2\pi}{360^\circ} \cdot \alpha [^\circ]$

$0^\circ = 0, 45^\circ = 0,785, 90^\circ = 1,571, 130^\circ = 2,269, 210^\circ = 3,665,$
 $345^\circ = 6,021$

d) $\alpha_1 = 40^\circ, \alpha_2 = 55^\circ, \alpha_3 = -30^\circ,$
 $\alpha_4 = 25^\circ$

e) Die Winkelfunktionen sind in der Elektrotechnik unentbehrlich, da alle Wechselstromprobleme, bei welchen Phasenverschiebungen auftreten, nur mit Hilfe von trigonometrischen Funktionen oder graphisch gelöst werden können.

f) Funktionswerte für Winkel, die grösser sind als 90° , können immer auf einen Winkelwert zwischen 0° und 90° zurückgeführt werden. Die graphische Darstellung zeigt, dass sich die Funktionswerte für Winkel zwischen 0° und 90° periodisch wiederholen.

g) **Vorgehen:**

In der Tabelle oder auf dem Rechenschieber ist der Winkelwert für den Kosinus 0,9 aufzusuchen.

Die Phasenverschiebung beträgt **$25^\circ 50'$**

Mit Hilfe der Repetitionsaufgaben können Sie feststellen, ob Sie die Grundlagen über die Winkelfunktionen wirklich verstanden haben. Erfahrungsgemäss bereiten dem Schüler die Winkel zwischen 0° und 90° keine Schwierigkeiten. Es fällt dem Anfänger jedoch oft recht schwer Werte und Vorzeichen für Winkelfunktionen in den drei verbleibenden Quadranten zu bestimmen. Hier hilft nur die Übung; wer sich nicht sicher fühlt, der sollte sich selber einige Aufgaben stellen und diese lösen. Die Kontrolle geschieht am besten anhand der Bilder 40 und 41. Zeichnen Sie sich diese Bilder sehr genau auf Millimeterpapier, kleben Sie zwei Bogen A4 zusammen, damit die Ablesegenauigkeit steigt, indem Sie dann die Kurven recht gross zeichnen können. Die Bilder erlauben es Ihnen, den Funktionswert und das Vorzeichen der selbstgewählten Aufgaben zu überprüfen.

Nur wer den Stoff absolut beherrscht, darf mit dem Studium weiterfahren; die trigonometrischen Grundlagen sind für das Verständnis der Wechselstromtechnik unerlässlich.

17. Was wissen Sie schon über die Winkelfunktionen auf dem Rechenschieber?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 85)

- a) $\sin 25^\circ = 0,423$
- b) $\cos 55^\circ = 0,574$
- c) $0,6 = \tan 30,96^\circ$ oder $30^\circ 58'$
- d) $\text{ctg } 30^\circ = 1,73$
- e) $\sin 3^\circ = 0,0523$

Bewertung:

4 oder 5
richtige Lösungen:

Sehr gut, Sie kennen Ihren Rechenschieber. Der folgende Abschnitt wird Ihnen zeigen, wie Sie Ihren Schieber noch besser ausnutzen können.

3 richtige
Lösungen:

Sie beherrschen die Grundregeln für das Rechnen mit dem Rechenschieber. Die Feinheiten, die es Ihnen erlauben werden, diesen voll auszunutzen, sind Ihnen noch fremd.

Dank Ihren Kenntnissen wird es Ihnen jedoch nicht schwerfallen, die zusätzlichen Rechenoperationen zu begreifen und zu erlernen.

Weniger als 3
richtige Lösungen:

Sie haben wahrscheinlich Ihren Schieber noch nicht viel verwendet. Bevor Sie mit dem Studium des nächsten Abschnittes beginnen, wird es sich lohnen, wenn Sie die Bedienungsanleitung zu Ihrem Schieber noch einmal gründlich durcharbeiten. Sie werden bald erfahren, wie leicht die Handhabung des Rechenschiebers ist, und welchen Vorteil man aus dieser Fähigkeit zieht.

18. Repetitionsaufgaben zu «II. Die Winkelfunktionen auf dem Rechenschieber

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 92)

- a) $\sin 2,6^\circ = 0,0454$

Vorgehen:

– Formel für kleine Winkel anschreiben

$$\sin a \approx \frac{2\pi}{360^\circ} \cdot a [^\circ]$$

– Zahlen einsetzen und ausrechnen

$$\sin \alpha \approx \frac{6,28}{360} \cdot 2,6$$

$$\sin \alpha \approx 0,0454$$

– Auf einem Schieber mit \sphericalangle arc-Skala lässt sich der Funktionswert direkt ablesen

b) **$\cos 11,7^\circ = 0,9792$**

Vorgehen:

Läufer auf der Sinusskala auf $11,7^\circ$ stellen, Funktionswert auf der $\sqrt{1-x^2}$ -Skala ablesen.

c) **$\text{ctg } 86,8^\circ = 0,0559$**

Vorgehen:

– Formel für grosse Winkel anschreiben

$$\text{ctg } \alpha \approx \frac{2\pi}{360^\circ} \cdot (90^\circ - \alpha^\circ)$$

– Zahlen einsetzen und ausrechnen

$$\text{ctg } \alpha \approx \frac{6,28}{360} \cdot 3,2$$

$$\text{ctg } \approx 0,0559$$

– Auf einem Schieber mit der \sphericalangle arc-Skala lässt sich der Funktionswert direkt ablesen.

d) **$\text{tg } 67^\circ = 2,356$**

Vorgehen:

Läufer auf der Kotangensskala auf 67° oder auf der Tangensskala auf 23° stellen, Funktionswert auf der $1/x$ -Skala ablesen.

e) Mit Hilfe dieser Skala lässt sich zu jeder Sinusfunktion die Kosinusfunktion und zu jeder Kosinusfunktion die Sinusfunktion für den gleichen Winkel direkt ablesen. Da die Ablesegenauigkeit des Rechenschiebers gegen sein rechtes Ende hin abnimmt, lassen sich Sinusfunktionen für grosse Winkel und Kosinusfunktionen für kleine Winkel bequem auf der bedeutend genaueren linken Skalenhälfte des Rechenschiebers ablesen.

f) Mit Hilfe der \sphericalangle arc-Skala lassen sich die Sinus- und Tangensfunktionen für Winkel unter 6° und die Kosinus- und Kotangensfunktionen für Winkel über 84° direkt ablesen.

g) Der Reziprokwert einer Funktion kann auf der $1/x$ -Skala direkt abgelesen werden. Zur Bestimmung von Tangensfunktionen für grössere Winkel als 45° und von Kotangensfunktionen für kleinere Winkel als 45° macht man von dieser Möglichkeit Gebrauch.

- h) Zur Berechnung der Funktionswerte solcher Winkel wird die Länge des Bogens im Einheitskreis berechnet. Bogenlänge und Winkelfunktion sind für diese kleinen Winkel praktisch identisch.

$$\sin \alpha \approx \frac{2\pi}{360^\circ} \cdot \alpha [^\circ] \quad (\text{für Winkel } < 6^\circ)$$

Anhand der Repetitionsaufgaben konnten Sie feststellen, wie weit Sie die Spezialfälle der Winkelfunktionsberechnungen auf dem Rechenschieber beherrschen. Falls Sie bei der Lösung der Repetitionsaufgaben auf Schwierigkeiten gestossen sind, so bedeutet das, dass Sie noch zu wenig geübt haben. Nehmen Sie in diesem Fall eine Tabelle mit den Winkelfunktionen zur Hand und bestimmen Sie eine gewisse Anzahl Winkel, deren Berechnung mit dem Rechenschieber zu den Spezialfällen gehört. Suchen Sie nun die Funktionswerte auf dem Schieber und vergleichen Sie die Resultate mit denjenigen der Tabelle. Nur durch Übung lernt man seinen Rechenschieber voll ausnutzen. Wer seinen Schieber vollständig beherrscht, der spart sich viel Zeit und Mühe, denn ein Schieber hat in jeder Rocktasche Platz, eine Logarithmentafel trägt man jedoch nicht dauernd mit sich herum. Der Praktiker dürfte kaum ohne Rechenschieber auskommen; die meisten Berufsleute kennen jedoch nicht alle Möglichkeiten, die ihnen dieses Hilfsmittel bietet. Wer die Spezialfälle beherrscht, der ist den anderen überlegen.

19. Was wissen Sie schon über Wechselströme?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 93)

- Ein Wechselstrom ist ein Strom, der periodisch seine Richtung und seine Grösse ändert.
- Der Industriewechselstrom ist sinusförmig.
- Eine Wechselspannung von 50 Hz erzeugt pro Sekunde 50 Schwingungen oder Perioden.
- Da sich die Elektrizität und damit auch ein Wechselstromsignal mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegt, berechnet man, wie oft die Wellenlänge von 30 m in dem pro Sekunde zurückgelegten Weg von 300 000 km enthalten ist:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{300\,000\,000 \text{ m/s}}{30 \text{ m}} = 10^7 \text{ Hz} = \mathbf{10 \text{ MHz}}$$

- Wechselströme sind in folgenden hauptsächlich Erscheinungsformen anzutreffen:
 - Industriewechselstrom zur Versorgung der Industrie und der Haushaltungen mit elektrischer Energie

- Niederfrequenzwechselströme in der Nachrichtentechnik in der Form von sinusförmigen Strömen oder als Sprechwechselstrom mit nicht-sinusförmigem Verlauf
 - Hochfrequenzwechselströme in der Form von Radiowellen, als Radarsignale und als Hochfrequenzstrom für medizinische und industrielle Zwecke.
- f) Ein Lautsprecher wird mit Wechselspannungen gespeist. Es handelt sich dabei um zusammengesetzte Sprach- und Musiksignale.

Bewertung:

5 oder 6
richtige Antworten:

Gut, Sie haben sich offenbar schon recht eingehend mit Wechselströmen befasst. Der folgende Abschnitt wird Sie noch vollends mit den Eigenschaften von Wechselströmen und Wechselspannungen vertraut machen.

3 oder 4
richtige Antworten:

Die elementaren Grundlagen über Wechselströme und Wechselspannungen scheinen Sie zu kennen. Der neue Stoff wird Sie gründlich in das Wesen dieser Wechselgrößen einführen.

Weniger als 3
richtige Antworten:

Wechselspannungen und Wechselströme sind Ihnen noch wenig vertraut. Dies ist kein Hindernis, da der folgende Abschnitt alles Wissenswerte über diesen neuen Stoff enthält. Die Kenntnisse über Wechselstromgrößen zählen zu den wichtigsten Grundlagen der Elektronik, Sie werden in allen späteren Lektionen immer wieder mit diesen konfrontiert. Es ist deshalb wichtig, dass Sie den folgenden Abschnitt gründlich studieren.

20. Repetitionsaufgaben zu «I. Der Wechselstrom»

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 105)

- a) Die Kreisfrequenz ist das Produkt der Frequenz mit dem Faktor 2π
- b) Im freien Raum pflanzen sich elektrische Wellen mit Lichtgeschwindigkeit fort. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt 300 000 km/s
- c) *Vorgehen:*

- Grundformel anschreiben:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

- Formel nach f umstellen:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen: $f = \frac{300 \cdot 10^6}{41}$; $[f] = \frac{\text{m/s}}{\text{m}} = \text{s}^{-1} = \text{Hz}$

$$f = 7,32 \text{ MHz}$$

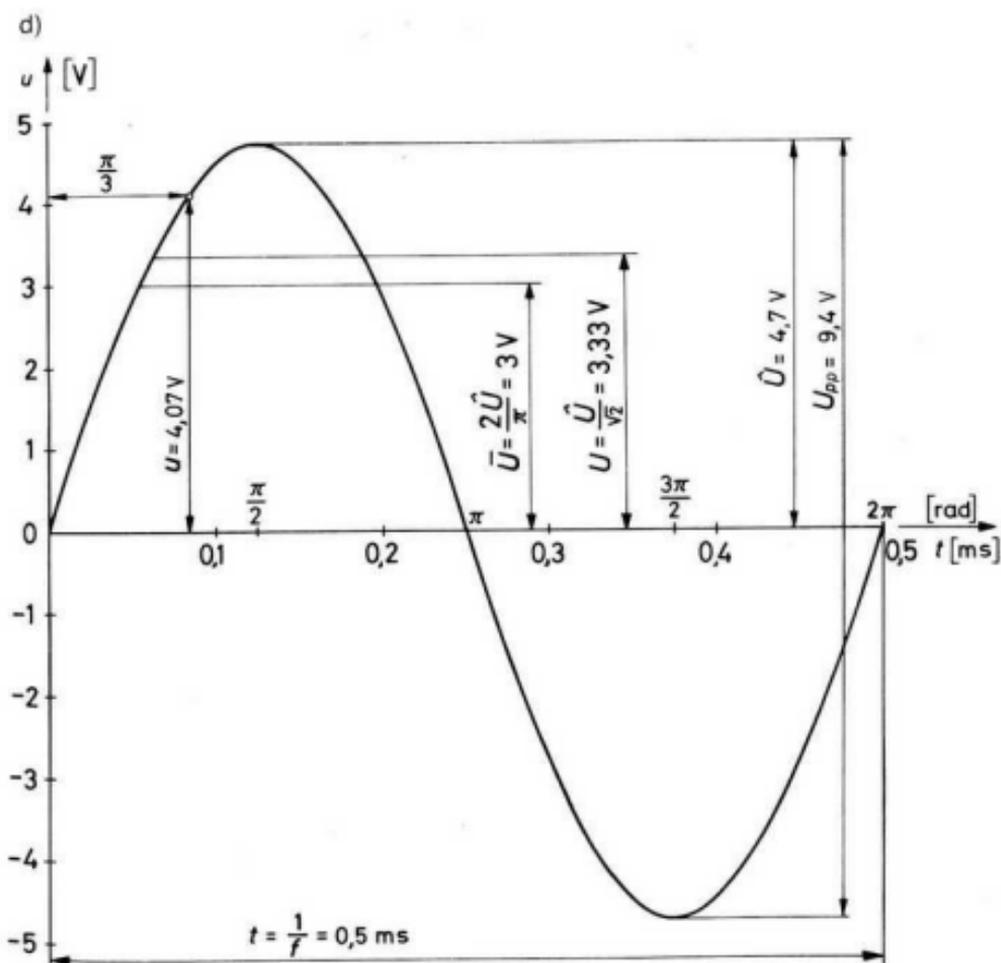


Bild zu 20 d

e)

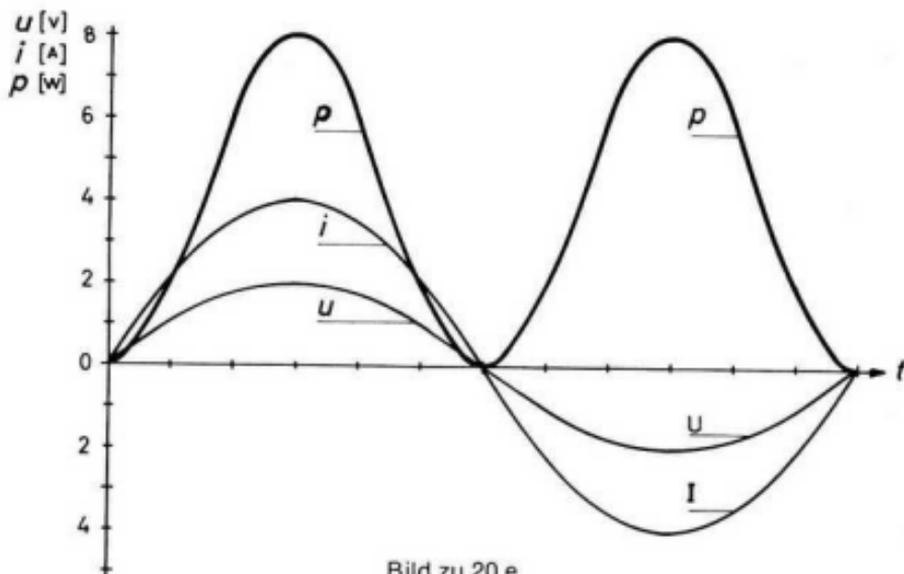


Bild zu 20 e

Berechnung der mittleren Leistung:

Vorgehen:

- Grundformel anschreiben:
- Berechnungsformeln für U und I
- Zahlenwerte einsetzen

$$P = U \cdot I$$

$$P = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{U} \cdot \hat{I}}{2}$$

$$P = \frac{2 \text{ V} \cdot 4 \text{ A}}{2} = 4 \text{ Watt}$$

f) *Vorgehen:*

Um die Frequenz der Grundwelle zu errechnen, ist die Frequenz der neunten Harmonischen durch 9 zu dividieren.

$$f_o = \frac{9. \text{ Harmonische}}{9}$$

$$f_o = \frac{2,7 \text{ MHz}}{9}$$

$$f_o = 300 \text{ kHz}$$

g) *Vorgehen:*

- Formel anschreiben

$$f_o = \frac{12. \text{ Oberwelle}}{12 + 1}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$f_0 = \frac{39 \text{ MHz}}{13}$$

$$f_0 = 3 \text{ MHz}$$

– Formel zur Berechnung der Wellenlänge anschreiben:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{3 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}}$$

$$\lambda = 100 \text{ m}$$

h) *Vorgehen:*

– Formel anschreiben:

$$u = \hat{U} \cdot \sin(\omega t)$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen:

$$u = 4 \cdot \sin(2\pi \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 23 \cdot 10^{-3})$$

$$u = 4 \cdot \sin(920\pi) \text{ V} \frac{1}{\text{s}}$$

$$u = 0 \text{ V}$$

Wem die Rechnung etwas abstrakt erscheint, der kann das Resultat mit einer einfachen Überlegung nachprüfen. Die Schwingungsdauer der Frequenz beträgt $50 \mu\text{s}$, der Momentanwert wird bei einer vollen ms gesucht, das heisst, dass die Schwingung zu diesem Zeitpunkt neu beginnen muss, da pro ms 20 Perioden untergebracht werden.

Die Lösungen haben Ihnen gezeigt, wie weit Sie den Stoff verarbeitet haben. Erfahrungsgemäss bereitet die Ermittlung des Momentanwertes am meisten Schwierigkeiten. Diese können am besten dadurch überwunden werden, dass man von einer Wechselspannung eine Zeichnung über etwa 5 Perioden anfertigt und auf der x -Achse die Zeit und das Bogenmass anschreibt und nun für verschiedene Zeiten den Momentanwert ermittelt. Diese Methode zeigt am besten den Zusammenhang zwischen dem Vorgang und der Berechnungsformel.

Sobald Ihnen diese Zusammenhänge klar sind, dürfen Sie zum nächsten Abschnitt übergehen.

21. Was wissen Sie schon über Drehstrom?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 107)

a) Im Dreiphasensystem wird zwischen dem Nulleiter und den Aussenleitern die Phasenspannung abgegriffen, zwischen den Aussenleitern dagegen die verkettete Spannung. Die verkettete Spannung ist im Dreiphasensystem immer um den Faktor $\sqrt{3}$ grösser als die Phasenspannung. 220 V mal $1,73$ ergibt 380 V .

b) In Dreiphasensystemen können Generatoren und Verbraucher sternförmig oder dreieckförmig geschaltet werden. Bei der Sternschaltung ergibt sich dadurch ein Sternmittelpunkt, an welchem der Nulleiter angeschlossen wird, und drei Phasenanschlüsse. Bei der Dreieckschaltung ergeben sich

nur drei Phasenanschlüsse. Generatoren werden meistens in Sternschaltung betrieben, während Verbraucher in beiden Varianten vorkommen.

- c) Der Nulleiter ist der Anschluss des Sternmittelpunktes bei einem Generator. Bei gleichmässiger Belastung der drei Phasen führt er keinen Strom.
- d) Der gebräuchliche Drehstrom weist drei Phasen auf.
- e) Drehstromgeneratoren lassen sich vorteilhafter bauen als gewöhnliche Wechselstromgeneratoren. Auch die Tatsache, dass für drei Phasen nur vier Leiter gezogen werden müssen, ist ein Vorteil.

Bewertung:

4 oder 5

richtige Antworten:

2 oder 3

richtige Antworten:

1 oder keine

richtige Antwort:

Sehr gut, Sie haben sich schon mit Drehstrom befasst. Trotzdem dürfte Ihnen der folgende Abschnitt einige Neuheiten bringen, werden doch darin die Grundlagen der Vektorrechnung erklärt.

Sie haben sich schon mit Drehstrom befasst. Im folgenden Abschnitt werden Sie Ihr Wissen erweitern können; sicher wird Ihnen am Ende der Lektion der Drehstrom keine Probleme mehr aufgeben.

Sie scheinen noch nicht mit Drehstrom in Berührung gekommen zu sein. Der nächste Abschnitt wird Sie in dieses Gebiet der Starkstromtechnik einführen. Wenn Sie die Lektion über den Wechselstrom verarbeitet haben, wird Ihnen der Drehstrom keine Schwierigkeiten bereiten.

22. Repetitionsaufgaben zu «II. Drehstrom»

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 118)

- a) Die verkettete Spannung eines Dreiphasensystems ist die Spannung, die zwischen zwei Aussenleitern eines Generators gemessen wird, wenn der Generator in Sternschaltung arbeitet. Sie setzt sich zusammen aus zwei Phasenspannungen, die gegeneinander um 120° phasenverschoben sind.

- b) Verkettete Spannung

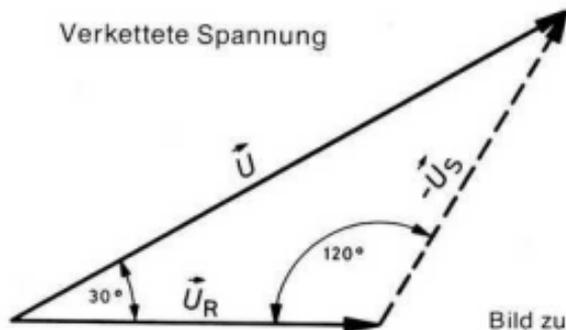
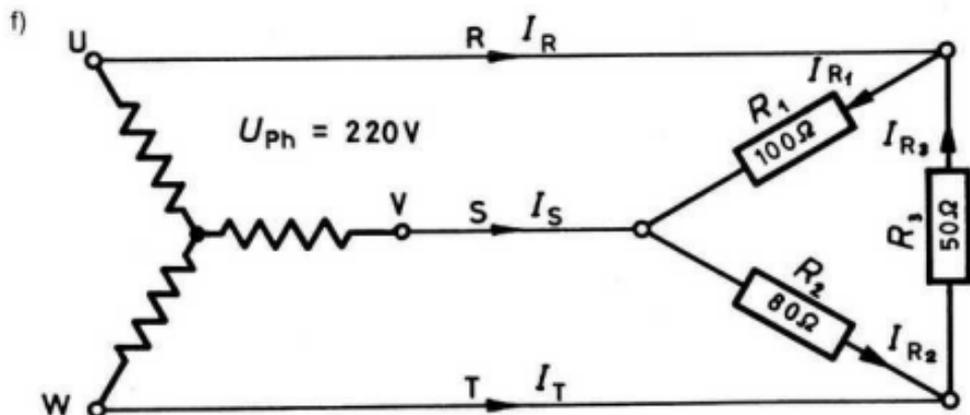
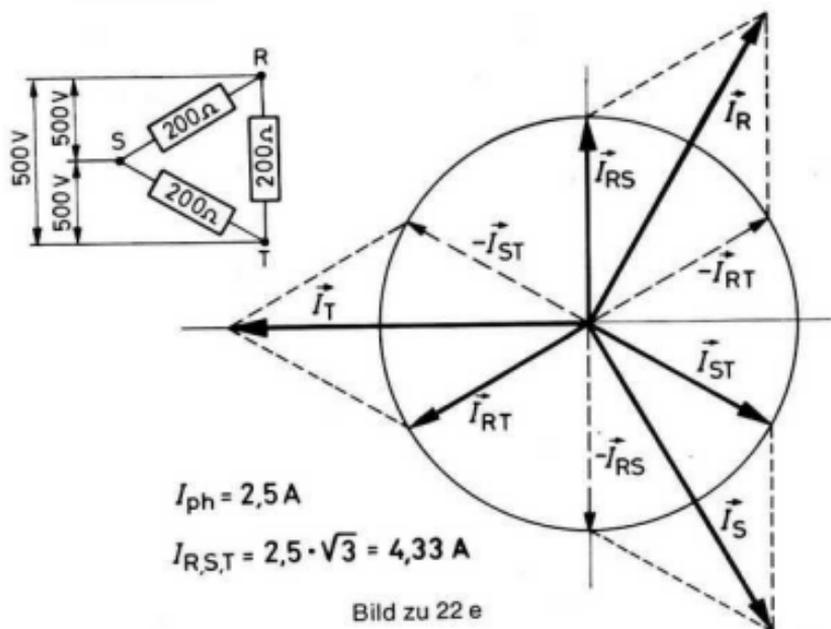


Bild zu 22 b

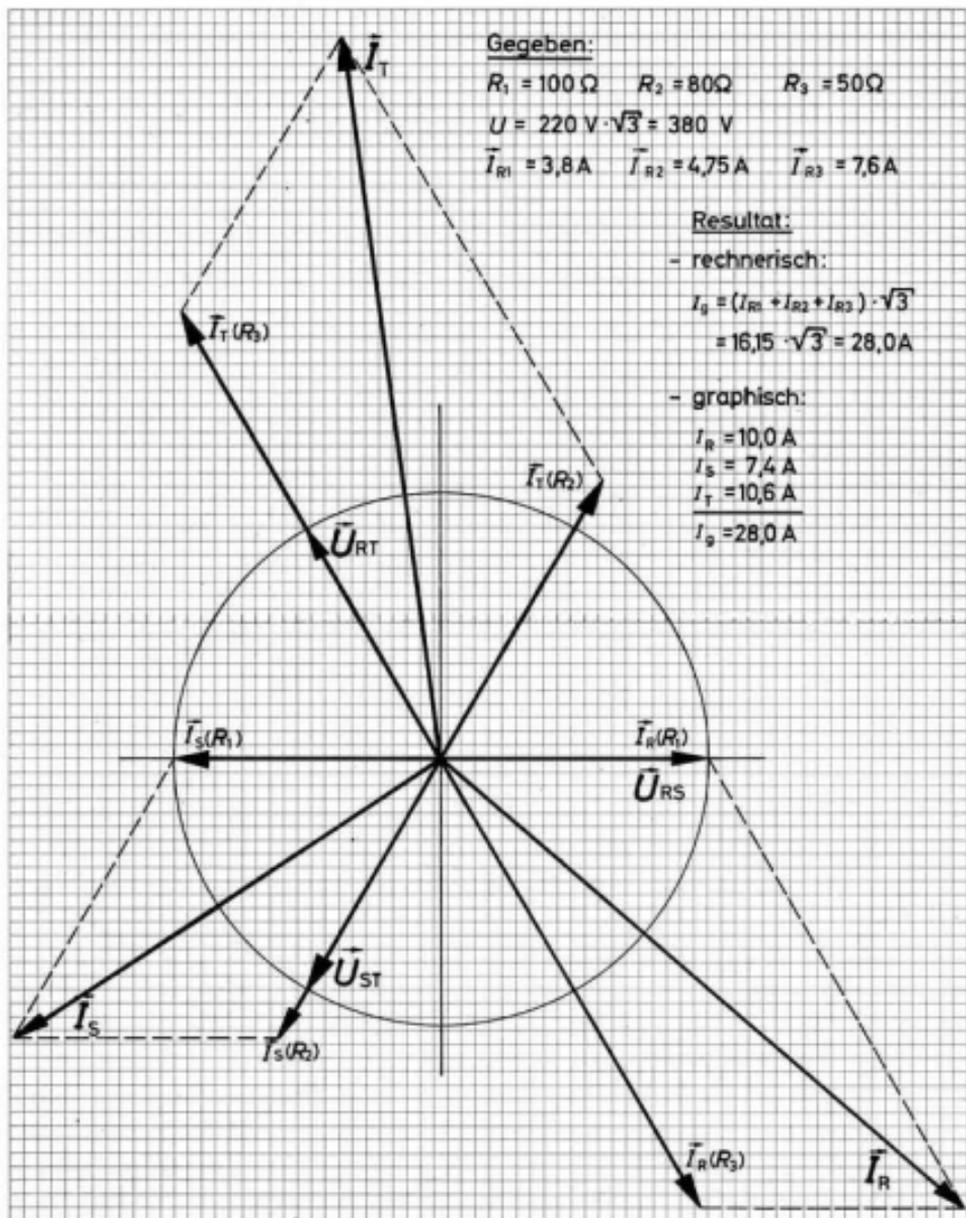
- c) Im Nulleiter fliesst kein Strom, wenn alle drei Phasen gleichmässig belastet werden.
- d) In jedem Polleiter fließen in der Dreieckschaltung zwei Ströme, es sind dies die Belastungsströme von je einer Phase. Dadurch wird der Polleiterstrom grösser als der Phasenstrom. Die beiden Ströme werden vektoriell addiert und ergeben so den Polleiterstrom.

e) Schaltung Vektordiagramm



Schaltbild zu 22 f

f)



Vektordiagramm zu 22 f

g)

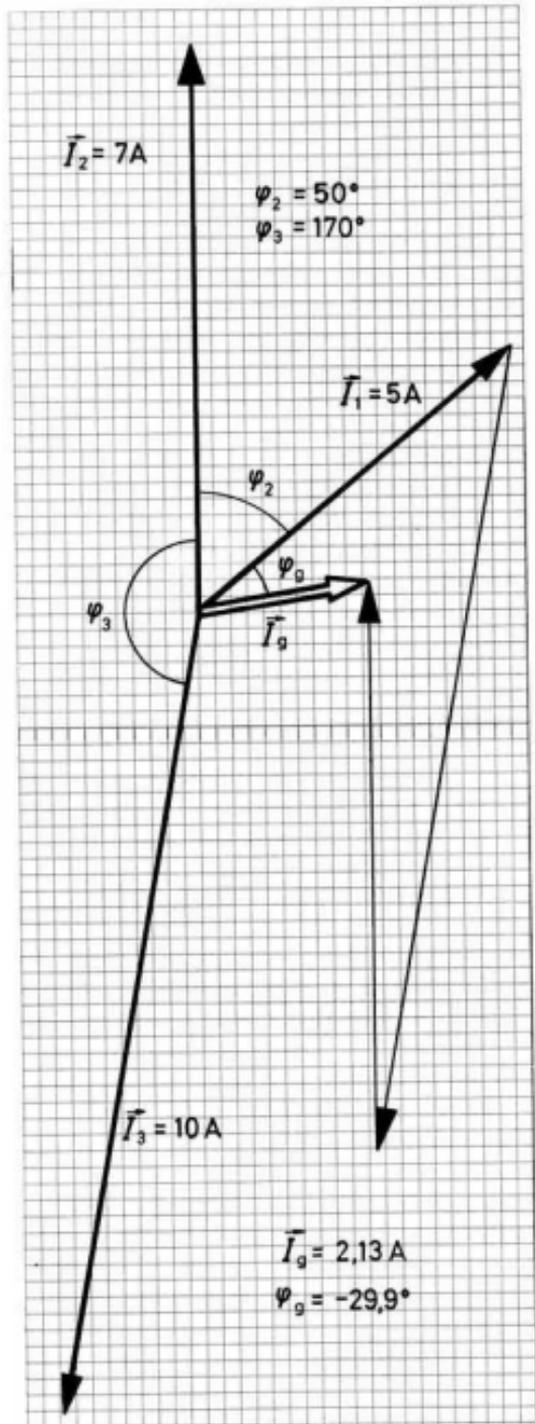


Bild zu 22 g

Der Gesamtstrom beträgt
2,13 A

Der Gesamtstrom ist zu I_1
um $29,9^\circ$ phasenverschoben
(nacheilend).

- h) Ein Vektor stellt eine Grösse dar, die durch einen Betrag und eine Richtung gekennzeichnet ist.

Das Schwergewicht dieser Lektion lag auf der graphischen Darstellung von Wechselstromgrössen mit Hilfe von Vektoren. Die Theorie des Dreiphasensystems ist an und für sich einfach. Sobald Sie die Vektortheorie begriffen haben und damit praktisch arbeiten können, werden Ihnen Dreiphasennetze keine Schwierigkeiten mehr bereiten. Falls Sie bei der Lösung der Repetitionsaufgaben Fehler gemacht haben, dürfen Sie nicht zum nächsten Abschnitt übergehen, Sie müssen vorher alle Unklarheiten aus dem Weg räumen. Sollte Ihnen der Umgang mit Vektoren noch Mühe machen, ist dies ein Zeichen dafür, dass Sie noch nicht genügend geübt haben. In diesem Fall konstruieren Sie sich Aufgaben nach dem Muster von Aufgabe f. Wählen Sie ein Dreiphasennetz und belasten Sie die drei Phasen in Stern- und Dreieckschaltung ungleich. Ermitteln Sie nun die Polleiter und Phasenströme in der Dreieckschaltung und die Polleiter- und Nulleiterströme in der Sternschaltung mittels Vektordiagrammen.

Die Vektordarstellung ist die einzige Möglichkeit, um kompliziertere Systeme rasch zu überblicken. Wer in der Trigonometrie gut zu Hause ist, der soll versuchen, die Aufgabe f rechnerisch zu lösen, er wird bald feststellen, dass der Rechenaufwand viel grösser ist als der zeichnerische. Die Grundregeln der Vektorrechnung gehören deshalb zum Rüstzeug eines jeden, der sich ernsthaft mit der Elektronik befassen will.

23. Was wissen Sie schon über Widerstände?

Antworten zu den Fragen a bis d (Seite 121)

- Die meisten Kleinwiderstände sind aus Kohle hergestellt.
- Drahtwiderstände sind in der Regel höher belastbar als Schichtwiderstände.
- Potentiometer sind Widerstände mit verstellbarem Abgriff.
- Der Widerstandswert wird in Ohm gemessen.

Bewertung:

4 richtige

Antworten:

Sehr gut, Widerstände sind für Sie keine fremden Bausteine mehr. Der folgende Abschnitt wird Ihnen alles Wissenswerte über Widerstände und deren Verhalten bieten.

2 oder 3

richtige Antworten:

Sie kennen dem Wesen nach die Widerstände. Obschon der Widerstand eines der einfachsten Elemente der Elektronik ist, bietet er doch einige Besonderheiten, die man kennen muss. Das Studium

des folgenden Abschnittes wird Sie mit diesen Besonderheiten vertraut machen. Sie werden dank Ihrer Vorkenntnisse den Stoff leicht verarbeiten können.

1 richtige
Antwort:

Sie wissen genau so viel, wie Sie aufgrund des gebotenen Stoffes wissen müssen. Es dürfte Ihnen nicht schwer fallen, den Stoff des folgenden Abschnittes zu verarbeiten, da die Widerstände an und für sich keine besonderen Probleme aufwerfen.

Keine
richtige Antwort:

Sie dürfen nicht weiterlesen, da Sie die Anwendung des ohmschen Gesetzes noch nicht verstanden haben. Lesen Sie zuerst das dort Geschriebene noch einmal durch.

24. Repetitionsaufgaben zu «I. Widerstände»

Antworten zu den Fragen a bis n (Seite 133)

- Man unterscheidet zwischen folgenden Festwiderständen: Schichtwiderstände, Massewiderstände, Drahtwiderstände.
- Ein Potentiometer ist ein Widerstand mit einem verstellbaren Abgriff.
- Ein logarithmisches Potentiometer weist eine logarithmische Widerstandskennlinie auf. Der Ohmwert eines Teilwiderstandes steigt logarithmisch, beim linearen Potentiometer dagegen linear zum Drehwinkel an.
- Lineare Potentiometer werden oft in Messschaltungen als variable Spannungsteiler verwendet, logarithmische Potentiometer dagegen trifft man fast ausschliesslich in Niederfrequenzschaltungen als Lautstärke- oder Tonblenderegler.
- Trimpotentiometer werden in Schaltungen verwendet, wo es darauf ankommt, Spannungsteiler oder Widerstandswerte abzugleichen.
- Diese Lösung können Sie in Tabelle 9 (Seite 127) nachkontrollieren.
- Auch auf diese Frage gibt Tabelle 9 (Seite 127) Auskunft.
- Am gebräuchlichsten sind die Normreihen für Toleranzen von 10% und 5%.
- Bei der Serieschaltung von Widerständen werden die Widerstandswerte der Teilwiderstände addiert.
- Bei der Parallelschaltung von Widerständen werden die Leitwerte addiert, der Reziprokwert des Gesamtleitwertes ergibt dann den Gesamtwiderstand.
- Der Widerstandswert eines Leiters hängt von folgenden Faktoren ab:
 - Leiterlänge
 - Leiterquerschnitt
 - Leitermaterial
 - Leitertemperatur

m) Der spezifische Widerstand gibt an, wie gross der Widerstandswert eines Leiters aus einem bestimmten Material mit der Länge von einem Meter und dem Querschnitt von einem Quadratmillimeter ist.

n) *Vorgehen:*

1. Schritt: Berechnung der Kaltwiderstände der drei Spulen

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte für die drei Spulen L_1, L_2, L_3 einsetzen und ausrechnen

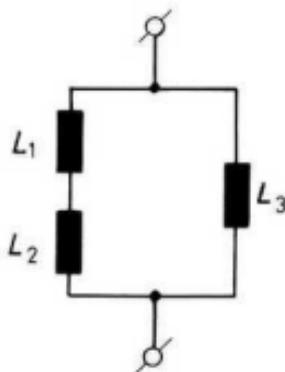


Bild zu 24 n

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R_{L1} = \frac{0,0177 \cdot 500}{0,35^2 \cdot \pi} \frac{\Omega \text{ mm}^2 \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$$

$$R_{L1} = 23 \Omega$$

$$R_{L2} = \frac{0,0286 \cdot 210}{0,15^2 \cdot \pi}$$

$$R_{L2} = 85 \Omega$$

$$R_{L3} = \frac{0,096 \cdot 50}{0,3^2 \cdot \pi}$$

$$R_{L3} = 17 \Omega$$

2. Schritt: Berechnung der Widerstände der drei Spulen für eine Umgebungstemperatur von 60°

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte für die drei Spulen einsetzen und ausrechnen

$$R_w = R_{20^\circ} [1 + \alpha_{20} (\vartheta - 20^\circ)]$$

$$R_{wL1} = 23 (1 + 0,00393 \cdot 40)$$

$$R_{wL1} = 26,6 \Omega$$

$$R_{wL2} = 85 (1 + 0,0039 \cdot 40)$$

$$R_{wL2} = 98,3 \Omega$$

$$R_{wL3} = 17 (1 + 0,0055 \cdot 40)$$

$$R_{wL3} = 20,7 \Omega$$

3. Schritt: Aufzeichnen der Schaltung und Berechnung des Gesamtwiderstandes

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$R_g = \frac{(R_{wL1} + R_{wL2}) R_{wL3}}{R_{wL1} + R_{wL2} + R_{wL3}}$$

$$R_g = \frac{(26,6 + 98,3) 20,7}{26,6 + 98,3 + 20,7}$$

$$R_g = 17,75 \Omega$$

25. Was wissen Sie schon über Kondensatoren?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 134)

- Ein Kondensator besteht aus zwei leitenden Platten oder Belägen, die einander isoliert gegenüberstehen.
- Die Masseinheit für die Kapazität von Kondensatoren ist das Farad oder Ampèresekunde pro Volt.
- Ja, ein Kondensator sperrt den Gleichstrom.
- Im Wechselstromkreis verhält sich der Kondensator wie ein Widerstand.
- Wir kennen Plattenkondensatoren, Drehkondensatoren, Trimmerkondensatoren, Keramikkondensatoren, Wickelkondensatoren mit Papier oder Kunststoffen als Isolator (Dielektrikum), Metallpapierkondensatoren und Elektrolytkondensatoren.
- Unter elektrischer Feldstärke versteht man eine elektrische Spannung pro Längeneinheit, was gleichbedeutend ist mit einem elektrischen Spannungsgefälle. Wenn zwischen zwei Platten, die sich in einem Abstand von 2 cm gegenüberstehen, eine elektrische Spannung von 100 V herrscht, besteht zwischen den Platten eine elektrische Feldstärke von 5000 V pro m.

Bewertung:

6 oder 5

richtige Antworten:

Sehr gut, der Kondensator, seine Eigenschaften und sein Aufbau sind Ihnen schon recht gut geläufig. Ihre Vorkenntnisse werden es Ihnen erlauben, den gebotenen Stoff mit Leichtigkeit zu verarbeiten.

3 oder 4

richtige Antworten:

Der Kondensator bedeutet für Sie kein Neuland mehr. Der folgende Abschnitt wird Sie noch tiefer in die Materie einführen.

1 oder 2

richtige Antworten:

Sie haben vom Wesen des Kondensators schon eine gewisse Vorstellung. Das folgende Kapitel bringt Ihnen viel Neues. Arbeiten Sie dieses gründlich durch; der Kondensator ist eines der wichtigsten Bauelemente der Elektronik. Die Kenntnisse seiner Verhaltensweise und seiner Funktionen sind für das Verständnis der Grundsaltungen der Elektrotechnik unerlässlich.

Keine

richtige Antwort:

Mit dem Kondensator lernen Sie einen Bauteil der Elektronik kennen, von dem Sie noch nicht viel wissen. Diese Tatsache darf Sie nicht entmutigen. Der Stoff ist so gegliedert, dass man diesen absolut ohne Vorkenntnisse verstehen und aufnehmen kann. Sie haben sich bis jetzt schon recht viele Kenntnisse auf dem Gebiet der Elektrotechnik angeeignet. Das Studium des Kondensators führt Sie einen grossen Schritt weiter, handelt es sich doch bei ihm um einen der wichtigsten Bausteine der modernen Technik.

26. Repetitionsaufgaben zu «II. Kondensatoren»

Antworten zu den Fragen a bis n (Seite 171)

a) Die elektrische Ladung Q ist identisch mit der Elektrizitätsmenge. Die Ladung errechnet sich aus Strom mal Zeit. Die Masseinheit ist demzufolge die Ampèresekunde.

b) Die Kapazität eines Kondensators wird durch folgende Faktoren bestimmt:

- Plattenoberfläche
- Abstand der Platten
- Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials (Dielektrikum)

c) *Vorgehen:*

– Grundformel für die Kapazität anschreiben $C = \frac{A \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{d}$

– Grundformel nach A umstellen $A = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $A = \frac{75 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{0,8855 \cdot 10^{-11}} \frac{\text{F} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{F}}$

$$A = 8,47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 8,47 \text{ cm}^2$$

d) Die Dielektrizitätskonstante des leeren Raumes ist eine Naturkonstante. Sie dient der Umrechnung in das Giorgi-System.

e) *Vorgehen:*

– Grundformel für die Ladung anschreiben $Q = C \cdot U$

– Formel nach C umstellen $C = \frac{Q}{U}$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $C = \frac{0,24 \cdot 10^{-3} \text{ As}}{120 \text{ V}}$

$$C = 2 \mu\text{F}$$

f) *Vorgehen:*

– Grundformel für die Kapazität anschreiben $C = \frac{A \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{d}$

– Formel nach d umstellen $d = \frac{A \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{C}$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $d = \frac{10^{-2} \cdot 0,8855 \cdot 10^{-11} \cdot 1}{100 \cdot 10^{-12}} \frac{\text{m}^2 \text{ F}}{\text{m F}}$

$$d = 8,855 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

- Grundformel für die Spannung anschreiben

$$U = \frac{Q}{C}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U = \frac{4 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 10^{-10}} \frac{\text{As}}{\text{As}}$$

$$U = 40 \text{ V}$$

- Grundformel für die Feldstärke anschreiben

$$E = \frac{U}{d}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$E = \frac{40}{8,855 \cdot 10^{-4}} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$E = 45172 \text{ V/m}$$

g) Die Zeitkonstante eines RC-Gliedes ist das Produkt aus Widerstand und Kapazität. Sie gibt die Zeit an, die verstreicht, bis die Spannung am Kondensator 63% der Ladespannung erreicht hat.

h) *Vorgehen:*

- Grundformel für die Zeitkonstante anschreiben

$$\tau = C \cdot R$$

- Formel nach C umstellen

$$C = \frac{\tau}{R}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$C = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{330 \cdot 10^3} \frac{\text{As}}{\text{V}}$$

$$C = 0,1515 \mu\text{F}$$

i) *Vorgehen:*

- Schaltbild aufzeichnen

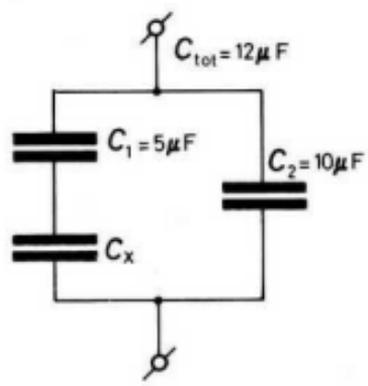


Bild zu 26 i

1. Schritt: Berechnung des Serienzweiges C_s

- Formel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen

$$C_s = C_{\text{tot}} - C_2$$
$$C_s = 12 - 10 = 2 \mu\text{F}$$

2. Schritt: Berechnung der unbekanntenen Kapazität

- Formel für die Serieschaltung anschreiben

$$C_s = \frac{C_x \cdot C_1}{C_x + C_1}$$

- Formel nach C_x umstellen

$$C_x = \frac{C_s \cdot C_1}{C_1 - C_s}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$C_x = \frac{2 \cdot 5}{5 - 2}$$

$$C_x = 3,33 \mu\text{F}$$

k) Vorgehen:

- Grundformel für U anschreiben

$$U = \frac{Q}{C}$$

- Schlussfolgerung ziehen:

Wenn bei gleichbleibender Ladung die Kapazität halbiert wird, muss die Spannung am Kondensator auf den doppelten Wert ansteigen.

Die Spannung steigt auf 200 V an.

l) Vorgehen:

- Schaltbild aufzeichnen.

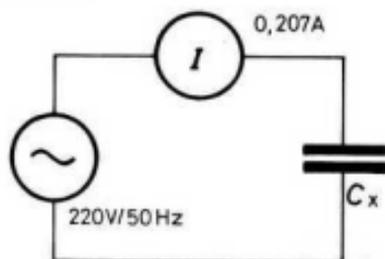


Bild zu 26 I

- Grundformel für kapazitiven Blindwiderstand anschreiben

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

- Formel nach C umstellen

$$C = \frac{1}{\omega X_c}$$

– Formel für X_c anschreiben

$$X_c = \frac{U}{I}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$X_c = \frac{220}{0,207}$$

$$X_c = 1063 \Omega$$

– Blindwiderstandswert in Formel für C einsetzen und ausrechnen

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 1063}$$

$$C = 3 \mu\text{F}$$

- m) Der Metallpapierkondensator ist selbstheilend. Ein Spannungsdurchschlag vermag ihn nicht zu zerstören, die Durchschlagsstelle regeneriert sich selbst. Bei gleichen elektrischen Daten sind seine Abmessungen kleiner.
- n) Elektrolytkondensatoren dürfen nur an Gleichspannung betrieben werden, wobei die Polarität und die Welligkeit dieser Spannung zu beachten sind.

Die Prüfungsaufgaben haben Ihnen gezeigt, wie gut Sie über den Kondensator Bescheid wissen. Sie haben ein Bauelement kennen gelernt, das in der gesamten Technik eine entscheidende Rolle spielt. Die Kenntnisse über Aufbau und Arbeitsverhalten von Kapazitäten gehören zum elementaren Rüstzeug des Fachmannes. Beschäftigen Sie sich auf gar keinen Fall mit dem folgenden Kapitel, wenn Sie mit der Lösung der Repetitionsaufgaben Mühe hatten. Arbeiten Sie den Stoff so lange durch, bis Ihnen alle Zusammenhänge klar sind. Wenn Sie sich jetzt mit Halbwissen zufrieden geben, werden Sie später den Anschluss an den Stoff verpassen.

27. Was wissen Sie schon über Spulen?

Antworten zu den Fragen a bis g (Seite 172)

- a) Im einfachsten Fall besteht eine Spule aus einer freitragenden Wicklung; meistens sind die Wicklungen jedoch auf einem Spulenkörper angebracht. Hochfrequenzspulen haben oft einen Ferritkern, während Niederfrequenzspulen einen Kern aus lamelliertem Eisen aufweisen.
- b) Die Induktivität von Spulen wird in Henry gemessen. ($H = \text{Vs A}^{-1}$)
- c) Im Gleichstromkreis wirkt, vom Einschaltmoment abgesehen, nur der ohmsche Widerstand der Spulenwicklung.
- d) Im Wechselstromkreis wirkt die Spule wie ein Widerstand, dessen Wert mit der Frequenz und der Induktivität proportional ansteigt.
- e) Wir unterscheiden zwischen Luftspulen und Spulen mit (meist) ferromagnetischem Kern. Luftspulen werden vorzugsweise in Hochfrequenzkreisen als Schwingkreiselement oder als Drosselspule verwendet. Spulen mit ferro-

magnetischem Kern sind sowohl in der Hochfrequenz- wie in der Niederfrequenztechnik anzutreffen: Ferritkerne (je nach Qualität) in der Hochfrequenz bis zu Tonfrequenz, lamellierte Eisenkerne bei Niederfrequenz oder in Siebkreisen.

Variometer sind Spulen mit kontinuierlich einstellbarer Induktivität.

- f) Der Eisenkern erhöht die Induktivität der Spule.
- g) Ein magnetisches Feld ist der Wirkungsbereich magnetischer Kraftlinien.

Bewertung:

7 oder 6

richtige Antworten:

Sehr gut. Sie wissen schon recht viel über Induktivitäten. Der folgende Stoff dürfte Ihnen keine Schwierigkeiten bereiten.

5 oder 4

richtige Antworten:

Sie haben schon recht gute Vorkenntnisse. Der Inhalt des folgenden Abschnittes wird Ihnen helfen, Ihre Kenntnisse zu vertiefen.

3 richtige

Antworten:

Sie verfügen über eine gewisse Grundlage. Arbeiten Sie den folgenden Abschnitt schrittweise gründlich durch. Die Spule ist nebst dem Kondensator eines der wichtigsten Elemente der modernen Nachrichtentechnik und der Elektronik. Fundierte Kenntnisse über deren Aufbau und Arbeitsverhalten sind für das Verständnis der Schaltungstechnik unerlässlich.

2 bis 0

richtige Antworten:

Die Fragen a, f und g müssen Sie richtig beantworten können, wenn Sie den Inhalt des Kapitels über den Magnetismus richtig verarbeitet haben. Das Verhalten der Spule im Gleich- und Wechselstromkreis kann nur verstanden werden, wenn die Grundlagen über den Magnetismus als Basis vorhanden sind. Studieren Sie die entsprechenden Unterlagen noch einmal, bevor Sie weiterfahren.

28. Repetitionsaufgaben zu «III. Spulen»

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 196)

a) *Vorgehen:*

- Dimensionierungsformel für Luftspulen anschreiben:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot N^2}{l}$$

- Formel nach N^2 umstellen

$$N^2 = \frac{L \cdot l}{\mu_0 \cdot \pi \cdot r^2}$$

- Gleichung radizieren

$$N = \sqrt{\frac{L \cdot l}{\mu_0 \cdot \pi \cdot r^2}}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$N = \sqrt{\frac{0,6 \cdot 0,12}{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}}$$

$$[N] = \frac{Vs \cdot m \cdot A \cdot m}{A \cdot Vs \cdot m^2} = 1$$

$$N = 6754 \text{ Wdg}$$

b) Vorgehen:

- Grundformel für die induzierte Spannung anschreiben:

$$U = \frac{\Delta I}{\Delta t} \cdot L$$

- Gleichung nach L umstellen

$$L = \frac{U}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = \frac{U \cdot \Delta t}{\Delta I}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$L = \frac{50 \cdot 0,7}{5}$$

$$[L] = \frac{Vs}{A} = H$$

$$L = 7 H$$

c) Vorgehen:

- Schaltung zeichnen



Bild zu 28 c

- Grundformel für Zeitkonstante anschreiben

$$\tau = \frac{L}{R}$$

- Formel nach L umstellen

$$L = \tau \cdot R$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$L = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 10^3 \text{ s} \cdot \frac{V}{A}$$

$$L = 1,6 H$$

d) Vorgehen:

- Schaltbild zeichnen:

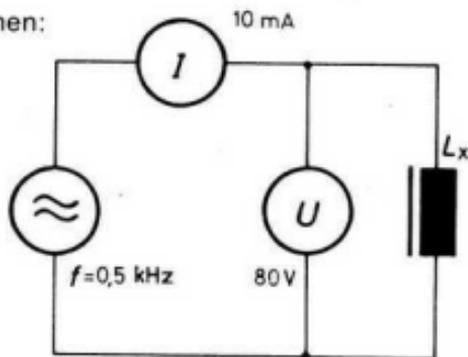


Bild zu 28d

1. Schritt: Berechnen des Blindwiderstandes

- Grundformel anschreiben:

$$X_L = \frac{U}{I}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$X_L = \frac{80}{10 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$X_L = 8 \text{ k}\Omega$$

2. Schritt: Bestimmen der Induktivität L

- Grundformel anschreiben

$$X_L = \omega \cdot L$$

- nach L umstellen

$$L = \frac{X_L}{\omega}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$L = \frac{8 \cdot 10^3}{6,28 \cdot 500} \frac{\text{V}}{\text{A} \cdot \text{s}}$$

$$L = 2,546 \text{ H}$$

e) Vorgehen:

1. Schritt: Berechnen des Blindwiderstandes der Spule L_1

- Grundformel anschreiben

$$X_{L_1} = \omega \cdot L_1$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$X_L = 6,28 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \frac{\text{V}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$$

$$X_L = 18,84 \text{ k}\Omega$$

2. Schritt: Berechnung von I_2

- Grundformel anschreiben

$$I_2 = \frac{U}{X_{L_1}}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$I_2 = \frac{20}{18,84 \cdot 10^3}$$

$$I_2 = 1,062 \text{ mA}$$

3. Schritt: Berechnung von I_3

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$I_3 = I_1 - I_2$$
$$I_3 = 4 \cdot 10^{-3} - 1,062 \cdot 10^{-3}$$

$$I_3 = \mathbf{2,938 \text{ mA}}$$

4. Schritt: Berechnen von X_{L_2}

- Grundformel anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$X_{L_2} = \frac{U}{I_3}$$

$$X_{L_2} = \frac{20}{2,938 \cdot 10^{-3}}$$

$$X_{L_2} = \mathbf{6,81 \text{ k}\Omega}$$

5. Schritt: Berechnung von L_2

- Grundformel anschreiben
- nach L_2 umstellen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$X_{L_2} = \omega L_2$$

$$L_2 = \frac{X_{L_2}}{\omega}$$

$$L_2 = \frac{6,81 \cdot 10^3}{6,28 \cdot 2 \cdot 10^3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$$

$$L_2 = \mathbf{0,542 \text{ H}}$$

Haben Sie die Prüfungsaufgaben fehlerfrei gelöst? Wenn Ihnen die Lösung der Aufgaben gelungen ist, dann haben Sie das Rüstzeug, um mit gutem Gewissen den folgenden Stoff in Angriff zu nehmen. Wir werden uns im Rahmen der nächsten Kapitel mit Serie- und Parallelschaltung von Blind- und Wirkwiderständen befassen.

29. Was wissen Sie schon über die Serieschaltung von Blind- und Wirkwiderständen?

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 197)

- a) Der Wechselstromwiderstand eines verlustfreien Kondensators wird als «kapazitiver Blindwiderstand» bezeichnet.
- b) Der Wechselstromwiderstand einer verlustfreien Induktivität wird als «induktiver Blindwiderstand» bezeichnet.
- c) Im Kondensator eilt der Strom der Spannung um 90° voraus.
- d) In der Spule eilt der Strom der Spannung um 90° nach.
- e) Nein. Wirk- und Blindwiderstände einer Serieschaltung müssen geometrisch addiert werden.
- f) Der Wechselstromwiderstand einer Schaltung, die aus Wirk- und Blindwiderständen besteht, heisst «Impedanz».
- g) Blindleistung ist das Produkt aus Strom und Spannung, die an einem Blindwiderstand gemessen werden. Blindleistung leistet keine Arbeit, es wird keine Energie verbraucht.
- h) Der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ dient der Berechnung der Wirkleistung einer Impedanz. Die Wirkleistung entspricht dem Produkt aus Scheinleistung und Leistungsfaktor. Unter Scheinleistung versteht man die von der Impedanz scheinbar aufgenommene Leistung d. h. das Produkt von Strom und Spannung.

Bewertung:

7 bis 8

richtige Antworten:

Sehr gut. Sie haben sich schon mit den Problemen der Schaltungen von Wechselstromkreisen befasst. Legen Sie beim Studium des folgenden Stoffes das Schwergewicht auf die Darstellung in der Gaußschen Zahlenebene und lösen Sie eigene Beispiele, um sich in dieser Darstellungsart zu schulen.

6 richtige

Antworten:

Sie haben sich schon mit gemischten Schaltungen in Wechselstromkreisen beschäftigt. Diese Vorbildung wird Ihnen beim Studium der folgenden Materie von Nutzen sein. Bedenken Sie jedoch, dass es sich hierbei um grundlegende Probleme handelt. Diese werden Ihnen in gleicher oder ähnlicher Form immer wieder entgegentreten. Sie müssen sich über die Vorgänge in Wechselstromkreisen ein klares Bild machen. Unsicherheiten haben Sie durch mehrmaliges gründliches Durcharbeiten des Stoffes zu beseitigen.

0 bis 5

richtige Antworten:

Sie schaffen sich jetzt die Grundlagen für das Verständnis der Technik des Wechselstromes. Ihnen fehlen die sauberen Grundlagen für das Studium des folgenden Abschnittes. Die Fragen a, b, c,

d und g müssen Sie beantworten können, diese Probleme wurden in früheren Abschnitten behandelt. Die Frage e sollten Sie auf Grund logischer Überlegungen richtig lösen können. Es lohnt sich nicht, das Studium fortzusetzen, wenn elementare Grundlagen fehlen. Eignen Sie sich vorerst das fehlende Wissen an, indem Sie den bis dahin behandelten Stoff noch einmal überarbeiten.

30. Repetitionsaufgaben zu «IV. Serieschaltung von Wirk- und Blindwiderständen».

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 223)

- a) Der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ erlaubt die Berechnung der Wirkleistung einer Impedanz, wenn die Scheinleistung bekannt ist. Die Wirkleistung ergibt sich aus dem Produkt von Scheinleistung und Leistungsfaktor $\cos \varphi$.
- b) Der Sinus des Phasenwinkels φ wird Blindleistungsfaktor genannt. Er erlaubt die Berechnung der Blindleistung einer Impedanz, wenn die Scheinleistung bekannt ist. Die Blindleistung entspricht dem Produkt aus Scheinleistung und Blindleistungsfaktor $\sin \varphi$.

c) *Scheinleistung*

Die Scheinleistung ist die Leistung, die von einer Impedanz scheinbar aufgenommen wird. Sie ist das Produkt aus Strom und Spannung. Masseneinheit $[S] = VA = \text{Volt} \times \text{Ampère}$.

Wirkleistung

Die Wirkleistung ist die Leistung, die in einer Impedanz von den Wirkwiderständen verbraucht wird. Sie ist das Produkt aus Scheinleistung und Leistungsfaktor $\cos \varphi$. Masseneinheit $[P] = \text{Watt}$

Blindleistung

Die Blindleistung ist die Leistung, die scheinbar von den Blindwiderständen aufgenommen wird. Infolge der Phasenverschiebung in den Blindwiderständen wird diese Leistung jedoch nicht verbraucht, sie leistet keine Arbeit. Sie ist das Produkt aus Scheinleistung und Blindleistungsfaktor $\sin \varphi$. Masseneinheit $[P_q] = \text{Var} = \text{Volt} \cdot \text{Ampère reaktiv}$.

- d) Die Spulengüte Q_L ist ein Mass für die Güte von Spulen. Die Spulengüte ist ein reiner Zahlenwert und entspricht dem Verhältnis von Blindwiderstand und Serieverlustwiderstand, sie ist demzufolge frequenzabhängig.
- e) Kondensatorverluste werden mit dem Verlustfaktor $\text{tg } \delta$ definiert. Er entspricht dem Tangens des Verlustwinkels δ ; dieser ist der Komplementärwinkel zum Phasenwinkel φ .

f) Vorgehen:

- Ersatzschaltbild zeichnen

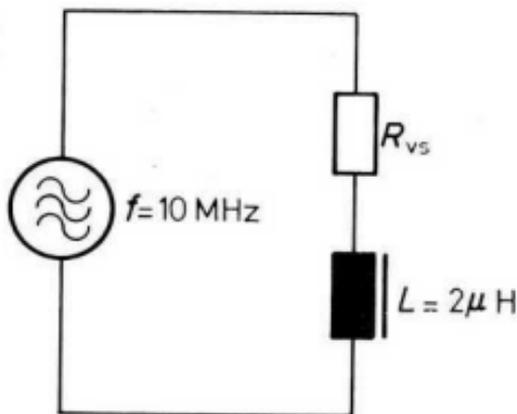


Bild zu 30 f

- Grundformel für Q_L anschreiben
- Formel nach R_{vs} umstellen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$Q_L = \frac{X_L}{R_{vs}}$$

$$R_{vs} = \frac{X_L}{Q_L}$$

$$R_{vs} = \frac{2\pi \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{80}$$

$$|R_{vs}| = \frac{V_s}{A_s} = \frac{V}{A} = \Omega$$

$$R_{vs} = 1,57 \Omega$$

g) Vorgehen:

- Ersatzschaltbild zeichnen

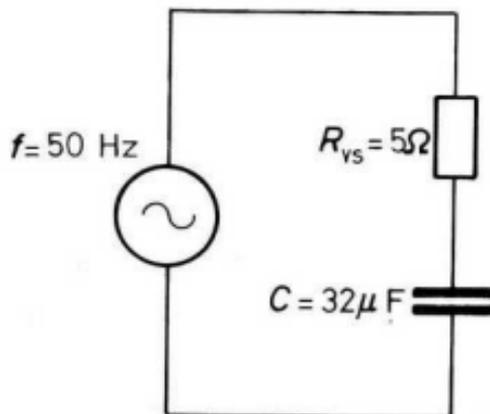


Bild zu 30 g

- Grundformel für $\text{tg } \delta$ anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$\text{tg } \delta = \omega \cdot C \cdot R$$

$$\text{tg } \delta = 2\pi \cdot 50 \cdot 32 \cdot 10^{-6} \cdot 5$$

$$[\text{tg } \delta] = \frac{1}{\text{s}} \cdot \frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot \frac{\text{V}}{\text{A}} = 1$$

$$\text{tg } \delta = \mathbf{5,03 \cdot 10^{-2}}$$

h) Vorgehen:

- 1. Schritt: Berechnen der Blindwiderstände
- Grundformel für die Blindwiderstände anschreiben

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$X_L = \omega L$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-10}}$$

$$[X_C] = \frac{\text{s} \cdot \text{V}}{\text{As}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$$

$$X_C = 663 \Omega$$

$$X_L = 2\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}$$

$$[X_L] = \frac{1}{\text{s}} \cdot \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$$

$$X_L = 377 \Omega$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

2. Schritt: Berechnen der Impedanz

- Grundformel für die Impedanz anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$|Z| = \sqrt{150^2 + (377 - 663)^2}$$

$$Z = \mathbf{323 \Omega}$$

3. Schritt: Berechnen der Leistungsfaktoren

- Grundformel für $\cos \varphi$ anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$\cos \varphi = \frac{150}{323}$$

$$\cos \varphi = \mathbf{0,464}$$

- Grundformel für $\sin \varphi$ anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$\sin \varphi = \frac{X_C - X_L}{Z}$$

$$\sin \varphi = \frac{663 - 377}{323}$$

$$\sin \varphi = \mathbf{0,885}$$

$$\varphi = \mathbf{-62^\circ}$$

- Phasenwinkel aus Tabelle

- 4. Schritt: Berechnen der Leistungen

- Grundformel für die Leistungen anschreiben

$$S = \frac{U^2}{Z}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$P_q = S \cdot \sin \varphi$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$S = \frac{220^2}{323} \text{ [S]} = \frac{V^2 \text{ A}}{V} = \mathbf{VA}$$

$$S = \mathbf{149,8 \text{ VA}}$$

$$P = 149,8 \cdot 0,464$$

$$P = \mathbf{69,5 \text{ W}}$$

$$P_q = 149,8 \cdot 0,885$$

$$P_q = \mathbf{132,6 \text{ Var}}$$

- 5. Schritt: Kontrolle der Resultate durch Berechnung der Leistung mit Hilfe des Stromes

- Formel für I anschreiben

$$I = \frac{U}{Z}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$I = \frac{220 \text{ V}}{323 \text{ } \Omega}$$

$$I = 0,681 \text{ A}$$

$$I^2 = 0,464 \text{ A}^2$$

- Formeln für die Leistungen anschreiben

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P_q = I^2 \cdot (X_C - X_L)$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$P = 0,464 \cdot 150 \frac{\text{A}^2 \text{ V}}{\text{A}}$$

$$P = 69,5 \text{ W}$$

$$P_q = 0,464 \cdot 286$$

$$P_q = 132,6 \text{ Var}$$

– 6. Schritt: Aufzeichnen des Vektordiagrammes

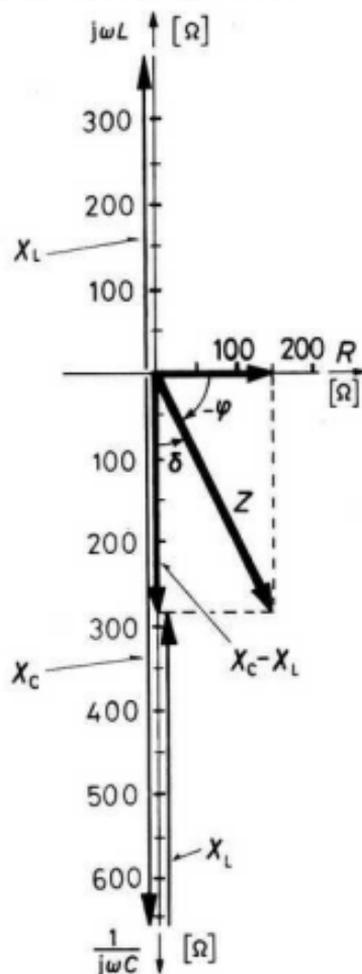


Bild zu 30 h

31. Was wissen Sie schon über die Parallelschaltung von Wirk- und Blindwiderständen?

Antworten zu den Fragen a–f (Seite 224)

a) Der $\cos \varphi$ hat in der Serie- und in der Parallelschaltung die gleiche Bedeutung. Seine Berechnung unterscheidet sich jedoch:

Serieschaltung: $\cos \varphi = \frac{\text{Serie-Wirkwiderstand}}{\text{Impedanz}}$

Parallelschaltung: $\cos \varphi = \frac{\text{Impedanz}}{\text{Parallel-Wirkwiderstand}}$

- b) Die Berechnung von Serieschaltungen basiert entweder auf den Spannungen über den einzelnen Elementen oder auf den Widerstandswerten dieser Elemente. Die Bestimmung der Parallelschaltung dagegen erfolgt über die Ströme, die durch die einzelnen Widerstände fließen oder über die Leitwerte dieser Widerstände.
- c) Ein Leitwert ist der Reziprokwert eines Widerstandes. Seine Masseinheit ist das «Siemens».
- d) Zur Berechnung der Blindleistung dieser Schaltung müssen entweder der Blindleistungsfaktor $\sin \varphi$ und die Scheinleistung oder die Spannung an der Schaltung und der Blindstrom bekannt sein.
- e) Ja, der Gütefaktor einer Spule entspricht dem tg des Phasenwinkels φ . Die Spulengüte kann deshalb für eine Seriedämpfung und für eine Paralleldämpfung definiert werden.
- f) Die Richtung von Leitwert und Widerstand ist bei reinen Widerständen gleich, wenn auch ihre Längen ungleich sind, da sie zueinander reziprok sind.
Die Richtung des Leitwertes von reinen Reaktanzen ist umgekehrt der Richtung der eigentlichen Reaktanz (Pfeil um 180° gedreht). Auch hier sind die Längen von Reaktanz und Leitwert, da reziprok, ungleich. Da die Impedanzen sich vektoriell zusammensetzen wie auch die resultierenden Leitwerte, zeigen die Leitwerte und ihre entsprechenden Impedanzen in unterschiedliche Richtungen.

Bewertung:

5 bis 6

richtige Antworten:

Sehr gut, Sie verfügen über gute Vorkenntnisse. Sollten Sie jedoch die richtigen Antworten durch logisches Überlegen gefunden haben, so dürfen Sie sich darüber freuen, weil Sie gelernt haben, von Bekanntem auf Unbekanntes zu schliessen und richtig zu kombinieren.

Weniger als 4

richtige Antworten:

Die Fragen b und f stellten höhere Anforderungen an die Kenntnisse oder an die Fähigkeit, logisch zu denken. Die übrigen Fragen sollten Sie mit dem bis dahin erworbenen Wissen beantworten können. Die Fragen a und c müssen Sie beantworten können, sie wurden bereits behandelt. Die Antwort auf die Fragen d und e sollten Sie finden, wenn Sie in der Lage sind, logisch zu denken und bereits angeeignetes Wissen richtig einzusetzen. Prüfen Sie die gemachten Fehler und überarbeiten Sie den Stoff der Ihnen Schwierigkeiten bereitet nochmals, bevor Sie das neue Kapitel in Angriff nehmen.

32. Repetitionsaufgaben zu «V. Parallelschaltung von Wirk- und Blindwiderständen.

Antworten zu den Fragen a bis g (Seite 241)

- a) Die Richtung des Blindleitwertvektors wird durch die Richtung des entsprechenden Stromes bestimmt.
- b) Siehe Aufgabe a der Einführungsfragen. (Seite 461)
- c) Der induktive Blindleitwert entspricht dem Reziprokwert des induktiven Blindwiderstandes.
- d) Der kapazitive Blindleitwert entspricht dem Reziprokwert des kapazitiven Blindwiderstandes.
- e) *Vorgehen:*
 - Aufzeichnen der Schaltung

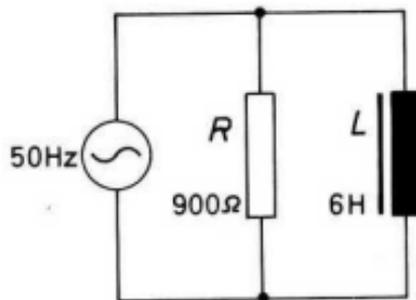


Bild zu 32 e

1. Schritt: Berechnen der Leitwerte

– Grundformel anschreiben

$$G = \frac{1}{R}$$

$$B_L = \frac{1}{\omega \cdot L}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$G = \frac{1}{900}$$

$$G = 1,11 \text{ mS}$$

$$B_L = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 6}$$

$$B_L = 0,531 \text{ mS}$$

2. Schritt: Zeichnen des Vektordiagrammes

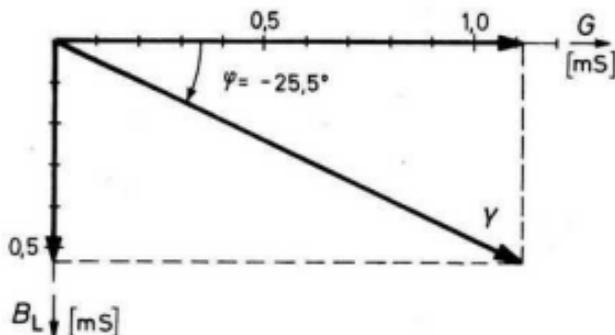


Diagramm zu 32 e

3. Schritt: Berechnen der Impedanz

– Grundformel anschreiben

$$Y = \sqrt{G^2 + B_L^2}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{G^2 + B_L^2}}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$Z = \frac{1}{\sqrt{1,11^2 \cdot 10^{-6} + 0,531 \cdot 10^{-6}}}$$

$$Z = \mathbf{812 \Omega}$$

4. Schritt: Berechnung des Leistungsfaktors $\cos \varphi$

– Grundformel anschreiben

$$\cos \varphi = \frac{Z}{R}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$\cos \varphi = \frac{812}{900}$$

$$\cos \varphi = \mathbf{0,902}$$

5. Schritt: Zusammenstellung der Resultate und Überprüfung mit Hilfe des Vektordiagramms

$$Z = \mathbf{812 \Omega}$$

$$\cos \varphi = \mathbf{0,902}$$

Das Zeigerdiagramm ergibt einen Phasenwinkel von $25,5^\circ$, die Kontrolle mit dem Rechenschieber ergibt für diesen Winkel einen \cos von 0,902. Damit hat die graphische Darstellung die rechnerische Lösung bestätigt.

f) Vorgehen:

– Aufzeichnen der Schaltung

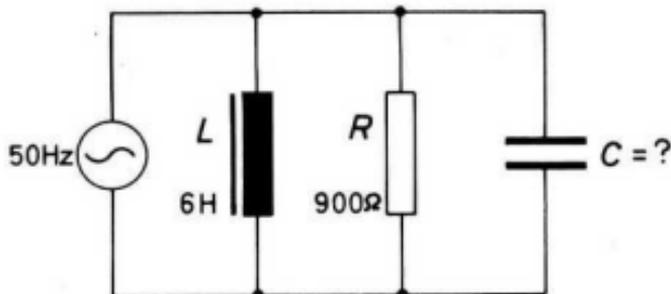


Bild zu 32 f

1. Schritt: Aufstellen der Bedingung für die Lösung

– Bedingung: Um den Einfluss des induktiven Blindwiderstandes zu kompensieren, muss der kapazitive Blindwiderstand den gleichen Wert aufweisen.

– Bedingungsformel anschreiben:

$$X_C = X_L \text{ daraus folgt } B_C = B_L$$

– Bestimmungsgleichungen für B_C einsetzen

$$\omega C = 0,531 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

– nach C umstellen

$$C = \frac{0,531 \cdot 10^{-3}}{\omega}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$C = \frac{0,531 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \pi \cdot 50}$$

$$C = 1,69 \mu\text{F}$$

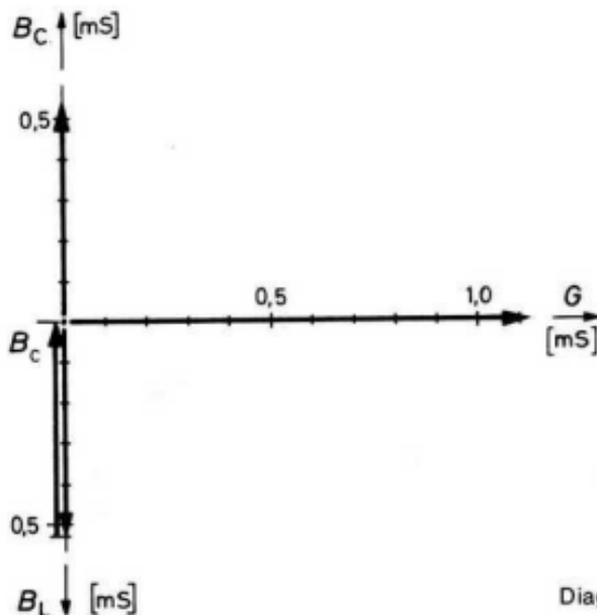


Diagramm zu 32 f

g) Vorgehen:

1. Schritt: Berechnen der Leitwerte

– Grundformeln anschreiben

$$G = \frac{1}{R}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $G = \frac{1}{30}$

$$G = 33,3 \text{ mS}$$

$$B_L = \frac{1}{\omega L} \quad [B_L] = \frac{\text{sA}}{\text{Vs}} = \text{S}$$

$$B_L = \frac{1}{2\pi \cdot 0,6 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}$$

$$B_L = 10,61 \text{ mS}$$

$$B_C = \omega C \quad [B_C] = \frac{\text{As}}{\text{V}\cdot\text{s}} = \text{S}$$

$$B_C = 2\pi \cdot 0,6 \cdot 10^{-5}$$

$$B_C = 37,7 \text{ mS}$$

2. Schritt: Berechnen der Impedanz

– Grundformel anschreiben

$$|Z| = \frac{1}{\sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2}}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$|Z| = \frac{1}{\sqrt{33,3^2 \cdot 10^{-6} + (37,7 \cdot 10^{-3} - 10,61 \cdot 10^{-3})^2}}$$

$$|Z| = \mathbf{23,3 \Omega}$$

3. Schritt: Berechnung des Leistungsfaktors und des Blindleistungsfaktors

– Grundformeln anschreiben

$$\cos \varphi = \frac{Z}{R}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $\cos \varphi = \frac{23,3}{30}$

$$\cos \varphi = \mathbf{0,777}$$

$$\sin \varphi = Z \cdot (B_C - B_L)$$

$$\sin \varphi = 23,3 \cdot (37,7 \cdot 10^{-3} - 10,61 \cdot 10^{-3})$$

$$\sin \varphi = \mathbf{0,631}$$

4. Schritt: Berechnen der Leistungen

– Grundformeln anschreiben

$$S = \frac{U^2}{Z}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$S = \frac{20^2}{23,3} [S] = \frac{V \cdot V \cdot A}{V} = VA$$

$$S = 17,18 VA$$

– Grundformel anschreiben

$$P_q = S \cdot \sin \varphi$$

Kontrollen:

$$P_q = U^2 \cdot (B_C - B_L)$$

– Zahlenwerte einsetzen
und ausrechnen

$$P_q = 17,18 \cdot 0,631$$

$$P_q = 20^2(37,7 - 10,61) \cdot 10^{-3}$$

$$P_q = 10,84 \text{ Var}$$

$$P_q = 10,84 \text{ Var}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = 17,18 \cdot 0,777$$

$$P = \frac{20^2}{30}$$

$$P = 13,35 \text{ W}$$

$$P = 13,33 \text{ W}$$

5. Schritt: Zusammenstellen der Resultate und Überprüfung mit Hilfe des Vektordiagramms

$$Z = 23,3 \text{ Ohm}$$

$$S = 17,18 \text{ VA}$$

$$P = 13,35 \text{ W}$$

$$P_q = 10,84 \text{ Var}$$

$$\cos \varphi = 0,777$$

$$\sin \varphi = 0,631$$

Das Vektordiagramm ergibt einen Phasenwinkel von 39° . Dieser Winkel stimmt mit den errechneten cos- und sin-Werten überein. Die Richtigkeit der Impedanzberechnung ist dadurch mit Hilfe der graphischen Darstellung bestätigt worden.

Die Prüfungsaufgaben dienen Ihrer Selbstkontrolle. Sie beweisen Ihnen, wie gut Sie die Materie begriffen haben. Der Stoff wird immer anspruchsvoller. Gehen Sie erst zum nächsten Abschnitt über, wenn Ihnen die Prüfungsaufgaben keine Schwierigkeiten bereiten.

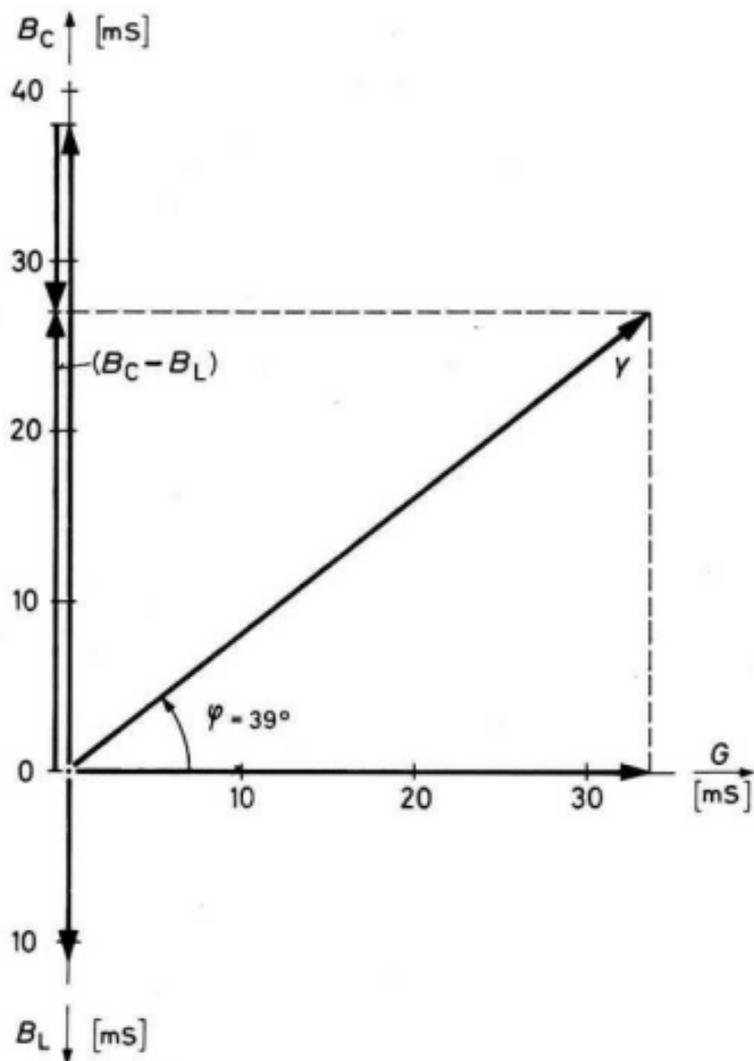


Bild zu 32 g

33. Was wissen Sie schon über den Transformator?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 242)

- Ein Niederfrequenztransformator besteht aus einem lamellierten Eisenkern, einer Sekundär- und einer Primärwicklung.
- Der Netztransformator hat in elektrischen Geräten die Speisespannungen aus der meist anderen Netzspannung zu gewinnen.
- Das Spannungsübersetzungsverhältnis des Transformators wird durch das Verhältnis der Windungszahlen bestimmt. Dieses wird Übersetzungsverhältnis genannt und ist dem Spannungsübersetzungsverhältnis proportional.
- Die Lamellierung des Transformatorkerneln hält die Wirbelstromverluste gering.
- Der Eisenkern erhöht die Induktivität der Wicklungen. Er sorgt für eine enge Kopplung und erhöht den Wirkungsgrad des Übertragers.
- Hochfrequenztransformatoren werden oft ohne Eisenkern gebaut. Die notwendige Spuleninduktivität und die erforderliche Kopplung lassen sich ohne Eisenkern erreichen.

Bewertung

5 bis 6

richtige Antworten:

Sehr gut, Sie haben schon einiges über Transformatoren gehört. Übertrager sind für Sie keine unbekanntenen Bauelemente mehr. Der folgende Stoff wird Sie tiefer in das Wesen der Transformatoren einführen.

3 bis 4

richtige Antworten:

Sie verfügen über recht gute Vorkenntnisse. Diese werden Ihnen das Durcharbeiten des folgenden Stoffes erleichtern.

Weniger als 3

richtige Antworten:

Frage d sollten Sie beantworten können, da dieses Problem bereits im Kapitel über Induktivitäten behandelt wurde. Frage e sollten Sie aufgrund Ihrer Kenntnisse über Induktivitäten und durch logisches Überlegen lösen können. Überarbeiten Sie den Abschnitt über Induktivitäten nochmals gründlich, sein Inhalt wird für das richtige Verständnis des Transformators vorausgesetzt.

34. Repetitionsaufgaben zu «VI. Der Transformator»

Antworten zu den Fragen a bis g (Seite 265)

- Bei diesem Transformator sind 95% des Primärflusses in der Sekundärwicklung wirksam.

b) *Vorgehen:*

– Grundformel anschreiben:

$$\sigma = 1 - k^2$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$\sigma = 1 - 0,92^2$$

$$\sigma = 0,1536$$

c) *Vorgehen:*

– Grundformel anschreiben

$$M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$M = 0,6 \cdot \sqrt{5 \cdot 3}$$

$$M = 2,323 \text{ H}$$

d) Der Eisenquerschnitt des Transformators wird für einen bestimmten Fluss durch die zu übertragende Leistung und die Frequenz bestimmt. Zur Berechnung des notwendigen Querschnittes müssen ausser der Leistung und der Frequenz noch die magnetische Induktion, die Stromdichte im Leiter und das Verhältnis von Kupfer zu Eisengewicht bekannt sein. Diese zusätzlichen Daten sind jedoch für die meisten Transformatoren gegeben, so dass der Querschnitt nur noch durch die Leistung und die Frequenz bestimmt wird.

e) Die Sekundärspannung entspricht in bezug auf die Phasenlage der Gegeninduktionsspannung; diese ist der Erregerspannung – beim Transformator also der Primärspannung – immer entgegengesetzt.

f) Die Vorteile des Spartransformators sind die geringeren Eisen- und Drahtquerschnitte bei gleicher Leistung gegenüber dem Trafo mit Sekundärwicklung. Der grosse Nachteil des Autotransformators ist die fehlende galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärspannung.

g) *Vorgehen:*

– Grundformel für das Übersetzungsverhältnis anschreiben

$$\tilde{u} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

– nach Z_1 umstellen

$$Z_1 = \frac{N_1^2}{N_2^2} \cdot Z_2$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$Z_1 = \left(\frac{4000}{100}\right)^2 \cdot 5$$

$$Z_1 = 8 \text{ k}\Omega$$

$$\tilde{u} = 40$$

Vergessen Sie nicht, dass die Repetitionsaufgaben einen doppelten Zweck erfüllen. Sie dienen dem Schüler einerseits als Repetition des Stoffes, andererseits geben sie ihm Auskunft über den Stand seines Wissens.

35. Was wissen Sie schon über den Serieschwingkreis?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 267)

- Der Serieschwingkreis besteht aus einem Kondensator und einer Spule.
- Die Resonanzfrequenz ist diejenige Betriebsfrequenz eines Schwingkreises, für welche der kapazitive und der induktive Blindwiderstand gleich gross sind. Der Schwingkreis wirkt im Resonanzfall wie ein ohmscher Widerstand.
- Die Spulengüte ist für das Verhalten des Schwingkreises wesentlich. Je grösser ihr Wert, desto kleiner wird die Bandbreite.
- Die Kondensatorverluste sind sehr viel kleiner als die Spulenverluste, sie fallen deshalb für die Bestimmung der Kreisverluste meist nicht in Betracht.
- Serieschwingkreise werden überall dort verwendet, wo es darum geht, eine unerwünschte Frequenz kurzzuschliessen. Werden Seriekreise als Koppellemente zwischen zwei Baugruppen verwendet, so übertragen sie nur die Resonanzfrequenz. Jede Antenne lässt sich als Seriekreis darstellen.
- Schwingkreise weisen ihre typischen Eigenschaften in der Umgebung der Resonanzfrequenz auf. Der Sonderfall der Resonanz besteht darin, dass für die Resonanzfrequenz der induktive und der kapazitive Blindwiderstand der Schaltung gleich gross sind.

Bewertung

5 bis 6

richtige Antworten:

Sehr gut, der Schwingkreis ist für Sie kein Neuling mehr. Sie verfügen über gute Grundlagen, die es Ihnen erlauben, ohne Schwierigkeiten tiefer in das Wesen des Schwingkreises einzudringen.

3 bis 4

richtige Antworten:

Gut, Sie haben den Stoff über die Serie- und Parallelschaltung gut verarbeitet. Der folgende Teil über Schwingkreise dürfte Ihnen keine Mühe bereiten.

weniger als 3

richtige Antworten:

Die Fragen a, c und d sollten Sie richtig beantworten können. Die Probleme wurden anlässlich der Behandlung der Serie- und Parallelschaltung von Blind- und Wirkwiderständen gestreift. Sie dürfen nur mit dem Studium der Schwingkreise beginnen, wenn Ihnen die Vorgänge in Parallel- und Serie-schaltung von Wirk- und Blindwiderständen geläufig sind.

36. Repetitionsaufgaben zu «VII. der Serieschwingkreis»

Antworten zu den Fragen a bis g (Seite 280)

- Im Resonanzfall heben sich der kapazitive und der induktive Blindwiderstand infolge der Phasenverschiebung von 180° zwischen ihnen gegenseitig auf. Wirksam bleibt nur noch der ohmsche Serieverlustwiderstand.

b) *Vorgehen:*

- Resonanzbedingung anschreiben
- Werte einsetzen
- ω_o isolieren
- Quadratwurzel ziehen
- f_o isolieren

$$X_L = X_C$$
$$\omega_o L = \frac{1}{\omega_o C}$$
$$\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$$
$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

c) *Vorgehen:*

1. Schritt: Berechnen der Kapazität

- Schwingkreisformel anschreiben
- \sqrt{LC} isolieren
- Gleichung quadrieren
- C isolieren
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$
$$\frac{1}{2\pi f_o} = \sqrt{LC}$$
$$\frac{1}{4\pi^2 f_o^2} = LC$$
$$C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_o^2 \cdot L} \quad [C] = \frac{s^2 A}{Vs} = \frac{As}{V}$$
$$C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 25 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}$$
$$C = 5,06 \text{ nF}$$

2. Schritt: Berechnen der Kreisgüte

- Grundformel für Q anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$Q = \frac{\omega_o L}{R_v}$$
$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{7} \frac{Vs A}{As V}$$
$$Q = 89,7$$

3. Schritt: Berechnen der Bandbreite

- Grundformel für b anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$b = \frac{f_o}{Q}$$
$$b = \frac{50 \cdot 10^3}{89,7}$$
$$b = 557 \text{ Hz}$$

d) *Vorgehen:*

1. Schritt: Berechnen der Resonanzfrequenz

- Grundformel für b anschreiben
- nach f_o umstellen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$b = \frac{f_o}{Q}$$

$$f_o = b \cdot Q$$

$$f_o = 2 \cdot 10^3 \cdot 100$$

$$f_o = 200 \text{ kHz}$$

2. Schritt: Berechnen der Blindwiderstände für den Resonanzfall

- Resonanzbedingung anschreiben
- Grundformel für X_C anschreiben
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$X_L = X_C$$

$$X_C = X_L = QR_v$$

$$X_C = 100 \cdot 4$$

$$X_C = 400 \Omega$$

3. Schritt: Berechnen der Kreiskapazität

- Grundformel für X_C anschreiben
- C isolieren
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$X_C = \frac{1}{\omega_o C}$$

$$C = \frac{1}{\omega_o X_C}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot 400}$$

$$C = 1,99 \text{ nF}$$

e)

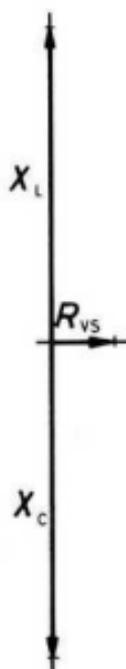


Bild zu 36 e

- f) Die Kreisgüte entspricht praktischer der Spulengüte, weil die kapazitiven Verluste gegenüber den Spulenverlusten vernachlässigt werden können. (In der Regel sind sie wesentlich mehr als eine Grössenordnung kleiner!)
- g) Die Bandbreite ist ein Qualitätsmerkmal des Schwingkreises. Je kleiner die Bandbreite bei gleichbleibender Resonanzfrequenz sein soll, desto höher muss die Güte des Kreises sein. Die Kreisgüte wird ausgedrückt durch den Quotienten aus Resonanzfrequenz und Bandbreite.

Falls Ihnen die Lösung der Repetitionsaufgaben keine Schwierigkeiten gemacht hat, dürfen Sie sich dem folgenden Abschnitt zuwenden. Sollte Ihnen die Bearbeitung der gestellten Probleme jedoch etwelche Mühe bereitet haben, so dürfen Sie nicht weiterlesen, bevor nicht alle Unklarheiten aus dem Wege geräumt sind.

37. Was wissen Sie schon über den Parallelschwingkreis?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 282)

- a) Der Parallelschwingkreis besteht aus einer Spule und einem Kondensator, die parallel geschaltet sind.
- b) Ja, die Güte spielt für die Qualität des Parallelschwingkreises eine Rolle.
- c) Ja, die Thomsonsche Schwingkreisformel gilt auch für den Parallelschwingkreis. Für Kreise mit sehr schlechter Güte stimmt die mit der Thomson-Formel errechnete Frequenz jedoch nicht ganz genau. Für die in der Praxis vorkommenden Kreise ist der Fehler jedoch so gering, dass er vernachlässigt werden kann.
- d) Parallelkreise dienen zum Herausfiltern einer bestimmten Frequenz aus einem Frequenzspektrum. Sie können aber auch zum Sperren einer bestimmten Frequenz verwendet werden, in diesem Fall spricht man von einem Sperrkreis. In Sendern werden Parallelschwingkreise als frequenzbestimmende Elemente gebraucht, ähnlich der Stimmgabel in einem Stimmgabelgenerator.
- e) Ja, die Spulengüte hat für den Parallelkreis dieselbe Bedeutung wie für den Seriekreis. Je besser die Spulengüte, desto geringer die Bandbreite.

Bewertung:

Sie sollten in der Lage sein, zu jeder Frage dem Sinn nach die richtige Antwort zu geben. Der Parallelschwingkreis hat so viel Gemeinsames mit dem Serieschwingkreis, dass wenigstens eine teilweise Beantwortung der Fragen nicht schwer fallen dürfte. Wir wollen deshalb von einer eigentlichen Bewertung absehen.

38. Repetitionsaufgaben zu «VIII. Der Parallelschwingkreis»

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 301)

- a) Der Parallelschwingkreis weist im Resonanzfall seine höchste Impedanz auf, der Seriekreis dagegen seine tiefste.

- b) Die Güte des Parallelkreises entspricht dem Quotienten aus Parallelverlustwiderstand und induktivem Blindwiderstand im Resonanzfall.
- c)

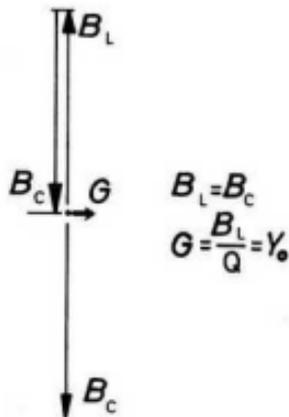


Bild zu 38 c

- d) Im Resonanzfall sind die Blindströme im Kreis Q mal grösser als der Wirkstrom.

e) *Vorgehen:*

- Grundformel für Q anschreiben
- nach R_{vp} umstellen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$Q = \frac{R_{vp}}{X_L}$$

$$R_{vp} = Q \cdot X_L$$

$$R_{vp} = 230 \cdot 1200$$

$$R_{vp} = \mathbf{276 \text{ k}\Omega}$$

- f) Der Parallelkreis wirkt kapazitiv. Das Ersatzschaltbild besteht somit aus einer Kapazität mit parallel geschaltetem Verlustwiderstand.

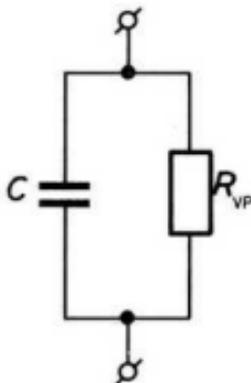


Bild zu 38 f

g) Vorgehen:

– Grundformel für b anschreiben

$$b = \frac{f_o}{Q}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$b = \frac{600}{250}$$

$$b = 2,4 \text{ kHz}$$

h) Vorgehen:

– Grundformel für die Frequenz
anschreiben

$$f_o = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

– C isolieren

$$\frac{1}{f_o} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{LC} \text{ daraus } \frac{1}{2\pi f_o} = \sqrt{LC} \text{ daraus}$$

$$\frac{1}{4\pi^2 f_o^2} = LC \text{ daraus } C = \frac{1}{4\pi^2 f_o^2 L}$$

– Zahlenwerte einsetzen
und ausrechnen

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 2,8^2 \cdot 10^{12} \cdot 30 \cdot 10^{-6}}$$

$$C = 107,7 \text{ pF}$$

Bewertung:

Die Repetitionsaufgaben haben Ihnen nochmals den Unterschied zwischen dem Arbeitsverhalten des Parallel- und des Serienschwingkreises vor Augen geführt. Der Schwingkreis ist eines der wichtigsten Elemente der Nachrichtentechnik. Nur wer seine Funktionsweise einwandfrei verstanden hat, kann sich in einem späteren Zeitpunkt eine richtige Vorstellung von der Wirkungsweise der einzelnen Gerätestufen machen.

Wer für die Beantwortung der Repetitionsaufgaben in Schwierigkeiten geraten ist, muss unbedingt den Stoff über den Serie- und den Parallelschwingkreis noch einmal durcharbeiten. Die im folgenden Abschnitt erläuterten Bandfilter setzen das Verständnis der Schwingkreise voraus.

39. Was wissen Sie schon über Bandfilter?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 303)

a) Das Bandfilter weist eine grössere Flankensteilheit auf als der Einzelkreis. Seine Bandbreite lässt sich durch Verändern des Kopplungsgrades variieren.

- b) Die Bandbreite des Einzelkreises wird durch die Resonanzfrequenz und die Kreisgüte bestimmt, sie entspricht dem Quotienten aus Resonanzfrequenz und Güte.

$$b = \frac{f_0}{Q}$$

- c) Man unterscheidet für Bandfilter drei Kopplungsarten:
- Induktive Kopplung
 - Kapazitive Kopplung
 - Galvanische Kopplung
- d) Werden an die Durchlasskurven von Bandfiltern grössere Anforderungen gestellt, so genügen zweikreisige Filter nicht mehr, es werden dann mehrkreisige Filter gebaut.
- e) Induktive Kopplung ist eine Kopplungsart, bei welcher die Energieübertragung vom Primärkreis auf den Sekundärkreis über ein gemeinsames Magnetfeld oder über eine Kopplungsspule erfolgt.

Bewertung:

Die Frage b müssen Sie einwandfrei selbständig beantworten können. Von der Frage e sollte Ihnen vom Transformator her die Kopplung über das gemeinsame Magnetfeld geläufig sein.

Alle übrigen Fragen, die Sie zusätzlich richtig beantwortet haben, zeigen Ihnen, dass Sie über Bandfilter bereits wertvolle Vorkenntnisse besitzen.

40. Repetitionsaufgaben zu «IX. Bandfilter»

Antworten zu den Fragen a bis h (Seite 315)

- a) Das Bandfilter weist grössere Flankensteilheit auf als der Einzelkreis, man erreicht daher eine bessere Trennschärfe. Die Bandbreite kann auf einfache Art veränderlich gemacht werden. Durch Kombination mehrerer Schwingkreise zu einem Bandfilter lassen sich annähernd rechteckförmige Durchlasskurven erzielen.
- b) Bandfilter werden überall dort eingesetzt, wo es darauf ankommt, aus einem Frequenzspektrum ein Signal mit einer bestimmten Bandbreite möglichst trennscharf herauszufiltern. Die häufigsten Beispiele aus der Nachrichtentechnik sind
- Zwischenfrequenzverstärker in Empfängern
 - Filter zur Erzeugung von Einseitenbandmodulation in Sendern
 - Niederfrequenzfilter in Mehrfachtelefonieanlagen.
- c) Bandfilter können induktiv, kapazitiv oder galvanisch gekoppelt werden.
- d) Die Durchlasskurve von Bandfiltern wird durch die Kreisgüte und den Kopplungsfaktor beeinflusst.
- e) Für die kritische Kopplung wird das Produkt aus Kreisgüte und Kopplungsfaktor gleich Eins. $k \cdot Q = 1$
- f) Höckerbildung tritt bei allen überkritischen Kopplungen auf.

g)

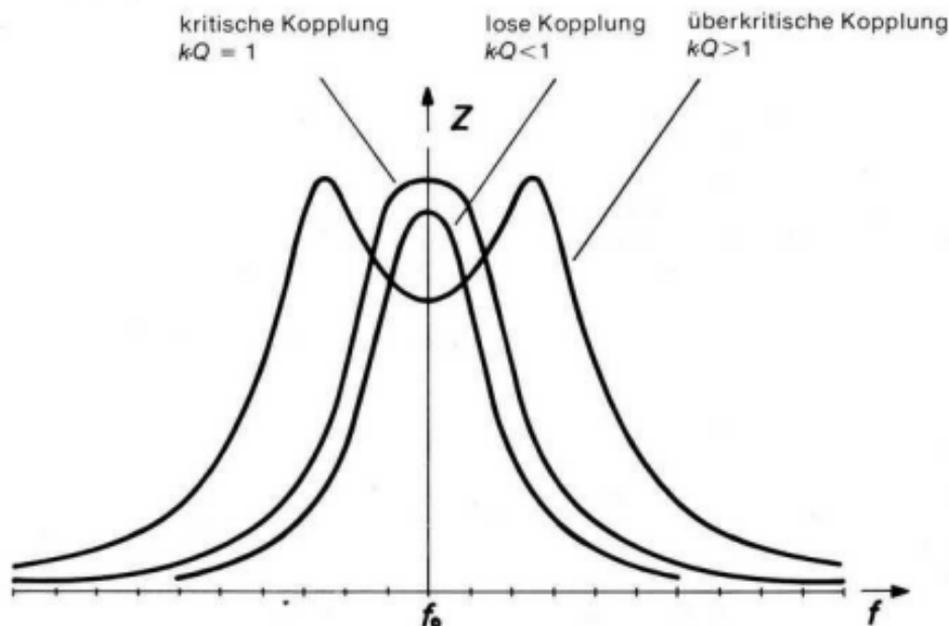


Bild zu 40 g

h) Bei induktiv gekoppelten Filtern kann der Kopplungsfaktor durch Schwenken einer Kreisspule einfach verändert werden.

Bewertung:

Sie sollten in der Lage sein, alle gestellten Fragen richtig zu beantworten. Die Fragen prüften nur die wesentlichsten Kenntnisse über Bandfilter, welche der Praktiker haben muss. Wir verlassen bis auf weiteres die Wechselstromtechnik und wenden uns anderen Bauelementen der Elektronik zu.

Der Neuling möge folgenden Rat beherzigen:

Die Erfahrung lehrt uns, dass jeder neue Stoff mehrmals zu repetieren ist, will man nicht sein ganzes Wissen wieder verlieren. Versuche haben gezeigt, dass der Rhythmus des Repetierens einen wesentlichen Einfluss auf den Wirkungsgrad des Lernens ausübt. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn man den neuen Stoff nach zwei Tagen, nach zwei Wochen und nach einigen Monaten wiederholt. Die Stoffvermittlung in diesem Lehrgang ist so, dass jeder diesen nach Belieben ohne fremde Hilfe anhand der Beispiele repetieren kann. Nutzen Sie diesen Vorteil, Sie werden alles, was Ihnen bis dahin beigebracht wurde, in der Praxis nötig haben.

41. Was wissen Sie schon über Dioden?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 317)

- a) Die Diode besteht aus zwei Elektroden. Die Elektroden befinden sich in einem Glas- oder Metallkolben im Vakuum. Eine Elektrode – die Katode – wird geheizt und emittiert demzufolge Elektronen. Die andere Elektrode – die Anode – besteht aus einem Blechzylinder, der konzentrisch um die Katode angeordnet ist. Der Anode fällt die Aufgabe zu, die von der Katode emittierten Elektronen aufzufangen.
- b) Das Elektrodensystem der Diode befindet sich im Vakuum, damit ein Stromfluss zwischen Katode und Anode stattfinden kann. Im Vakuum befinden sich fast keine Gasmoleküle und Atome, welche die Elektronen auf ihrem Weg von der Katode zur Anode behindern könnten.
- c) Elektronen können die Katode verlassen, sobald ihre Energie der Bewegung grösser wird als die elektrostatischen Anziehungskräfte. Diese Energie der Bewegung wird den Elektronen in Form von Wärme zugeführt. Die Elektronen in einem erwärmten Leiter führen kräftigere Schwirrbewegungen aus, als solche in einem kalten Medium.
- d) Der Anodenstrom der Diode kann durch Erhöhung der Heizspannung und durch Vergrösserung der Anodenspannung gesteigert werden. In der Praxis kommt nur die Einflussnahme über die Anodenspannung in Frage, da die Heizspannung für die verschiedenen Röhrentypen konstant gehalten werden muss.
- e) Eine indirekt geheizte Katode besteht aus einem Metallröhrchen mit einer die Emission erleichternden Schicht. Die Heizung besteht aus einem zentralen Heizwendel im Innern des Röhrchens, elektrisch isoliert von diesem.
- f) Die aus der Katode austretenden Elektronen gelangen nicht alle zur Anode, ein Teil bildet um die Katode eine Elektronenwolke. Diese Elektronenwolke wird Raumladung genannt. Bei Röhren, die mit so grosser Anodenspannung betrieben werden, dass alle Elektronen zur Anode fliesen, verschwindet die Raumladung.

Bewertung:

Wer sich noch nie mit Elektronenröhren beschäftigt hat, der wird Mühe haben, eine der Fragen richtig zu beantworten. Wenn es Ihnen nicht gelungen ist, eine richtige Antwort zu finden, so bedeutet dies, dass ein neuer, interessanter Stoff auf Sie wartet. Sie brauchen keine Vorkenntnisse, um sich in die Röhrentechnik einzuarbeiten. Die Grundlagen, die Sie sich bis dahin erworben haben, genügen vollauf, um die neue Materie zu verstehen. Sollten Sie sich schon mit Elektronenröhren befasst haben, so hat Ihnen der kleine Test gezeigt, was Sie noch über die Diode wissen.

42. Repetitionsaufgaben zu «I. Die Diode»

Antworten zu den Fragen a bis k (Seite 332)

- Im Vakuum können sich die Elektronen frei bewegen. Die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes mit noch vorhandenen Gasmolekülen ist gering. Sobald eine Elektronenquelle (Katode) vorhanden ist, und die Elektronen ein positives Potential (Anode) anlaufen können, findet ein Stromfluss statt.
 - Sobald die Katode auf eine gewisse Temperatur erhitzt wird, werden die Eigenbewegungen der Elektronen infolge der zugeführten Wärmeenergie dermassen kräftig, dass ihre Bewegungsenergie ausreicht, um die im molekularen Gefüge vorhandenen Anziehungskräfte zu überwinden und die Katode zu verlassen.
 - Die Raumladung wirkt bremsend auf die aus der Katode austretenden Elektronen und verhindert damit, dass der Anodenstrom proportional zur Anodenspannung ansteigt. Die Kennlinie wird aus diesem Grund gekrümmt.
- d)

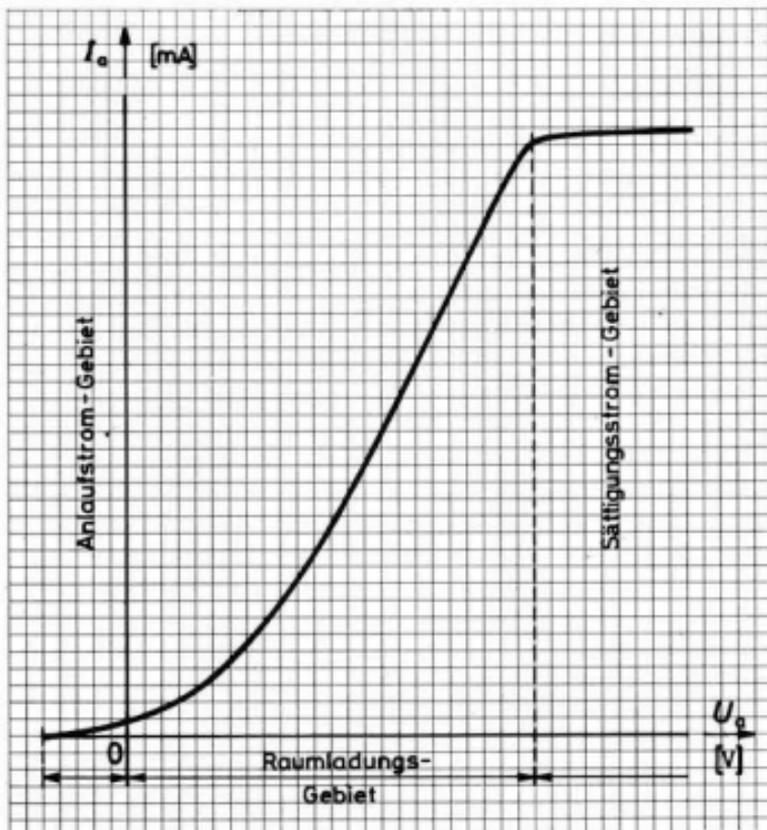


Bild zu 42 d

- e) Unter der Bedingung, dass an der Diode nur eine Gleichspannung liegt, ist die Anodenverlustleistung durch Anodenspannung und Anodenstrom bestimmt.

$$P_{ad} = U_a I_a$$

- f) Der Anlaufstrom entsteht durch die Elektronen, die eine so grosse Austrittsgeschwindigkeit aufweisen, dass sie eine Anode mit Nullpotential oder leicht negativer Vorspannung anlaufen können.
- g) Die Anodenverlustleistung ist die Leistung, die im Anodenblech in Wärme umgesetzt wird.
- h)

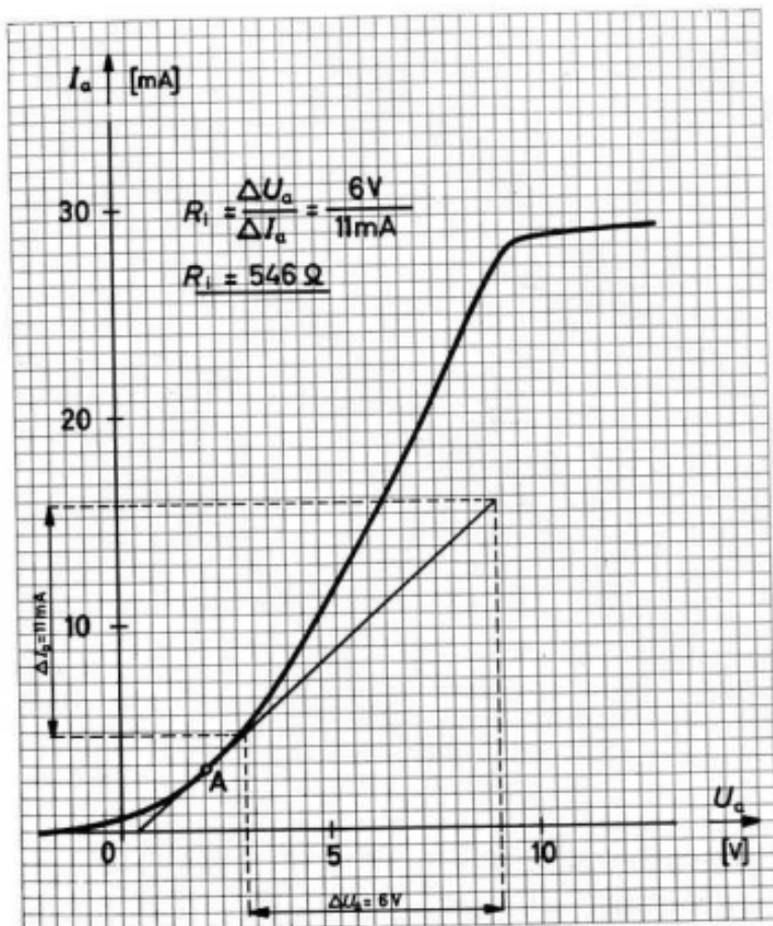


Bild zu 42 h

- i) Der Gleichstrominnenwiderstand einer Diode ist bestimmt durch den Quotienten aus Anodenspannung und Anodenstrom für einen bestimmten Arbeitspunkt.

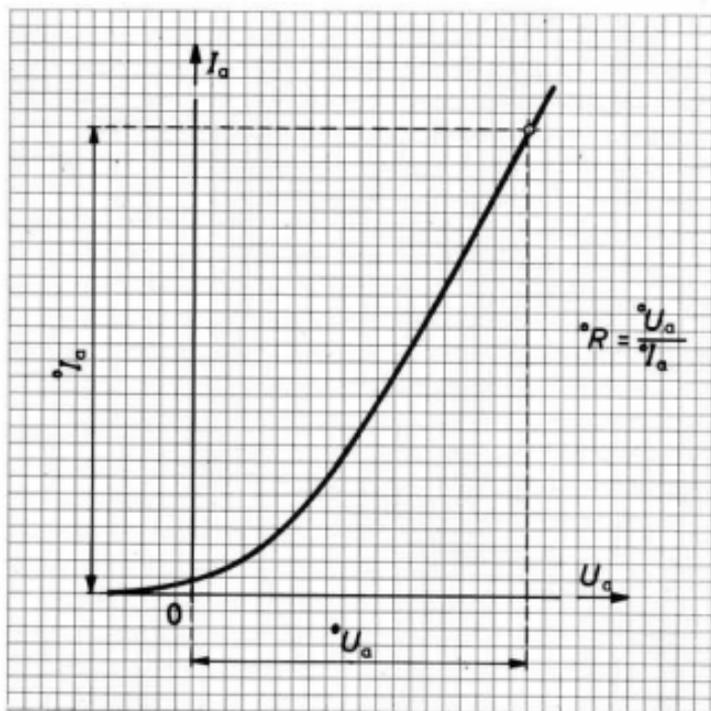


Bild zu 42 i

- k) Der Wechselstrominnenwiderstand der Diode ist für alle Schaltungen von Bedeutung, wo dieser Widerstand als gesteuerte, veränderliche Grösse benutzt wird. Solche Schaltungen sind oft in älteren frequenzmodulierten Kleinsendern anzutreffen. Der steuerbare Wechselstromwiderstand wird dort zur Erzeugung der Frequenzmodulation gebraucht.

Bewertung:

Es sollte Ihnen nicht schwer gefallen sein, alle Fragen richtig zu beantworten. Wenn Ihnen der Test jedoch Schwierigkeiten bereitet hat, bedeutet dies, dass Sie den Stoff zuwenig gründlich verarbeitet haben.

43. Was wissen Sie schon über die Triode?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 334)

- Das Elektrodensystem einer Triode besteht aus drei Elektroden.
- Die Elektroden der Triode heissen Katode, Gitter und Anode.
- Der Anodenstrom der Triode wird mit dem Gitter gesteuert.

- d) Die Steilheit ist ein Mass für die Steuerwirkung des Gitters auf den Anodenstrom. Sie wird ausgedrückt durch das Verhältnis von Anodenstromänderung zu Gitterspannungsänderung.
- e) Ja, im negativen Bereich der Gitterspannung erfolgt die Aussteuerung leistungslos.
- f) Ja, Trioden, die entsprechend dimensioniert sind, können als Leistungsverstärker verwendet werden.

Bewertung:

Ist es Ihnen gelungen, einige Fragen richtig zu beantworten? Jede richtige Antwort dürfen Sie als Pluspunkt buchen, sie zeigt Ihnen, dass Sie einige Vorkenntnisse mitbringen, die Ihnen das Studium des folgenden, interessanten Stoffes erleichtern werden.

44. Repetitionsaufgaben zu «II. Die Triode»

Antworten zu den Fragen a bis i (Seite 344)

- a) Ein positiv vorgespanntes Gitter verhält sich wie eine Anode mit positiver Anodenspannung; es fliesst ein Strom, der Gitterstrom. Dieser Gitterstrom belastet die Signalquelle, die Röhre lässt sich nicht mehr leistungslos ansteuern, zudem sind die Verzerrungen für diese Arbeitspunkteinstellung zu gross, so dass eine Verstärkung von Niederfrequenzsignalen im positiven Gitterbereich sinnlos wird.
- b)

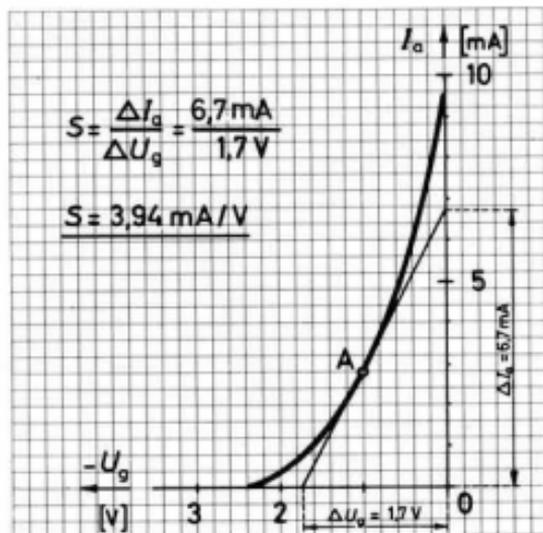


Bild zu 44 b

- c) Die Steilheit ist ein Mass für die Steuerwirkung des Gitters auf den Anodenstrom. Sie entspricht dem Quotienten von Anodenstromänderung zu Gitterspannungsänderung. Die Masseinheit für die Steilheit ist das Milliampère pro Volt.

d)

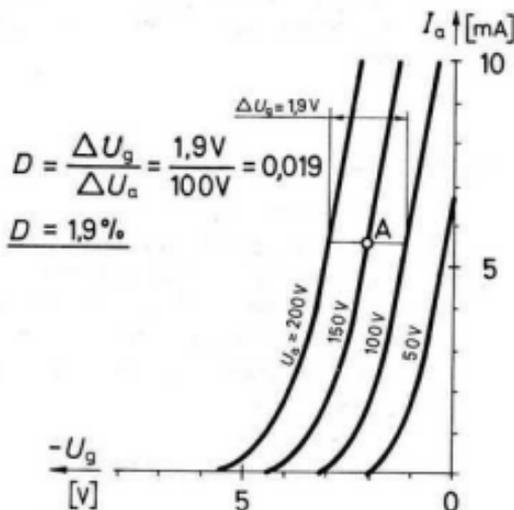


Bild zu 44 d

- e) Der Verstärkungsfaktor entspricht dem Reziprokwert des Durchgriffes.

$$\mu = \frac{1}{D}$$

$$\mu = \frac{1}{1,9 \cdot 10^{-2}}$$

$$\mu = 52,7$$

f)

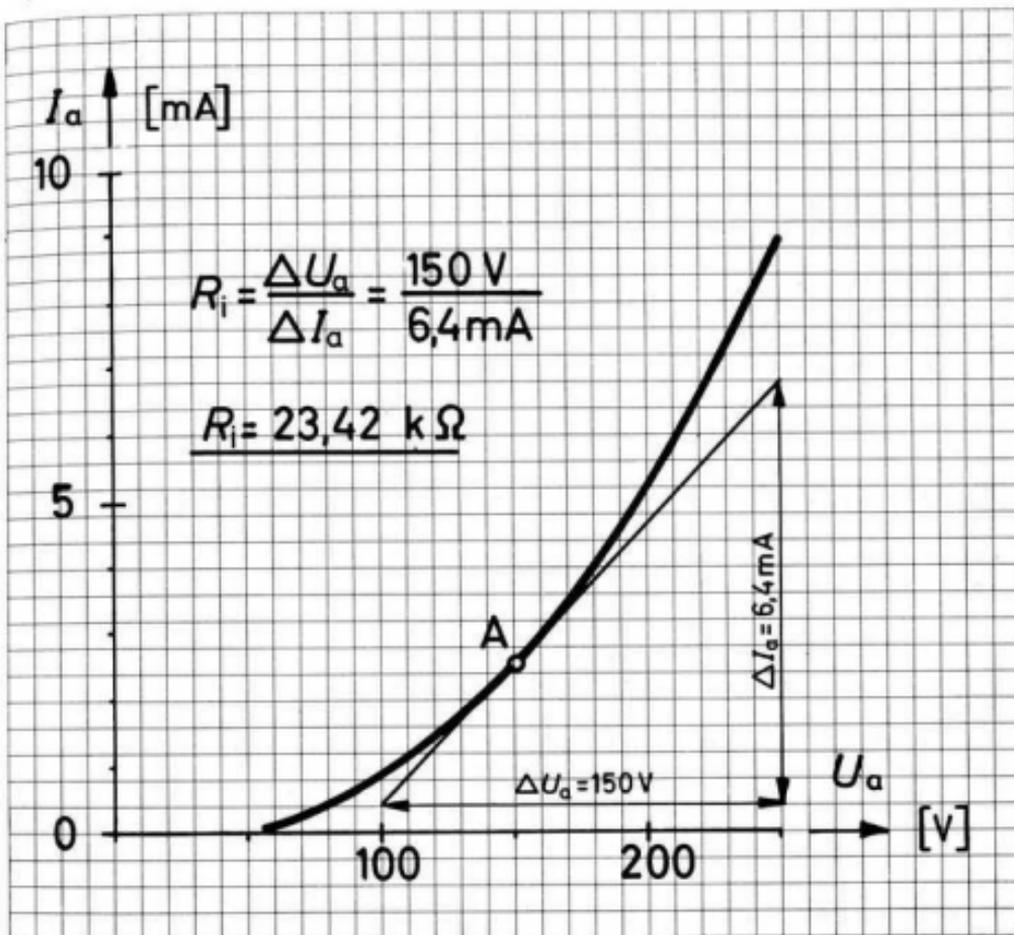


Bild zu 44 f

- g) Sind von den drei die Röhreneigenschaften bestimmenden Daten zwei bekannt, so lässt sich die fehlende Angabe mit Hilfe der Barkhausengleichung errechnen.

Vorgehen:

- Barkhausenformel anschreiben
- D durch μ ersetzen
- nach S umstellen

$$S \cdot D \cdot R_i = 1$$

$$\frac{SR_i}{\mu} = 1$$

$$S = \frac{\mu}{R_i} \text{ [S]} = \frac{1}{V/A} = \frac{A}{V}$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$S = \frac{40}{15 \cdot 10^{-3}}$$

$$S = 2,67 \text{ mA/V}$$

h) *Vorgehen:*

– Barkhausenformel anschreiben

$$\dot{S} \cdot D \cdot R_i = 1$$

– An Stelle der Symbole für S , D und R_i deren Bestimmungsgleichungen einsetzen

$$\frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \cdot \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a} \cdot \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = 1$$

Zähler und Nenner lassen sich gegenseitig kürzen, es verbleibt der Wert Eins, womit die Richtigkeit der Gleichung bestätigt ist.

i) Die Hauptanwendungsgebiete für Trioden sind:

- Niederfrequenzverstärkung
- Schwingungserzeugung (Oszillatoren)
- Messtechnik
- In Spezialfällen Hochfrequenzverstärkung sehr hoher Frequenzen

Bewertung:

Sie haben in diesem Kapitel gelernt, wie die wichtigsten Röhrendaten bestimmt werden und wie diese graphisch aus den Kennlinien ermittelt werden können. Diese Daten sind für alle noch zu behandelnden Röhrentypen dieselben, ihre Bedeutung bleibt die gleiche. Mit diesen Daten rechnet der Praktiker, wenn er übersichtsmässig die Verstärkung einer Stufe überprüfen will. Die Kenntnis der Röhrendaten und deren Bedeutung bilden die Basis für das Verständnis aller Schaltungen mit Röhren, in abgewandelter Form werden wir sie bei den Halbleitern wieder antreffen. Es ist deshalb wichtig, dass Sie den Stoff ganz verstanden haben; es dürfen keine Unklarheiten mehr zurückbleiben. Sollten Ihnen bei der Lösung der Repetitionsaufgaben Fehler unterlaufen sein, so müssen Sie diese vorerst ausmerzen, bevor Sie sich weiter mit Röhren befassen.

45. Was wissen Sie schon über die Pentode?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 348)

- Die Pentode hat 5 Elektroden: Katode, Steuergitter, Schirmgitter, Bremsgitter und Anode.
- Die Pentode weist gegenüber der Triode einen erheblich grösseren Innenwiderstand und einen bedeutend kleineren Durchgriff auf.
- Der kleine Durchgriff der Pentode hat einen entsprechend hohen Verstärkungsfaktor zur Folge, da die beiden Grössen reziprok zueinander stehen.
- Der grössere Innenwiderstand der Pentode muss in einem bedeutend flacheren Verlauf der I_a - U_a -Kennlinien sichtbar werden.
- Der kleinere Durchgriff der Pentode verursacht eine Verringerung des Abstandes zwischen den Kennlinien im I_a - U_g -Kennlinienfeld. Die einzelnen Kurven liegen so nahe beieinander, dass sie sich beinahe decken. Im I_a - U_g -Kennlinienbild wird deshalb meistens die Schirmgitterspannung

als Parameter gewählt, da ihr Einfluss auf den Anodenstrom viel grösser ist als derjenige der Anodenspannung. Der Durchgriff wird meistens in den Röhrendaten überhaupt nicht erwähnt, da die Pentode mit Steilheit und Innenwiderstand ausreichend beschrieben ist.

Bewertung:

Die Fragen c, d und e müssen Sie richtig beantworten können. Frage c setzt lediglich die Kenntnis der Barkhausengleichung voraus. Die Fragen d und e zeigen Ihnen, ob Sie den Zusammenhang zwischen Röhrendaten und Kennlinien verstanden haben. Falls Ihnen die Beantwortung dieser drei Fragen Schwierigkeiten bereitet hat, ist dies ein Zeichen, dass Sie den Stoff über die Triode noch nicht so gründlich verarbeitet haben, wie dies für das Verständnis der Pentode vorausgesetzt werden muss.

46. Repetitionsaufgaben zu «III. Die Pentode»

Antworten zu den Aufgaben a bis k (Seite 357)

- a) Die Vorteile der Pentode gegenüber der Triode sind folgende:
 - Grösserer Innenwiderstand
 - Kleinerer Durchgriff
 - Kleinere Gitter-Anodenkapazität
- b) Der Einfluss der Schirmgitterspannung ist gross. Das Schirmgitter soll jedoch den Anodenstrom nicht steuern, seine Betriebsspannung muss deshalb konstant gehalten werden. Eine Ausnahme bilden die geregelten Verstärkerstufen, wo auch die Steuerung des Anodenstromes über das Schirmgitter ausgenützt wird.
- c) Das Schirmgitter schirmt das Steuergitter vom elektrischen Feld der Anode ab, wodurch der Einfluss der Anodenspannung auf den Anodenstrom stark herabgesetzt wird.
- d) In der Regel wird das Bremsgitter mit der Katode verbunden, oder es wird an Masse gelegt.
- e) Das Bremsgitter dient zur Bremsung der Sekundärelektronen der Anode. Es zwingt diese, wieder zur Anode zurückzukehren.

f)

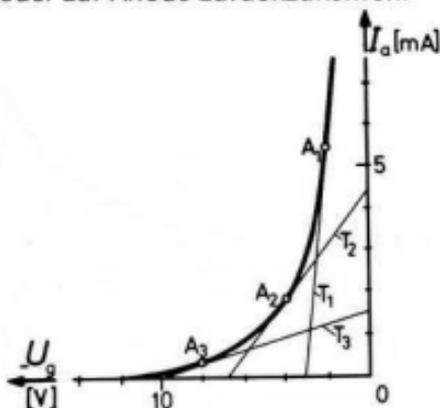


Bild zu 46 f

Die I_a-U_g -Kennlinie ist stark gekrümmt. Die Krümmung verläuft so, dass die Steilheit für negative Gittervorspannungen immer kleiner wird. Die Steilheit im Arbeitspunkt A_2 ist kleiner als diejenige im Arbeitspunkt A_1 , in A_3 ist sie noch kleiner als in A_2 . Kleinere Steilheit ist gleichbedeutend mit kleinerer Verstärkung. Die Verstärkung einer Regelröhre hängt demzufolge von der Wahl des Arbeitspunktes und somit von der Grösse der Vorspannung am Steuergitter ab.

- g) Regelpentoden werden vorwiegend im Empfängerbau und in Messgeräten eingesetzt.
- h) Der kleine Durchgriff der Pentode ergibt einen hohen Verstärkungsfaktor. Der grosse Innenwiderstand trägt ebenfalls zu einer höheren Verstärkung bei, während die kleine Gitter-Anodenkapazität die Erzeugung unerwünschter Schwingungen vermeidet.

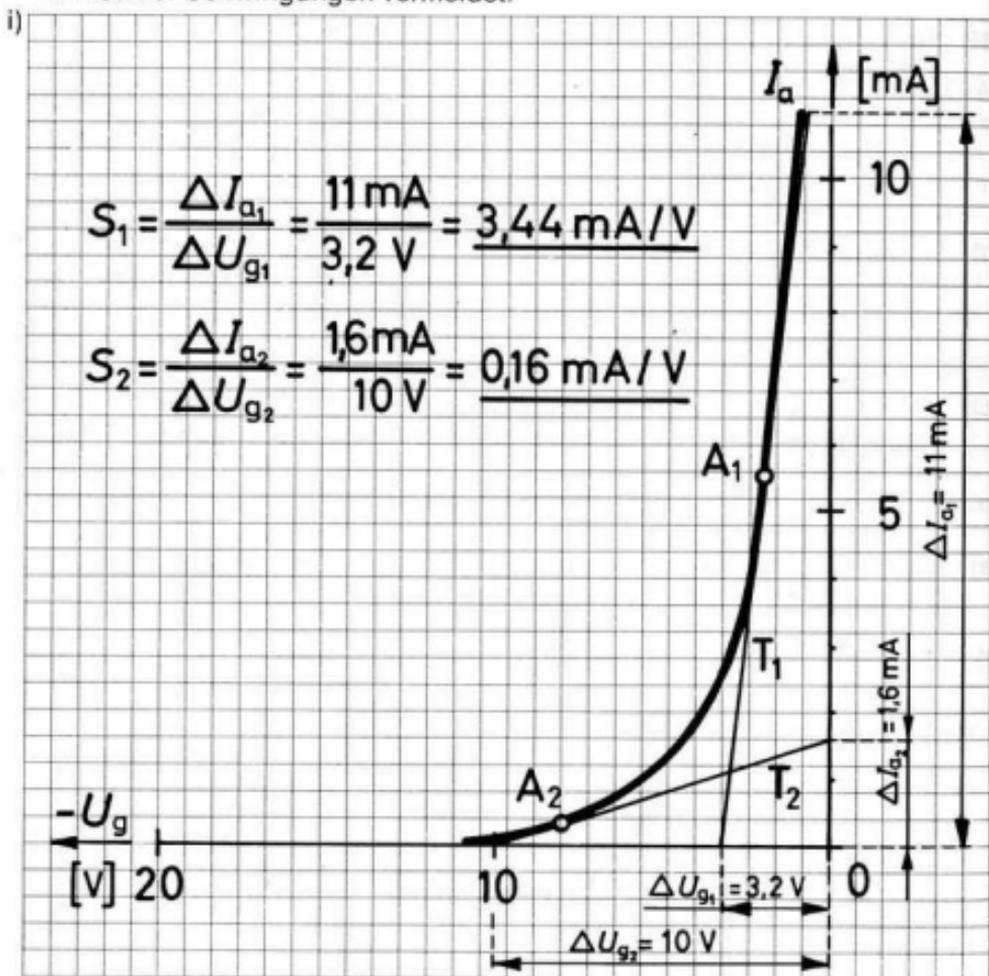


Bild zu 46 i

k)

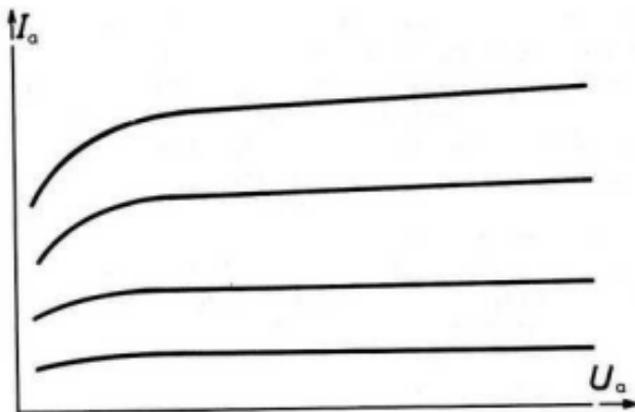


Bild zu 46 k

Der flache Verlauf der Kennlinien zeigt den geringen Einfluss der Anodenspannung auf den Anodenstrom. Die Anodenspannung kann in einem grossen Bereich verändert werden, ohne dass sich dabei der Anodenstrom merklich ändert. Dieses Verhalten der Röhre bewirkt einen grossen Innenwiderstand. Die Tangente zur Bestimmung des Innenwiderstandes verläuft für alle Arbeitspunkte innerhalb weiter Grenzen sehr flach. Geringe Neigung der Tangente bedeutet grossen Innenwiderstand.

Bewertung:

Die Beschreibung der Pentode basierte auf dem Funktionsprinzip der Triode. Viele Begriffe wurden repetiert. Die Grundlagen der Röhrentechnik sollten Ihnen jetzt keine Schwierigkeiten mehr bereiten.

47. Was wissen Sie schon über die Leistungspentode?

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 358)

- Der Innenwiderstand einer Leistungspentode ist bedeutend kleiner als derjenige der Spannungsverstärkerpentode. Da die Steilheit der Leistungsröhre nicht in dem Masse zunimmt, wie der Innenwiderstand kleiner wird, ergibt sich eine Vergrösserung des Durchgriffes. Mit dem grösseren Durchgriff sind auch die Röhrenkapazitäten zwischen den einzelnen Elektroden angestiegen.
- Nein, der Kennlinienverlauf im I_a-U_a -Kennlinienbild ist der Form nach für eine Leistungspentode und eine Spannungsverstärkerpentode der gleiche. Der kleinere Innenwiderstand kommt im grösseren Massstab der Anodenstromachse zum Ausdruck.

- c) Anodenverlustleistung ist die Leistung, die in der Anode in Wärme umgesetzt wird. Für Endverstärker entspricht sie der Differenz von zugeführter Anodengleichstromleistung zu abgegebener Wechselstromleistung.
- d) Die Grösse des Anodenstromes hängt von der Emissionsfähigkeit der Katode ab. Grössere Katenoden können grössere Anodenströme emittieren, erfordern aber eine grössere Heizleistung.
- e) Leistungspentoden haben einen besseren Wirkungsgrad und benötigen weniger Steuerspannung als Leistungstrioden.
- f) Die Anodenverlustleistung begrenzt die abgegebene Wechselstromleistung. Je grösser die zulässige Anodenverlustleistung ist, desto höher wird die verfügbare Wechselstromleistung. Die in den Röhrendaten vermerkte maximale Anodenverlustleistung darf nicht überschritten werden, da sonst die Röhre zerstört wird.

Bewertung:

Die Frage c müssen Sie beantworten können, der Begriff der Anodenverlustleistung wurde schon früher definiert. Neu ist lediglich der Zusatz, dass die Anodenverlustleistung für Endverstärker der Differenz von zugeführter Anodengleichstromleistung und abgegebener Wechselstromleistung entspricht. Die Frage d sollten Sie beantworten können, wenn Sie das Problem logisch durchdenken. Die richtige Antwort auf die Frage f sollten Sie auf Grund Ihrer Kenntnisse ebenfalls finden.

48. Repetitionsaufgaben zu «IV. Die Leistungspentode»

Antworten zu den Fragen a bis f (Seite 364)

- a) Die Leistungspentode arbeitet mit wesentlich höheren Anodenströmen als die Spannungsverstärkerröhre; diese hohen Anodenströme bedingen einen bedeutend kleineren Innenwiderstand, da die Anodenstromänderungen entsprechend grösser ausfallen.
- b) Das Gebiet unterhalb der Leistungshyperbel im I_a-U_a -Kennlinienfeld ist unkritisch in bezug auf Überlastung der Röhre, da dort die maximal zulässige Anodenverlustleistung nie überschritten wird.
- c) Zu jedem Anodenspannungswert wird der Stromwert gesucht, der mit dem betreffenden Spannungswert multipliziert die Anodenverlustleistung ergibt. Der Schnittpunkt von Anodenstrom- und Anodenspannungswert liegt auf der Leistungshyperbel.
- d) Anodenverlustleistung ist die Leistung, die in der Anode in Wärme umgesetzt wird. In Verstärkerröhren entspricht sie der Differenz zwischen aufgenommener Gleichstromanodenleistung und abgegebener Wechselstromleistung. Wenn die Röhre nicht angesteuert wird, ist die Anodenverlustleistung mit der aufgenommenen Anodengleichstromleistung identisch.
- e) Die Leistungspentode hat eine Wechselstromleistung abzugeben.

- f) Die Hauptanwendungsgebiete für Leistungspentoden sind:
- Endstufe in Niederfrequenzleistungsverstärkern
 - Endstufe in Sendern (Hochfrequenzleistungsverstärkung)
- Oft werden Leistungsröhren auch anderweitig verwendet, so beispielsweise in geregelten Netzgeräten, zur Steuerung von Relais und kleineren Motoren oder in den Hochfrequenztherapiegeräten als Oszillatoren.

Bewertung:

In diesem Kapitel ging es darum, den Unterschied zwischen einer Verstärkerpentode und der Leistungspentode herauszuschälen. Die Testfragen haben Ihnen gezeigt, ob Sie die wesentlichen Punkte erfasst haben.

49. Was wissen Sie schon über Mischröhren?

Antworten zu den Fragen a bis e (Seite 365)

- a) Ja, die Triode eignet sich für die additive Mischung. Bei der additiven Mischung werden die zu mischenden Signale beide an dieselbe Elektrode gelegt.
- b) Weitere Mehrgitterröhren sind:
- Hexode = Katode, Anode und vier Gitter
 - Heptode = Katode, Anode und fünf Gitter
 - Oktode = Katode, Anode und sechs Gitter
- c) Eine Verbundröhre ist eine Röhre mit mehreren, meistens zwei Systemen im gleichen Kolben. Unter den Mischröhren sind die Triode-Hexode und die Triode-Heptode die gebräuchlichsten Verbundröhren.
- d) Röhren mit mehreren Steuergittern erlauben eine Doppelsteuerung des Anodenstromes. Man versteht darunter die Steuerung des Stromes durch verschiedene, voneinander unabhängige Faktoren.
- e) Eine Mischstufe dient der Mischung von zwei Signalen, die sich in der Frequenz unterscheiden. Am Ausgang der Mischstufe entsteht eine Vielzahl von Frequenzen. Besonders ausgeprägt erscheinen die Summe und die Differenz der Eingangsfrequenzen. Mit Hilfe von Bandfiltern wird die Summen- oder Differenzfrequenz herausgefiltert.

Bewertung:

Die Aufgabe d müssen Sie richtig beantworten können. Die Kenntnisse, die Sie sich bis jetzt erworben haben, sollten es Ihnen erlauben, die richtige Lösung zu finden. Wohl ist der Vorgang der Doppelsteuerung neu für Sie, das Wissen um die Vorgänge in Elektronenröhren sollte Sie jedoch befähigen, die treffenden Schlüsse zu ziehen.

Die restlichen Fragen können ohne entsprechende Vorkenntnisse nicht beantwortet werden. Jede richtige Antwort zeigt Ihnen, dass der folgende Stoff für Sie nicht mehr absolut neu ist.

50. Repetitionsaufgaben zu «V. Die Mischröhren»

Antworten zu den Fragen a bis n (Seite 376)

- a) In Empfängerschaltungen wird in der Mischstufe die Eingangsfrequenz mit der Oszillatorfrequenz gemischt. Die Oszillatorfrequenz wird im Oszillator erzeugt. Die Differenzfrequenz wird als Zwischenfrequenz im folgenden Zwischenfrequenzverstärker verstärkt.
- b) Voraussetzung für die Mischung von zwei Frequenzen ist eine nicht-lineare Kennlinie der Mischstufe.
- c) Die Zwischenfrequenz ergibt sich aus der Differenz von Oszillatorfrequenz und Eingangsfrequenz.

$$f_z = f_o - f_e$$

$$f_z = 1870 - 1400 \text{ kHz}$$

$$f_z = 470 \text{ kHz}$$

- d) In der Hexode wird der Katodenstrom weitgehend durch das erste Steuergitter bestimmt.
- e) Das zweite Steuergitter der Hexode wirkt als Verteilungsgitter. Es teilt den Röhrenstrom auf Schirmgitter und Anode auf. Je negativer seine Vorspannung gewählt wird, desto grösser wird der Schirmgitterstrom, was eine Abnahme des Anodenstromes bewirkt.
- f) Die Heptode weist ein Gitter mehr auf als die Hexode. Dieses zusätzliche Bremsgitter verbessert die Rauscheigenschaften der Röhre.
- g) Die Heptode wird meistens als Mischröhre oder als Konverter verwendet.
- h) Ein Konverter ist eine Mischstufe, die als Mischröhre und als Oszillator gleichzeitig arbeitet.
- i) Die Oktode wird fast ausschliesslich als Konverter eingesetzt.
- k) Eine Verbundröhre enthält mehrere Röhrensysteme im gleichen Kolben. Für Mischstufen werden hauptsächlich Trioden-Hexoden und Trioden-Heptoden gebaut.
- l) Die Mischsteilheit wird durch das Verhältnis von Zwischenfrequenzstrom zu Hochfrequenzeingangsspannung ausgedrückt.

$$S_c = \frac{I_z}{U_{g_1}}$$

- m) Die Mischverstärkung entspricht dem Verhältnis von Zwischenfrequenzspannung zu Hochfrequenzeingangsspannung.

$$v_c = \frac{U_z}{U_{g_1}}$$

n) **Vorgehen:**

1. Schritt: Bestimmen der Zwischenfrequenzspannung am Schwingkreis

– Grundformel anschreiben

$$v_c = \frac{U_z}{U_{g_1}}$$

– nach U_z umstellen

$$U_z = v_c \cdot U_{g_1}$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $U_z = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \text{ V}$
 $U_z = 0,96 \text{ V}$

2. Schritt: Bestimmen des Zwischenfrequenzstromes

- Grundformel anschreiben $S_c = \frac{I_z}{U_{g1}}$
- nach I_z umstellen $I_z = S_c \cdot U_{g1}$
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $I_z = 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{A}}{\text{V}} \cdot \text{V}$
 $I_z = 6,4 \mu\text{A}$

3. Schritt: Bestimmen der Kreisimpedanz

- Grundformel anschreiben $Z_o = \frac{U_z}{I_z}$
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $Z_o = \frac{0,96}{6,4 \cdot 10^{-6}} \frac{\text{V}}{\text{A}}$
 $Z_o = 150 \text{ k}\Omega$

4. Schritt: Bestimmen der Kreisgüte

- Grundformel für Q anschreiben $Q = \frac{Z_o}{X_L}$
- Grundformel für X_L anschreiben $X_L = \omega L$
- in Formel für Q einsetzen $Q = \frac{Z_o}{\omega \cdot L}$
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen $Q = \frac{150 \cdot 10^3}{2\pi 470 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} \frac{\text{VsA}}{\text{AVs}}$
 $Q = 254$

Bewertung:

Das Kapitel über Mischröhren brachte viel neuen Stoff. Vor allem war es notwendig, einige Prinzipien des Überlagerungsempfängers zu erklären, ob schon die Funktionsweise dieses Empfängers erst später behandelt wird. Damit der Schüler die Mischröhre in ihrem Aufbau und in ihrer Arbeitsweise verstehen kann, müssen ihm die Grundlagen über die Mischung bekannt sein. Die Aufgabe n) hat Ihnen gezeigt, wie einzelne Bauelemente – Röhre und Schwingkreis – zusammenwirken. Mit dieser Aufgabe konnten Sie überprüfen, ob Ihre Kenntnisse über Schwingkreise noch frisch sind. Die restlichen Testfragen dienten der Überprüfung Ihres Wissens über Mischröhren. Diese Selbstkontrolle sollten Sie gewissenhaft ausüben.

51. Was wissen Sie schon über gasgefüllte Röhren

Antworten zu den Fragen a bis g (Seite 378)

- a) Ein Ion ist ein Atom, das elektrisch nicht neutral ist. Positive Ionen fehlen Elektronen, die Ladung des positiven Kerns überwiegt (Kation). Negative Ionen weisen mehr Elektronen auf, als zur Erzeugung des Ladungsgleichgewichtes des Atoms notwendig wären (Anion).
- b) Infolge ihrer negativen Ladung werden Anionen von der Anode angezogen.
- c) Die positiv geladenen Kationen begeben sich zur negativ vorgespannten Katode.
- d) Trifft ein Elektron mit grosser Geschwindigkeit auf ein Atom oder ein Molekül, so kann es diesem ein AussenElektron entreissen und es damit ionisieren. Der Vorgang heisst Ionisation.
- e) Die Glimmröhre besteht aus zwei Elektroden, welche sich in einem mit Gas gefüllten Kolben befinden.
- f) Ja, die Zündung von Thyratrons kann über eine spezielle Zündelektrode beeinflusst werden.
- g) Nein, eine erfolgte Zündung eines Thyratrons kann nur durch Unterbrechung des Anodenstromes oder durch Absenken der Anodenspannung unter die Bogenspannung rückgängig gemacht werden.

Bewertung:

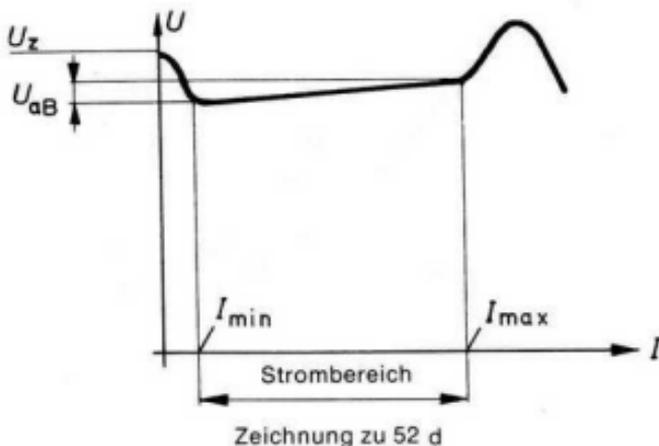
Die Fragen a bis c müssen Sie beantworten können, das Wesen der Ionen wurde zu Beginn des Kurses behandelt. Die restlichen Fragen zeigen Ihnen, ob sie schon etwas über Ionenröhren wissen.

52. Repetitionsaufgaben zu «VI. Gasgefüllte Röhren»

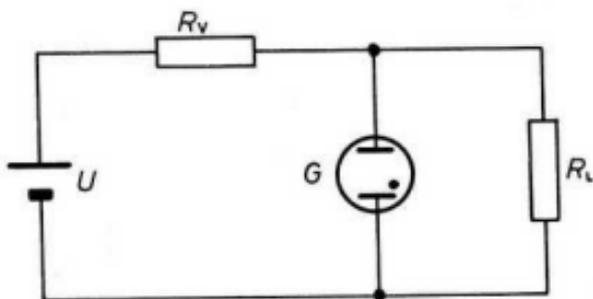
Antworten zu den Fragen a bis m (Seite 403)

- a) Unter Stossionisation versteht man das lawinenartige Anwachsen der Ladungsträger in einer Ionenröhre. Die Stossionisation leitet die Zündung der Röhre ein.
- b) Die Zündspannung ist jene Spannung, die an die Röhre gelegt werden muss, damit diese zündet. Die Brennspannung entspricht jener Spannung, die sich während des Betriebes an der gezündeten Röhre einstellt.
- c) Die Löschspannung ist die Spannung, bei welcher die Ionisation zusammenbricht und die Röhre erlischt. Sie liegt etwas unterhalb der Brennspannung.

d)



e)



- f) Die Relaisröhre arbeitet mit kalter Katode, das Thyatron dagegen benötigt eine geheizte Katode.

Die Relaisröhre zündet, sobald die Spannung am Starter die Zündspannung erreicht. Die Anodenspannung hat dabei keinen Einfluss, wenn sie einen gewissen Minimalwert aufweist. Beim Thyatron ist zur Auslösung der Zündung zu jeder Steuerspannung am Gitter eine bestimmte Anodenspannung erforderlich.

In gezündetem Zustand liegt an der Relaisröhre eine relativ hohe Brennspannung, während über dem Thyatron nur die viel kleinere Bogenspannung auftritt.

Thyatrone sind für grössere Ströme brauchbar.

Die Zündung von Thyatronen lässt sich mit Spannungen von wenigen Volt am Steuergitter auslösen, die Relaisröhre dagegen benötigt zur Zündung eine beträchtliche Starterspannung.

g)

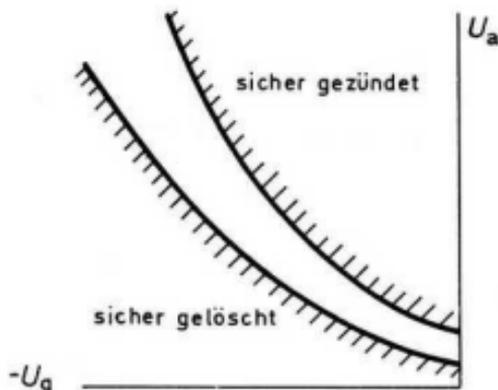


Bild zu 52 g

h) Vorgehen:

- Strom-Zeit-Produkt bilden
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$Q = \tau_{\max} \cdot I_{a_{\max}}$$

$$Q = 3 \cdot 6 \text{ sA}$$

$$Q = 18 \text{ As}$$

- Formel für zulässigen Impulsstrom anschreiben

$$I_{a_{\text{imp}}} = \frac{Q}{t_i} \quad (t_i = \text{Impulsdauer})$$

- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$I_{a_{\text{imp}}} = \frac{18 \text{ As}}{2 \text{ s}}$$

$$I_{a_{\text{imp}}} = \mathbf{9 \text{ A}}$$

- Kontrolle, ob der errechnete Strom den Wert für den Anodenspitzenstrom nicht überschreitet. Dieser liegt mit 9 A weit unter dem Maximalwert von 25 A.

i) Durch das Wegnehmen der Anodenspannung wird die Röhre gelöscht. Die Anodenspannung darf der Röhre erst wieder zugeführt werden, wenn die Entionisierungszeit verstrichen ist. Erhält die Anode vor Ablauf von t_d erneut Spannung, dann zündet die Röhre, gleichgültig, ob am Steuergitter eine Spannung liegt oder nicht. Die Entionisierungszeit setzt der Betriebsfrequenz einer Schaltung Grenzen.

k) Das Ignitron wird mit Hilfe einer Zündspannung, welche dem Zündstift zugeführt wird, gezündet. Der Zündstift ragt in das Quecksilber der Kathode hinein. Der kurzzeitig über den Zündstift fließende grosse Zündstrom verdampft etwas Quecksilber, wodurch die Stossionisation eingeleitet wird.

l) Ignitrons werden überall dort verwendet, wo grosse Ströme kontaktlos geschaltet werden müssen. Auch werden Ignitrons in gesteuerten Gleichrichtern hoher Leistung eingesetzt.

- m) Gasdioden haben einen besseren Wirkungsgrad als Vakuumröhren, da die Bogenspannung bedeutend kleiner ist als der Spannungsabfall über der Vakuumdiode. Gasdioden verarbeiten zudem viel höhere Ströme als Vakuumdioden.

Bewertung:

Die Testaufgaben prüfen Wissen und weniger Können. Können wird an Aufgaben und Problemen gemessen, Wissen mit Hilfe von Fragen überprüft. Es liegt an Ihnen, festzustellen, ob Ihr Wissen ausreicht, die Testaufgaben sollen Ihnen dabei behilflich sein.

53. Was wissen Sie schon über Katodenstrahlröhren?

Antworten zu den Fragen a bis d (Seite 404)

- a) Die wichtigsten Elemente im Elektrodensystem der Katodenstrahlröhre sind:
- Elektronenquelle
 - Fokussiereinrichtung (Elektronenoptik)
 - Ablenkeinrichtung
 - Bildschirm
- b) Bildröhren mit statischem Ablensystem sind Röhren, in welchen der Elektronenstrahl durch ein veränderliches elektrisches Feld ausgelenkt wird.
- c) Der Elektronenstrahl einer Röhre mit magnetischer Strahlablenkung wird durch magnetische Wechselfelder abgelenkt.
- d) Der Katodenstrahloszillograf ist ein universell verwendbares Messgerät mit einer Katodenstrahlröhre.

Bewertung:

Die Einführungsfragen haben Ihnen gezeigt, ob Sie schon gewisse Vorkenntnisse über Elektronenstrahlröhren haben. Sollte die Katodenstrahlröhre für Sie neu sein, so sind Sie deshalb nicht benachteiligt, denn die Kenntnisse, die Sie sich bis jetzt erworben haben, werden es Ihnen erlauben, dem Stoff ohne Schwierigkeiten zu folgen.

54. Repetitionsaufgaben zu «VII. Die Katodenstrahlröhre»

Antworten zu den Fragen a bis d (Seite 411)

- a) Die Spannung am Wehneltzylinder beeinflusst die Intensität des Strahles und somit die Bildhelligkeit. Diese negative Vorspannung – sie kann mit der Gittervorspannung einer Verstärkerröhre verglichen werden – wird der Bildröhre über ein Bedienungspotentiometer zugeführt, womit die Bildhelligkeit von der Stellung des Potentiometers abhängig wird.

- b) Die Fokussierung des Strahles erfolgt in der Elektronenoptik. Diese besteht im einfachsten Fall aus einer Fokussierelektrode und einer Anode, wobei die Anode eine höhere Spannung aufweist als die Fokussierelektrode. Der Strahl wird durch das zwischen den beiden Elektroden herrschende elektrische Feld fokussiert. Die Spannung an der Fokussierelektrode wird über ein Bedienungspotentiometer einstellbar gemacht. Da der Strahl durch das Feld der Elektronenoptik beeinflusst wird, kann die Bildschärfe an diesem Potentiometer eingestellt werden.
- c) An der rechten Platte liegt der positive Pol der Ablenkspannung. Durch die anziehende Wirkung, die das elektrische Feld auf den Strahl ausübt, wird der Strahl nach rechts abgelenkt.
Der Ablenkfaktor entspricht dem Quotienten aus Ablenkspannung und Strahlablenkung.

$$A_F = \frac{250 \text{ V}}{4 \text{ cm}}$$

$$A_F = 62,5 \text{ V/cm}$$

d) *Vorgehen:*

1. Schritt: Aufzeichnen der Spannung an den Vertikalablenkplatten.

- Bestimmen der Amplitude
- Grundformel anschreiben
- nach U_p umformen
- Zahlen einsetzen und ausrechnen

$$A_{F_v} = \frac{U_p}{Y}$$

$$U_p = A_{F_v} \cdot Y$$

$$U_p = 60 \cdot 5 \frac{\text{V}}{\text{cm}} \cdot \text{cm}$$

$$U_p = 300 \text{ V}_{pp}$$

- Bestimmen der Periodendauer
- Grundformel anschreiben
- nach T umformen
- Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{150 \cdot 10^3} \frac{1}{1/\text{s}}$$

$$T = 6,67 \mu\text{s}$$

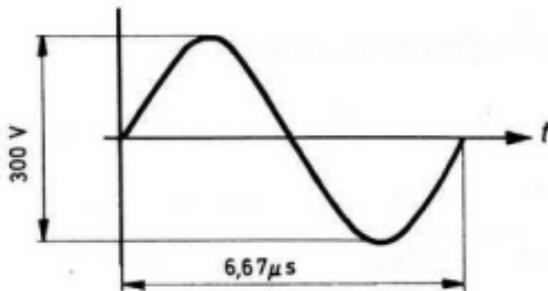


Bild 1 zu 54 d

2. Schritt: Aufzeichnen der Spannung an den Horizontalablenkplatten

– Bestimmen der Amplitude

– Grundformel anschreiben

$$A_{F_h} = \frac{U_p}{Y}$$

– nach U_p umstellen

$$U_p = A_{F_h} \cdot Y$$

– Zahlenwerte einsetzen und ausrechnen

$$U_p = 70 \cdot 6 \frac{\text{V}}{\text{cm}} \cdot \text{cm}$$

$$U_p = 420 \text{ V}_{pp}$$

– Die Periodendauer stimmt mit derjenigen der Vertikalspannung überein, da ein stehendes Bild einer vollen Schwingung sichtbar ist.

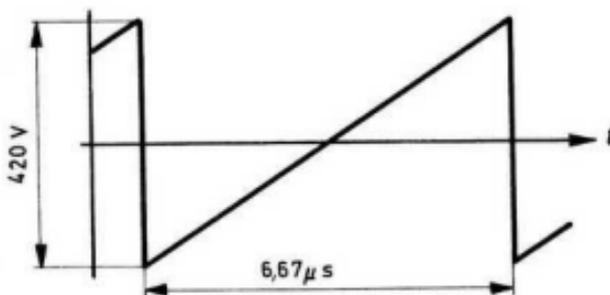


Bild 2 zu 54 d

Bewertung:

Die Repetitionsaufgaben haben Ihnen gezeigt, ob Sie den Aufbau und die Funktionsweise der Elektronenstrahlröhre verstanden haben. Ihre neu erworbenen Kenntnisse sollten Sie in die Lage versetzen, die Entstehung eines Bildes auf dem Oszillografen zu verstehen. Sie werden im weiteren Verlauf Ihrer Ausbildung den Katodenstrahloszillografen und seine Möglichkeiten kennen lernen. Die Grundlage zum Verständnis dieses vielseitigen Messgerätes ist die Kenntnis der Oszillografenröhre.

H. Schlussbestimmungen

¹ Das vorliegende Reglement tritt am 1. Oktober 1974 in Kraft.

² Mit Inkrafttreten dieses Reglementes wird das Reglement 65.8 «Allgemeine Elektrotechnik I», Ausgabe 1954, ausser Kraft gesetzt.

Der Ausbildungschef:

Oberstkorpskommandant Hirschy